

ELABORACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EMPACADORA  
INDUSTRIAL A ESCALA

FRANCISCO JAVIER GARCIA REYES  
ALEX JULIÁN GONZÁLEZ SANTANDER

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA  
ESCUELA DE INGENIERIA Y ADMINISTRACIÓN  
BUCARAMANGA  
2009

ELABORACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EMPACADORA  
INDUSTRIAL A ESCALA

FRANCISCO JAVIER GARCIA REYES  
ALEX JULIÁN GONZÁLEZ SANTANDER

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electrónico

Director del proyecto  
JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCÓN  
Ingeniero Electricista  
MSc. en Potencia Eléctrica

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA  
ESCUELA DE INGENIERIA Y ADMINISTRACIÓN  
BUCARAMANGA  
2009

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bucaramanga, 18 de Septiembre de 2009

**Bucaramanga, 18 de Septiembre de 2009**

A Dios que me ha brindado fuerza y sabiduría para la realización de todas mis metas.

A mi mamá Nelly Reyes Sanguino y a mi papá Luis Francisco García Archila que me han ofrecido valores y educación, para ser cada día una persona íntegra y sabia.

A mi hermano Carlos que siempre ha estado a mi lado de forma generosa e incondicional.

A mi novia Mayra Liliana que es mi apoyo moral para sacar adelante todas mis metas.

A todas aquellas personas que de alguna u otra forma han sido parte fundamental de mi crecimiento profesional y personal.

Francisco Javier García Reyes

**Bucaramanga, 18 de Septiembre de 2009**

A Dios, por brindarme la oportunidad de nacer y crecer como persona en un hogar basado en la honestidad, responsabilidad, compromiso y en la fe DIOS, y por concederme la capacidad de explotar cada uno de los dones que me ha dado para lograr triunfos como este.

A mis padres Hernando González Ortiz y Amparo Santander Lizcano por ser los dos pilares fundamentales en mi vida. Por el esfuerzo, el apoyo incondicional y el ejemplo a seguir que me han brindado a través de los años.

A mis hermanos Diego Fernando y María Alejandra no tengo palabras para expresarles lo orgulloso que me siento de ser su hermano mayor y uno de sus ejemplos a seguir junto con el de mis padres. Gracias por las alegrías que me han brindado a través del tiempo que hemos crecido juntos.

A María Clara Rosero Arrieta por enseñarme el significado de amar a una mujer. Por ser amiga, consejera, confidente y un apoyo increíble durante mis últimos tres años de carrera universitaria.

A cada uno de ustedes gracias por formar parte de mi vida.

Alex Julián González Santander

## AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero Juan Carlos Villamizar Rincón gracias por su disposición, apoyo, colaboración y las ideas aportadas para que el desarrollo del proyecto fuera todo un éxito.

A Ciro Herrera, por permitirnos entrar en su empresa, conocer su funcionamiento y ponernos en contacto con la empresa MultiPack.

Al diseñador industrial Edwin Bautista y don Omar, gracias por su ayuda y apoyo desinteresado en el proyecto. Mil gracias por habernos prestado el cuello y tubo formador, ya que sin estos instrumentos el desarrollo del proyecto no se hubiese podido lograr.

A Ludwin y al paisa del área de mantenimiento de la Universidad Pontificia Bolivariana, gracias por la colaboración prestada en momentos primordiales del proyecto.

# CONTENIDO

	pág
INTRODUCCION.....	26
1. OBJETIVOS.....	27
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	27
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
2. MARCO TEÓRICO.....	27
2.1 MÁQUINAS EMPACADORAS INDUSTRIALES.....	27
2.1.1 Categorización de las máquinas empacadoras.....	28
2.2 EMBALAJE O EMPACADO.....	32
2.2.1 Historia del proceso de empaque o embalaje.....	32
2.2.2 Definición de embalaje o proceso de empacado.....	33
2.2.3 Propiedades del empaque.....	34
2.2.4 Sistemas de sellado que se utilizan en los diferentes tipos de empaques o embalajes.....	35
2.3 AUTOMATIZACIÓN.....	35
2.3.1 Historia.....	35
2.3.2 Definición.....	37
2.3.3 Objetivos de la Automatización.....	38
2.3.4 Niveles de la Automatización.....	39
2.3.5 Automatismos Industriales.....	40
2.3.6 Elementos de una instalación Automatizada.....	41
2.4 INSTRUMENTACIÓN.....	42
2.4.1 Definición.....	42
2.4.2 Sensores y Transductores.....	42
2.4.3 Actuadores.....	44
2.4.3.1 Actuadores Eléctricos.....	44
2.4.3.2 Actuadores Neumáticos.....	45

2.5	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).....	56
2.5.1	Estructura Física y Presentación.....	56
2.5.2	Ventajas de la Automatización al utilizar un PLC.....	61
2.6	SISTEMA SCADA (CONTROL SUPERVISORIO Y ADQUISICIÓN DE DATOS).....	61
2.6.1	Definición.....	61
2.6.2	Funciones básicas de un sistema SCADA.....	62
2.6.3	Objetivos para que la instalación de un sistema SCADA se aproveche perfectamente.....	63
2.6.4	Ventajas de un sistema SCADA.....	63
2.6.5	Elementos de un sistema SCADA.....	63
2.6.6	Niveles de un sistema SCADA.....	64
2.7	ELEMENTOS DE CONTROL.....	67
2.8	ACCESORIOS NEUMÁTICOS.....	73
2.9	MECANISMOS.....	76
2.10	EL TRANSFORMADOR.....	80
2.11	AUTOTRANSFORMADOR.....	81
2.12	El compresor.....	83
2.13	Alambre de ferroníquel.....	84
2.14	Polietileno.....	84
3.	VISTAS Y PLANOS ESTRUCTURALES DE LAS PARTES DE LA MAQUINA EMPACADORA.....	85
3.1	ESTRUCTURA PRINCIPAL DE SOPORTE DEL MÓDULO GENERAL.....	85
3.1.2	Placas laterales.....	87
3.1.3	Placa superior de la estructura principal de soporte o placa intermedia del módulo general.....	89
3.1.4	Placa inferior.....	90
3.1.5	Bases inferiores de la estructura principal de soporte del módulo general.....	91
3.2	SISTEMA DE TENSIÓN Y DESPLIEGUE DEL MATERIAL DE EMPAQUE.....	93
3.2.1	Bases de soporte de la placa superior del módulo general.....	94
3.2.3	Placas sujetadoras de los rodillos tensores frontales del material de empaque.....	95
3.2.4	Placas sujetadoras del rodillo tensor posterior del material de empaque.....	97

3.2.5 Rodillos tensores del material de empaque.....	100
3.2.6 Rodillos de despliegue del papel.....	104
3.3 SISTEMA DE ACOPLA DEL CUELLO Y TUBO FORMADOR .....	106
3.3.1 Placa superior del módulo general.....	108
3.3.2 Base de soporte del tubo formador.....	109
3.3.3 Cilindros de soporte .....	111
3.3.5 Base de soporte del cuello formador .....	112
3.4 SISTEMA FORMADOR DEL EMPAQUE.....	114
3.4.1 Cuello formador .....	115
3.4.2 Tubo formador.....	118
3.5 SISTEMA DE SELLADO Y CORTADO.....	120
3.5.1 Vigas de soporte.....	122
3.5.2 Porta-resistencia de sellado.....	124
3.5.3 Sistema vertical de sellado.....	126
3.5.4 Sistema horizontal de sellado .....	129
3.5.5 Bloque de choque de la resistencia de sellado-cortado horizontal.....	131
3.6 Estructura para el despliegue del material de empaque.....	133
3.6.1 Placas laterales del rodillo de despliegue del polietileno .....	135
3.6.2 Rodillo de despliegue.....	138
3.7 Silo.....	138
3.8 PIEZAS ADICIONALES DEL MÓDULO GENERAL.....	142
3.8.1 Láminas de apoyo para la placa superior de la estructura principal de soporte...	142
3.8.2 Soportes para vigas del cilindro neumático superior e inferior.....	144
3.8.3 Base de la Resistencia .....	147
4. ETAPAS DEL PROCESO DE EMPACADO .....	150
4.1 POSICIONAMIENTO DEL MATERIAL DEL EMPAQUE.....	150
4.2 SELLADO .....	151
4.3 CONTROL DE TEMPERATURA PARA EL SELLADO Y CORTADO DEL POLIETILENO .....	153
4.4 CANTIDAD DE PRODUCTO A EMPACAR .....	154
4.5 DESPLIEGUE DEL MATERIAL FLEXIBLE DEL EMPAQUE .....	156

4.6 HALADO DEL POLIETILENO .....	157
4.7 TAMAÑO DEL EMPAQUE .....	159
5. LAZOS DE CONTROL.....	160
5.1 LAZO DE CONTROL ABIERTO .....	160
5.2 LAZO DE CONTROL CERRADO.....	161
6. PLC SIEMENS S7-200 CPU224XP AC/DCRLY, MODULO ETHERNE SIEMENS CP243-1 y WINCC FLEXIBLE.....	162
6.1 PLCs S7-200 CPU 224XP AC/DC/RLY .....	163
6.1.1 Especificaciones técnicas del PLCs S7-200 CPU224XP.....	164
6.1.2 Conexiones eléctricas.....	167
6.2 MÓDULO ETHERNET CP243-1 .....	167
6.2.1 Configuración.....	168
6.2.2 Especificaciones técnicas del módulo Ethernet CP243-1.....	169
6.3 CABLE MULTIMAESTRO USB/PPI.....	170
6.3.1 Especificaciones técnicas del Cable Multimaestro USB/PPI.....	171
6.4 STEP7- MICRO/WIN.....	172
6.4.1 Inicio STEP 7 – Micro/WIN.....	172
6.4.2 Entorno STEP 7 – Micro/WIN .....	173
6.4.3 Editor de programas para el STEP 7 – Micro/WIN .....	174
6.4.4 Operaciones comunes dentro del STEP7 – Micro/WIN .....	176
6.4.5 Comunicación de STEP 7-Micro/WIN.....	181
6.5 SIMATIC WINCC FLEXIBLE .....	185
6.5.1 Objetos de visualización .....	193
6.5.2 Conexiones.....	195
6.5.2.1 Conexión OPC.....	196
6.5.2.2 Conexión S7-200 vía Ethernet .....	196
6.6 S7-200 Pc Acces .....	199
6.7 CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DE LA MÁQUINA EMPACADORA A ESCALA...203	
6.8 SISTEMA SUPERVISORIO .....	213
CONCLUSIONES.....	216
RECOMENDACIONES.....	218

BIBLIOGRAFIA.....	220
ANEXO A .....	228
ANEXO B.....	246
ANEXO C .....	271
ANEXO D .....	275

## LISTA DE TABLAS

pág

Tabla 1. Colores y funciones comunes de los pulsadores no luminosos .....	71
Tabla 2. Colores y funciones comunes de los pulsadores luminosos.....	71
Tabla 3. Especificaciones técnicas del PLCs S7-200 CPU224XP .....	166
Tabla 4. Dimensiones y datos técnicos del módulo Ethernet CP243-1 .....	169
Tabla 5. Especificaciones técnicas del módulo Ethenert CP243-1 .....	170
Tabla 6. Especificaciones técnicas del cable multimaestro USB/PPI .....	172
Tabla 7. Resolución de temporizadores.....	180

## LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Máquina neumática vertical para líquidos .....	29
Figura 2. Máquina neumática vertical para productos sólidos .....	30
Figura 3. Máquina neumática vertical para productos en polvo .....	30
Figura 4. Máquina flow pack horizontal .....	31
Figura 5. Pirámide de la Automatización .....	39
Figura 6. Sensor capacitivo con sus componentes .....	44
Figura 7. Ejemplos de motor reductores .....	45
Figura 8. Cilindro simple efecto tipo “dentro” .....	46
Figura 9. Partes principales de un Cilindro simple efecto.....	47
Figura 10. Símbolo del Cilindro de simple efecto .....	47
Figura 11. Secuencia de trabajo del Cilindro de simple efecto.....	48
Figura 12. Cilindro simple efecto tradicional, normalmente cerrado .....	48
Figura 13. Cilindro simple efecto con guiado y camisa plana, normalmente fuera .....	48
Figura 14. Cilindros de doble efecto .....	49
Figura 15. Partes principales de un Cilindro de doble efecto.....	50
Figura 16. Símbolo del Cilindro de doble efecto .....	50
Figura 17. Secuencia de trabajo del Cilindro de doble efecto.....	50
Figura 18. Cilindro de doble efecto convencional .....	51
Figura 19. Cilindro tándem.....	51
Figura 20. Cilindro de impacto.....	52

Figura 21. Cilindro multiposicional .....	52
Figura 22. Cilindro de amortiguación interna y su símbolo .....	52
Figura 23. Cilindro vástago reforzado y su símbolo .....	53
Figura 24. Válvula distribuidora 3/2 (de mando electromagnético) y su símbolo .....	53
Figura 25. Simbología de las electroválvulas.....	54
Figura 26. Electroválvula 2/2 normalmente cerrada y su símbolo.....	55
Figura 27. Electroválvula 2/2 normalmente abierta y su símbolo.....	55
Figura 28. Electroválvula 3/2 y su símbolo .....	56
Figura 29. Electroválvula 4/2 y su símbol .....	56
Figura 30. Estructura compacta de un PLC Siemens S7-200 .....	57
Figura 31. Estructura modular de un PLC Siemens S7-200 .....	58
Figura 32. Estructura Básica del PLC .....	58
Figura 33. Estructura Interna del PLC.....	59
Figura 34. Sistema SCADA .....	62
Figura 35. Esquema de los elementos del sistema SCADA .....	64
Figura 36. Niveles del sistema SCADA.....	65
Figura 37. Partes principales del contactor .....	69
Figura 38. Estructura del pulsador.....	70
Figura 39. Pulsadores luminosos.....	70
Figura 40. Finales de carrera.....	72
Figura 41. Diagrama interno de un final de carrera.....	72
Figura 42. Características técnicas de un racor .....	73
Figura 43. Racor en L macho .....	74

Figura 44. Racor en TEE.....	74
Figura 45. Regulador de aire .....	74
Figura 46. Estructura física de los tipos de manómetros.....	76
Figura 47. Manguera de aire comprimido .....	76
Figura 48. Transmisión por banda .....	77
Figura 49. Configuraciones de transmisión a) Configuración banda abierta .....	78
Figura 50. Banda plana .....	78
Figura 51. Banda redonda .....	78
Figura 52. Banda en V.....	79
Figura 53. Banda dentada reguladora de tiempo .....	79
Figura 54. Tipos de poleas.....	80
Figura 55. Esquema de un transformador .....	81
Figura 56. Esquema del autotransformador .....	82
Figura 57. Compresor .....	84
Figura 58. Hilo de ferroníquel .....	84
Figura 59. Polietileno .....	85
Figura 60. Vistas de la estructura principal de soporte del módulo general .....	86
Figura 61. Vistas de la placa frontal .....	87
Figura 62. Vistas de la placa lateral derecha .....	88
Figura 63. Vistas de la placa lateral izquierda.....	89
Figura 64. Vistas de la placa intermedia del módulo general o placa superior de la estructura principal de soporte .....	90
Figura 65. Vistas de la placa inferior .....	91
Figura 66. Bases inferiores de la estructura principal de soporte del módulo general.....	93

Figura 67. Vistas del sistema de tensión y despliegue del material de empaque.....	94
Figura 68. Vistas de la base de soporte de la placa superior .....	95
Figura 69. Vistas de la placa derecha sujetadora de los rodillos tensores frontales .....	96
Figura 70. Vistas de la placa izquierda sujetadora de los rodillos tensores frontales.....	97
Figura 71. Vistas de la placa derecha sujetadora de los rodillos tensores frontales .....	99
Figura 72. Vistas de la placa izquierda sujetadora de los rodillos tensores frontales.....	100
Figura 73. Tubo de 3/2" .....	101
Figura 74. Tubo de 1" .....	103
Figura 75. Vistas del rodillo tensor.....	104
Figura 76. Vistas de los rodillos de despliegue.....	106
Figura 77. Sistema de acople del cuello y tubo formador.....	108
Figura 78. Vistas de la placa superior del módulo general.....	109
Figura 79. Vistas de la base de soporte del tubo formador.....	110
Figura 80. Vistas del cilindro de soporte .....	112
Figura 81. Vistas de la base de soporte del cuello formador .....	114
Figura 82. Vistas del sistema formador del empaque.....	115
Figura 83. Vista del tubo hueco del cuello formador .....	117
Figura 84. Imagen del cuello formador real.....	118
Figura 85. Vistas del tubo formador.....	120
Figura 86. Sistema de sellado y cortado.....	122
Figura 87. Vistas de las vigas de soporte .....	124
Figura 88. Vistas del porta-resistencia .....	125
Figura 89. Soporte vertical de sellado horizontal.....	128

Figura 90. Vistas de la base guía del sistema de sellado vertical .....	129
Figura 91. Vistas del soporte horizontal del sistema de sellado horizontal .....	131
Figura 92. Vistas del bloque de choque .....	133
Figura 93. Estructura de despliegue del material del empaque.....	135
Figura 94. Placa lateral derecha de la estructura de despliegue del empaque.....	136
Figura 95. Placa lateral derecha de la estructura de despliegue del empaque .....	138
Figura 96. Posición del silo en la máquina .....	139
Figura 97. Estructura del silo con el cilindro neumático acoplado.....	140
Figura 98. Base posterior de soporte del cilindro neumático .....	142
Figura 99. Posición de las láminas adicionales de apoyo sobre la placa superior (vista inferior).....	142
Figura 100. Vistas de las láminas adicionales de apoyo .....	144
Figura 101. Vistas del soporte para las vigas del cilindro neumático superior .....	145
Figura 102. Vistas del soporte para las vigas del cilindro neumático inferior .....	147
Figura 103. Estructura en madera de la resistencia.....	147
Figura 104. Platina de aluminio .....	148
Figura 105. Hilo de ferroníquel.....	148
Figura 106. Banda de teflón.....	149
Figura 107. Resistencia selladora vertical .....	149
Figura 108. Posición del material del empaque .....	150
Figura 109. Sellados vertical y horizontal .....	151
Figura 110. Elementos que componen el sellado.....	152
Figura 111. Silo.....	154
Figura 112. Posición de los finales de carrera y la lamina de acrílico en forma de L .....	155

Figura 113. Elementos que conforman el proceso de la cantidad de producto a empacar .....	155
Figura 114. Mecanismo de despliegue del papel .....	157
Figura 115. Rodillos de desplazamiento del polietileno .....	158
Figura 116. Mecanismos de poleas y banda transmisora redonda.....	158
Figura 117. Ubicación del sensor capacitivo .....	159
Figura 118. Sistema en lazo abierto de la etapa de sellado .....	160
Figura 119. Sistema en lazo abierto del control de temperatura del sellado .....	161
Figura 120. Control en lazo cerrado de la etapa de cantidad de producto a empacar.....	161
Figura 121. Control en lazo cerrado de la etapa de despliegue y halado del polietileno ..	162
Figura 122. Lazo de control completo del proceso de la máquina empacadora .....	162
Figura 123. Módulo Ethenert CP243-1 acoplado al PLC S7-200 CPU224XP .....	163
Figura 124. Conectores del PLC Siemens S7-200 CPU224XP .....	164
Figura 125. Conexiones eléctricas del PLCs S7-200 CPU 224XP AC/DC/RLY.....	167
Figura 126. Conectores del módulo Ethernet CP243-1 .....	168
Figura 127. Cable multimaestro USB/PPI S7-200.....	170
Figura 128. Inicio STEP 7 – Micro/WIN.....	172
Figura 129. Interfaz gráfica de trabajo.....	173
Figura 130. Editor AWL .....	174
Figura 131. Editor KOP .....	175
Figura 132. Editor FUP.....	176
Figura 133. Contactos estándar .....	177
Figura 134. Asignar o bobinas.....	177

Figura 135. Comparación de bytes.....	178
Figura 136. Temporizadores.....	179
Figura 137. Contadores.....	180
Figura 138. Ventana de parametrización de conexión.....	181
Figura 139. Comunicación PC/PPI cable USB.....	182
Figura 140. Ventana de parametrización de conexión TCP/IP .....	183
Figura 141. Comunicación Ethernet TCP/IP .....	183
Figura 142. Carpeta de inicio de la carga de código en la CPU .....	184
Figura 143. Ventana de carga en CPU .....	185
Figura 144. Inicio WinCC flexible .....	186
Figura 145. Opciones de creación de proyectos .....	187
Figura 146. Configuración de escenario .....	187
Figura 147. Configuración del panel operador.....	188
Figura 148. Configuración de la plantilla de trabajo .....	188
Figura 149. Configuración de navegación de las imágenes .....	189
Figura 150. Configuración de las imágenes del sistema .....	189
Figura 151. Selección de librerías.....	190
Figura 152. Información de proyecto.....	190
Figura 153. Interfaz grafica del WinCC Flexible .....	191
Figura 154. Creación de Imágenes.....	192
Figura 155. Configuración de imagen .....	192
Figura 156. Agregar variable .....	193
Figura 157. Configuración de variable.....	193

Figura 158. Selección de grafica “E/S” .....	194
Figura 159. Configuración de grafica “E/S” .....	194
Figura 160. Campos de texto .....	195
Figura 161. Conexiones WinCC Flexible / S7-200 .....	196
Figura 162. Configuración de conexión OPC .....	196
Figura 163. Configuración de conexión vía Ethernet .....	197
Figura 164. Generar proyecto .....	197
Figura 165. Acceder a errores generados .....	198
Figura 166. Comando de transferencia .....	198
Figura 167. Configuración de la transferencia .....	199
Figura 168. Ventana de componentes PC ACCES .....	200
Figura 169. Vista de árbol .....	200
Figura 170. Vista de Ítems .....	201
Figura 171. Cliente prueba .....	202
Figura 172. Importación de proyecto de STEP 7-Micro/WIN .....	202
Figura 173. Calentamiento de las resistencias .....	203
Figura 174. Inicio del programa .....	204
Figura 175. Sellado vertical y horizontal .....	205
Figura 176. Cantidad de producto que hay en el silo .....	206
Figura 177. Oscilador estable .....	207
Figura 178. Subrutina .....	208
Figura 179. Conteo de galletas y empaques fabricados .....	208
Figura 180. Movimiento de variables .....	209

Figura 181. Finalización del conteo del producto a empacar.....	210
Figura 182. Halado del polietileno y sensado del producto.....	211
Figura 183. Reinicio del programa.....	211
Figura 184. Accionamiento pre-accionadores y actuadores.....	213
Figura 185. Venta de presentacion.....	214
Figura 186. Ventana de procesos.....	215
Figura 187. Ventana de contadores.....	216

## GLOSARIO

**ACRÍLICO:** Fibra o material de plástico, que se obtiene por polimerización del ácido acrílico o de sus derivados.

**EMPAQUE:** Materiales que forman la envoltura y armazón de los paquetes.

**ESTRUCTURA:** Conjunto de todos los elementos que transmiten, o ayudan a transmitir, sobre los cimientos, todos los esfuerzos, cargas y sobrecargas resultantes de la misma máquina.

**FERRONÍQUEL:** Es una aleación entre hierro y níquel con propiedades físicas termo-resistentes, que al aplicarle una corriente y voltaje determinado, genera una potencia disipada en calor., razón por la cual es utilizado en la industria para sistemas de sellados por calor.

**MÁQUINA:** Conjunto de mecanismos que ejecutan procesos, transformaciones, traslados, etc. de la materia prima.

**MODELO:** Representación a escala de alguna cosa.

**POLIETILENO:** Material incoloro y traslúcido muy estable, insoluble en agua y en la mayoría de disolventes orgánicos a temperaturas no elevadas. Es impermeable al agua y a su vapor, pero deja pasar el oxígeno y el dióxido de carbono, características por las cuales se utiliza como embalaje en la industria alimenticia.

**PROTOTIPO:** Representación de cualquier tipo de máquina u objeto diseñado para realizar pruebas en situaciones reales, explorar su uso y explorar su uso.

**SILO:** Estructura diseñada para almacenar productos agrícolas, alimenticios e industriales.

**VIGA:** Elemento resistente, de sección longitudinal superior a la trasversal, que se utiliza para soportar cargas.

## RESUMEN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** ELABORACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EMPACADORA A ESCALA

**AUTOR(ES):** FRANCISCO JAVIER GARCIA REYES  
ALEX JULIÁN GONZÁLEZ SANTANDER

**FACULTAD:** INGENIERIA ELECTRONICA

**DIRECTOR(A):** JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCÓN

### RESUMEN

Se elaboró el prototipo de una máquina empacadora industrial a escala construida para empacar galletas. Se llevo a cabo una investigación acerca de los diferentes diseños de empacadoras automáticas que se encuentran en la industria, escogiendo el adecuado, para la realización del modelo del proyecto, el cual está basado en la empacadora vertical automática de la empresa santandereana MultiPack. Con el modelo a seguir establecido, se diseñaron y dimensionaron cada una de las piezas del prototipo empacador y posteriormente se fabricaron. Teniendo la máquina empacadora fabricada, se realizó una investigación acerca de la instrumentación y equipos de control que se debían adecuar en el modulo, de acuerdo a los diferentes procesos que esta realiza.

El control del proceso de empacado de galletas se ejecuta por medio del elemento de mando PLC Siemens S7-200, recibiendo datos en sus entradas digitales provenientes de los sensores y activando actuadores que se encuentren conectados en sus salidas digitales. La comunicación entre el PLC y los dispositivos anteriormente nombrados, se realiza mediante las conexiones eléctricas del circuito de potencia y de control.

La supervisión del proceso de la máquina empacadora se realiza por medio de un sistema SCADA implementado en el proyecto, el cual tiene como HMI (interfaz hombre-máquina) el computador del operador. El enlace de comunicación entre el software supervisorio y el elemento de mando, se realiza a través del módulo Ethernet de Siemens que se acopla al PLC S7-200.

El proceso del prototipo empacador se encuentra dividido en siete etapas: posicionamiento del material del empaque, sellado, control de temperatura para el sellado y cortado del polietileno, cantidad de producto a empacar, despliegue del material flexible del empaque, halado del polietileno y tamaño del empaque.

PALABRAS CLAVES: Prototipo, Máquina Empacadora Industrial a escala,  
Modelo, Control, PLC, Siemens, Sensores, Actuadores,  
Supervisión, SCADA, Software, Proceso.

## GENERAL SUMMARY OF WORK OF DEGREE

**TITLE:** ELABORACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EMPACADORA A ESCALA

**AUTOR(ES):** FRANCISCO JAVIER GARCIA REYES  
ALEX JULIÁN GONZÁLEZ SANTANDER

**FACULTY:** ELECTRONIC ENGENNIERING

**DIRECTOR:** JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCÓN

### ABSTRACT

The prototype of an industrial scale packaging machine for cookies was built, a research was performed to find the different types of automatic packaging. Choosing at the end, the model used by the Santander MultiPack company.

Once the model was chosen, the parts of the prototype were measured and designed. Then they were manufactured.

With the prototype built, a Research was again performed to find out about instruments and control equipments necessary to be implemented in the module.

Control of the biscuit packaging process is run by PLC Siemens S7-200. The logical controller receives the digital signals incoming from the sensors and activates the devices connected to its digital outputs.

Supervisions of the packaging process is performed by the SCADA system. It contains a HMI which acts as the operator computers.

The process has seven stages: positioning of the packaging material, sealing, temperature control of sealing and cutting of polyethylene, amount of product to be packed, deployment and pulled the packaging material, and size of the packaging.

**KEYWORDS:** Prototype, Industrial Scale Packaging Machine, Model, Control, PLC, Siemens, Sensors, actuators, Supervisions, SCADA, Software, Process.

## INTRODUCCION

A través del tiempo el ser humano ha tenido la necesidad de conservar los productos alimenticios para el consumo humano cuidándolos de factores externos que los pueden afectar y deteriorar. Por tal razón el hombre a través de su evolución ha diseñado, creado e implementado instrumentos, elementos, dispositivos y equipos para tal fin. En la actualidad existe una gran variedad de máquinas empacadoras automáticas industriales, que ayudan al hombre a desarrollar el proceso de embalaje de productos alimenticios de una manera más eficaz y precisa.

La investigación del proyecto se basada en los procesos que desarrolla una máquina empacadora automática industrial. La cual abarca temas de gran importancia como: la automatización, instrumentación, manejo de PLC, sistema SCADA y mecanismos.

La idea del proyecto surgió a raíz de la falencia que posee la Facultad de Ingeniería Electrónica en el área de Automatización de Procesos Industriales, debido a que no cuenta con modelos o prototipos a escala de máquinas que desarrollen procesos industriales, con los cuales los estudiantes puedan interactuar, practicar, conocer y desarrollar cada uno de los diversos procesos.

Para optar al título de Ingeniero Electrónico y suplir la falencia descrita en el párrafo anterior, se elaboró una máquina empacadora vertical automatizada a escala, con la cual el estudiante puede identificar, analizar y entender los procesos que se ejecutan en la industria, para obtener un buen empaque del producto. A su vez motivar al estudiantado a que se interese por esta rama de la electrónica que se encuentra en constante evolución y crecimiento.

El proyecto plantea un marco teórico, en el cual se da a conocer los diferentes tipos de empacadoras que existen en la industria a nivel mundial, una reseña del embalaje o empaque, los significados de los equipos e instrumentos usados. A su vez esboza la explicación de las diferentes piezas diseñadas y elaboradas, las etapas del proceso, los lazos de control y la descripción de los softwares utilizados.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar un módulo didáctico a escala de un proceso industrial de empaçado, supervisado y controlando por un PLC.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Recopilar información precisa e importante acerca de procesos automatizados de empaçado, con el fin de obtener la fundamentación necesaria para la elaboración del módulo.
- ✓ Diseño y elaboración de un prototipo para empaquetado de diferentes productos alimenticios sólidos enfocándose en el empaçado de galletas.
- ✓ Especificar las etapas correspondientes del proceso de empaquetado
- ✓ Realizar e implementar el control del lazo cerrado y lazo abierto para cada uno de las etapas del proceso de empaçado por medio de la manipulación del Controlador Lógico Programable (PLC).
- ✓ Implementar un software de supervisión para el monitoreo de las variables del proceso.
- ✓ Construcción y automatización del prototipo de la máquina empaçadora.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 MÁQUINAS EMPACADORAS INDUSTRIALES

En la actualidad, la industria de alimentos es un gran usuario de empaques. Esto ha llevado a la consolidación de la industria de empaques para alimentos en el mercado mundial. Si elaboramos un balance de la forma en la cual la tecnología del empaçado se ha introducido en el mundo moderno, es evidente que el empaque es de vital importancia, verificándose avances en la higiene y almacenamiento de los alimentos, aparte de eso el empaque ha servido y servirá para reducir las pérdidas y hacer un eficiente negocio.

Debido a la gran variedad de productos alimenticios que existentes en el mercado, la necesidad por conservarlos, el constante incremento de la oferta, la demanda y la necesidad de hacerlos llegar rápido, el hombre ha tenido la obligación de diseñar, desarrollar y fabricar diferentes tipos de máquinas empacadoras con gran capacidad de producción, de empaque y distribución de acuerdo al producto, a la industria en la que se va utilizar y a las normas estándares que regulan el empaque de alimentos, para cumplir con este fin.

En la industria nacional y mundial encontramos que todas las máquinas empacadoras tienen el mismo principio de funcionamiento. En general, estas máquinas cuentan con un material flexible (papel, película de polietileno, propolietileno), que se transforma al pasar por un cuello y tubo formador (se le da la forma de empaque), el cual se sella y se llena en periodos regulares. Cierta tipo de estas máquinas forman bolsas sellando ambos extremos de las caras (son sellados en el mismo plano). Al igual que estas existen otro tipo que sellan sus cuatro lados en ángulos rectos formando empaques TetraPack.

Las empacadoras son máquinas muy completas y con un grado de automatización alto en la actualidad, compuestas por componentes electrónicos, mecánicos, neumáticos, software, los cuales interactúan de una manera conjunta y síncrona que garantiza un buen funcionamiento.

### 2.1.1 Categorización de las máquinas empacadoras

- Máquina empacadora vertical

Las empacadoras verticales se puede observar en la figura 1, 2, 3. Esta clase de máquina cuenta con una tolva o un silo, en cada una de estas estructuras se encuentra un sensor que es el encargado de controlar la cantidad del producto que se desea empaquetar. Dependiendo del producto varían los sensores y las estructuras anteriormente nombradas.

También cuenta con un cuello y tubo formador, por los cuales pasa el plástico dándole a este la forma que va a tener el empaque (ver figura 3). Para que el material flexible baje y se deslice sobre el tubo, la máquina posee un mecanismo conformado por un sistema piñones, cadenas, un moto reductor y dos rodillos o bandas (esto depende del modelo de la máquina) que empujan el plástico hacia el tubo, ejerciendo una fricción contra este, permitiendo al material del empaque deslizarse sin daño alguno.

Para la conformación total del empaque, la empacadora despliega unas mordazas que están conformadas por resistencias de calor y cilindros neumáticos. Las resistencias de calor son las encargadas de sellar vertical y horizontalmente el plástico, lográndolo por el movimiento lineal de los cilindros neumáticos cuando

estos actúan, haciendo que las mordazas choquen y sellen. De los tipos de sellados se hablara más adelante.

El diseño del despliegue del plástico depende de la empresa fabricante. Usualmente este comienza desde la parte posterior de la máquina, dirigiéndose hacia el cuello formador con ayuda de rodillos tensores de papel, motores y barras que trabajan conjuntamente con sensores de posición y el mecanismo de desplazamiento del plástico descrito anteriormente.

Uno de los métodos más utilizados para el cortado del empaque es por medio de cuchillas de acero rápido. Este método depende también de la empresa fabricante.

Los productos más indicados a ser empacados en estas máquinas son: líquidos, polvos, productos sólidos.

En las siguientes figuras observamos tres tipos de máquinas empacadoras verticales según el producto a empacar.



Figura 1. Máquina neumática vertical para líquidos [1]



Figura 2. Máquina neumática vertical para productos sólidos [1]



Figura 3. Máquina neumática vertical para productos en polvo [1]

- Máquina Empacadora Horizontal o Máquina Flow Pack

Deben su nombre a como se desarrolla el proceso de empaque del producto: la máquina crea un tubo de plástico partiendo de una lámina flexible y el producto lo atraviesa hasta alcanzar una mordaza que delimitará el principio y el final del paquete.

Desde un eje porta bobina el material flexible que puede ser polipropileno, o un material complejo según las exigencias, pasa a través de un túnel conformador y se suelda mediante unas ruedas de soldadura a la vez que el producto a embalar viene empujado por unas paletas distanciadas hasta alcanzar el tubo de plástico que se ha formado. Siendo las paletas coordinadas con el cierre de una mordaza giratoria puesta longitudinalmente respecto al avance del film, el producto queda envasado en un paquete delimitado al principio y al final por la acción de la mordaza por el largo por la acción de las ruedas de soldadura. Este proceso se puede observar en la figura 4.

Con la evolución de la tecnología las máquinas Flow Pack han introducido la electrónica para el control de las operaciones permitiendo la regulación de todos los parámetros antes descritos desde un panel de mando digital.

Las máquinas más sofisticadas equipadas con motores brushless permiten introducir las dimensiones del paquete y ellas mismas se ajustan en base a la programación.

Los productos más indicados a ser embalados con las maquinas Flow Pack son de dimensiones no muy grandes, que requieren cadencias altas y lotes homogéneos. [2]

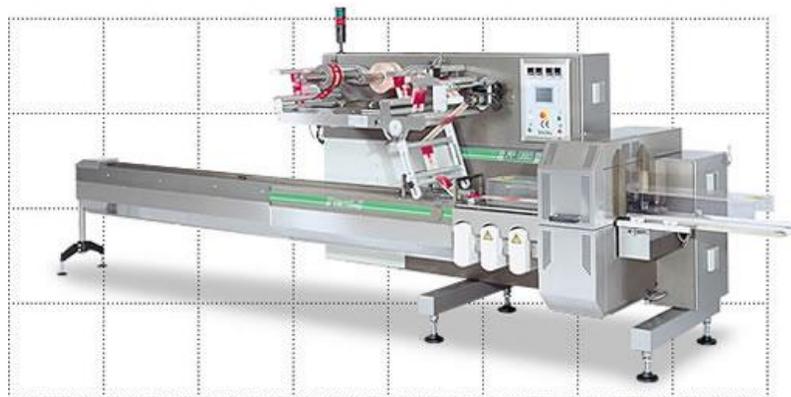


Figura 4. Máquina flow pack horizontal [3]

Las empacadoras verticales y horizontales son las más comunes, importantes y utilizadas en la industria. También existen otras clase empacadoras como:

Máquinas termoconformadoras, Máquinas Blister, Máquinas Skinpack y empacadoras al vacío, las cuales no van a hacer parte del marco teórico.

## 2.2 EMBALAJE O EMPACADO

### 2.2.1 Historia del proceso de empaque o embalaje

En la época paleolítica el hombre consumía los productos tal como los hallaba y usaba empaques o envases naturales tales como: troncos de árbol, rocas con huecos, conchas marinas, hojas, etc. Con el pasar de los años comenzó a usar productos provenientes de animales tales como: pieles, pelos, vejiga, etc.

El hombre en la época mesolítica ya almacenaba sus alimentos en recipientes parecidos a canastas, usaba recipientes metálicos y de cerámica, estos produjeron un gran número de vasijas de barro o arcilla de formas y tamaños diversos.

El vidrio no fue conocido hasta 1,500 A.C. En el año 79 D.C. los romanos usaban botellas de vidrio, pero debido a su fragilidad preferían los sacos de cuero para llevar grandes cantidades de líquidos y sólidos.

De acuerdo a Plinio los barriles de madera fueron inventados por las tribus Alpinas.

El hombre por su constante evolución paso por grandes cambios, ocasionados por descubrimientos, procesos, crisis, etc. Esto ayudo que a través del tiempo aparecieran un sin número de materiales y objetos que satisfacían la función de empaque productos para el consumo humano. Vale la pena resaltar que estas formas de empaque eran cada vez más modernas de acuerdo a la época y el grado de evolución en el que se encontraba el ser humano.

Estos son algunos de los embalajes más importantes a través de la historia:

- ✓ Papel. Se origino en Egipto o Grecia en 500 A.C.
- ✓ Vidrio. El vidrio se deriva de la cerámica en el año 11,200 A.C en Egipto, Roma y Venecia.
- ✓ Aluminio. Se empezó a utilizar en 1,852 y en 1,886, del cual se derivaron nuevos productos y procesos.
- ✓ Hojalata o Latón. Este embalaje es propio de nuestra época y se comenzó a utilizar en 1.200.
- ✓ Plásticos. Se origen se dio en una exposición en 1862 y patentando en 1870. Las películas de celulosa fueron introducidas en 1924.

Desde de la revolución industrial y después de la segunda guerra mundial el embalaje ó proceso de empaque ha ido en aumento, evolucionando y

diversificándose enormemente en los últimos años, al amparo de las nuevas tecnologías y tratando de satisfacer las nuevas necesidades sociales. Se utilizan envases en el sector de la alimentación, de la construcción, cosméticos, electrodomésticos, y en general todo tipo de productos, rehusando incluso el consumidor aquellos productos que no disponen de un embalaje adecuado. Esto conlleva a que el hombre se encuentre interesado por la elaboración de maquinaria sofisticada y moderna para el empaque de diferentes productos. Estas máquinas también han sufrido cambios debido a la constante evolución del hombre y su tecnología.

El empaque de productos se realizaba manualmente en la antigüedad. Después de la revolución industrial se empezaron a utilizar empaques semiautomáticas, en las cuales algunos procesos los realizaba el operario y otros la máquina o mecanismos.

El aumento poblacional, la demanda de productos, la higiene, la competitividad, el mercado, la tecnología, el empaque, etc. Han hecho que en la actualidad las máquinas empaques tengan tecnología de punta y que sean totalmente automatizadas y autónomas en sus funciones. Las máquinas empaques realizan todo el proceso por medio de Controladores Lógicos Programables (PLC), sistemas SCADAS. Siendo necesario un solo operador para que se encuentre pendiente del buen funcionamiento de la empaquera e interactúe con ella por medio de una Interfaz Hombre – Máquina (HMI) o un Computador. [4]

### 2.2.2 Definición de embalaje o proceso de empaque

Para definir embalaje se debe tener en cuenta que este término tiene dos significados:

- ✓ Acción de embalar los productos que hace referencia a colocarlos en un determinado empaque o envase.
- ✓ Caja, pallet, el cual es el contenedor destinado a brindar una eficaz protección para afrontar posibles riesgos.

En base a esto podemos definir de una manera más eficiente que es embalar:

El embalaje o empaque son aquellos materiales que acompañan y protegen el producto, desde su momento de producción, expedición, manipulación, almacenamiento, carga, descarga, transporte hasta el instante en donde el ser humano lo consume.

Existen tres tipos de embalajes:

- ✓ Embalaje primario. Es el que se encuentra en contacto directo con el producto. Es el empaque que protege al producto.
- ✓ Embalaje secundario. Se función no se encuentra ligada directamente con el producto. La función de este embalaje es proteger al embalaje primario.
- ✓ Embalaje terciario de transporte. Este embalaje es llamado pallet ya que es que el que protege al producto de riesgos cuando este es transportado. Dentro de él se encuentran varias unidades de producto individuales.

El embalaje es dinámico y se encuentra en un continuo cambio. Nuevos materiales necesitan nuevos métodos, que demandan nueva maquinaria, nuevas maquinarias redundan en una mejor calidad y ésta abre nuevos mercados, los cuales requieren cambios en el empaque. Este proceso que es cíclico.

### 2.2.3 Propiedades del empaque

El empaque debe cumplir una misión fundamental: preservar el producto en su interior desde el momento del empaque, durante el transporte, almacenamiento, distribución y exhibición, hasta el momento que es abierto por el consumidor.

Algunas de las propiedades más importantes del material flexible con el cual se realizará el empaque son:

- ✓ Resistencia mecánica a la tracción. Esta propiedad determina la cantidad de material plástico que se necesita para formar la pared del empaque.
- ✓ Resistencia mecánica a la perforación. El material de empaque debe ser mecánicamente resistencia al efecto destructivo de ciertos productos envasados cediendo elásticamente ante el efecto de la perforación, sin romperse ni deformarse.
- ✓ Sellabilidad. Este es un proceso en el cual una de las capas que componen el empaque logra conseguir su fusión y luego es mantenida en contacto con la superficie opuesta, de similar constitución, hasta que las dos capas solidifiquen formando una sola única capa.
- ✓ Imprimibilidad. Los gráficos, el texto, la disposición de las figuras en el empaque, se deben mostrar de manera precisa y llamativa, para así lograr una excelente herramienta de mercadeo.
- ✓ Durabilidad. Los plásticos no se oxidan y son inertes al ataque de la gran mayoría de agentes ambientales comunes, con excepción de los rayos UV, dando así una durabilidad del producto y manteniéndolo protegido de agentes contaminantes.[5]

## 2.2.4 Sistemas de sellado que se utilizan en los diferentes tipos de empaques o embalajes.

- Sellado por ultrafrecuencia

Su funcionamiento consiste en colocar el termoplástico entre dos electrodos usándolo a manera de dieléctrico. Se emplea para sellar materiales como el cloruro polivinilo, cuando este material es expuesto a corrientes de alta frecuencia la fricción entre las moléculas que se trasladan de un lado a otro respondiendo al campo magnético producen el calor suficiente para fundir y sellar la película.

- Sellado por gas caliente

Es la técnica de unir materiales plásticos los cuales son calentados por un chorro de aire o gas inerte que es previamente aumentado en su temperatura.

- Sellado por resistencias eléctricas

Es el sellado más comúnmente utilizado en la industria de máquinas empacadoras, su funcionamiento es basado en la "mordaza caliente" que produce una unión del tipo sello por presión, aquí la temperatura es controlada durante todo el proceso utilizando resistencias eléctricas montadas dentro o fuera de una mordaza que se fabrica de un buen conductor térmico, la temperatura es medida por un termopar conectado a ésta y el suministro de corriente es controlado por algún instrumento de control, generalmente un pirómetro.

- Sellado por impulso eléctrico

El sellado por impulso es muy parecido al sellado de resistencias eléctricas, lo cual lo hace muy utilizado en la industria. En este sellado la temperatura no permanece constante en la mordaza, en realidad ésta no se calienta, el instrumento que sella es una resistencia del tipo banda que sólo es calentada en una porción del tiempo pequeña del ciclo de sellado.

El sellado por impulso permite remover el calor rápidamente después de que el sello se ha producido teniendo presiones mayores sin flujo de material fundido produciendo una unión más resistente y una apariencia más homogénea. [5]

## 2.3 AUTOMATIZACIÓN

### 2.3.1 Historia

En la antigüedad el ser humano se percató que existían tareas que se podían realizar e, incluso, mejorar por medio de sistemas mecánicos, hidráulicos... más o menos complejos, desarrollando y construyendo máquinas que asemejan las partes del cuerpo humano, encargadas de realizar labores cotidianas y usuales .

Los primeros ejemplos de autómatas se registraron en la antigua Etiopía en el año 1500 a.C., Amenhotep construye una estatua de Memon el rey de Etiopía, que emiten sonidos cuando lo iluminan los rayos del sol al amanecer. En China en el 500 a.C., King-Su Tse inventa una urraca voladora de madera y bambú y un caballo de madera que saltaba. En el año 206 a.C., fue encontrado el tesoro de Chim Shih Hueng Ti consistente en una orquesta mecánica de muñecos.

Los ingenieros griegos aportaron grandes conocimientos en el campo de los autómatas. Entre el 400 y 397 a.C., Archytar de Tarento construye un pichón de madera suspendido en un pivote, el cual rotaba con un surtidor de agua o vapor simulando el vuelo. Archytar es el inventor del tornillo y la polea.

En el año 62 Herón de Alejandría describe múltiples aparatos en su libro "Autómata". Todos ellos fueron desarrollados como juguetes, sin mayor interés por en contrales aplicación. En este libro también se encuentra ingeniosos mecanismos como la máquina de fuego que abría puertas de los templos o altares mágicos donde las figuras apagaban el fuego de llama.

La cultura árabe heredó y difundió los conocimientos griegos, utilizándolos no solo para realizar mecanismos destinados a la diversión, si no que les dieron una aplicación práctica, introduciéndolos en la vida cotidiana de la realeza. Algunos ejemplos son diversos sistemas dispensadores automáticos de agua para beber o lavarse, a su vez creó el reloj mecánico.

En la Edad Media se desarrollaron otros autómatas. El autómata más importante y antiguo conservado en la actualidad es el Gallo de Estrasburgo que funciona desde 1352 hasta 1789, el cual formaba parte del reloj de la catedral de Estrasburgo y al dar las horas movía el pico y las alas.

Durante el renacimiento se desarrolló el León Mecánico construido por Leonardo da Vinci para el rey Luis XII de Francia, que se abría el pecho con su garra y mostraba el escudo de armas del rey.

Durante los siglos XVII y XVIII se crearon algunos ingenios mecánicos que tenían características de los robots actuales. Estos autónomas representaban figuras humanas, animales o pueblos enteros, los cuales servían para divertir a la realeza o gente en las ferias. En 1688 se construyó un pavo que caminaba y comía, el cual le sirvió de inspiración a Jacques de Vaucanson para construir su increíble pato mecánico que fue la inspiración de toda Europa. El pato alargaba su cuello para tomar el grano de la mano y luego lo tragaba y lo digería. Podía beber,

chapotear, y graznar, y también imitaba los gestos que hace un pato cuando traga con precipitación. Los alimentos se digerían por disolución y se conducían al ano, donde había un esfínter que permitía evacuarlos.

A finales del siglo XVIII y principios del XIX se desarrollaron algunas ingeniosas invenciones mecánicas, utilizadas fundamentalmente en la industria textil, entre en las que se destacan las hiladora giratoria de Hargreaves (1770), la hiladora mecánica de Crompton (1779), el telar mecánico de Cartwright (1785) y el telar de Jacquard.

Jacquard basándose en los trabajos anteriores fue el primero en aplicar las tarjetas perforadas como soporte de un programa de trabajo, es decir, eligiendo un conjunto de tarjetas, se definía el tipo de tejido que se desea realizar. Estas maquinas constituyeron los primero antecedentes históricos de las maquinas de control numérico.

A diferencia de los autómatas androides los automatismos dedicados a controlar maquinas industriales incorporan el concepto de realimentación. El ingeniero diseñador tenía una doble labor: realizar el proceso diseño mecánico y también desarrollar el automatismo, que en muchos casos era parte integrante de la mecánica de la maquina. Con base en esto se incorporan elementos mecánicos como los programadores cíclicos en los cuales se definía la secuencia de los operadores. [6]

### 2.3.2 Definición

La palabra automatización proviene de la palabra griega autómatos, “semejante a la forma en que tu mente trabaja” o actuación propia. Lamentablemente aún no hay una definición estandarizada para automatización, que sea ampliamente reconocida por las sociedades de ingenieros o institutos, La Real Academia Española la define como: *“la disciplina que trata de los métodos y procedimientos cuya finalidad es la sustitución del operador humano por un operador artificial en la ejecución de una tarea física o mental previamente programada”* [6] [7] [8]

También se puede decir que es el uso de una máquina o mecanismo diseñado para seguir un patrón determinado y una secuencia repetitiva de operaciones respondiendo a instrucciones predeterminadas, sustituyendo el esfuerzo físico humano o la rutina por la observación o toma de decisiones. [8]

La automatización en los procesos Industriales, se basa en la capacidad para controlar la información necesaria en el proceso productivo, mediante la ex ancle de mecanismos de medición y evaluación de las normas de producción. A través de diversos instrumentos controlados por la información suministrada por el

computador, se regula el funcionamiento de las máquinas u otros elementos que operan el proceso productivo. [9]

El hombre desarrollo, implemento y creo la automatización con el fin que esta tuviera que asumir la parte más dura del trabajo y la menos humana, dejándole al ser humano la parte intelectual, supervisión y creación de nuevos procedimientos que le faciliten, simplifiquen aun mas su vida de trabajo.

### 2.3.3 Objetivos de la Automatización

En las últimas décadas se ha seguido la tendencia de automatizar de manera progresiva procesos productivos de todo tipo. Esta tendencia ha sido y sigue siendo posible gracias al desarrollo y abaratamiento de la tecnología necesaria. [10]

Los objetivos son:

- Costos más bajos.
  - ✓ Economizando mano de obra
  - ✓ Economizando material
  - ✓ Economizando energía
  
- Supresión de trabajos peligrosos o pesados. Mejoría de las condiciones de trabajo.
  
- Mejor calidad del producto
  - ✓ Limitando el factor humano.
  - ✓ Controles automatizados.
  
- Realización de operaciones imposibles de controlar manual o intelectualmente
  - ✓ Ensamblajes miniatura
  - ✓ Operaciones muy rápidas
  - ✓ Coordinaciones complejas
  
- Mejorar la competitividad del producto directa o indirectamente.
  - ✓ Costo
  - ✓ Calidad (fiabilidad, duración)
  - ✓ Innovación (prestaciones, estética, optimización)
  - ✓ Disponibilidad (redes de ventas, stocks, servicio post-venta) [11]

Estos objetivos se han convertido en requisitos indispensables para mantener la competitividad, por lo que el aumento del nivel de automatización de los procesos es simplemente una necesidad para sobrevivir en el mercado actual. [10]

#### 2.3.4 Niveles de la Automatización.

Los niveles de la automatización se pueden observar en la figura 5.

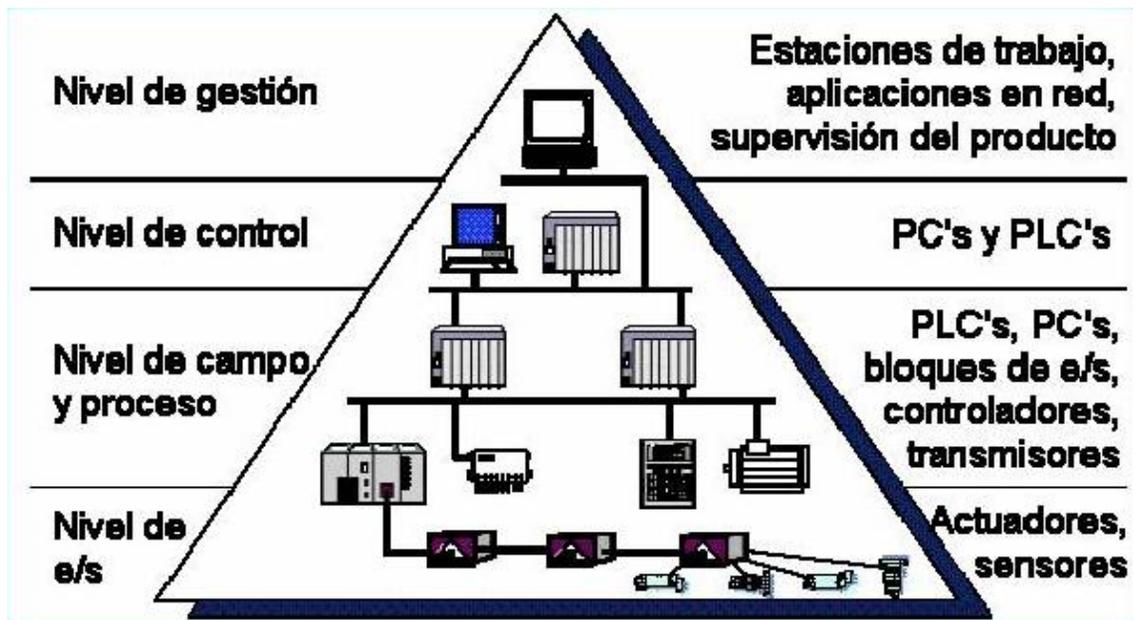


Figura 5. Pirámide de la Automatización. [12]

- **Nivel de Entradas y Salidas (Acción/sensado)**  
Es llamado también nivel de Instrumentación. Está formado por los elementos de medida (sensores) y mando (actuadores) distribuidos en una línea de producción. Son los elementos más directamente relacionados con el proceso productivo. Este nivel se considera la automatización de una máquina que realiza una tarea productiva simple determinada.

- **Nivel de Control (Nivel de Campo y proceso)**  
En este nivel se sitúan los elementos capaces de gestionar los actuadores y sensores del nivel anterior tales como autómatas programables o equipos de aplicación específica basados en microprocesador como robot, máquinas herramientas o controladores de motor. Estos dispositivos hacen que los sensores y actuadores funcionen de forma conjunta para ser capaces de realizar el proceso industrial deseado.

- Nivel de Supervisión (Nivel de control)

Es posible monitorear todos los dispositivos de control de la planta si existe un sistema de comunicación adecuado capaz de comunicar estos elementos con otro tipo de dispositivos no dedicados al control si no a la gestión y supervisión, y que habitualmente están contruidos para computadores o sistemas de visualización tales como pantallas industriales. En este nivel se trabajan los SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos). Con estos sistemas se puede obtener una imagen virtual de la planta. Mediante de acciones resulta inmediato disponer de acceso inmediato a cada uno de los sectores de la planta.

- Nivel de Gestión (nivel de empresa)

En este nivel no es relevante el estado y supervisión de los procesos de la planta, en cambio, si adquiere importancia toda la información relativa a la producción y su gestión asociada. En este nivel se considera el conjunto de la empresa (gestión, ventas, producción). [6] [12]

### 2.3.5 Automatismos Industriales

Los actuales sistemas de automatización industrial pueden considerarse como herederos de los autómatas mecánicos del pasado. La definición de autómata que aparece en la real academia índica que un autómata es una "máquina que imita la figura y los movimientos de un ser animado".

Gracias a la tecnología y su continuo adelanto los automatismos industriales han evolucionado a la par de esta. En un comienzo los automatismos eran mecánicos, después se desarrollaban mediante tecnologías cableadas como los circuitos de relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas y la neumática. En los últimos años esta tecnología cableada se ha sustituido por la implementación de los autómatas programables.

Los sistemas de automatización industrial han recibido un gran impulso en este siglo XX sobre todo por parte de la industria del automóvil. Delmar S. Halder en 1947 da un concepto global de automatización el cual hace referencia que esta debe abarcar todos los diseños y dispositivos realizados para conseguir una plena automatización de la producción. Halder implemento y desarrollo la automatización en su compañía automovilística Ford la cual tuvo un gran éxito y es expandió en las diferentes industrias estadounidenses. A raíz de esto y de otras opiniones a favor de la automatización en el campo industrial y tecnológico se considera a la automatización como "la segunda revolución industrial", lo cual indica que se ha comenzado una nueva era.

La formalización del tratamiento de los automatismos es muy reciente. Históricamente se puede decir que el tratamiento de los automatismos lógicos se ha basado en el álgebra de Boole y en la teoría de autómatas finitos. No fue hasta la década de los sesenta que se dispuso de herramientas como las redes de Petri, para el diseño y análisis de automatismos secuenciales y concurrentes. [13]

### 2.3.6 Elementos de una instalación Automatizada

- Máquinas

Conjunto de mecanismos que ejecutan procesos, transformaciones, traslados, etc. de la materia prima.

- Accionadores

Son componentes que se encuentran ensamblados para el desarrollo de movimientos, calentamientos, son cilindros neumáticos, motores de corriente continua y de corriente alterna. Se pueden seleccionar y definir en tres grupos:

- Accionadores eléctricos

Utilizan la energía eléctrica como fuente de trabajo entre estos tenemos: las electroválvulas, motores eléctricos de velocidad variable y velocidad fija, resistencias de calentamiento, cabeza de corte por láser.

- Accionadores hidráulicos

Son aquellos que utiliza agua como fuente de energía y se emplean para controlar velocidades lentas y precisas.

- Accionadores neumáticos

Instrumentos que emplean el aire comprimido como su fuente de energía, estos accionadores son principalmente cilindros.

- Pre-accionadores

Son aquellos dispositivos que activan y dirigen a los accionadores. Lo son: electroválvulas, variadores de velocidad, contactores, finales de carrera.

- Captadores

Son los elementos que captan las señales de un proceso para conocer el estado de este, y según su estado decidir sobre su desarrollo futuro. Detectan posición, presión, temperatura, caudal, velocidad, aceleración.

- HMI (Interfaz hombre-máquina)

Equipo que permite la interacción entre el hombre y la máquina. Estas se encuentran instaladas en los tableros de control de las máquinas y son: pilotos, pulsadores, teclados, visualizadores.

- Elementos de mando

Dispositivo de cálculo y control que dirige todo el proceso industrial. Estos dispositivos suelen ser los Automatas Programables u Ordenadores de control Industrial. [6] [14]

## 2.4 INSTRUMENTACIÓN

### 2.4.1 Definición.

En todos los procesos industriales se requiere el control de magnitudes como son la temperatura, la presión, el flujo, etcétera. Definiendo el sistema de control para estas magnitudes como un sistema que compara el valor de una variable a controlar con un valor deseado y cuando exista una desviación efectuar una acción que corrija sin la intervención de un operario humano, se debe tener en cuenta que es necesario la utilización de instrumentos que trabajen en pro de la finalidad del sistema de control que se está procesando. [15]

Por esto para optimizar este proceso de control se debe tener en cuenta que se debe utilizar un conjunto de instrumentos los cuales van a ser utilizados para medir, controlar y registrar variables del proceso con el fin de perfeccionar los recursos utilizados en éste. La instrumentación es la realidad de lo que está sucediendo en determinado proceso, el cual determina si éste va encaminado hacia donde se desea y de lo contrario utilizando la instrumentación adecuada actuar sobre algunos parámetros del sistema y proceder de forma correctiva. [16]

En la instrumentación encontramos los siguientes instrumentos que nos ayudan al control de magnitudes.

### 2.4.2 Sensores y Transductores

Los sensores se definen como dispositivos sensibles al movimiento, calor, luz, presión, energía eléctrica, magnética u otro tipo de energía. La finalidad de un sensor es dar una salida eléctrica que corresponda con una determinada magnitud aplicada a su entrada. [17] [15]

Un transductor se define como un dispositivo que puede recibir un tipo de energía y convertirlo en otro tipo de energía. Un transductor puede incluir un sensor para sensar determinada variable. Los sensores también se conocen como transductores, pero se prefiere la palabra sensor para el dispositivo de medición inicial; debido a que el transductor representa un dispositivo que convierte

cualquier forma de señal a otra. Se puede decir que todos los sensores son transductores, pero no todos los transductores son sensores. [15]

- Estructura y principio de funcionamiento

Todos los sensores utilizan uno o más principios físicos o químicos para convertir una variable de entrada al tipo de variable de salida más adecuado para el control o monitoreo de cada proceso particular. Estos principios o fenómenos se manifiestan en forma útil en ciertos materiales o medios y pueden estar relacionados con las propiedades del material en sí o su disposición geométrica.

En el caso de sensores cuya salida es una señal eléctrica, la obtención de esta última implica generalmente el uso de un transductor primario y opcionalmente, uno o más transductores secundarios. La función del transductor primario es convertir la magnitud física a medir en otra más fácil de manipular. Esta última no tiene que ser necesariamente de naturaleza eléctrica.

El transductor o transductores secundarios, cuando son requeridos, actúan sobre la salida del transductor primario para producir una señal eléctrica equivalente. Una vez obtenida esta última es sometida a un proceso de acondicionamiento y amplificación para ajustarla a las necesidades de la carga exterior o de la circuitería de control. [18]

- Sensor Capacitivo

La función del detector capacitivo consiste en señalar un cambio de estado, basado en la variación del estímulo de un campo eléctrico. Los sensores capacitivos detectan objetos metálicos, o no metálicos, midiendo el cambio en la capacitancia, la cual depende de la constante dieléctrica del material a detectar, su masa, tamaño, y distancia hasta la superficie sensible del detector.

Los detectores capacitivos están contruidos en base a un oscilador RC. Debido a la influencia del objeto a detectar, y del cambio de capacitancia, la amplificación se incrementa haciendo entrar en oscilación el oscilador. El punto exacto de ésta función puede regularse mediante un potenciómetro, el cual controla la realimentación del oscilador. La distancia de actuación en determinados materiales, pueden por ello, regularse mediante el potenciómetro. La señal de salida del oscilador alimenta otro amplificador, el cual a su vez, pasa la señal a la etapa de salida. Cuando un objeto conductor se acerca a la cara activa del detector, el objeto actúa como un condensador (ver figura 6).

El cambio de la capacitancia es significativo durante una larga distancia. Si se aproxima un objeto no conductor, ( $>1$ ) solamente se produce un cambio pequeño en la constante dieléctrica, y el incremento en su capacitancia es muy pequeño comparado con los materiales conductores. [19]

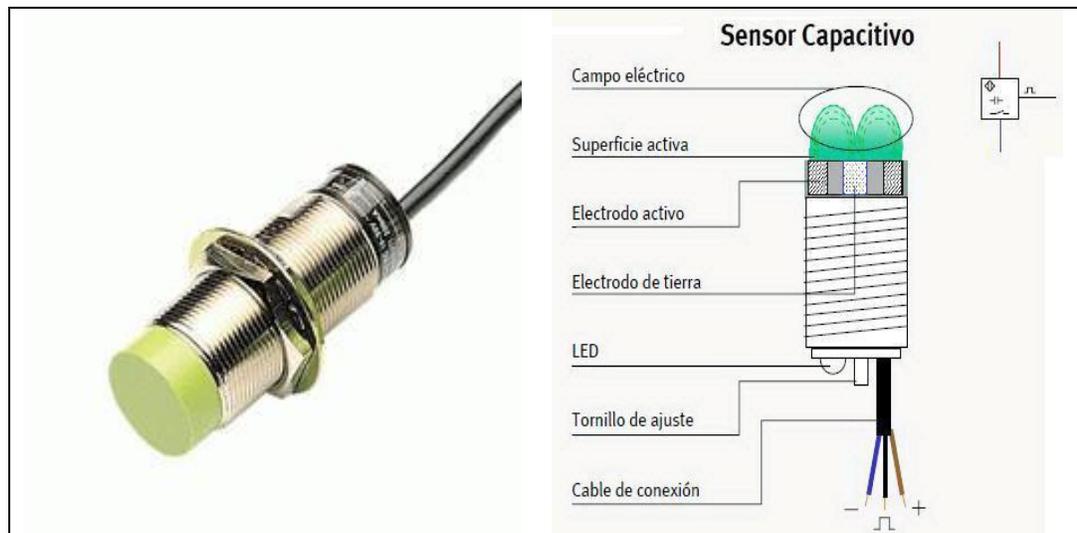


Figura 6. Sensor capacitivo con sus componentes [55]

### 2.4.3 Actuadores

Dispositivos que realizan la función dual a la de los transductores. Se usan para controlar alguna variable física y con ella regular el flujo de materia, energía o información que se aplica a un sistema.

Usualmente la entrada de señal a un elemento final de control es de tipo eléctrico, digital o analógica, en forma de corrientes o de voltajes, al menos para la parte inicial o “de señal” del actuador, etapa que en algunos casos hace una transformación-amplificación de energía para aumentar la potencia a un nivel tal que permita accionar al actuador. [20]

#### 2.4.3.1 Actuadores Eléctricos

Los actuadores de motor eléctrico son usados en muchos procesos y consisten en motores con trenes de engranes, los cuales están disponibles para una gran gama de torsiones de salida. Son muy útiles para instalaciones remotas donde no hay otra fuente de potencia disponible. [21]

- Motores Eléctricos de Corriente Continua

En general, los motores eléctricos se prefieren para generar movimientos rotacionales continuos, siendo de gran aplicación por su controlabilidad los del tipo de corriente directa.

Los motores de DC son transductores de torque que convierten energía eléctrica a energía mecánica. El torque desarrollado por el motor es directamente

proporcional al flujo del campo magnético en el estator, y la corriente en la armadura del motor. [20]

- Motores reductores

Los reductores son diseñados a base de engranajes, mecanismos circulares y dentados con geometrías especiales de acuerdo con su tamaño y la función en cada motor (ver figura 7).

Los motores reductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.

Al emplear REDUCTORES O MOTORREDUCTORES se obtiene una serie de beneficios:

Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.  
Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.  
Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.  
Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.  
Menor tiempo requerido para su instalación. [22]

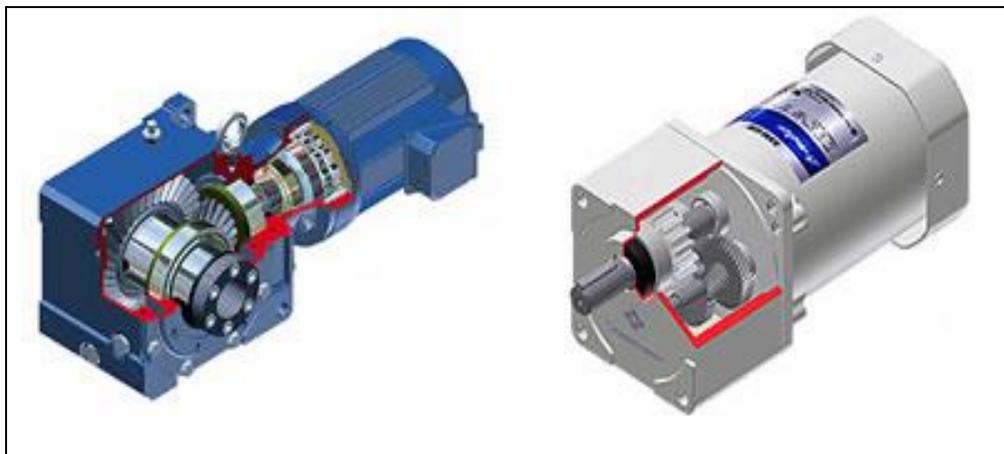


Figura 7. Ejemplos de motor reductores [22]

#### 2.4.3.2 Actuadores Neumáticos

Los actuadores neumáticos transforman la energía en trabajo. Se tienen pocos actuadores neumáticos pero estos son de gran utilidad solo se tiene cilindros y motores. Se pueden tener cilindros hidráulicos de simple efecto, doble efecto y algunos cilindros especiales. La utilización de la neumática en vez de usar motores eléctricos es que los primeros generan movimientos rectilíneos mientras

que los segundos generan movimientos circulares. Si se quiere generar un movimiento rectilíneo en un motor eléctrico se necesitan un reductor de velocidad y cambiador movimiento rotatorio a lineal como tornillo cadenas, cremalleras o cables. Estos son poco prácticos si los recorridos que se hacen son cortos La energía del aire o aceite comprimido se transforma, por medio de cilindros, en un movimiento lineal de vaivén, y mediante motores neumáticos, en movimiento de giro. Los elementos de control son las electroválvulas que de acuerdo a un electroimán y el estado mecánico de una válvula pueden mover los cilindros neumáticos y así cambiar el estado de una máquina para doblar, empujar, subir etc. [23]

- Cilindros Neumáticos

El cilindro de aire comprimido es por lo general el elemento productor de trabajo en un equipo neumático. Estos son actuadores lineales neumáticos que transforman la energía estática en un trabajo mecánico. Su misión es generar un movimiento rectilíneo, subdividido en carrera de avance y retroceso. Estos cilindros se accionan por medio de una electroválvula (si esta no se activa el cilindro no trabaja). El cilindro también puede ejercer misiones de regulación y mando dentro de sus funciones de trabajo, pudiendo realizar ambas de manera simultánea según su aplicación. Existen dos tipos fundamentales de los cuales derivan construcciones especiales. [24] [25]

- Cilindros de Simple Efecto

Los cilindros de embolo son los más utilizados en la neumática que los cilindros de membrana y su funcionamiento es equivalente a los cilindros de pistón.

Un cilindro de simple efecto desarrolla un trabajo en un solo sentido. El embolo se hace retornar por medio de un resorte interno o por algún otro medio externo como cargas, movimientos mecánicos, etc. Puede ser de tipo “normalmente dentro” o “normalmente fuera” (ver figura 8). [24]

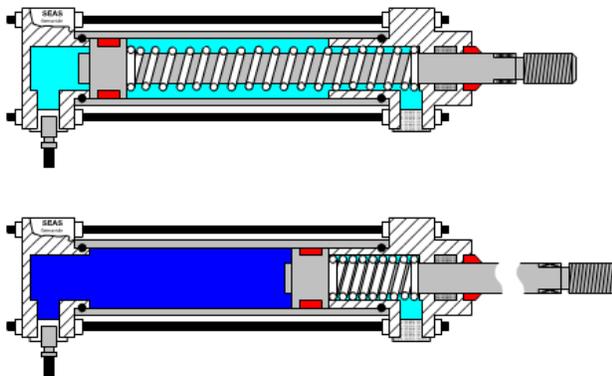


Figura 8. Cilindro simple efecto tipo “dentro”. [24]

Cada cilindro está constituido por los siguientes elementos básicos: tubo de cilindro, tapas de cierre anterior y posterior, émbolo y vástago (ver figura 9). El cilindro se fabrica por lo general de tubos de acero sin soldadura, y las superficies interiores de deslizamiento se les dan un acabado de precisión o rectificado. Para las tapas de sellado se les fabrica de fundición, normalmente de aluminio o hierro maleable.

Los componentes individuales son en su composición muy semejantes, pero presentan alguna diferencia según el fabricante de los mismos. También puede fabricarse un cilindro de simple efecto por fundición, formando entonces la cubierta de cierre posterior una unidad con el tubo cilíndrico. [23]

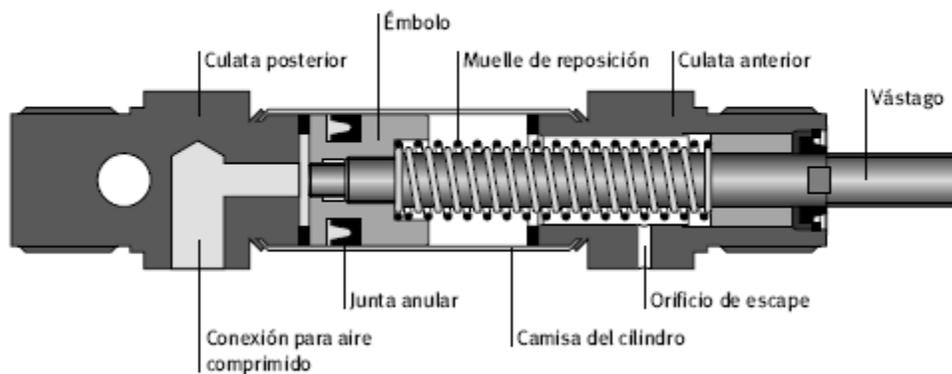


Figura 9. Partes principales de un Cilindro simple efecto. [26]

El cilindro de simple efecto se representa por su símbolo I S O (observar figura 10), en el cual se observa que el cilindro tiene una sola entrada de aire y un muelle de retroceso. Cuando se aplica aire comprimido a la conexión de entrada del cilindro, el aire empuja al émbolo. Si la fuerza generada por la presión es mayor que la fuerza del muelle, el émbolo se desplaza comprimiendo el muelle y haciendo avanzar el vástago del cilindro. Cuando se libera la presión el muelle de vuelve al émbolo a su posición inicial haciendo retroceder el vástago. La fuerza del muelle, la presión del aire y la superficie del émbolo determinan la capacidad de trabajo del cilindro. Este funcionamiento se puede observar en la figura 11. [27]

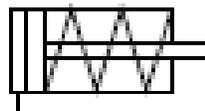


Figura 10. Símbolo del Cilindro de simple efecto. [26]

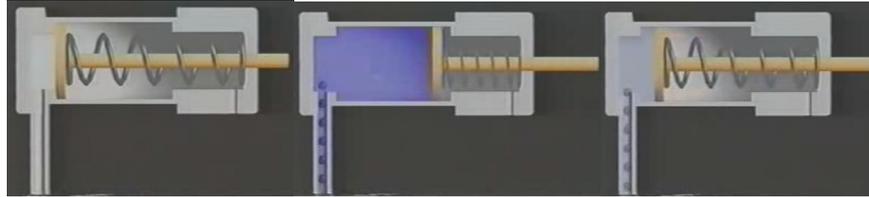


Figura 11. Secuencia de trabajo del Cilindro de simple efecto. [27]

Los cilindros de simple efecto se utilizan para sujetar, marcar, expulsar, etc. Tienen un consumo de aire un poco más bajo que los cilindros de doble efecto de igual tamaño. Sin embargo hay una reducción de fuerza contraria del resorte, así que debe ser necesario un diámetro interno un poco más grande para conseguir la misma fuerza. También la adecuación tiene como consecuencia una longitud global más larga y una longitud de carrera limitada, debido a un espacio muerto. [24]

Las figuras 12 y 13 muestran algunos ejemplos de cilindros de simple efecto que se consiguen en la industria.



Figura 12. Cilindro simple efecto tradicional, normalmente cerrado. [24]



Figura 13. Cilindro simple efecto con guiado y camisa plana, normalmente fuera. [24]

- Cilindro de Doble Efecto

Son aquellos que realizan su carrera de avance como de retroceso por acción del aire comprimido. Su denominación se debe a que emplean las dos caras del embolo (aire en ambas cámaras), por lo que estos componentes si pueden realizar trabajos en ambos sentidos (ver figura 14). [24]

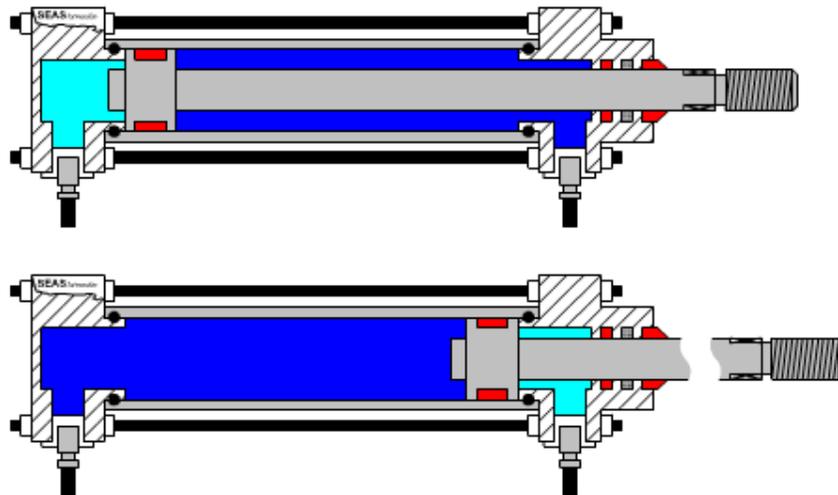


Figura 14. Cilindros de doble efecto. [24]

Sus componentes internos son prácticamente iguales a los de simple efecto, con pequeñas variaciones en su construcción. El cilindro de aire comprimido de doble efecto se construye siempre en forma de émbolo, posee dos tomas de aire comprimido, situadas en ambos lados del émbolo. El tubo del cilindro se fabrica por lo general de acero sin soldadura, que en casos particulares puede ser de latón o bronce especial. Para evitar una intensa vibración del émbolo elástico, a la superficie deslizante del cilindro se le da un acabado de precisión o un rectificado, y para las aplicaciones especiales recibe un cromado duro complementario. El fondo y la cubierta son con preferencia piezas de fundición (ver figura 15). [24] [25]

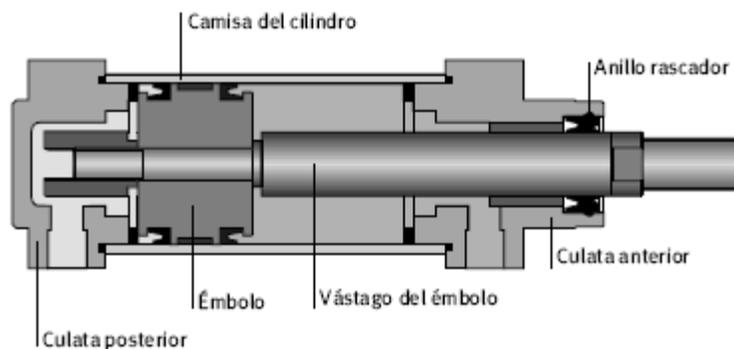


Figura 15. Partes principales de un Cilindro de doble efecto. [26]

El cilindro de doble efecto se representa por su símbolo I S O (observar figura 16). El cilindro de doble efecto posee doble entrada de aire y no tiene muelle de retroceso. En este cilindro la fuerza ejercida por el aire comprimido puede dirigirse a uno u otro lado del embolo, esto permite realizar trabajos en ambos sentidos. El área ocupada por el vástago reduce la fuerza generada en la carrera de retroceso. Así mismo y debido al volumen ocupado por el vástago el retroceso consume menos aire que el avance. Cuando se selecciona un cilindro para determinada función debe tenerse en cuenta lo siguiente: longitud de la carrera, fuerza al avance, fuerza al retroceso y velocidad del ciclo. Este funcionamiento se puede observar en la figura 17. [27]

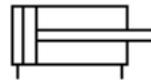


Figura 16. Símbolo del Cilindro de doble efecto. [26]

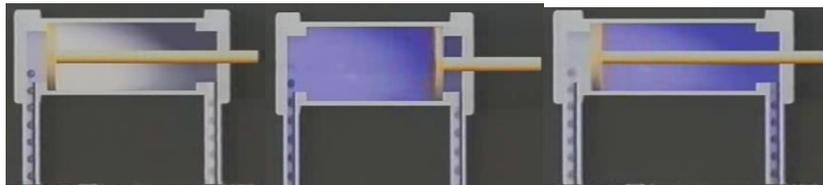


Figura 17. Secuencia de trabajo del Cilindro de doble efecto. [27]

El campo de aplicación de los cilindros de doble efecto es más extenso que la de los de simple. Esto es debido a que, por normal general los cilindros de doble efecto siempre contienen aire en una de sus cámaras, con lo que se asegura el posicionamiento.

Al utilizar estos actuadores tenemos grandes ventajas como:

Se tiene la posibilidad de realizar trabajo en ambos sentidos (avance y retroceso).

No pierden fuerza en el accionamiento debido a la inexistencia de muelle en oposición

Para una misma longitud de cilindro, la carrera en doble efecto es mayor que en disposición de simple efecto, al no existir volumen de alojamiento. [24]

Los cilindros de doble efecto se emplean especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar una misión también al retornar a su posición inicial. [23]

La figura 18 muestra un ejemplo de cilindro de doble efecto que se consiguen en la industria.



Figura 18. Cilindro de doble efecto convencional. [24]

- Cilindros especiales

En la industria existen ejecuciones especiales de los cilindros normales y cilindros específicos, que tienen denominación propia de acuerdo con su función. Relacionados con los cilindros de doble efecto pueden considerarse como ejecuciones especiales los siguientes cilindros (de estos tipos de cilindros no se hablará profundamente, ya que no fueron utilizados en el proyecto y se derivan de los Cilindros de doble efecto y simple efecto. Sin embargo se dará una breve definición): [25]

Cilindro tándem. Se reúnen en un mismo tubo dos cilindros de doble efecto colocados en serie de tal modo que se suman las fuerzas producidas por ambos (ver figura 19). Se utilizan en aquellos casos en que se precisa un diámetro pequeño y una fuerza superior a la de su diámetro correspondiente. [25]



Figura 19. Cilindro tándem. [23]

Cilindro de impacto. Su nombre se debe a su elevada velocidad de avance, que se produce porque en el cilindro existe una precámara en la que el aire se acumula hasta una determinada presión; al alcanzarse esta actúa bruscamente sobre la parte posterior del émbolo, estando la anterior al valor atmosférico. Este impacto

solo actúa en un solo sentido y la carrera de retroceso trabaja como en los cilindros normales (ver figura 20). [25]



Figura 20. Cilindro de impacto. [28]

Cilindro multiposicional. Es una combinación de al menos dos cilindros neumáticos de doble efecto, dispuestos con las tapas posteriores encaradas, obteniéndose así un cilindro de cuatro posiciones. Se caracteriza por que tiene dos más de dos posiciones de definidas de maniobra (ver figura 21). [25]

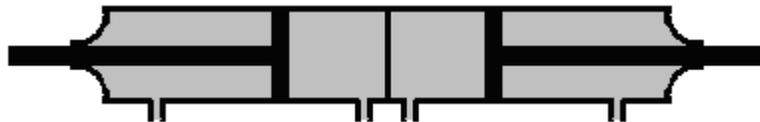


Figura 21. Cilindro multiposicional [23]

Cilindro de amortiguación interna. Cuando las masas que traslada un cilindro son grandes, al objeto de evitar un choque brusco y daños, se utiliza un sistema de amortiguación que entra en acción momentos antes de alcanzar el tope de la carrera. Antes de alcanzar la posición final, un émbolo amortiguador corta la salida directa del aire al exterior. En cambio, se dispone de una sección de escape muy pequeña, a menudo ajustable (ver figura 22). [23]

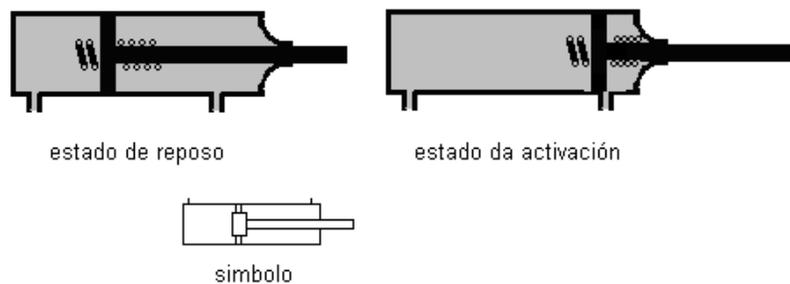


Figura 22. Cilindro de amortiguación interna y su símbolo [23]

Con vástago reforzado. Este tipo de cilindros tiene un vástago corrido hacia ambos lados. La guía del vástago es mejor, porque dispone de dos cojinetes y la distancia entre éstos permanece constante. Por eso, este cilindro puede absorber también cargas pequeñas laterales. Los elementos señalizadores pueden disponerse en el lado libre del vástago. La fuerza es igual en los dos sentidos (los superficies del émbolo son iguales) (ver figura 23). [23]



Figura 23. Cilindro vástago reforzado y su símbolo. [23]

- Electroválvulas

Las electroválvulas o válvulas electromagnéticas son elementos que mandan o regulan la activación, desactivación y la dirección de presión o el caudal del fluido enviado por una bomba hidráulica o por un motor compresor. Estas válvulas se utilizan cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrico, presostatos o mandos electrónicos. A su vez son elegidas para mandos de accionamientos eléctricos con distancias extremadamente largas y cortos tiempos de desconexión. [29]

Las válvulas de control neumático son sistemas que bloquean, liberan o desvían el flujo de aire de un sistema neumático por medio de una señal que generalmente es de tipo eléctrico, razón por la cual también son denominadas electroválvulas, ver figura 24. [23]

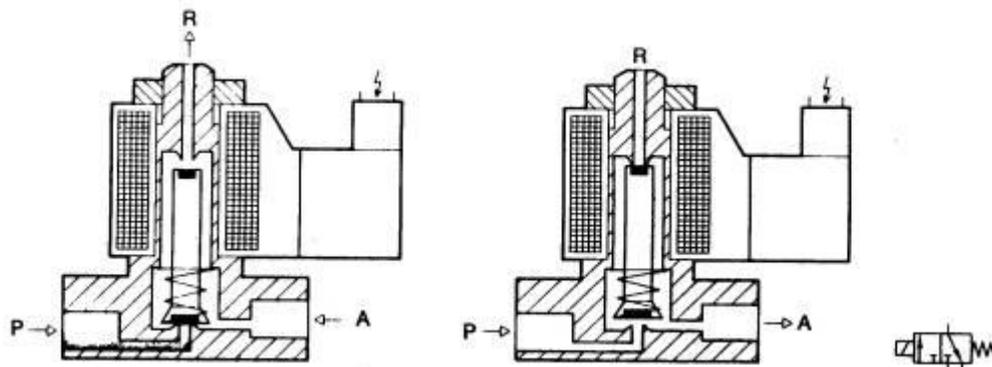


Figura 24. Válvula distribuidora 3/2 (de mando electromagnético) y su símbolo [23]

El funcionamiento de todas las electroválvulas se basa en el principio de inducción magnética. Consiste en un núcleo de hierro arrollado por una bobina que al recibir una tensión por sus terminales hace que este se desplace. El núcleo lleva una hoja que permanece continuamente cerrada en su asiento por la acción de un muelle contenedor, al recibir tensión por medio de sus terminales crea un campo magnético que se induce sobre la espiga levantándose de su asiento. El conducto de alimentación P de la válvula principal tiene una derivación interna hacia el asiento de la válvula de mando indirecto. Un muelle empuja el núcleo contra el asiento de esta válvula. Al excitar el electroimán, el núcleo es atraído, y el aire fluye hacia el émbolo de mando de la válvula principal, empujándolo hacia abajo y levantando los discos de válvula de su asiento. Primeramente se cierra la unión entre P y R (la válvula no tiene solapo). Entonces, el aire puede fluir de P hacia A y escapar de B hacia R. Al desconectar el electroimán, el muelle empuja el núcleo hasta su asiento y corta el paso del aire de mando. Los émbolos de mando en la válvula principal son empujados a su posición inicial por los muelles. [30] [31]

Para entender mejor el funcionamiento de las válvulas eléctricas es necesario conocer los símbolos que se utilizan para representar los diferentes tipos de electroválvulas que hay (ver figura 25).

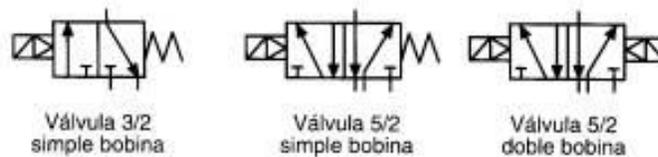


Figura 25. Simbología de las electroválvulas. [23]

Veamos el significado de las letras utilizadas en los esquemas

P (Presión). Puerto de alimentación de aire

R, S, etc. Puertos para evacuación del aire

A, B, C, etc. Puertos de trabajo

Z, X, Y, etc. Puertos de monitoreo y control

Las válvulas electromagnéticas se clasifican según la cantidad de entradas o salidas de aire, su estado y la cantidad de posiciones de control que poseen.

✓ Electroválvula 2/2 normalmente cerrada. (figura 26)

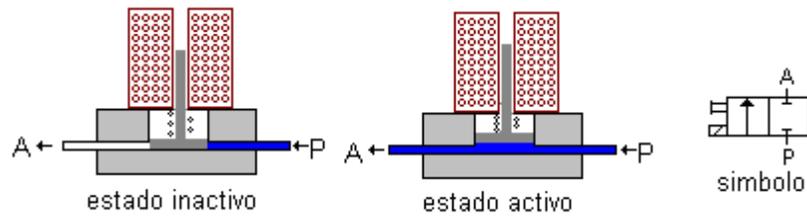


Figura 26. Electroválvula 2/2 normalmente cerrada y su símbolo. [23]

✓ Electroválvula 2/2 normalmente abierta. (figura 27)

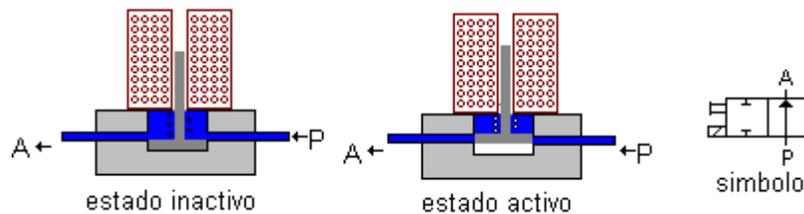


Figura 27. Electroválvula 2/2 normalmente abierta y su símbolo. [23]

✓ Electroválvula 3/2. (ver figura 28)

La electroválvula 3/2 tiene tres terminales de conexión, uno para la entrada de presión P, uno para la salida al cilindro A y otro terminal para la recuperar el fluido R. Este terminal se puede dejar al aire para que el aire salga o se puede conectar a un tanque donde haya fluido sin presión (tanque de almacenamiento). Cuando la bobina está desactivada, la presión P se encuentra bloqueada por el embolo, y el terminal A se encuentra conectado al tanque de almacenamiento. En este caso el cilindro no se encuentra trabajando.

Cuando se activa la bobina, el embolo sube, y el terminal A se encuentra conectado al terminal P. Haciendo que el cilindro esté expuesto a una presión y él hace trabajo. Cuando la bobina se desactiva, el resorte hace bajar el émbolo nuevamente, la presión P queda bloqueada y el terminal A queda conectado al R o al tanque de almacenamiento, lo que permite que el cilindro vuelva a su estado de reposo. [23]

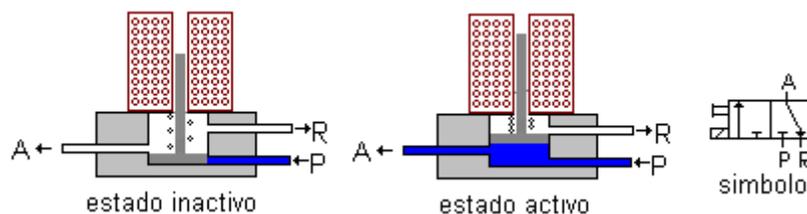


Figura 28. Electroválvula 3/2 y su símbolo. [23]

✓ Electroválvula 4/2. (ver figura 29)

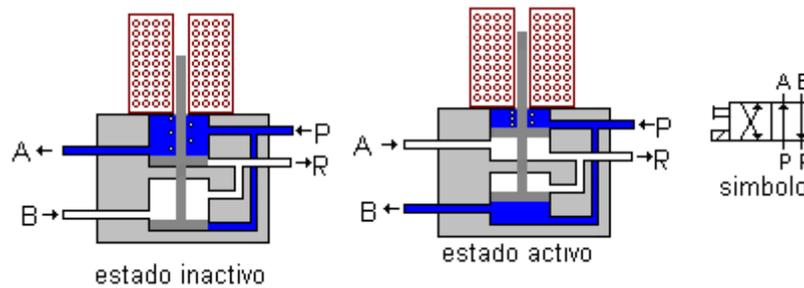


Figura 29. Electroválvula 4/2 y su símbolo. [23]

## 2.5 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

Un controlador lógico programable es toda máquina electrónica, diseñada para controlar procesos de secuencia en tiempo real y en un medio industrial. Su manejo y programación es digital y puede ser realizada por personal eléctrico o electrónico sin conocimientos informáticos. [32]

El PLC usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas tales como: lógicas (series, paralelos), secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y otras más potentes como cálculos, regulaciones, etc., a través de módulos de entrada/salida digitales (ON/OFF) o analógicos (1.5 VDC, 4-20 mA, etc.). Este dispositivo fue inventado con el fin de reemplazar los circuitos secuenciales relevadores para el control de la máquina. [33]

También se le puede definir como una “caja negra” en la que existen unos módulos o terminales de entrada a los que se le conectarán pulsadores, finales de carrera, fotocélulas, detectores; unos terminales de salida a los que se le conectarán bobinas de contactores, electroválvulas, lámparas; de tal forma que la actuación de estos últimos estén en función de las señales de entrada que están activadas en cada momento, según el programa activado. [32]

### 2.5.1 Estructura Física y Presentación

La estructura física o estructura externa de un PLC se refiere al aspecto físico del mismo o elementos en que está dividido. Actualmente, son dos las estructuras más significativas que existen en el mercado:

- Estructura Compacta

Este tipo de autómata se distingue por presentar un solo bloque todos sus elementos, fuente de alimentación, CPU, memorias, entradas/salidas, etc. Esta estructura compacta cuenta con un número fijo de entradas y salidas. En cuanto a su unidad de programación, existen tres versiones: unidad fija o enchufable directamente en el Autómata; enchufable mediante cable o conector, o la posibilidad de ambas conexiones. En ejemplo de esto se puede observar en la figura 30. [32]



Figura 30. Estructura compacta de un PLC Siemens S7-200. [35]

- Estructura Modular

La estructura de este tipo de Autómatas se divide en módulos o partes del mismo que realizan funciones específicos. La estructura modular (ver figura 31) se emplea más frecuentemente en aplicaciones industriales. Los módulos son desmontables y el sistema tiene la posibilidad de expandirse en entradas y salidas (I/O) tanto digitales como análogas. [32] [34]

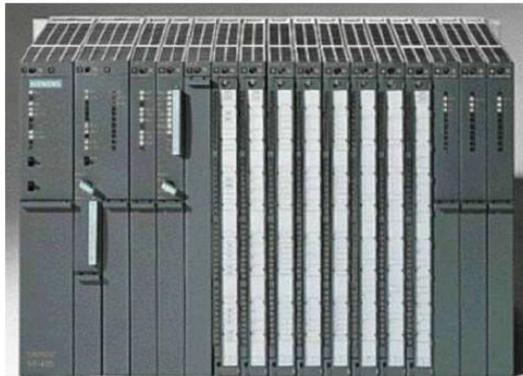


Figura 31. Estructura modular de un PLC Siemens S7-200. [35]

- Estructura del PLC

La estructura básica se puede representar por medio del diagrama de bloques que se muestra en la figura 32.

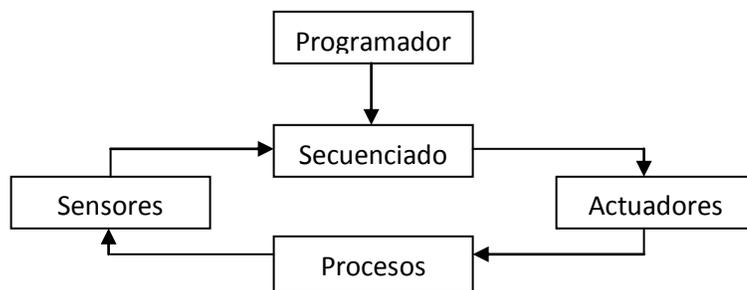


Figura 32. Estructura Básica del PLC. [34]

- Estructura Interna del PLC

La estructura interna se puede representar por medio del diagrama de bloques que se ilustra en la figura 33.

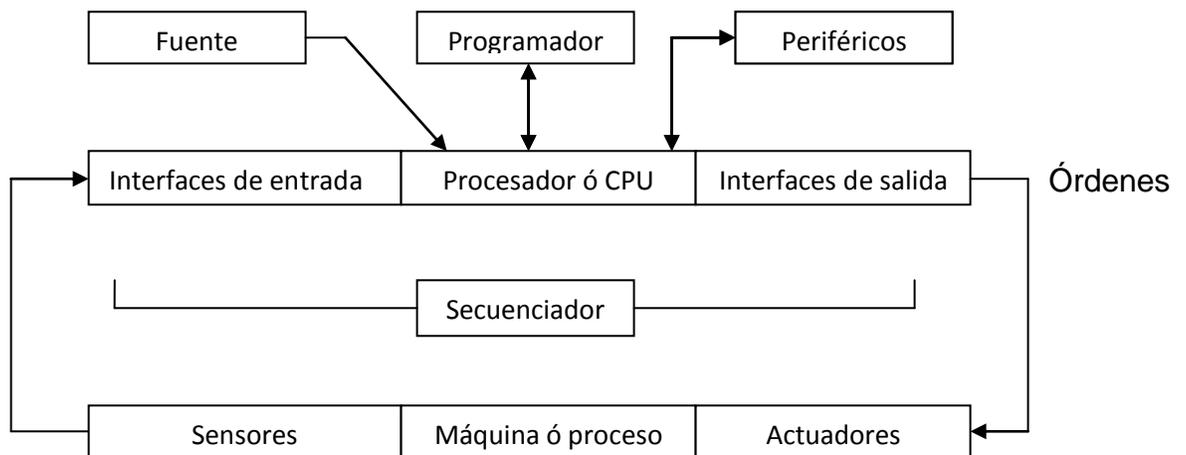


Figura 33. Estructura Interna del PLC. [34]

A continuación se definirán cada una de las partes internas del PLC.

- Fuente de Alimentación

La función de la fuente de alimentación DC en un controlador es convertir la tensión de la red, 220v AC, a baja tensión DC, a su vez suministrar la energía ala CPU y demás tarjetas según la configuración del PLC, para que este pueda trabajar correctamente.

+5V para alimentar a todas las tarjetas.

+5.2 V para alimentar al programador.

+ 24 V para los canales de lazo de corriente 20 mA. [36] [37]

- Interfaces de Entradas y Salidas I/O

- ✓ Entradas

Son circuitos mediante los cuales el sistema puede comunicarse con el mundo exterior y se toma la información de los captadores, switches, sensores, etc. Evitan el rebote de contactos, acoplan los niveles de tensión, y acondicionan la señal para reducir el efecto de señales de ruido e interferencia.

Las entradas son fácilmente identificables, ya que se caracterizan físicamente por sus bornes para acoplar los dispositivos de entrada o captadores, por su numeración, y por su identificación INPUT o ENTRADA. En cuanto a su tensión, las entradas pueden ser de tres tipos:

Libres de tensión.

A corriente continua.

A corriente alterna. [32] [34]

- ✓ Salidas

Las salidas son circuitos mediante los cuales el sistema puede comunicarse con el mundo exterior por donde se realiza la activación de los actuadores. Estas salidas permiten adecuar las señales de salida lógica para el funcionamiento correcto de los actuadores, que son los que van a modificar las condiciones del proceso de acuerdo a una acción de control predeterminada. Aíslan el mundo de la lógica interna con el de la carga.

La identificación de las salidas se realiza igual que en las entradas, figurando en este caso la indicación de OUTPUT o SALIDA. Son tres los tipos de salidas que se pueden dar:

A relé.  
A triac.  
A transistor. [32] [34]

✓ Memoria

Las memorias son dispositivos que contienen en forma binaria las instrucciones que constituyen el programa y los datos que deberían utilizarse durante la ejecución del mismo.

La memoria se encuentra dividida en dos partes:

Una memoria “programa” (data storage) en las que se encuentran almacenada las instrucciones del programa a ejecutar.

Una memoria de datos en la que están almacenados los resultados intermediarios de cálculos y los diversos estados. [34] [38]

✓ Unidad central de proceso, CPU

Es el elemento más complejo del controlador programable.

Se divide en dos partes principales, cada una con funciones diferentes:

Unidad de comando: rige el comportamiento de todos los demás componentes, da las órdenes y los comandos que implican la ejecución de operaciones, e interpreta y ejecuta las instrucciones.

Unidad de tratamiento: efectúa los cálculos y las operaciones lógicas y aritméticas.

Al interior de la CPU se hacen las operaciones lógicas y matemáticas, como también todos los cálculos, se procesa la información, y se reciben y envían los datos. A su vez contiene gran cantidad de registros, contadores, y acumuladores. [34]

✓ Programador

Es el medio material que tiene el usuario para programar y controlar el controlador. Contiene un teclado con comandos lógicos y de servicio además de un display; a su vez los nuevos autómatas programables cuentan con softwares de programación para computadores y cables de conexión PLC-PC para poder realizar la programación desde un PC. Las nuevas tecnologías también nos permiten programar los autómatas desde grandes distancias o sin cables de conexión PLC-PC a través de Internet.

✓ Periféricos

Los periféricos no intervienen directamente en el funcionamiento del autómata, pero sin embargo facilitan la labor del operario. Los más utilizados son:

Grabadoras a cassettes.

Impresoras.  
Cartuchos de memoria EEPROM.  
Visualizadores y paneles de operación OP. [37]

## 2.5.2 Ventajas de la Automatización al utilizar un PLC

No todos los Autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y a las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Por tales consideraciones solo se hablará de las ventajas que proporciona un Autómata de tipo medio.

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos.  
Esto se debe a que no es necesario dibujar el esquema de contactos, no se simplifican las ecuaciones lógicas y la lista de materiales queda reducida.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos; esto hace que sea más fácil realizar cambios en el desarrollo del proceso.
- Mínimo espacio de ocupación, esto se debe a su diferentes tamaños en los que se adquiere, además de esto se puede instalar en cualquier tipo de ambiente. El PLC es diseñado para la aplicación industrial y puede estar sometido a influencias físicas, eléctricas y químicas, ruidos, cortes de energía, contaminantes ambientales como el polvo, etc.
- Emplea menor tiempo de realización y menor coste de mano de obra de instalación.
- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la facilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos PLC pueden detectar e indicar averías. Esto hace que aumente la confiabilidad en ellos.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo Autómata. También facilita la implementación de sistemas de control distribuido ó de control jerárquico.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el PLC sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción. [32] [34]

## 2.6 SISTEMA SCADA (CONTROL SUPERVISORIO Y ADQUISICIÓN DE DATOS)

### 2.6.1 Definición.

Un sistema SCADA es un sistema central que comprende las soluciones de aplicación que están directamente relacionadas con la información presente en un proceso o planta industrial que es objeto de monitoreo, supervisión y análisis, y a partir desarrollan procedimientos de control (ver figura 34). De ahí el nombre en

inglés Supervisory Control And Data Aquisition que significa Control Supervisorio y Adquisición de Datos. [39]

Este sistema central contiene una aplicación de software, especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de una forma automática desde una computadora. Además, envía la información generada en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como hacia otros supervisores dentro de la empresa, es decir, que permite la participación de otras áreas como por ejemplo: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc. A su vez se pueden desarrollar aplicaciones basadas en PC, con captura de datos, análisis de señales, presentaciones en pantalla, generación de históricos señal de planta, control de actuadores, crear paneles de alarma, etc. [40] [41]

Estas soluciones que brinda un sistema SCADA mejoran factores industriales como lo son tiempos de producción, calidad del producto desarrollado, costos de operación y administración, entre otros. [40]

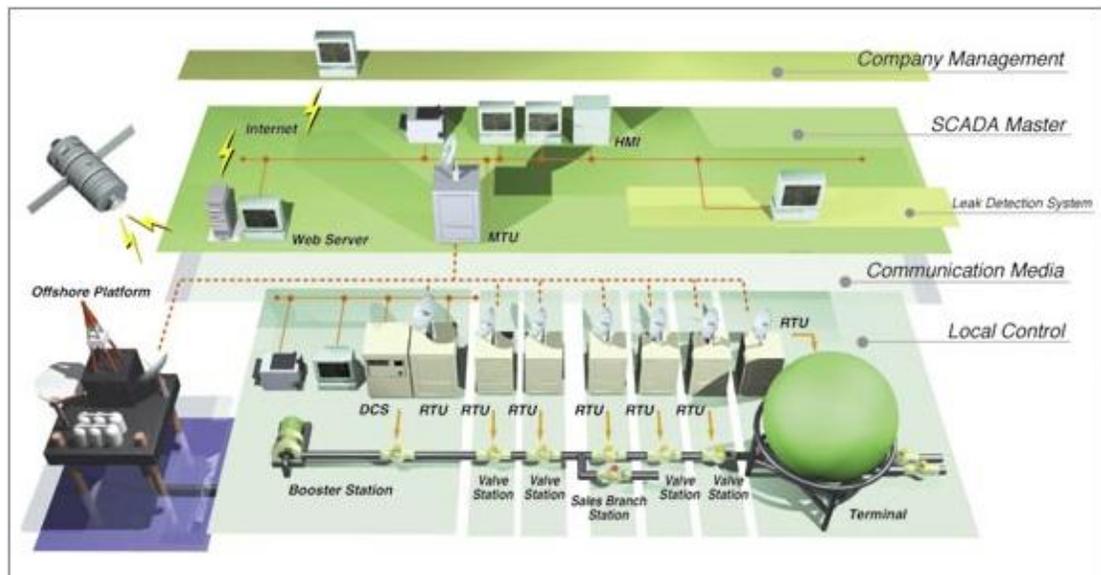


Figura 34. Sistema SCADA. [42]

## 2.6.2 Funciones básicas de un sistema SCADA

- Adquirir, almacenar y mostrar información, en forma continua y confiable, correspondiente a la señalización de campo: estados de dispositivos, mediciones, alarmas.

- Ejecutar acciones de control iniciadas por el operador, tales como: abrir o cerrar válvulas, arrancar o parar bombas, etc.
- Alertar al operador de cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta (eventos). Estos cambios son almacenados en el sistema para su posterior análisis.
- Aplicaciones en general, basadas en la información obtenida por el sistema en tiempo real como: reportes, gráficos de tendencia, historia de variables, cálculos, predicciones, detección de fugas, etc. [43]

### 2.6.3 Objetivos para que la instalación de un sistema SCADA se aproveche perfectamente

- Deben ser sistemas de arquitectura abierta, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión), y a su vez deben contar con interfaces gráficas que muestren un sistema básico y real del proceso.
- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables con el usuario. [40]

### 2.6.4 Ventajas de un sistema SCADA

- Reporte en tiempo real de las variables físicas del sistema.
- Control de contingencias.
- Almacenamiento de datos históricos.
- Planeamiento de la operación.
- Análisis de instrumentos.
- Eficiencia y seguridad de la operación.
- Confiabilidad en la medición.
- Facilidad de mantenimiento. [40]

### 2.6.5 Elementos de un sistema SCADA

- Interfaz Operador – Máquinas: esta interfaz brinda una visualización del desarrollo del proceso de la planta para que el operador lo conozca, se adapte e interactúe con los medios tecnológicos implementados.
- Unidad Central (MTU): se conoce como Unidad Maestra. La MTU es la encargada de realizar las acciones de mando (programadas) en base a los valores actuales de las variables medidas; a su vez almacena y procesa

ordenadamente datos, de tal forma que otra aplicación o dispositivo pueda acceder a ellos.

- Unidad Remota (RTU): se encuentra conformado por todos los elementos que envían algún tipo de información a la unidad central.
- Sistemas de Comunicación: transfiere información desde el punto donde se realizan las operaciones, has el punto donde se supervisa y controla el proceso. Lo conforman los transmisores, receptores y medios de comunicación.
- Transductores: son aquellos elementos que permiten la conversión de una señal física en una señal eléctrica (y viceversa). [41]

Estos elementos del sistema SCADA se pueden observar en la figura 34.

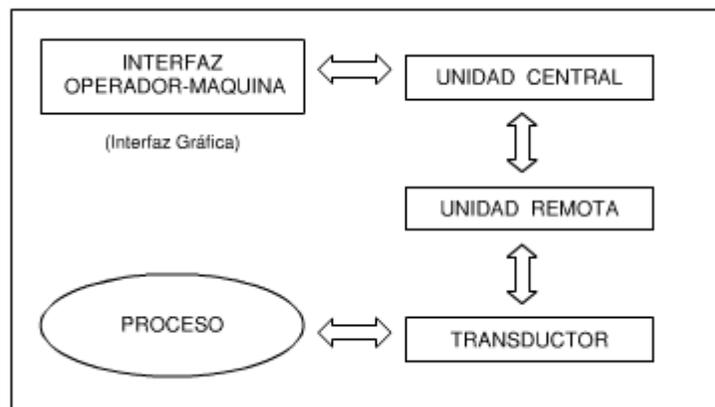


Figura 35. Esquema de los elementos del sistema SCADA. [41]

#### 2.6.6 Niveles de un sistema SCADA

Debido a la gran cantidad de información que maneja un sistema SCADA que es indispensable para el sistema de control, este se encuentra compuesto por elementos de hardware y software organizados en cinco niveles: Instrumentación, Unidad Terminal Remota (RTU/Master), Comunicaciones, Centro de Control y Aplicaciones Avanzadas. En la figura 36 se puede observar los niveles de un sistema SCADA.

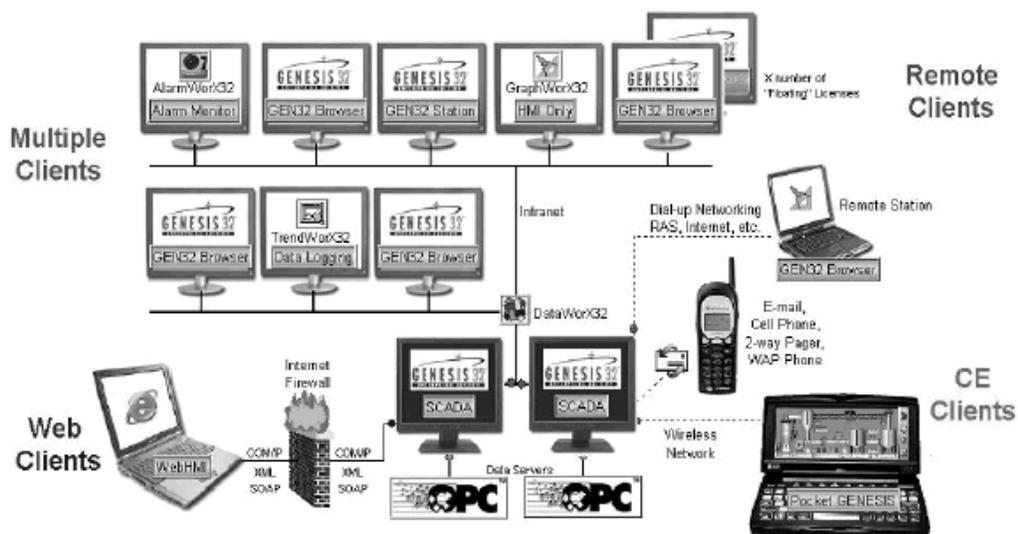


Figura 36. Niveles del sistema SCADA. [73]

- Nivel de Instrumentación

En este nivel se encuentran las variables físicas del proceso que se van a controlar como lo son: temperatura, presión, flujo, nivel, etc., junto a los instrumentos eléctricos o electrónicos que son los encargados de convertir estas variables físicas en señales eléctricas que el operario puede interpretarlas y leerlas.

El nivel de instrumentación es el encargado de tomar la variable de proceso ya sea presión, temperatura, nivel, etc., y convertirla en una señal que pueda ser interpretada por el operario o por quien este manejando la planta.

En el caso de los sistemas SCADAS, se ha estandarizado, por lo tanto la señal que se toma del campo o variable física es convertida en una señal eléctrica 4-20 mA en corriente o 1-5 voltios en el caso de tensión. Todos los instrumentos que se tienen en el proceso se van a comunicar con los módulos receptores, los cuales interpretan la información o señal sin ningún problema gracias a la estandarización de las señales.

Los instrumentos que se encuentran dentro del Nivel de Instrumentación son: transmisores de nivel, de temperatura, de presión, medidores eléctricos de caudal, de humedad, turbidez, PH, entre muchos que se encuentran a disposición en la industria. [44]

- Nivel de RTU

RTU significa “Unidad Terminal Remota”. La RTU es un dispositivo inteligente encargado de recoger, almacenar y procesar la información enviada por la instrumentación correspondiente a las variables físicas de campo.

Las unidades terminales remotas (RTU), son los controladores del sistema y cumpliendo su función, toman estas señales para convertirlas en valores propios

para manejo de la unidad central de proceso y llevarla a través de cualquier medio de comunicación establecido hasta un centro de control.

Las RTU están conformadas por tres partes:

- ✓ Tarjetas de Entrada/Salida de señales de instrumentación: existen diferentes tarjetas o módulos para cada tipo de salida o entrada, con señalización estándar de instrumentación.
- ✓ Entrada Análoga: Señal de 4-20 mA. Ejemplo transmisor de presión.
- ✓ Entrada Digital: Contacto seco. Interruptor de parada de emergencia.
- ✓ Señal Análoga: Señal de 4-20 mA. Ejemplo válvula proporcional.
- ✓ Salida Digital: Contacto seco. Ejemplo válvula ON/OFF.

La CPU: Es la parte inteligente de la RTU. Consta de un procesador, memorias RAM, PROM, EPROM, y módulos programables. Básicamente es un computador que se encarga de tomar las señales y que actúa dependiendo de la programación hecha por el usuario. Una de las características más importantes de la CPU es el almacenamiento de datos históricos, ya que ellos pueden hacer correcciones en cuanto a la eficiencia de la planta y posteriormente optimizar el proceso.

Telecomunicaciones: Es la parte encargada de tomar todas las señales en forma digital y transformarlas a los diferentes tipos de protocolos como lo son: RS-232, 423,652, RS-422, RS-485 entre otros, esta información es enviada al siguiente nivel encargado de transmitirla al centro de control. [44]

- Nivel de Comunicaciones

Este nivel es el encargado de tomar la información proveniente del Nivel de RTU, y transmitirla por un medio de comunicación escogido hasta el centro de control.

Para la elección del medio más conveniente, el cual va hacer el encargado de llevar la información entre el campo donde se encuentra la planta y el centro de control se deben tener en cuenta ciertas características como: el costo, la disponibilidad del medio, la velocidad de transmisión y la confiabilidad requerida, que pueden favorecer a la hora de mejorar el rendimiento de la planta.

Los medios más usados son:

- Línea telefónica.
- Radio de Comunicaciones.
- Microondas.
- Sistema Satelital. [40] [44]

- Nivel de Centro de Control

Es un conjunto de PLCs, periféricos, computadores y software encargados del procesamiento de señales.

Habitualmente existe un equipo de interfaz de comunicaciones, cuya función es la de reducir la información de diferentes canales de comunicación y procesarla,

agrupándolas para enviarlas a los computadores servidores mediante networking LAN, MAN o WAN.

Las siguientes partes conforman el Nivel de Centro de Control.

Computadores Servidores.

Estaciones de Trabajo.

Otros computadores para trabajo administrativo de planta. [44]

- Nivel de Aplicaciones Avanzadas

Este nivel optimiza el sistema SCADA con computadores en red con los PC del centro de control, para cumplir funciones como modelamiento en tiempo real, sintonización de lazos, simulación de procesos, etc.

Algunos de los paquetes de software utilizados son:

Matlab

Hisys

Expert tuning

Labview

Io Display runtime [44]

## 2.7 ELEMENTOS DE CONTROL

- El contactor

Es un aparato mecánico de conexión y desconexión eléctrica, accionado por cualquier forma de energía (mecánica, magnética, neumática, fluidas, etc.), menos manual, capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, incluso las de sobrecarga. [45]

Los contactores utilizados normalmente en la industria son accionados mediante la energía magnética proporcionada por una bobina, son llamados contactores electromagnéticos. [23]

El contactor electromagnético es un aparato mecánico de conexión controlado mediante electroimán y con funcionamiento todo o nada. Se encuentra constituido por un núcleo magnético y de una bobina capaz de generar un campo magnético suficientemente grande como para vencer la fuerza de los muelles antagonistas que mantienen separada del núcleo una pieza, también magnética, solidaria al dispositivo encargado de accionar los contactos eléctricos (ver figura 37). Cuando la bobina del electroimán está bajo tensión, el contactor se cierra, estableciendo a través de los polos un circuito entre la red de alimentación y el receptor. El

desplazamiento de la parte móvil del electroimán que arrastra las partes móviles de los polos y de los contactos auxiliares o, en determinados casos, del dispositivo de control de éstos. [45][23]

- Funcionamiento del contactor

Cuando la bobina se energiza genera un campo magnético intenso, de manera que el núcleo atrae a la armadura, con un movimiento muy rápido. Con este movimiento todos los contactos del contactor, principales y auxiliares, cambian inmediatamente y de forma solidaria de estado.

Existen dos consideraciones que debemos tener en cuenta en cuanto a las características de los contactores:

**Poder de cierre:** Valor de la corriente independientemente de la tensión, que un contactor puede establecer en forma satisfactoria y sin peligro que sus contactos se suelden.

**Poder de corte:** Valor de la corriente que el contactor puede cortar, sin riesgo de daño de los contactos y de los aislantes de la cámara apagachispas. La corriente es más débil en cuanto más grande es la tensión.

Para que los contactos vuelvan a su posición anterior es necesario desenergizar la bobina. Durante esta desenergización o desconexión de la bobina (carga inductiva) se producen sobre-tensiones de alta frecuencia, que pueden producir interferencias en los aparatos electrónicos.

Desde el punto de vista del funcionamiento del contactor las bobinas tienen la mayor importancia y en cuanto a las aplicaciones los contactos tienen la mayor importancia. [45]

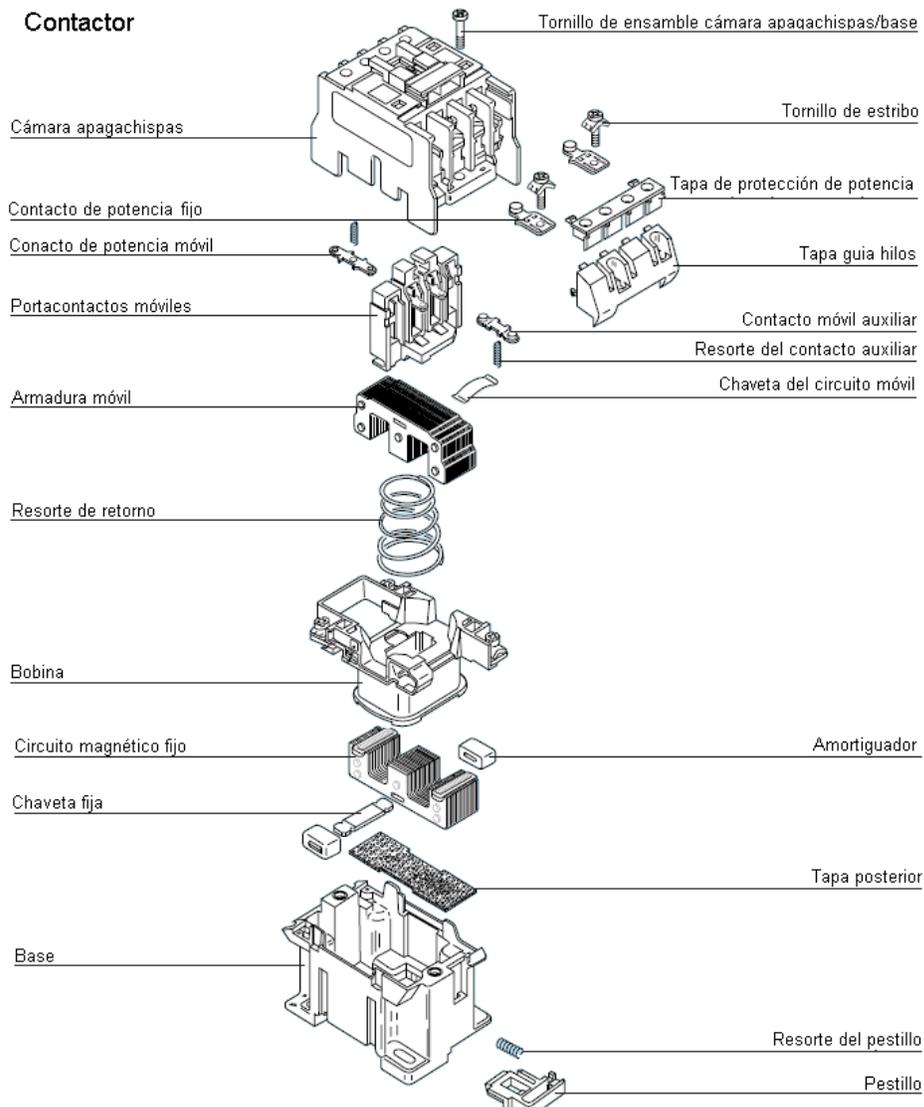


Figura 37. Partes principales del contactador [23]

- Pulsador

Es la interfaz hombre máquina más sencilla que se pueda obtener.

Los pulsadores tienen una parte externa donde el usuario las puede accionar y una parte interna donde se alojan interruptores normalmente abiertos o cerrados.

Su estado cambia cuando hay una fuerza externa que lo accione, una vez ésta desaparezca, los contactos vuelven a su estado de reposo. Como se puede ver en la figura 38 al presionarse la caratula externa se están accionando simultáneamente los dos contactos y ambos cambian de estado a la vez, es decir entre los contactos hay un acople mecánico.

Un pulsador sirve para entrar comandos a un circuito de control y sólo sirve para una acción, por ejemplo, parar un motor, arrancarlo, etc. [23]

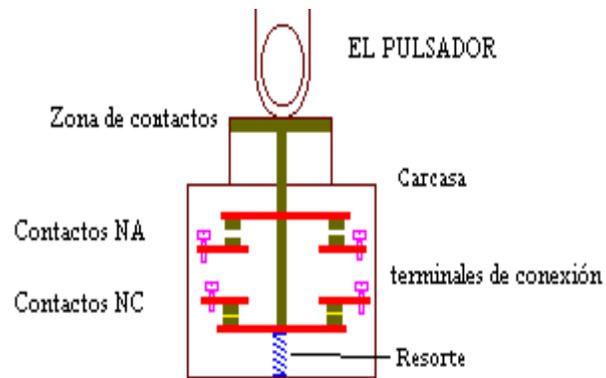


Figura 38. Estructura del pulsador [23]

En la industria existen pulsadores luminosos y no luminosos (ver figura 39), los cuales poseen en su parte interna un contactor normalmente abierto y normalmente cerrado. Se encuentran generalmente en forma circular, en diferentes colores (según la función que desempeñen) y su funcionamiento es similar. La diferencia entre estos pulsadores, es que los luminosos cuentan con una lámpara de filamento o de neón en su parte interna, para indicar que se encuentran presionados o realizando una acción.



Figura 39. Pulsadores luminosos [46]

En las tablas 1 y 2 se muestran las funciones que desempeñan los pulsadores según el color que estos poseen.

COLOR	SERVICIO	UTILIZACION
ROJO	Parada	Parada general de ciclo o maniobra Parada de emergencia Desconexión por exceso de temperatura Desenclavamiento de relés protectores
VERDE O NEGRO	Marcha	Arranque de un ciclo o maniobra
AMARILLO		Retroceso de la maniobra Anulación de la maniobra anteriormente seleccionada
BLANCO O AZUL CLARO	Para funciones que no se comprenden en los otros colores	

Tabla 1. Colores y funciones comunes de los pulsadores no luminosos. [23]

COLOR	SERVICIO
ROJO	No utilizar
AMARILLO	Atención o Precaución
VERDE	Permiso de arranque por centelleo del pulsador
BLANCO	Confirmación que el circuito se encuentra bajo tensión y que ha sido seleccionado preseleccionado para una función o movimiento.
AZUL	Indica otras funciones que no están comprendidas en otros colores.

Tabla 2. Colores y funciones comunes de los pulsadores luminosos. [23]

- **Finales de carrera**

También se les llama Interruptores de posición. Son aparatos destinados a informar y controlar la posición de una máquina o parte de ella. Su funcionamiento es similar a la de un pulsador, cuando una parte mecánica toca la cabeza activadora, una excéntrica hace mover los contactos NA y NC para cerrarlos o abrirlos, este esta se mantiene siempre y cuando la fuerza de activación persista. Cuando esta fuerza no existe un resorte lleva los contactos a la posición de reposo (ver figura 40). [23]



Figura 40. Finales de carrera [47]

Existen interruptores de posición, en los cuales el contacto NC está completamente separado del contacto NA, por lo cual tienen cuatro bornes de conexión (dos entradas y dos salidas), como se observa en la izquierda de la figura 41. Hay otros con un contacto común y dos contactos, uno NA y otro NC como se ve en la derecha de la figura 41.

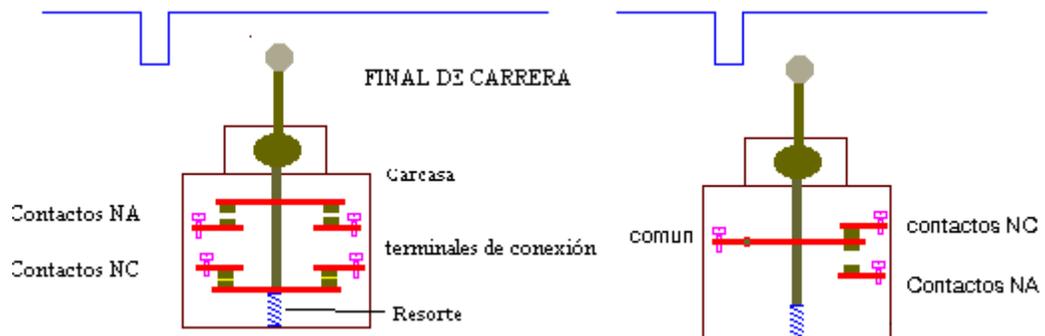


Figura 41. Diagrama interno de un final de carrera [23]

Los interruptores de posición se emplean especialmente en operaciones automáticas, en las cuales es necesario interrumpir (detener) o invertir el desplazamiento de una parte de la máquina (apertura y cierre de puertas, montacargas, rectificadoras, ascensores, compactadoras, prensas, etc.). [23]

## 2.8 ACCESORIOS NEUMÁTICOS

- Racores Instantaneos

Se encargan de conectar y desconectar las vías de aire a presión entre los componentes neumáticos (ver figura 42).

Su fácil utilización a la hora de conectar y desconectar mangueras, la gran variedad de formas que existen (Rectos, T, L, Y, con rosca macho, con rosca hembra, dobles, triples, etc.), su larga vida útil y bajo precio hacen que esta opción de conexión entre válvulas y cilindros neumáticos no tenga complejidad.

La forma básica que poseen estos racores, sus partes, su disponibilidad y sus características técnicas se detallan a continuación: [48]



Figura 42. Características técnicas de un racor. [48]

- Tipos de racores

Dentro de los racores se pueden encontrar racores en L machos, los cuales son comunes dentro de los cilindros neumáticos. Observar la figura 43.



Figura 43. Racor en L macho. [49]

También se encuentran racores en T, los cuales funcionan típicamente como mecanismo para generar 2 vías de presión a partir de una sola. Observar la figura 44.



Figura 44. Racor en TEE. [50]

- Regulador de presión de aire

Los reguladores de presión se utilizan para la regulación o control de la presión de aire ejercida sobre componentes de regulación, control y medición neumáticos (ver figura 45).

Su función se puede dar de igual forma como mecanismo de seguridad para la entrada de aire comprimido en los equipos y así evitar posibles daños sobre estos o sobre cualquier otro objeto en el cual recáigala la presión ejercida por un mecanismo neumático (ejemplo. Cilindro neumático).



Figura 45. Regulador de aire. [51]

- Manómetro

El manómetro es un instrumento que se emplea para la medición de la presión en los fluidos y que generalmente procede determinando la diferencia que hay entre

la presión del fluido y la presión local (ver figura 46). La medición de la presión suele realizarse en atmósferas, en atm; también mediante el Sistema Internacional de Unidades, al tiempo que es expresada en newtons por metro cuadrado. Cabe mencionarse que la mayoría de estos instrumentos miden la diferencia que se produce entre la presión con la que cuenta el fluido y la presión de la atmósfera local. Por esta razón, a esta última presión hay que sumarla al valor que indica el manómetro. Con esto se logra hallar la presión absoluta. En aquellos casos en los cuales se obtiene una medida negativa en el instrumento, hay que adjudicarla a una situación de vacío parcial. [52]

Existen varios tipos de manómetros. Podemos mencionar a un modelo de manómetro llamado Burdon. Es un instrumento mecánico de medición de las presiones que utiliza, a modo de elemento sensible, un tubo de metal que se encuentra curvado o torcido, y que pertenece a una sección transversal aplanada. Uno de los extremos de dicho tubo permanecerá cerrado y, por esta razón, la presión que deberá ser medida se aplicará por el otro extremo. A medida que la presión va en aumento, el tubo comenzará a adquirir una sección circular y, a su vez, empezará a enderezarse. El movimiento que se produzca del extremo cerrado va a efectuar la medición de la presión interior y a provocar otro movimiento, el de la aguja. Otro modelo es el llamado manómetro de columna de líquida. Consta, como su nombre lo indica, de una columna líquida que es empleada en la medición de la diferencia entre las presiones de ambos fluidos.

Este manómetro se constituye en el patrón base a la hora de realizar una medición de todas las ínfimas diferencias de presión que pueden llegar a suscitarse. Un modelo más que podemos mencionar es el manómetro de tubo inclinado, que a su vez pertenece a los tinteros que tienen ajuste de cero. El mismo se emplea para la medición de todas las presiones manométricas que son inferiores a los 250mm de columna de agua. En cuanto a la operación, hay que mencionar que la rama más extensa debe ser inclinada con respecto a la vertical para que se produzca un alargamiento de la escala. Asimismo, se pueden encontrar manómetros de tubo en U, que tienen las dos ramas ligeramente inclinadas, para la medición de las diferencias más pequeñas de presión. [52]



Figura 46. Estructura física de los tipos de manómetros. [52]

- Manguera

Son tubos flexibles que se utilizan para el transporte de fluidos, los cuales pueden ser líquidos, sólidos y gaseosos (ver figura 47).

Su clasificación se puede dar por tres aspectos: la presión de trabajo, el diámetro nominal de la manguera y el número de capas. [53]



Figura 47. Manguera de aire comprimido [54]

## 2.9 MECANISMOS

Los mecanismos son dispositivos que se pueden considerar convertidores de movimiento, en tanto transforman el movimiento de una forma a otra. Con un movimiento lineal se puede convertir en un movimiento rotacional; un movimiento en una dirección convertirse en uno con otra dirección en ángulo recto respecto al primero; un movimiento lineal alterno en uno rotacional. [55]

Entre los elementos mecánicos están los mecanismos de barras articuladas, levas, engranes, cremalleras, cadenas, correas de transmisión, etcétera. Muchos de los efectos que antes se obtenían con el uso de mecanismos en la actualidad se logran mediante sistemas de microprocesadores. No obstante, los mecanismos todavía son útiles en los sistemas mecatrónicos. [55]

Si bien la electrónica hoy día se utiliza en forma generalizada para desempeñar diversas funciones que antes se realizaban con mecanismos, estos todavía son útiles para llevar a cabo funciones como las siguientes. [55]

Amplificación de fuerzas; como la que dan las palancas.

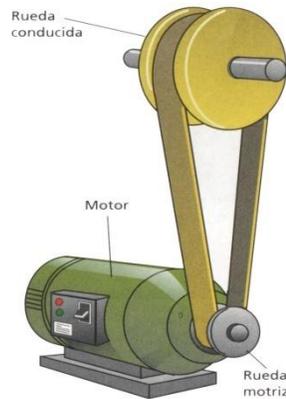
Cambio de velocidad; por ejemplo, mediante engranes.

Transferencia de rotación de un eje a otro; por ejemplo una banda síncrona.

Determinados tipos de movimiento; como, los que se obtienen mediante un mecanismo de retorno rápido.

- Mecanismo de transmisión

Las transmisiones por banda son en esencia un par de cilindros giratorios, similares a los que se observan en la figura 48. Donde el movimiento de uno de los cilindros se transfiere al otro mediante una banda. [55]



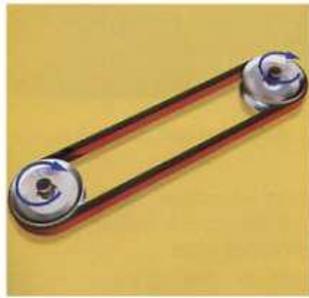
*Elementos de un mecanismo de transmisión.*

Figura 48. Transmisión por banda [56]

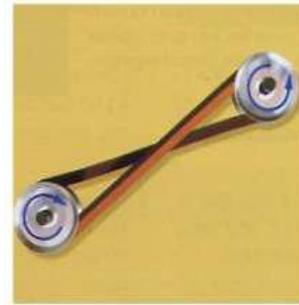
En las transmisiones por banda se aprovecha la fricción que se crea entre las poleas montadas sobre los ejes y la banda que rodea el arco de contacto para transmitir un par de rotación. Dado que la transferencia se basa en las fuerzas de fricción, existe la posibilidad de un derrape o deslizamiento. El par de rotación transmitido se debe a las diferencias de tensión que se producen en la banda durante la operación. Esta diferencia ocasiona que en la banda haya un lado apretado y otro flojo. [55]

En el método para transmitir potencia entre dos ejes, las transmisiones por banda tiene la ventaja de que la longitud de la banda se ajusta con facilidad para adaptarla a una amplia gama de distancias eje a eje, y proteger el sistema de manera automática de una sobrecarga, pues si la carga rebasa la tensión máxima que puede mantener gracias a las fuerzas de fricción, de inmediato se produce un deslizamiento. [55]

La transmisión por banda de la figura 49a hace girar la rueda impulsada en la misma dirección de la rueda impulsora. La figura 49b muestra un tipo de transmisión inversa. En las dos formas de transmisión, ambas caras de la banda están en contacto con las ruedas, por lo que no es posible utilizar bandas en V (bandas trapezoidales) ni bandas dentadas reguladoras de tiempo. [55]



(a)



(b)

Figura 49. Configuraciones de transmisión a) Configuración banda abierta.  
b) Configuración banda cruzada. [56]

- Tipos de bandas

- ✓ Plana: El área transversal de esta banda es rectangular. La eficiencia de esta transmisión es casi 98% y produce poco ruido (ver figura 50). Es capaz de transmitir la potencia en largas distancias entre los centros de las poleas. Las poleas con cejas se usan para impedir que las bandas se salgan de la guía.



Figura 50. Banda plana. [57]

- ✓ Redonda: La sección transversal es circular y se emplea con poleas con ranura (ver figura 51).

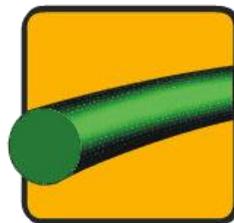


Figura 51. Banda redonda. [58]

- ✓ En V: Las bandas en V o trapezoidales se utilizan en poleas con ranura (ver figura 52). Son menos eficientes que las bandas planas, aunque se pueden usar muchas de ellas en una sola rueda por lo que es posible obtener una transmisión múltiple.



Figura 52. Banda en V. [58]

- ✓ Banda dentada reguladora de tiempo: Las bandas reguladoras de tiempo requieren ruedas dentadas en las que cada diente encaje en las ranuras de las ruedas. Esta banda, a diferencia de otras, no se estira ni se resbala, por lo que transmite potencia a una velocidad angular constante. Los dientes le permite avanzar a velocidad tanto lenta como rápida (ver figura 53).

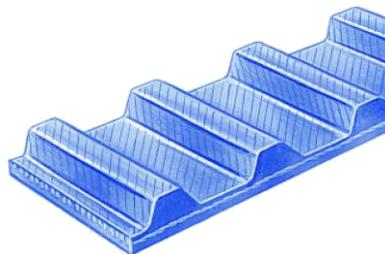


Figura 53. Banda dentada reguladora de tiempo. [58]

- La polea

Una polea es una rueda que gira libremente alrededor de un eje y que tiene en todo su contorno un surco o canal por el que corre una cuerda o una correa (ver figura 54).

Se considera la polea como un modelo avanzado de la palanca de primer género. En ella, el brazo de potencia y el brazo de resistencia son radios de la circunferencia de la polea y el punto de apoyo es el eje alrededor del cual gira la polea.

Con una polea no se multiplica la fuerza, pero se cambia la dirección en la que dicha fuerza actúa. Combinando dos o más poleas la fuerza se multiplica de

manera que la amplificación de la fuerza es tanto mayor cuanto mayor sea el número de poleas que se combinan. [59]



Figura 54. Tipos de poleas [60]

## 2.10 EL TRANSFORMADOR

Es aquel dispositivo capaz de modificar alguna característica de la energía eléctrica y su principio estructural en dos bobinas con dos o más devanados o arrollamientos alrededor de un centro común llamado núcleo. El núcleo es el elemento encargado de acoplar magnéticamente los arrollamientos de las bobinas primaria y secundaria del transformador. Está construido superponiendo numerosas chapas de aleación acero – silicio, fin de reducir las pérdidas por histéresis magnética y aumentar la resistividad del acero. Su espesor suele oscilar entre 0,30 y 0,50 mm.

Los transformadores tienen la capacidad de transformar el voltaje y la corriente a niveles más altos o más bajos (no crean energía). Si un transformador aumenta el voltaje de una señal, reduce su corriente; y si reduce el voltaje de la señal, eleva la corriente. En otras palabras, la energía que fluye a través de un transformador, no puede ser superior a la energía que haya entrado en él.

El transformador es una aplicación importante de la inductancia mutua, un transformador tiene un devanado primario  $L_P$  conectado a una fuente de voltaje que produce una corriente alterna, mientras que el devanado secundario  $L_S$  está conectado a través de una resistencia de carga  $R_L$  (ver figura 55). El propósito del transformador es transferir la potencia del primario que es donde está conectado al generador al secundario, donde el voltaje inducido en el secundario es capaz de producir corriente en la resistencia de carga conectada a través de  $L_S$ . [61]

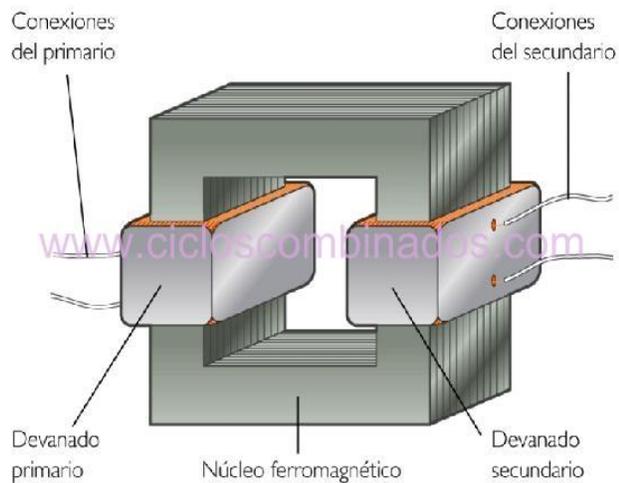


Figura 55. Esquema de un transformador [63]

Aunque el primario y el secundario no están conectados entre si, la potencia en el primario esta acoplada al secundario por medio del campo magnético que existe entre los dos devanados. Cada vez que la carga requiera un voltaje mayor o menor al proporcionado por el generador, el transformador puede aumentar o disminuir el voltaje de aquel si se incrementa o decrementa él numero de vueltas del devanado secundario  $L_S$  (comparado con las vueltas del primario  $L_P$ ) a fin de proporcionar la cantidad de voltaje necesaria en el secundario. [61]

Un transformador cuyo voltaje secundario sea superior al primario se llama transformador elevador. Si el voltaje secundario es inferior al primario este dispositivo recibe el nombre de transformador reductor. El producto de intensidad de corriente por voltaje es constante en cada juego de bobinas, de forma que en un transformador elevador el aumento de voltaje de la bobina secundaria viene acompañado por la correspondiente disminución de corriente. [62]

## 2.11 AUTOTRANSFORMADOR

El autotransformador puede ser considerado simultáneamente como un caso particular del transformador o del bobinado con núcleo de hierro. Tiene un solo bobinado arrollado sobre el núcleo, pero dispone de cuatro bornes, dos para cada circuito, y por ello presenta puntos en común con el transformador.

En la práctica se emplean los autotransformadores en algunos casos en los que presenta ventajas económicas, sea por su menor costo o su mayor eficiencia. Pero esos casos están limitados a ciertos valores de la relación de transformación.

Es común que se presente el uso de relaciones de transformación próximas a la unidad, que corresponde dar a los autotransformadores la importancia que tienen, por haberla adquirido en la práctica de su gran difusión.

La figura 56 muestra un esquema del autotransformador. Consta de un bobinado de extremos A y D, al cual se le ha hecho una derivación en el punto intermedio B. Se llama primario a la sección completa A D y secundario a la porción B D, pero en la práctica puede ser a la inversa, cuando se desea elevar la tensión primaria.

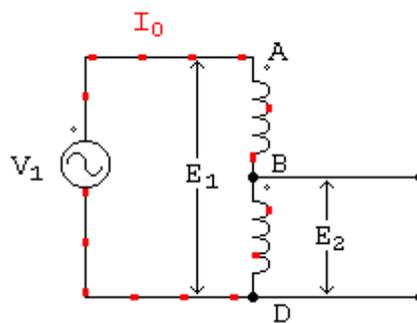


Figura 56. Esquema del autotransformador [64]

La tensión de la red primaria, a la cual se conectará el autotransformador, es  $V_1$ , aplicada a los puntos A y D. Como toda bobina con núcleo de hierro, en cuanto se aplica esa tensión circula una corriente de vacío. La corriente de vacío está formada por dos componentes; una parte es la corriente magnetizante, que está atrasada  $90^\circ$  respecto de la tensión, y otra parte que está en fase, y es la que cubre las pérdidas en el hierro, cuyo monto se encuentra multiplicando esa parte de la corriente de vacío, por la tensión aplicada. La corriente total de vacío es  $I_0$ .

Los autotransformadores se utilizan a menudo en sistemas eléctricos de potencia, para interconectar circuitos que funcionan a voltajes diferentes, pero en una relación cercana a 202:1 (por ejemplo, 400 kV / 230 kV ó 138 kV / 66 kV). En la industria, se utilizan para conectar maquinaria fabricada para tensiones nominales diferentes a la de la fuente de alimentación (por ejemplo, motores de 480 V conectados a una alimentación de 600 V). Se utilizan también para conectar aparatos, electrodomésticos y cargas menores en cualquiera de las dos alimentaciones más comunes a nivel mundial (100-130 V a 200-250 V).

En sistemas de distribución rural, donde las distancias son largas, se pueden utilizar autotransformadores especiales con relaciones alrededor de 1:1,

aprovechando la multiplicidad de tomas para variar el voltaje de alimentación y así compensar las apreciables caídas de tensión en los extremos de la línea.

Se utilizan autotransformadores también como método de arranque suave para motores de inducción tipo jaula de ardilla, los cuales se caracterizan por demandar una alta corriente durante el arranque. Si se alimenta el motor conectándolo a la toma menor de un autotransformador, el voltaje reducido de la alimentación resultará en una menor corriente de arranque y por lo tanto en condiciones más seguras de operación, tanto para el motor como para la instalación eléctrica. Una vez que el motor ha alcanzado suficiente velocidad, se puede ir aumentando el voltaje de alimentación (en tantos pasos como tomas posea el autotransformador) gradualmente, hasta llegar al voltaje de la red (cuando la relación de tomas es 1:1). [64]

## 2.12 El compresor

Máquina que eleva la presión de un gas, un vapor o una mezcla de gases y vapores. La presión del fluido se eleva reduciendo el volumen específico del mismo durante su paso a través del compresor. Comparados con turbo soplantes y ventiladores centrífugos o de circulación axial, en cuanto a la presión de salida, los compresores se clasifican generalmente como máquinas de alta presión, mientras que los ventiladores y soplantes se consideran de baja presión. [65]

Los compresores se emplean para aumentar la presión de una gran variedad de gases y vapores para un gran número de aplicaciones. Un caso común es el compresor de aire, que suministra aire a elevada presión para transporte, pintura a pistola, inflamamiento de neumáticos, limpieza, herramientas neumáticas y perforadoras. Otro es el compresor de refrigeración, empleado para comprimir el gas del vaporizador. Otras aplicaciones abarcan procesos químicos, conducción de gases, turbinas de gas y construcción. [65]

Al clasificarse según el indicio constructivo los compresores volumétricos se subdividen en los de émbolo y de rotor y los de paletas en centrífugos y axiales. Es posible la división de los compresores en grupos de acuerdo con el género de gas que se desplaza, del tipo de transmisión y de la destinación del compresor. [65]

A continuación se puede observar en la figura 57 un tipo de compresor.



Figura 57. Compresor [66]

### 2.13 Alambre de ferróníquel

Es una aleación entre hierro y níquel con propiedades físicas termo-conductivas, que al aplicarle una corriente determinada, genera una potencia disipada en calor (ver figura 58). La potencia disipada en el ferróníquel hace que este sea implementado como mecanismo de sellado o cortado por calor.



Figura 58. Hilo de ferróníquel. Fuente autor

### 2.14 Polietileno

Material incoloro y traslúcido muy estable, insoluble en agua y en la mayoría de disolventes orgánicos a temperaturas no elevadas. Es impermeable al agua y a su vapor, pero deja pasar el oxígeno y el dióxido de carbono, características por las cuales se utiliza como embalaje en la industria alimenticia. [72]



Figura 59. Polietileno. Fuente autor

### 3. VISTAS Y PLANOS ESTRUCTURALES DE LAS PARTES DE LA MAQUINA EMPACADORA

#### 3.1 ESTRUCTURA PRINCIPAL DE SOPORTE DEL MÓDULO GENERAL

Está constituida por las bases inferiores (patas), la placa frontal, las placas laterales (derecha e izquierda), la placa inferior y la placa superior de soporte o placa intermedia del módulo general.

Con el acople de de todas las placas mencionadas se crea un compartimiento que posee una cavidad hueca en su interior como se observa en la figura 60.

La estructura en su totalidad se encuentra fabricada en madera triplex debido a las características que posee de resistencia, dureza, rigidez e inmunización. Lo cual la hace apta para cumplir la función de soporte del peso del prototipo.

El contorno externo del armazón se pinto con un matiz azul metalizado para proporcionarle una apariencia de metal a la madera y al interior se le dio un color negro.

El chasis cumple dos funciones diferentes, siendo la función principal y fundamental la de soportar todo el peso del prototipo. Y como función secundaria alberga en su interior actuadores, mecanismos y dispositivos que participan en el funcionamiento de la máquina.

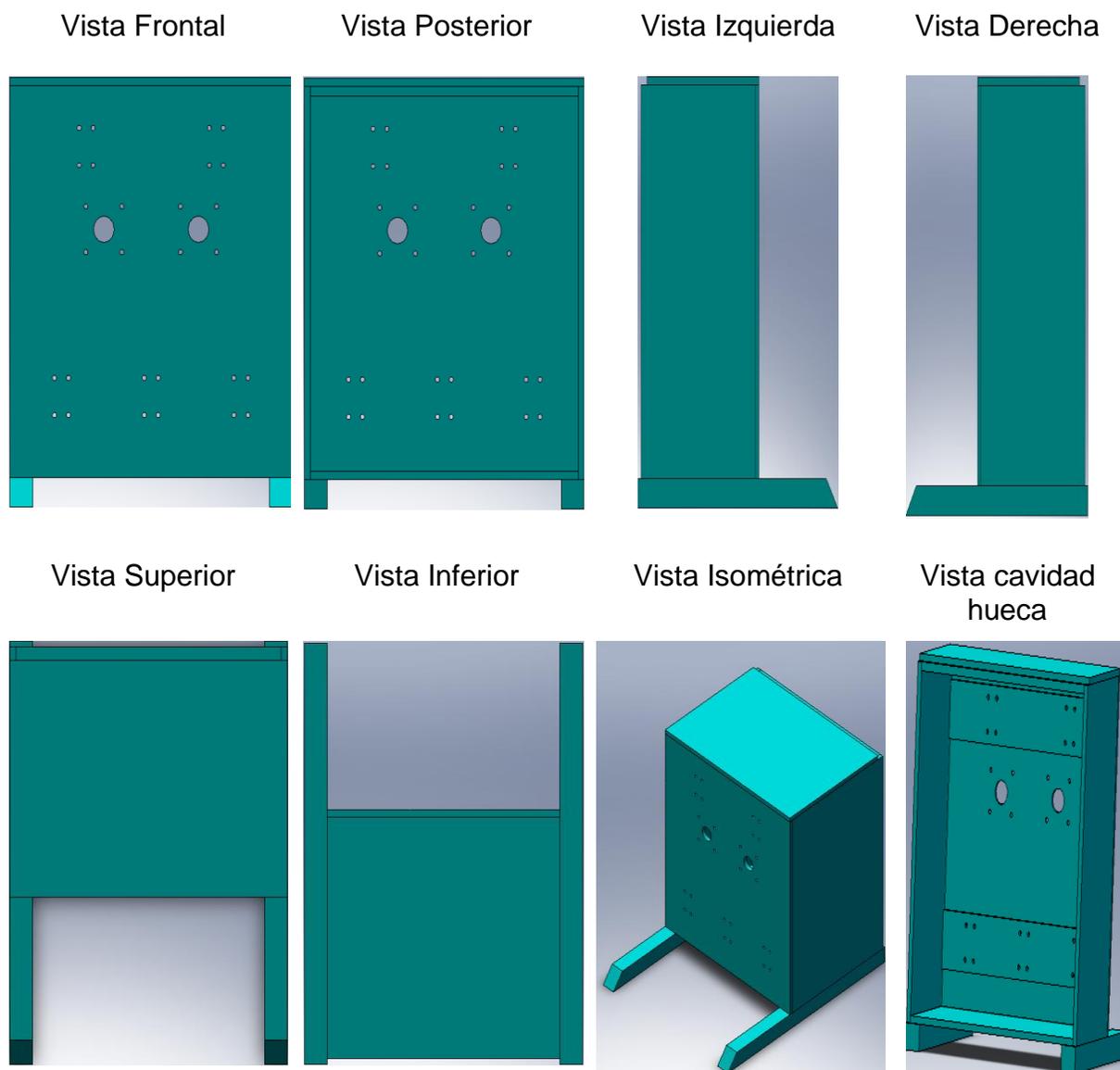


Figura 60. Vistas de la estructura principal de soporte del módulo general. Fuente autor

A continuación se describirán las piezas que conforman la estructura de soporte.

### 3.1.1 Placa frontal

Se encuentra ubicada en la parte frontal de la estructura principal de soporte del módulo general, además de soportar el peso, sirve de estribo para múltiples piezas mecánicas empotradas en ella (figura 60).  
 En la figura 61 se observan las vistas de la placa frontal.

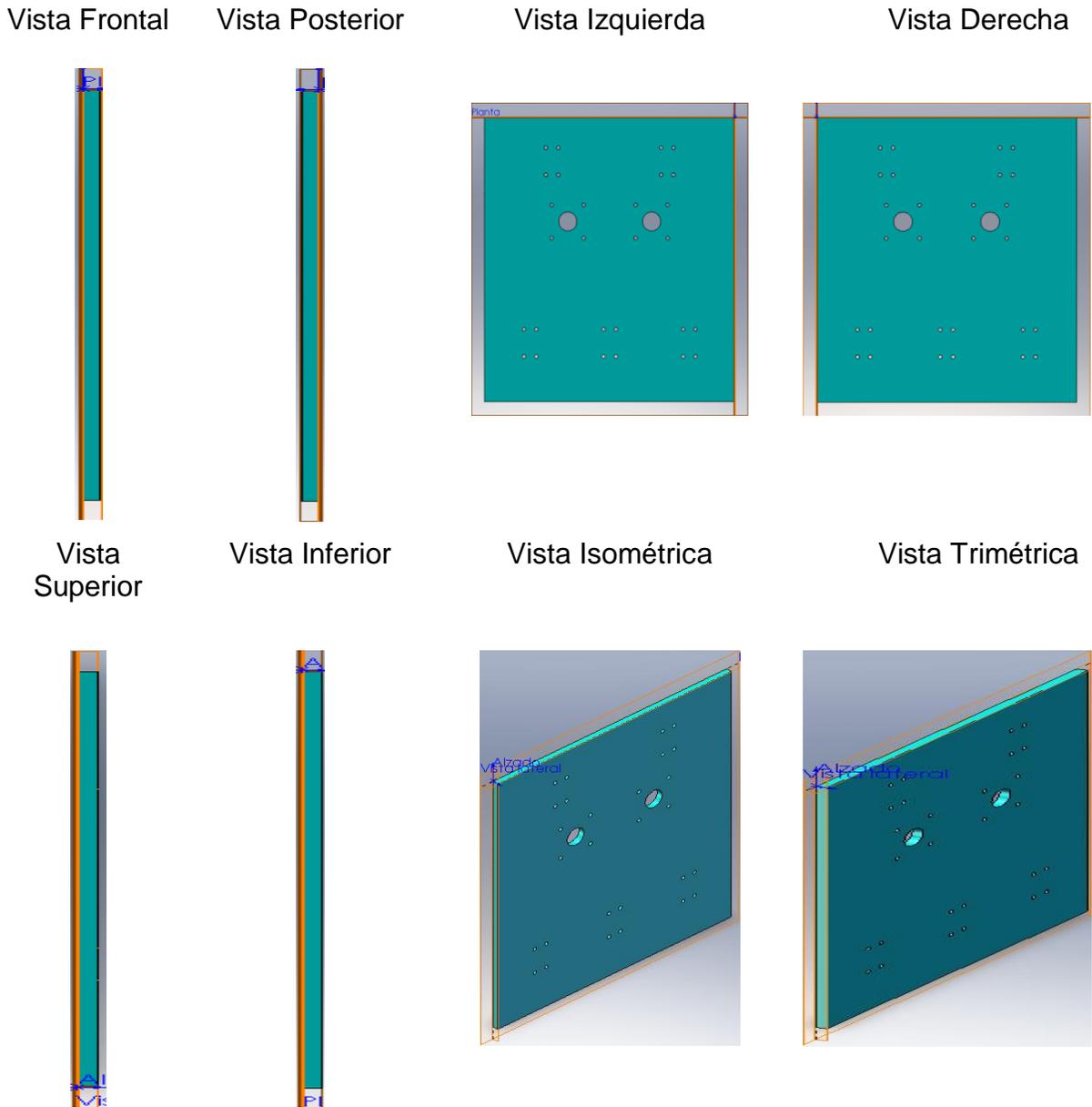


Figura 61. Vistas de la placa frontal. Fuente autor

### 3.1.2 Placas laterales

Se encuentran ubicadas a los lados derecho e izquierdo de la estructura principal de soporte del módulo general (figura 60). La lateral izquierda a diferencia de la derecha es utilizada de sostén del motor que desenvuelve el material del empaque, además de sostener el peso del modelo. En las figuras 62 y 63 se observan las vistas de las placas laterales.

- Vistas de la placa lateral derecha

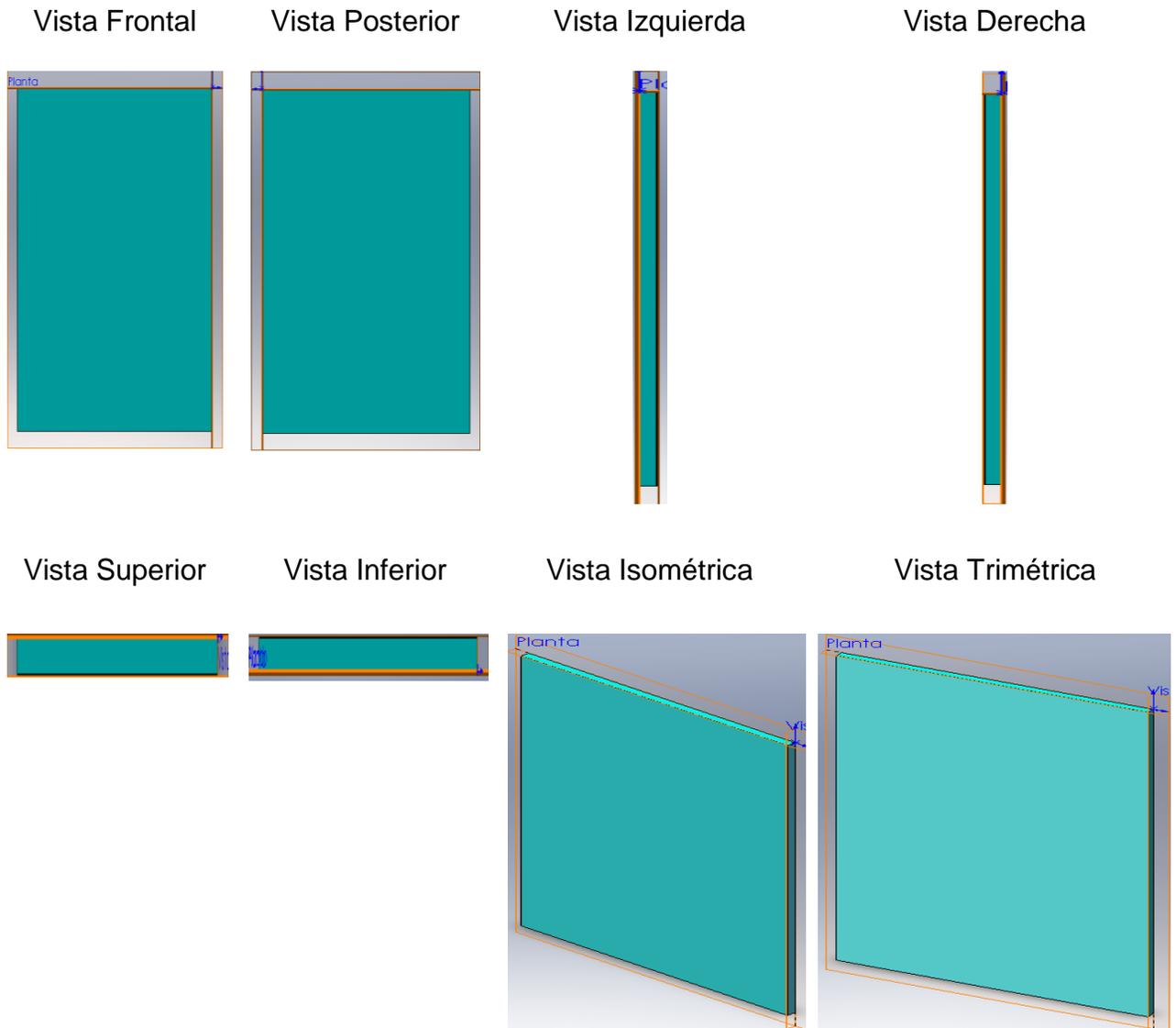


Figura 62. Vistas de la placa lateral derecha. Fuente de autor

- Vistas de la placa lateral izquierda.

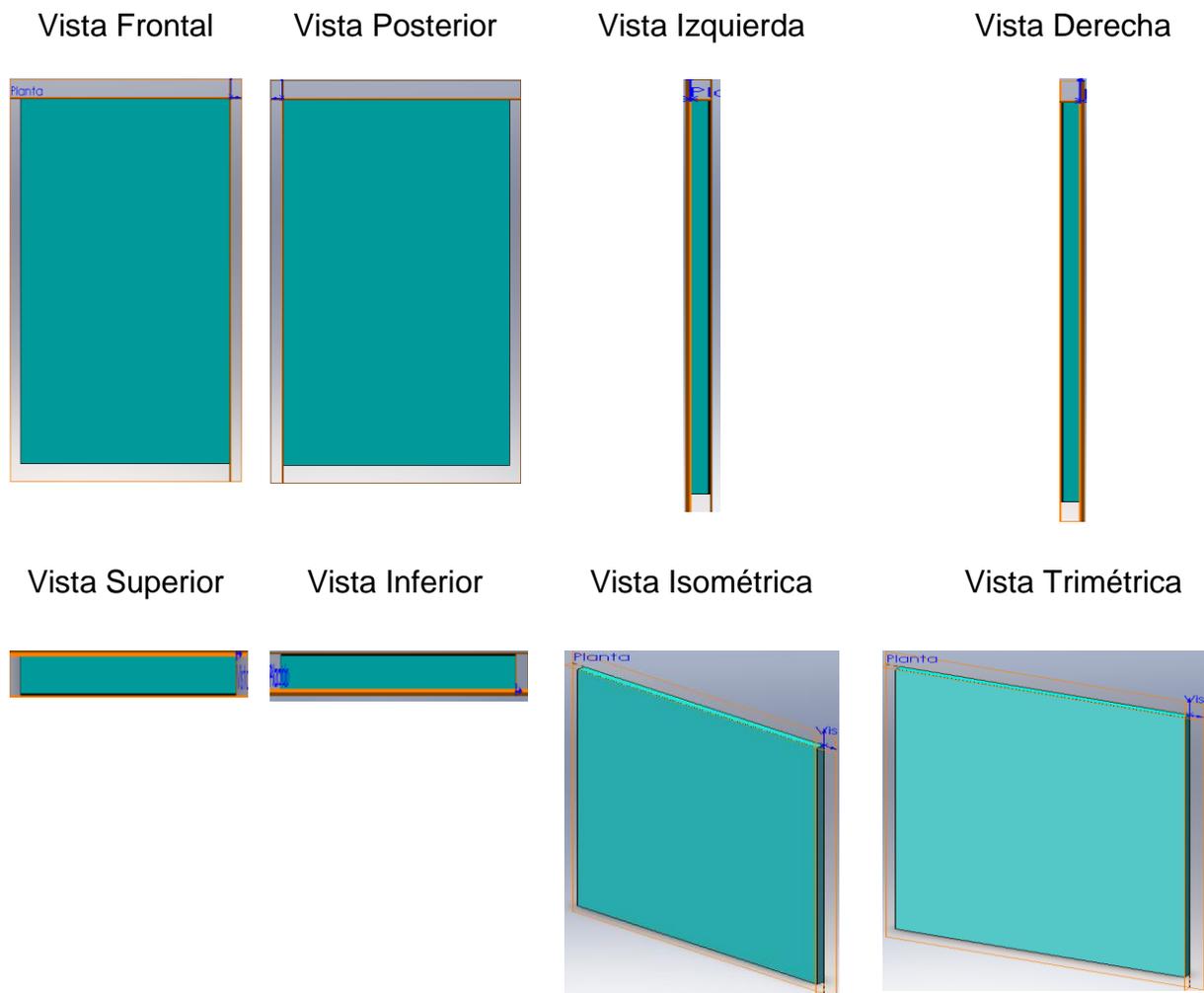


Figura 63. Vistas de la placa lateral izquierda. Fuente de autor

### 3.1.3 Placa superior de la estructura principal de soporte o placa intermedia del módulo general

Cuando se habla de la placa intermedia del modulo general o placa superior de la estructura principal de soporte, hacemos referencia a una solo pieza localizada en el punto medio de la máquina (figura 60).

La diferencia se encuentra en las funciones que cumple dependiendo del punto de vista que se observe. La parte superior es la plataforma donde se ensamblan las cuatro bases de soporte de la placa superior del módulo general y junto a ella las placas para los rodillos tensores del material del empaque. Su parte inferior es

la tapa superior del compartimiento en donde se encuentran los mecanismos de poleas, motores, etc. Las vistas de esta placa se pueden observar en la figura 64.

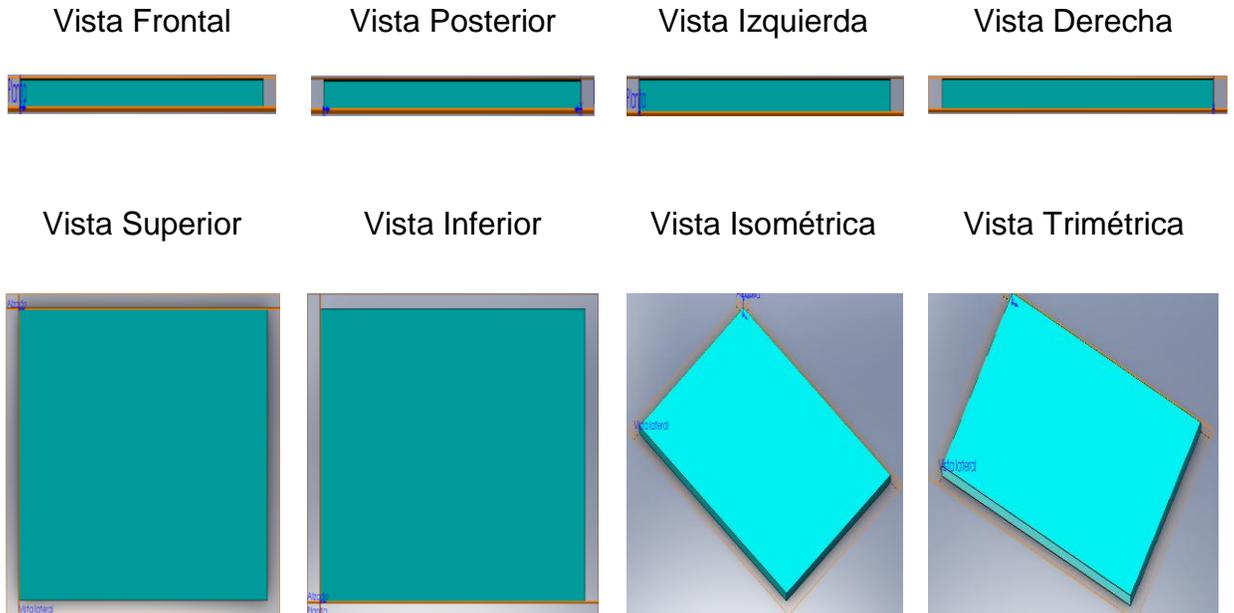
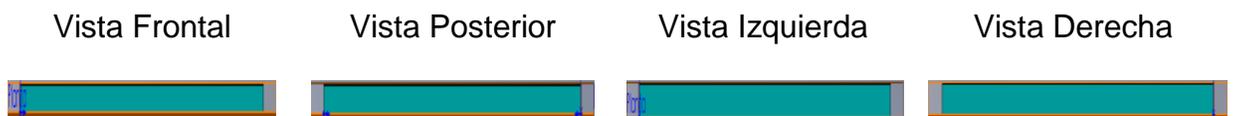


Figura 64. Vistas de la placa intermedia del módulo general o placa superior de la estructura principal de soporte. Fuente de autor

### 3.1.4 Placa inferior

Se acoplada entre las dos bases inferiores de la estructura principal de soporte del módulo general (figura 60).

Siendo parte de la estructura de soporte, esta cumple con un objetivo distinto al de soportar el peso de la máquina, debido a la posición que esta ocupa en el prototipo, hace que la pieza tenga un menor tamaño y el peso caiga sobre las placas de soporte (frontal, lateral derecha, lateral izquierda) y sus bases inferiores. Esta placa es la base para mecanismos electromecánicos situados dentro de la estructura principal de soporte. Algunos de estos componentes se encuentran acoplados sobre ella. Las vistas se observan en la figura 65.



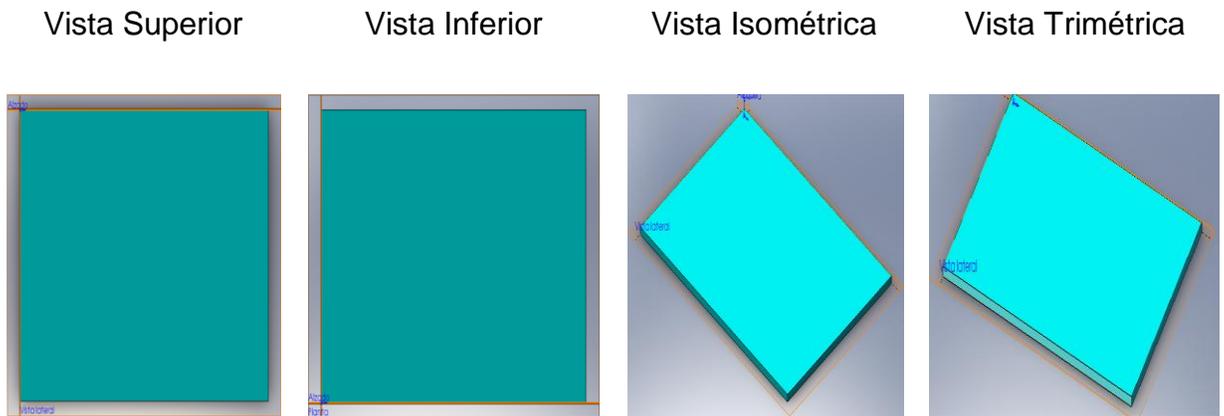


Figura 65. Vistas de la placa inferior. Fuente de autor

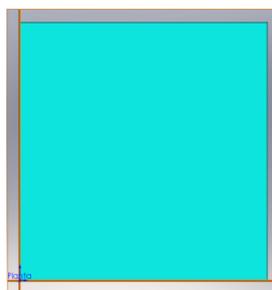
### 3.1.5 Bases inferiores de la estructura principal de soporte del módulo general

Las bases inferiores se encuentran ubicadas al lado derecho, al lado izquierdo del prototipo y en su parte inferior como hace referencia el nombre.

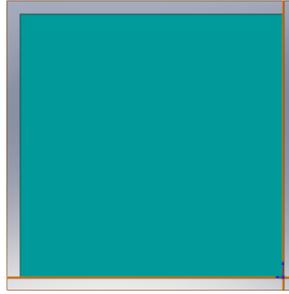
Estas bases son las piezas más importantes de la estructura de soporte, ya que sobre ellas se encuentran acopladas las demás placas que conforman esta estructura, dando una base general a todo el prototipo.

El módulo cuenta con un equilibrio gracias a la estabilidad que las patas le brindan a este. Son las encargadas de mantenerlo firme y seguro en su posición vertical, evitando que el peso de este lo incline hacia adelante o lo ladee hacia los lados, dejándolo fuera de su posición de funcionamiento, a su vez soporta el peso total del módulo. Por esta razón se diseñaron de forma alargada y de contextura maciza para cumplir su objetivo y se realizaron en madera dura y solida (ver figura 66).

#### Vista Frontal



Vista Posterior



Vista Izquierda



Vista Derecha



Vista Superior



Vista Inferior



Vista Dimétrica

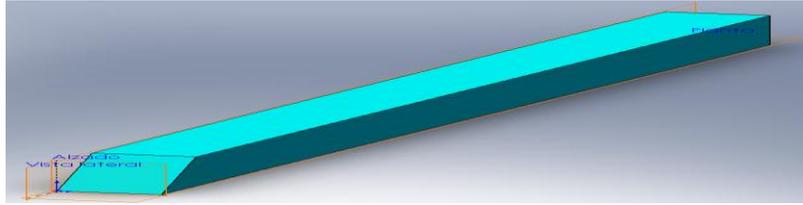
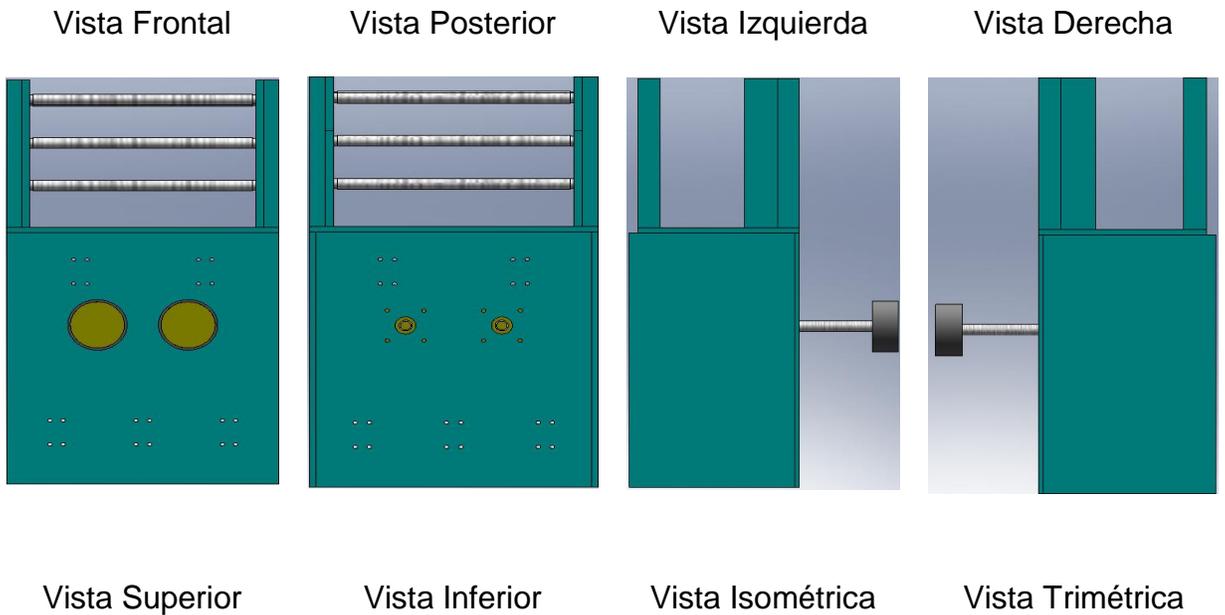


Figura 66. Bases inferiores de la estructura principal de soporte del módulo general. Fuente de autor

### 3.2 SISTEMA DE TENSIÓN Y DESPLIEGUE DEL MATERIAL DE EMPAQUE

Para la fabricación de un buen embalaje se necesita mantener la lámina del empaque alineada, tensionada y desplegándose uniformemente a través del sistema formador del material de envoltura. Para cumplir con este propósito se desarrollo el sistema de tensión y despliegue del la película del material, el cual utiliza como bases placas de apoyo de la estructura principal de soporte y está conformado por las siguientes piezas (ver figura 67).



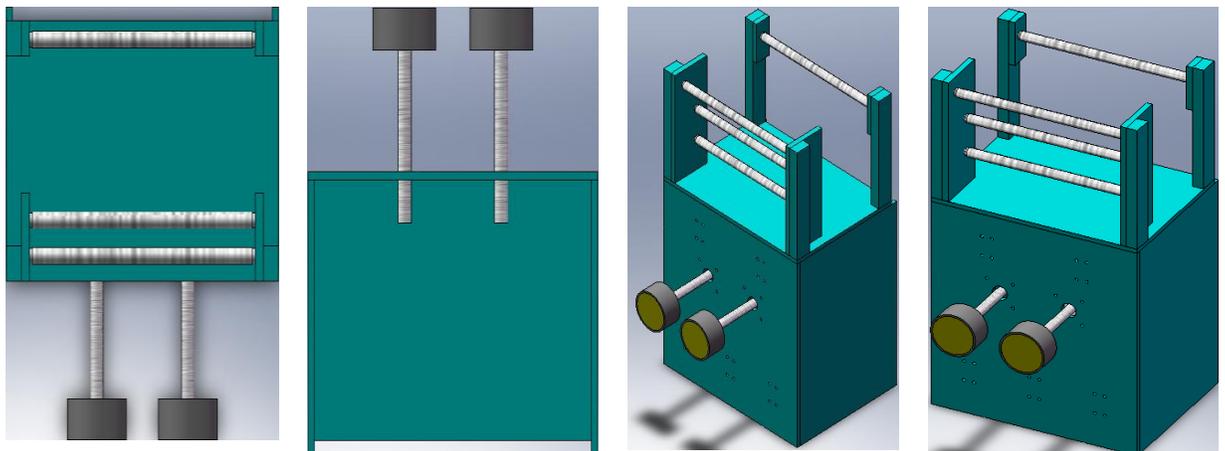


Figura 67. Vistas del sistema de tensión y despliegue del material de empaque.  
Fuente de autor

### 3.2.1 Bases de soporte de la placa superior del módulo general.

La estructura del proyecto cuenta con cuatro bases de soporte de la placa superior (ver figura 67) elaboradas en madera, que se encuentran ubicadas sobre las esquinas de la placa intermedia del módulo.

La finalidad de las bases es amortiguar el peso de la placa superior, creando un espacio entre la placa intermedia y superior, proporcional a la altura de estas, permitiendo que el material del empaque se despliegue por el sistema de rodillos tensores que se encuentra ubicado dentro de este espacio, llegando hasta el cuello formador del módulo.

Las bases son elaboradas en madera que posee características de resistencia, dureza, rigidez e inmunización que a su vez se pintaron con un matiz azul metalizado para proporcionarle una apariencia de metal.

Las cuatro bases de soporte de la placa superior poseen las mismas dimensiones, por tal razón solo se mostrará en la figura 68 las vistas de una sola base.

Vista Frontal

Vista Posterior

Vista Izquierda

Vista Derecha

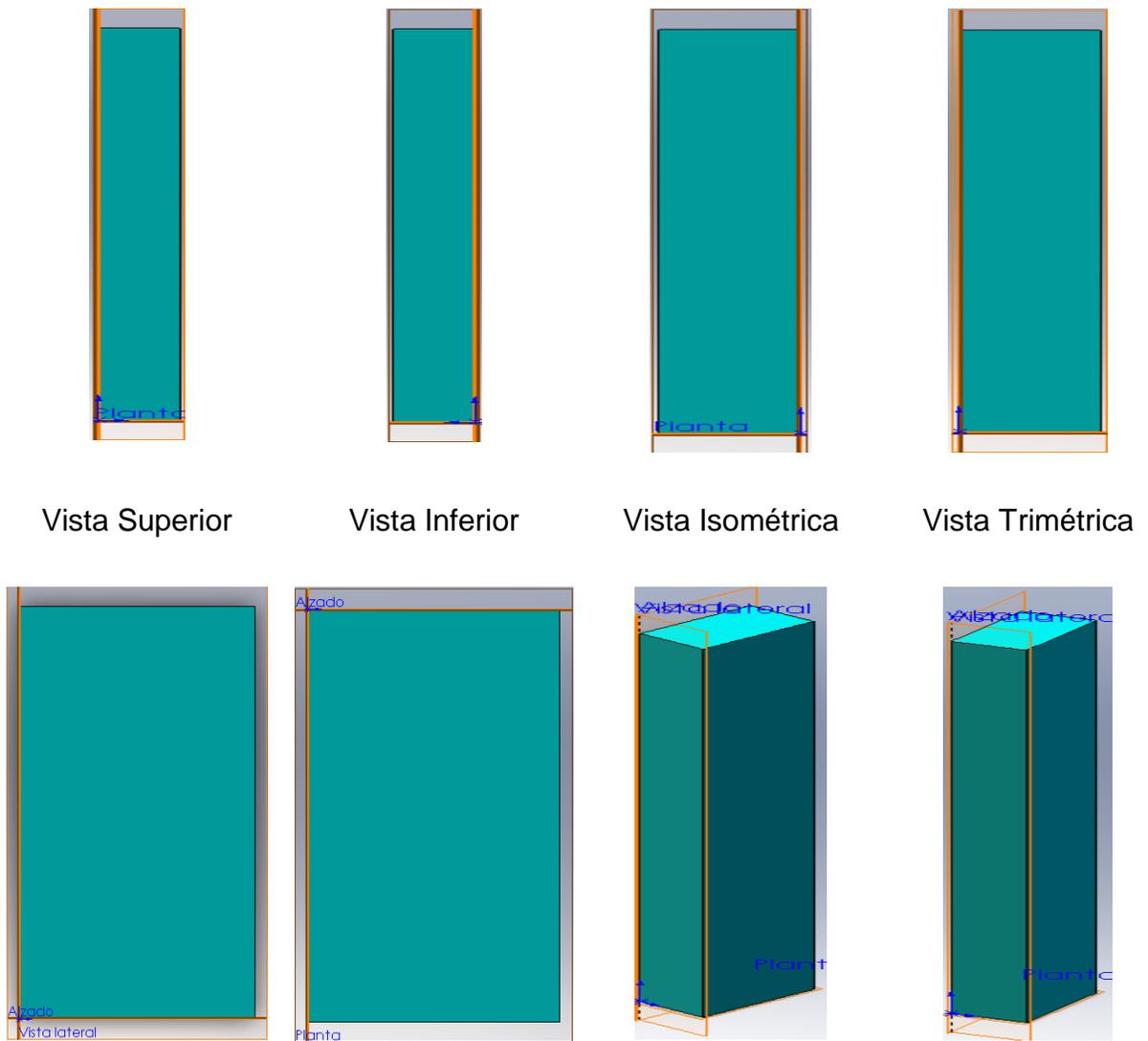


Figura 68. Vistas de la base de soporte de la placa superior. Fuente de autor

### 3.2.3 Placas sujetadoras de los rodillos tensores frontales del material de empaque

Cada placa posee tres orificios situados en diferentes posiciones, los cuales se encuentran alineados respecto de una placa a la otra (ver figura 69 y 70). Las hendiduras superiores de cada placa frontal están a una misma altura respecto a cada uno de los huecos de las placas posteriores del rodillo tensor. El alineamiento es con el fin de mantener en posición recta y lineal el rodillo cuando sea empotrado.

Se encuentran ubicadas junto a las bases de soporte frontales que sostiene la placa superior de la estructura (ver figura 68).

Están fabricadas en madera, las características de la madera que se utilizó no fueron tenidas en cuenta ya que estas placas no ejercen ningún mayor esfuerzo.

- Vistas de la placa derecha sujetadora de los rodillos tensores frontales.

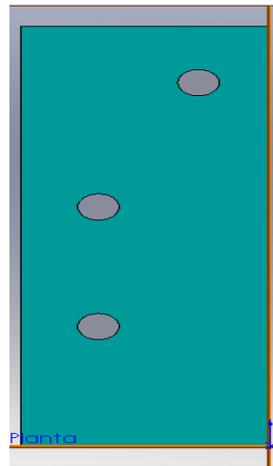
Vista Frontal



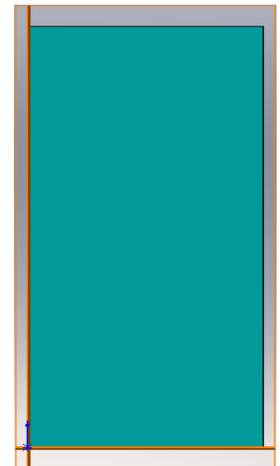
Vista Posterior



Vista Izquierda



Vista Derecha



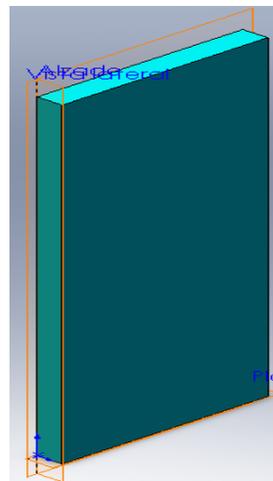
Vista Superior



Vista Inferior



Vista Isométrica



Vista Trimétrica

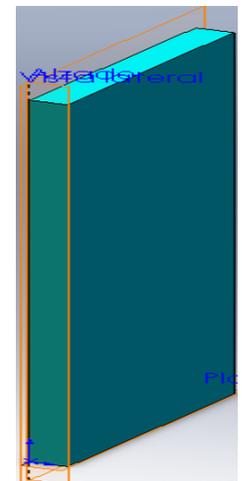


Figura 69. Vistas de la placa derecha sujetadora de los rodillos tensores frontales.

Fuente de autor

- Vistas de la placa izquierda sujetadora de los rodillos tensores frontales.

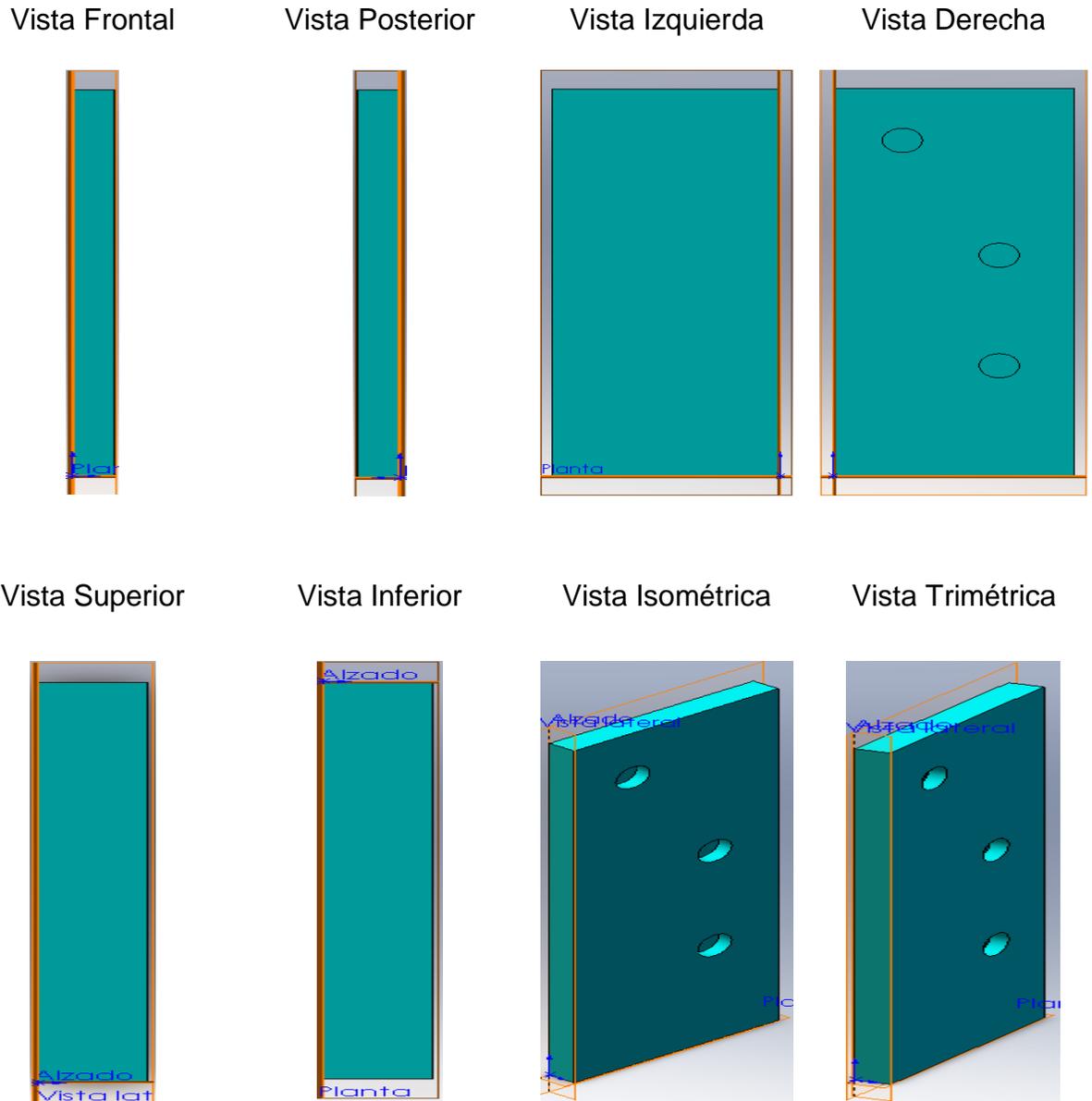


Figura 70. Vistas de la placa izquierda sujetadora de los rodillos tensores frontales.  
Fuente de autor

### 3.2.4 Placas sujetadoras del rodillo tensor posterior del material de empaque

Las placas sujetadoras del rodillo tensor posterior están fabricadas en madera y al igual que las placas frontales son bases para rodillos. Cada placa cuenta con una

hendidura situada a cierta altura quedando alineada tanto en la placa izquierda como en la placa derecha y a su vez a la misma altura de la hendidura superior de las placas de los rodillos frontales con el objetivo de mantener el material del empaque tensionado, alineado y recto (ver figura 67, 71, 72). El alineamiento de los orificios entre placas es con el fin de mantener en posición recta y lineal el rodillo cuando sea empotrado. Se encuentran ubicadas junto a las bases de soporte posteriores que sostiene la placa superior de la estructura.

- Vistas de la placa derecha sujetadora de los rodillos tensores posteriores

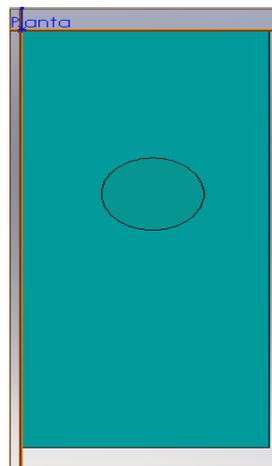
Vista Frontal



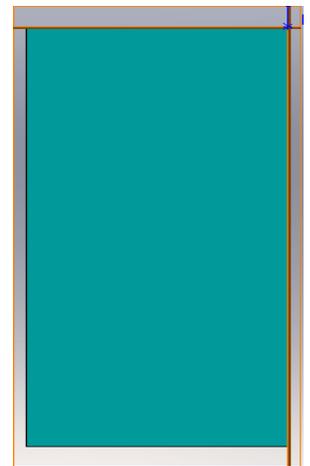
Vista Posterior



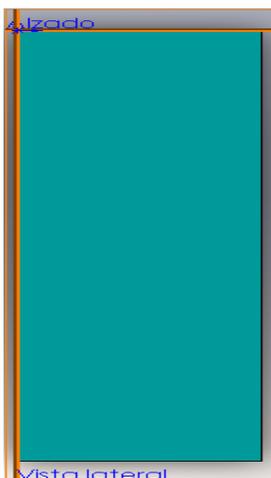
Vista Izquierda



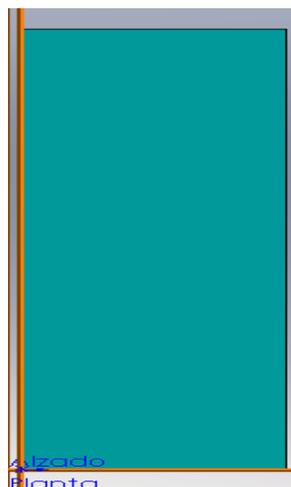
Vista Derecha



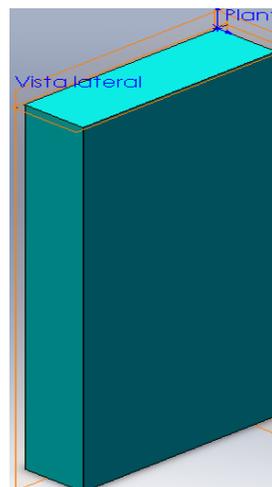
Vista Superior



Vista Inferior



Vista Isométrica



Vista Trimétrica

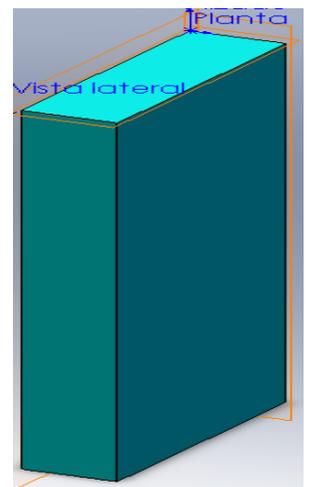


Figura 71. Vistas de la placa derecha sujetadora de los rodillos tensores frontales.  
Fuente de autor

- Vistas de la placa derecha sujetadora de los rodillos tensores posteriores

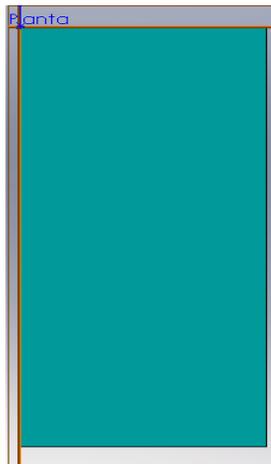
Vista Frontal



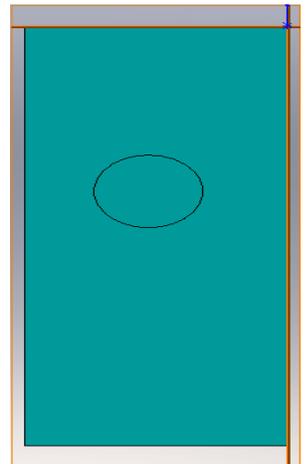
Vista Posterior



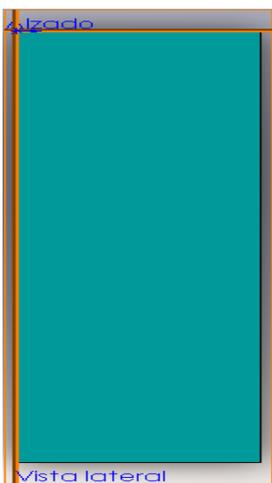
Vista Izquierda



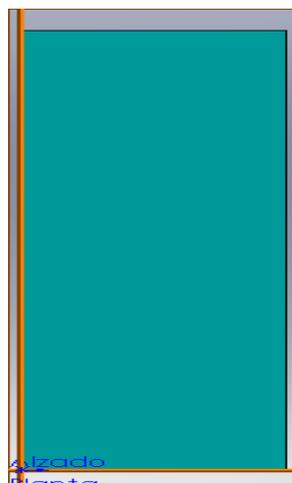
Vista Derecha



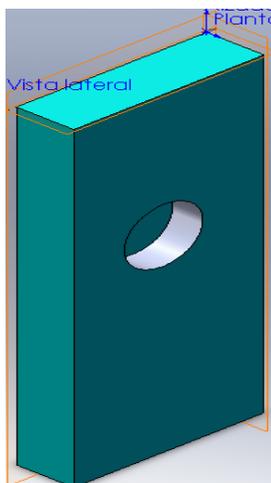
Vista Superior



Vista Inferior



Vista Isométrica



Vista Trimétrica

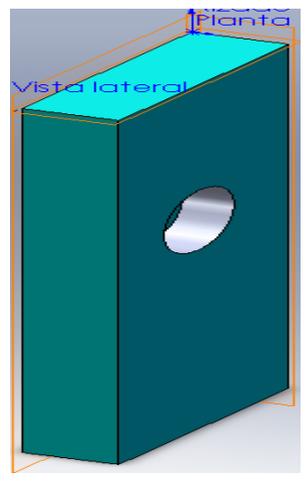


Figura 72. Vistas de la placa izquierda sujetadora de los rodillos tensores frontales.  
Fuente de autor

### 3.2.5 Rodillos tensores del material de empaque

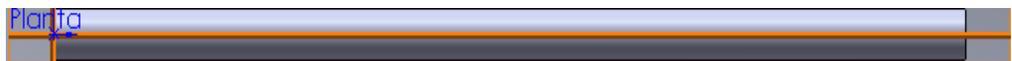
El diseño de la máquina empacadora cuenta con cinco rodillos tensores, tres de los cuales se encuentran en la parte frontal y el cuarto en la parte posterior del espacio que se forma entre las placas intermedia y superior del módulo general, cuya función es mantener tensionado el material del empaque. El quinto rodillo está ubicado en la parte posterior del compartimiento de la estructura de soporte, donde efectúa la función de desdoblar la lámina del empaque por medio de un actuador eléctrico y un sistema de dos poleas, una de las cuales se encuentra acoplada a este (ver figura 67).

La fabricación del mecanismo de cada uno de los rodillos se realizó con un tubo de 3/2" de aluminio (ver figura 73) que se incrusta en las hendiduras, de las placas sujetadoras frontales y posteriores. A su vez se utilizó un tubo hueco de 1" de aluminio (ver figura 74) que envuelve el tubo de 3/2" al tener mayor diámetro (ver figura 75). El mecanismo se realiza con el objetivo de mantener el material del empaque tensionado y a su vez permite que se desplace suavemente, gracias a que el tubo de diámetro mayor cuenta con un movimiento circular sobre el tubo de menor diámetro que se emplea como base.

Vale la pena mencionar que todos los rodillos y los tubos que los conforman conservan las mismas dimensiones, por tal razón solo se muestra las vistas de un solo tubo de 3/2", 1" y un solo rodillo.

- Vistas del tubo de 3/2"

Vista Frontal

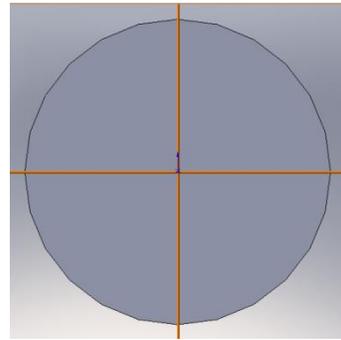
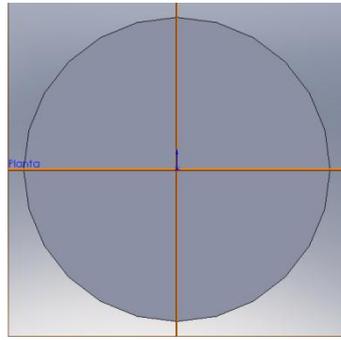


Vista Posterior

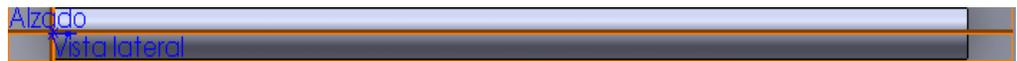


Vista Izquierda

Vista Derecha



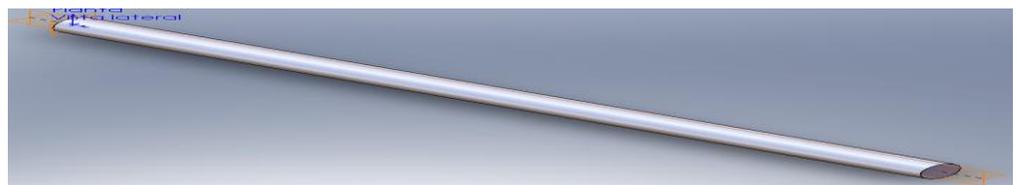
Vista Superior



Vista Inferior



Vista Isométrica



Vista Trimétrica

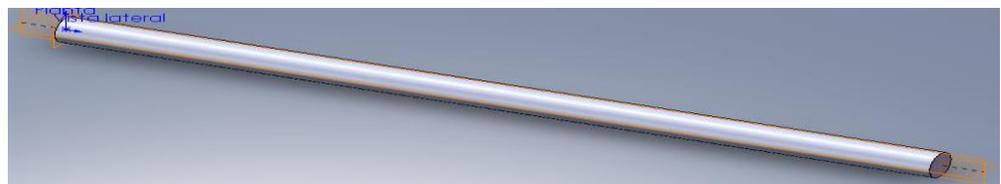
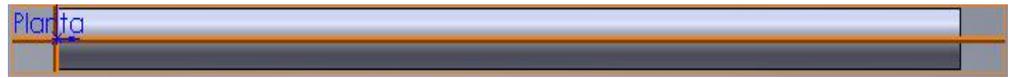


Figura 73. Tubo de 3/2". Fuente de autor

- Vistas del tubo de 1"

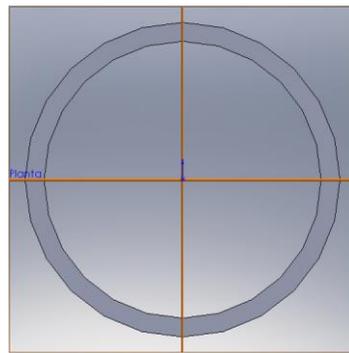
Vista Frontal



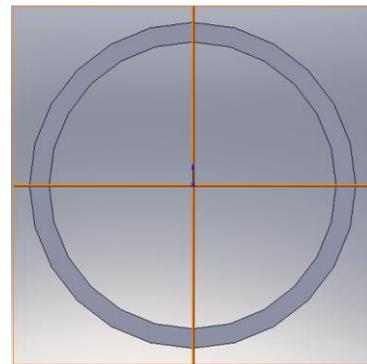
Vista Posterior



Vista Izquierda



Vista Derecha



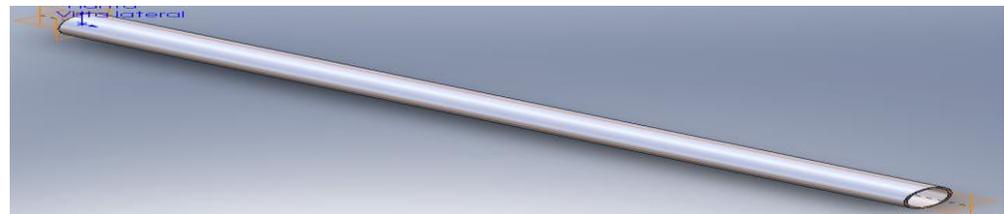
Vista Superior



Vista Inferior



Vista Isométrica



Vista Trimétrica

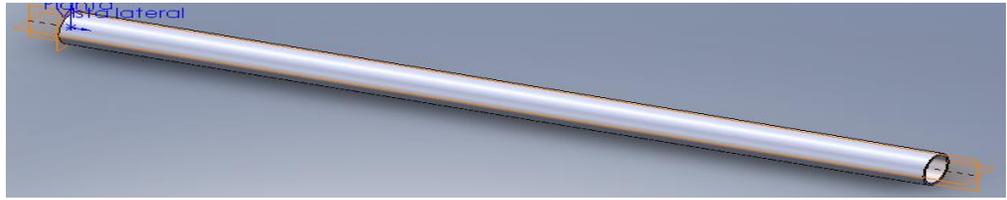


Figura 74. Tubo de 1". Fuente de autor

- Vistas del rodillo tensor

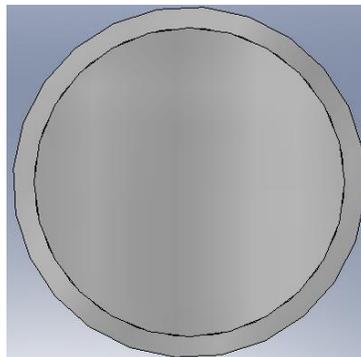
Vista Frontal



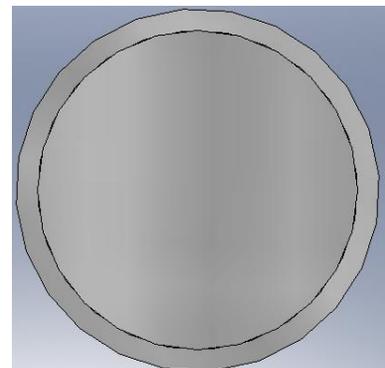
Vista Posterior



Vista Izquierda



Vista Derecha



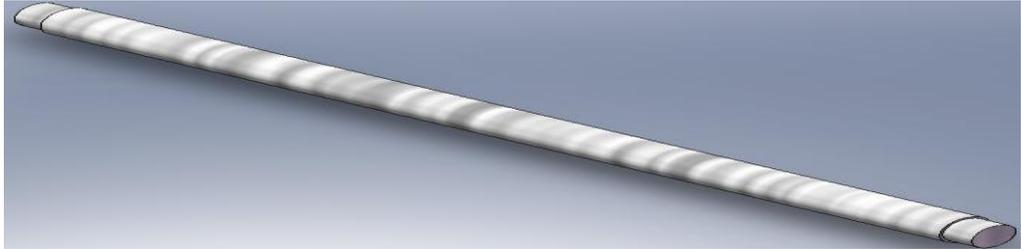
Vista Superior



Vista Inferior



Vista Isométrica



Vista Trimétrica

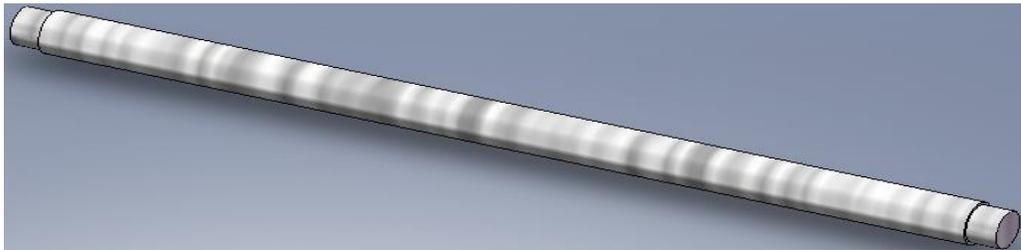


Figura 75. Vistas del rodillo tensor. Fuente autor

### 3.2.6 Rodillos de despliegue del papel

Se hallan ensamblados en la cara frontal de la estructura principal de soporte y son parte importante del sistema de tensión y despliegue del material de empaque (ver figura 67).

Su función es la de generar fricción entre estos y el tubo formador que se encuentra entre ellos, al mismo tiempo que se mueven circularmente, generando que la lámina de empaque se desplace verticalmente.

Para lograr un buen desplazamiento del material es necesario que los rodillos giren a la misma velocidad asegurando que la lámina se despliegue uniformemente. Al tener un rodillo más velocidad que el otro el empaque puede quedar mal elaborado y no cumplir con las características requeridas.

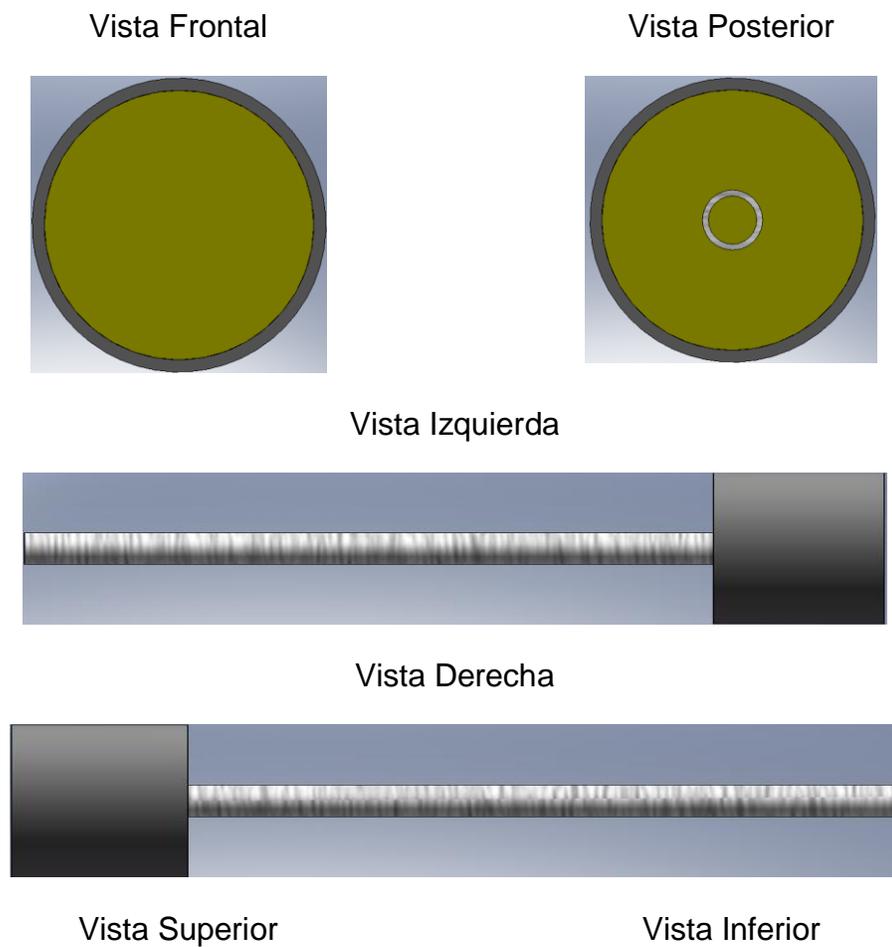
Los rodillos se encuentran constituidos por una pieza cilíndrica la cual asegura la fricción constantemente con el tubo formador a medida que gira. A su vez posee un tubo que se ajusta en la mitad de la pieza cilíndrica permitiéndole su movimiento al estar unido a un sistema de poleas y a un motor reductor.

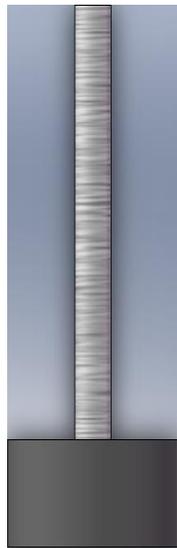
La superficie cilíndrica fue elaborada en madera totalmente maciza para dar un peso relativo de presión hacia las partes donde se quiere dar fricción. Para su

buen agarre o roce las partes cilíndricas de madera fueron revestidos en su superficie exterior con una capa de caucho la cual proporciona la adherencia necesaria para el desplazamiento del material de empaclado.

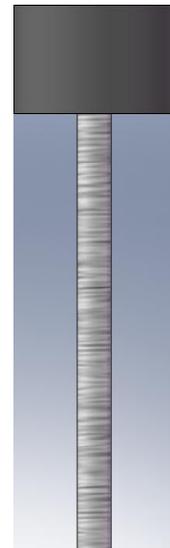
Los tubos que conforman los rodillos son de estructura hueca, elaborados en acero, con un diámetro de 1" y una longitud de 40 cm.

En la figura 76 se aprecia el rodillo con sus diferentes vistas para tener una idea clara de lo descrito. En la imagen 76 solo se muestran las vistas de un cilindro debido que los dos tienen las mismas dimensiones.





Vista Isométrica



Vista Trimétrica

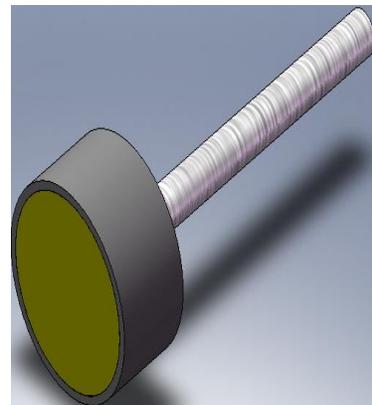
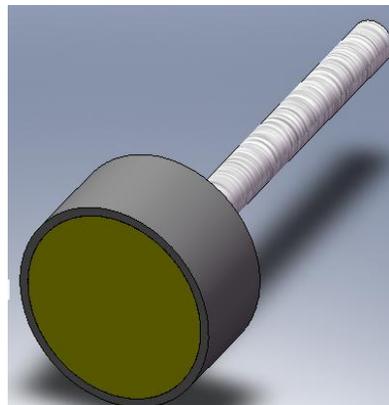


Figura 76. Vistas de los rodillos de despliegue. Fuente autor

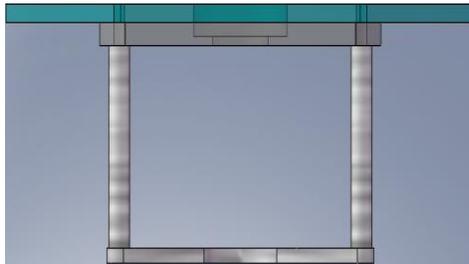
### 3.3 SISTEMA DE ACOPLER DEL CUELLO Y TUBO FORMADOR

Este sistema lo conforman las piezas de soporte como los cilindros, la base del cuello formador, la base del tubo formador y la placa superior de la estructura principal. Su función es acoplar y sostener el sistema formador del material de empaque.

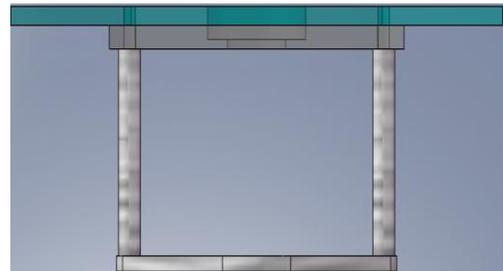
Cada una de las bases de soporte y la placa superior cuentan con un orificio en cada uno de sus lados, los cuales están alineados con respecto a los demás, de

igual forma los cilindros tienen en sus extremos orificios roscados. Las piezas se acoplan de la siguiente forma: la base de soporte del tubo se coloca debajo de la capa superior de la estructura, debajo de esta los cilindros y al final la base de soporte del cuello. El ensamble de las piezas se efectúa por medio de tornillos los cuales atraviesan las perforaciones y se roscan en los cilindros, convirtiéndose en el sistema de acople del cuello y tubo formador (ver figura 77).

Vista Frontal



Vista Posterior



Vista Izquierda



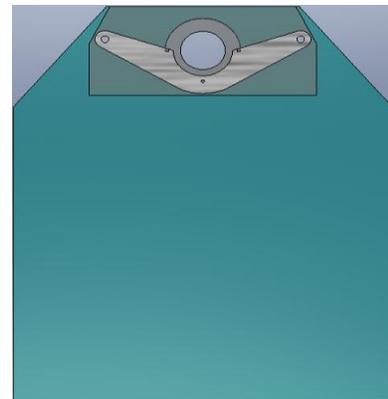
Vista Derecha



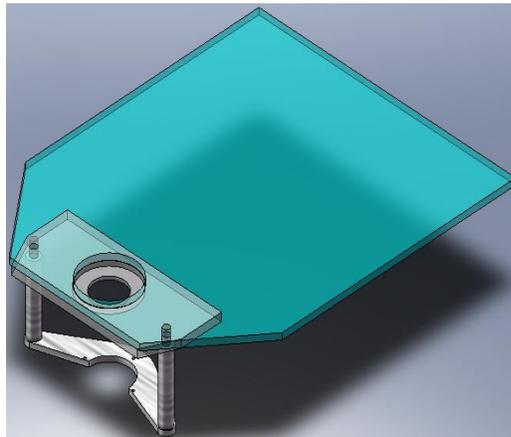
Vista Superior



Vista Inferior



Vista Isométrica



Vista Trimétrica

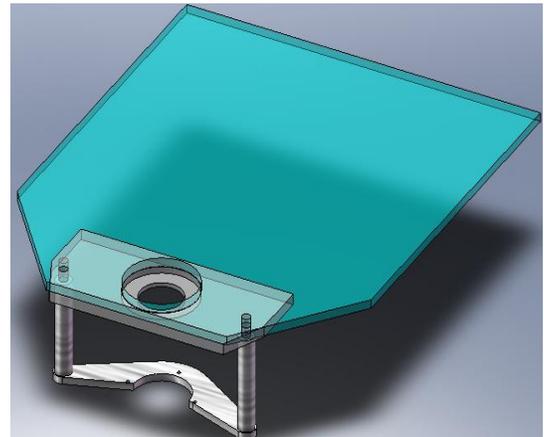


Figura 77. Sistema de acople del cuello y tubo formador. Fuente autor

A continuación se describen las piezas que conforman este sistema.

### 3.3.1 Placa superior del módulo general

Es la pieza superior del módulo general como su nombre lo indica.

Es la encargada de mantener y sostener de forma correcta los demás elementos que conforma el sistema de acople y el sistema de formador del material del empaque. A su vez es la base para los mecanismos e instrumentos identificadores del producto a empaquetar.

Es la placa más grande y la única con forma hexagonal que conforma el módulo general. Su diseño es debido a la función que cumple en la empaquetadora. En la parte frontal de la estructura posee un orificio para la entrada del producto a empaquetar, contando con dos pequeñas perforaciones laterales al orificio, para incrustar dos tornillos que se roscan con las vigas que sostienen la base del cuello formador (ver figura 78).

Al igual que las placas que conforman la estructura principal de soporte, esta pieza se pintó con un matiz azul metalizado y fue fabricada en madera triplex debido a la función de estribo que cumple (anteriormente se explicó las razones por las cuales se utilizó este tipo de madera).

Vista Frontal



Vista Posterior



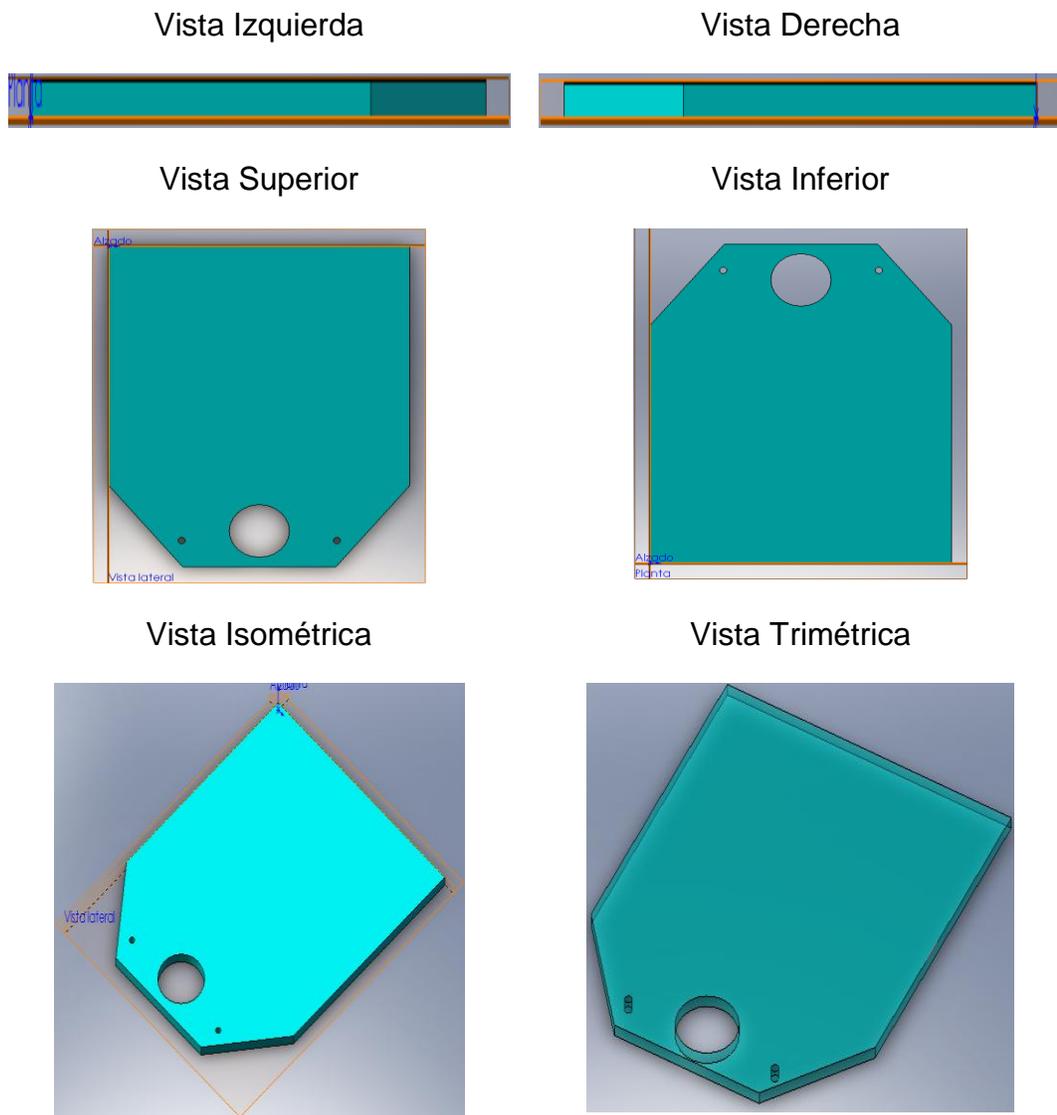


Figura 78. Vistas de la placa superior del módulo general. Fuente autor

### 3.3.2 Base de soporte del tubo formador

Es la encargada de resistir y mantener ubicado el tubo formador del material del empaque, ya que es la base en donde se ensambla.

Cuenta con huecos en sus lados, que se hallan ubicados acorde con la base de soporte del cuello y los cilindros de soporte, con los cuales se acopla por medio de tornillos (ver figura 77). Posee un orificio de un diámetro y profundidad igual al de la base que posee del tubo formador. En la mitad del orificio se realizó un hueco de diámetro igual al diámetro externo del tubo formador. Esto hace que se forme una cama para la base del tubo formador, la cual lo sostiene (ver figura 79).

Se construyó en acrílico transparente de espesor de 1.5 cm, es un material rígido y duro en las características de él. Se empleo este material ya que el la pieza soporta en conjunto el peso del tubo.

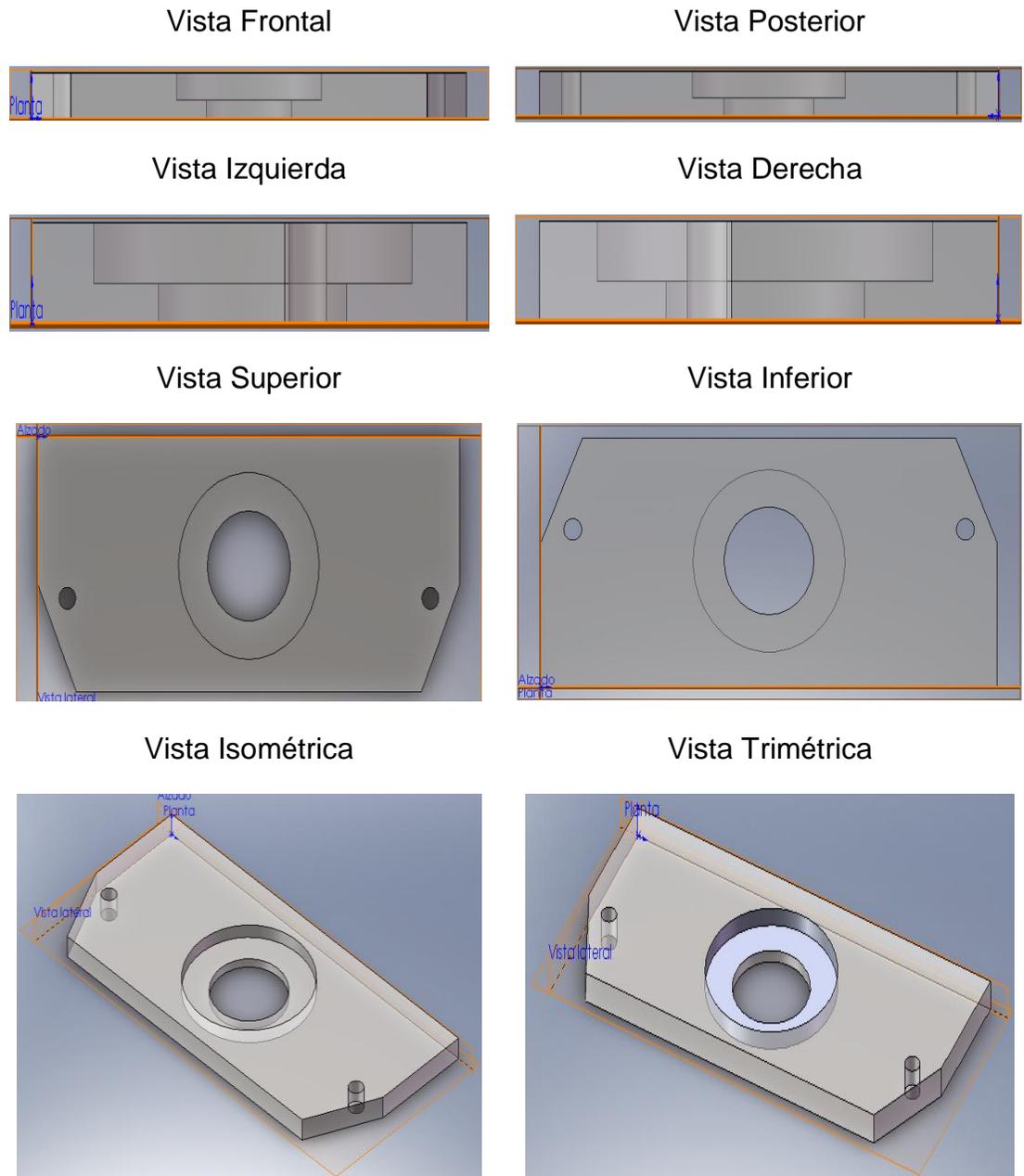
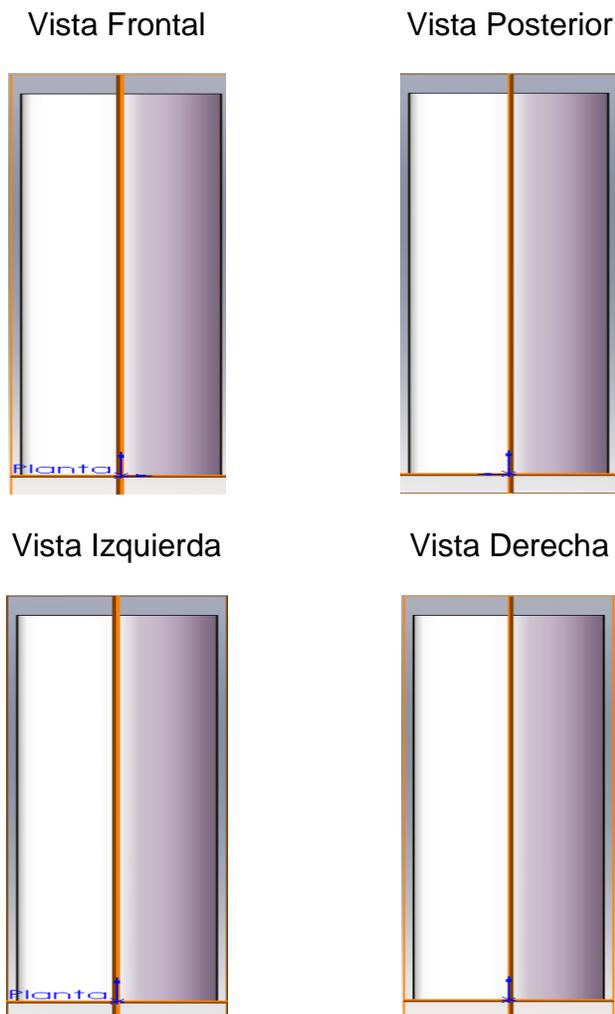


Figura 79. Vistas de la base de soporte del tubo formador. Fuente autor

### 3.3.3 Cilindros de soporte

Se encuentran en la parte superior de la máquina. Estos cilindros están acoplados en su parte inferior a la base de soporte del cuello formador, en la parte superior a la base de soporte que sostiene el tubo formador y la placa superior del módulo, los cuales se encuentran ensamblados por medio de tornillos (ver figura 77). Los acoples hacen que los cilindros cumplan la función de sostener en el aire la estructura del cuello formador.

Los cilindros fueron construidos en hierro por su rigidez y dureza. Estos cuentan con huecos roscados en sus extremos donde se alojan los tornillos que se utilizan para acoplarlos con las demás piezas del mecanismo que sostiene el cuello formador. Los dos cilindros tienen las mismas dimensiones, por esta razón solo se muestra las vistas de uno solo en la figura 80.



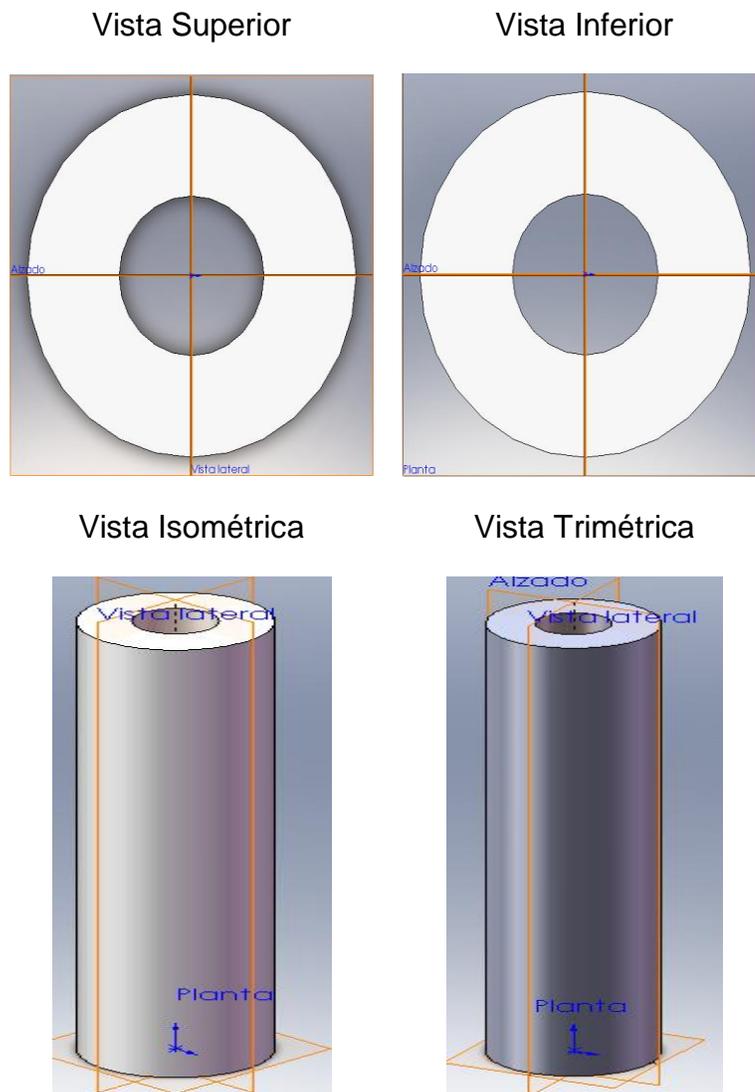


Figura 80. Vistas del cilindro de soporte. Fuente autor

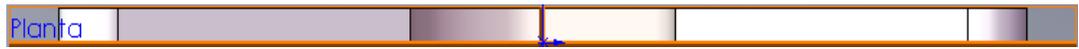
### 3.3.5 Base de soporte del cuello formador

Como su nombre lo indica, es la base en donde se acopla el cuello formador. Su función es conservar la posición y soportar el peso del cuello.

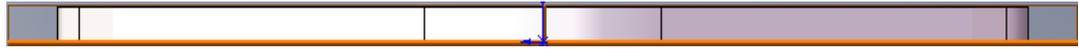
Este tiene orificios roscados de dos diámetros distintos. En los orificios de diámetro mayor se acoplan los cilindros de soporte y los de diámetro menor son utilizados para unir el cuello formador con la base (ver figuras 77 y 81).

Su construyó en acero, el cual es un material resistente y apropiado para la función de sostén que desempeña.

Vista Frontal



Vista Posterior



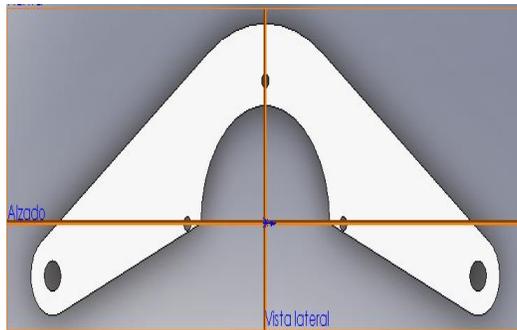
Vista Izquierda



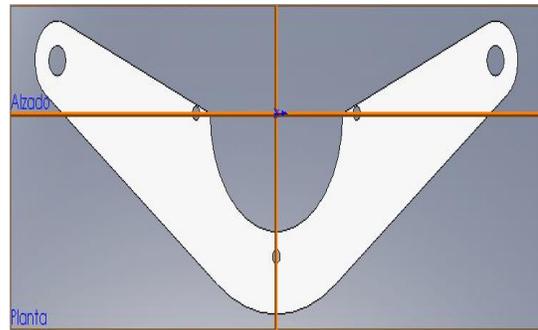
Vista Derecha



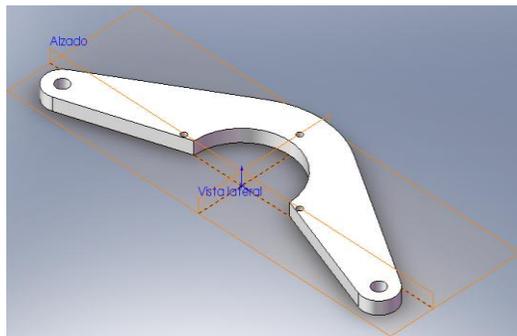
Vista Superior



Vista Inferior



Vista Isométrica



Vista Trimétrica

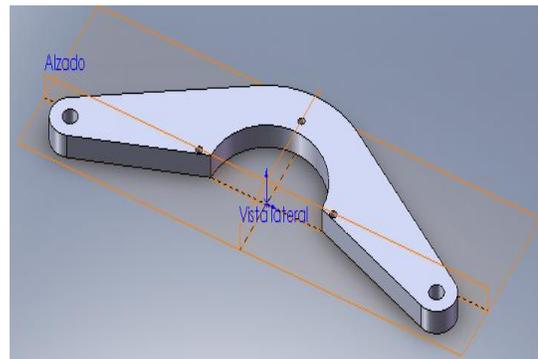


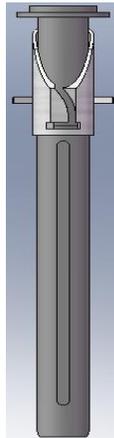
Figura 81. Vistas de la base de soporte del cuello formador. Fuente autor

### 3.4 SISTEMA FORMADOR DEL EMPAQUE

Lo conforman el cuello y tubo formador, los cuales tienen como finalidad dar forma de embalaje al material flexible. Estos elementos se encuentran ubicados dentro del sistema de acople descrito anteriormente que los sostiene.

El sistema formador del empaque los podemos observar en la figura 82.

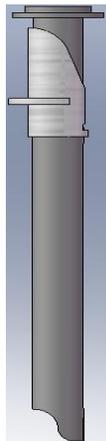
Vista Frontal



Vista Posterior



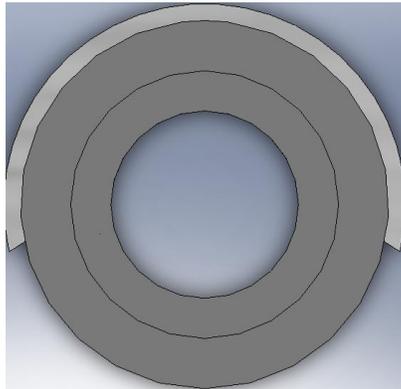
Vista Izquierda



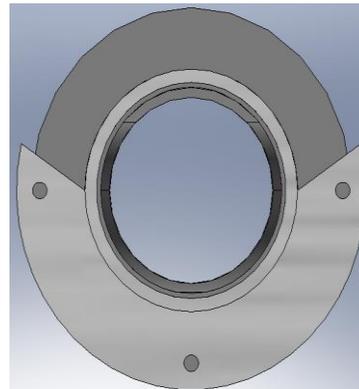
Vista Derecha



Vista Superior



Vista Inferior



Vista Isométrica



Vista Trimétrica



Figura 82. Vistas del sistema formador del empaque. Fuente autor

### 3.4.1 Cuello formador

El cuello formador es el encargado de darle la forma de embalaje al material del empaque.

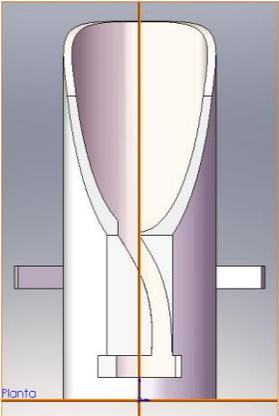
La estructura del cuello se encuentra conformada por:

- Tuvo hueco del cuello.

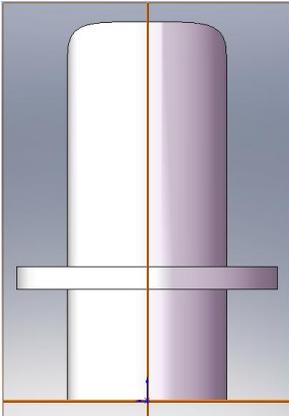
Este tubo no tiene una longitud uniforme, ya que posee un corte transversal ascendente desde su cara frontal hasta su parte posterior con una inclinación determinada, a su vez cuenta con un corte vertical curvo y uno horizontal en su

parte frontal, por los cuales pasa el material flexible con la forma adecuada para envolver el exterior del tubo formador (ver figura 83). La inclinación hace que el material del empaque se deslice sobre la aleta formadora que se encuentra soldada en esta.

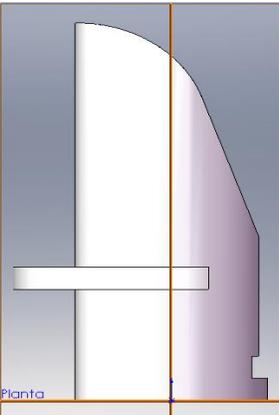
Vista Frontal



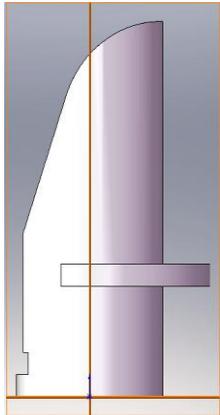
Vista Posterior



Vista Izquierda



Vista Derecha

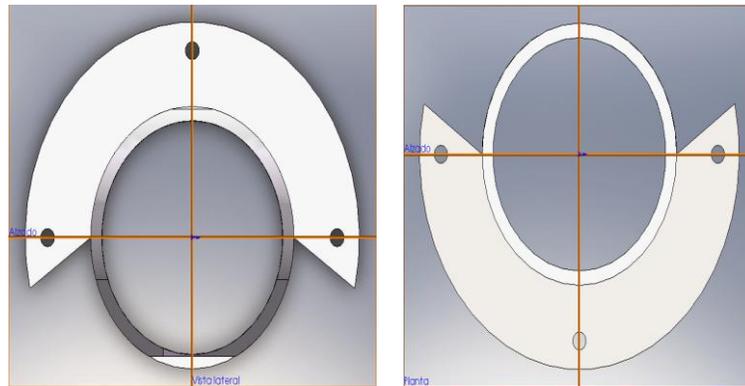


Vista Superior



Vista Inferior





Vista Isométrica

Vista Trimétrica

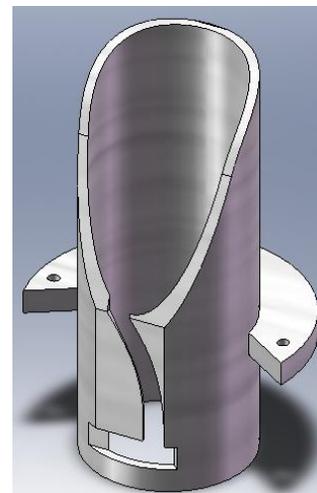
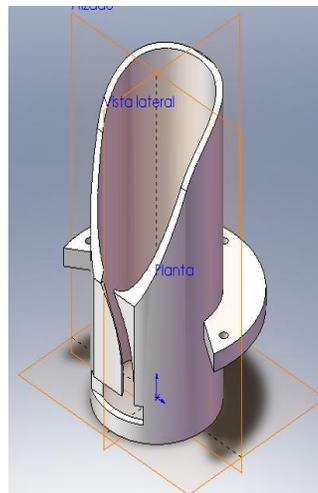


Figura 83. Vista del tubo hueco del cuello formador. Fuente autor

- Aleta formadora

Se encuentra soldada sobre el orillo del corte inclinado del tubo del cuello. La figura de la aleta posee diferentes inclinaciones, curvas y diferente ancho entre su cara frontal y posterior. Además de esto la aleta tiene el extremo izquierdo más largo, lo cual hace que traslape el extremo derecho, como se observa en la ver figura 84.

El ancho de la parte posterior es proporcional al ancho de la lámina del material flexible, debido a que es por donde se recibe el polietileno para ser formado. La cara frontal tiene un menor ancho, una inclinación más pronunciada y su lado izquierdo más prolongado, lo cual hace que los extremos de la lámina del material del empaque se traslapen uno encima del otro, tomando la forma redonda del tubo formador.

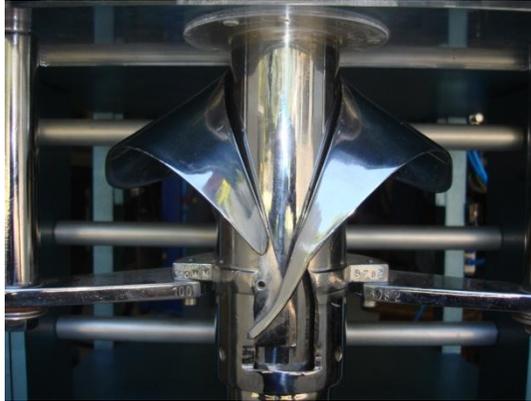


Figura 84. Imagen del cuello formador real. Fuente autor

Nota. La aleta formadora no se ha podido realizar en el software SolidWorks debida a la complejidad dimensional.

- Base del cuello.

Esta base se ubica en la parte posterior del tubo del cuello. Por medio de esta, el cuello se acopla al sistema que lo sostiene. Cuenta con orificios roscados, posicionados y alineados perfectamente con los de de la base de soporte del cuello para su ensamble (ver figura 83).

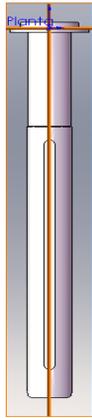
### 3.4.2 Tubo formador

Es un tubo hueco de gran longitud, localizado en la parte superior de la máquina y dentro del cuello formador, su material de fabricación es acero. Cuenta con una asiento de apoyo, que se incrusta sobre la base de acople que lo sostiene y en su parte frontal posee una superficie plana para el sellado del empaque (ver figura 85).

Cumple tres funciones diferentes dentro del proceso de empaclado.

- Gracias a que es hueco permite el paso del producto a empaclar dentro de él.
- Permite que la lamina del empaque tome la forma cilíndrica de este y se deslice hasta llegar al sistema de sellado, para así conformar el empaque.
- Se emplea como soporte de choque de la resistencia vertical de sellado.

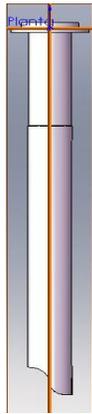
Vista Frontal



Vista Posterior



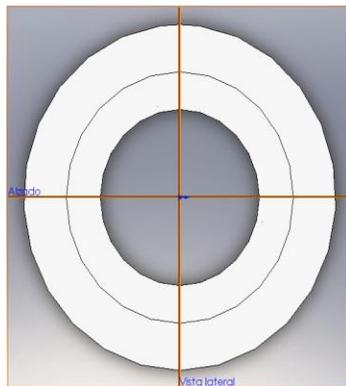
Vista Izquierda



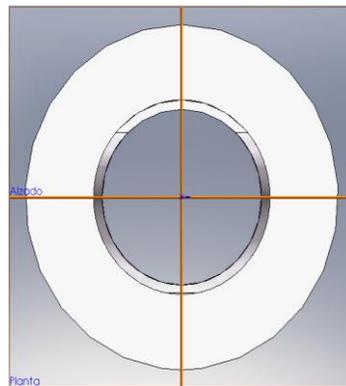
Vista Derecha



Vista Superior



Vista Inferior



Vista Isométrica

Vista Trimétrica



Figura 85. Vistas del tubo formador. Fuente autor

### 3.5 SISTEMA DE SELLADO Y CORTADO

Es la parte más importante del prototipo, su buen desarrollo y funcionamiento es la que determina el éxito final del empaclado.

Sus elementos son de gran vitalidad dentro del sistema global de la maquina empacadora, por esto deben estar desarrollados de la mejor manera y con las mejores características posibles.

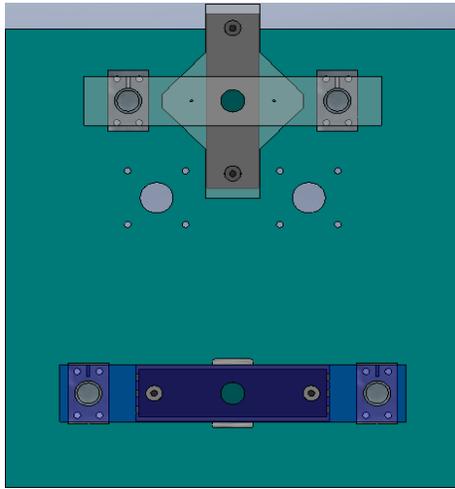
El sistema de sellado está dividido en el sellado vertical y horizontal, ya que hay la necesidad de sellar en dos puntos diferentes del material de empaclado.

El cortado de la lámina de empaque se realiza de forma horizontal en la parte inferior de la máquina, separándolos en empaques individuales.

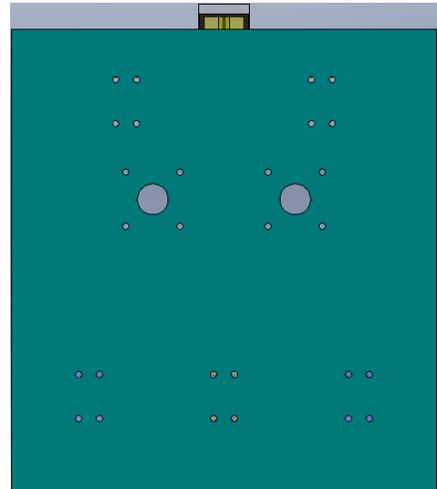
Lo conforman cuatro vigas de soporte, dos porta resistencia y tres bases de apoyo para los cilindros neumáticos (ver figura 86).

Vista frontal

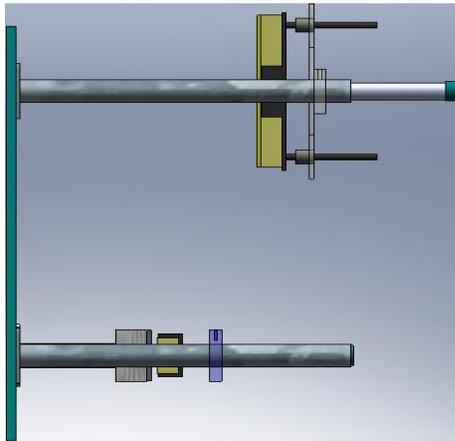
Vista posterior



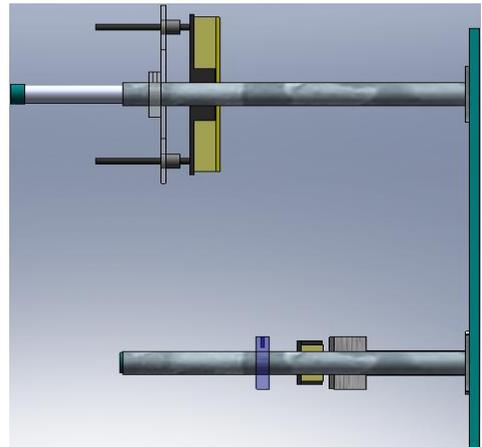
Vista izquierda



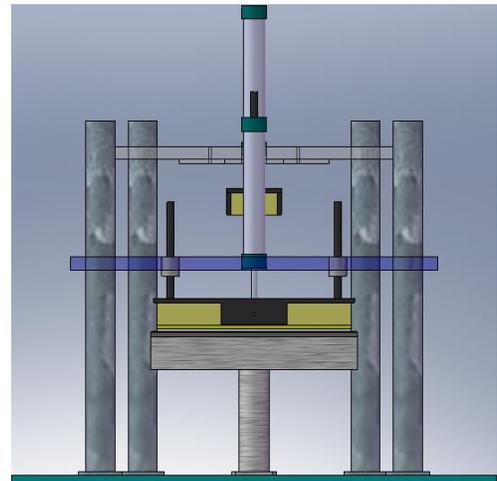
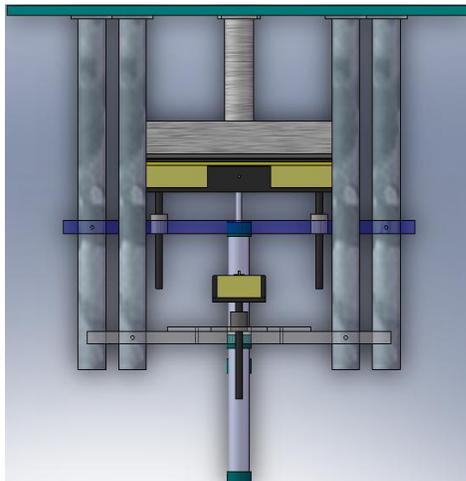
Vista derecha



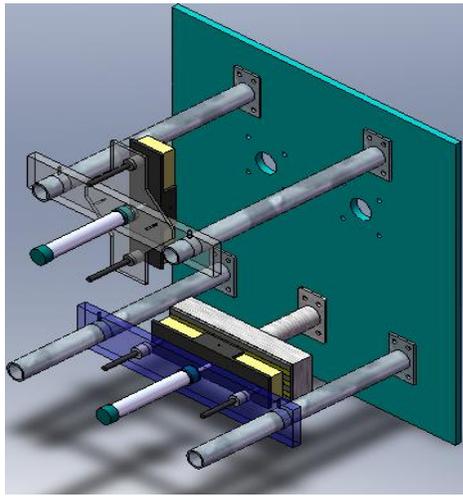
Vista superior



Vista inferior



Vista isométrica



Vista trimétrica

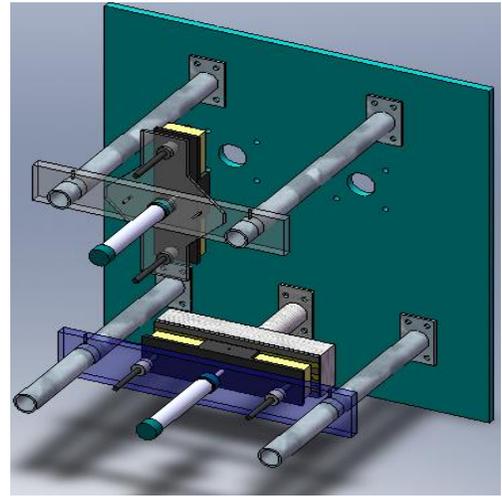


Figura 86. Sistema de sellado y cortado. Fuente autor

### 3.5.1 Vigas de soporte

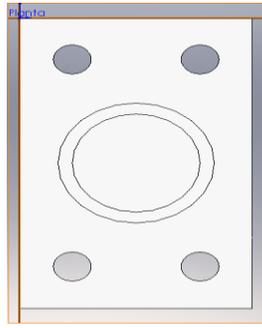
Mantienen la posición adecuada de los sistemas de cortado, sellado vertical y horizontal del empaque a realizar. Las cuatro vigas poseen dimensiones iguales.

Las vigas se encuentran ensambladas en la placa frontal de la estructura principal de soporte. Para su ensamble, las piezas cuentan con una placa que tiene cuatro orificios en uno de sus extremos (ver figura 87), donde se incrustan tornillos para su acople con la placa frontal.

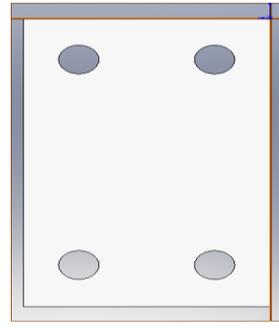
Estas vigas de soporte fueron elaboradas en hierro ya que es un material rígido y resistente. En la siguiente figura se muestra la estructural que tienen las vigas fabricadas.

Vista Frontal

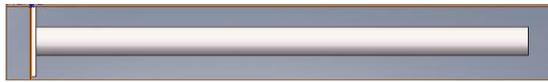
Vista Posterior



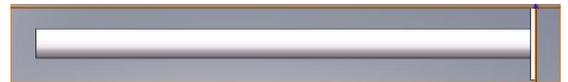
Vista Izquierda



Vista Derecha



Vista Superior



Vista Inferior



Vista Isométrica

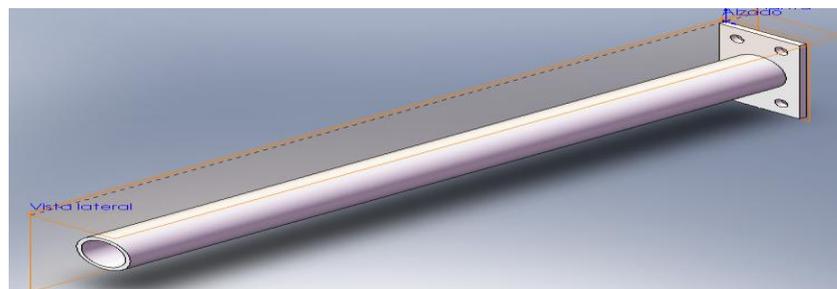


Figura 87. Vistas de las vigas de soporte. Fuente autor

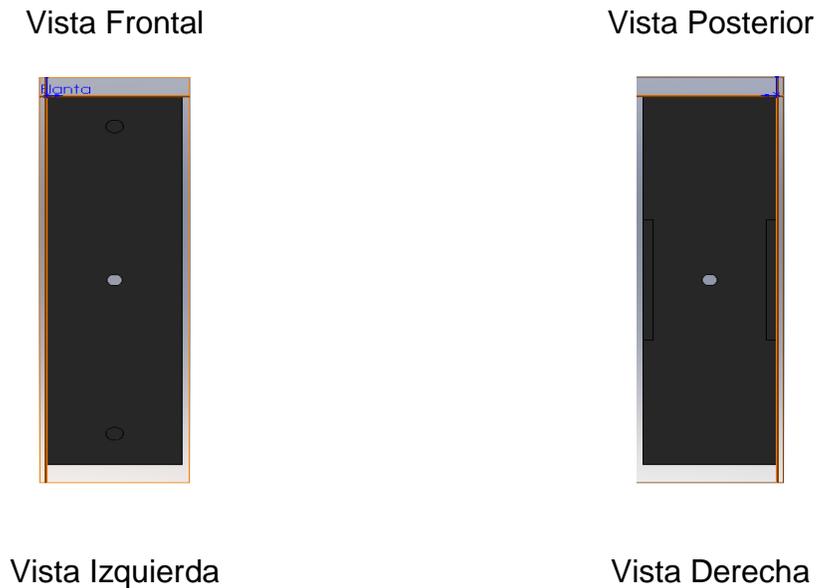
### 3.5.2 Porta-resistencia de sellado

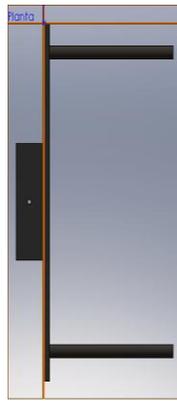
Mantiene y soporta las resistencias de sellado (vertical y horizontal) y cortado (horizontal). Se elaboraron dos porta-resistencia con características dimensionales iguales tanto para el sistema vertical como el horizontal.

Los ejes de desplazamiento con los que cuenta esta pieza se introducen en los bujes que poseen la base guía y el soporte de horizontal inferior, manteniendo la linealidad en el movimiento de esta.

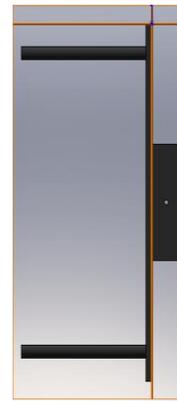
En la mitad del porta-resistencia se perforó un hueco por el cual pasa la carrera del cilindro neumático acoplado en la resistencia que este sostiene, proporcionándole un movimiento rectilíneo (ver figura 88).

Las dos porta-resistencias fueron fabricadas en hierro, ya que sus propiedades de resistencia y durabilidad son las apropiadas.

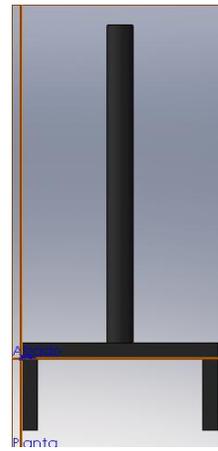
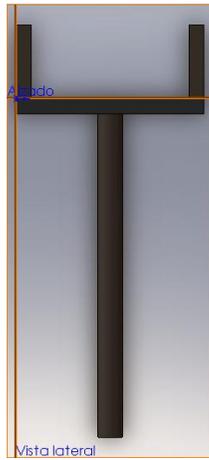




Vista Superior



Vista Inferior



Vista Isométrica

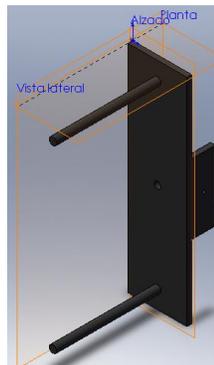


Figura 88. Vistas del porta-resistencia. Fuente autor

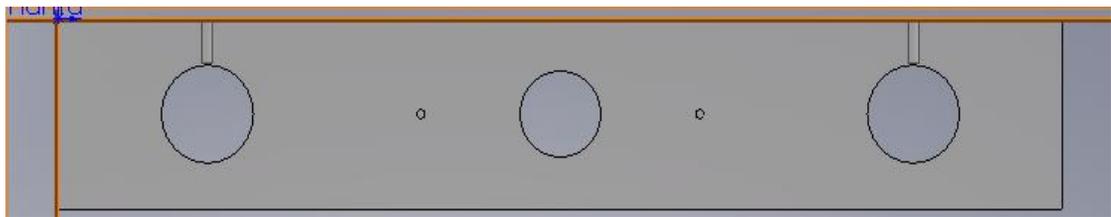
### 3.5.3 Sistema vertical de sellado

- Soporte horizontal del cilindro neumático de sellado vertical

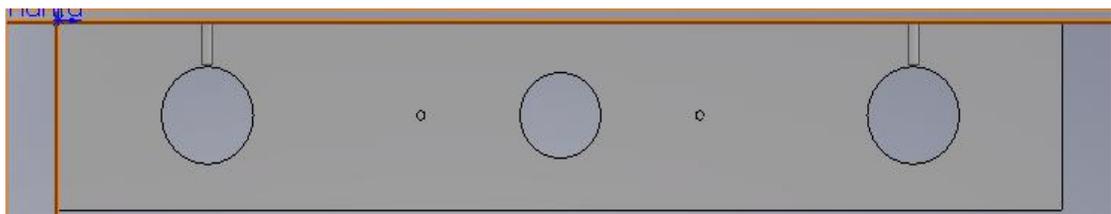
Se encuentra encajado sobre dos vigas de soporte por medio de dos huecos que posee en sus extremos. En su parte superior e inferior cuenta con orificios roscados donde se incrustan tornillos los cuales dan una posición fija a la pieza (ver figura 89). En la parte central del soporte se realizó un orificio con una cama donde se incrusta el cilindro neumático que da desplazamiento a la resistencia selladora. A los lados del hueco central tiene dos hendiduras en donde se fija por medio de tornillos una base guía de la resistencia selladora.

Esta pieza se realizó en acrílico debido a que es un material económico con características de resistencia y rigidez.

Vista Frontal

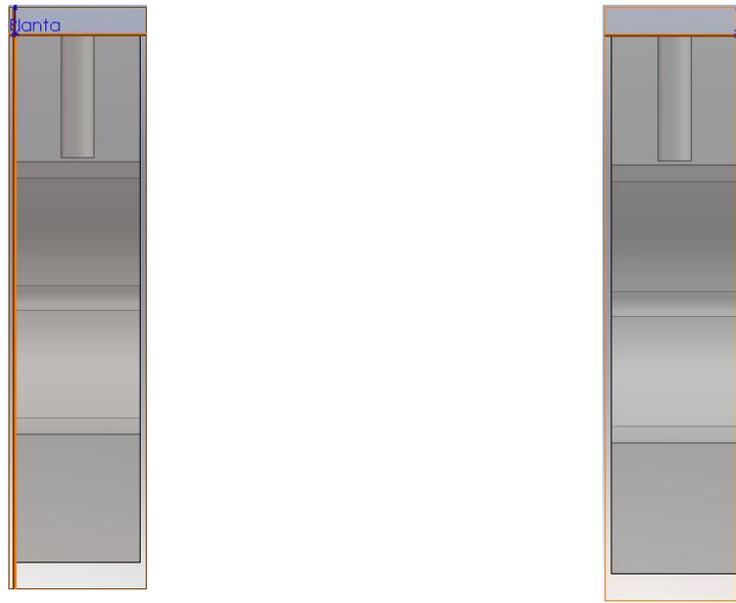


Vista posterior



Vista Izquierda

Vista Derecha



Vista Superior



Vista Inferior



Vista Isométrica

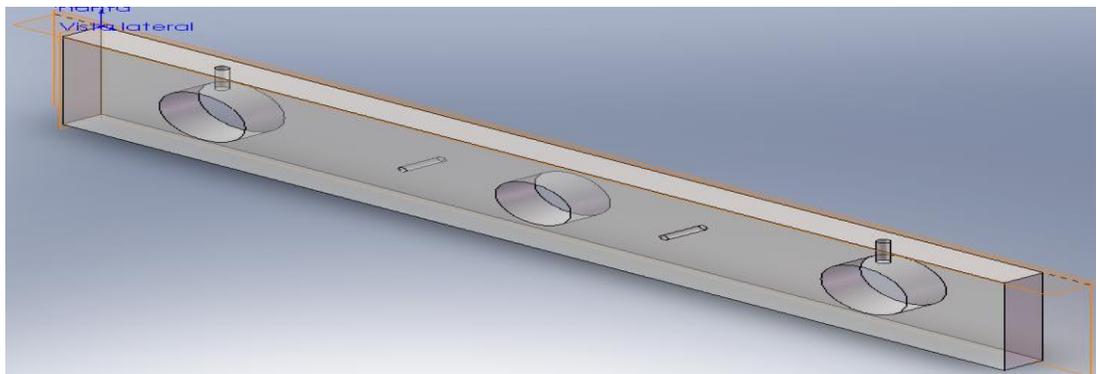


Figura 89. Soporte vertical de sellado horizontal. Fuente autor

- Base guía del porta resistencia de sellado vertical

Se encuentra adherida al soporte horizontal del sistema de sellado vertical. Tiene como función mantener el correcto desplazamiento del porta-resistencia, gracias a los bujes que posee. El acople se realiza por medio de dos orificios perforados y alineados en cada una de las piezas en que lo conforman, en los cuales se introduce un tornillo en cada uno.

La base guía fue construida en acrílico de un calibre 0.5 cm.

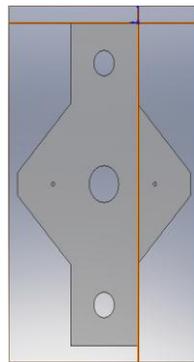
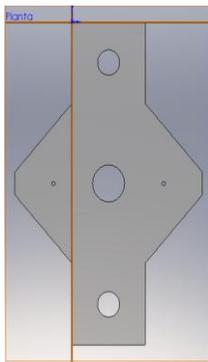
A continuación en la figura 90 se puede observar la pieza de manera exacta y en sus vistas.

Vista Frontal

Vista Posterior

Vista Izquierda

Vista Derecha



Vista Superior

Vista Inferior



Vista Isométrica

Vista trimetrica

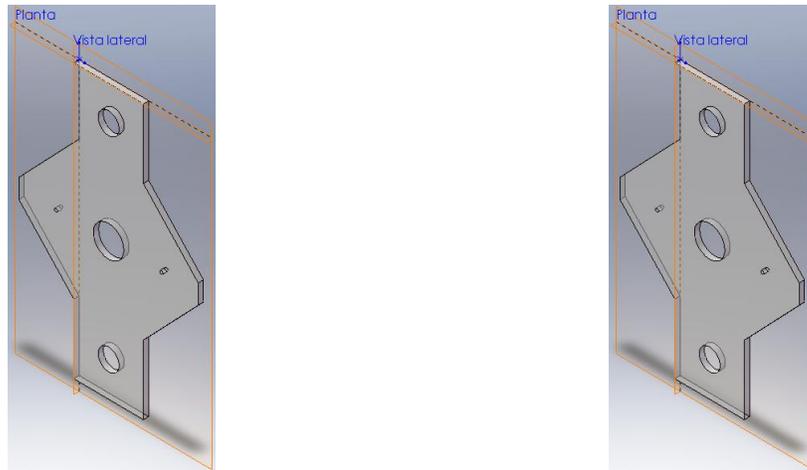
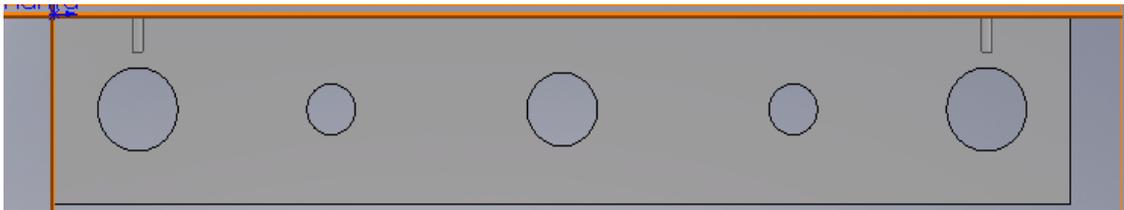


Figura 90. Vistas de la base guía del sistema de sellado vertical. Fuente autor

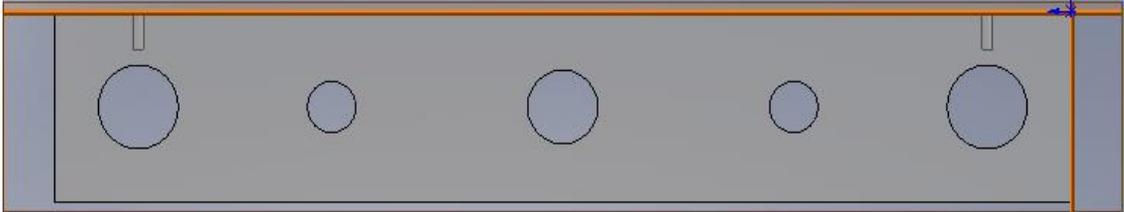
#### 3.5.4 Sistema horizontal de sellado

- Soporte horizontal del cilindro neumático de sellado y cortado horizontal. Su función principal es la de soportar todo el peso generado por el sistema de sellado y cortado horizontal. Se introduce entre dos vigas que ayudan de manera conjunta a dar soporte al sistema sellado y cortado implementado. En su parte superior e inferior cuenta con orificios roscados donde se incrustan tornillos los cuales dan una posición fija a la pieza (ver figura 91). En la parte central del soporte se realizó un orificio con una cama donde se incrusta el cilindro neumático que da desplazamiento a la resistencia selladora. A los lados del hueco central tiene dos orificios en los cuales se incrustan bujes por los cuales pasan los ejes del porta-resistencia manteniéndole su linealidad de su desplazamiento.

#### Vista Frontal



Vista Posterior



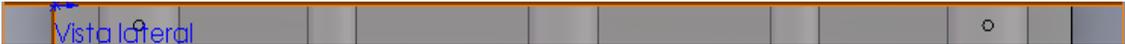
Vista Izquierda



Vista Derecha



Vista Superior



Vista Inferior



### Vista Isométrica

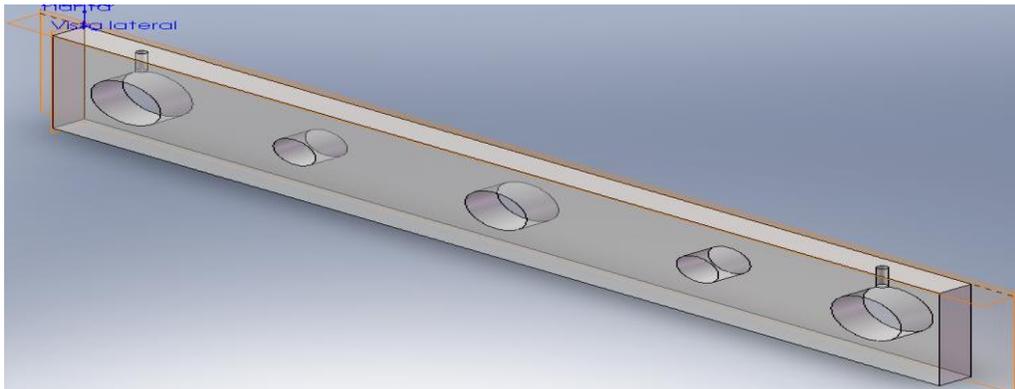


Figura 91. Vistas del soporte horizontal del sistema de sellado horizontal. Fuente autor

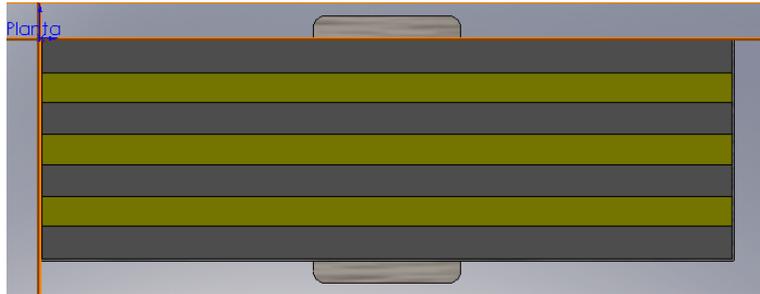
### 3.5.5 Bloque de choque de la resistencia de sellado-cortado horizontal

Consiste en una placa de choque que al accionar el sistema de sellado-cortado horizontal mantenga aprisionado el material de empacado, y de esta forma realizar el sellado y cortado deseado.

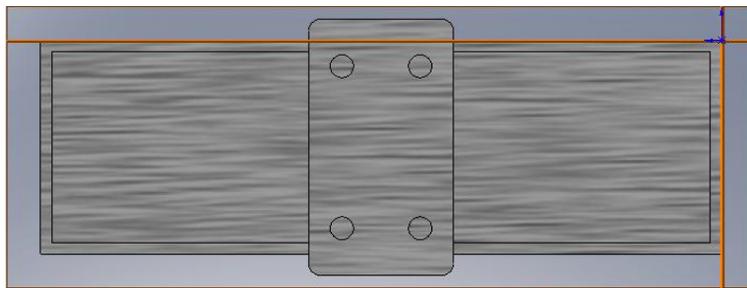
Esta pieza se encuentra ensamblada en la placa frontal por medio de una viga la cual se encuentra en la parte posterior del bloque (ver figura 92), y que se encuentra acoplada con tornillos, los cuales mantienen firme la pieza en su posición.

El lugar donde va a ver contacto sobre el bloque de choque se encuentra revestido por una capa de caucho, el cual va amortiguar el golpe y no generar un choque tan rígido que consecuentemente puede deteriorar ya sea el mismo bloque de choque o la resistencia que hace contacto con este.

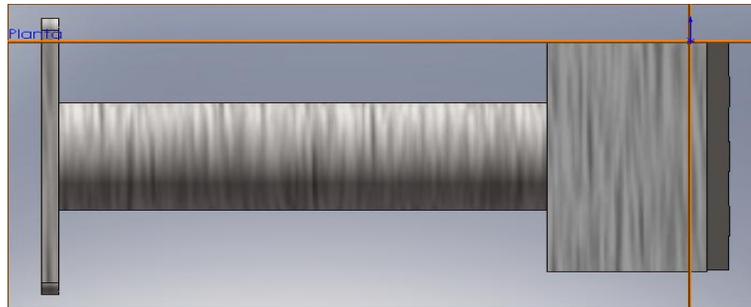
Vista Frontal



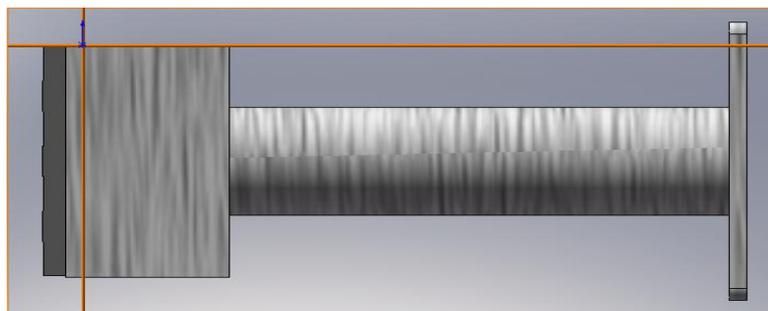
Vista Posterior



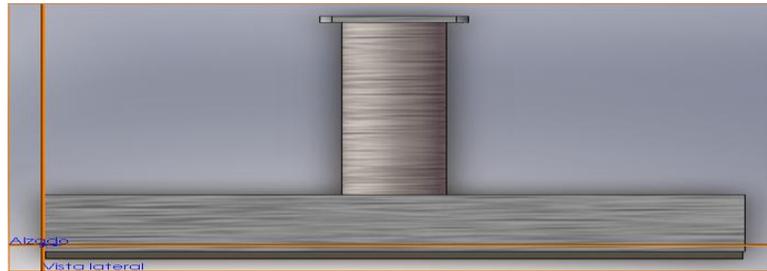
Vista Izquierda



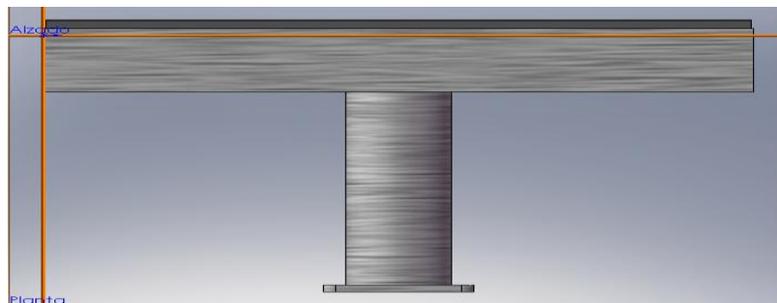
Vista Derecha



Vista Superior



Vista Inferior



Vista Isométrica

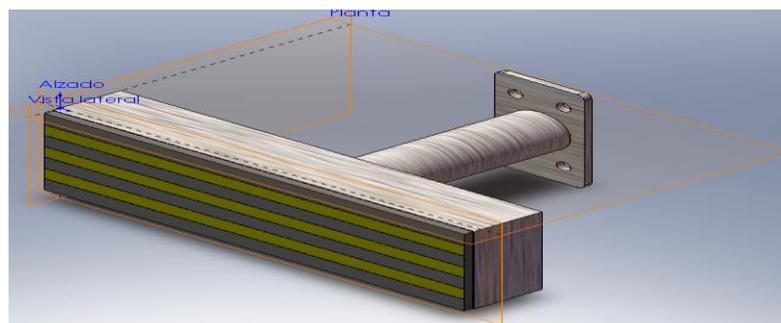


Figura 92. Vistas del bloque de choque. Fuente autor

### 3.6 Estructura para el despliegue del material de empaque

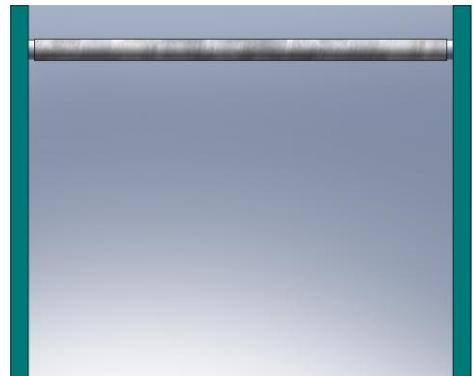
Se encuentra conformada por dos placas laterales que sostienen un sistema de rodillos entre ellas, como se puede observar en la figura 93.

Su función es desplazar del polietileno con el cual se va a fabricar el empaque en conjunto con un mecanismo de poleas, banda redonda y un motor reductor.

Vista frontal



Vista posterior



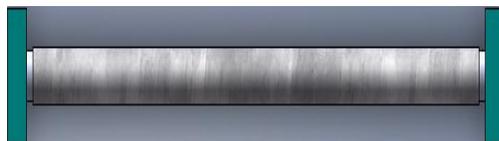
Vista izquierda



Vista derecha



Vista superior



Vista inferior



Vista isométrica

Vista trimétrica

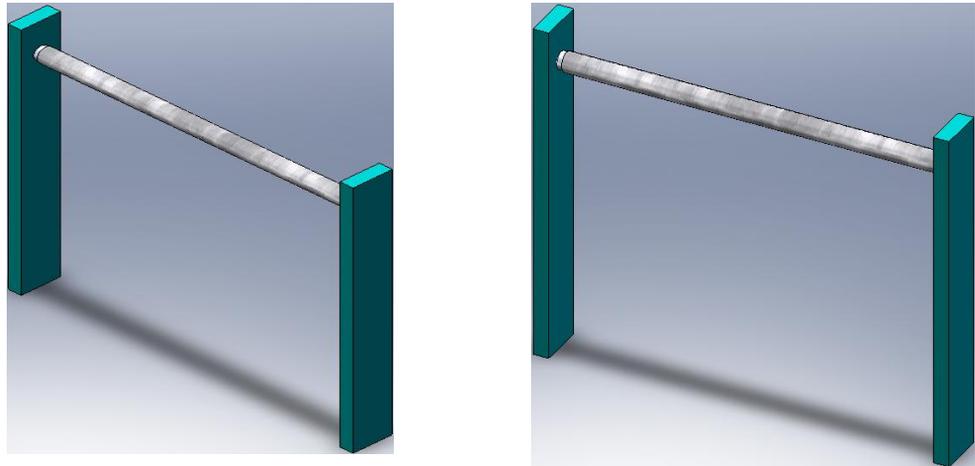


Figura 93. Estructura de despliegue del material del empaque. Fuente autor

### 3.6.1 Placas laterales del rodillo de despliegue del polietileno

Están fabricadas en madera y poseen un orificio en su parte superior en donde se acopla el primer cilindro de aluminio que conforma el rodillo de despliegue del papel y su función principal es la de sostener este rodillo (ver figura 94, 95).

Las placas se encuentran ubicadas en la parte posterior de la estructura principal de soporte entre las placas laterales de esta. No se encuentran fijadas o aseguradas por ningún elemento o mecanismo, debido a que las dimensiones del rodillo hacen que estas queden aseguradas por medio de presión entre la placa lateral izquierda y placa lateral derecha de la estructura de soporte. Lo cual hace que sea más fácil el cambio del polietileno que se encuentra enrollado en el cilindro de despliegue.

Vista frontal



Vista izquierda

Vista posterior



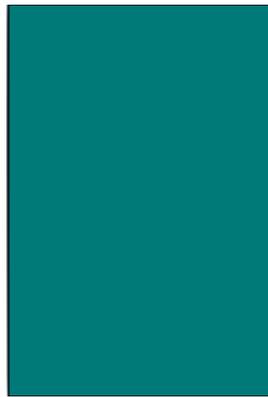
Vista derecha



Vista superior



Vista inferior



Vista isométrica



Vista trimétrica



Figura 94. Placa lateral derecha de la estructura de despliegue del empaque.  
Fuente autor

Vista frontal



Vista posterior



Vista izquierda



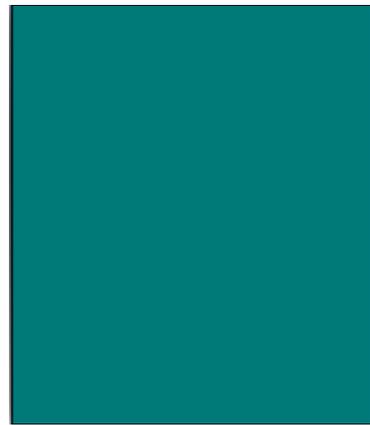
Vista derecha



Vista superior



Vista inferior



Vista isométrica

Vista trimétrica



Figura 95. Placa lateral derecha de la estructura de despliegue del empaque.  
Fuente autor

### 3.6.2 Rodillo de despliegue

A pesar de llevar otro nombre diferente a los rodillos anteriormente descritos, este cumple con la misma función, y a su vez está elaborado en el mismo material, tiene los mismos diámetros, la única diferencia es la longitud de este con respecto a los demás. Para ver sus vistas, como se elabora y la función que cumple, el lector debe dirigirse al ítem 3.2.5 Rodillos tensores del material de empaque.

### 3.7 Silo

El silo es la pieza de la máquina en donde se almacena el producto para luego ser desplazado y empacado.

Se encuentra ubicado sobre la placa superior y acoplado a esta por medio de tornillos, para evitar su movimiento (ver figura 96).

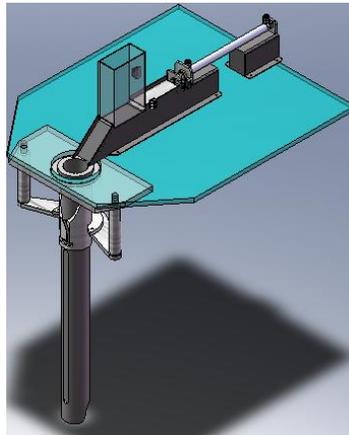


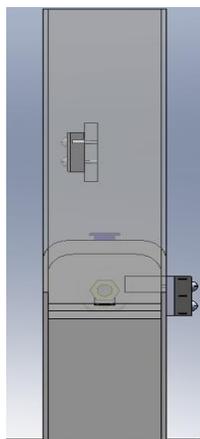
Figura 96. Posición del silo en la máquina. Fuente autor

Está compuesto por dos bases para el cilindro neumático, una inclinación para que el producto se deslice cayendo al orificio del tubo formador y una tolva en donde es puesto el producto a empacar (ver figura 97, 98).

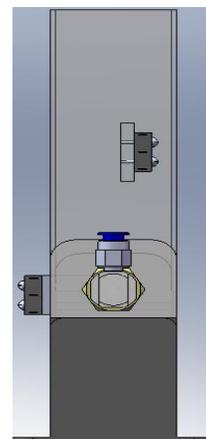
El cilindro neumático se encuentra ensamblado al silo por medio de dos pestañas que poseen cada uno de las bases, las cuales tienen una perforación del diámetro del cilindro, el cual se ajusta estas por medio de tuercas y arandelas, permitiendo que el cilindro se encuentre rígido. En la carrera de este se acoplo una lámina en forma de L, la cual me permite que desplazar el producto a empacar cada vez que el cilindro se accione.

Toda la estructura del silo se fabrico en acrílico, dando estética a la máquina, siendo un material económico a comparación de otros y está acorde al uso del modelo ya que es didáctico y no industrial.

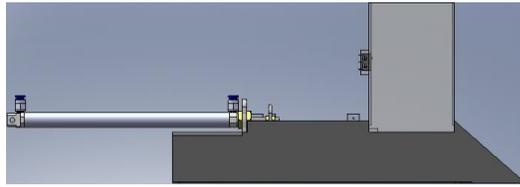
Vista frontal



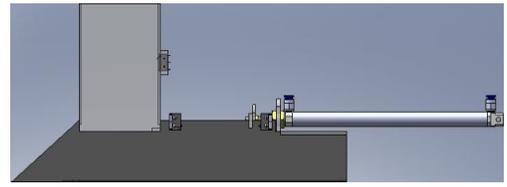
Vista posterior



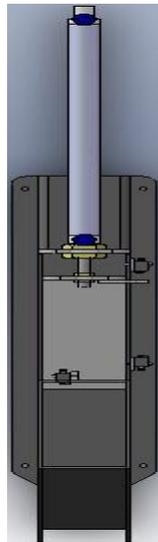
Vista izquierda



Vista derecha



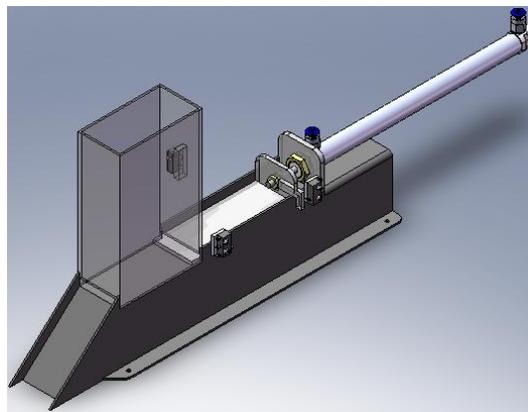
Vista superior



Vista inferior



Vista isométrica



Vista trimétrica

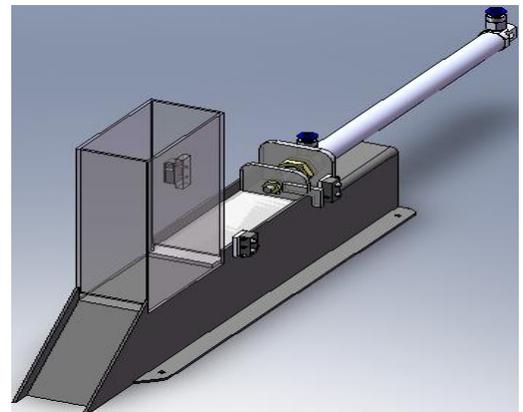
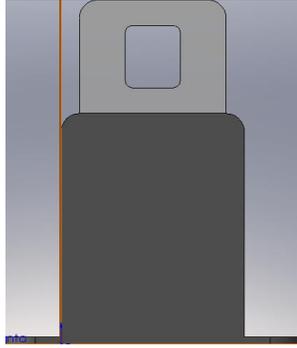
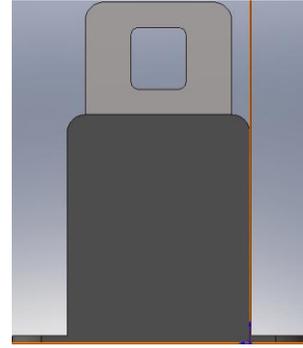


Figura 97. Estructura del silo con el cilindro neumático acoplado. Fuente autor

Vista frontal



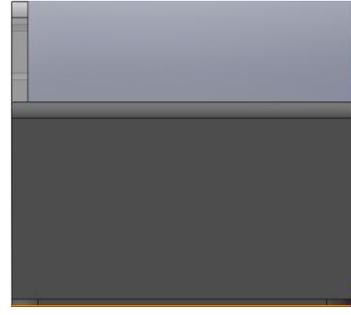
Vista posterior



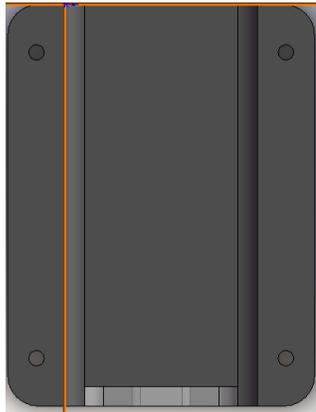
Vista izquierda



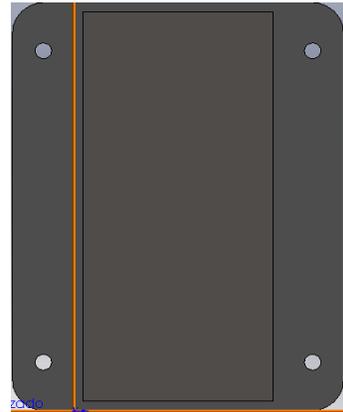
Vista derecha



Vista superior



vista inferior



Vista isométrica

Vista trimétrica

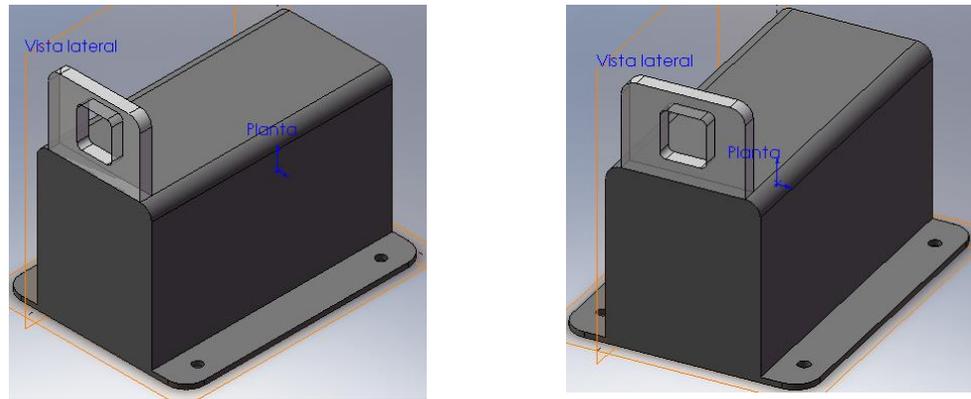


Figura 98. Base posterior de soporte del cilindro neumático. Fuente autor

### 3.8 PIEZAS ADICIONALES DEL MÓDULO GENERAL

#### 3.8.1 Láminas de apoyo para la placa superior de la estructura principal de soporte.

Son dos y encuentran ubicadas en la parte inferior de la placa superior de la estructura de soporte. Al adicionar estas láminas en los extremos horizontales se le brinda más consistencia, previniendo posibles quebradoras en esta por el peso del prototipo (ver figura 99).

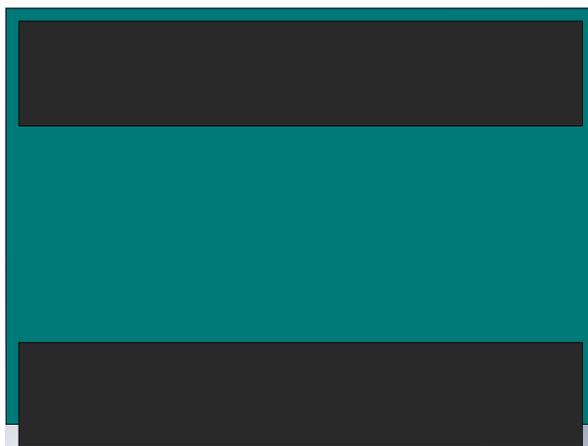


Figura 99. Posición de las láminas adicionales de apoyo sobre la placa superior (vista inferior). Fuente autor

La forma de las láminas y sus características se pueden observar en la figura 100. Estas se desarrollaron en madera triplex por sus características que son requeridas para cumplimiento de su función.

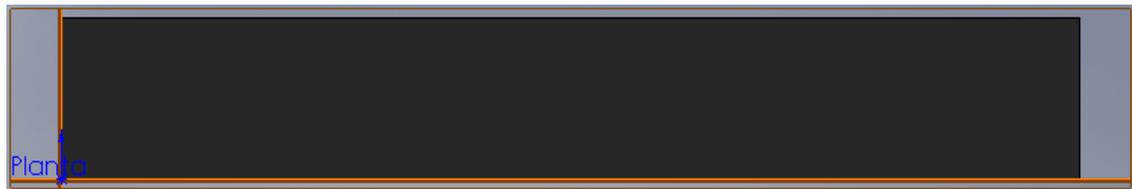
Vista Frontal



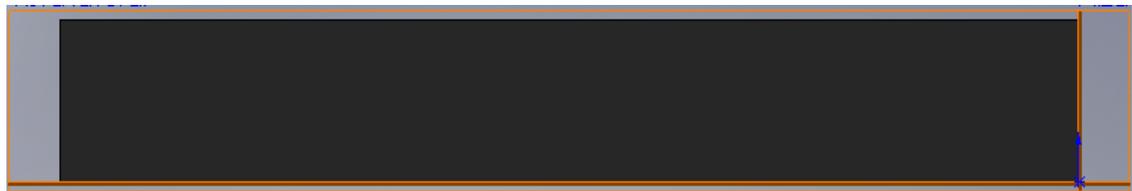
Vista Posterior



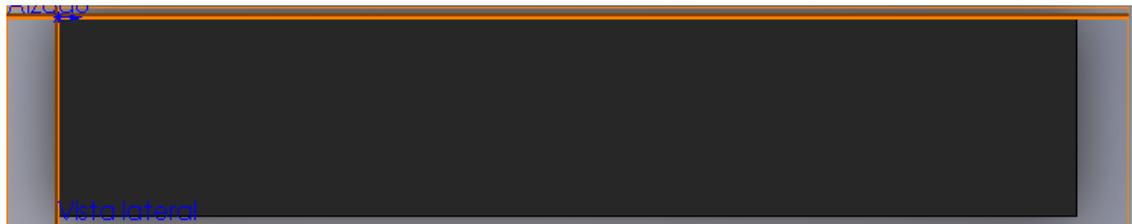
Vista Izquierda



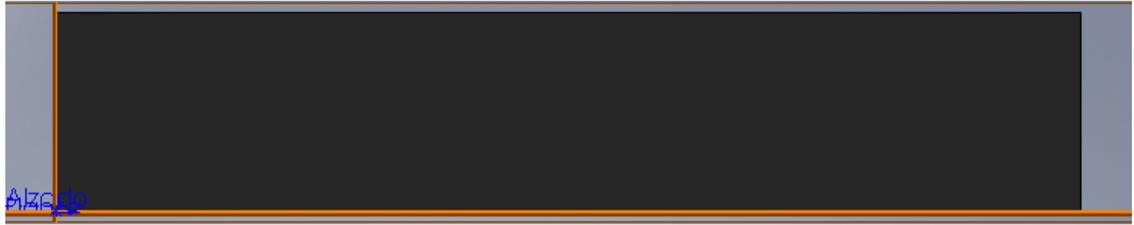
Vista Derecha



Vista Superior



Vista Inferior



### Vista Isométrica

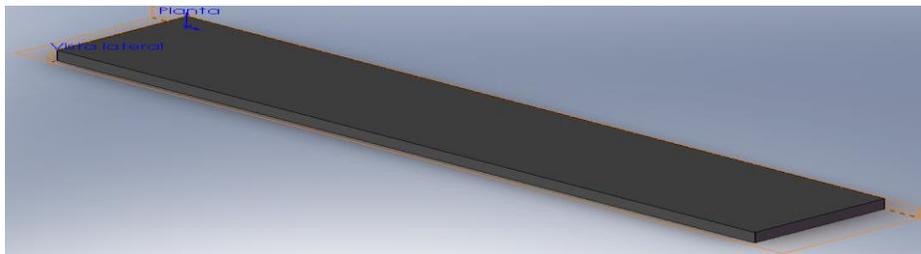


Figura 100. Vistas de las láminas adicionales de apoyo. Fuente autor

### 3.8.2 Soportes para vigas del cilindro neumático superior e inferior

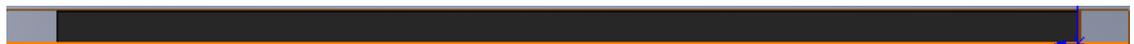
Fueron implementados en el prototipo para brindar una mejor consistencia, rigidez y apoyo a la placa frontal, debido a que esta placa posee varias piezas acopladas a ella (ver figura 101 y 102)

Se encuentran ubicadas en la vista posterior de la placa frontal y a la misma altura que se encuentran las vigas que sostienen los cilindros neumáticos (superior e inferior). Se elaboraron en madera rígida y maciza para cumplir con el objetivo de soporte.

### Vista Frontal



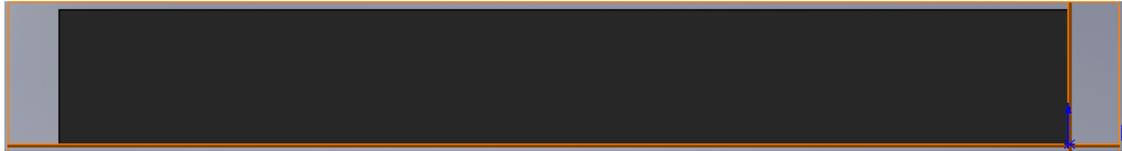
### Vista Posterior



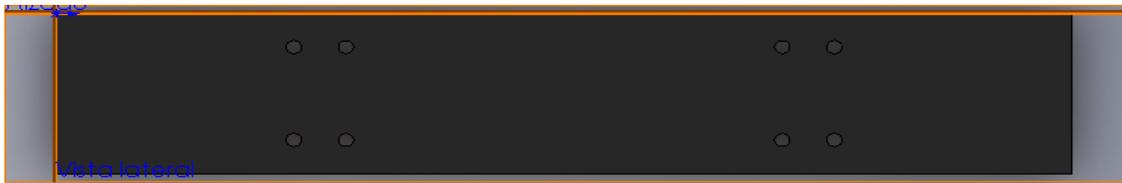
### Vista Izquierda



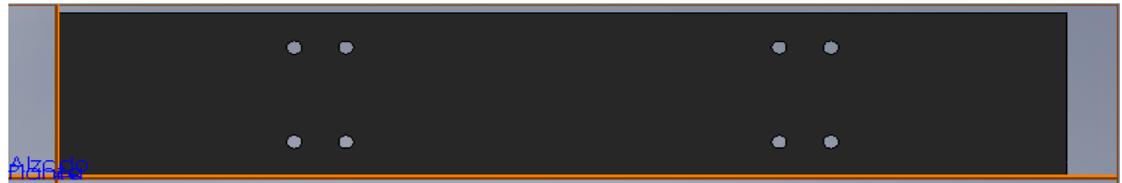
Vista Derecha



Vista Superior



Vista Inferior



Vista Isométrica

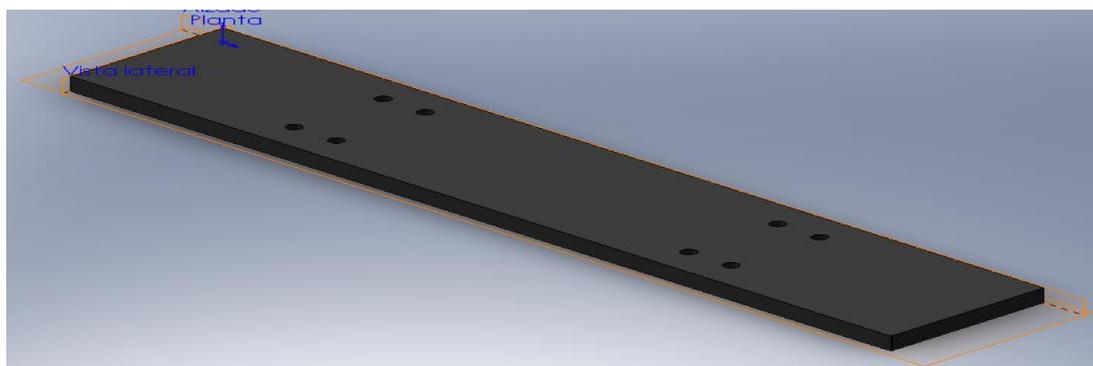
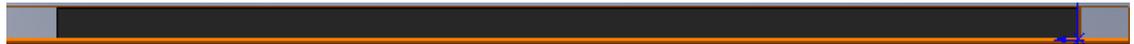


Figura 101. Vistas del soporte para las vigas del cilindro neumático superior.  
Fuente autor

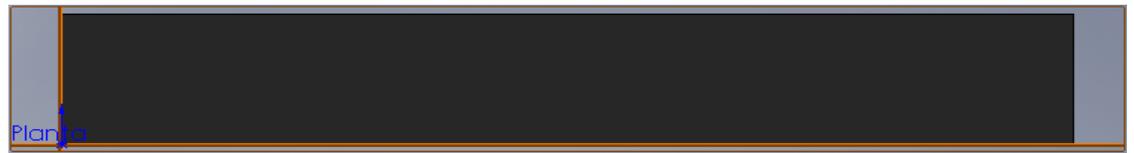
Vista Frontal



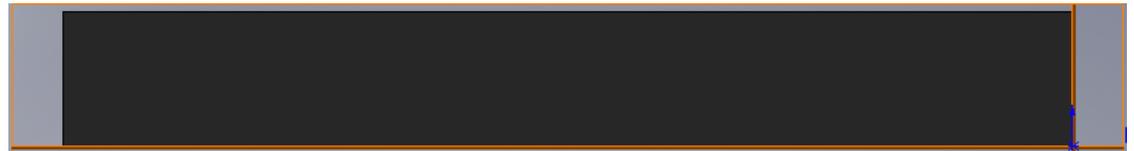
Vista Posterior



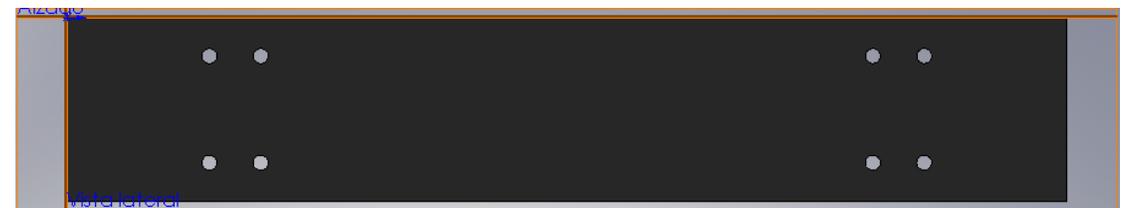
Vista Izquierda



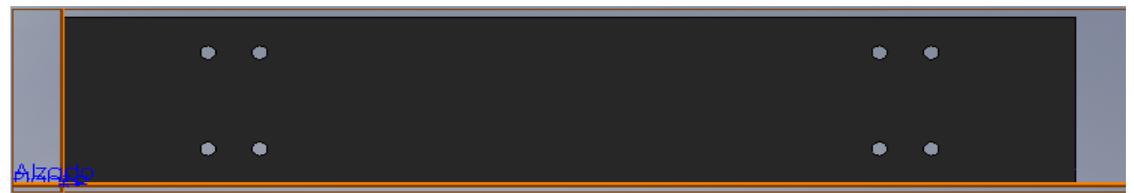
Vista Derecha



Vista Superior



Vista Inferior



Vista Isométrica

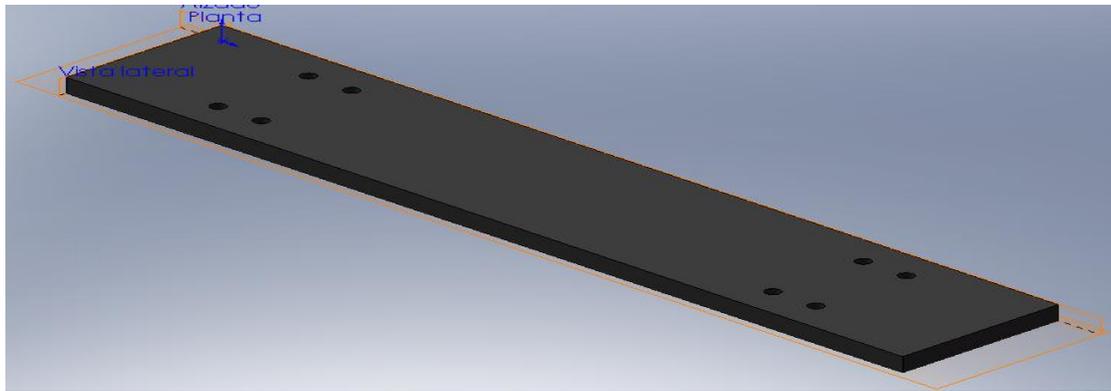


Figura 102. Vistas del soporte para las vigas del cilindro neumático inferior. Fuente autor

### 3.8.3 Base de la Resistencia

La resistencia posee como estructura principal un bloque de madera (ver figura 103).



Figura 103. Estructura en madera de la resistencia. Fuente autor

Sobre la unidad de madera se encuentra adherida una platina de aluminio de un espesor menor que el del bloque pero con las mismas dimensiones de profundidad y largo (ver figura 104). Esta platina cumple con la función de disipar el calor que emite el ferróniquel, lo cual hace que la madera no se caliente y no se queme.

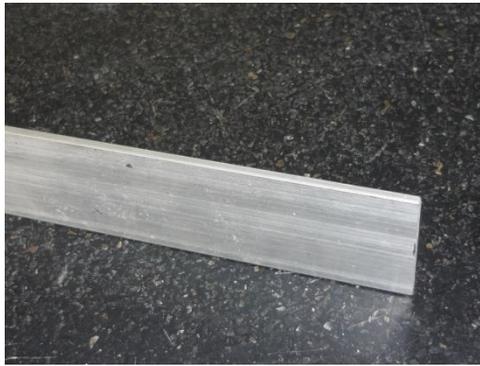


Figura 104. Platina de aluminio. Fuente autor

En la platina de aluminio se halla pegado un material aislante blanco en su parte superior y laterales. Su objetivo es evitar el contacto entre el ferroníquel y la lámina de aluminio, impidiendo un corto circuito.

La resistencia de calor es elaborada en ferroníquel (ver figura 105). Se localiza encima del material aislante y fijado por tornillos en las caras laterales del bloque de madera. A medida que a la resistencia se le proporciona un voltaje y corriente, esta va aumentando su temperatura para sellar el polietileno.



Figura 105. Hilo de ferroníquel. Fuente autor

Se implemento sobre la resistencia de calor una banda de teflón (ver figura 106), la cual hace que el polietileno no se adhiera al hilo de ferroníquel cuando la máquina se encuentre sellando y así obtener un buen sellado del empaque.



Figura 106. Banda de teflón. Fuente autor

Para que los conectores de conexión de las resistencias no quemen el bloque de madera, se le adherio a sus extremos cuachos de las mismas dimensiones de estos, evitando esta situación.

En las figura 107 se observa la resistencia selladora implementada en el módulo.

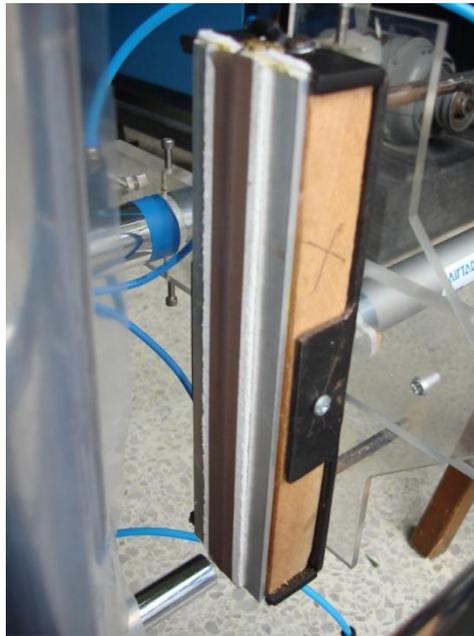


Figura 107. Resistencia selladora vertical. Fuente autor

## 4. ETAPAS DEL PROCESO DE EMPACADO

### 4.1 POSICIONAMIENTO DEL MATERIAL DEL EMPAQUE

El empaque empieza a ser formado a partir de la introducción de la lámina de polietileno dentro del cuello formador, donde toma una forma circular quedando un extremo de la lámina por encima de la otra. Al estar las láminas traslapadas envuelven perfectamente el tubo formador adquiriendo la forma de este (Ver figura 108).

El ancho de la lámina de polietileno se determina según la formula:

$$D * \pi + 1\text{cm} = \text{ancho de la lámina del polietileno}$$

D = diámetro externo del cuello formador. El diámetro se da en centímetros  
 $\pi = 3.1416$



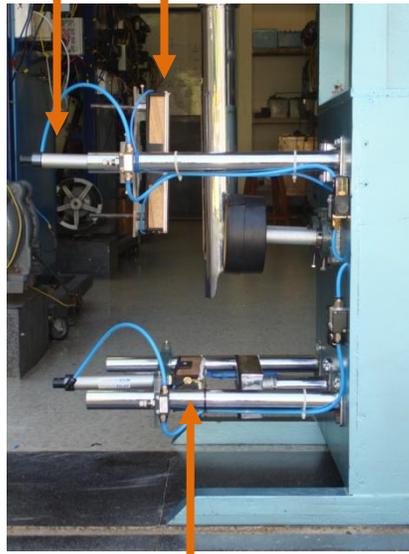
Figura 108. Posición del material del empaque. Fuente autor

Al quedar bien colocado el polietileno se procede al inicio del proceso del empackado de la máquina.

## 4.2 SELLADO

El prototipo se encuentra conformado por dos tipos de sellados (vertical y horizontal) que se activan simultáneamente al comienzo del proceso de control de la máquina (ver figura 109).

Cilindro neumático. Resistencia del sellado vertical



Resistencia del sellado horizontal

Figura 109. Sellados vertical y horizontal. Fuente autor

El sellado horizontal y vertical están constituidos cada uno por: una electroválvula 1 y 2, un cilindro neumático, un controlador de presión de aire, mangueras para aire comprimido, una resistencia y el sistema de sellado (descrito anteriormente en el capítulo 3), ver figura 110.



Cilindros neumáticos. Regulador de presión  
Figura 110. Elementos que componen el sellado. Fuente autor

El proceso de sellado ocurre del mismo modo para el sellado vertical y horizontal. Al pulsar 1PB el PLC dentro de su programa establecido energiza las bobinas auxiliares M1.0 y M2.0, haciendo que los contactores normalmente abiertos M1.0 y M2.0 en los cuales se encuentran conectadas las electroválvulas cambien su estado a normalmente cerrado, de tal manera las electroválvulas se activan y permiten el paso del flujo de aire comprimido proveniente de un compresor hacia los cilindros neumáticos. El aire que reciben los cilindros neumáticos origina un movimiento lineal que permite el desplazamiento de sus carreras y de las resistencias selladoras (que se encuentra unida a esta), causando el choque entre el material flexible, las resistencias y los soportes de sellado (tubo formador para la resistencia vertical y bloque de choque de la resistencia horizontal). El tiempo de activación de las bobinas es el tiempo que las resistencias van a estar en contacto con el material flexible del empaque y están controladas por el timer interno T36 del PLC programado por 2 segundos. El tiempo de contacto de la resistencia con el polietileno junto a la temperatura que posee esta, hacen que la lámina del embalaje se selle verticalmente en la parte frontal y horizontalmente en la parte posterior, tomando la forma de empaque.

Cuando el tiempo del timer T36 se cumple, el PLC desenergiza las bobinas auxiliares M1.0 y M2.0 haciendo que los contactores adquieran su estado normalmente abierto, las electroválvulas corte el flujo de aire comprimido y los cilindros neumáticos al no recibir aire retornan a su posición inicial, de esta manera culmina la etapa de sellado temporalmente.

El tiempo del timer T36 es establecido de tal forma que la duración del sellado no dañe el empaque.

Vale la pena aclarar que el sellado vertical se realiza por medio de un solo ferróníquel y el horizontal por dos, debido a que la resistencia horizontal en su parte superior sella el comienzo de una nueva bolsa y en su parte inferior el final del empaque anterior, además de individualizar los embalajes por medio de un resistencia de calor que corta el polietileno, ubicada en la mitad de la resistencia.

#### 4.3 CONTROL DE TEMPERATURA PARA EL SELLADO Y CORTADO DEL POLIETILENO

Al igual que los dos procesos anteriores este también tiene su inicio al comienzo de la rutina de la máquina empacadora.

La temperatura se controlada por medio del código de programación, basado en un control ON/OFF. Al iniciarse la secuencia de trabajo, las resistencias se encuentran energizadas ya que están conectadas a la bobina auxiliar M16.0 y esta se halla conectada directamente a la alimentación. Las resistencias permanecen energizadas el mismo tiempo que las electroválvulas 1 y 2 duran activadas, debido a que son controladas por el mismo timer T36. Cuando se cumple el tiempo preestablecido el contactor normalmente cerrado del timer T36 se abre desenergizando M16.0, lo que hace que la corriente no circule por las resistencias y su temperatura disminuya. Las resistencias se energizan nuevamente cuando se activan simultáneamente las etapas de despliegue y halado del material del empaque. Al energizarse la bobina auxiliar M14.0 que activa los motores, se cierra un contactor normalmente abierto M14.0 permitiendo el suministro de corriente a las resistencias. De esta manera se realiza el control de temperatura ya que esta no aumenta constantemente, debido a que el flujo de corriente y el voltaje van a ser los mismos durante el proceso.

La temperatura de la resistencia de sellado es diferente para cada material de empaque que se utilice.

Las resistencias de calor (hilo de ferróníquel) del sellado horizontal y vertical están conectadas en serie y sus extremos a los terminales de salida de 24 V del devanado secundario del transformador que soporta o entrega una corriente de 10 A y este a su vez se encuentra alimentado por la salida de un autotransformador en los terminales de 130 V del devanado primario. Con el variac se gradúa el voltaje y la corriente adecuada a las resistencias de calor para que el prototipo empacador posea un buen sellado en sus empaques.

Las conexión de estos instrumentos y equipos se puede observar en el ANEXO C.

Para la resistencia de calor que corta el polietileno y hace que los empaques sean individuales ocurre el mismo proceso descrito anteriormente.

La potencia que esta resistencia disipa es mayor que la potencia de las resistencias selladoras.

Las conexiones eléctricas de esta resistencia de cortado se pueden observar en el ANEXO C.

#### 4.4 CANTIDAD DE PRODUCTO A EMPACAR

Esta etapa cuenta con un silo donde se halla el producto a empacar almacenado y ordenado verticalmente (ver figura 111), el cual lo protege de factores externos que le causan daño.

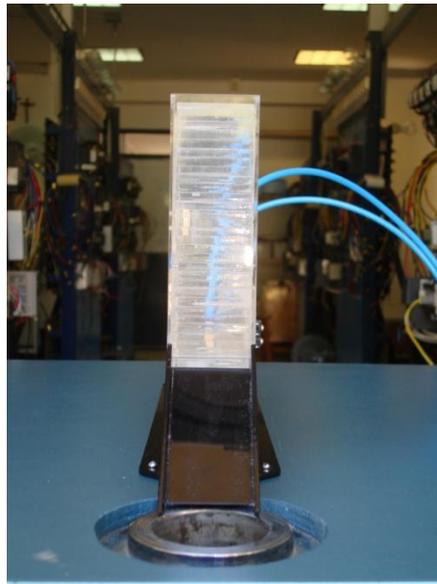
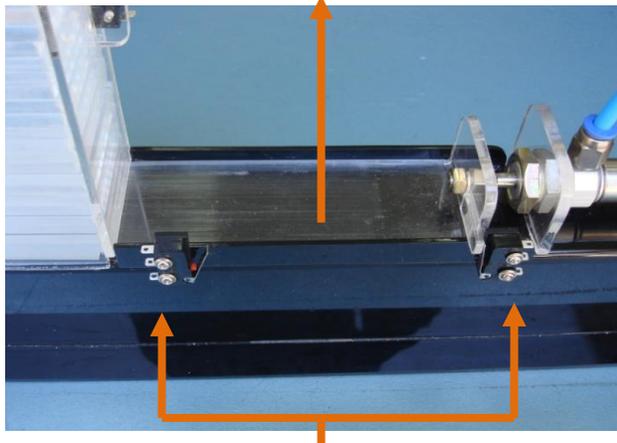


Figura 111. Silo. Fuente autor

En su parte inferior trasera se tiene un cilindro neumático que posee en su carrera una lámina de acrílico en forma de L para el desplazamiento del producto (ver figura 112). La cara posterior del silo cuenta con un final de carrera, de igual forma la base del cilindro posee dos interruptores de posición, uno al inicio de la carrera de este y el otro cerca de la cara posterior del silo y a su vez complementan este proceso una electroválvula, mangueras para aire, reguladores de presión y un sensor capacitivo (ver figura 113).

Lámina de acrílico en L



Finales de carrera

Figura 112. Posición de los finales de carrera y la lamina de acrilico en forma de L. Fuente autor

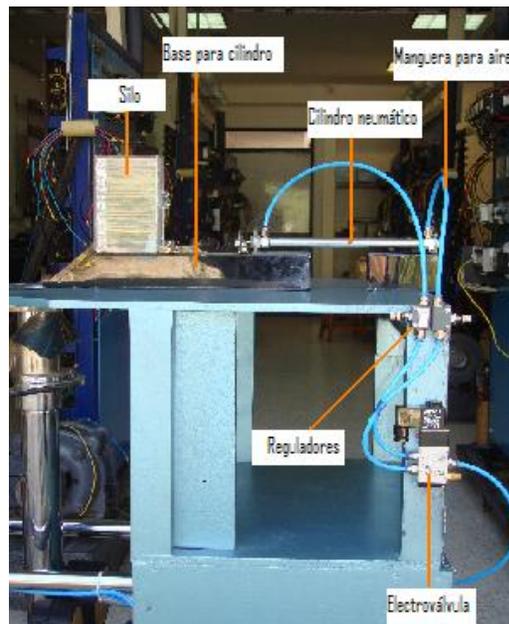


Figura 113. Elementos que conforman el proceso de la cantidad de producto a empaçar. Fuente autor

Al terminar la etapa de sellado, la bobina auxiliar M5.0 se energiza, lo cual hace que el contactor M5.0 normalmente abierto se cierre, energizando la bobina

auxiliar M10.0, la cual cierra el contactor M10.0 en donde se halla conectada la electroválvula, de esta manera la electroválvula se activa permitiendo el flujo de aire comprimido hacia el cilindro neumático, a su vez el interruptor de posición 3 ubicado al comienzo de la carrera del cilindro se encuentra activado. Al estar estos dos elementos accionados al mismo tiempo originan un movimiento lineal de la carrera del cilindro permitiendo el desplazamiento del producto hacia el tubo formador. El control del conteo de los productos a empacar se realiza mediante un contador interno C1 del controlador lógico programable, el cual se encuentra programado para que cada vez que se active el final de carrera 2 (ubicado al comienzo de la carrera del cilindro) me incremente en uno el contador. El PLC realiza una comparación internamente entre las veces que se activo el interruptor de posición 2 y la cantidad establecida dentro de la programación. La comparación cuando llega a una diferencia de cero desactiva la bobina, el contactor M10.0 se abre y la electroválvula bloquea el paso de aire. Al mismo tiempo activa el motor encargado de dar giro a los rodillos y el motor de despliegue del papel, de esta forma hala la lamina del material flexible continuando con el proceso de empaclado.

El final de carrera 1 incrustado en la cara posterior del silo debe estar siempre activado para que esta parte del proceso se cumpla, debido a que es el encargado de sensar si el silo posee o no producto. Si el interruptor de posición 1 se encuentra desactivado, mediante el programa y después de un tiempo establecido envía una alarma al operador que se encuentra supervisando el proceso de la máquina y a su vez interrumpe el proceso. Al colocar producto en el silo el final de carrera se activa de nuevo y el proceso continúa en donde se interrumpió.

El control de la carrera del cilindro neumático depende de los interruptores de posición 1 y 2 que se ubican en la base del silo (ver figura 112). Al estar activado el final de carrera 3 ubicado al comienzo de la carrera del cilindro, ella se desplaza hasta llegar al interruptor de posición 2 situado en la parte inferior de la cara posterior del silo. Cuando este se activa hace que la electroválvula se desactive y la carrera regrese, repitiendo nuevamente el proceso de acuerdo al número de producto a empacar.

La conexión eléctricas y con el PLC del de los interruptores de posición y la electroválvula se observa en el ANEXO C.

#### 4.5 DESPLIEGUE DEL MATERIAL FLEXIBLE DEL EMPAQUE

Consiste en desenrollar la película de polietileno con el cual se va a formar el empaque. Se realiza por medio de un mecanismo que se encuentra conformado por dos placas con orificios en su parte superior que sostienen un rodillo tensor, el cual se encuentra unido con uno motor reductor de velocidad por medio de un sistema de banda redonda y dos poleas (ver figura 114). Cuando el contador llega a su preescale establecido hace que el contactor C1 se cierre, este me active un tiempo de espera, que al cumplirse cierra el contactor T35, al cerrarse energiza la bobina auxiliar M14.0, cerrando el contactor normalmente abierto M14.0 en el cual

se encuentra conectado el motor reductor, energizando el motor originando un movimiento circular transmitiéndolo a la banda redonda y esta al rodillo tensor. El sentido de giro del motor es contrario al sentido en que se encuentra enrollado el material del empaque. Cuando el motor se encuentra activado desenvuelve el polietileno por medio del mecanismo anterior cumpliendo con su objetivo. El tiempo durante el cual se encuentra activada la bobina, se controla por medio de la entrada del sensor capacitivo. El sensor al dejar de sensar el producto energiza la bobina auxiliar M15.0 abriendo el contactor normalmente cerrado M15.0, desenergizando la bobina M14.0 y el motor deja de trabajar terminando temporalmente el proceso de desenvolver el material flexible del empaque.

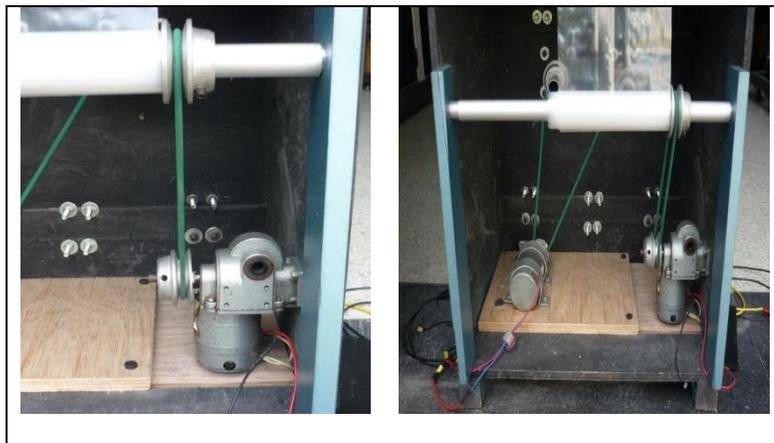


Figura 114. Mecanismo de despliegue del papel. Fuente autor

#### 4.6 HALADO DEL POLIETILENO

Para el halado del polietileno se tiene el sistema de rodillos (ver figura 115) que ayudan al desplazamiento de la lámina de material de empaque. Cada uno de los rodillos realiza un movimiento circular en sentido contrario al otro. Para lograr este objetivo se implementó un mecanismo de poleas y una banda transmisora redonda (ver figura 116), la cual se trabajó como banda cruzada entre las poleas de los rodillos y a su vez como una banda abierta entre la polea del motor reductor y las poleas de los rodillos.

Rodillos de desplazamiento

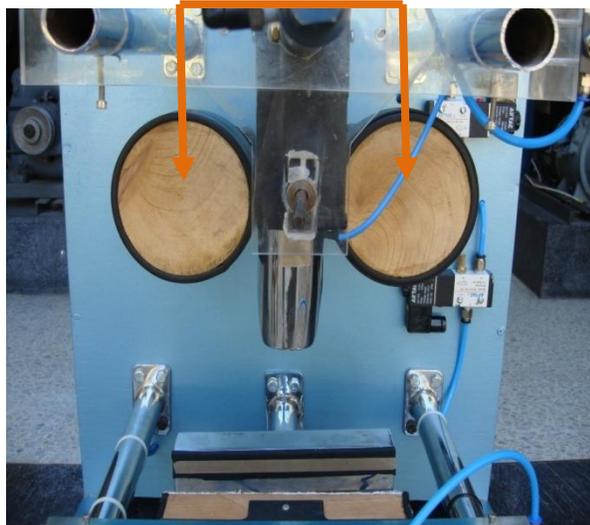


Figura 115. Rodillos de desplazamiento del polietileno. Fuente auto



Figura 116. Mecanismos de poleas y banda transmisora redonda. Fuente autor

El motor reductor de velocidad se energiza inmediatamente cuando la comparación entre la cantidad de productos a empaquetar es igual al valor de elementos sensados. El PLC envía una señal que activa la bobina M14.0 que acciona el contactor normalmente abierto M14.0 que da paso a la señal eléctrica y así generar el encendido del motor y este el movimiento circular de los rodillos.

Para la finalización de este proceso se debe tener en cuenta el tamaño del producto a empaquetar que lo da la señal de un sensor capacitivo ubicado en la parte inferior del bloque de choque de la resistencia horizontal. El sensor al dejar de sensar el producto energiza la bobina auxiliar M15.0 abriendo el contactor normalmente cerrado M15.0, desenergizando la bobina M14.0 y el motor deja de trabajar terminando temporalmente el proceso de desenvolver el material flexible del empaque.

#### 4.7 TAMAÑO DEL EMPAQUE

El tamaño del empaque se determina por la longitud que posee el producto. El proceso de halado del papel da comienzo al tamaño del empaque ya que su recorrido es proporcional al tamaño de los elementos a empaquetar.

El producto dentro de la lámina del empaque es sensado por un sensor capacitivo ubicado en la parte inferior del bloque de choque de la resistencia horizontal (ver Figura 117), que al detectarlo a través de su cara activa, cambia de estado lógico activando la entrada I0.5, este lo compara internamente con un valor preestablecido en un contador interno C3 (el estado lógico se mantendrá durante el tamaño del elemento). Al dejar de detectar el objeto el sensor cambia de estado lógico, emitiendo una señal eléctrica al controlador, activando la bobina M15.0, esta bobina energiza abre el contactor M15.0, el cual desactiva la bobina M14.0 donde se encuentra el motor reductor de halado del polietileno.



Figura 117. Ubicación del sensor capacitivo. Fuente autor

Inmediatamente terminado este proceso y de acuerdo a la programación se reanuda nuevamente el ciclo de la máquina.

## 5. LAZOS DE CONTROL

Dentro del proceso realizado por la máquina empacadora encontramos cuatro lazos, los cuales dos son lazos abiertos y dos lazos cerrados. A continuación se describirán cada uno de ellos de acuerdo al lazo de control que pertenezcan.

### 5.1 LAZO DE CONTROL ABIERTO

Los sistemas en los cuales la salida no tiene efecto sobre la acción de control se denominan sistemas de control abierto. En un sistema de control de lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada. [67]

Estos lazos de control los encontramos en el proceso en las etapas de sellado, control de temperatura del sellado y cortado del polietileno, debido a que en la salida de estos no se le realiza un control.

- En la etapa de sellado se activan las electroválvulas durante un determinado tiempo establecido en el programa de control. Al cumplirse este tiempo las electroválvulas se desenergizan (ver figura 118).

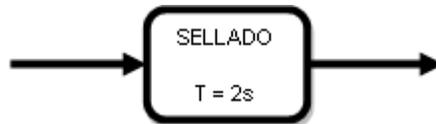


Figura 118. Sistema en lazo abierto de la etapa de sellado. Fuente autor

- El control de temperatura del sellado y cortado del polietileno de las resistencias selladoras se realiza de la misma forma que la etapa de sellado. Las resistencias de calor se encuentran energizadas durante un tiempo preestablecido en el código del PLC, al finalizar el tiempo las resistencias se desenergizan (ver figura 119).



Figura 119. Sistema en lazo abierto del control de temperatura del sellado. Fuente autor

## 5.2 LAZO DE CONTROL CERRADO

Los sistemas de control realimentados se denominan también control en lazo cerrado. En el control en lazo cerrado siempre se aplica una acción de control realimentado en la salida para reducir el error del sistema. [67]

Los lazos de control cerrados de la máquina empaedora se pueden identificar en las etapas de cantidad del producto a empaclar y tamaño del empaque, ya que a estos se les realiza un control a la salida, son lazos de control realimentados.

- En la etapa de cantidad de producto a empaclar la carrera del cilindro neumático se controla por medio de dos sensores de posición. El final de carrera 2 activa la electroválvula que con controla el cilindro neumático permitiendo que la carrera de este se desplace, cuando se activa el final de carrera 3 la electroválvula se desactiva recogiendo la carrera del cilindro. El proceso se repite hasta que el contador vinculado al código sea igual a 4. A su vez se encuentra controlado por un sensor de posición a ubicado en el silo de la empaedora, al estar activado permite que la electroválvula se accione, indicando que hay producto dentro del silo. Al estar desactivado detiene el ciclo de la máquina, indicando que no hay suficiente producto para ser empaclado (ver figura 120).



Figura 120. Control en lazo cerrado de la etapa de cantidad de producto a empaclar. Fuente autor

- El despliegue y halado del material del empaque se realiza simultáneamente al finalizar la etapa de conteo del producto a empaclar. Al energizarse estos motores el material del empaque (sellado verticalmente en su parte frontal y horizontalmente en su parte inferior), se desliza sobre el tubo formador con el producto dentro de él hasta que el sensor capacitivo

deje de detectarlo. Cuando el sensor no lo sensa cambia su estado lógico desenergizando los motores (figura 121).

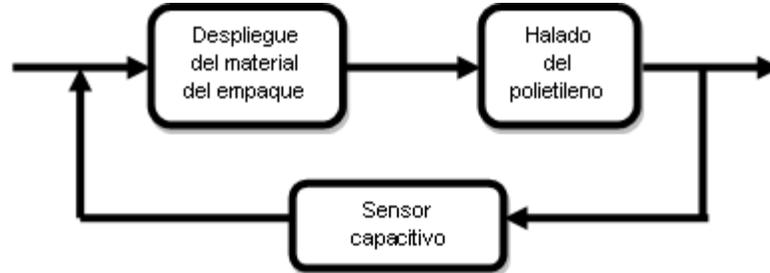


Figura 121. Control en lazo cerrado de la etapa de despliegue y halado del polietileno. Fuente autor

En la figura 122 se puede apreciar el lazo de control completo del proceso de la máquina empacadora.

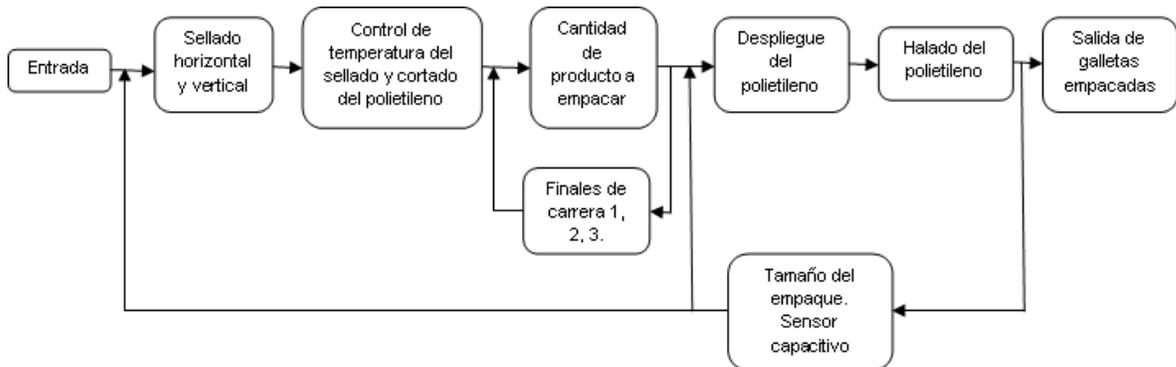


Figura 122. Lazo de control completo del proceso de la máquina empacadora. Fuente autor

## 6. PLC SIMIENS S7-200 CPU224XP AC/DCRLY, MODULO ETHERNE SIEMENS CP243-1 y WINCC FLEXIBLE

Para la realización del control de los procesos de la máquina empacadora se implemento en el proyecto el PLCs S7-200 CPU224XP debido a las características que posee, disponibilidad del tablero de control del laboratorio máquinas eléctricas y porque la Universidad Pontificia Bolivariana cuenta con la licencia del software supervisorio WINCC FLEX, software que trabaja con los PLCs siemens. A su vez se acopló el módulo Ethernet CP243-1 de fabricación siemens al PLCs, para

permitir controlar y supervisar el proceso de empaque del prototipo a través de la red interna de la universidad y por medio del software WINCC FLEX (ver figura 123).

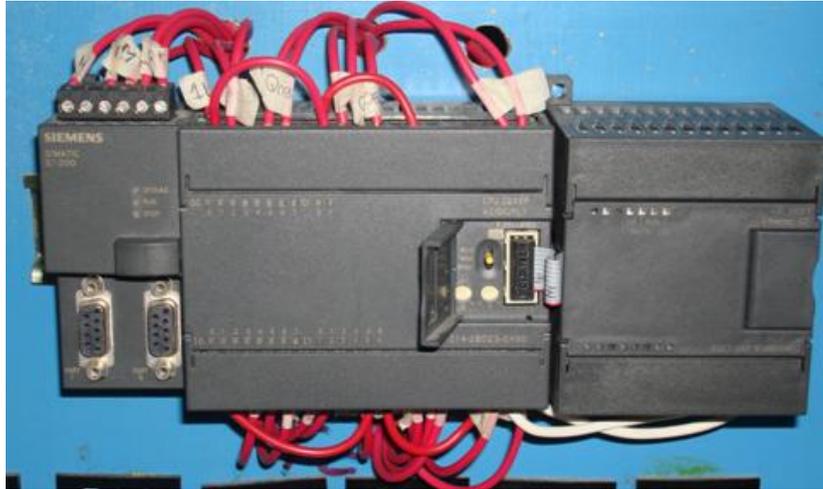


Figura 123. Módulo Ethernet CP243-1 acoplado al PLC S7-200 CPU224XP

#### 6.1 PLCs S7-200 CPU 224XP AC/DC/RLY

La CPU 224XP es un modelo que ofrece Siemens dentro de la gama de CPUs S7-200, la cual cuenta con 14 entradas digitales, 2 entradas analógicas, 10 salidas digitales y 1 salida analógica. Las entradas y salidas digitales manejan un voltaje de 24VDC. A su vez tiene dos puertos RS485 que son utilizados para comunicaciones avanzadas con otros equipos como HMI y accionamientos (ver figura 124). [68]

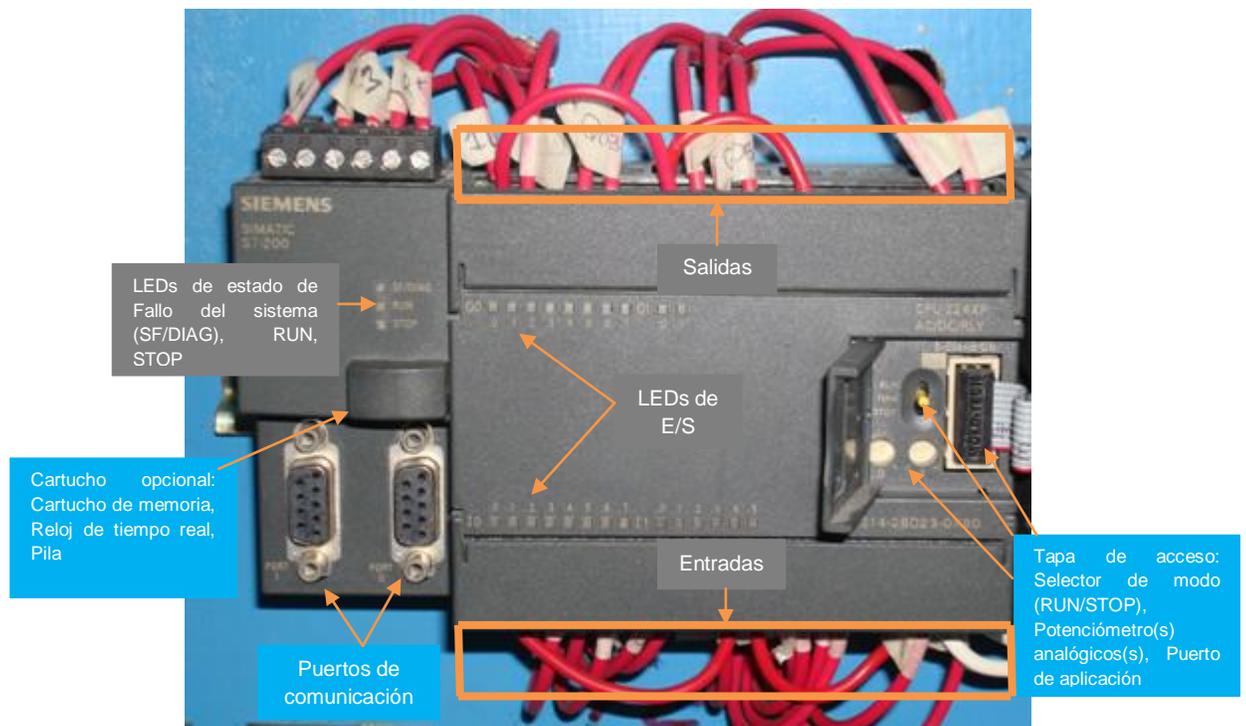


Figura 124. Conectores del PLC Siemens S7-200 CPU224XP. Fuente autor

### 6.1.1 Especificaciones técnicas del PLCs S7-200 CPU224XP

A continuación en la tabla 3 se darán a conocer las especificaciones técnicas del PLCs S7-200 CPU224XP

CPU224XP	
<b>MEMORIA</b>	
Tamaño del programa de Usuario	
Con edición en Runtime.	12288 bytes
Sin edición Runtime.	16384 bytes
Datos de usuario	10240 bytes
Respaldo (Condensador de alto	Tip. 100h (Min 70 h a 40 C°9

rendimiento) (Pila opcional)	Tip. 200 días
<b>Entradas y salidas E/S</b>	
E/S Digitales	14 E/10 S
E/S Analógicas	2 E/1 S
Tamaño Imagen E/S Digitales	256 (128 E/128 S)
Tamaño Imagen E/S Analógicas	64 (32 E/32 S)
Nº Máx. de Módulos de Aplicación	7 módulos *(siempre y cuando no se exceda la corriente necesaria de la CPU)
Nº Máx. de Módulos Inteligentes	7 módulos *(siempre y cuando no se exceda la corriente necesaria de la CPU)
Entradas de Captura de Impulsos	14
Contadores Rápidos	6 contadores en total: 4 a 30 Khz 2 a 200 Khz 3 a 20 Khz 1 a 100 khz
Salidas de Impulsos	2 a 100 Khz (solo en salidas DC)
<b>Datos Generales</b>	
Temporizadores	256 temporizadores en total: 4 temporizadores de 1 ms 16 temporizadores de 10 ms

	236 temporizadores de 100 ms
Contadores	256(respaldo por condensador de alto rendimiento o pila)
Marcas Internas Almacenadas al Desconectar la CPU	256(respaldo por condensador de alto rendimiento o pila) 112 (almacenamiento en EEPROM)
Interrupciones Temporalizadas	2 con Resolución de 1 ms
Interrupciones de Flanco	4 flancos positivos y/o 4 flancos negativos
Potenciómetros Analógicos	2 con resolución de 8 bits
Velocidad de Ejecución Booleana	0.22 $\mu$ s por operación
Reloj de Tiempo Real	Incorporado
Cartuchos Opcionales	Memoria y pila
<b>Comunicación Integrada</b>	
Puertos (Potencia limitada)	2 puertos RS485
Velocidades de Transferencia PPI, DP/T	9.6, 19.2 y 187.5 kbits/s
Velocidades de Transferencia Freeport	1.2 kbit/s a 115 kbits/s
Nº Máximo de Estaciones	32 por segundo, 126 por red
Nº Máximo de Maestros	32
Punto a Punto (Modo Maestro PPI)	Si (NETR/NETW)
Enlaces MPI	4 en total, 2 reservados, (1 para PG y 1 para OP)

Tabla 3. Especificaciones técnicas del PLCs S7-200 CPU224XP. [68]

## 6.1.2 Conexiones eléctricas

En la figura 125 se observa las conexiones eléctricas que se deben realizar en el PLCs S7-200 para que su funcionamiento sea el adecuado.

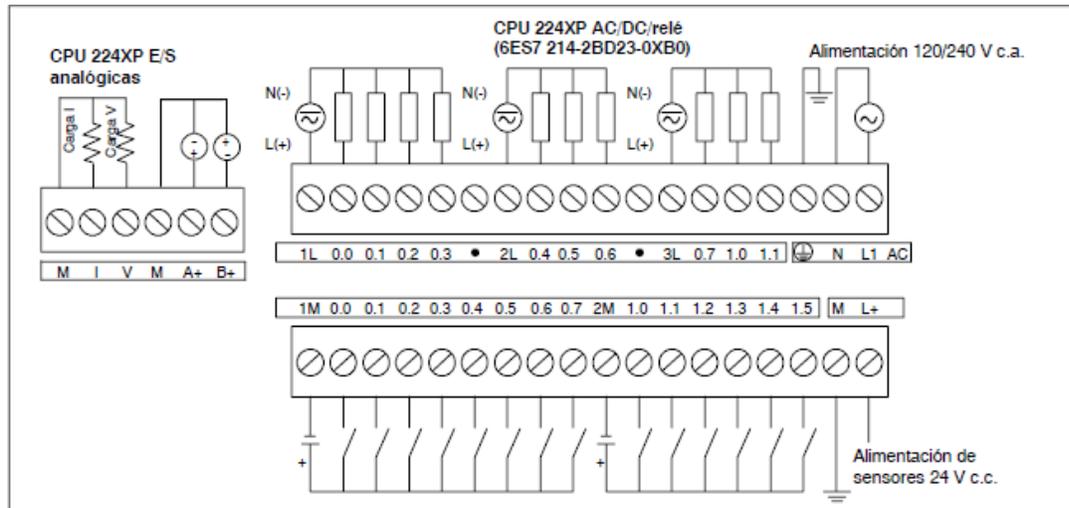


Figura 125. Conexiones eléctricas del PLCs S7-200 CPU 224XP AC/DC/RLY. [68]

## 6.2 MÓDULO ETHERNET CP243-1

El módulo Ethernet (CP243-1) es un procesador de comunicaciones para conectar el sistema S7-200 a Industrial Ethernet (IE). El S7-200 se puede configurar, programar y diagnosticar vía Ethernet utilizando STEP 7 Micro/WIN. El S7-200 se puede comunicar con otros autómatas programables S7-200, S7-300 ó S7-400 vía Ethernet, así como con un servidor OPC.

Industrial Ethernet se ha diseñado para la industria. Se puede utilizar bien sea con cables de par trenzado a prueba de interferencias (ITP), o bien con cables de par de trenzado conforme al estándar industrial (TP). Industrial Ethernet se puede implementar para numerosas aplicaciones, tales como conmutación, redundancia rápida, enlaces rápidos y redes redundantes.

El módulo Ethernet (CP 243-1) procesa la comunicación de datos de forma independiente en la red Industrial Ethernet.

- La comunicación se basa en TCP/IP.
- Para la comunicación entre CPUs S7-200 y otros sistemas de control S7 o PCs vía

Ethernet se dispone de servicios de cliente y servidor. Es posible utilizar 8 enlaces simultáneos como máximo.

- Las aplicaciones para PCs se pueden implementar gracias a la integración del servidor S7-OPC.
- El módulo Ethernet (CP 243-1) hace que el software de programación STEP 7-Micro/WIN pueda acceder directamente al S7-200 vía Ethernet. [68]

### 6.2.1 Configuración

El asistente Ethernet de STEP 7-Micro/WIN se puede utilizar para configurar el módulo Ethernet (CP 243-1) con objeto de conectar una CPU S7-200 a una red Ethernet. El asistente Ethernet le ayuda a definir los parámetros del módulo Ethernet (CP 243-1) y deposita la configuración en la carpeta de operaciones del proyecto. Para iniciar el asistente Ethernet, elija el comando de menú Herramientas > Asistente Ethernet. El asistente utiliza las informaciones siguientes: dirección IP, máscara de subred, dirección de puerta de enlace (“gateway”) y tipo de enlace de comunicación.

- Bloque de terminales para la alimentación de 24 V c.c. y la puesta a tierra.
- Enchufe RJ45 de 8 pines para la conexión a Ethernet.
- Conector para el bus de E/S.
- Cable plano integrado con enchufe para el bus E/S. [68]

En la figura 126 se observa los conectores del módulo Ethernet.

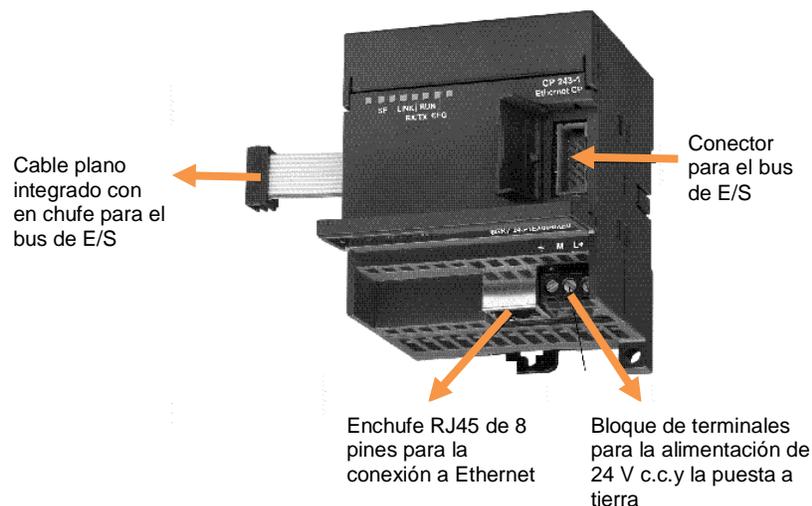


Figura 126. Conectores del módulo Ethernet CP243-1. [68]

## 6.2.2 Especificaciones técnicas del módulo Ethernet CP243-1

En las tablas 4 y 5 se observa los datos técnicos del módulo Ethernet.

Nº de referencia	Nombre y descripción de la CPU	Dimensiones en mm (l x a x p)	Peso	Disipación	Tensión c.c. disponible	
					+5 V c.c.	+24 V c.c.
6GK7 243-1EX00-0XE0	Módulo Ethernet (CP 243-1)	71,2 x 80 x 62	Aprox. 150 g	1,75 W	55 mA	60 mA

Tabla 4. Dimensiones y datos técnicos del módulo Ethernet CP243-1. [68]

Datos generales	6GK7 243-1EX00-0XE0
Velocidad de transferencia	10 Mbit/s y 100 Mbit/s
Tamaño de la memoria flash	1 MB
Tamaño de la memoria SDRAM	8 MB
Interfaz de conexión a Industrial Ethernet (10/100 Mbit/s)	Enchufe RJ45 de 8 pines
Tensión de entrada	20,4 a 28,8 V c.c.
Nº máx. de enlaces Máx.	8 enlaces S7 (XPUT/XGET y READ/WRITE) más 1 enlace a STEP 7-Micro/WIN vía el módulo Ethernet (CP 243-1) <sup>2</sup>
Duración de arranque o de re arranque Aprox.	10 segundos
Datos de usuario	Cliente: Máx. 212 bytes para

	XPUT/XGET Servidor: Hasta 222 bytes para XGET o READ Hasta 212 bytes para XPUT o WRITE
--	--

Tabla 5. Especificaciones técnicas del módulo Ethenert CP243-1. [68]

### 6.3 CABLE MULTIMAESTRO USB/PPI

El cable multimaestro USB/PPI es un dispositivo “plug and play” utilizable con PCs que soporten la versión USB 1.1. Proporciona aislamiento eléctrico entre el PC y la red S7-200, soportando la comunicación PPI a velocidades de transferencia de hasta 187,5 kbit/s (ver figura 127). No es necesario ajustar interruptores DIP. Basta con que conecte el cable, seleccione el cable PC/PPI como interfaz, active el protocolo PPI y ajuste el puerto USB en la ficha “Conexión PC”. Sólo un cable multimaestro USB/PPI puede estar conectado al PC para utilizarlo con STEP 7-Micro/WIN. [68]



Figura 127. Cable multimaestro USB/PPI S7-200. [68]

El cable multimaestro USB/PPI tiene LEDs que indican las actividades de comunicación tanto del PC como de la red.

- El LED Tx indica que el cable está transmitiendo datos al PC.
- El LED Rx indica que el cable está recibiendo datos del PC.
- El LED PPI indica que el cable está transmitiendo datos a la red. Puesto que los cables multimaestro pueden tener el “token” en su poder, el LED PPI se enciende continuamente una vez que STEP 7-Micro/WIN haya inicializado la comunicación. El LED PPI se apaga cuando se finalice la

conexión con STEP 7-Micro/WIN. El LED PPI parpadea a una frecuencia de 1 Hz cuando esté esperando ingresar a la red.[68]

### 6.3.1 Especificaciones técnicas del Cable Multimaestro USB/PPI

En la tabla 6 se observan la especificaciones técnicas del cable multimaestro USB/PPI.

<b>Cable multimaestro USB/PPI S7-200 6ES7-901-3DB30-0XA0</b>	
<b>Características generales</b>	
Tensión de alimentación	14,4 a 28,8 V c.c.
Intensidad a 24 V de alimentación nominal	Máx. 50 mA RMS
Retardo al cambio de sentido: bit de parada Flanco recibido en RS-232 a transmisión inhibida en RS-485	--
Separación galvánica	RS-485 a USB: 500 V c.c.
<b>Características eléctricas del enlace RS-485</b>	
Rango de tensión en modo común	-7 V a +12 V, 1 segundo, 3 V RMS continuo
Impedancia de entrada del receptor	5,4 K $\Omega$ mín. incluyendo cierre
Cierre/polarización	10K $\Omega$ a +5V en B, pin 3 PROFIBUS 10K $\Omega$ a GND en A, pin 8 PROFIBUS
Umbral/sensibilidad del receptor	+/- 0.2 V, 60 mV histéresis típ.
Tensión de salida diferencial del transmisor	Mín. 2 V a RL=100 $\Omega$ , Mín. 1,5 V a RL=54 $\Omega$
<b>Características eléctricas del enlace USB</b>	

Velocidad máxima (12 MB/s), Human Interface Device (HID)	
Corriente de alimentación a 5V	Máx. 50 mA
Corriente de desconexión	Máx. 400 uA

Tabla 6. Especificaciones técnicas del cable multimaestro USB/PPI. [68]

## 6.4 STEP7- MICRO/WIN

El software de programación STEP 7 – Micro/WIN es el encargado de diseñar el código necesario para hacer control de la aplicación deseada a través del S7-200. Su paquete de ayuda y facilidad de manejo, permiten desarrollar un control eficaz de la aplicación a desarrollar.

### 6.4.1 Inicio STEP 7 – Micro/WIN

Para iniciar STEP 7-Micro/WIN, se hace doble clic en el icono de STEP 7-Micro/WIN o elija los comandos Inicio > Siemens Automation > STEP 7 Micro/WIN V4.0 > STEP 7 Micro/WIN (ver figura 128).

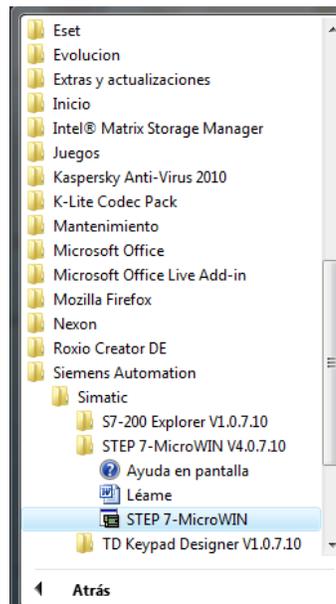


Figura 128. Inicio STEP 7 – Micro/WIN. Fuente autor

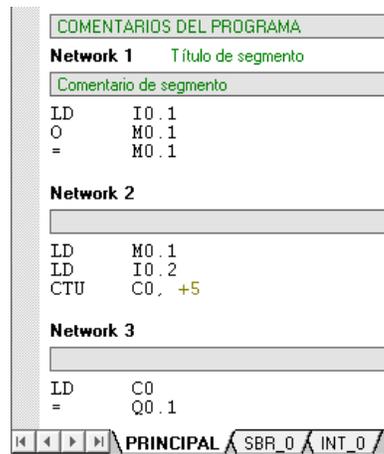


Las subrutinas y las rutinas de interrupción se visualizan en forma de fichas en el borde inferior del editor de programas. Para acceder a las subrutinas o a las rutinas de interrupción o al programa principal, haga clic en la ficha en cuestión. [68]

#### 6.4.3 Editor de programas para el STEP 7 – Micro/WIN

- Funciones del editor AWL

El editor AWL visualiza el programa textualmente (ver figura 130). Permite crear programas de control introduciendo la nemotécnica de las operaciones. El editor AWL sirve para crear ciertos programas que, de otra forma, no se podrían programar con los editores KOP ni FUP. Ello se debe a que AWL es el lenguaje nativo del S7-200, a diferencia de los editores gráficos, sujetos a ciertas restricciones para poder dibujar los diagramas correctamente. Como muestra la figura 130, esta forma textual es muy similar a la programación en lenguaje ensamblador. [68]



```
COMENTARIOS DEL PROGRAMA
Network 1 Título de segmento
Comentario de segmento
LD IO . 1
O MO . 1
= MO . 1

Network 2
LD MO . 1
LD IO . 2
CTU CO , +5

Network 3
LD CO
= QO . 1

PRINCIPAL SBR_0 INT_0
```

Figura 130. Editor AWL. Fuente autor

El S7-200 ejecuta cada operación en el orden determinado por el programa, de arriba a abajo, reiniciando después arriba. AWL utiliza una pila lógica para resolver la lógica de control. El usuario inserta las operaciones AWL para procesar las operaciones de pila. [68]

- Funciones del editor KOP

El editor KOP visualiza el programa gráficamente, de forma similar a un esquema de circuitos (ver figura 131). Los programas KOP hacen que el programa emule la circulación de corriente eléctrica desde una fuente de alimentación, a través de una serie de condiciones lógicas de entrada que, a su vez, habilitan condiciones

lógicas de salida. Los programas KOP incluyen una barra de alimentación izquierda que está energizada. Los contactos cerrados permiten que la corriente circule por ellos hasta el siguiente elemento, en tanto que los contactos abiertos bloquean el flujo de energía. [68]

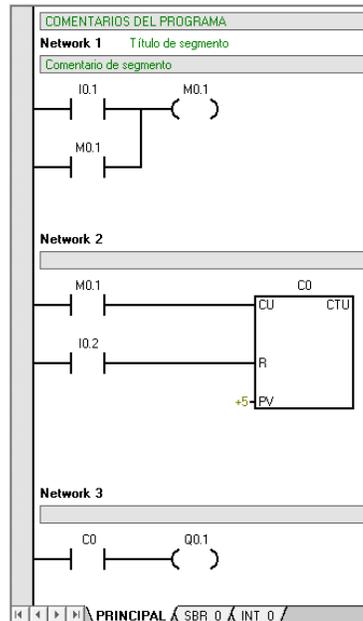


Figura 131. Editor KOP. Fuente Autor

La lógica se divide en segmentos ("networks"). El programa se ejecuta un segmento tras otro, de izquierda a derecha y luego de arriba a abajo. La figura 3 muestra un ejemplo de un programa KOP. Los contactos representan condiciones lógicas de entrada, tales como interruptores, botones o condiciones internas. Las bobinas representan condiciones lógicas de salida, tales como lámparas, arrancadores de motor, relés interpuestos o condiciones internas de salida. Los cuadros representan operaciones adicionales, tales como temporizadores, contadores u operaciones aritméticas. [68]

- Funciones del editor FUP

El editor FUP visualiza el programa gráficamente, de forma similar a los circuitos de puertas lógicas. En FUP no existen contactos ni bobinas como en el editor KOP, pero sí hay operaciones equivalentes que se representan en forma de cuadros. La figura 132 muestra un ejemplo de un programa FUP. [68]

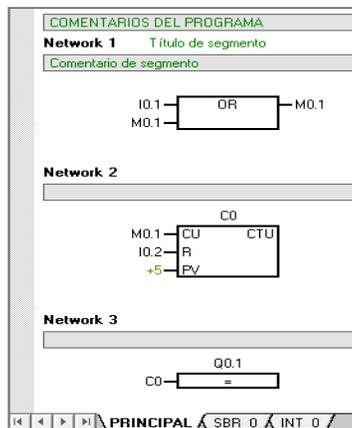


Figura 132. Editor FUP. Fuente Autor

El lenguaje de programación FUP no utiliza las barras de alimentación izquierda ni derecha. Sin embargo, el término “circulación de corriente” se utiliza para expresar el concepto análogo del flujo de señales por los bloques lógicos FUP. El recorrido “1” lógico por los elementos FUP se denomina circulación de corriente. El origen de una entrada de circulación de corriente y el destino de una salida de circulación de corriente se pueden asignar directamente a un operando. La lógica del programa se deriva de las conexiones entre las operaciones de cuadro. Ello significa que la salida de una operación (por ejemplo, un cuadro AND) se puede utilizar para habilitar otra operación (por ejemplo, un temporizador), con objeto de crear la lógica de control necesaria. Estas conexiones permiten solucionar numerosos problemas lógicos. [68]

#### 6.4.4 Operaciones comunes dentro del STEP7 – Micro/WIN

- Contactos estándar

Estas operaciones leen el valor direccionado de la memoria o de la imagen del proceso si el tipo de datos es I o Q. Para los cuadros AND y OR se pueden utilizar siete entradas como máximo (ver figura 133). [69]

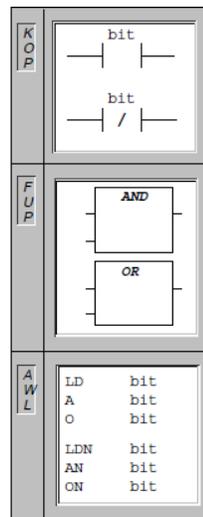


Figura 133. Contactos estándar [69]

El Contacto normalmente abierto se cierra (ON) si el bit es igual a 1.  
 El Contacto normalmente cerrado se cierra (ON) si el bit es igual a 0. [69]

- Asignar o bobina

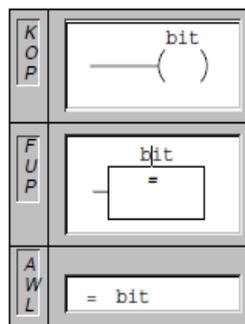


Figura 134. Asignar o bobinas [69]

Cuando se ejecuta la operación Asignar, el bit de salida se activa en la imagen del proceso.

Cuando la operación Asignar se ejecuta en KOP y FUP, el bit indicado se ajusta de forma equivalente a la circulación de la corriente.

En AWL, la operación Asignar copia el primer valor de la pila en el bit indicado. [69]

- Comparar byte

La operación Comparar byte se utiliza para comparar dos valores: IN1 e IN2. Las comparaciones incluyen: IN1 = IN2, IN1 >= IN2, IN1 <= IN2, IN1 > IN2, IN1 < IN2, o IN1 <> IN2 (ver figura 135).

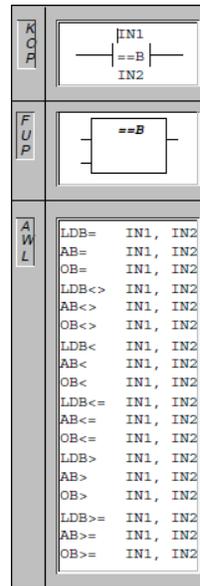


Figura 135. Comparación de bytes [69]

Las comparaciones de bytes no llevan signo.

En KOP, el contacto se activa si la comparación es verdadera.

En FUP, la salida se activa si la comparación es verdadera.

En AWL, las operaciones cargan un "1" en el nivel superior de la pila si la comparación es verdadera. [69]

- Temporizadores

Temporizador de retardo a la conexión, Temporizador de retardo a la conexión memorizado, Temporizador de retardo a la desconexión. En la figura 136 se aprecian los tres clases de temporizadores que hay.

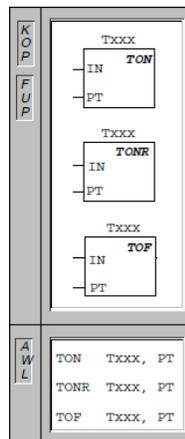


Figura 136. Temporizadores [69]

Las operaciones Temporizador de retardo a la conexión y Temporizador de retardo a la conexión memorizada cuentan el tiempo al estar activada (ON) la entrada de habilitación. Si el valor actual (Txxx) es mayor o igual al valor de preselección (PT), se activa el bit de temporización (bit T). Cuando la entrada de habilitación está desconectada (OFF), el valor actual se borra en el caso del temporizador de retardo a la conexión. En cambio, se conserva en el temporizador de retardo a la conexión memorizado. Éste último sirve para acumular varios períodos de tiempo de la entrada en ON. Para borrar el valor actual del temporizador de retardo a la conexión memorizado se utiliza la operación Poner a 0 (R).

Tanto el temporizador de retardo a la conexión como el temporizador de retardo a la conexión memorizado continúan contando tras haberse alcanzado el valor de preselección y paran de contar al alcanzar el valor máximo de 32767.

El Temporizador de retardo a la desconexión se utiliza para retardar la puesta a 0 (OFF) de una salida durante un período determinado tras haberse desactivado (OFF) una entrada. Cuando la entrada de habilitación se activa (ON), el bit de temporización se activa (ON) inmediatamente y el valor actual se pone a 0. Cuando la entrada se desactiva (OFF), el temporizador cuenta hasta que el tiempo transcurrido alcance el valor de preselección. Una vez alcanzado éste, el bit de temporización se desactiva (OFF) y el valor actual detiene el contaje. Si la entrada está desactivada (OFF) durante un tiempo inferior al valor de preselección, el bit de temporización permanece activado (ON). Para que la operación TOF comience a contar se debe producir un cambio de ON a OFF.

Se dispone de temporizadores TON, TONR y TOF con tres resoluciones (ver tabla 7). La resolución viene determinada por el número del temporizador. El valor

actual resulta del valor de contaje multiplicado por la base de tiempo. Por ejemplo, el valor de contaje 50 en un temporizador de 10 ms equivale a 500 ms. [69]

Tipo de temporizador	Resolución en milisegundos (ms)	Valor máximo en segundos (s)	N° de temporizador
TONR (memorizado)	1 ms	32,76.7 s (0,546 min)	T0, T64
	10 ms	32,76.7 s (0,546 min)	T1 a T4, T65 a T68
	100 ms	32,76.7 s (0,546 min)	T5 a T31, T69 a T95
TON, TOF (no memorizados)	1 ms	32,76.7 s (0,546 min)	T32, T96
	10 ms	32,76.7 s (0,546 min)	T33 a T36, T97 a T100
	100 ms	32,76.7 s (0,546 min)	T37 a T63, T101 a T255

Tabla 7. Resolución de temporizadores [69]

- Contadores

Contar adelante, Contar adelante/atrás, Contar atrás (ver figura 136)

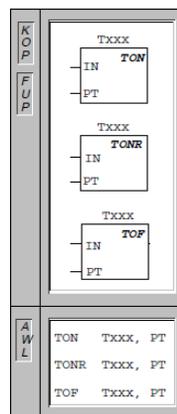


Figura 137. Contadores [69]

La operación Contar adelante empieza a contar hasta el valor máximo cuando se produce un flanco positivo en la entrada de contaje adelante (CU). Si el valor actual (Cxxx) es mayor o igual al valor de preselección (PV), se activa el bit de contaje (Cxxx). El contador se inicializa al activarse la entrada de desactivación (R) y para de contar cuando alcanza PV.

La operación Contar adelante/atrás empieza a contar adelante cuando se produce un flanco positivo en la entrada de contaje adelante (CU). Por el contrario, empieza a contar atrás cuando se produce un flanco positivo en la entrada de contaje atrás (CD). Si el valor actual (Cxxx) es mayor o igual al valor de

preselección (PV), se activa el bit de conteo (Cxxx). El contador se inicializa al activarse la entrada de desactivación (R).

La operación Contar atrás empieza a contar atrás desde el valor de preselección cuando se produce un flanco positivo en la entrada de conteo atrás (CD). Si el valor actual es igual a cero, se activa el bit de conteo (Cxxx). El contador desactiva el bit de conteo (Cxxx) y carga el valor actual con el valor de preselección (PV) cuando se activa la entrada de carga (LD). El contador atrás se detiene al alcanzar el valor cero.

Márgenes de conteo: Cxxx=C0 hasta C255. [69]

#### 6.4.5 Comunicación de STEP 7-Micro/WIN

- PC/PPI cable USB y establecimiento de la comunicación con el S7-200

Para establecer la comunicación por medio de cable multimaestro PPI se realiza en primera instancia el ajuste necesario a través del icono ajustar interface PG/PC que se encuentra en la barra de navegación de la interfaz grafica del STEP7-Micro/WIN. Inmediatamente aparece una ventana que muestra las parametrizaciones disponibles de conexión. En el caso actual se escoge el parámetro PC/PPI cable USB y se da aceptar. Lo anterior lo podemos observar en la siguiente figura 138.

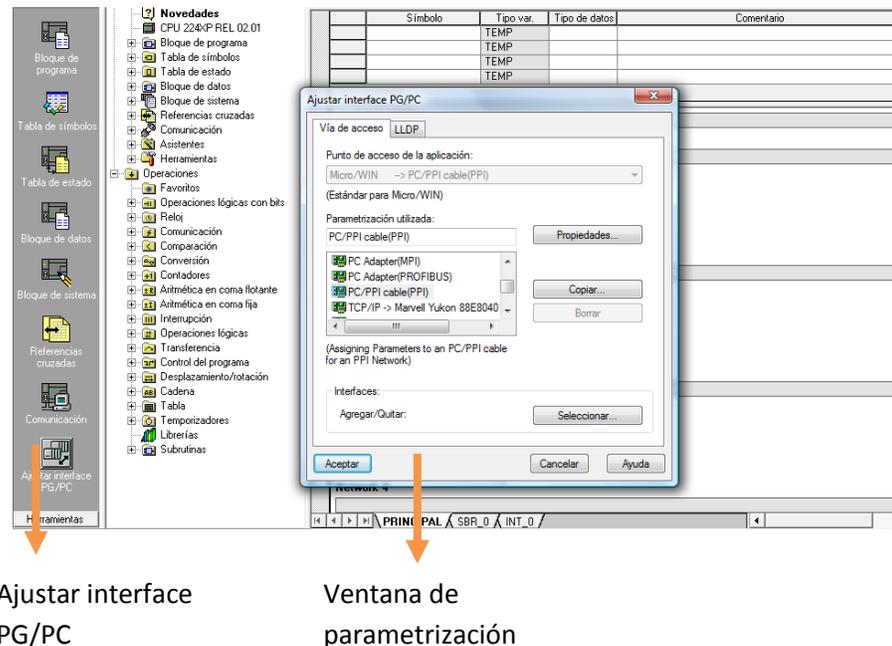


Figura 138. Ventana de parametrización de conexión. Fuente autor

Con la parametrización deseada establecida se realiza la comunicación que da paso a la configuración de los parámetros de conexión entre el STEP7 – Micro/WIN y el S7-200 (ver figura 139).

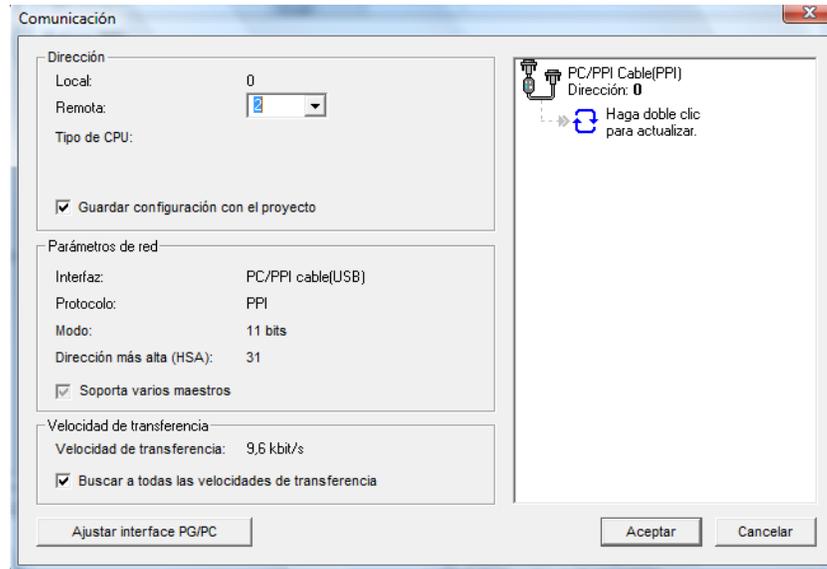


Figura 139. Comunicación PC/PPI cable USB. Fuente autor

Para lograr una óptima configuración se realiza los siguientes pasos:

1. Asegurar que la dirección del cable PC/PPI esté ajustada a 0 en el cuadro de diálogo “Comunicación”.
2. Vigilar que la interfaz del parámetro de red esté configurada para el cable PC/PPI (COM1).
3. Cerciorar que la velocidad de transferencia esté ajustada a 9,6 kbit/s.

Para establecer la comunicación con el S7-200 se utiliza el cuadro de diálogo “Comunicación” y se sigue los pasos a continuación:

4. En el cuadro de diálogo “Comunicación”, dar doble click en el icono “Actualizar”. STEP 7-Micro/WIN buscará el S7-200 y visualizará un icono “CPU” correspondiente a la CPU S7-200 conectada.
5. Seleccionar el S7-200 y hacer clic en “Aceptar”. [68]

- Comunicación Ethernet TPC/IP

Para realizar la comunicación por medio de Ethernet se hace doble click en el icono ajustar interface PG/PC y se sigue el procedimiento realizado en la conexión para cable multimaestro explicado en el ítem anterior. A diferencia de la comunicación PC/PPI cable USB en la ventana de parametrización se escoge el parámetro TCP/IP como se observa a continuación en la figura 140.

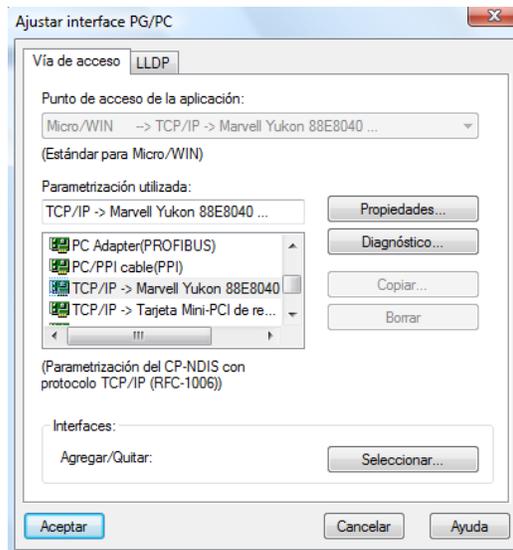


Figura 140. Ventana de parametrización de conexión TCP/IP. Fuente autor

Con la parametrización deseada establecida, se da paso a la configuración de los parámetros de conexión entre el STEP7 – Micro/WIN y el S7-200 como se observa en la figura 141.

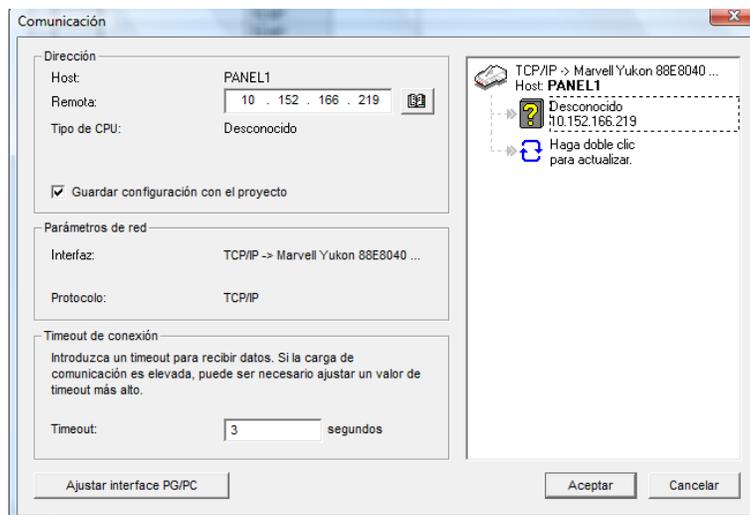


Figura 141. Comunicación Ethernet TCP/IP. Fuente autor

Para realizar la adecuada configuración se tiene en cuenta que anexo a la CPU 224XP del S7 -200 se debe tener el modulo Ethernet 243-1. Realizando la configuración de acuerdo a los siguientes pasos.

1. Establecer la IP remota del modulo Ethernet.
2. Establecer el timeout de comunicación entre el STEP7- Micro/WIN y el modulo Ethernet del S7 – 200.
3. Dar doble clic a la ventana de actualización, para realizar el respectivo reconocimiento del modulo de comunicación Ethernet.
4. Para finalizar hacer clic en aceptar dentro de la ventana de comunicación.

- Cargar los elementos del proyecto en la CPU y en la PG/el PC

Para cargar el código realizado dentro del STEP7 – Micro/WIN a la CPU del S7-200 se realiza de forma continua los siguientes pasos:

1. Dentro de la carpeta archivos damos clic al comando cargar en la CPU como se muestra a continuación en la figura 142.

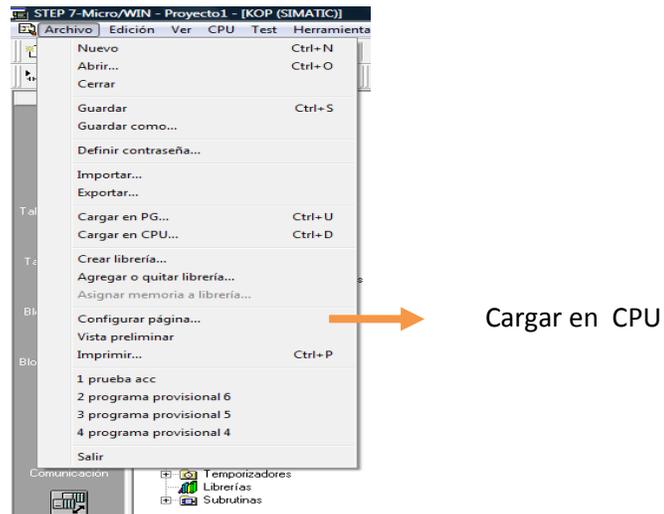


Figura 142. Carpeta de inicio de la carga de código en la CPU. Fuente autor

2. En la ventana de carga en CPU que se observa a continuación en la figura 143, se escoge cada uno de los elementos del proyecto realizado que se desea cargar en la CPU.

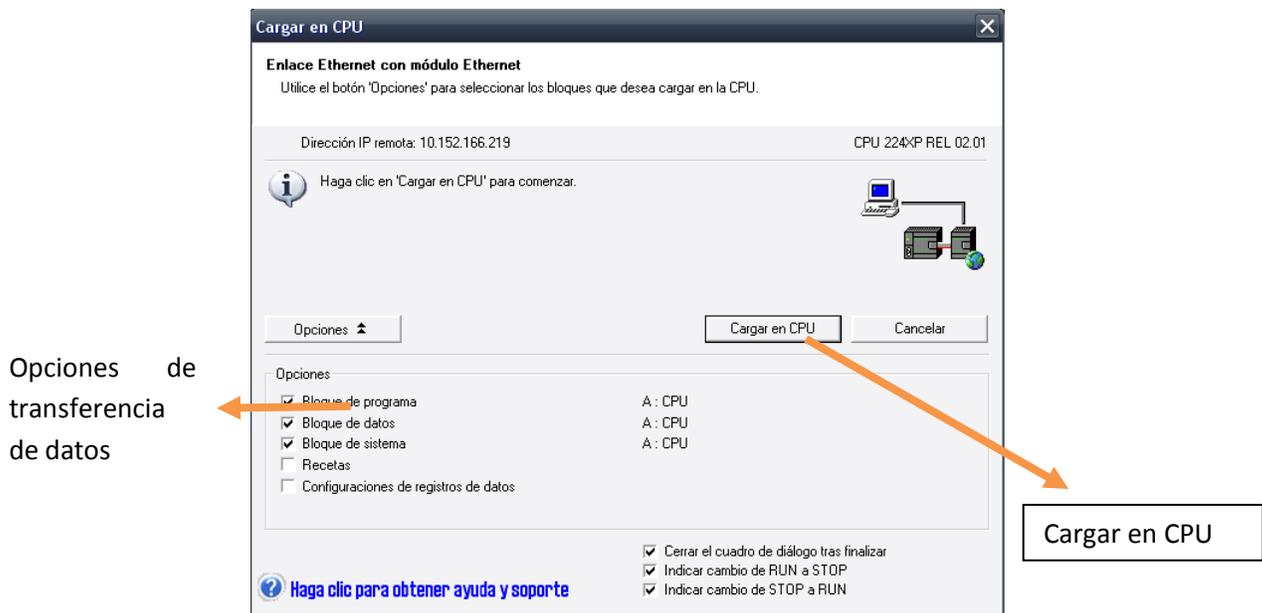


Figura 143. Ventana de carga en CPU. Fuente autor

3. Por último se da clic en cargar en CPU (Ver figura143), de esta manera realiza la transferencia de los datos a través de la comunicación deseada con antelación.

## 6.5 SIMATIC WINCC FLEXIBLE

WinCC flexible es un software HMI para Windows, el cual proporciona todas las funcionalidades necesarias que posee una SCADA para la supervisión y adquisición de datos en los procesos industriales. WinCC es un producto desarrollado por la multinacional de comunicaciones Siemens, el cual es pionero en el campo de la automatización a nivel mundial.

- Inicio WinCC flexible

Para dar inicio a WinCC flexible seguimos los siguientes pasos como se explica a continuación y se observan en la figura 144.



Figura 144. Inicio WinCC flexible. Fuente autor

1. Ir a inicio y dar click.
2. Dar click sobre el programa SIMATIC WinCC flexible.

WinCC flexible facilita la configuración de proyectos desde el arranque del software. Existen 2 opciones, la primera es la de creación de proyectos con asistencia y una segunda la creación de proyecto vacío. A continuación se explicara la creación de un nuevo proyecto con el asistente de proyectos.

1. En primera instancia se visualiza (Ver figura 145) una ventana donde se solicita la modalidad de creación de proyecto, ya sea con asistencia de proyectos o la creación de un proyecto vacío.

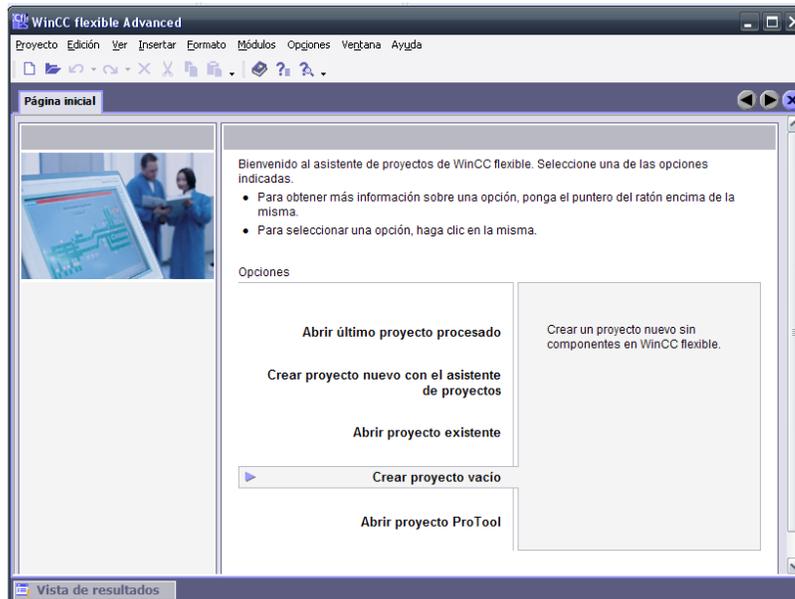


Figura 145. Opciones de creación de proyectos. Fuente autor

2. Al escoger creación de proyectos con asistencia, se configura el escenario de trabajo en el cual se va a trabajar. El cual depende de la cantidad de mecanismos de automatización que se emplean en determinada sistematización. Para el caso de un proceso pequeño se recurre a una máquina pequeña como se representa a continuación en la figura 146. Para seguir al siguiente paso se da clic en siguiente.

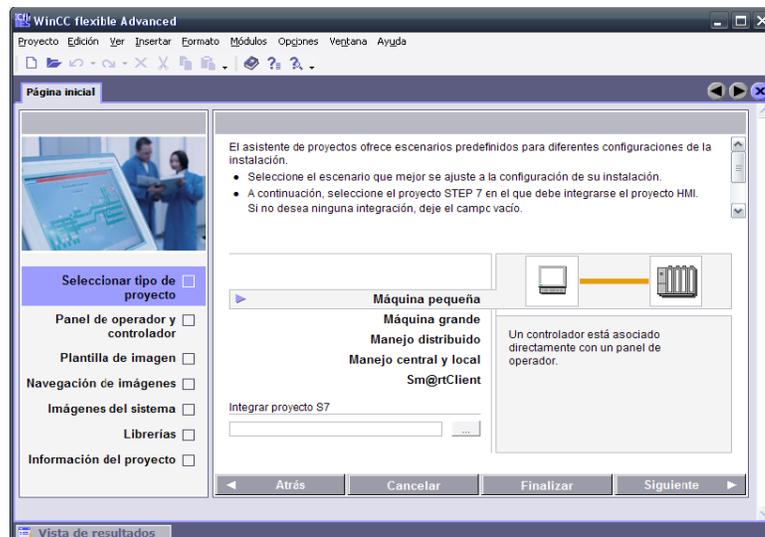


Figura 146. Configuración de escenario. Fuente autor

3. En la figura 147 muestra el segundo donde se determina el tipo de controlador, el tamaño del panel operador y el tipo de comunicación.

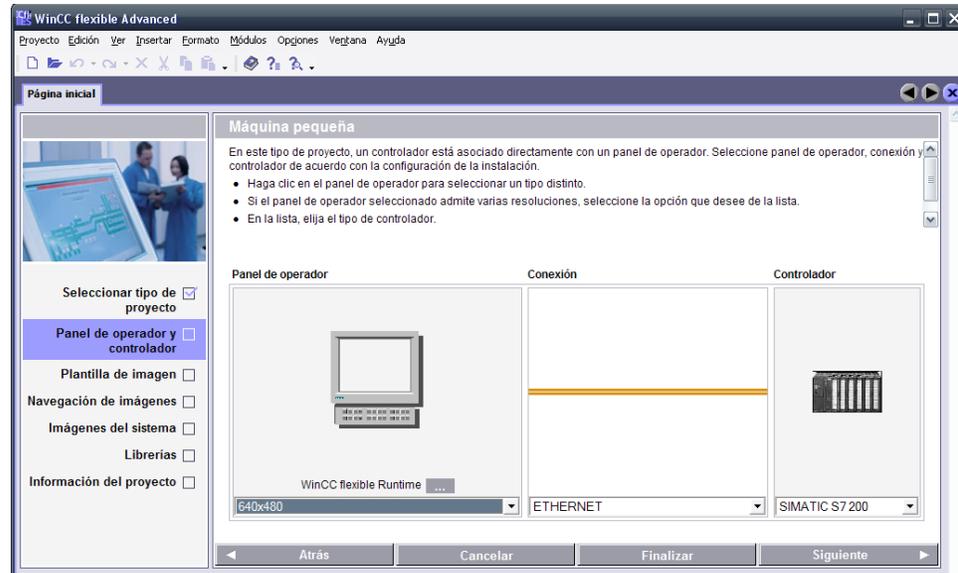


Figura 147. Configuración del panel operador. Fuente autor

4. En la siguiente visualización se realiza la configuración estándar de la plantilla de trabajo (ver figura148).

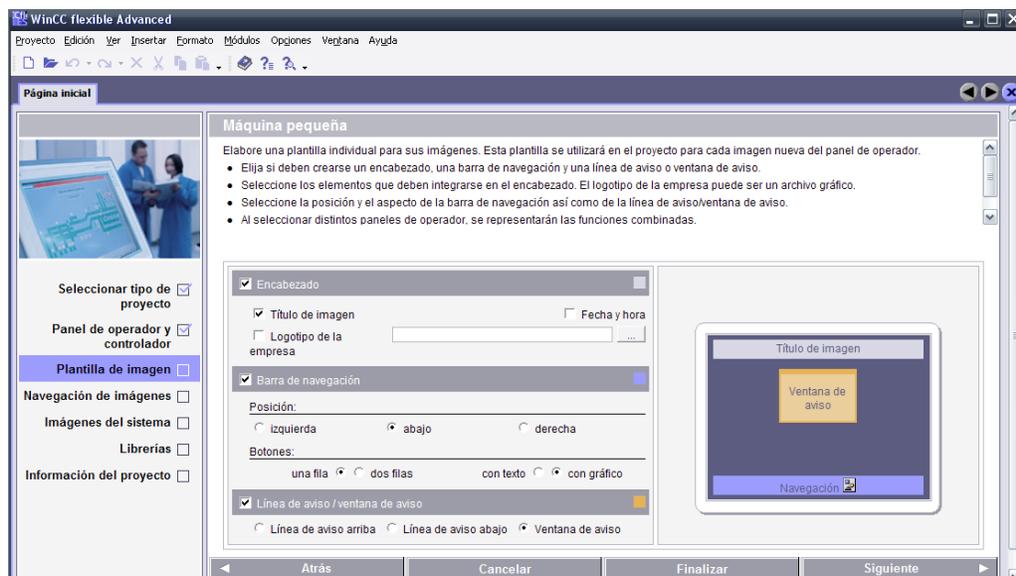


Figura 148. Configuración de la plantilla de trabajo. Fuente autor

5. Seguidamente se escoge la cantidad de imágenes seccionadas y la cantidad de imágenes de cada imagen seccionado como se observa en la figura 149 a continuación.

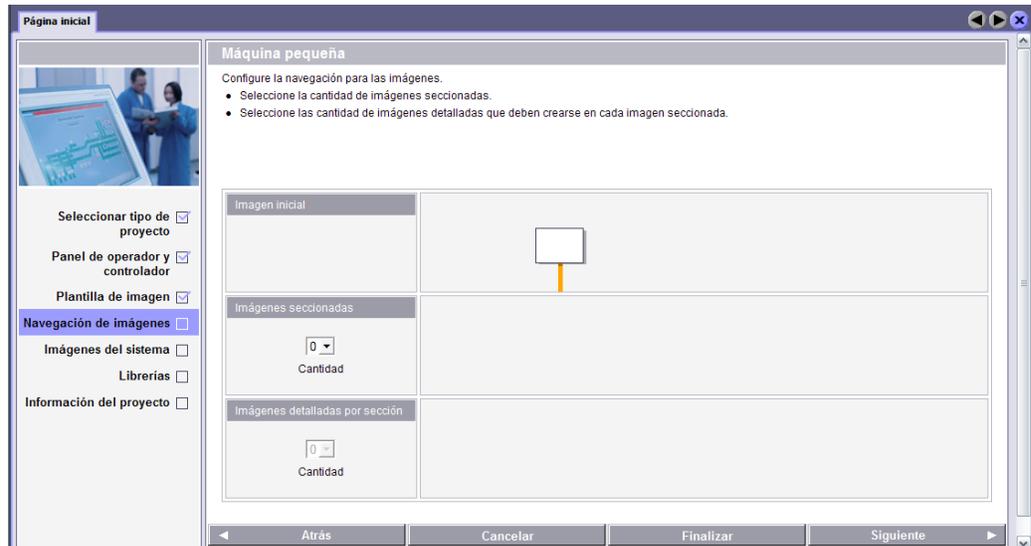


Figura 149. Configuración de navegación de las imágenes. Fuente autor

6. En el sexto paso se escoge las imágenes de sistema que se desarrollan en las imágenes de navegación configuradas en el paso anterior. Observar la figura 150.

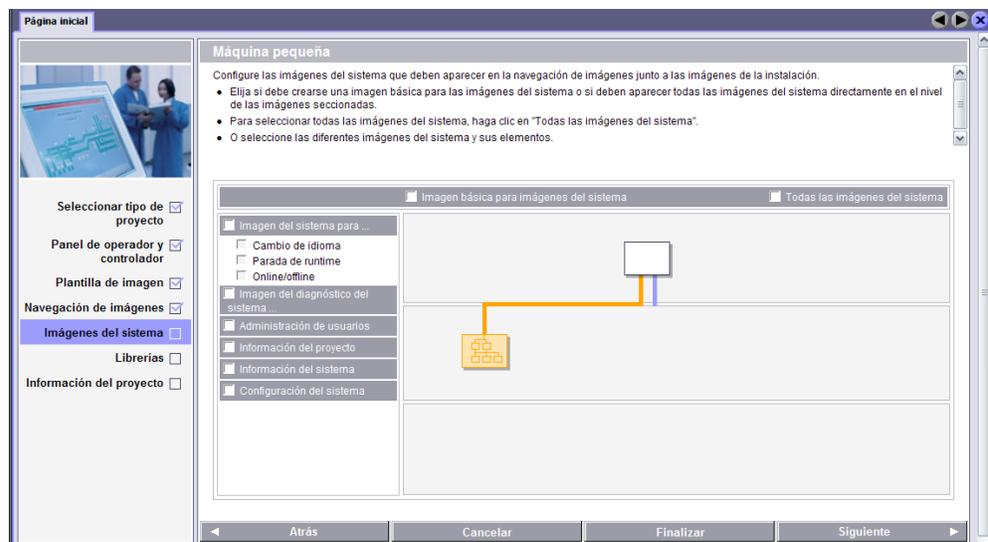


Figura 150. Configuración de las imágenes del sistema. Fuente autor

7. En el séptimo paso se determinan las librerías necesarias de acuerdo a la necesidad de trabajo que se realiza (ver figura 151).

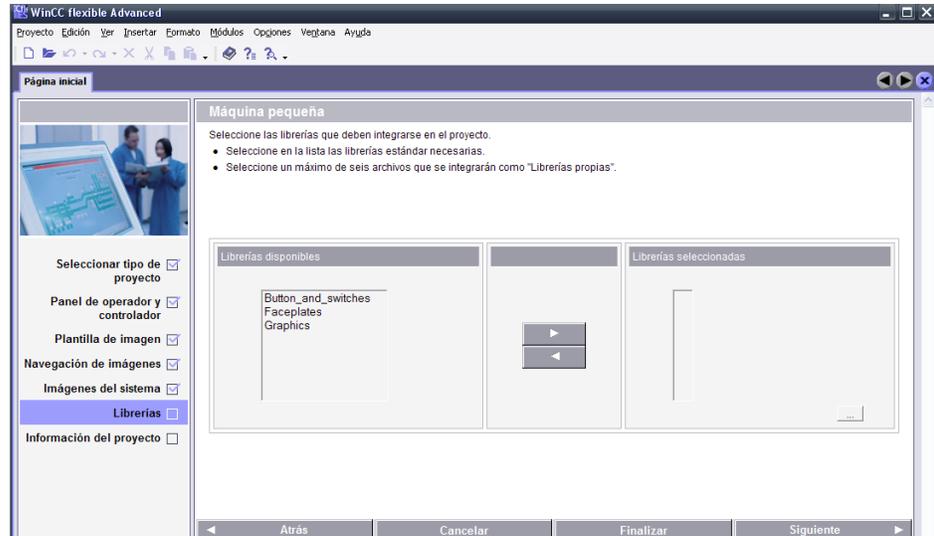


Figura 151. Selección de librerías. Fuente autor

8. Por último se registra la información necesaria del proyecto, principalmente proporcionando un nombre a este, Ver figura 152.

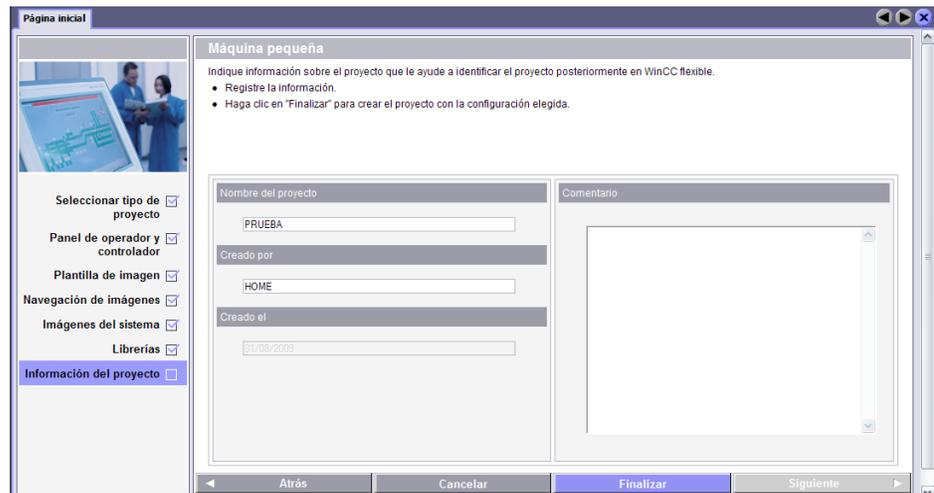


Figura 152. Información de proyecto. Fuente autor

- Entorno grafico del WinCC Flexible

De acuerdo a la figura. Se visualiza el entorno de la interfaz grafica del WinCC flexible el cual se encuentra dividido en 4 áreas o ventanas de trabajo (Ver figura 153).

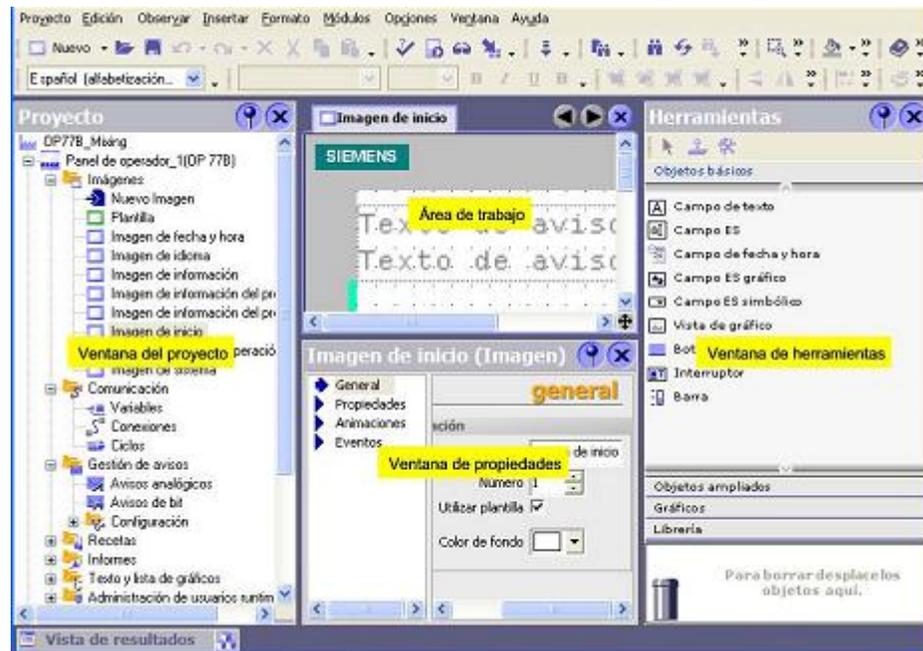


Figura 153. Interfaz grafica del WinCC Flexible [70]

En el área de trabajo se editan los objetos del proyecto. Todos los elementos de WinCC flexible se agrupan entorno al área de trabajo. A excepción del área de trabajo, todos los elementos se pueden disponer y configurar en función de las necesidades del usuario (por ejemplo, desplazar u ocultar).

En la ventana del proyecto se visualizan en una estructura de árbol todos los componentes y editores disponibles de un proyecto, pudiéndose abrir desde allí. Además, a partir de dicha ventana es posible acceder a las propiedades del proyecto, así como a la configuración del panel de operador.

En la ventana de propiedades se editan las propiedades de los objetos, p. ej. el color de los objetos de imagen. La ventana de propiedades sólo está disponible en algunos editores.

La ventana de herramientas contiene una selección de objetos que se pueden insertar en las imágenes, tales como los objetos gráficos o los elementos de manejo. Asimismo, la ventana de herramientas dispone de librerías con objetos ya preparados, así como de colecciones de bloques de imagen. [70]

- Imágenes

La creación de imágenes es necesaria para la visualización y control de las variables que se quieren manipular dentro del sistema desarrollado.

Para la creación de imágenes se dirige hacia la ventana del proyecto y dentro de imágenes se da doble clic en agregar imagen. Ver la figura 154.

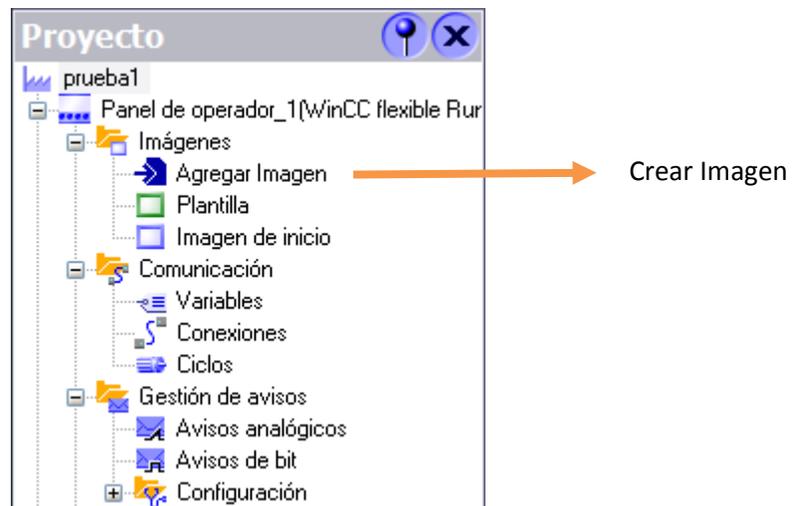


Figura 154. Creación de Imágenes. Fuente autor

La configuración de cada imagen se modifica dando click derecho del mouse en cada imagen creada dentro de la ventana del proyecto, como se puede observar en la figura 155.

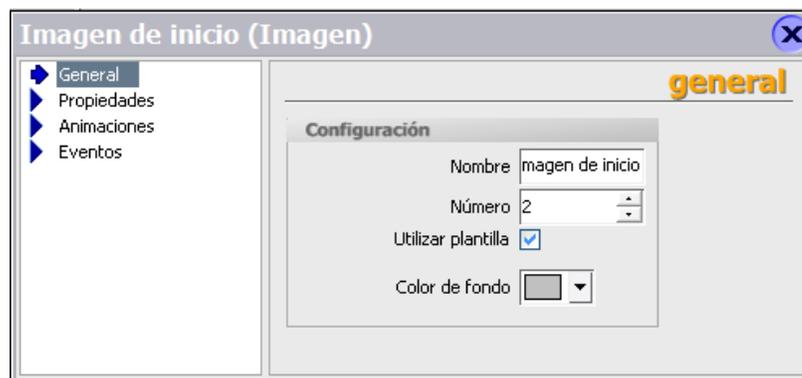


Figura 155. Configuración de imagen. Fuente autor

- Variables

Las variables del sistema son las variables desarrolladas dentro del código del proceso realizado en STEP7- Micro/WIN, las cuales se quieren visualizar o controlar desde la interfaz grafica HMI.

Dentro de la ventana de proyectos se encuentra la carpeta comunicaciones, en la cual se encuentra ubicada las variables. Para agregar una variable se da clic derecho del mouse y se da clic sobre agregar variables (ver figura 156).

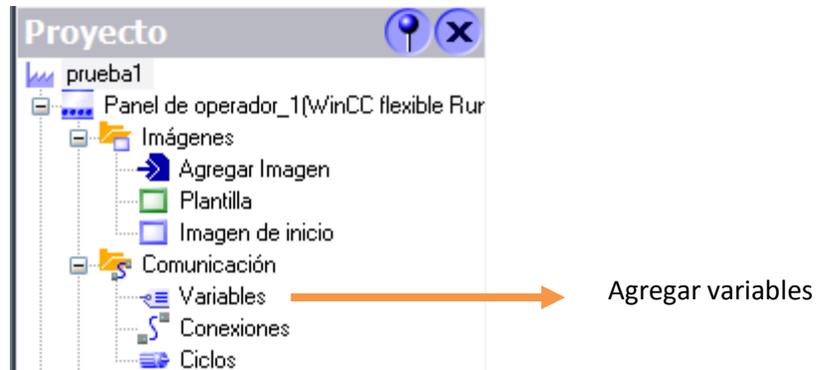


Figura 156. Agregar variable. Fuente autor

Esta operación lleva a visualizar una nueva ventana de configuración dentro de la área de trabajo (ver figura 157). Dentro de esta ventana se configura el nombre de la variable, la conexión por la cual se va a transferir, el tipo de dato y la dirección de memoria en la cual está guardada la variable dentro del programador.



Figura 157. Configuración de variable. Fuente autor

### 6.5.1 Objetos de visualización

Los objetos de visualización son las gráficas de entrada o salida “E/S”, las cuales se configuran para ser la interacción de las variables desde el panel operador al controlador. Cada objeto se toma de la ventana de herramientas (ver figura 158),

teniendo la posibilidad de insertar figuras de los objetos en su forma real. De igual forma se puede establecer botones de control, ya sea para hacer cambios de imágenes o hacer algún control directo de determinada variable a visualizar o controlar dentro del proceso.

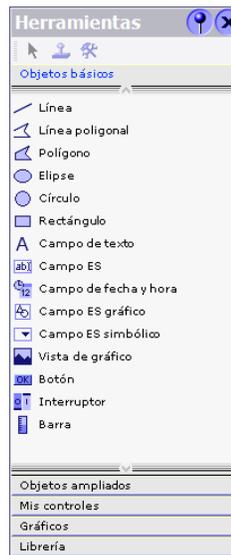


Figura 158. Selección de grafica “E/S”. Fuente autor

Para la configuración de cada objeto se da doble click sobre el objeto plasmado y de esta forma acceder a una ventana de configuración dentro del area de propiedades en la parte inferior del programa. Observar en la figura 159 la ventana de configuración.

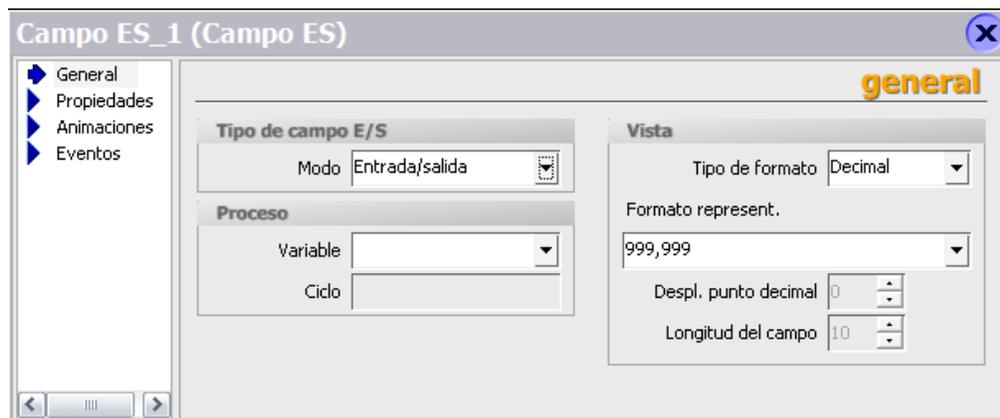


Figura 159. Configuración de grafica “E/S”. Fuente autor

Como primera configuración se determina el tipo de campo, ya sea modo entrada, salida, o los dos en conjunto.

A continuación se configura la variable que se quiere ejecutar dentro de este objeto.

- Campos de texto

Los campos de texto al igual que los objetos se escogen desde la ventana ventana de herramientas.

Para su configuración se hace doble clic sobre este, apareciendo una ventana en el área de propiedades. Las modificaciones se hacen de acuerdo a gustos personales, como por ejemplo tamaño de la letra y color. Ver figura 160.

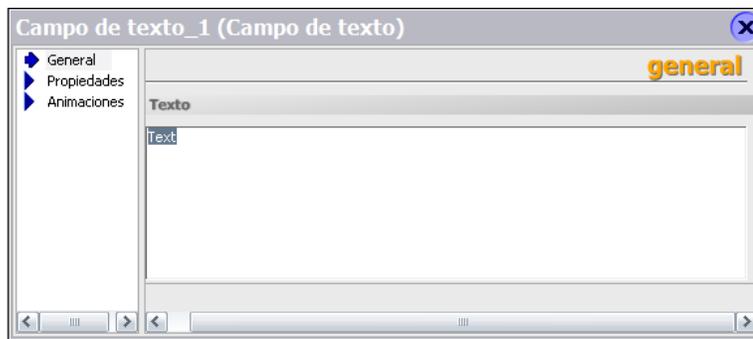


Figura 160. Campos de texto. Fuente autor

## 6.5.2 Conexiones

Dentro de la comunicación de la HMI y el controlador existe la opciones de conexión por medio de OPC o una conexión Ethernet directa con el modulo del S7-200.

Para designar alguna de las dos conexiones, a la ventana de proyectos y dentro de la carpeta comunicaciones damos clic sobre conexiones, la cual proporciona una nueva ventana dentro del área de configuración (ver figura 161).

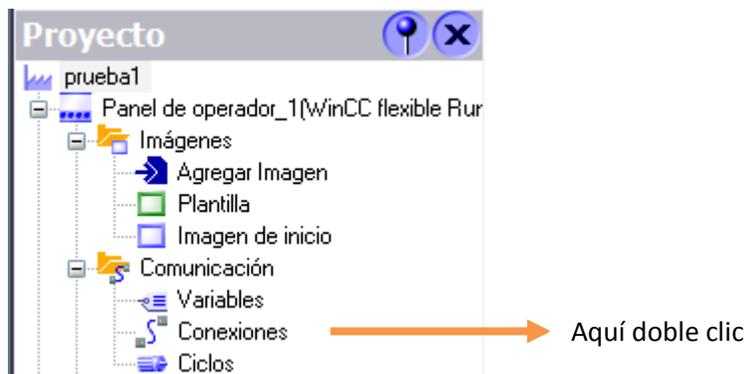


Figura 161. Conexiones WinCC Flexible / S7-200. Fuente autor.

### 6.5.2.1 Conexión OPC

Para la configuración OPC se debe tener en cuenta que se debe usar el servidor OPC S7- 200 que lo proporciona el software S7-200 PC ACCES para la transferencia de datos entre el controlador y la HMI.

Dentro de la ventana de configuración se debe escoger el driver de comunicación OPC.

Dentro de los parámetros se configura el nombre del servidor y el nombre del sistema remoto (IP del programador) como se observa en la figura 162.

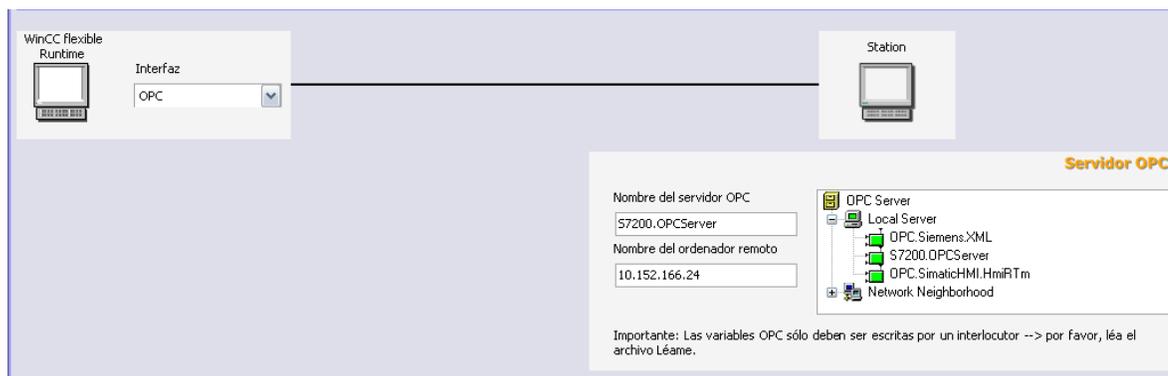


Figura 162. Configuración de conexión OPC. Fuente autor.

### 6.5.2.2 Conexión S7-200 vía Ethernet

La configuración de los parámetros de conexión a través de Ethernet se realiza asignando las IP del controlador y la IP del panel de control realizado. A

continuación se visualiza por medio de la figura 163 la ventana de configuración de la conexión.

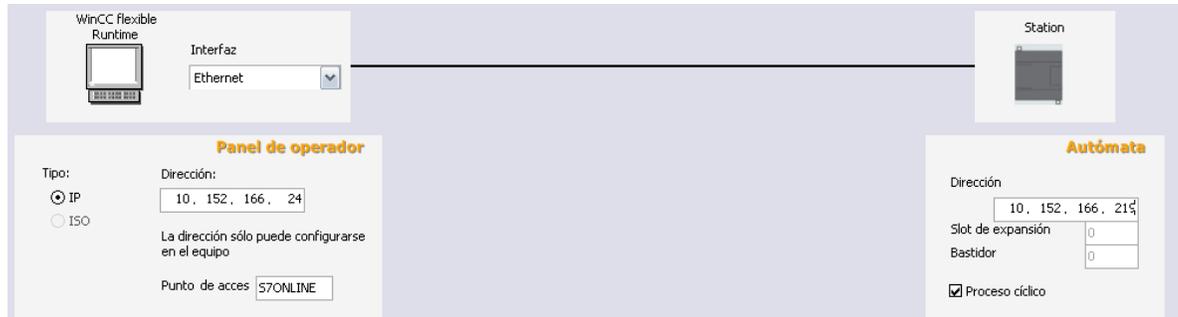


Figura 163. Configuración de conexión vía Ethernet. Fuente autor

- Comprobación del proyecto.

Se realiza la comprobación del proyecto para garantizar la coherencia de los rangos de valores. Para obtener la ventana de comprobación hacer click en el icono “generar” como se observa en la figura164 a continuación.



“Generar”

Figura 164. Generar proyecto. Fuente autor

Dentro de la ventana comprobación se da a conocer todos los errores dentro del proyecto, a los cuales se pueden acceder dando click derecho del mouse como se observa en la figura165.

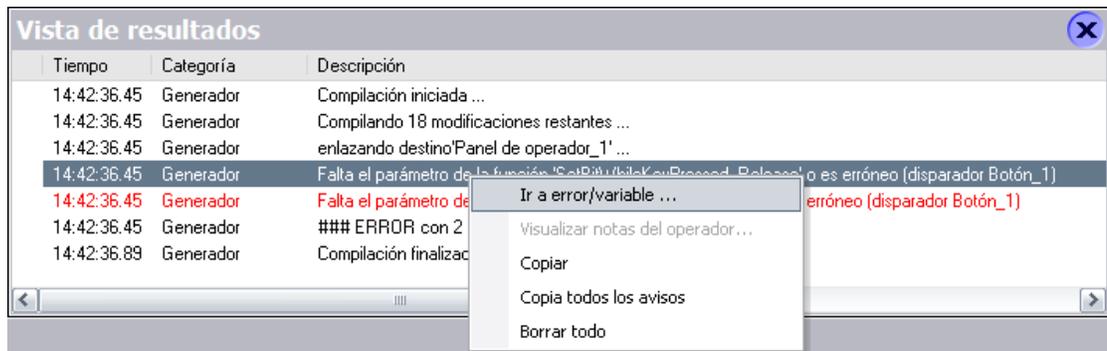


Figura 165. Acceder a errores generados. Fuente autor

- Transferir el proyecto al panel de operador

Para que el proyecto se pueda manejar en el panel de operador, se debe conectar a éste último un autómata S7.

Tras haber comprobado los parámetros de conexión, se transfieren los datos del proyecto al panel de operador:

1. Conectar el panel de operador con el equipo de configuración a través de la conexión establecida.
2. Iniciar el comando de transferencia (figura166) [70]



“Transferencia”

Figura 166. Comando de transferencia. Fuente autor

3. Configuración de la transferencia (figura167)



Figura 167. Configuración de la transferencia. Fuente autor

En el panel de operador podrá efectuar cambios de imagen e introducir nuevos datos de recetas.

## 6.6 S7-200 Pc Acces

- Componentes de la ventana

Como se puede visualizar en la figura 168 la interfaz grafica del S7-200 PC ACCESS está dividida en 3 ventanas principales las cuales serán explicadas a continuación.

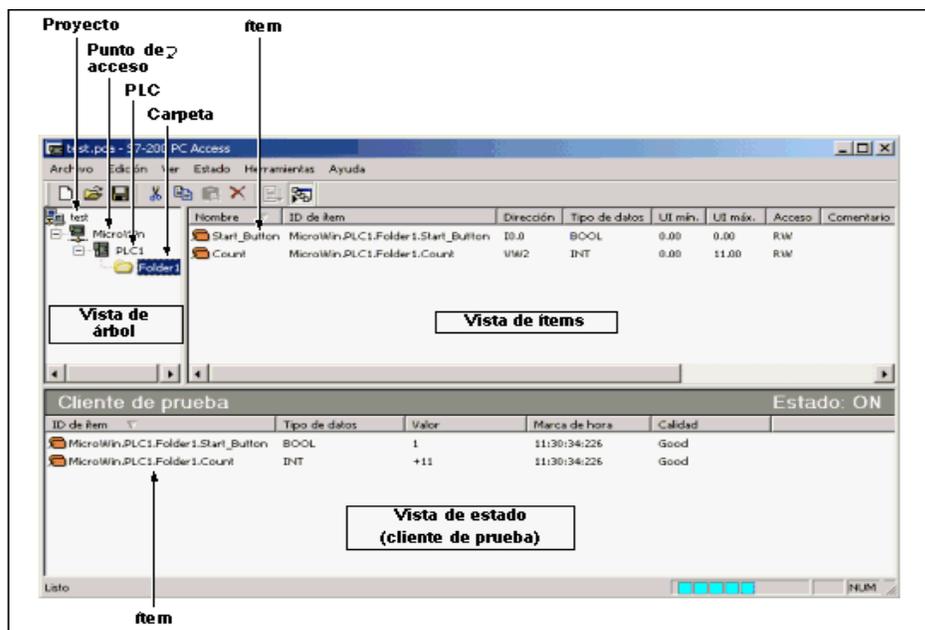


Figura 168. Ventana de componentes PC ACCES [71]

- Vista de árbol

La vista de árbol (ver figura169), ubicada en el lado izquierdo superior de la ventana, incorpora un árbol jerárquico de los PLCs y las carpetas disponibles en el proyecto actual. Esta vista contiene todos los ítems (puntos de datos) a los que puede acceder un cliente OPC en una red S7-200.

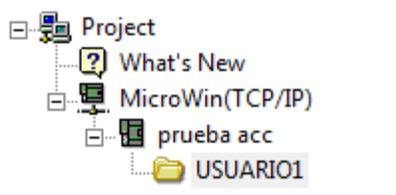


Figura 169. Vista de árbol. Fuente Autor

MicroWin (TCP/IP): Este nivel contiene el icono del punto de acceso de la comunicación. El punto de acceso representa el tipo de enlace o red que permite a S7-200 PC Access comunicarse con los PLCs S7-200.

Prueba acc: Este nivel comprende los PLCs conectados a la red con un protocolo dado.

USUARIO1: Este nivel comprende las carpetas (y, dado el caso, las subcarpetas) para organizar los ítems de forma lógica. [71]

- Vista de ítems

La vista de ítems (Ver grafica170), ubicada en el lado derecho superior de la ventana, es el área en la que se introducen y se listan los ítems. Las carpetas y los ítems pertenecientes a la selección actual de la vista de árbol se representan de forma jerárquica en esta ventana. Las carpetas pueden seleccionarse en la vista de ítems. En este caso, la selección actual en la vista de árbol se modificará, mostrando entonces la posición jerárquica actual. [71]

Nombre	Dirección	Tipo de datos	Acceso	Comentario
AUXILIAR_UNO	M0.0	BOOL	RW	
MOTOR_UNO	Q0.0	BOOL	RW	
PULSADOR_UNO	I0.0	BOOL	RW	

Figura 170. Vista de Ítems. Fuente Autor

Nombre: El nombre simbólico puede comprender hasta 23 caracteres, incluyendo caracteres alfanuméricos, caracteres de subrayado y caracteres extendidos (ASCII 128 a ASCII 255). El primer carácter debe ser alfanumérico o extendido. Las palabras clave no pueden utilizarse en calidad de nombres. (Nota: Los nombres de los ítems deben ser unívocos dentro de una misma carpeta. No puede haber nombres repetidos). [71]

Dirección: Tipo y dirección de memoria en el PLC. No se comprueba el rango de direcciones válidas del PLC.

Tipo de datos: Tipo de datos canónico representado en el PLC.

- Acceso: Los tipos de acceso válidos son:
  - Sólo lectura: sólo permite leer el ítem sin efectuar cambios.
  - Sólo escritura: permite modificar el ítem, mas no leer el archivo.
  - Lectura/escritura: facilita el acceso total, permitiendo leer y modificar el ítem.[71]
- Comentario: Comentario sobre el ítem introducido por el usuario.
- Vista de estado (cliente de prueba)

La vista de estado o cliente de prueba (ver figura 171), ubicada en el lado inferior de la ventana, es básicamente un cliente OPC. El cliente interacciona con el servidor OPC de S7-200 PC Access, permitiendo comprobar online los ítems configurados. Esta vista es independiente de las vistas de árbol y de ítems. Al desplazarse un ítem en la vista de estado (cliente de prueba), éste se depositará en un grupo OPC individual, solicitándose que sea recogido una vez habilitado el estado. El estado se puede habilitar o inhibir eligiendo el comando de menú "Estado", o bien haciendo clic en el botón "Estado" de la barra de herramientas. Los ítems contenidos en la vista de estado (cliente de prueba) aparecen listados en el orden en el que se han depositado allí. Los ítems se crean automáticamente arrastrando carpetas de ítems o ítems individuales desde la vista de ítems hasta la vista de estado (cliente de prueba). Un ID de ítem del cliente comprende la jerarquía o ruta formada por el protocolo del servidor, el PLC, la carpeta y el nombre del ítem. [71]

Cliente de prueba			
ID de ítem	Valor	Marca de hora	Calidad
MicroWin.prueba acc.USUARIO1.AUXILIAR_UNO	-	00:00:00:000	Bad
MicroWin.prueba acc.USUARIO1.MOTOR_UNO	-	00:00:00:000	Bad
MicroWin.prueba acc.USUARIO1.PULSADOR_UNO	-	00:00:00:000	Bad

Figura 171. Cliente prueba. Fuente Autor

La vista de estado o cliente de prueba, es una herramienta que permite comprobar los ítems del servidor de forma rápida y sencilla. Los ítems del cliente de prueba se configuran automáticamente arrastrándolos desde la vista de ítems (área derecha superior de la ventana). La vista de estado (cliente de prueba) comprende diversas columnas que indican la configuración de los ítems a recoger, así como los valores resultantes y el estado tras recogerlos. Todas las columnas de la vista de estado se identifican con su encabezado correspondiente (véase la figura que aparece arriba). Cada una de las columnas se puede organizar en orden ascendente o descendente, seleccionando para ello el encabezado. Al estar activada la ordenación, se visualizará un indicador en el encabezado de la columna en cuestión. Éste indica el tipo de ordenación seleccionado (como aparece arriba en la columna "ID de ítem"). Las columnas se describen a continuación:

- ID de ítem: Nombre simbólico y unívoco de un ítem, compuesto por la ruta jerárquica completa (punto de acceso del servidor, PLC, carpeta(s) y nombre del ítem).
  - Valor: Valor del punto de datos (puede ser hexadecimal).
  - Marca de hora: Hora de la última actualización correcta.
  - Calidad: Calidad del punto de datos recuperado (puede ser buena, deficiente o incierta).[71]
- Importación de un archivo de proyecto de STEP 7-Micro/WIN

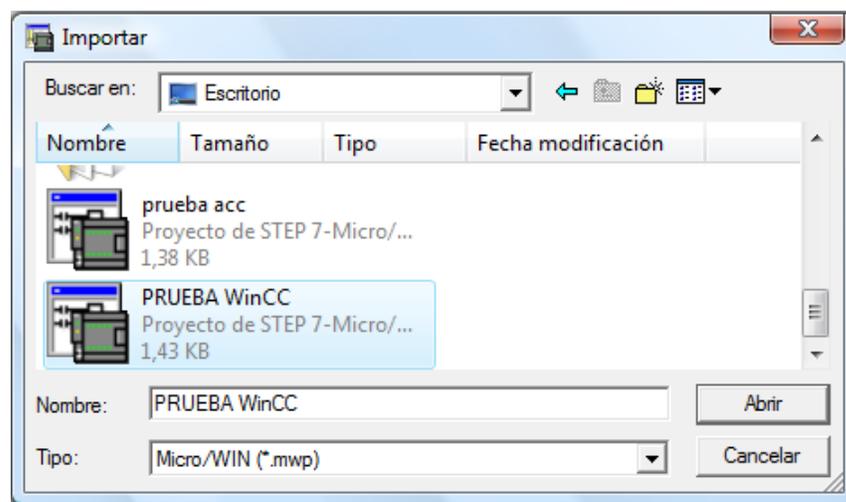


Figura 172. Importación de proyecto de STEP 7-Micro/WIN. Fuente Autor

Una vez seleccionado y confirmado un proyecto de STEP 7-Micro/WIN (ver figura 172), los símbolos de usuario contenidos en el mismo se importarán a una nueva carpeta en la vista de Ítems de S7-200 PC Access. En S7-200 PC Access se crearán un objeto PLC con el nombre del proyecto de STEP 7-Micro/WIN, así como carpetas correspondientes a cada una de las fichas de la tabla de símbolos del proyecto de STEP 7-Micro/WIN.[71]

## 6.7 CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DE LA MÁQUINA EMPACADORA A ESCALA

- Network 1

Las resistencias de sellado antes de iniciarse la ejecución del programa deben tener la temperatura adecuada para el sellado del empaque. Por tal razón en el código de programación la rutina se colocó antes de la inicialización de la rutina. La bobina auxiliar M16.0 va a estar energizada, permitiendo el flujo de corriente hacia las resistencias ya que los contactores I0.6 y M0.5 se encuentran normalmente cerrados. Al abrirse estos contactores la bobina auxiliar M16.0 se desenergiza impidiendo el paso de corriente. Los contactores normalmente abiertos M14.0 y M15.0 al ser energizados se cierran y energizan nuevamente M16.0, permitiendo que el paso de la corriente a la resistencia. Se puede observar en la figura 173.

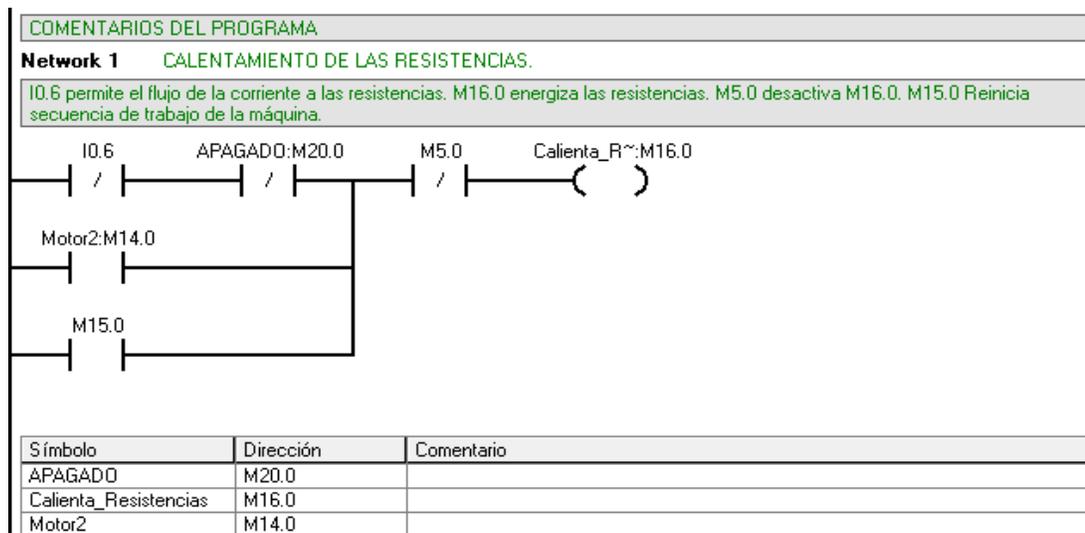


Figura 173. Calentamiento de las resistencias. Fuente autor

- Network 2

Al pulsar 1PB que se encuentra conectado en la entrada I0.0 del controlador se da inicio a la secuencia del código. Se energizan las bobinas auxiliares M1.0, M2.0,

M3.0 y M4.0, las funciones que desempeñan estas bobinas se observan en la figura 174. La activación de estas bobinas es inmediata al cambio de estado del pulsador 1PB, debido a que el pulsador 2PB acoplado en la entrada I0.1 y al contactor auxiliar M5.0 se encuentran normalmente cerrados. Las bobinas anteriormente nombradas cuentan con un estado de memoria que es el contactor M1.0 que se cierra y permite que estas se mantengan activadas hasta que uno de los contactores normalmente cerrados se abra.

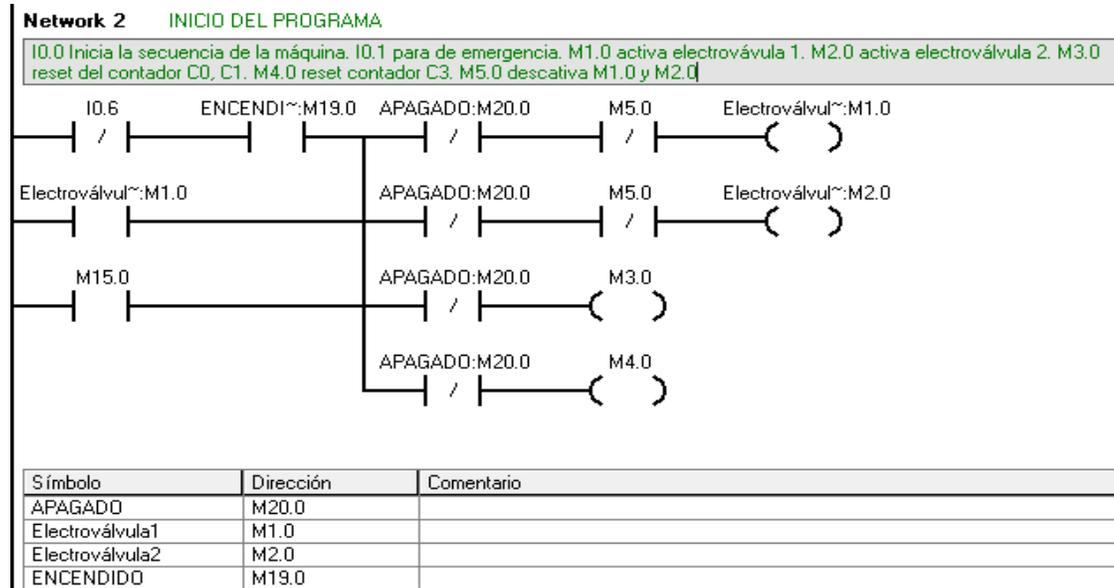


Figura 174. Inicio del programa. Fuente autor

- Network 3 y 4

Las bobinas auxiliares M1.0 y M2.0 nombradas en el párrafo anterior permiten que la máquina selle vertical y horizontalmente. El contactor M1.0 energiza el temporizador T36, al llegar T36 al pre escale establecido por el operador cierra el contactor normalmente abierto T36 en Network 4, se energiza M5.0, permitiendo el paso a la secuencia de la cantidad de producto a empacar. M5.0 se desenergiza por la parada de emergencia I0.1 o cuando se active el contactor M12.0 (ver figura 175).

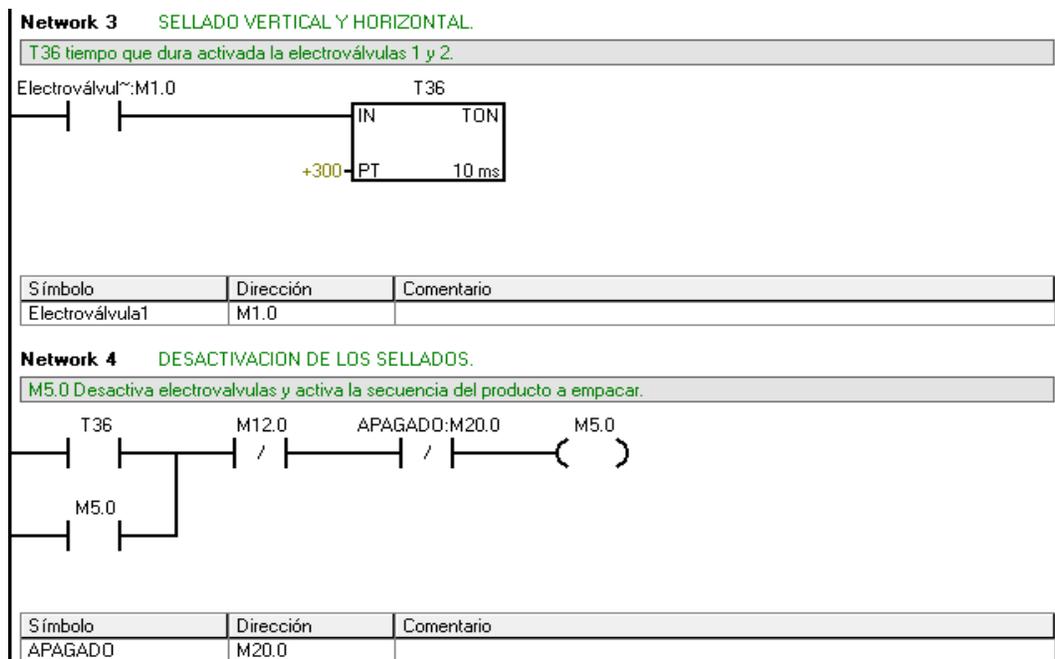


Figura 175. Sellado vertical y horizontal. Fuente autor

- Network 5, 6 y 7

En el hardware del prototipo se instaló un final de carrera en la mitad del silo que contiene las galletas, el cual se encuentra conectado en la entrada I0.2 del PLC. Al estar activado y M5.0 cerrado permite que la bobina M6.0 se energice y el proceso continúe en Network 8. Si la entrada I0.2 se encuentra desactivada no se energiza M6.0 y se activa el temporizador T37, el cual al cumplir el pre escale establecido, energiza la bobina M7.0. Las funciones que cumplen los contactores y bobinas descritas se observan en la figura 176.

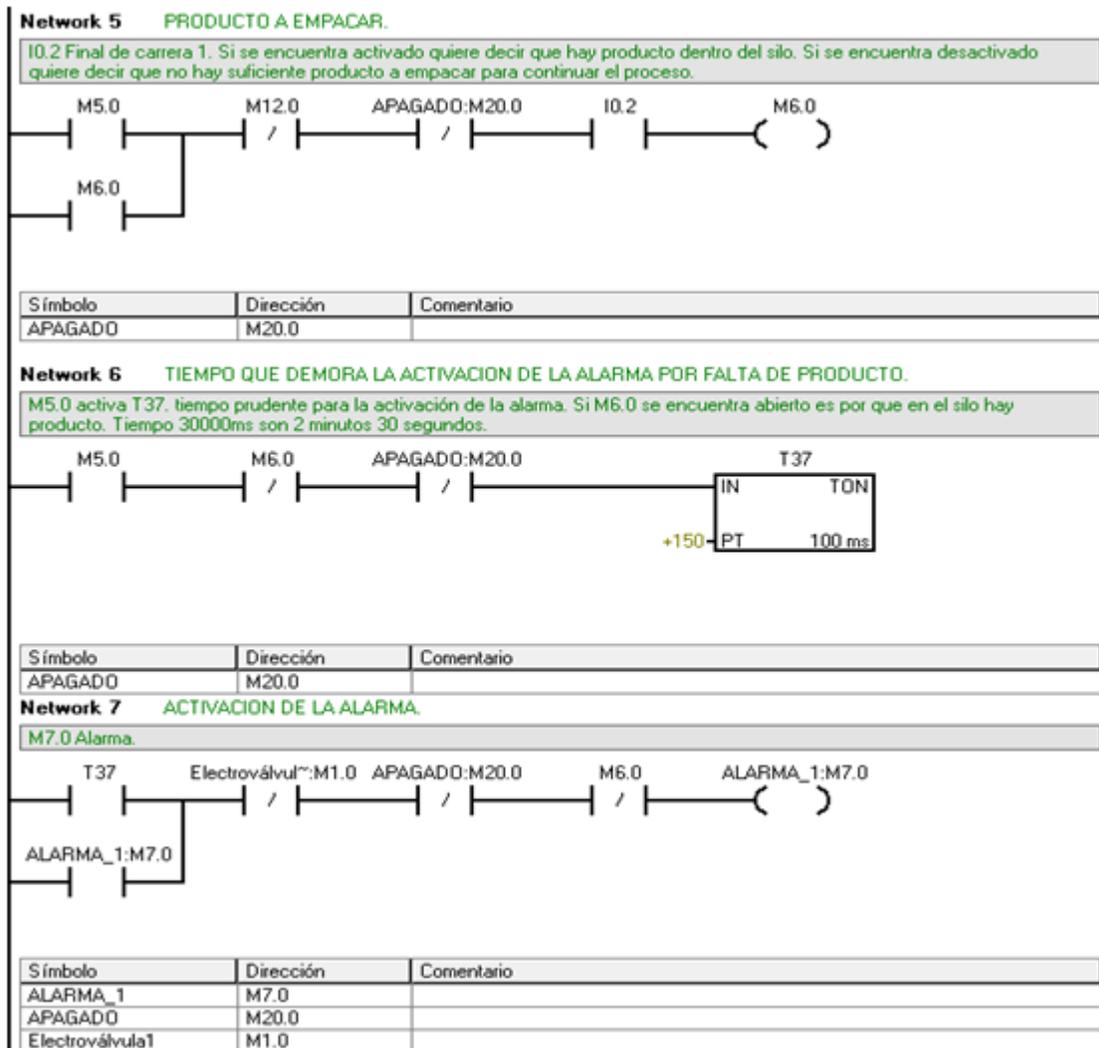


Figura 176. Cantidad de producto que hay en el silo. Fuente autor

- Network 8, 9, 10 y 11

Para que esta etapa se cumpla M6.0 y I0.2 deben estar activados, si es así la bobina M8.0 se energiza y los contactos normalmente abiertos M8.0 se cierran. Para que el producto se desplace para ser empacado, el final de carrera conectado a la entrada I0.4 debe encontrarse cerrado, lo cual hace que la carrera del cilindro salga hasta encontrar un sensor de posición acoplado cerca al silo y conectado a la entrada I0.3, al activarlo la carrera regresa a su posición inicial. Al retornar la carrera del cilindro se activa nuevamente el final de carrera posicionado al comienzo de esta. El proceso se repite hasta que el número de producto a empacar se cumpla. Para la realización de esta secuencia se implemento en el código un oscilador astable, el cual se puede observa en la figura 177.

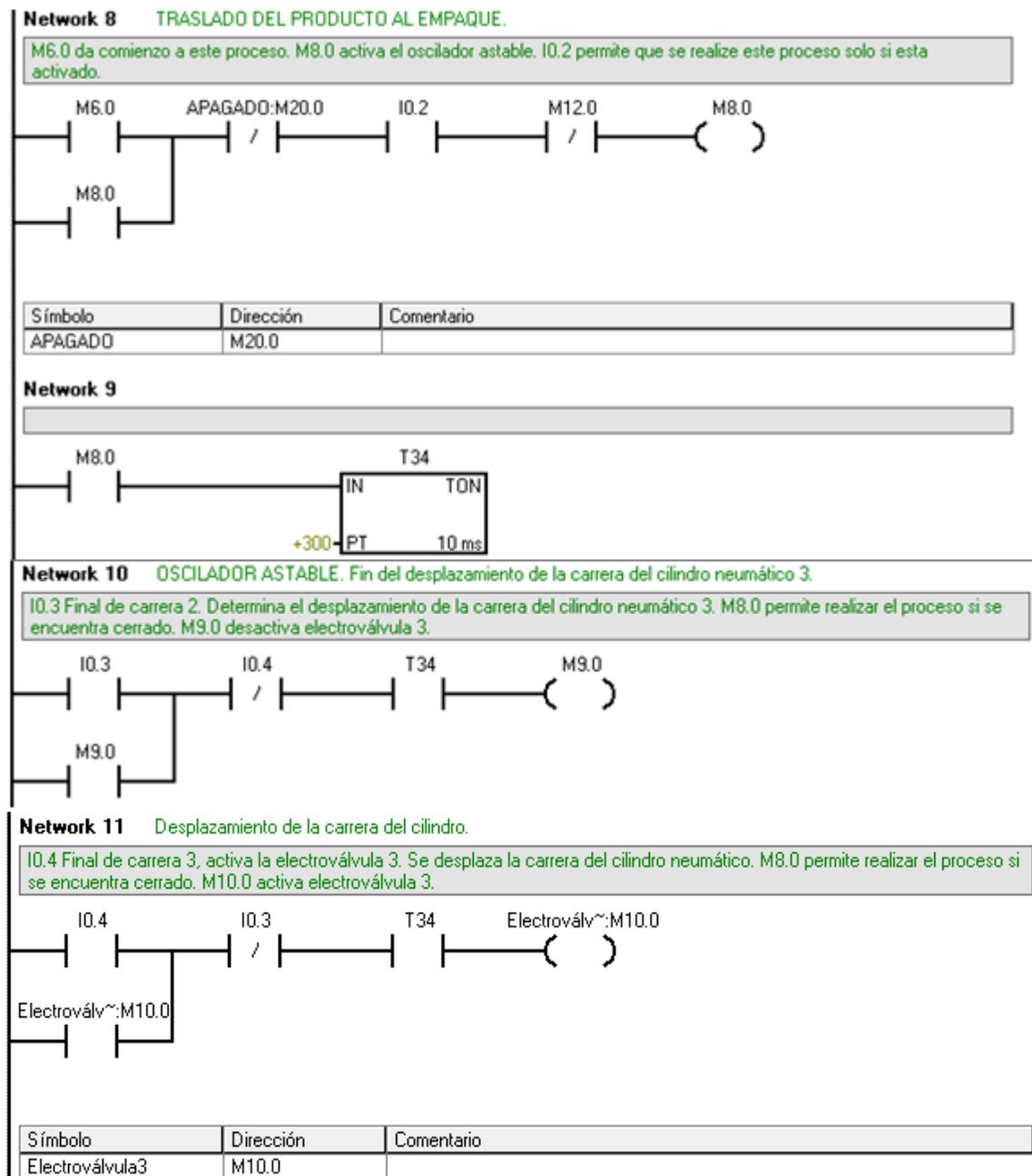


Figura 177. Oscilador astable. Fuente autor

- Network 12  
El PLC entra a leer la subrutina SBR\_0 (ver figura 178)

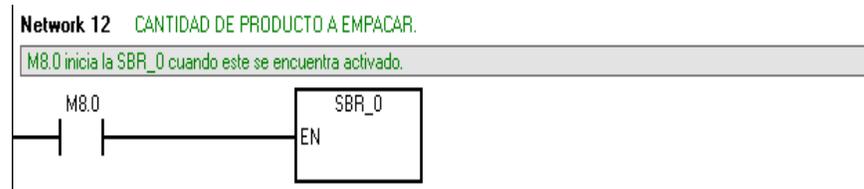


Figura 178. Subrutina. Fuente autor

- Network Subrutina

El proceso de desplazamiento del producto se haya muy unido al proceso de la cantidad del producto a empacar, debido a que cada vez que se active el contactor M9.0, los contadores C0, C1 y C2 comienzan a incrementar su valor en uno. Cada contador tiene su pre escale establecido, al cumplirlo por medio de los contactores C0, C1, C2 ellos mismos se restablecen (ver figura 179).

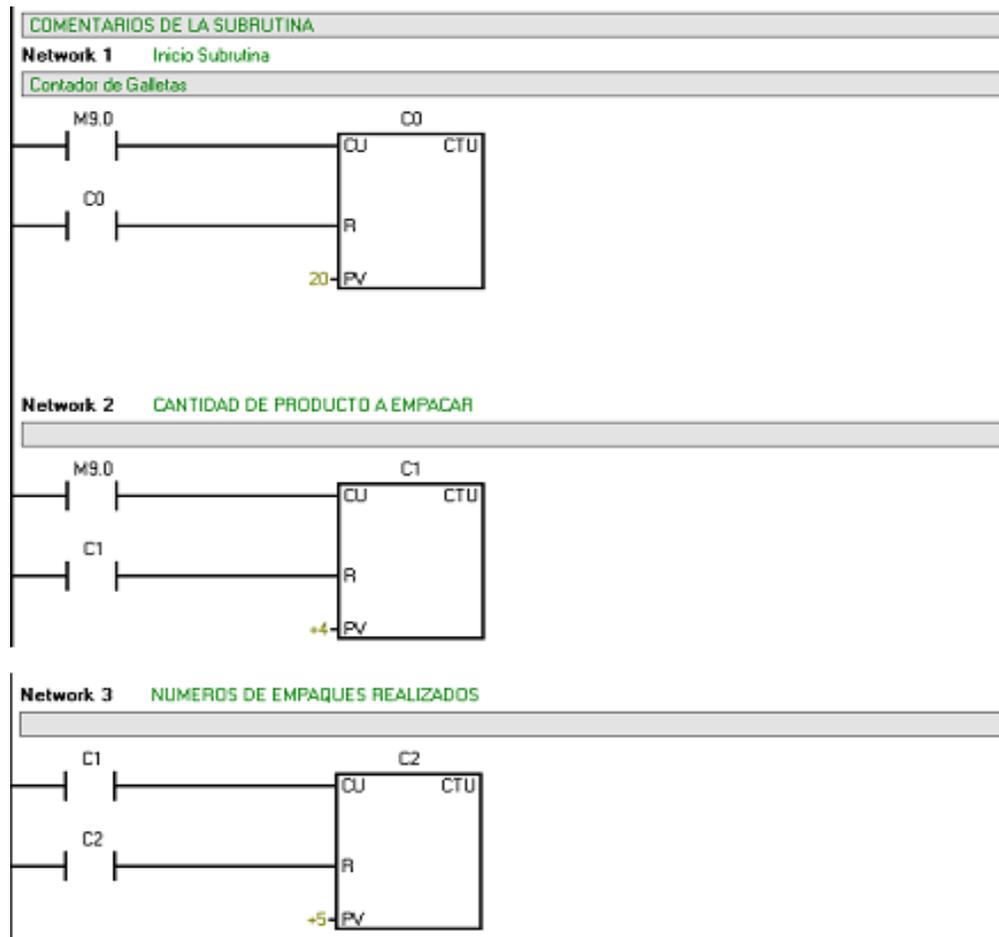


Figura 179. Conteo de galletas y empaques fabricados. Fuente autor

Para que el software supervisor me adquiera y visualice los valores que llevo en los contadores es necesario moverlos a una localidad de memoria como se observa en la figura 180.

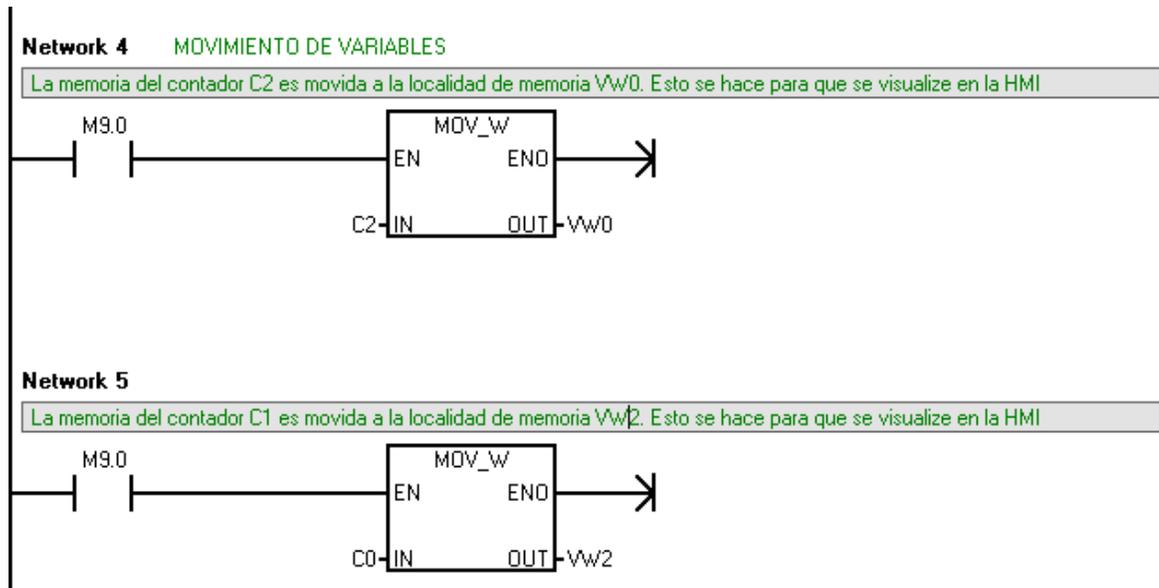


Figura 180. Movimiento de variables. Fuente autor

- Network 13, 14 y 15

Al cumplirse el pre escale del contador C1 energiza el contactor normalmente abierto C1, el cual activa una bobina auxiliar M11.0, que a su vez activa el temporizador T35 que es empleado como retardo para comenzar el proceso de halado del polietileno. Este tiempo permite que la última galleta trasladada al empaque se acomode. Al energizarse la bobina M13.0 se da paso al otro proceso (ver figura 181).

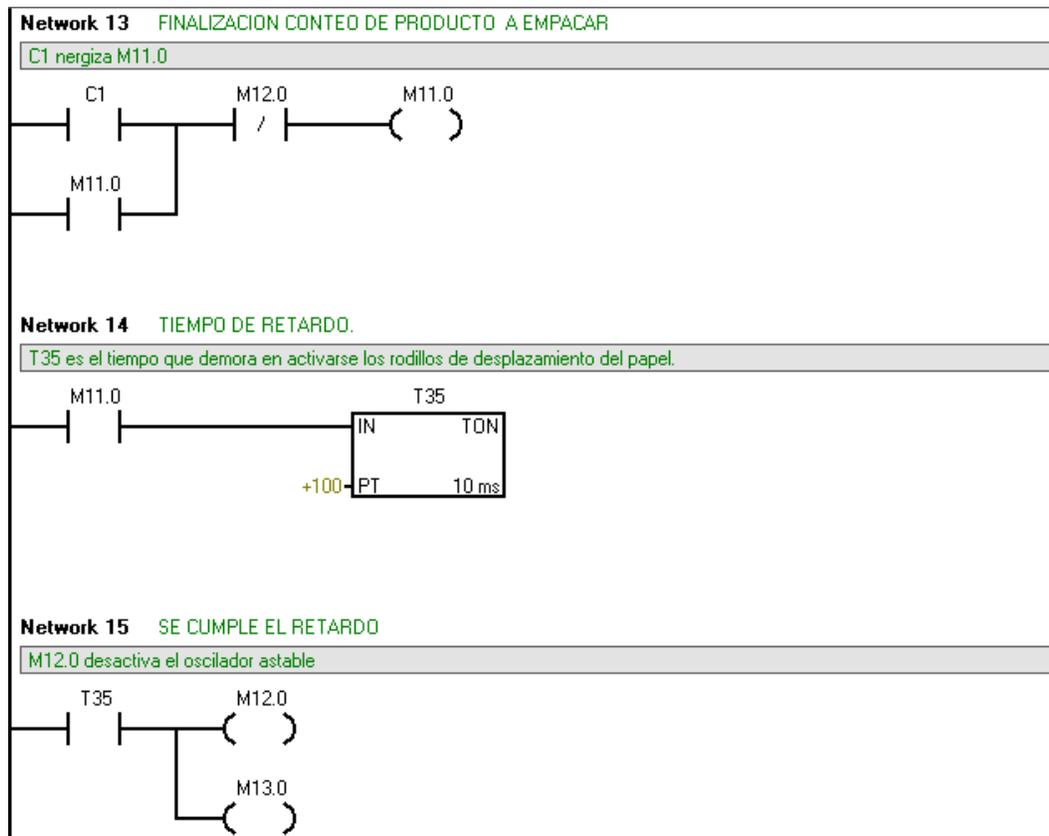


Figura 181. Finalización del conteo del producto a empacar. Fuente autor

- Network 16 y 17.

Simultáneamente comienzan a trabajar el motor que despliega el material del empaque (bobina M0.0) y el motor que permite que los rodillos halen el polietileno (bobina M14.0), esto se logra al cerrarse el contactor M13.0 cuando se activa. La desactivación de estos motores depende del sensor capacitivo conectado en la entrada I0.5 del controlador. Si activa esta entrada indica que el producto está siendo sensado. El cantador C3 implementado en el código se incrementa de 0 a 1. Cuando el sensor deja de detectar el producto el contador cumple con su preescale y se desactivan los motores.

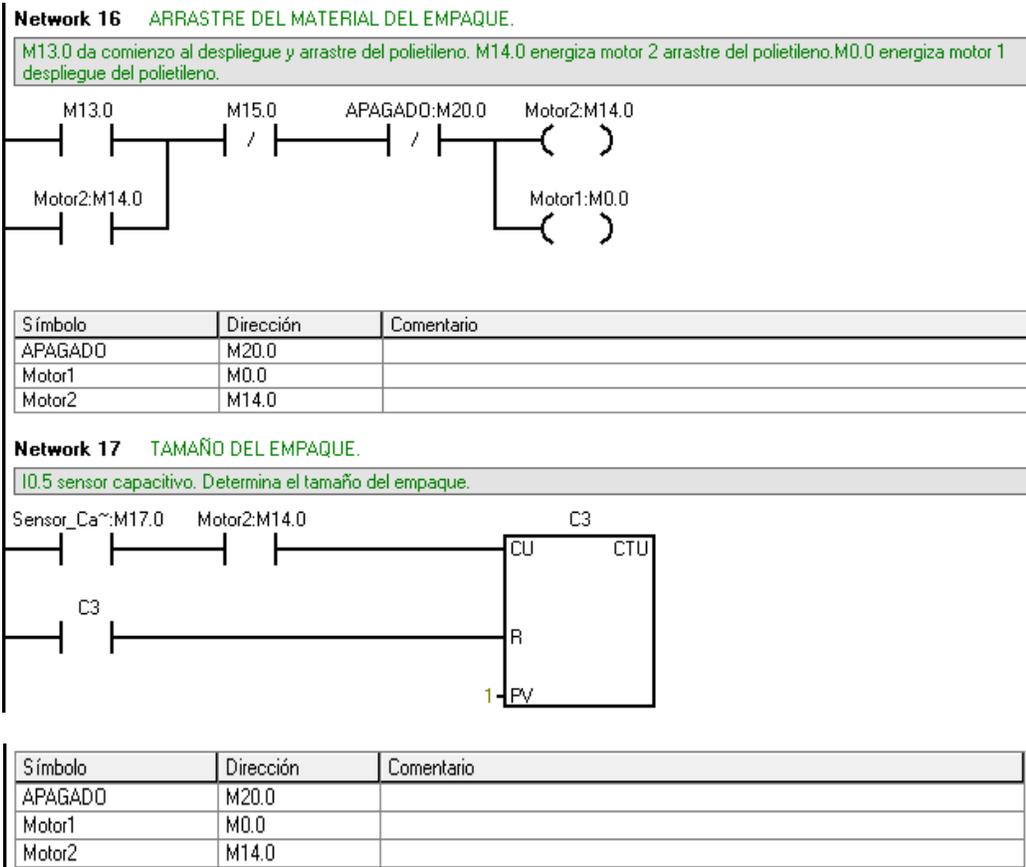


Figura 182. Halado del polietileno y sensado del producto. Fuente autor

- Network 18

El sensor capacitivo al sensar el producto cambia de estado, lo cual hace que haya un flanco de positivo, haciendo que el contactor de flanco positivo se cierre y energice M17.0.

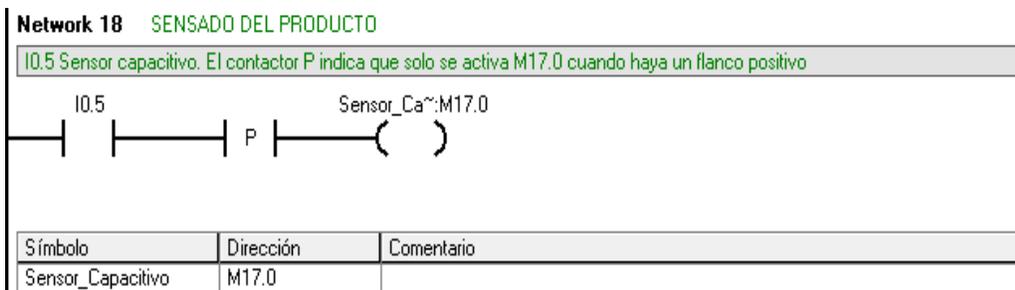
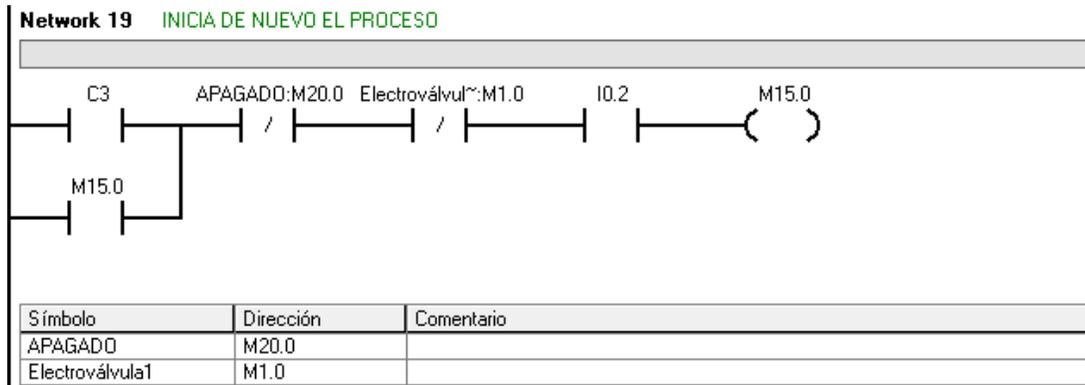


Figura 183. Reinicio del programa. Fuente autor

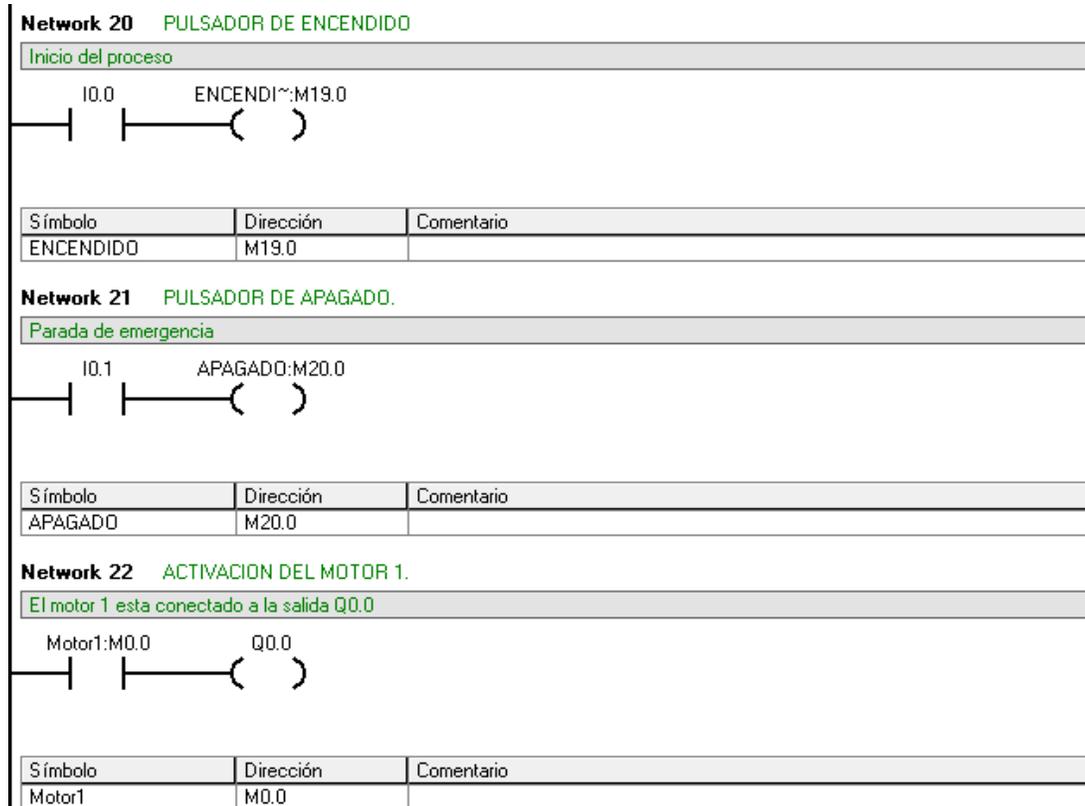
- Network 19

El sensor capacitivo deja de sensor el producto, el contactor C3 se activa y me activa M15.0 siempre y cuando el final de carrera conectado en la entrada I0.2 se encuentre activa. Al energizar M15.0 se reinicia todo el proceso nuevamente (ver figura 183).



- Network 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27.

Se accionan los pre-accionadores y actuadores (ver figura 184)



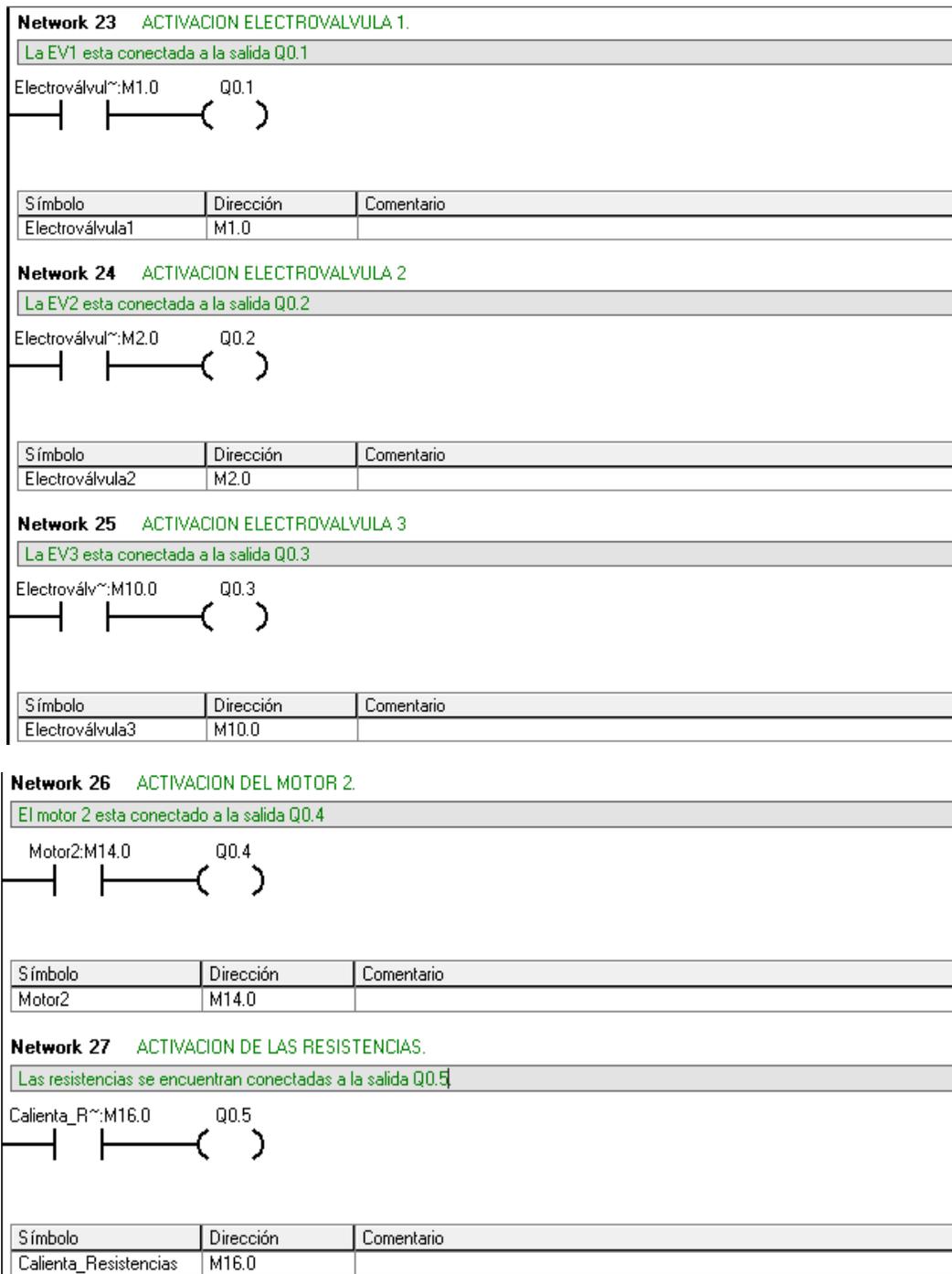


Figura 184. Accionamiento pre-accionadores y actuadores. Fuente autor

## 6.8 SISTEMA SUPERVISORIO

Dentro del proyecto se establece el componente supervisorio de la máquina empacadora, en la cual se puede administrar y supervisar a partir de la interfaz grafica de control. Donde se interactua con los procesos establecidos dentro del prototipo, y asi mantener un diagnostico de los procesos que se realizan dentro del modulo. La interfaz realizada se establecio dentro de tres items, los cuales se explican a continuacion:

- Ventana de presentacion



Figura 185. Venta de presentacion. Fuente autor

En la primera interfaz (ver figura 185) se muestra la presentación del prototipo realizado, donde se dan a conocer el nombre del proyecto, el nombre de la universidad y los nombres de los realizadores.

Se encuentran dos botones establecidos como hipervínculos que dan acceso a la ventana de procesos y a la ventana de historial de la cantidad de producto empacado y empaques producidos.

- Ventanas de procesos.

La ventana de procesos (ver figura 186) establece cada uno de las etapas de la máquina empacadora, donde se muestra de manera lumínica de color verde, que la maquina se encuentra en esa parte del desarrollo del proceso de empacado, así de esta manera manteniendo una supervisión de la secuencia de las etapas del modulo. La interfaz también cuenta con una alarma luminosa (color rojo) y textual

de la falta de producto en el silo, ya que sin este requerimiento el proceso de la máquina se mantendrá detenido hasta su adicción de mas producto. En esta interfaz también se encuentran dos pulsadores, los cuales interactúan como encendido y apagado de los procesos de empaqueo del prototipo. Por último se cuenta con dos hipervínculos, los cuales trasladan la imagen al menú o presentación del proyecto o a la ventana de contadores.

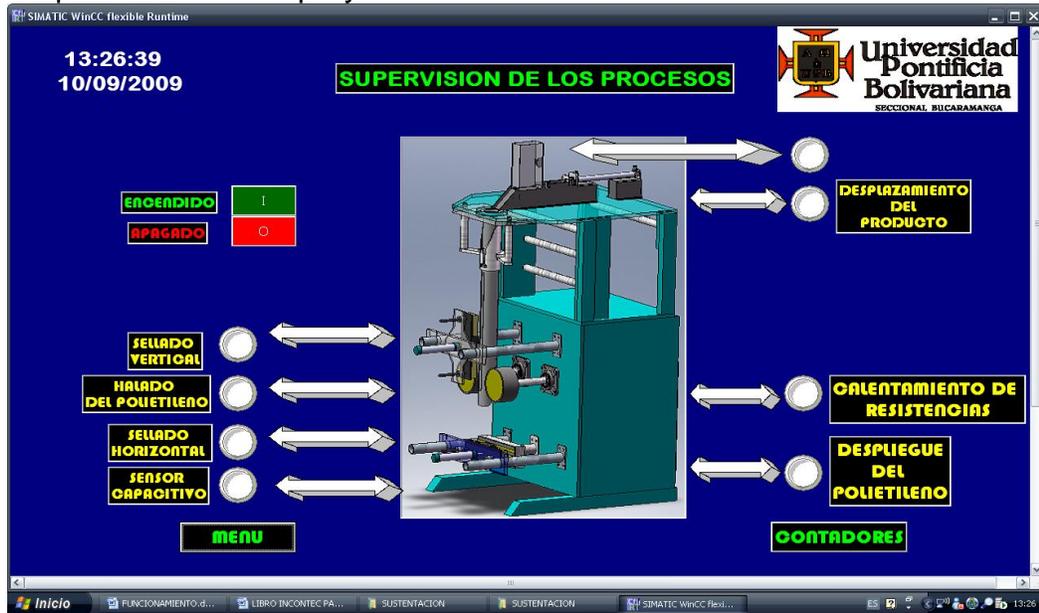


Figura 186. Ventana de procesos. Fuente autor

- Ventana de contadores o historial de producto

Como se observa en la interfaz de contadores en la figura 187. En esta ventana se muestra el número de galletas empaçadas y al mismo tiempo el número de empaques producidos durante el tiempo de encendido del prototipo, los cuales ayudan a llevar un registro del producido de la máquina.

La ventana también cuenta con un pulsador de apagado o emergencia del prototipo si ocurre alguna eventualidad dentro de los procesos.

Por último se encuentran dos hipervínculos para el desplazamiento hacia la ventana de presentación o menú y la venta de procesos.



Figura 187. Ventana de contadores. Fuente autor

## CONCLUSIONES

- De la investigación realizada acerca de las máquinas empacadoras automáticas industriales se escogió el diseño de la empresa santandereana MultiPack, como base guía del prototipo que se fabricó.
- En base al diseño elegido, se tomaron bocetos para la realización de algunas piezas de la máquina empacadora, como la estructura principal del prototipo. Las piezas restantes fueron diseñadas por los autores del proyecto, al igual que las dimensiones de la totalidad del modelo.
- Se identificaron las diferentes etapas del proceso de embalaje con los lazos de control correspondiente a cada una de ellas. La empacadora automática a escala tiene dos lazos de control abierto y dos lazos de control cerrado.
- Con la información recopilada y el conocimiento de las fases del modelo, se implementó al proyecto los instrumentos y componentes adecuados para la automatización de la máquina empacadora.
- Se acopló satisfactoriamente el circuito de potencia con el circuito de control. El acople se logró mediante la programación del código de control realizado en el software Step7 y las conexiones eléctricas de los dispositivos a las entradas y salidas digitales del controlador lógico

programable. Cada entrada y salida digital del PLC posee una localidad de memoria en el código de programación.

- Se comunicó exitosamente el controlador lógico programable con la HMI encargada de supervisar el proceso, logrando la comunicación por medio del módulo Ethernet e insertando las variables que se querían visualizar y controlar en los objetos del WinCC Flexible con la misma localidad de memoria que poseen en el Step7.
- El control y supervisión del proceso de empaqueo se realizó conjuntamente con el PLC Siemens S7-200, el módulo Ethernet CP243-1 y el software supervisor WinCC Flexible, garantizando la adquisición de datos provenientes de los captadores y la ejecución de funciones por medio de los actuadores o pre-accionadores. La HMI (interfaz hombre-máquina) creada por el software supervisor en el computador del operador, permite vigilar y comprender de una manera más eficiente el comportamiento del proceso por medio de un lenguaje gráfico.
- Durante las pruebas realizadas en el desarrollo del proyecto se corrigieron errores mecánicos y de programación, dando como resultado final el correcto funcionamiento autónomo de la máquina empaquera a escala.
- La experiencia de trabajo en la parte mecánica del hardware del prototipo resultó difícil, debido a que no se tenía conocimiento en el área mecánica. A su vez fue gratificante ya que se superaron los inconvenientes presentados adquiriendo un conocimiento básico acerca del funcionamiento de mecanismos.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda la implementación del prototipo como herramienta didáctica de trabajo, para que los estudiantes de especialización, ingeniería electrónica, mecánica y afines a la automatización de procesos industriales, adquieran conocimientos básicos del proceso industrial de una maquina empacadora autónoma de alimentos.

Es necesaria la implementación de fuentes reguladas voltaje AC y DC propias, para evitar la utilización de equipos externos del laboratorio como son las fuentes duales, autotransformadores y transformadores.

Para la utilización del prototipo en un campo industrial se requiere la implementación fija a la máquina de un tablero de control, en el cual se acople el controlador lógico programable (PLC), los contactores y pulsadores necesarios. La recomendación se realiza debido a que el modelo empacador es controlado por medio de un tablero de control didáctico de prácticas, localizado en el laboratorio de maquinas eléctricas de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.

Se aconseja modificar el sistema mecánico de halado del papel, ya que el instalado presenta fallas de adherencia al material del empaque. Lo aconsejado por los realizadores del proyecto es implementar un sistema mecánico basado en piñones y cadena. A su vez los rodillos recubrirlos con una capa de silicona

especial utilizada en las máquinas empacadoras industriales. De igual forma se recomienda desplazar el sistema de sellado horizontal de forma vertical y ascendente para así evitar el choque del producto empacado con el suelo.

Para el óptimo funcionamiento del proceso de empacado, se debe realizar un mantenimiento regular a los equipos e instrumentos implementados en el prototipo.

Antes de todo funcionamiento o puesta en marcha de la máquina, se recomienda la lectura previa del manual de operación la familiarización del operario con el prototipo empacador.

Se espera que en proyectos futuros que sean en beneficio directo de la Universidad Pontificia Bolivariana se cuente con un mayor apoyo económico para la realización.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] INTERTEC. Empacadoras Verticales. [en línea]  
<http://www.intertec.com.co/productos/7/7-5.html>. [Consulta: 2009-23-05].
- [2] ABC-PACK. Maquinas Flow Pack. [en línea] [http://www.abc-pack.com/product\\_info.php/cPath/2\\_19/products\\_id/30?osCsid=416b0660ef9778aa1c5ec66f7995f2d5](http://www.abc-pack.com/product_info.php/cPath/2_19/products_id/30?osCsid=416b0660ef9778aa1c5ec66f7995f2d5) [Consulta: 2009-23-05].
- [3] TGROK. Maquinas FlowPack Empacadoras Horizontales. [en línea]  
<http://www.tgrok.com/imagenes/maquinaria03.jpg> [Consulta: 2009-20-06].
- [4] UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA MOLINA. Empacado de granos. [en línea]  
<http://74.125.47.132/search?q=cache:CLsVIH7i3HgJ:tarwi.lamolina.edu.pe/~fwsalas/CAP-01.rtf+empacado+de+granos+historia&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co>  
[Consulta: 2009-23-06].
- [5] UNIVERSIDAD DE LA SALLE. Diseño y moldeamiento de una maquina dosificadora y empacadora de frutas deshidratadas. [en línea]  
<http://tegra.lasalle.edu.co/dspace/bitstream/10185/7/1/T44.07%20S59d.pdf>  
[Consulta: 2009-23-06].
- [6] PIEDRAFITA MORENO, Ramón. Ingeniería de la Automatización Industrial. 2da edición ampliada y actualizada. Editorial Alfa Omega. México D.F. 2001. 570p
- [7] MECATRONICA PORTAL. Definición de automatización. [en línea]  
<http://www.mecatronica-portal.com/2009/04/129-definicion-de-automatizacion/>  
[Consulta: 2009-23-06].
- [8] KENTRON. Automatizar. [en línea]  
[http://www.kentron.com.ve/novedades/automatizar\\_todo.htm](http://www.kentron.com.ve/novedades/automatizar_todo.htm) [Consulta: 2009-24-06].
- [9] ITESCAM. Historia de la automatización. [en línea]  
<http://74.125.47.132/search?q=cache:Hd3USZuU3AMJ:www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r14059.DOC+historia+automatismos+industriales&cd=4&hl=es&ct=clnk&gl=co> [Consulta: 2009-24-06]
- [10] UNIVERSIDAD JAUME I. Control de procesos. [en línea]  
<http://www.esid.uji.es/asignatura/obtener.php?letra=l&codigo=l62&fichero=1108118026l162> [Consulta: 2009-24-06].

- [11] UNIVERSIDADE OVIDEO. Introducción a la automatización de procesos. [en línea] <http://www.isa.uniovi.es/~arobles/ra2/pdf/t1intro.pdf> [Consulta: 2009-24-06].
- [12] UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR. Automatización Industrial. [en línea] [http://ingenieria.url.edu.gt/boletin/URL\\_10\\_MEC01.pdf](http://ingenieria.url.edu.gt/boletin/URL_10_MEC01.pdf) [Consulta: 2009-24-06].
- [13] UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA. Automatismos Industriales. [http://automata.cps.unizar.es/Historia/Webs/automatismos\\_industriales.htm](http://automata.cps.unizar.es/Historia/Webs/automatismos_industriales.htm) [Consulta: 2009-25-06].
- [14] ITESCAM. Historia de la automatización. [en línea] <http://74.125.47.132/search?q=cache:Hd3USZuU3AMJ:www.itescam.edu.mx/principal/syllabus/fpdb/recursos/r14059.DOC+historia+automatismos+industriales&cd=4&hl=es&ct=clnk&gl=co> [Consulta: 2009-25-06].
- [15] HARPER ENRIQUEZ, Gilberto. El ABC de la instrumentación en el control de procesos industriales. [en línea] <http://books.google.com.co/books?id=kta4crf5K8sC&pg=PA21&dq=definicion+de+instrumentacion+industrial&lr=#PPP1,M1> [Consulta: 2009-25-06].
- [16] INSTRUMENTACION INDUSTRIAL [http://www.sapiensman.com/control\\_automatico/control\\_automatico7.htm](http://www.sapiensman.com/control_automatico/control_automatico7.htm) [Consulta: 2009-26-06].
- [17] PALLAS ARENY, Ramón. Adquisición y distribución de señales. Cap. 2 Sensores y actuadores. [en línea] <http://books.google.com.co/books?id=sYavwLAI2k4C&pg=PA27&dq=sensores> [Consulta: 2009-26-06].
- [18] CURILEF, Fabricio, Mediciones Eléctricas, Transductores – Sensores [en línea] <http://www.scribd.com/doc/14054883/Transductores-Sensores> [Consulta: 2009-26-06].
- [19] SENSORES DE PROXIMIDAD [en línea] <http://www.scribd.com/doc/16680446/El-Sensor-de-aproximidad-Tipos> [Consulta: 2009-30-06].
- [20] BENTANCUR BENTACUR, Manuel, Introducción a la Mecatrónica. Serie NABLA-DELTA N°42. Editorial Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Octubre, 1995. 225p
- [21] MOSQUERA C. Luis, Control e Instrumentación. Escuela de Ingeniería Mecánica. Serie NABLA-DELTA N°24. Editorial Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, 1992. 340p

[22] RUIZ GARCIA Yhorman Darío, Mecánica Industrial. [en línea]  
<http://www.mecanicaindustrial.blogspot.com/2009/01/mantenimiento-en-motorreductores.html> [Consulta: 2009-30-06].

[23] Villamizar R. Juan C. Control de Procesos Industriales. Primera Edición. Editorial Diagrama, impresión y encuadernación (Sic) editorial Ltda. Bucaramanga, Julio, 2004. 152p.

[24] FUNDACION SAN VALERO. Centro de formación abierta SEAS. Neumática. Actuadores Neumáticos. . [en línea]  
<http://www.scribd.com/doc/2684435/ACTUADORES-NEUMATICOS> [Consulta: 2009-30-06].

[25] Deppert, W y Stoll, K. Dispositivos Neumáticos: introducción y fundamentos. Editorial Marcombo Boixareu Editores. Barcelona, 1994. 188p

[26] FESTO. Automatización Industrial en Colombia. Fundamentos de Electro neumática. [en línea] [http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/095246\\_leseprobe\\_es.pdf](http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/095246_leseprobe_es.pdf) [Consulta: 2009-30-06].

[27] FESTO. Automatización Industrial en Colombia. Actuadores Neumático Lineales. [en línea] <http://www.youtube.com/watch?v=pwFBxBEV1Xs&NR=1> [Consulta: 2009-30-06].

[28] DAGSA. Cilindro de impacto [en línea] <http://www.dagsa.com/cilnor.gif> [Consulta: 2009-12-06].

[29] NEUMATICA. [Página de internet]. En:  
<http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica16.htm> [Consulta: 2009-12-06].

[31] ELECTROVALVULAS. [en línea]  
[http://www.youtube.com/watch?v=lpFI1DkNV0I&feature=PlayList&p=F790733EA32897BE&playnext=1&playnext\\_from=PL&index=10](http://www.youtube.com/watch?v=lpFI1DkNV0I&feature=PlayList&p=F790733EA32897BE&playnext=1&playnext_from=PL&index=10) [Consulta: 2009-25-06].

[31] ESCALONA Iván, Electroválvulas en Sistema de control [en línea]  
<http://www.monografias.com/trabajos13/valvu/valvu.shtml#in> [Consulta: 2009-25-06].

[32] PORRAS A, MONTANERO A.P. Autómatas programables. Fundamento, manejo, instalación, prácticas. México. McGraw-Hill, 1990, pág. 10

- [33] DIMEINT. Material eléctrico en Toluca. Controlador Lógico programable. [en línea]  
<http://www.dimeint.com.mx/PDF/PRINCIPIOS%20BASICOS%20PLC%C2%B4S.pdf> [Consulta: 2009-30-06].
- [34] VALENCIA G, Hernán. Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Controladores Lógicos Programables. Colombia, Primera edición, 1992, Universidad Pontificia Bolivariana.
- [35] PEREZ, Edgar Antonio, Diseño y montaje de un entrenador con el controlador lógico programable PLC S7-200 de Siemens. Bucaramanga, 2008. Tesis de grado (Ingeniería Electrónica). Universidad Pontificia Bolivariana.
- [36] CURSO CONTROLADORES LOGISTICOS PROGRAMABLES. Cap. 1 Estructura básica de un PCL [en línea] <http://www.mailxmail.com/curso-controladores-logicos-programables/estructura-basica-plc> [Consulta: 2009-25-06].
- [37] WIKICIENCIA. Electrónica. Los PLC (Controladores Lógicos Programables) [en línea] <http://www.wikiciencia.org/electronica/electricidad/plc/index.php> [Consulta: 2009-27-06].
- [38] PEÑALOZA, Jhon Alexander, MORA, Sergio, Automatización e Instrumentación de una planta embotelladora a escala. Bucaramanga, 2008. Tesis de grado (Ingeniería Electrónica) Universidad Pontificia Bolivariana.
- [39] MORENO QUINTERO, Sergio Mauricio, TOVAR ACEVEDO, Carlos Eduardo, Aplicación del sistema de control OPTO 22 SNAP ULTIMATE I/O en la implementación de un sistema scada para la automatización de una planta de intercambio térmico. Bucaramanga, 2007. Tesis de grado (Ingeniería Electrónica) Universidad Pontificia Bolivariana.
- [40] CASTAÑEDA RICARDO, Joel David, PINTO PADILLA, Andrés Libardo. Diseño y simulación en OPTO 22 de un sistema scada en el proceso de la planta de producción de la empresa Provinas. Bucaramanga, 2007. Tesis de grado (Ingeniería Electrónica) Universidad Pontificia Bolivariana.
- [41] MENDIBURU DIAZ, Henry. Sistema Scada. [en línea] <http://www.pdf-search-engine.com/online-pdf-view.php?pdf=http://www.galeon.com/hamd/pdf/scada.pdf> [Consulta: 2009-30-06].
- [42] Veesta means science and technology. Scada system. [en línea] [http://images.google.com.co/imgres?imgurl=http://www.veesta-world.com/images/img\\_scada.jpg&imgrefurl=http://www.veesta-](http://images.google.com.co/imgres?imgurl=http://www.veesta-world.com/images/img_scada.jpg&imgrefurl=http://www.veesta-)

world.com/pages/services\_scada\_page.htm&usg=\_\_fktqUdGZQG8ayzjlrC-nFesrrU=&h=300&w=573&sz=37&hl=es&start=15&um=1&tbnid=Ww8qEkgN-rHCoM:&tbnh=70&tbnw=134&prev=/images%3Fq%3Dscada%26ndsp%3D18%26hl%3Des%26sa%3DN%26um%3D1 [Consulta: 2009-03-07].

[43] PIZON NAVARRO, Marley Johanna. Estudio y análisis de los sistemas Scada en la automatización de procesos industriales. Bucaramanga, 2006. Tesis de grado (Ingeniería Electrónica) Universidad Pontificia Bolivariana.

[44] CUPABAN GOMEZ, José Fernando, FIERRO VITOLA, Karem Juliana. Diseño e implementación de un sistema scada en la planta de producción de aceites y grasas lubricantes de la compañía Kroil S.A. Bucaramanga, 2006. Tesis de grado (Ingeniera Electrónica) Universidad Pontificia Bolivariana

[45] UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA. Facultad seccional Duitama, Escuela de Ingeniería Electromecánica. Contactores eléctricos y elementos auxiliares de mando. 2004

[46] DIRECT INDUSTRY. El salón virtual de la Industria. Botón pulsador luminoso. [en línea]

[http://images.google.com.co/imgres?imgurl=http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-g/boton-pulsador-luminoso-191654.jpg&imgrefurl=http://www.directindustry.es/prod/rafi/boton-pulsador-luminoso-5441-191654.html&usg=\\_\\_baRbKJEalQ4I4bpAFo-oCOE9xvM=&h=375&w=601&sz=35&hl=es&start=1&um=1&tbnid=E5AKQVnDZ-0m\\_M:&tbnh=84&tbnw=135&prev=/images%3Fq%3Dpulsadores%2Bluminosos%26hl%3Des%26rlz%3D1R2GGLL\\_esCO334%26sa%3DN%26um%3D1](http://images.google.com.co/imgres?imgurl=http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/boton-pulsador-luminoso-191654.jpg&imgrefurl=http://www.directindustry.es/prod/rafi/boton-pulsador-luminoso-5441-191654.html&usg=__baRbKJEalQ4I4bpAFo-oCOE9xvM=&h=375&w=601&sz=35&hl=es&start=1&um=1&tbnid=E5AKQVnDZ-0m_M:&tbnh=84&tbnw=135&prev=/images%3Fq%3Dpulsadores%2Bluminosos%26hl%3Des%26rlz%3D1R2GGLL_esCO334%26sa%3DN%26um%3D1) [Consulta: 2009-03-07].

[47] QUIMINET. Información y negocios segundo a segundo. Interruptores finales de carrera. [en línea]

[http://images.google.com.co/imgres?imgurl=http://www.quiminet.com/imagen/lovato1.jpg&imgrefurl=http://www.quiminet.com/pr3/finales%252Bde%252Bcarrera.htm&usg=\\_\\_kzAi2MIJ8md3H9AanPPb4p5fyk=&h=190&w=246&sz=47&hl=es&start=7&um=1&tbnid=NKLwUoAl2xaewM:&tbnh=85&tbnw=110&prev=/images%3Fq%3Dfinales%2Bde%2Bcarrera%26hl%3Des%26sa%3DN%26um%3D1](http://images.google.com.co/imgres?imgurl=http://www.quiminet.com/imagen/lovato1.jpg&imgrefurl=http://www.quiminet.com/pr3/finales%252Bde%252Bcarrera.htm&usg=__kzAi2MIJ8md3H9AanPPb4p5fyk=&h=190&w=246&sz=47&hl=es&start=7&um=1&tbnid=NKLwUoAl2xaewM:&tbnh=85&tbnw=110&prev=/images%3Fq%3Dfinales%2Bde%2Bcarrera%26hl%3Des%26sa%3DN%26um%3D1) [Consulta: 2009-06-07].

[48] ROTONDA L., Mario. Neumática Rotonda C.A. Tipos de roscas [en línea] [http://www.neumaticarotonda.com/2006/tips\\_racores\\_rosca.htm](http://www.neumaticarotonda.com/2006/tips_racores_rosca.htm). [Consulta: 2009-11-08].

[49] LEGRIS CENRASA S.A. Codo orientable, Rosca macho BSP cónica y NPT. [en línea]

[http://www.legris.fr/Legris\\_ecom/RechercherReferencesTypeArticle.do?codeActivite=BP&codeGroupe=02&codeFamille=01&codeSousFamille=01&codeTypeArticle=3109&codeFiliale=spain&codeLangue=es](http://www.legris.fr/Legris_ecom/RechercherReferencesTypeArticle.do?codeActivite=BP&codeGroupe=02&codeFamille=01&codeSousFamille=01&codeTypeArticle=3109&codeFiliale=spain&codeLangue=es) [Consulta: 2009-11-08].

[50] LEGRIS CENRASA S.A. Te igual y desigual. [en línea]  
[http://www.legris.fr/Legris\\_ecom/RechercherReferencesTypeArticle.do?codeActivite=BP&codeGroupe=02&codeFamille=01&codeSousFamille=02&codeTypeArticle=3104&codeFiliale=spain&codeLangue=es](http://www.legris.fr/Legris_ecom/RechercherReferencesTypeArticle.do?codeActivite=BP&codeGroupe=02&codeFamille=01&codeSousFamille=02&codeTypeArticle=3104&codeFiliale=spain&codeLangue=es) [Consulta: 2009-11-08].

[51] GRAINGER INDUSTRY SUPPLY. Regulador de flujo [en línea]  
[http://www.grainger.com.cn/chn/product\\_images/S000139/2005102811370701538.JPG](http://www.grainger.com.cn/chn/product_images/S000139/2005102811370701538.JPG) [Consulta: 2009-11-08].

[52] MAQUINARIAPRO. Definición de manómetro. [en línea]  
<http://www.maquinariapro.com/maquinas/manometro.html> [Consulta: 2009-11-08].

[53] BIBLIOTECA LUIS ANGEL ARANGO. Modulo Minería. Fijación de Acople a la manguera para aire comprimido. [en línea]  
<http://www.lablaa.org/blaavirtual/ciencias/sena/mineria/mecanica-minas/modulo%206/mecanica%20de%20minas%20m6%20-%20i.pdf> [Consulta: 2009-11-08].

[54] BIBLIOTECA LUIS ANGEL ARANGO. Modulo Minería. Fijación de Acople a la manguera para aire comprimido. [en línea]  
<http://www.lablaa.org/blaavirtual/ciencias/sena/mineria/mecanica-minas/modulo%206/mecanica%20de%20minas%20m6%20-%20i.pdf> [Consulta: 2009-11-08].

[55] BOLTON, William. Mecatrónica, Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica. Tercera edición. Editorial Alfa Omega. México D.F. Febrero, 2006. 574p

[56] I.E.S SIERRA DE LA VIRGEN. Elementos de un mecanismo de transmisión. Transmisión en movimiento. [en línea]  
[http://iesillue.educa.aragon.es/tecno/web\\_curso/transmision\\_movimiento/7/tm7im1.htm](http://iesillue.educa.aragon.es/tecno/web_curso/transmision_movimiento/7/tm7im1.htm) [Consulta: 2009-13-08].

[57] WIKITECNO. Unidad didáctica adaptada tecnología. Mecanismos. El movimiento de las maquinas. [en línea]  
[http://wikitecno.wikispaces.com/file/view/u2\\_mecanismos.pdf](http://wikitecno.wikispaces.com/file/view/u2_mecanismos.pdf) [Consulta: 2009-13-08].

- [58] UNIVERSIDAD DEL VALLE. Escuela de Ingeniería Mecánica. Bandas Quiceno. [en línea]  
[www.eime.univalle.edu.co/cursos/disenio\\_II/bandas\\_quiceno.ppt](http://www.eime.univalle.edu.co/cursos/disenio_II/bandas_quiceno.ppt) [Consulta: 2009-13-08].
- [59] INSTITUTO SUPERIOR DE FORMACIONY RECUERSOS EN RED PARA EL PROFESORADO ISFTIC. Tecnología: Manual básico de consulta. La Polea. [en línea]  
<http://www.isftic.mepsyd.es/w3/recursos/bachillerato/tecnologia/manual/mecanism/ruedas.htm#polea> [Consulta: 2009-15-08].
- [60] EBROAIRE S.L, Neumatica, raroceria y accesorios. Poleas. [en línea]  
<http://www.ebroaire.com/imagenes/servicios/varios/poleas.jpg> [Consulta: 2009-16-08].
- [61] FRINO, Luis. Electrónica. Transformador. [en línea]  
<http://www.frino.com.ar/transformador.htm> [Consulta: 2009-06-08].
- [62] GEOCITES. Inducción y transformadores. [en línea]  
<http://ar.geocities.com/fom22ar/Electricidad/indtrans.htm> [Consulta: 2009-06-08].
- [63] OPEX ENERGY. Centrales térmicas del ciclo combinado. Transformados. [en línea] <http://www.cicloscombinados.com/transformador3marcagua.jpg> [Consulta: 2009-07-08].
- [64] ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, Facultad de Ingeniería Eléctrica y computación. Laboratorio de maquinaria. Tema Autotransformador. Profesor: Ing. Douglas Aguirre Paralelo: 08, 2009
- [65] PROYECTOS DE FIN DE CARRERA. Clasificación y tipos de compresores. [en línea] <http://www.proyectosfindecarrera.com/tipos-compresores.htm> [Consulta: 2009-11-08].
- [66] MUNDO ANUNCIO, Compresor. [en línea]  
<http://static1.mundoanuncio.com/img/2009/3/2/11700982831.jpg> [Consulta: 2009-11-08].
- [67] KATSUHIKO, Ogata. Ingeniería de control moderno, 4ª edición, 965p. Editorial Pearson Educación, 2003.
- [68] SIEMENS SIMATIC. Sistema de Automatización S7-200. Agosto, 2005. 558p.
- [69] SIEMENS SIMATIC. Sistema de Automatización S7-200. Marzo, 2000. 606p.

[70] SIEMENS SIMATIC. WinCC flexible Getting Started Básico. Abril, 2006. 80p.

[71] SIEMENS: S7-200 PC ACCESS V1.0.0.56. Temas de ayuda. 2004.

[72] Enciclopedia Lexis 22. Tomo 16.

[73] <http://www.scielo.org.ve/img/fbpe/uct/v9n36/art08.23.gif>

ANEXO A

- Sensor capacitivo Rechner Sensor KAS-1000-30-M32

## TECHNICAL DATA - SERIES 1000

The series 1000 duo<sup>2</sup> contains capacitive 2-wire a.c.-d.c. proximity sensors with NO and NC-function. The supply voltage range of 20...250 V AC/DC allows the application in electronic circuits, PLC's as well as for conductors with AC supply voltage. The output functions (NO or NC) can be determined by means of a coding switch. The available housing materials are PA, PTFE/brass or PTFE/V2A.

Technical data		<b>duo<sup>2</sup></b>	
KAS with digital output			
Housing / active area	Ø	≥ 30mm	
Operating voltage	U <sub>B</sub>	20...250 V AC	20...250 V DC
Rated voltage	U <sub>n</sub>	230 V AC	24 V DC
No-load current	I <sub>o</sub>	typ. 2 mA	typ. 2 mA
Output current min.	I <sub>e</sub>	typ. 5 mA	typ. 5 mA
Output current max.	I <sub>e</sub>	500 mA	500 mA
Voltage drop max.	U <sub>d</sub>	typ. 6 V	
Frequency of operating cycles max.		25 Hz	
Switching hysteresis		typ. 10 %	
Repeat accuracy		typ. 0.1 %	
Drift		< 10 %	
Permitted ambient temperature		-25...+70 °C	
LED indication	yellow	built-in	
Degree of protection IEC 529		IP 67	
Connection cable	Plastic housing	2m	2 x 0.75 mm <sup>2</sup>
	Metal housing	2m	3 x 0.75mm <sup>2</sup>

Data at +24°C, U<sub>B</sub> = 230 V AC or 24 V DC

### Switching functions:

Switch position 1	NO	Active area free:	0-Signal
		Active area covered:	1-Signal
Switch position 0	NC	Active area free:	1-Signal
		Active area covered:	0-Signal

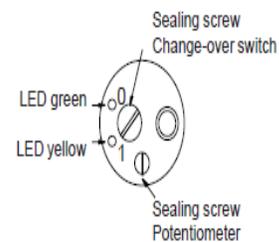
## TYPES - SERIES 1000

20...250 V AC/DC    2-Wire-AC/DC/NO/NC-  
Digital output    Series 1000

Art. No.	Type	Sensing dist. [mm]			Flush mounting	Thread Ø [mm]	Material	Dim.
		Sn	Min.	Max.				
Cylindrical housing with thread    DIN VDE 0660 Part 208								
945000	KAS-1000-A14-K	10	2	15	yes	M30 x 1.5	PA	2-8
945100	KAS-1000-A24-K	15	3	20	no	M30 x 1.5	PA	3-6
Cylindrical housing with thread								
930200	KAS-1000-30-M32	15	2	20	yes	M32 x 1.5	PA	2-9
930400	KAS-1000-32-M32	20	3	25	no	M32 x 1.5	PA	3-7
930500	KAS-1000-34-M32-PTFE/Ms	20	3	25	no	M32 x 1.5	PTFE/brass	3-7
930600	KAS-1000-34-M32-PTFE/V2A	20	3	25	no	M32 x 1.5	PTFE/V2A	3-7
Cylindrical housing								
930100	KAS-1000-30	15	2	20	yes	30	PA	1-8
930300	KAS-1000-32	20	3	25	no	30	PA	1-8

For suitable mounting clamps please refer to our catalogue about accessories.

The change-over switch and potentiometer can be altered after removing the plastic sealing screw. The switching function has to be converted at the change-over switch by means of the enclosed screw driver, Position 1 (factory set) or 0.





## 1200 Series

The 1210B operates on 120 volts and is rated for constant current of 12 amperes. The 1220B operates on 240 volts and constant current of 5 amperes. The 1210B and 1220B operate from 0 to line voltage only. There is no reduction in allowable output current up to 1500 hertz.

Uncased models have the shaft extending from the base end. This shaft is fully adjustable and can be extended from either end for general utility mounting. Cased styles, which have a "CT" suffix, feature the protective screening over the coil assembly and a terminal box cover with knock-outs to

accept conduit.

Motor driven units are available in single, two and three ganged assemblies; cased or uncased styles as identified by the prefix "M" in the type number. If a motor driven model is ordered, be sure to prefix the part number with the desired travel time from 0 to maximum of 5, 15, 30, or 60 seconds.

The synchronous motor is designed for operation on 120 volts, 50/60 hertz single phase lines and draws approximately 0.3 amperes.

PART NO.	WIRING	INPUT		OUTPUT				SHAFT ROTATION FOR VOLTAGE INCREASE	TERMINAL CONNECTIONS (For increasing Voltage) As Viewed from Base End			SCHEMATIC (Pg 8 & 9)	NET WT. LBS.	(Max) MOTOR DRIVEN	
		VOLTS	HERTZ	VOLTS	CONSTANT CURRENT LOAD		CONSTANT IMPEDANCE LOAD		Input	Jumper*	Output				
					MAX AMPS	MAX KVA	MAX AMPS								MAX KVA
1210B 1210BCT M1210B† M1210BCT†	Single Phase	120	60	0-120	12	1.44	15	1.80	CW CCW	1-4 1-4	— —	4-3 1-3	13	10 1/4	16 3/4
1210B-2 1210BCT-2 M1210B-2† M1210BCT-2†	Single Phase Series	240	60	0-240	12	2.88	15	3.60	CW CCW	1-1 4-4	4-4 1-1	3-3 3-3	13 & 4	22 1/2	30 3/4
	Three Phase Open Delta π	120++	60	0-120	12	2.49	15	3.12	CW CCW	1-4-1 4-1-4	4-4 1-1	3-4-3 3-1-3	13 & 5		
1210B-3 1210BCT-3 M1210B-3† M1210BCT-3†	Three Phase Wye π	240++	60	0-240	12	4.96	15	6.24	CW CCW	1-1-1 4-4-4	4-4-4 1-1-1	3-3-3 3-3-3	13 & 6	34 1/2	42 1/4
3PN1210B	Single Phase	120	60	0-120	12‡	1.44	15	1.80	CW	LINE CORD & RECEPTACLE			11	10 1/4	—
1220B 1220BCT M1220B† M1220BCT†	Single Phase	240	60	0-240	5.0	1.20	7.0	1.68	CW CCW	1-4 1-4	— —	4-3 1-3	13	10 1/4	16 3/4
1220B-2 1220BCT-2 M1220B-2† M1220BCT-2†	Single Phase Series	480	60	0-480	5.0	2.40	7.0	3.36	CW CCW	1-1 4-4	4-4 1-1	3-3 3-3	13 & 4	22 1/2	30 3/4
	Three Phase Open Delta π	240++	60	0-240	5.0	2.08	7.0	2.91	CW CCW	1-4-1 4-1-4	4-4 1-1	3-4-3 3-1-3	13 & 5		
1220B-3 1220BCT-3 M1220B-3† M1220BCT-3†	Three Phase Wye π	480++	60	0-480	5.0	4.16	7.0	5.82	CW CCW	1-1-1 4-4-4	4-4-4 1-1-1	3-3-3 3-3-3	13 & 6	34 1/2	42 1/4
3PN1220B	Single Phase	240	60	0-240	5.0‡	1.20	7.0	1.68	CW	LINE CORD & RECEPTACLE			11	10 1/4	—

\* Jumper provided in the standard common position and should be moved or removed as required.

++ Line to line voltage

‡ Unit is fused for the constant current rating at the factory.

† Motor driven units use terminal connections for CCW increasing voltage, as viewed from the base end. See Figure 23 on page 9 for motor wiring.

π If ganged units are used in a system that ordinarily has a common neutral or ground between source and load, the neutral or ground must be connected to the common terminals of the variable transformer assembly. If the system has no neutral, the load must be balanced or the transformers will be damaged.

# Maximum output current in output voltage range from 0 to 25% above line voltage. At higher output voltages, the output current must be reduced according to the derating curve, Figure B, page 6.

- Electroválvula AIRTAC 3V210-06-NC

## VALVULAS SOLENOIDES - 3/2 VIAS SERIE 3V



### Especificaciones Técnicas

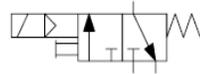
Operación	Piloto interno
Posición	Normalmente cerradas
Lubricación	No requiere lubricación
Presión de operación	1,5 ~ 8 Kg./cm <sup>2</sup> (21 ~ 114 PSI)
Máxima presión	10 Kg./cm <sup>2</sup> (150 PSI)
Temperatura	5 ~ 60 °C (41 ~ 140 °F)
Corriente Alterna	50/60 Hz
Variación del voltaje	± 10 %
Consumo de potencia	AC: 4,5VA DC: 3W
Aislamiento de la bobina	Clase F
Protección bobina	IP65 (DIN40050)
Conector	Tipo DIN
Máxima frecuencia	10 Ciclos / seg.
Tiempo de respuesta	0,05 Seg.

Código	Rosca	Vías	Operador de la Válvula	Referencia - Voltaje	mm <sup>2</sup> (CV)
A11100	1/8"	3/2	Solenoide / Regreso resorte	3V110-06-NC-DC12V	14 (0,78)
A11105	1/8"	3/2	Solenoide / Regreso resorte	3V110-06-NC-DC24V	14 (0,78)
A11110	1/8"	3/2	Solenoide / Regreso resorte	3V110-06-NC-AC110V	14 (0,78)
A11115	1/8"	3/2	Solenoide / Regreso resorte	3V110-06-NC-AC220V	14 (0,78)
A11120	1/4"	3/2	Solenoide / Regreso resorte	3V210-08-NC-DC12V	16 (0,78)
A11125	1/4"	3/2	Solenoide / Regreso resorte	3V210-08-NC-DC24V	16 (0,78)
A11130	1/4"	3/2	Solenoide / Regreso resorte	3V210-08-NC-AC110V	16 (0,78)
A11135	1/4"	3/2	Solenoide / Regreso resorte	3V210-08-NC-AC220V	16 (0,78)
A11140	3/8"	3/2	Solenoide / Regreso resorte	3V310-10-NC-DC12V	30 (1,68)
A11145	3/8"	3/2	Solenoide / Regreso resorte	3V310-10-NC-DC24V	30 (1,68)
A11150	3/8"	3/2	Solenoide / Regreso resorte	3V310-10-NC-AC110V	30 (1,68)
A11155	3/8"	3/2	Solenoide / Regreso resorte	3V310-10-NC-AC220V	30 (1,68)

**Nota:** Las válvulas de 1/4" y 3/8" vienen con LED indicador como equipo Standard.

# VALVULAS SOLENOIDES - 3/2 VIAS

## SERIE 3V

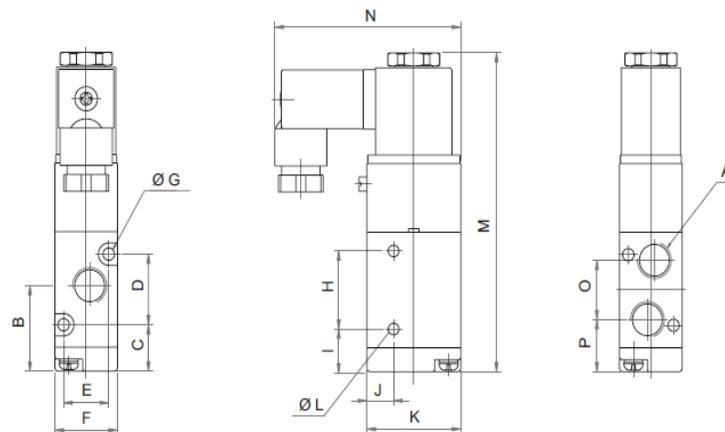


Componentes	Materiales
Cuerpo	Aluminio
Carrete	Aluminio
Resorte de la válvula	Acero Inoxidable
Empaques	NBR
Cuerpo del operador	PBT + Fibra de vidrio
Base del operador	Acero (Niquelado)

Código	Bobina para (1/8")
A13300	DC12V
A13305	DC24V
A13310	AC24V
A13315	AC110V
A13320	AC220V

Código	Bobina para (1/4" y 3/8")
A16300	DC12V
A16305	DC24V
A16310	AC24V
A16315	AC110V
A16320	AC220V

Solenoides / regreso resorte



Serie	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
3V-1	1/8"	23	12,5	19	13	18	3,3	21	11,5	7,7	27	3,3	85,5	53,5	16	14
3V-2	1/4"	27,5	12,5	30	17	22	3,2	25	15	8	35	4,3	108	66,5	22,5	16
3V-3	3/8"	32,5	15	35	20	27	4,3	30	17,5	10,5	40	4,3	119	69	24	20,5

- Electroválvula 5/2 4V210 – 06

## VALVULAS SOLENOIDES - 5/2 - 5/3 VIAS

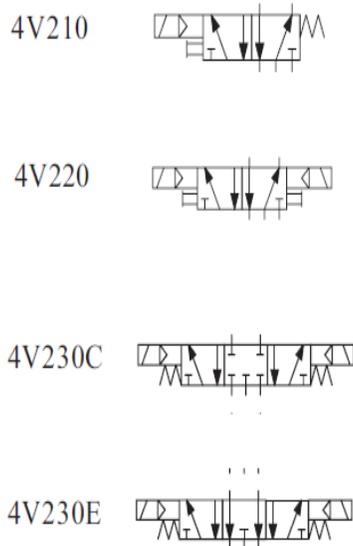


### SERIE 4V2 - 1/4"



Código	Rosca	Vías	Operador de la Válvula	Referencia - Voltaje
A14005	1/4"	5/2	Simple solenoide / regreso resorte	4V210-08-DC12V
A14010	1/4"	5/2	Simple solenoide / regreso resorte	4V210-08-DC24V
A14015	1/4"	5/2	Simple solenoide / regreso resorte	4V210-08-AC110V
A14020	1/4"	5/2	Simple solenoide / regreso resorte	4V210-08-AC220V
A14025	1/4"	5/2	Doble solenoide	4V220-08-DC12V
A14030	1/4"	5/2	Doble solenoide	4V220-08-DC24V
A14035	1/4"	5/2	Doble solenoide	4V220-08-AC110V
A14040	1/4"	5/2	Doble solenoide	4V220-08-AC220V
A14045	1/4"	5/3	Doble solenoide / centros cerrados	4V230C-08-DC12V
A14050	1/4"	5/3	Doble solenoide / centros cerrados	4V230C-08-DC24V
A14055	1/4"	5/3	Doble solenoide / centros cerrados	4V230C-08-AC110V
A14060	1/4"	5/3	Doble solenoide / centros cerrados	4V230C-08-AC220V
A14065	1/4"	5/3	Doble solenoide / centros abiertos	4V230E-08-DC12V
A14070	1/4"	5/3	Doble solenoide / centros abiertos	4V230E-08-DC24V
A14075	1/4"	5/3	Doble solenoide / centros abiertos	4V230E-08-AC110V
A14080	1/4"	5/3	Doble solenoide / centros abiertos	4V230E-08-AC220V

**Nota:** Estas válvulas vienen con LED indicador como equipo standard



### Especificaciones Técnicas

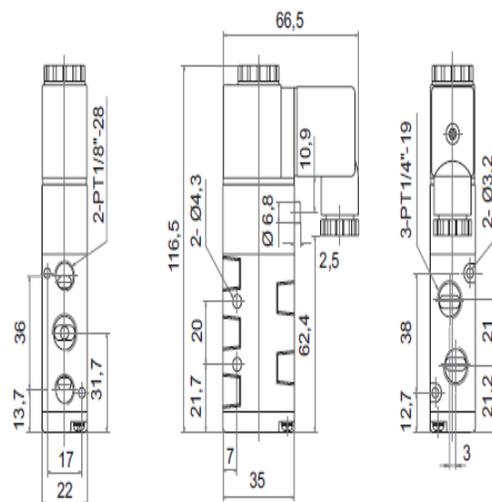
Operación	Piloto intemo
Area del orificio (CV)	16mm <sup>2</sup> ( 0,78 )
Lubricación	No requiere lubricación
Presión de operación	1,5 ~ 8 Kg./cm <sup>2</sup> ( 21 ~ 114 PSI )
Máxima presión	10,5 Kg./cm <sup>2</sup> ( 150 PSI )
Temperatura	5 ~ 60 °C ( 41 ~ 140 °F )
Corriente Alterna	50/60 Hz
Variación del voltaje	± 10 %
Consumo de potencia	AC: 4,5VA DC: 3W
Aislamiento de la bobina	Clase F
Protección bobina	IP65 (DIN40050)
Conector	Tipo DIN
Máxima frecuencia	5 Ciclos / seg.
Tiempo de respuesta	0,05 Seg.

## VALVULAS SOLENOIDES - 5/2 - 5/3 VIAS

**AIRTAC**

### SERIE 4V2 - 1/4"

5/2 Simple Solenoide  
4V210

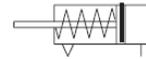


- Cilindro neumático AIRTAC simple efecto MASL 20X75-S

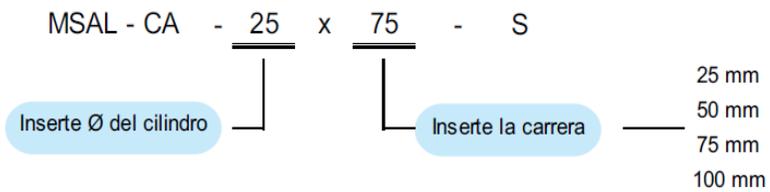
## CILINDROS DE SIMPLE EFECTO - MAL SERIE MSAL



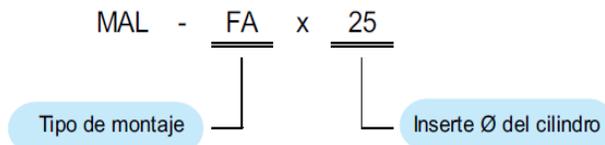
- Cilindros de simple efecto regreso por resorte
- Fabricados en Aluminio
- No requieren lubricación
- Anillo magnético Standard



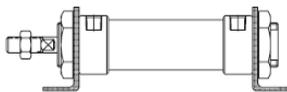
Como ordenar su cilindro de simple efecto MSAL



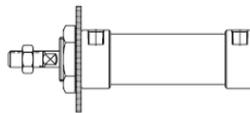
Como ordenar el montaje de su cilindro MSAL



LB: Pies



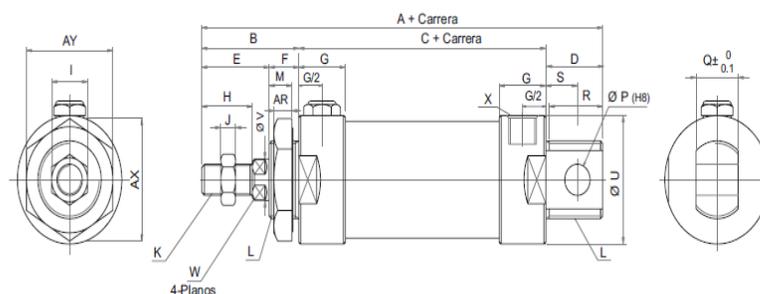
FA: Flanche



SDB: Pivote



# CILINDROS DE SIMPLE EFECTO - MAL SERIE MSAL



Diam.	A		B	C		D	E	F	G	H
	0-50	51-100		0-50	51-100					
20 mm	131	156	40	70	95	21	28	12	16	20
25 mm	135	160	44	70	95	21	30	14	16	22
32 mm	141	166	44	70	95	27	30	14	16	22
40 mm	165	190	46	92	117	27	32	14	22	24

Diam.	I	J	K	L	M	P	Q	R
20 mm	12	6	M8 x 1,25	M22x1,5	10	8	16	19
25 mm	17	6	M10 x 1,25	M22x1,5	12	8	16	19
32 mm	17	6	M10 x 1,25	M24x2,0	12	10	16	25
40 mm	17	7	M12 x 1,25	M30x2,0	12	12	20	25

Diam.	S	U	V	W	X	AR	AX	AY
20 mm	12	29	8	6	G1/8"	7	33	29
25 mm	12	34	10	8	G1/8"	7	35	29
32 mm	15	39,5	12	10	G1/8"	7	35	32
40 mm	15	49,5	16	14	G1/4"	9	47	41

Nota: Ver accesorios y sensor magnético en las Págs. 42-44.  
Ver dimensiones de los montajes en la Pág. 40

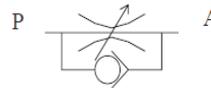
- Cilindro neumático AIRTAC doble Efecto

Cilindro elaborado en aluminio referencia MI – 16 x 200, diámetro 16 mm y carrera 200 mm

- Regulador de flujo AIRTAC ASC-100-06

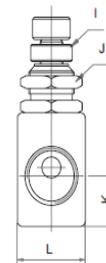
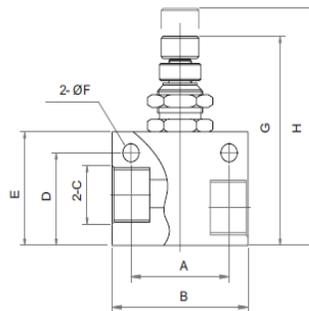
## CONTROL DE FLUJO EN LINEA SERIE ASC

**AIRTAC**



Código	Rosca	Referencia
A31010	1/8"	ASC-06
A31015	1/4"	ASC-08
A31020	3/8"	ASC-10
A31025	1/2"	ASC-15

Especificaciones Técnicas	
Presión de Operación	0 ~ 9,5 Kg./cm <sup>2</sup> ( 0 ~ 140 PSI )
Máxima presión	15 Kg./cm <sup>2</sup> ( 220 PSI )
Temperatura	5 ~ 60 °C ( 11 ~ 140 °F )
Cuerpo	Aluminio



Serie	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
ASC-06	22	32	1/8"	18	23	4,3	45,7	52,3	M6 x 0,5	M12 x 0,75	10	18
ASC-08	26	36	1/4"	22	27	4,3	49,7	56,3	M6 x 0,5	M12 x 0,75	12	18
ASC-10	30	40	3/8"	24	29	4,3	51,7	58,3	M6 x 0,5	M12 x 0,75	13	22
ASC-15	-	56	1/2"	-	25,5	-	54,7	63,3	M7 x 0,8	M18 x 0,9	13	25,5

- Racores instantáneos AIRTAC

## RACORES INSTANTANEOS

### SERIE P - EN PULGADAS



Código	Referencia	Rosca PT	Manguera OD
A50105	PC 1/4-U10	10/32"	1/4"
A50110	PC 1/4-N01	1/8"	1/4"
A50115	PC 5/16-N01	1/8"	5/16"
A50120	PC 1/4-N02	1/4"	1/4"
A50125	PC 5/16-N02	1/4"	5/16"
A50130	PC 3/8-N02	1/4"	3/8"
A50135	PC 1/4-N03	3/8"	1/4"
A50140	PC 3/8-N03	3/8"	3/8"
A50145	PC 1/2-N03	3/8"	1/2"
A50150	PC 3/8-N04	1/2"	3/8"
A50155	PC 1/2-N04	1/2"	1/2"



Código	Referencia	Rosca PT	Manguera OD
A51105	PL 1/4-U10	10/32"	1/4"
A51110	PL 1/4-N01	1/8"	1/4"
A51115	PL 5/16-N01	1/8"	5/16"
A51120	PL 1/4-N02	1/4"	1/4"
A51125	PL 5/16-N02	1/4"	5/16"
A51130	PL 3/8-N02	1/4"	3/8"
A51135	PL 1/4-N03	3/8"	1/4"
A51140	PL 3/8-N03	3/8"	3/8"
A51145	PL 1/2-N03	3/8"	1/2"
A51150	PL 3/8-N04	1/2"	3/8"
A51155	PL 1/2-N04	1/2"	1/2"



Código	Referencia	Manguera OD
A55310	PUT 1/4	1/4"
A55315	PUT 5/16	5/16"
A55320	PUT 3/8	3/8"
A55325	PUT 1/2	1/2"

- Silenciadores

## SILENCIADORES Y CONTROL DE FLUJO

SERIE SL / MSC



### SILENCIADORES

Se instalan en los escapes de las válvulas para reducir el nivel de ruido y evitar la entrada de polvo



Código	Referencia	Rosca
A 32005	SL-M5	M5
A 32010	SL-01	1/8"
A 32015	SL-02	1/4"
A 32020	SL-03	3/8"
A 32025	SL-04	1/2"
A 32030	SL-06	3/4"
A 32035	SL-08	1"

- Transformadores

Cada uno de los transformadores utilizados en el proyecto se trabajaron como reductores.

El transformador #1 no cuenta con derivaciones en su devanado primario y a su vez en su devanado secundario posee derivación central (Tap Central).

- Transformador 1. TR6

Datos	
Voltaje de entrada en el devanado primario	0 - 120 V A.C
Voltaje de salida en el devanado secundario	2 salidas de 0 - 6 V A.C 0 - 12 V A.C
Corriente Máxima de salida en el devanado secundario	6 Amperios

Potencia Máxima de salida en el devanado secundario	36 VA 72 VA
---	----------------

El transformador 2 cuenta con 7 derivaciones en su devanado primario y a su vez en su devanado secundario posee derivación central (Tap Central).

- Transformador 2

Datos	
Voltaje de entrada en el devanado primario	2 Entradas de 0 - 6 V A.C 1 Entrada 0 - 90 V A.C 1 Entrada 0 - 100 V A.C 1 Entrada 0 - 110 V A.C 1 Entrada 0 - 120 V A.C 1 Entrada 0 - 130 V A.C
Voltaje de salida en el devanado secundario	2 salidas de 0 - 12 V A.C 1 salida 0 - 24 V A.C
Corriente Máxima de salida en el devanado secundario	10 Amperios
Potencia Máxima de salida en el devanado secundario	120 VA 240 VA

- Motores DC

Se utilizados motores reductores de corriente continua en el proyecto.

Motor reductor	Voltaje de entrada	Corriente máxima que soporta
Motor 1	24 V DC	3 Amperios
Motor 2	36 V DC	3 Amperios

- Motor Compresor EVANS

Datos del compresor	
Presión máxima	125 PSI
Capacidad	48 Lts
@ 40 PSI	2.6 CFM
@ 90 PSI	1.8 CFM

	Caballos de fuerza	Revoluciones por minuto	Frecuencia de trabajo	Voltaje de entrada	Corriente que soporta
Datos del motor	½ HP	1720 RPM	60 HZ	127 V A.C	7.6 Amperios
				220 V A.C	4 Amperios

- Sensores de posición  
Se implementaron finales de carrera de corriente continua.

Datos		
Voltaje de entrada	0 – 125 V D.C	0 – 250 V D.C
Corriente máxima que soporta	5 Amperios	3 Amperios

- Especificaciones del sellado por calor  
Para el sellado por calor se utilizó ferroníquel.

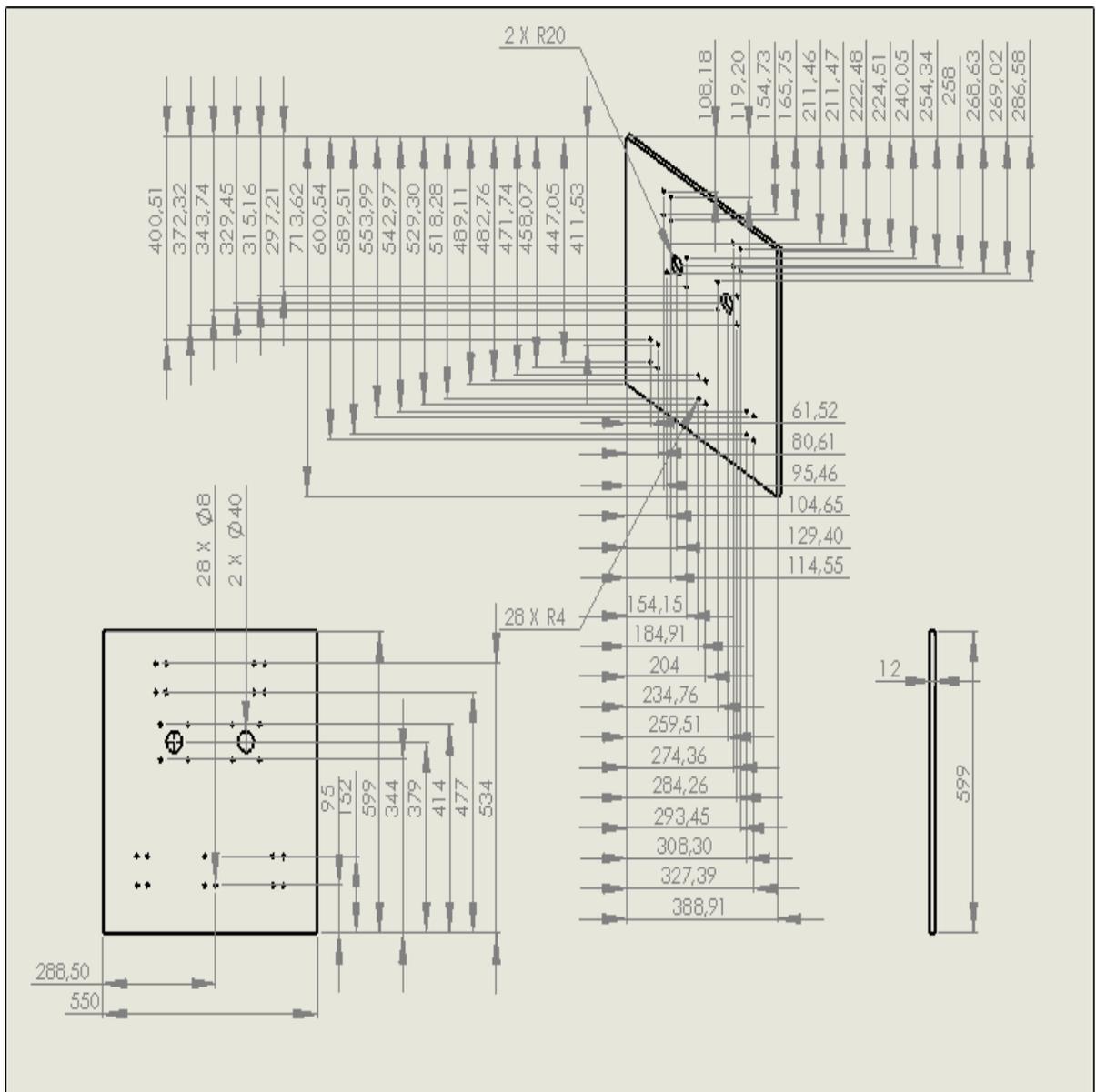
Dispositivo	Corriente de entrada	Corriente de salida	Voltaje de entrada	Voltaje de salida
Transformador 1. Resistencia de cortado	0.72 Amperios	3.31 Amperios	60 V A.C	10 V A.C
Transformador 2. Resistencia de sellado	1.54 Amperios	7.48 Amperios	52.2 V A.C	10 V A.C

Dispositivo	Corriente	Voltaje	Potencia	Valor óhmico
Resistencia de cortado del polietileno	3.31 Amperios	10 V A.C	33.1 Wattios	1 Ω
Resistencia de sellado del polietileno	7.48 Amperios	10 V A.C	70.48 Wattios	1 Ω

## ANEXO B

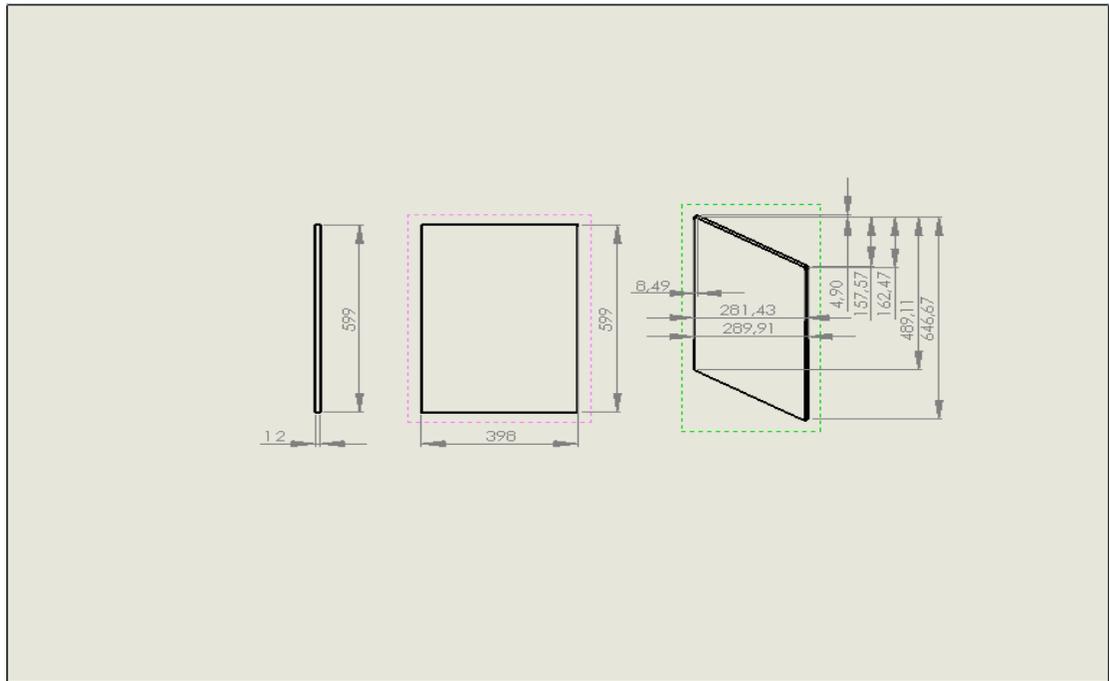
En el Anexo B se muestran las dimensiones de cada una de las piezas elaboradas y utilizadas en el prototipo. Las medidas de estas son dadas en milímetros.

- ESTRUCTURA PRINCIPAL DE SOPORTE DEL MÓDULO GENERAL
- ✓ Placa frontal de la estructura principal de soporte

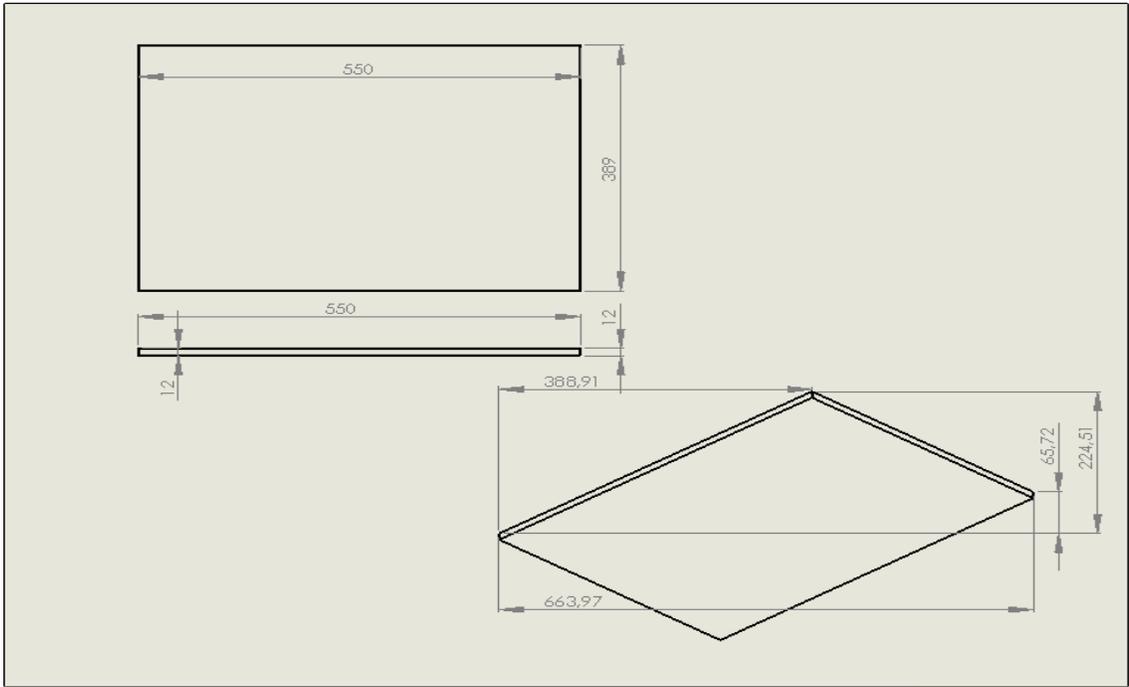


- ✓ Placas laterales de la estructura principal de soporte. Izquierda y Derecha

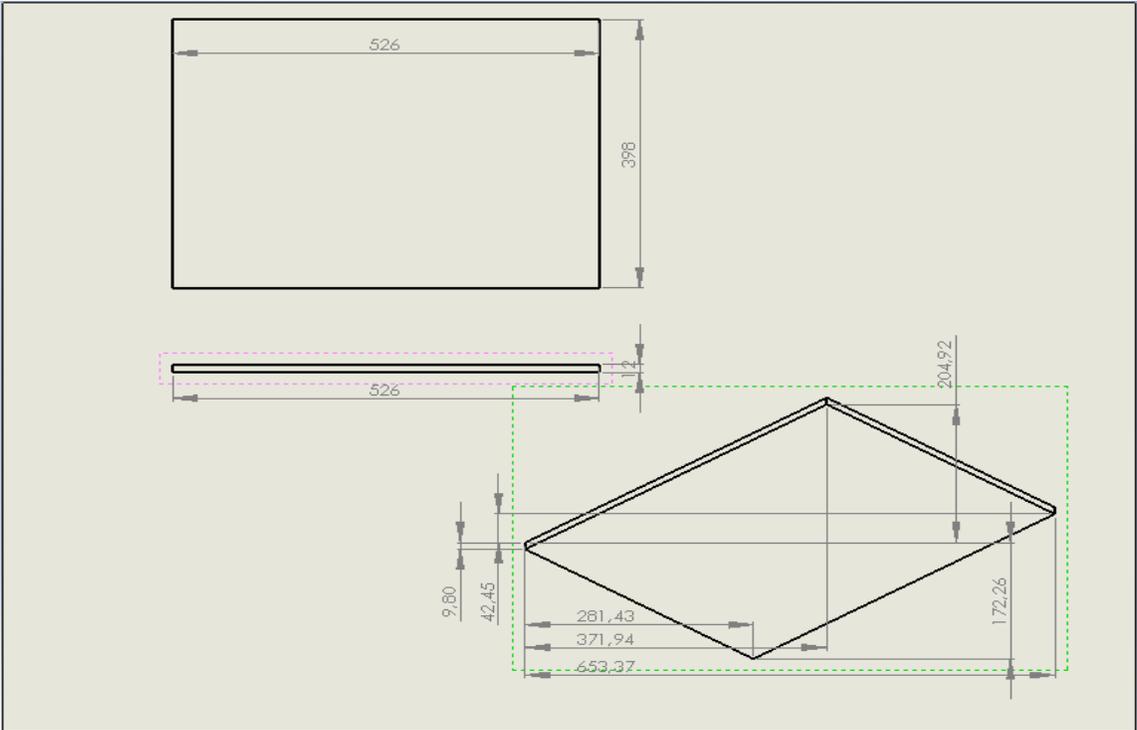
Se muestra las dimensiones de una sola pieza debido que ambas poseen las mismas medidas.



- ✓ Placa superior de la estructura principal de soporte

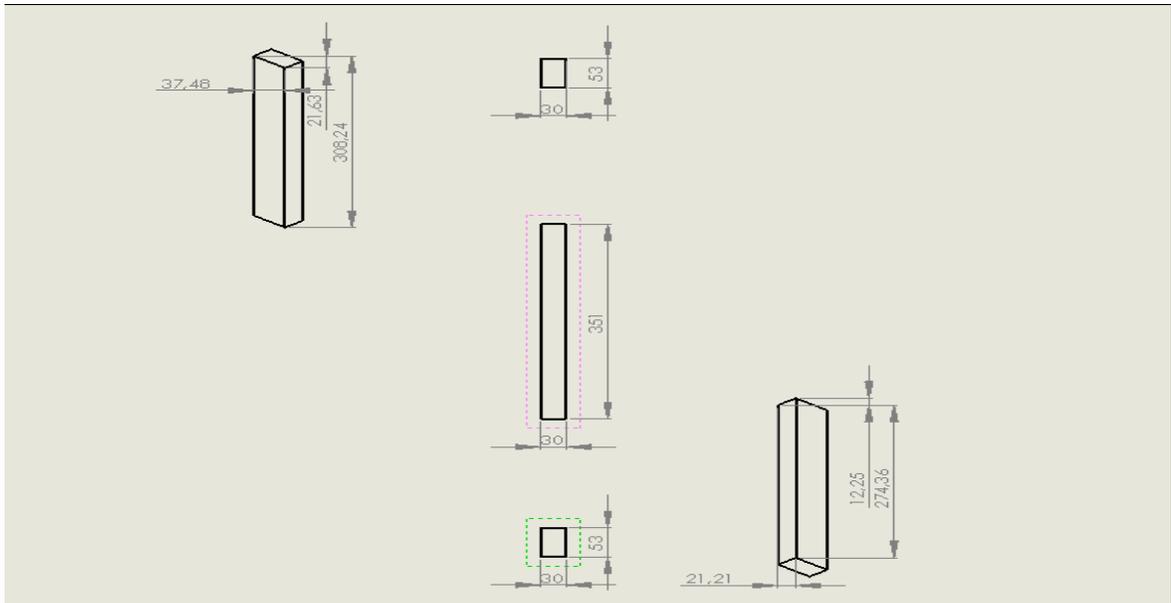


✓ Placa inferior de la estructura principal de soporte

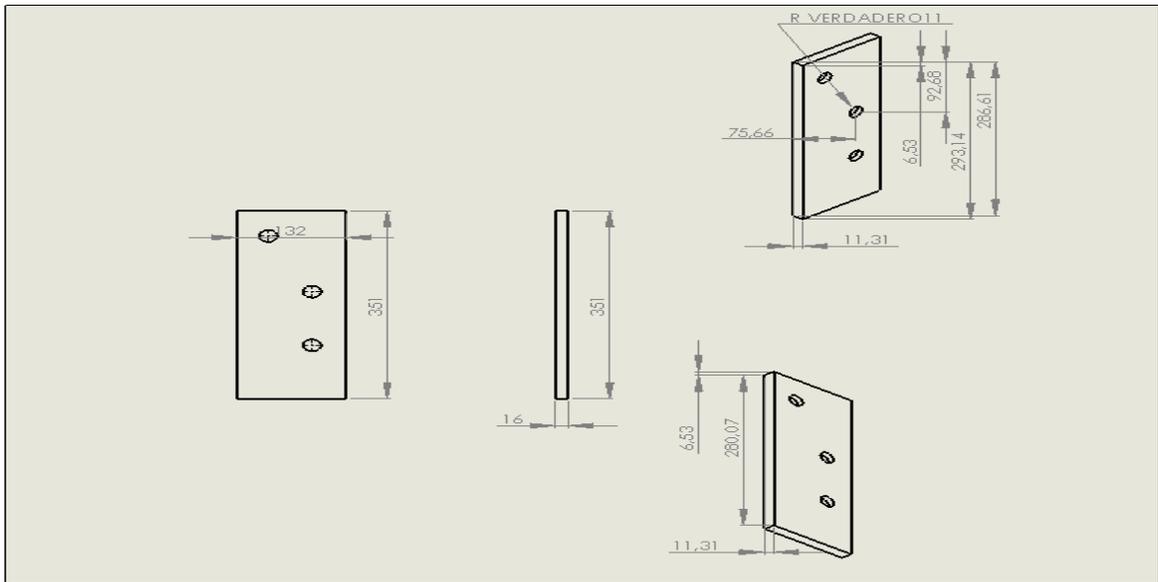


- SISTEMA DE TENSION Y DESPLIEGUE DEL MATERIAL DE EMPAQUE

✓ Bases de soporte de la placa superior del módulo general  
Se muestra las dimensiones de una sola pieza debido a que los cuatro soportes poseen las mismas medidas.

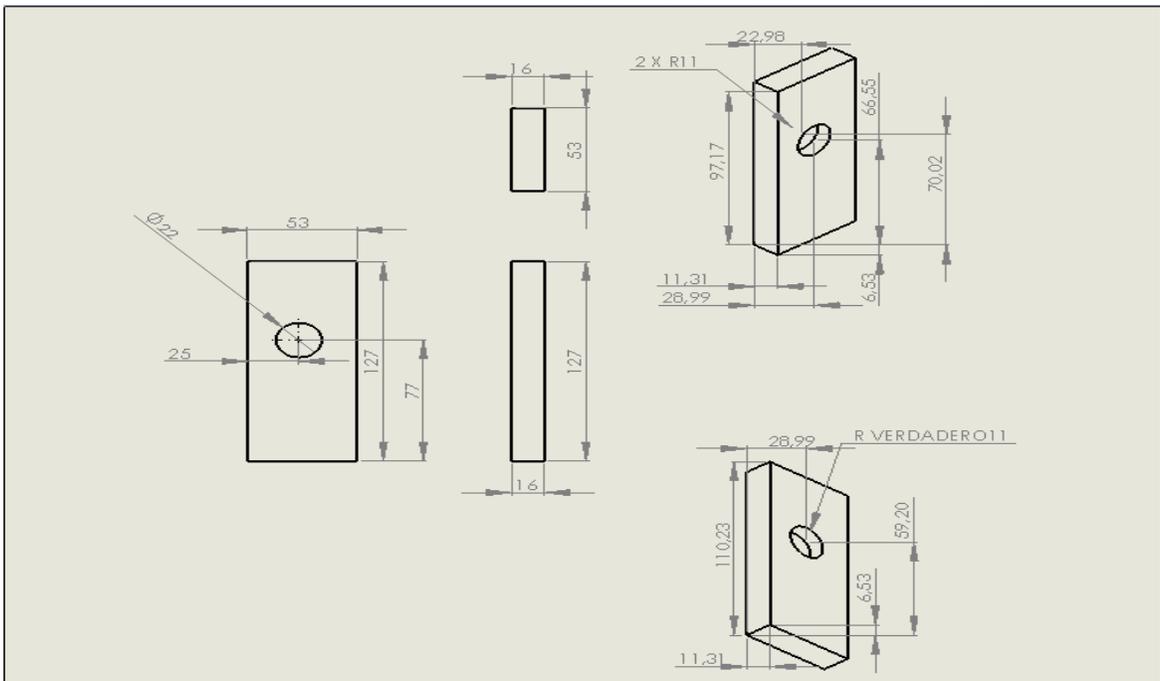


✓ Placas sujetadoras de los rodillos tensores frontales del material de empaque. Izquierda y Derecha  
Se muestra las dimensiones de una sola pieza debido a que las placas sujetadoras poseen las mismas medidas.



- ✓ Placas sujetadoras del rodillo tensor posterior del material de empaque. Izquierda y Derecha

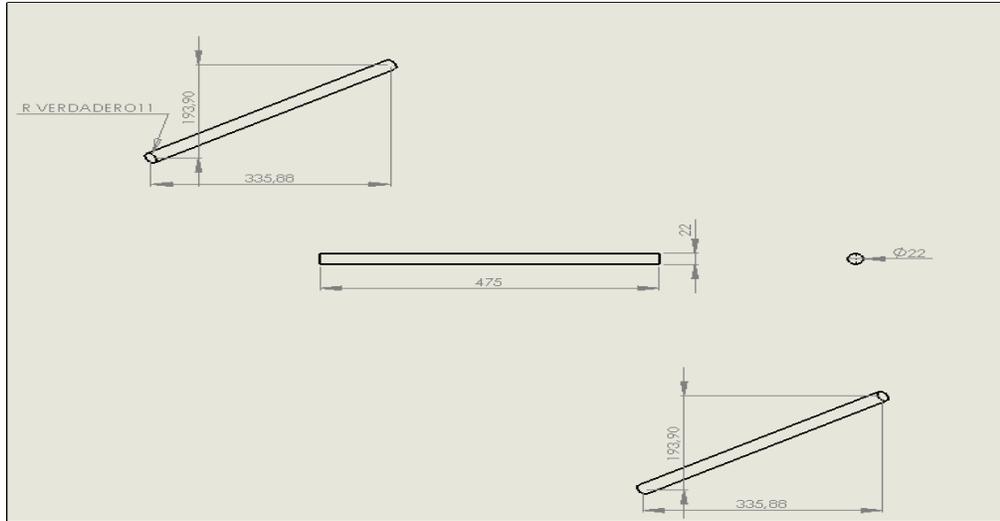
Se muestra las dimensiones de una sola pieza debido a que las placas sujetadoras poseen las mismas medidas.



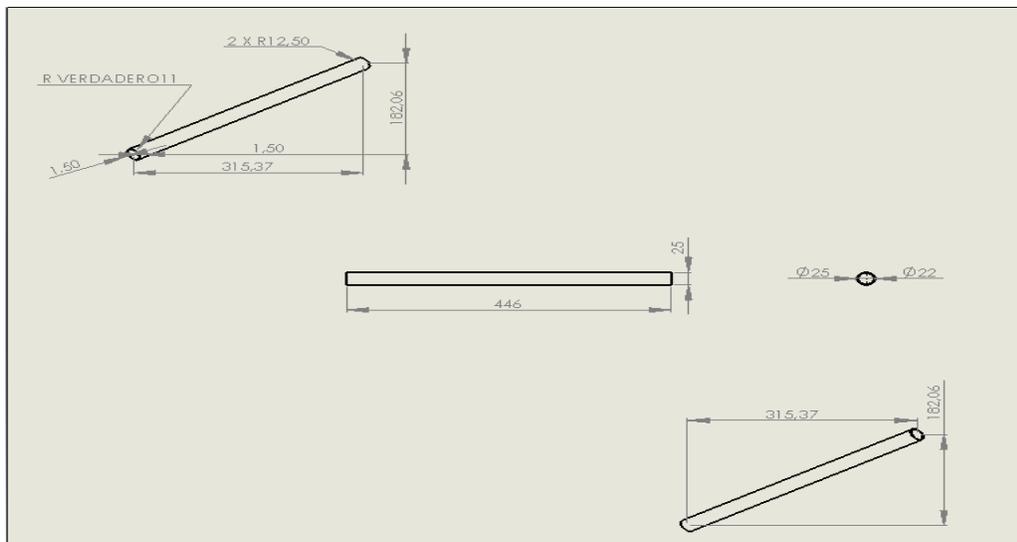
✓ Rodillos tensores del material de empaque

Se muestra las dimensiones de una sola pieza debido a que los tubos de aluminio que conforman los rodillos tensores del material del empaque poseen las mismas medidas. En el proyecto se utilizaron 6 tubos de cada uno de las siguientes dimensiones.

Tubo de 3/2"



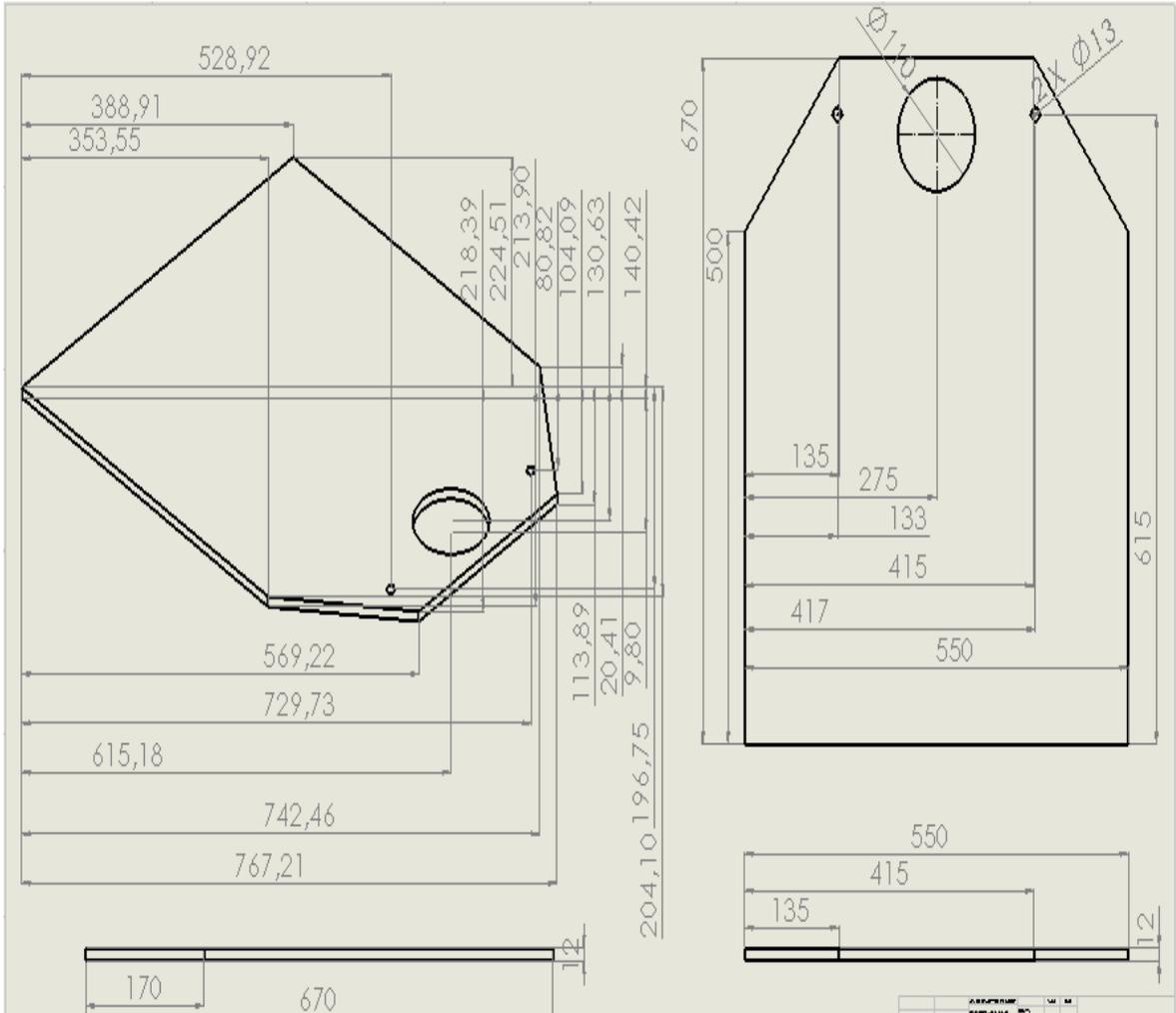
Tubo de 1"



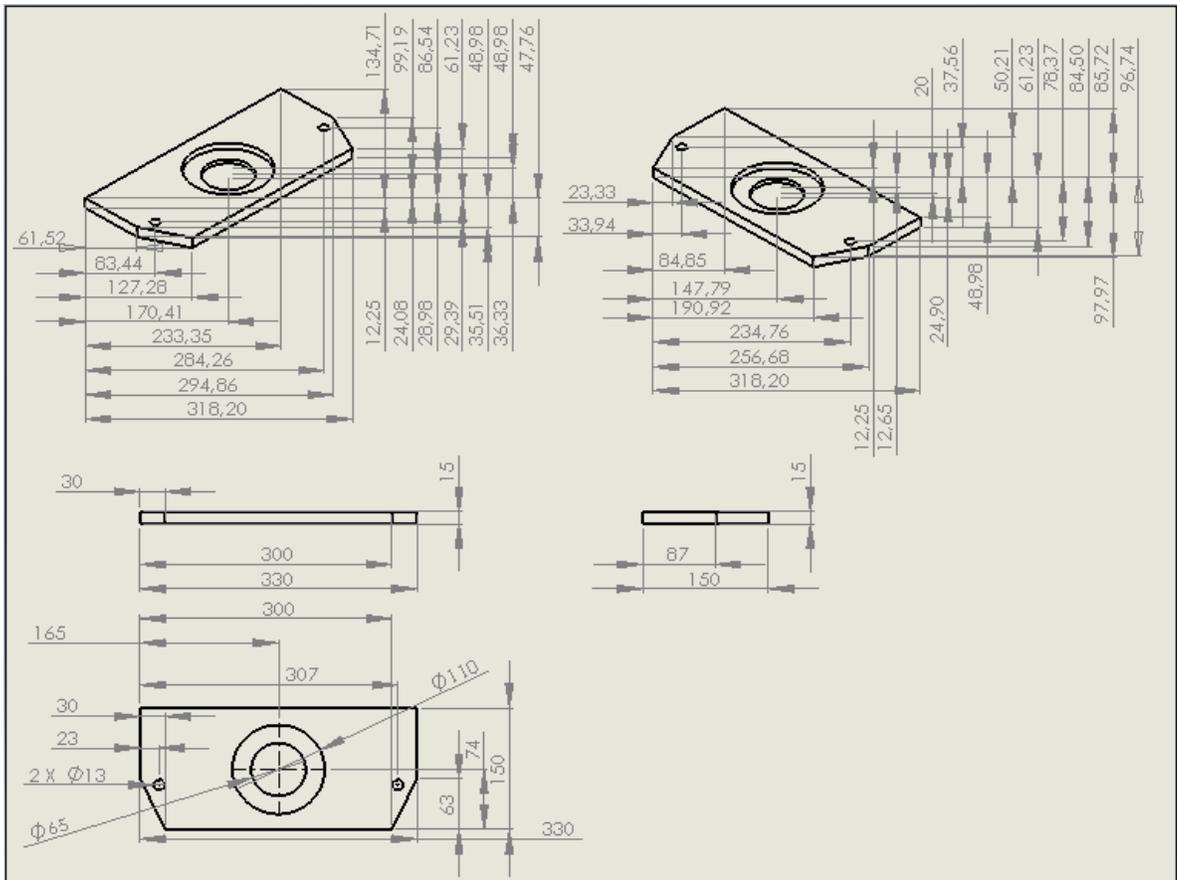


- SISTEMA DE ACOPLE DEL CUELLO Y TUBO FORMADOR

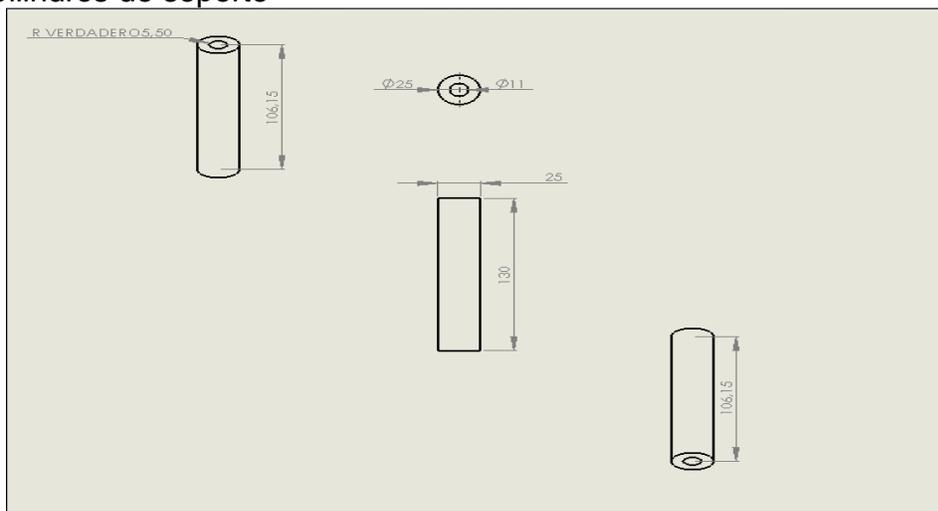
✓ Placa superior del módulo general



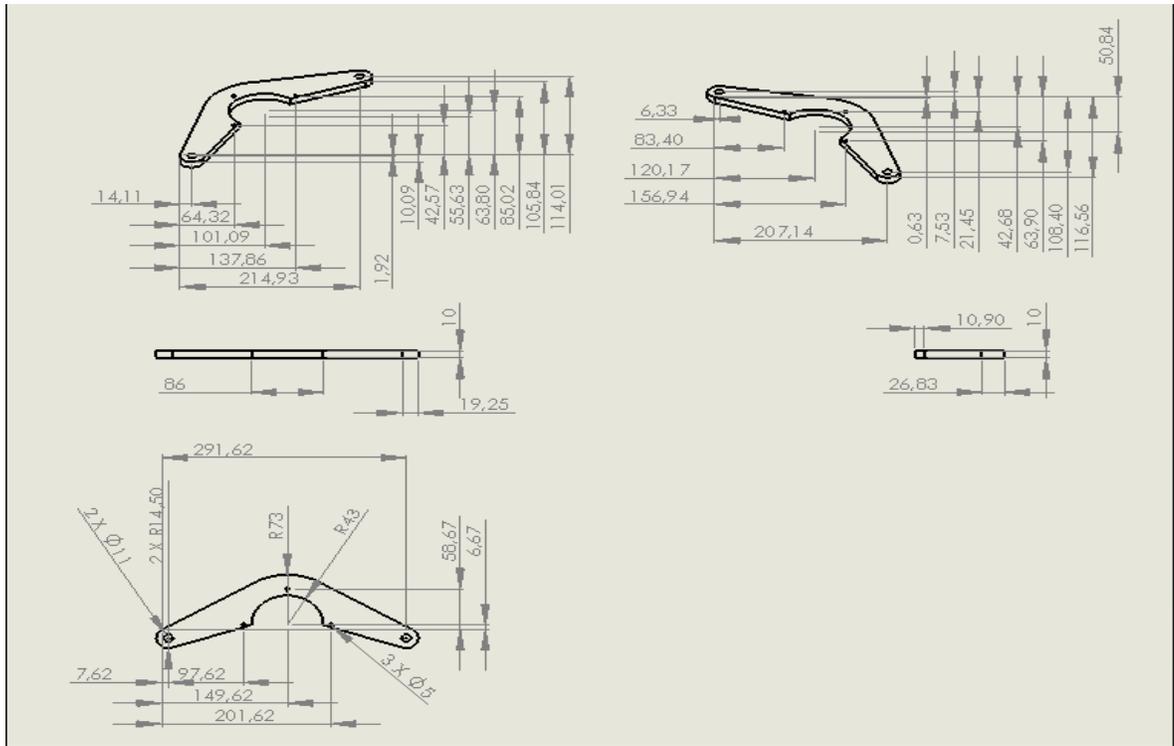
✓ Base de soporte del tubo formador



✓ Cilindros de soporte

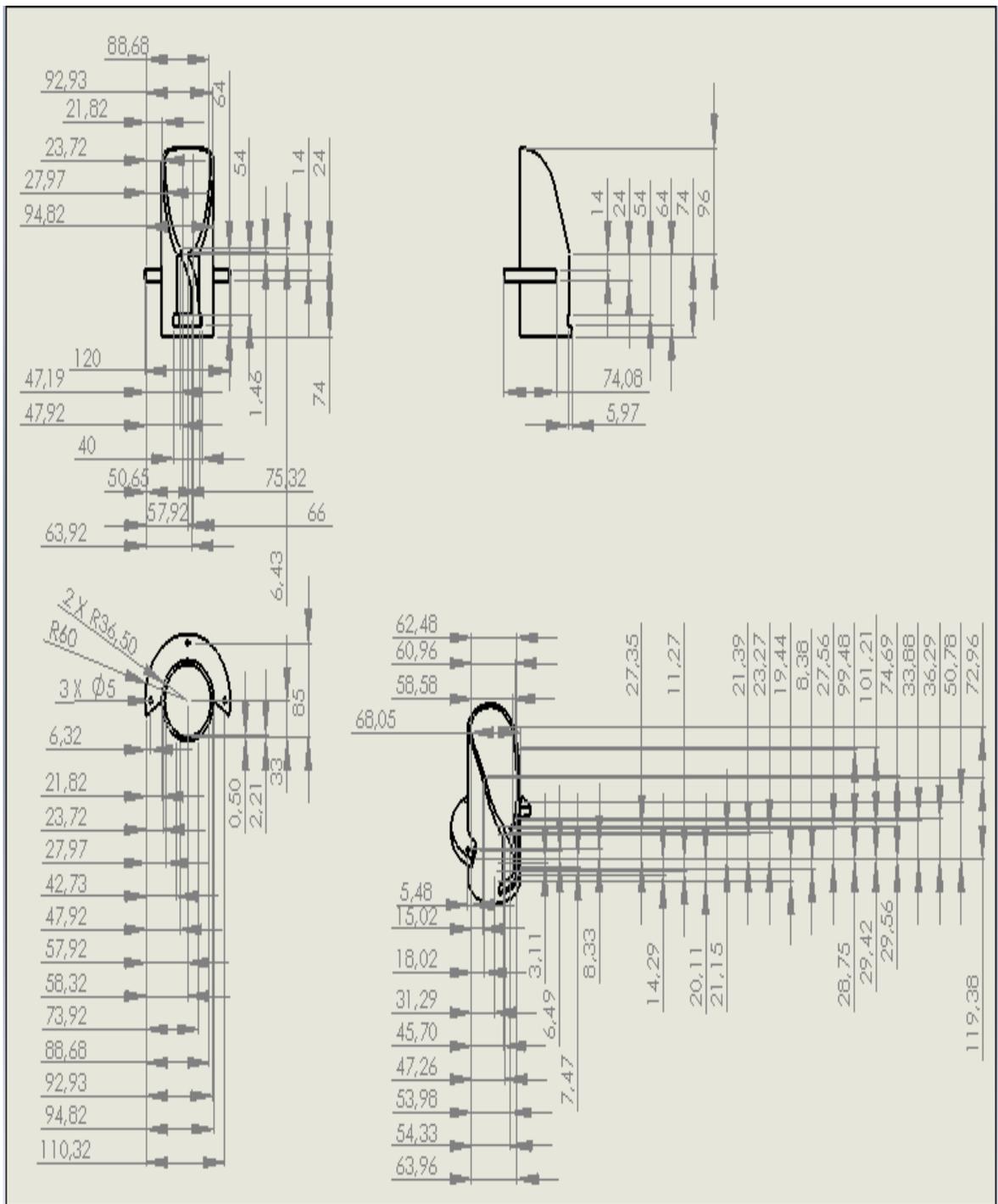


✓ Base de soporte del cuello formador

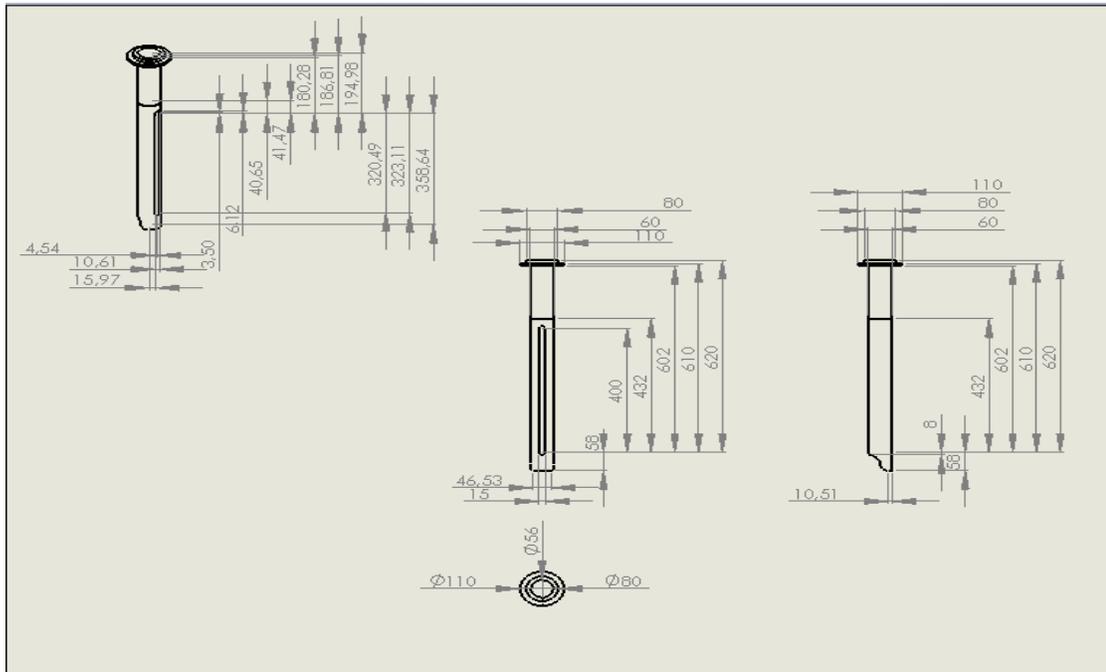


• SISTEMA FORMADOR DEL EMPAQUE

✓ Cuello Formador

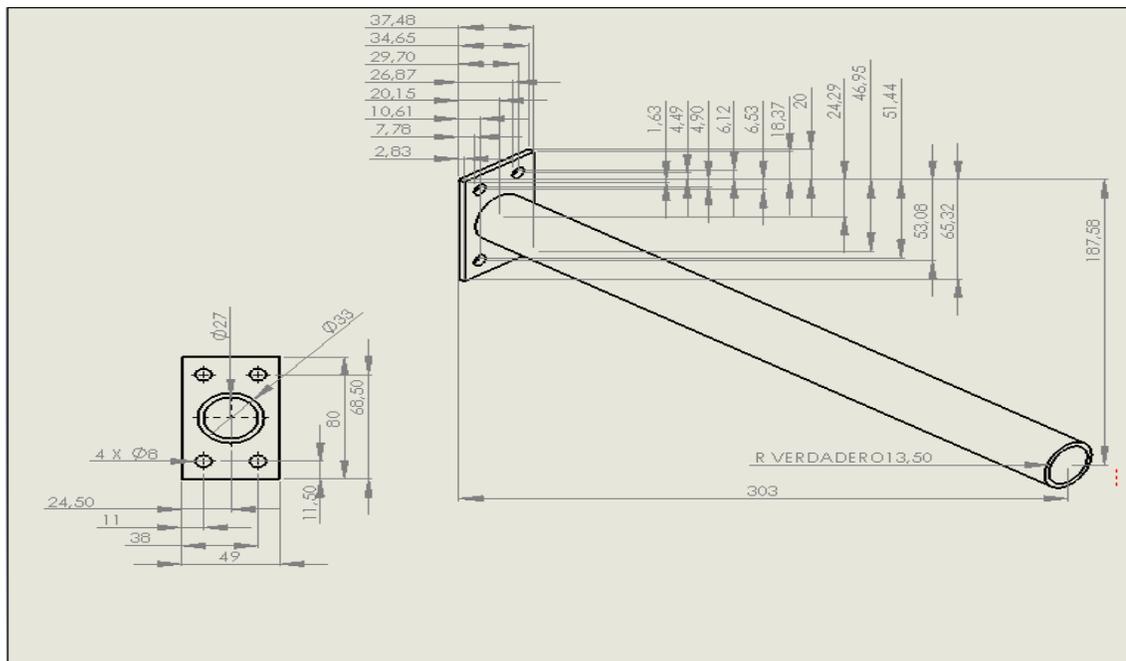


✓ Tubo formador

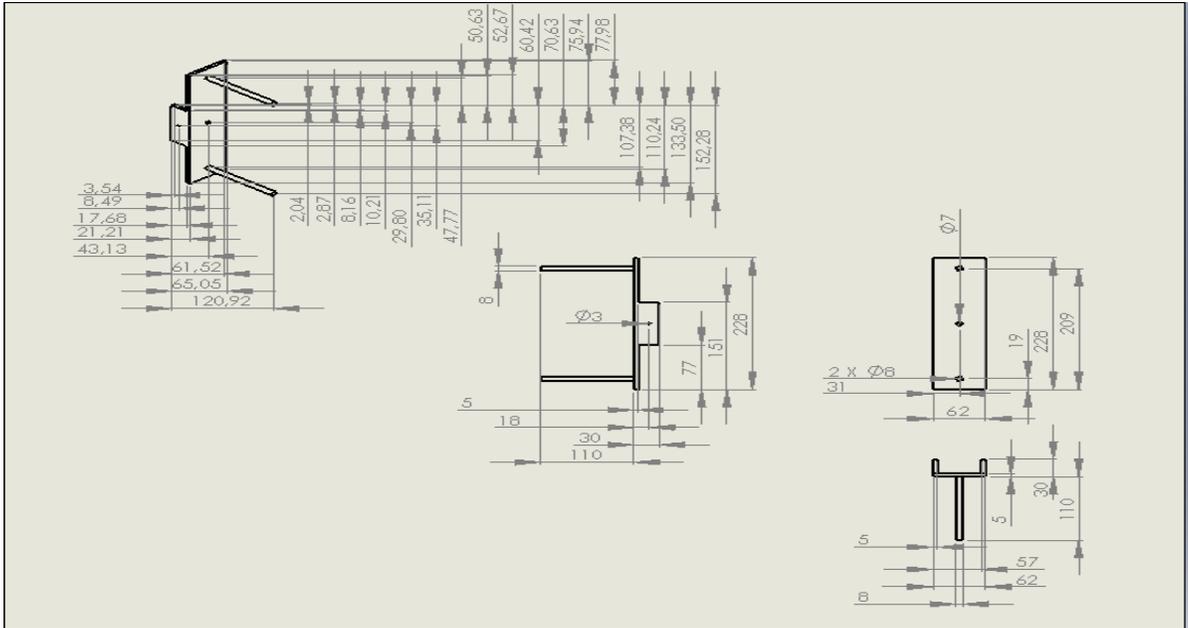


- SISTEMA DE SELLADO Y CORTADO

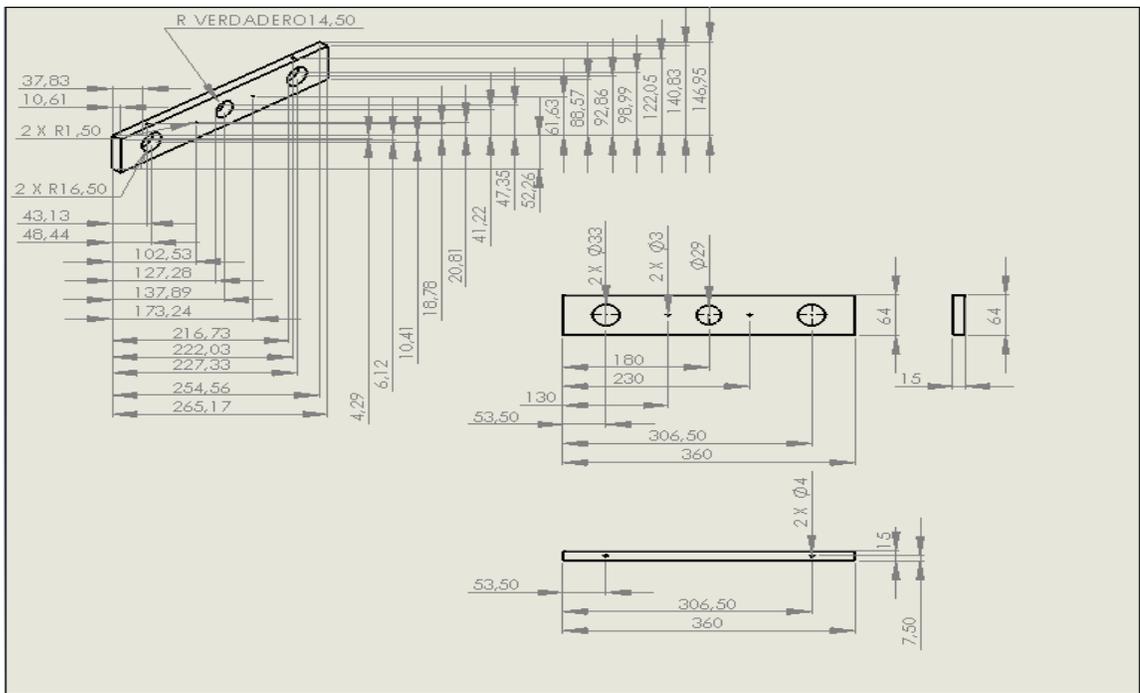
✓ Vigas de soporte



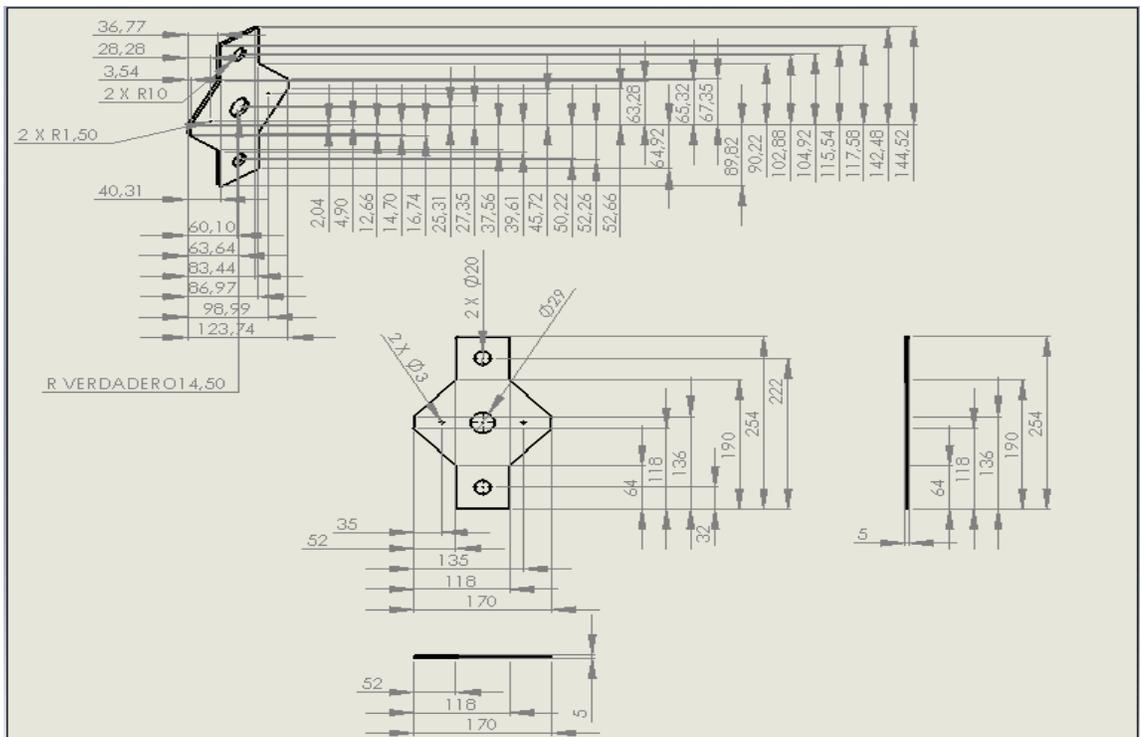
✓ Porta-resistencia de sellado



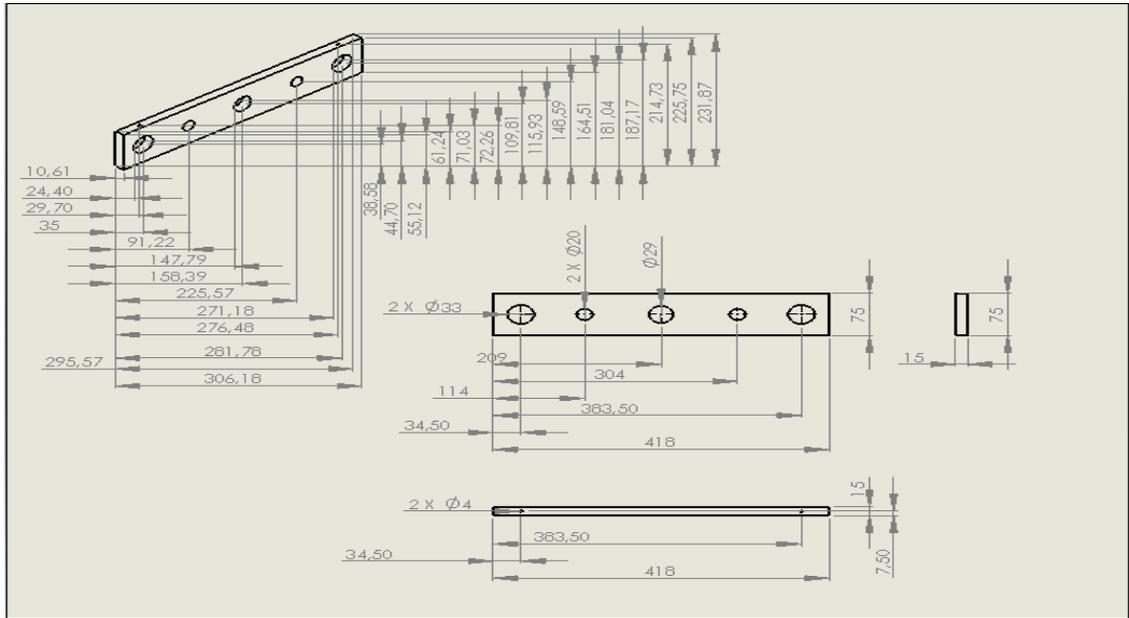
✓ Soporte horizontal del cilindro neumático de sellado vertical



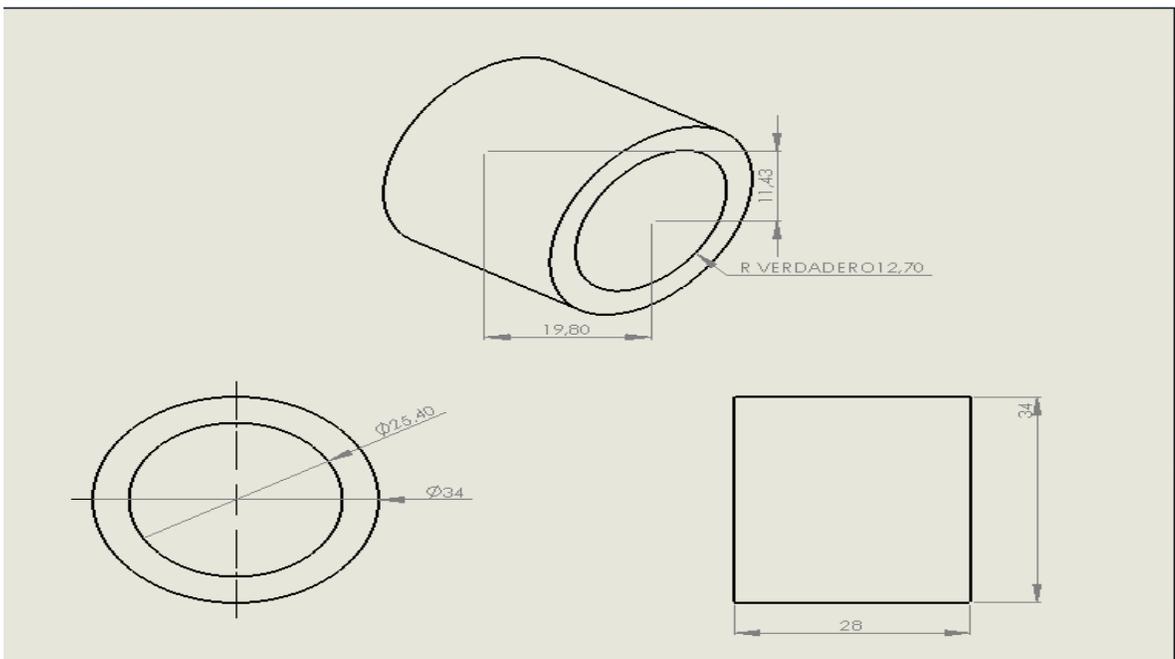
✓ Base guía del porta resistencia de sellado vertical



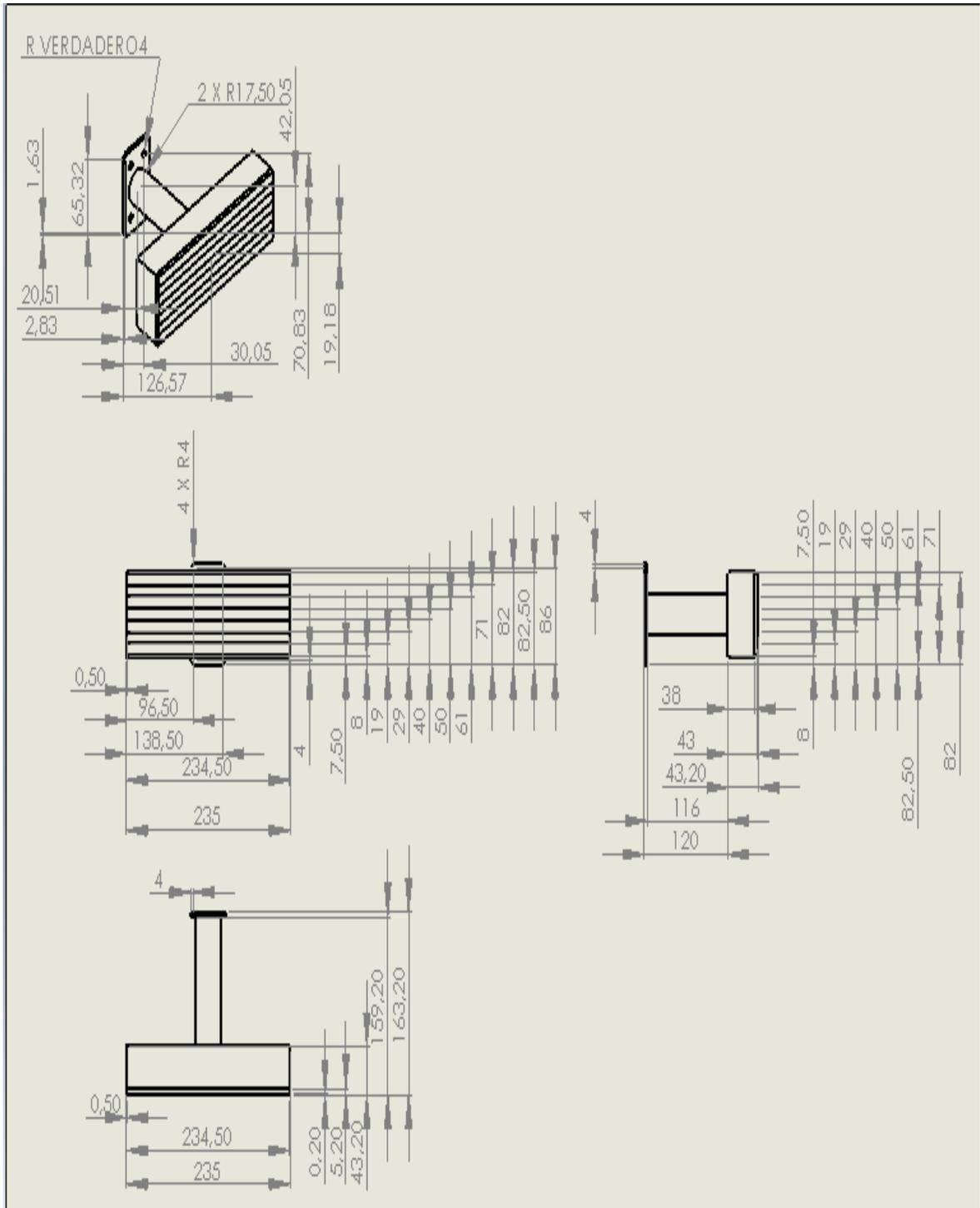
- ✓ Soporte horizontal del cilindro neumático de sellado y cortado horizontal.



- ✓ Bujes que están internos en el soporte horizontal del cilindro de sellado y cortado; y base guía del porta resistencia de sellado vertical



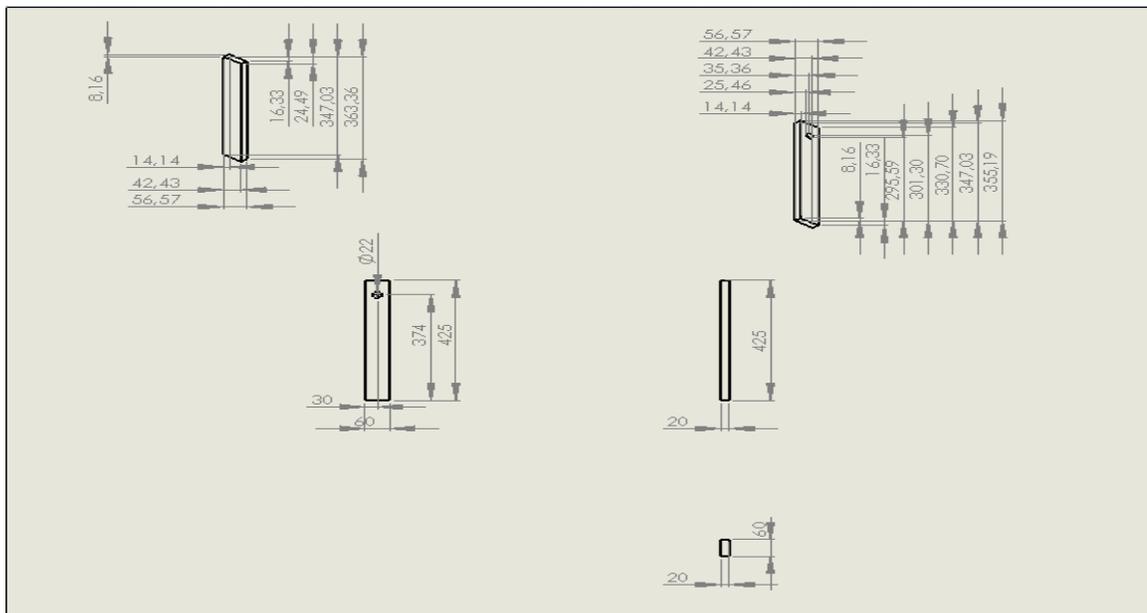
- ✓ Bloque de choque de la resistencia de sellado-cortado horizontal



- SISTEMA DE DESPLIEGUE DEL MATERIAL DEL EMPAQUE

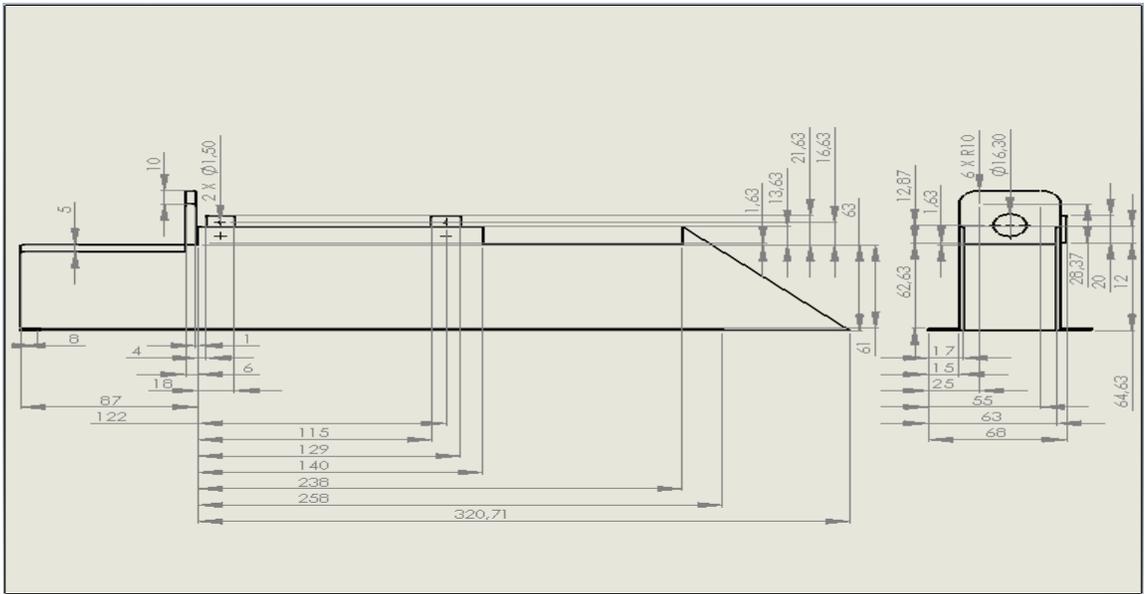
- ✓ Placas laterales del rodillo de despliegue del polietileno

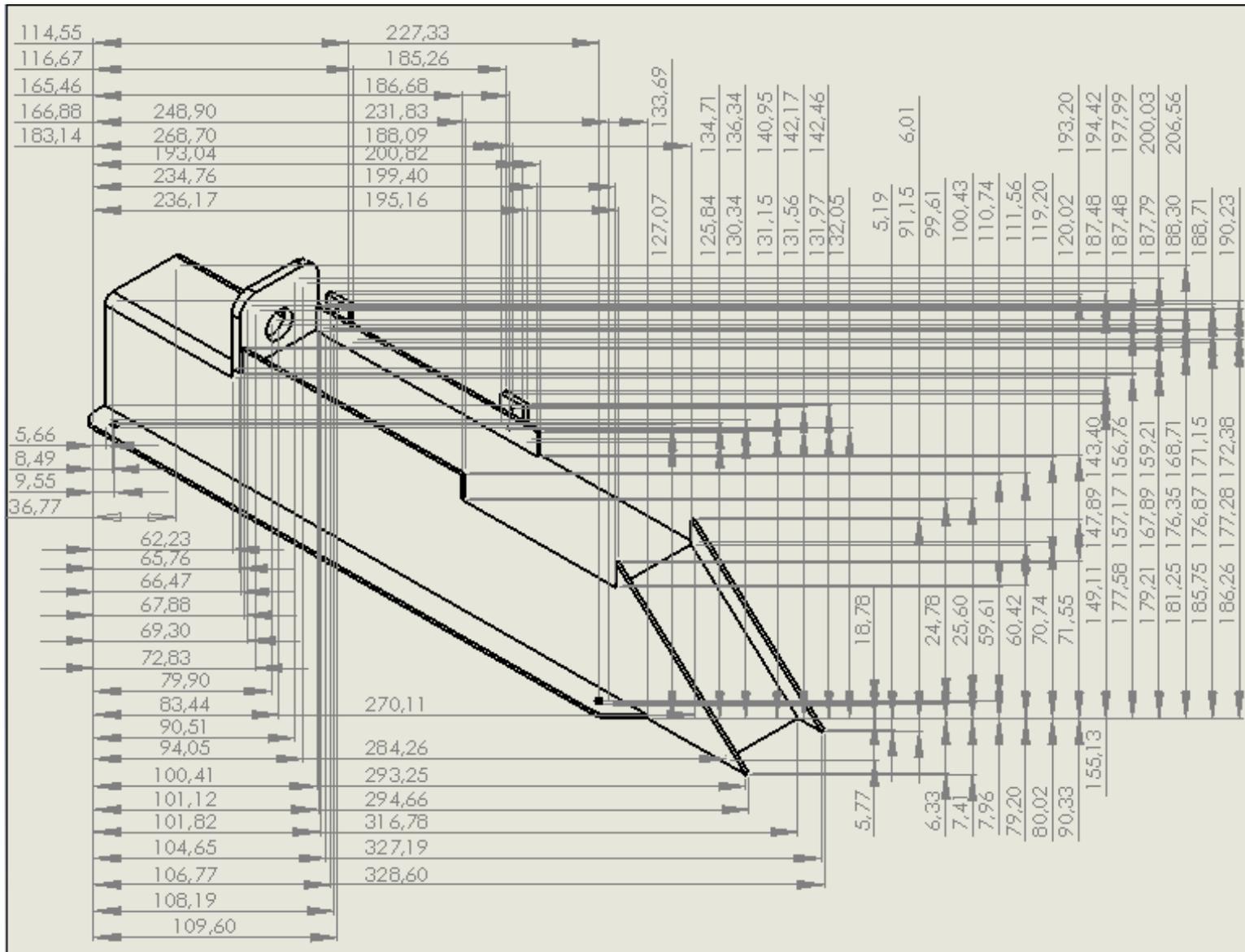
Se muestra las dimensiones de una sola pieza debido a que las placas laterales del rodillo de despliegue del polietileno poseen las mismas medidas.



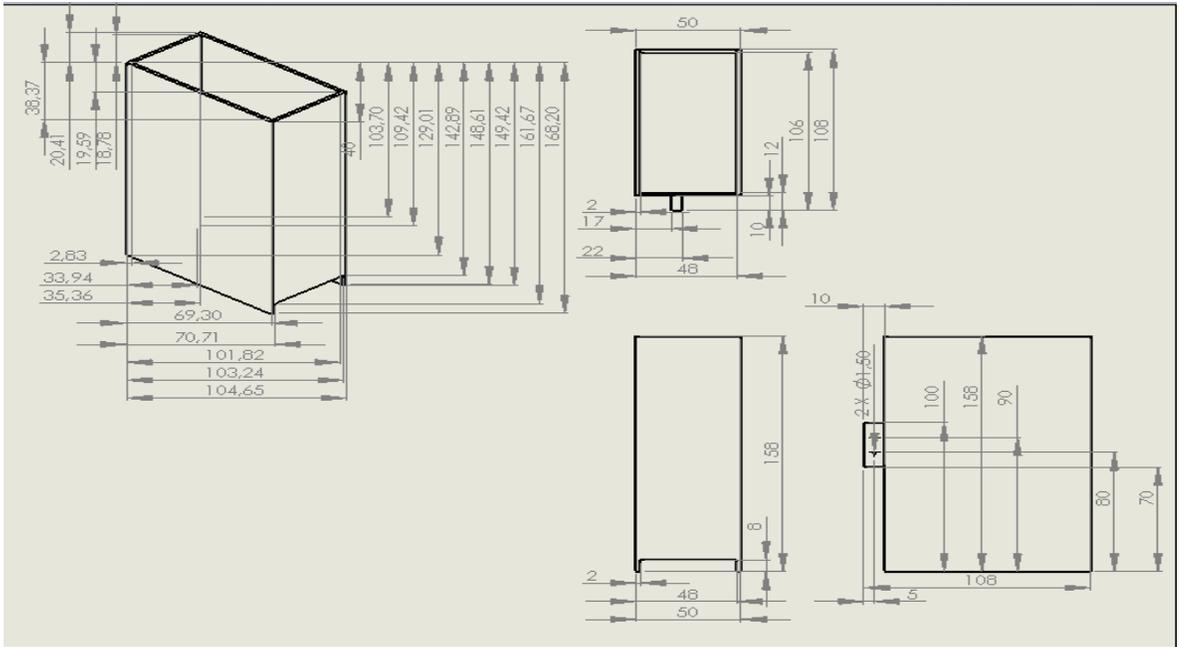
- SILO

- ✓ Base del silo y cilindro neumático

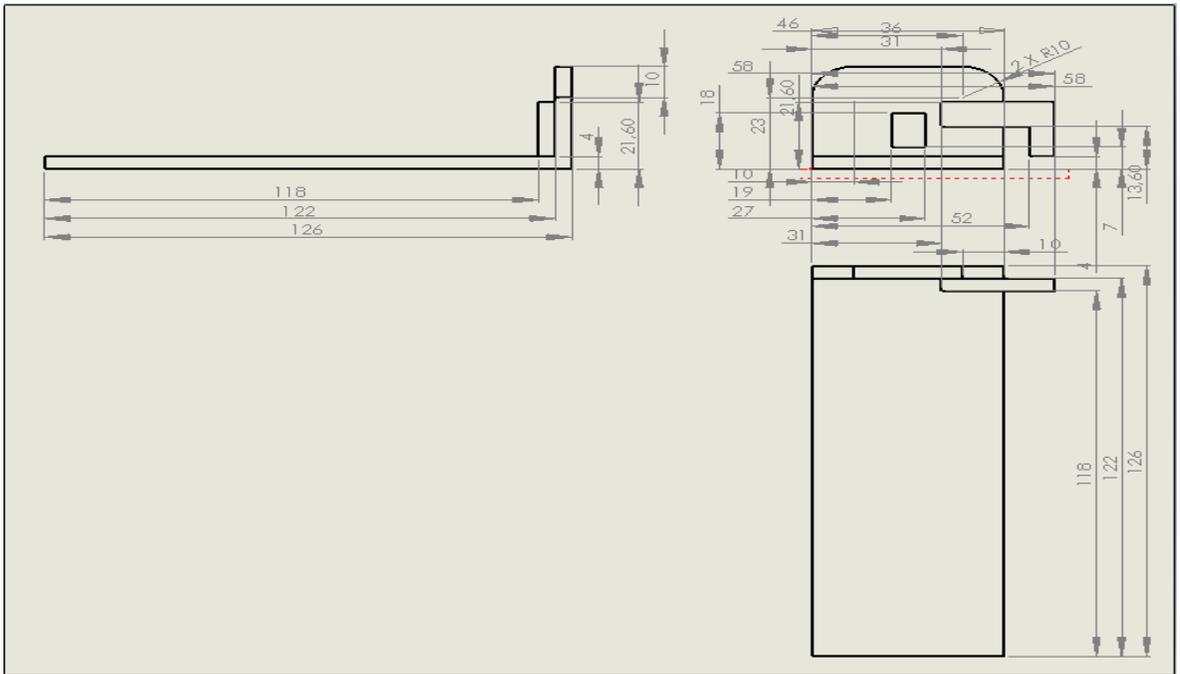




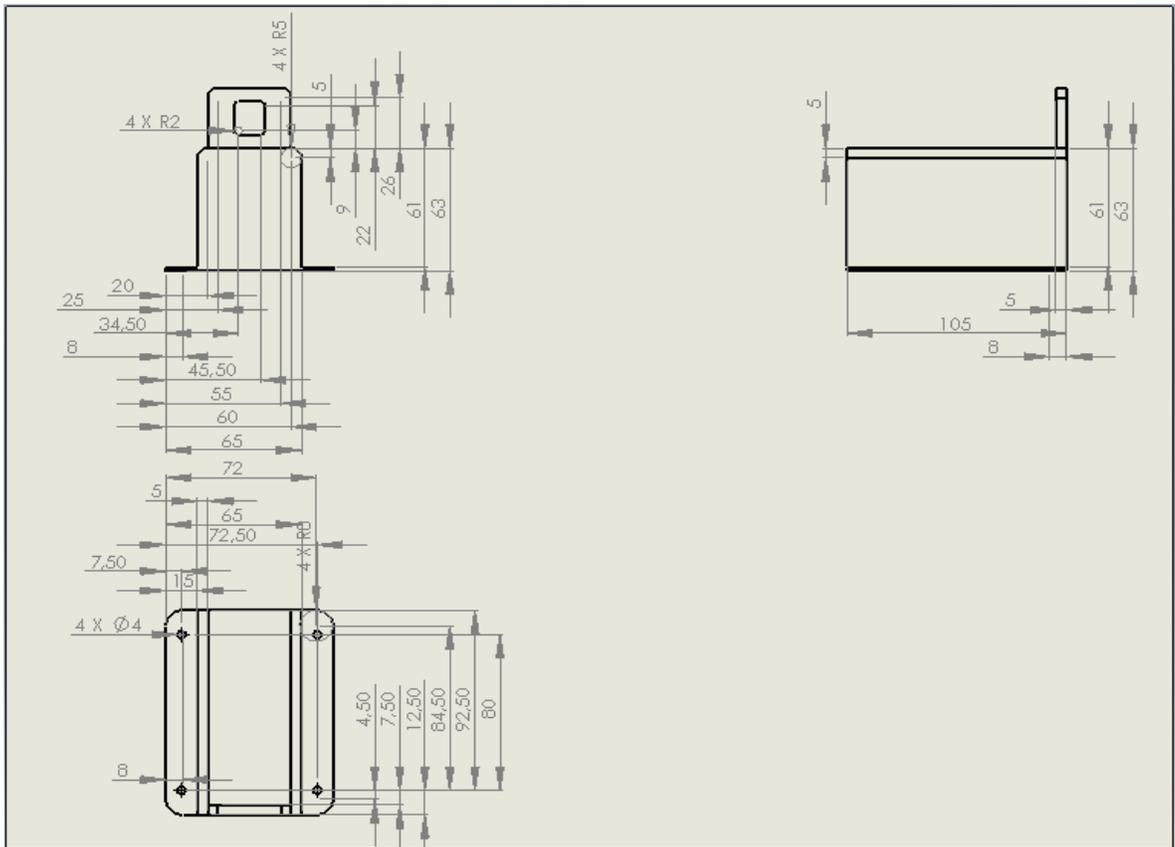
✓ Silo



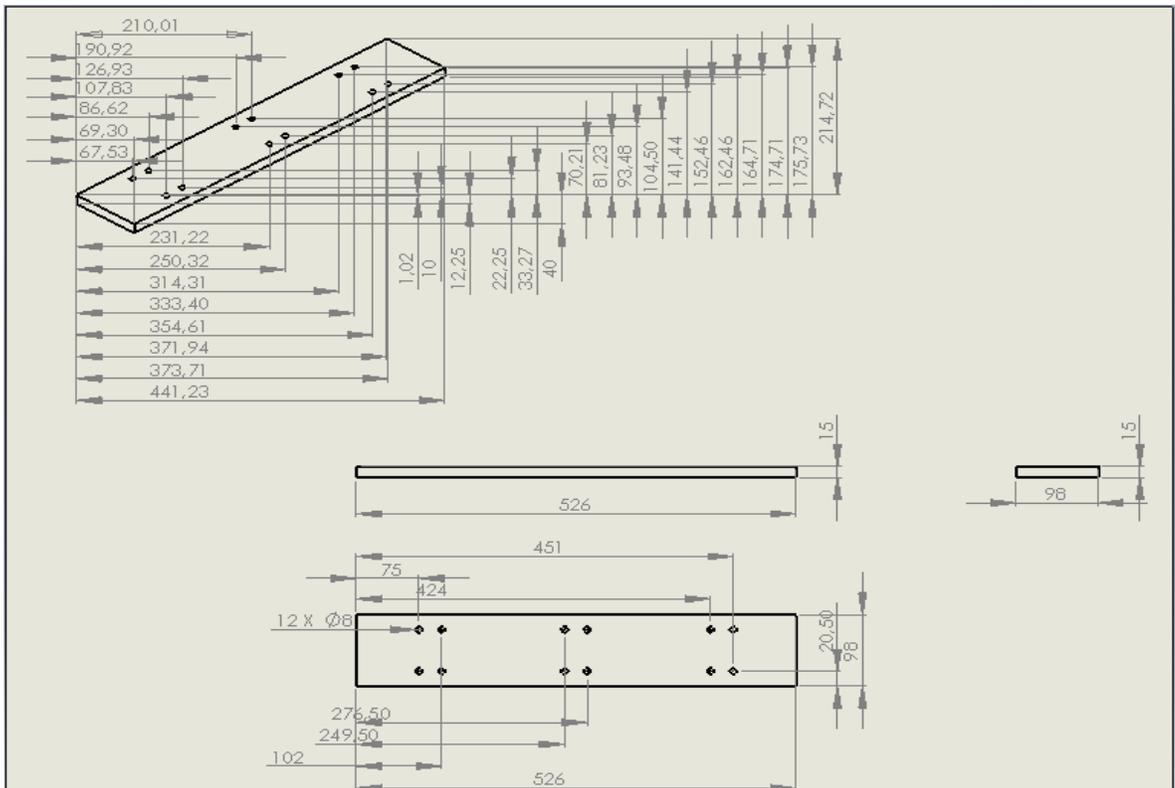
✓ Lamina de acrílico en forma de L



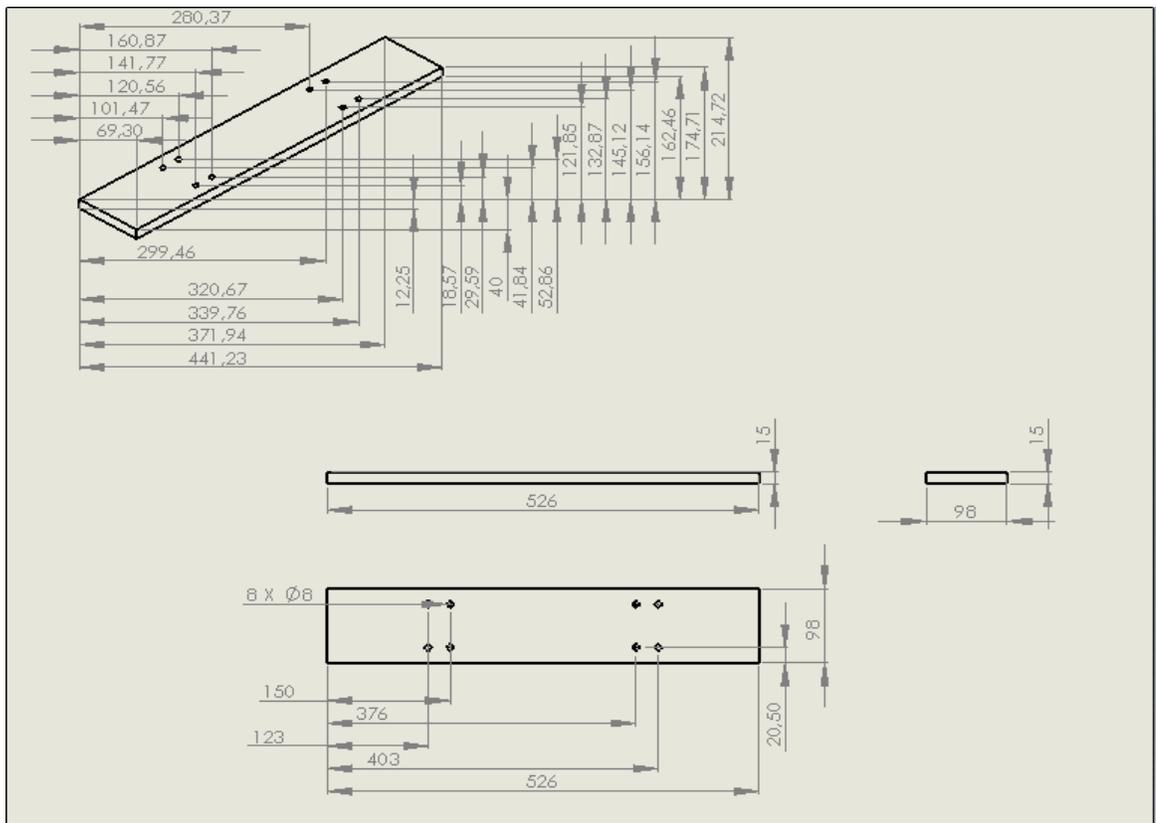
- ✓ Segunda base para el cilindro neumático



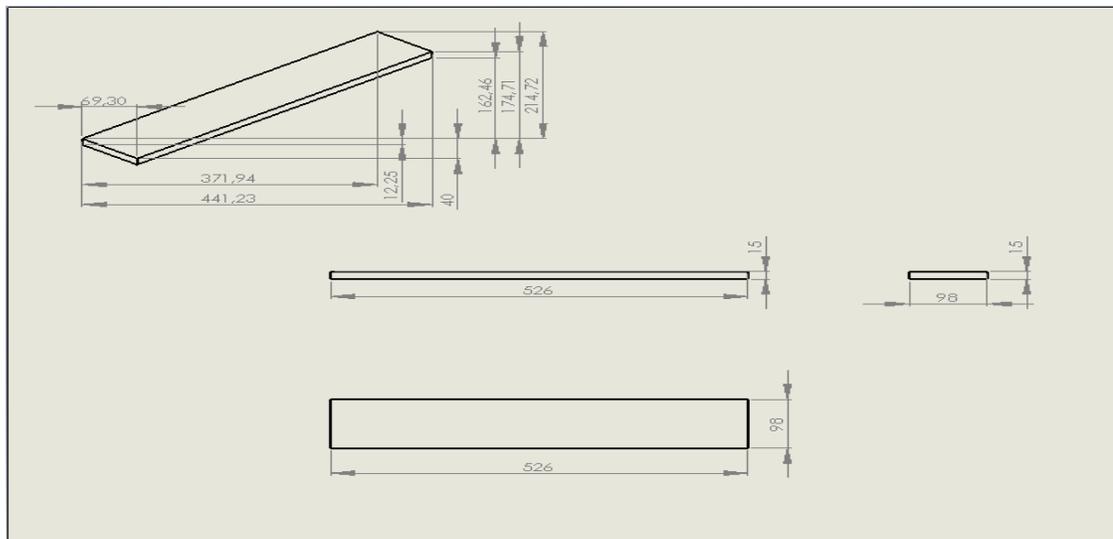
- PARTES ADICIONALES UTILIZADAS EN EL PROTOTIPO
- Soportes para vigas del cilindro neumático superior e inferior



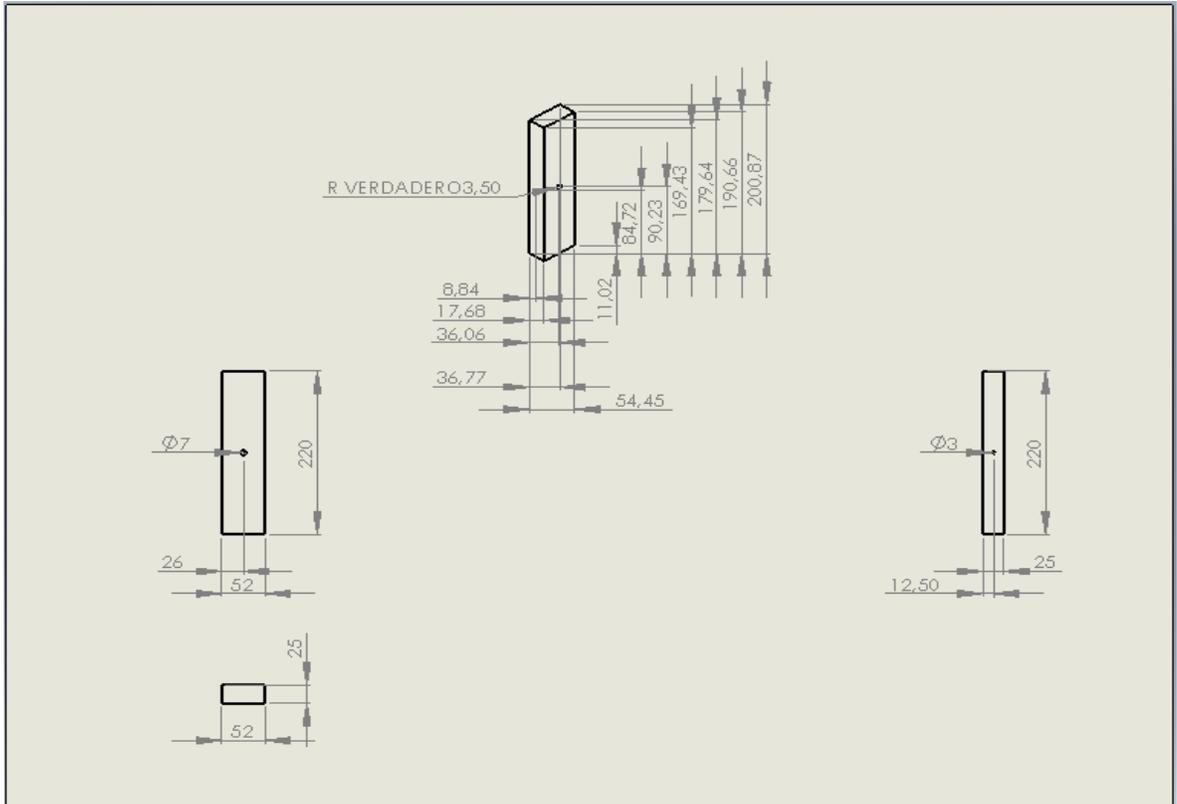
- Vistas del soporte para las vigas del cilindro neumático superior



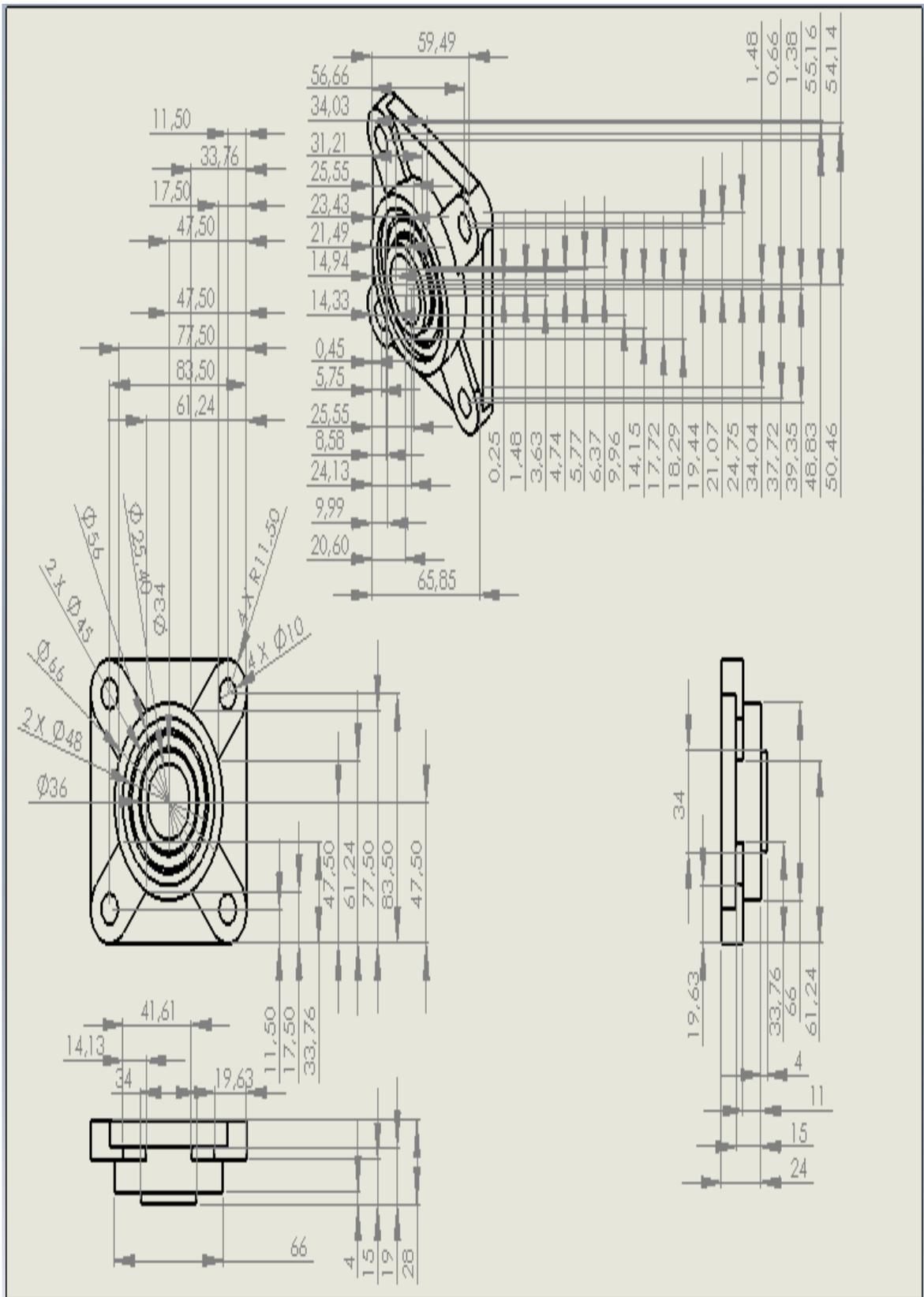
- Láminas de apoyo para la placa superior de la estructura principal de soporte



- Base de la Resistencia

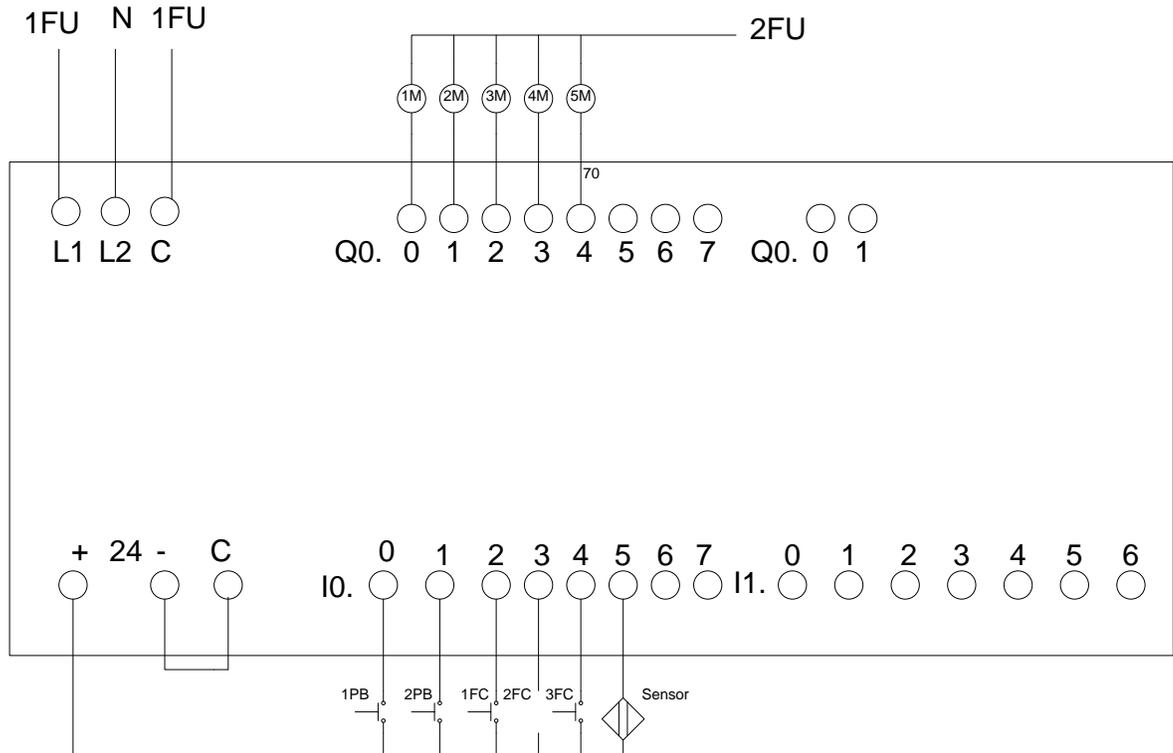


- Cojinete para los rodillos de despliegue del polietileno



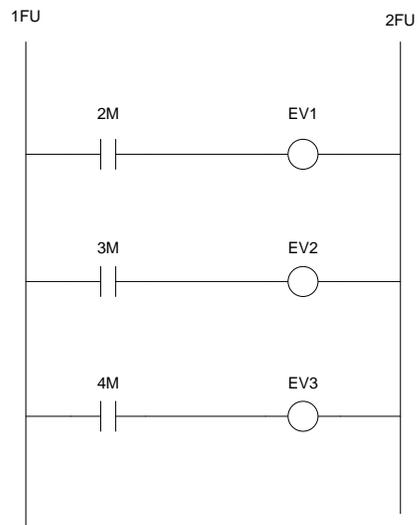
## ANEXO C

- CONEXIONES BASICAS DEL PLC



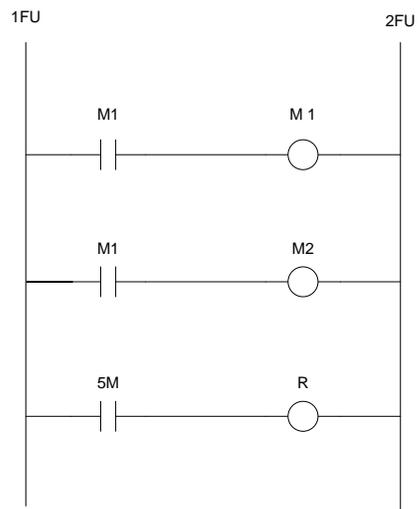
Conexiones básicas del PLC

- CIRCUITOS DE POTENCIA
- Circuito de potencia de las electroválvulas



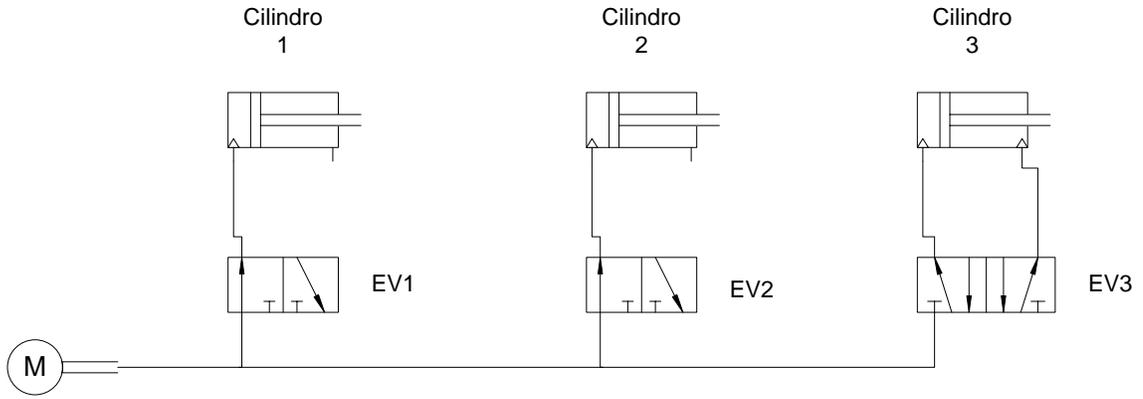
Circuito de potencia de las electroválvulas

- Circuito de potencia de los motores y resistencias



Circuito de potencia de los y resistencias

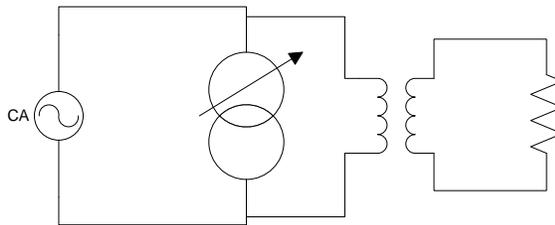
- CIRCUITO NEUMATICO



Circuito neumático

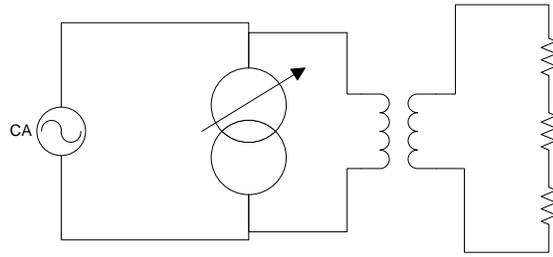
- CIRCUITOS ELECTRICOS

- Circuito eléctrico de la resistencia de cortado del polietileno



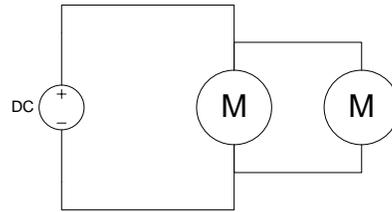
Circuito eléctrico de la resistencia de sellado

- Circuito eléctrico de las resistencias de sellado



Circuito eléctrico de las resistencias de sellado

- Circuito eléctrico de los motores



Circuito eléctrico de los motores reductores

## ANEXO D

- RELACIÓN DE LAS ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC

- Relación de entradas

ENTRADAS	COMENTARIO
I0.0	Encendido del sistema.
I0.1	Parada de emergencia.
I0.2	Final de carrera 1, Sensor del producto dentro del silo.
I0.3	Final de carrera 2, determina el final de desplazamiento de la carrera del cilindro neumático 3.
I0.4	Final de carrera 3, inicia el desplazamiento de la carrera del cilindro neumático 3.
I0.5	Sensor capacitivo, determina el tamaño del empaque.

- Relación de salidas

SALIDAS	COMENTARIO
Q0.0	Motor 1. Despliegue del polietileno
Q0.1	Electroválvula 1. Sellado vertical
Q0.2	Electroválvula 2. Sellado horizontal
Q0.3	Electroválvula 3. Desplazamiento del producto
Q0.4	Motor 2. Halado del polietileno
Q0.5	Calentamiento de las resistencias

- RELACIÓN DE LAS MEMORIAS AUXILIARES, TEMPORIZADORES Y CONTADORES UTILIZADOS

- ✓ Relación de las memorias auxiliares

MEMORIAS AUXILIARES	COMENTARIO
M0.0	Activa el motor 1
M1.0	Activa Electroválvula 1, sellado vertical
M2.0	Activa Electroválvula 2, sellado horizontal
M3.0	Activa Reset del contador C0
M4.0	Activa Reset del contador C1
M5.0	Desactiva las electroválvulas 1 y 2 de sellado
M6.0	Activa el proceso de traslado del producto al empaque
M7.0	Activa la alarma por falta de producto
M8.0	Activa el oscilador astable
M9.0	Desactiva la electroválvula 3. Llama la subrutina.
M10.0	Activa la electroválvula 3
M11.0	Activa el tiempo de retardo para el inicio de los rodillos de desplazamiento de papel
M12.0	Desactiva el oscilador astable para arrastre del papel
M13.0	Da comienzo al despliegue y arrastre del polietileno
M14.0	Activa el motor 2
M15.0	Inicia un nuevo proceso
M16.0	Activa el calentamiento de la resistencia
M17.0	Registra bit del sensor capacitivo
M18.0	Registra bit del Final de carrera 3
M19.0	Registra bit del pulsador de encendido
M20.0	Registra bit del pulsador de apagado o parada de emergencia
VW2	Guarda el número de galletas empacadas
VW8	Guarda el número de empaques producidos

✓ Relación de los temporizadores

TEMPORIZADORES	COMENTARIO
T35	Tiempo establecido para la activación

	de los rodillos de arrastre del papel.
T36	Tiempo establecido para la activación de la electroválvulas #1 y #2.
T37	Tiempo establecido para la activación de la alarma, por falta de producto.

✓ Relación de los contadores

CONTADORES	COMENTARIO
C0	Realiza el conteo de las galletas.
C1	Realiza el conteo del número de galletas que se desean introducir dentro de un empaque.
C2	Realiza el número de empaques que se producen.
C3	Realiza conteo auxiliar del bit de entrada del sensor capacitivo, de determina el tamaño del empaque.