



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA**  
**AUTOMATIZADO PARA UNA EMBUTIDORA DE CÁRNICOS DE**  
**LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS”**

**Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:**  
**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

**AUTORES: MARIO FERNANDO CHANCUSIG CHANCUSIG**  
**ALVARO BLADIMIRO BALSECA CHICAIZA**  
**TUTOR: ING. HENRY ERNESTO VALLEJO VIZHUETE**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2016**

©2016, Mario Fernando Chancusig Chancusig, Alvaro Bladimiro Balseca Chicaiza

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA UNA EMBUTIDORA DE CÁRNICOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS”, de responsabilidad de los señores MARIO FERNANDO CHANCUSIG CHANCUSIG y ALVARO BLADIMIRO BALSECA CHICAIZA, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Washington Luna E.		
<b>DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA</b>	.....	.....
Ing. Freddy Chávez V.		
<b>DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES</b>	.....	.....
Ing. Henry Vallejo V.		
<b>DIRECTOR DE TESIS</b>	.....	.....
Ing. Edwin Altamirano S.		
<b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	.....	.....
<b>NOTA</b>	.....	

Nosotros, MARIO FERNANDO CHANCUSIG CHANCUSIG Y ALVARO BLADIMIRO BALSECA CHICAIZA, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados, expuestos en el presente trabajo de titulación, y el patrimonio intelectual del trabajo de titulación pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

---

*Mario Fernando Chancusig Chancusig*

---

*Alvaro Bladimiro Balseca Chicaiza*

## **DEDICATORIA**

A Dios por permitirme culminar mi carrera con sus bendiciones, a mis padres que han sido un apoyo incondicional durante toda mi vida. También quiero dedicar el presente trabajo a Jacqueline, Jairo y de manera muy especial a mi hija Zoé quienes han sido, motor y razón de mi vida, y me han propuesto siempre seguir adelante y así alcanzar todas mis metas.

**Mario**

De manera muy especial a mis padres, quiénes fueron el cimiento principal para la culminación de mi vida profesional, pues siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica, ya que en mi sentaron las bases de responsabilidad y deseos de superación.

A mis hermanos por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada semestre de mi carrera universitaria.

**Alvaro**

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, fue, es y siempre será un honor ser un politécnico, a la Facultad de Ciencias Pecuarias por la apertura brindada para llevar a cabo el presente trabajo de titulación. A los profesores de la Facultad de Informática y Electrónica por los conocimientos impartidos a lo largo de mis estudios.

Al Ingeniero Henry Vallejo director del presente trabajo, por las observaciones, sugerencias y correcciones necesarias.

A mi familia que siempre me han brindado su apoyo durante toda mi carrera, y me han ayudado a levantarme siempre después de cada tropiezo.

**Mario**

A Dios y San Miguel Arcángel por todas sus bendiciones y cuidados que me brindaron, por mantenerme en pie a pesar de los obstáculos que se presentaron durante mi carrera.

A mis padres, pues ellos me brindaron todo su apoyo y nunca perdieron la esperanza en mí, ya que siempre estuvieron conmigo en los buenos y malos momentos. A mis hermanos, pues con sus consejos y experiencias supieron guiarme por el camino correcto.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por las facilidades prestadas, y formarme académicamente como un profesional y futuro servidor de la Patria.

A la Facultad de Ciencias Pecuarias por darme la oportunidad de llevar a cabo el presente trabajo de titulación.

A mi tutor de tesis el Ing. Henry Vallejo por brindarme su amistad y hacer sus pertinentes revisiones y observaciones de este presente trabajo.

**Alvaro**

## CONTENIDO

PORTADA.....	I
HOJA DE CERTIFICACIÓN.....	III
DERECHOS DE AUTOR .....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XVIII
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	XIX
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	XX
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XXI
RESUMEN.....	XXII
ABSTRACT.....	XXIII

INTRODUCCIÓN .....	1
--------------------	---

## CAPÍTULO I

1	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	7
1.1	EMBUTIDOS .....	7
1.1.1	<i>Proceso de Producción .....</i>	7
1.2	MAQUINARIA PARA EMBUTIR .....	9
1.2.1	<i>Embutidoras de funcionamiento discontinuo.....</i>	10
1.3	FUNDAMENTOS DE HIDRAULICA.....	11
1.3.1	<i>Hidráulica y Oleohidráulica.....</i>	11
1.3.2	<i>Principios de la hidráulica .....</i>	11
1.4	ESTRUCTURA DE SISTEMAS HIDRAULICOS.....	14

<b>1.5</b>	<b>SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN.....</b>	<b>24</b>
<i>1.5.1</i>	<i>Fases para la Automatización .....</i>	<i>26</i>
<i>1.5.2</i>	<i>Niveles de la Automatización .....</i>	<i>30</i>
<i>1.5.3</i>	<i>Elementos de una Instalación Automatizada .....</i>	<i>32</i>
<b>1.6</b>	<b>SISTEMAS DE CONTROL.....</b>	<b>34</b>
<i>1.6.1</i>	<i>Definición.....</i>	<i>34</i>
•	<i>Control en Lazo Abierto .....</i>	<i>35</i>
•	<i>Control en Lazo Cerrado .....</i>	<i>35</i>
<i>1.6.2</i>	<i>Control Difuso .....</i>	<i>36</i>
<i>1.6.3</i>	<i>Lógica Difusa.....</i>	<i>36</i>
<b>1.7</b>	<b>PLATAFORMA ARDUINO .....</b>	<b>42</b>
<i>1.7.1</i>	<i>Hardware Arduino.....</i>	<i>43</i>
<i>1.7.2</i>	<i>Software Arduino.....</i>	<i>44</i>
<i>1.7.3</i>	<i>Tarjeta Arduino Mega .....</i>	<i>45</i>
<i>1.7.4</i>	<i>Módulos para Arduino .....</i>	<i>46</i>
<i>1.7.5</i>	<i>Shields para Arduino .....</i>	<i>48</i>
<i>1.7.6</i>	<i>Librerías para Arduino.....</i>	<i>50</i>
<b>1.8</b>	<b>PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS .....</b>	<b>51</b>
<i>1.8.1</i>	<i>Arduino + Modbus TCP/IP .....</i>	<i>52</i>
<b>1.9</b>	<b>INTERFACE HUMANO- MAQUINA (HMI) .....</b>	<b>53</b>
<i>1.9.1</i>	<i>Funciones del Software HMI.....</i>	<i>53</i>
<i>1.9.2</i>	<i>Tareas del HMI.....</i>	<i>54</i>
<i>1.9.3</i>	<i>HMI DELTA Series DOP-B.....</i>	<i>54</i>
<b>1.10</b>	<b>SENSORES.....</b>	<b>55</b>
<i>1.10.1</i>	<i>Definición.....</i>	<i>55</i>
<i>1.10.2</i>	<i>Características de los Sensores.....</i>	<i>56</i>
<i>1.10.3</i>	<i>Sensor de Presión .....</i>	<i>58</i>
<i>1.10.4</i>	<i>Sensor Ultrasónico HC-SR04.....</i>	<i>59</i>
<b>1.11</b>	<b>ACTUADORES.....</b>	<b>60</b>

1.11.1	<i>Motor Paso a Paso</i> .....	61
1.11.2	<i>Electroválvula</i> .....	62
1.12	<b>ELEMENTOS ELÉCTRICOS</b> .....	62
1.12.1	<i>Breaker eléctrico</i> .....	62
1.12.2	<i>Fusible</i> .....	63
1.12.3	<i>Conductores</i> .....	64
1.13	<b>ELEMENTOS DE MANIOBRA Y CONTROL</b> .....	65
1.13.1	<i>Selector</i> .....	65
1.13.2	<i>Pulsador doble</i> .....	65
1.13.3	<i>Luces piloto</i> .....	66

## CAPÍTULO II

2	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	68
2.1	<b>Alcance de la investigación</b> .....	68
2.2	<b>Recolección de la información</b> .....	69
2.3	<b>Población, Muestra o Grupo de estudio</b> .....	70
2.4	<b>Tamaño de muestra para pruebas experimentales</b> .....	72
2.5	<b>Descripción de Procedimientos</b> .....	73
2.6	<b>Análisis y cálculo de las variables en la etapa de embutición</b> .....	73
2.6.1	<i>Análisis y cálculo de variables del sistema hidráulico</i> .....	73
2.7	<b>Fases de diseño e implementación del sistema automatizado</b> .....	78
2.7.1	<i>Estudio y análisis de la embutidora antes de la automatización</i> .....	79
2.7.2	<i>Principio de funcionamiento de la embutidora actualmente</i> .....	79
2.7.3	<i>Especificaciones generales de la embutidora</i> .....	80
2.7.4	<i>Motivos para el cambio y reemplazo del sistema</i> .....	81
2.8	<b>Diseño del nuevo sistema hidráulico</b> .....	82
2.8.1	<i>Selección de los nuevos componentes hidráulicos</i> .....	82
2.8.2	<i>Diseño del nuevo sistema hidráulico</i> .....	88

2.8.3	<i>Rediseño del sistema hidráulico y mecánico de la embudidora.....</i>	90
2.9	<b>Diseño del Sistema Eléctrico .....</b>	<b>93</b>
2.9.1	<i>Dimensionamiento de Fusibles .....</i>	93
2.9.2	<i>Dimensionamiento de Conductores .....</i>	95
2.10	<b>Diseño del Sistema Electrónico .....</b>	<b>97</b>
2.10.1	<i>Selección del controlador Arduino.....</i>	97
2.10.2	<i>Sensores.....</i>	97
2.10.3	<i>Motor paso a paso.....</i>	100
2.10.4	<i>Conexión de salidas por medio de módulo de relés .....</i>	101
2.10.5	<i>Conexión del motor paso a paso.....</i>	103
2.10.6	<i>Conexión de Sensores al Arduino Mega 2560.....</i>	104
2.10.7	<i>Conexión de pulsadores.....</i>	104
2.10.8	<i>Conexión Ethernet Shield W5100 a Arduino Mega 2560.....</i>	105
2.10.9	<i>Conexión de la Terminal Shield a Arduino Mega 2560.....</i>	106
2.11	<b>Diseño de estructuras para componentes electrónicos e hidráulicos.....</b>	<b>106</b>
2.11.1	<i>Soporte para la electroválvula.....</i>	106
2.11.2	<i>Cajas protectoras de los sensores .....</i>	107
2.11.3	<i>Acople para la válvula reguladora de caudal y motor paso a paso.....</i>	108
2.11.4	<i>Adaptación del acople, la válvula reguladora de caudal y el motor paso a paso ...</i>	109
2.11.5	<i>Posición final del acople del motor y válvula reguladora en la caja diseñada.....</i>	109
2.12	<b>Implementación de sistema eléctrico .....</b>	<b>110</b>
2.12.1	<i>Tablero de Control y Mando .....</i>	110
2.13	<b>Implementación de sistema hidráulico .....</b>	<b>110</b>
2.14	<b>Implementación de sistema electrónico.....</b>	<b>111</b>
2.14.1	<i>Colocación de sensores.....</i>	112
2.14.2	<i>Colocación de una válvula reguladora de presión. ....</i>	114
2.15	<b>Programación del controlador Arduino.....</b>	<b>114</b>
2.15.1	<i>Identificación de entradas y salidas del controlador .....</i>	114
2.15.2	<i>Control principal.....</i>	116

2.15.3	<i>Control setup</i> .....	117
2.15.4	<i>Control programa principal</i> .....	118
2.15.5	<i>Funciones</i> .....	119
2.15.6	<i>Pulsadores</i> .....	122
2.16	<b>Diseño de Controlador Fuzzy</b> .....	123
2.16.1	<i>Principios básicos para el diseño del controlador fuzzy</i> .....	123
2.17	<b>HMI</b> .....	129
2.17.1	<i>Conexión Arduino a HMI</i> .....	129
2.17.2	<i>Implementación del HMI</i> .....	131

### **CAPITULO III**

3	<b>MARCO DE RESULTADOS</b> .....	137
3.1	<b>Plataforma de Control</b> .....	139
3.1.1	<i>Traducción de Requerimientos</i> .....	139
3.2	<b>Control del Proceso Industrial</b> .....	141
3.2.1	<i>Traducción de requerimientos</i> .....	141
3.3	<b>Interfaz de visualización</b> .....	142
3.3.1	<i>Traducción de requerimientos</i> .....	142
3.3.2	<i>Controlador de Motor Paso a Paso</i> .....	144
3.3.7	<i>Sistema de Control</i> .....	146
3.3.8	<i>Frecuencias y tabulación después de la automatización</i> .....	151
3.3.9	<i>Resultados de Funcionamiento de la Maquinaria</i> .....	155

	<b>CONCLUSIONES</b> .....	158
--	---------------------------	-----

	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	160
--	------------------------------	-----

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Factor de seguridad en mangueras flexibles, $F_s$ .....	21
Tabla 2-1	Características Arduino Mega.....	45
Tabla 1-2	Operacionalización de Variables .....	69
Tabla 2-2	Listado de estudiantes matriculados por nivel en las escuelas de industrias pecuarias, zootecnia y gastronomía.....	70
Tabla 3-2	Especificaciones de la embutidora.....	80
Tabla 4-2	Descripción de las especificaciones de la Electroválvula DG4V32CMUH ....	83
Tabla 5-2	Estándares de diámetro de mangueras hidráulicas .....	86
Tabla 6-2	Resultados de cálculo para dimensionamiento de Fusibles.....	94
Tabla 7-2	Valores de fusibles instalados .....	94
Tabla 8-2	Cálculo para dimensionamiento de Conductores .....	96
Tabla 9-2	Valores de conductores.....	96
Tabla 10-2	Descripción de las especificaciones del Sensor ultrasónico HC-SR04.....	98
Tabla 11-2	Descripción de las especificaciones del Sensor de presión.....	100
Tabla 13-2	Descripción de las especificaciones del Sensor de presión.....	101
Tabla 14-2	Entradas digitales y analógicas del proceso.....	115
Tabla 15-2	Salidas digitales del proceso.....	115
Tabla 16-2	Descripción variables de entrada y salida del controlador Fuzzy .....	124
Tabla 17-2	Salidas del controlador fuzzy producto salchicha y choriza .....	124
Tabla 18-2	Salidas del controlador fuzzy producto mortadela y otros .....	124
Tabla 19-2	Valores de presión para el controlador fuzzy.....	125
Tabla 20-2	Valores de distancia para el controlador fuzzy .....	126
Tabla 21-2	Valores de tipo de producto para el controlador fuzzy .....	126
Tabla 22-2	Valores de la salida motor para el controlador fuzzy.....	127
Tabla 23-2	Direcciones Modbus.....	131
Tabla 1-3	Análisis de variables de la embutidora .....	137
Tabla 2-3	Resultados de los diseños implementados.....	137
Tabla 3-3	Comparativa entre soluciones para los requerimientos del dispositivo de control .....	140
Tabla 4-3	Comparativa entre soluciones de acuerdo al cumplimiento de los requerimientos del Controlador .....	141
Tabla 5-3	Comparativa entre soluciones de acuerdo al cumplimiento de los requerimientos del Interface de Visualización .....	143

<b>Tabla 6-3</b>	<b>Velocidad y grados de apertura Motor paso a paso .....</b>	<b>144</b>
<b>Tabla 7-3</b>	<b>Comparación de presión, velocidad lineal del cilindro y grados de apertura del motor paso a paso .....</b>	<b>145</b>
<b>Tabla 8-3</b>	<b>Comparación de presión, datos de Arduino, velocidad lineal del cilindro y grados de apertura del motor paso a paso en el Control Fuzzy.....</b>	<b>146</b>
<b>Tabla 9-3</b>	<b>Frecuencia absoluta y relativa de tipos de embutido.....</b>	<b>148</b>
<b>Tabla 10-3</b>	<b>Frecuencia absoluta y relativa de cantidad de desperdicio de materia prima .....</b>	<b>149</b>
<b>Tabla 11-3</b>	<b>Frecuencia absoluta y relativa del tiempo de embutición de 5-10 Kg de materia prima.....</b>	<b>150</b>
<b>Tabla 12-3</b>	<b>Frecuencia absoluta y relativa del tiempo de embutición de 5-10 Kg de materia prima.....</b>	<b>151</b>
<b>Tabla 13-3</b>	<b>Frecuencia absoluta y relativa de la cantidad de desperdicio de materia prima .....</b>	<b>152</b>
<b>Tabla 14-3</b>	<b>Frecuencia absoluta y relativa de mejoramiento del proceso de embutición .....</b>	<b>153</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1	Tipos de embutidos.....	7
Figura 2-1	Etapas para la elaboración de embutidos. ....	8
Figura 3-1	Tipos de embutidoras.....	9
Figura 4-1	Embutidora Torrelli tipo pistola.....	10
Figura 5-1	Principio de Pascal .....	12
Figura 6-1	Partes de un cilindro hidráulico.....	13
Figura 7-1	Componentes de una unidad hidráulica.....	14
Figura 8-1	Sistema hidráulico de transmisión.....	16
Figura 9-1	Sistema hidráulico de transmisión.....	18
Figura 10-1	Radio de doblado de manguera hidráulica. ....	20
Figura 11-1	Consejos para instalación de mangueras. ....	20
Figura 12-1	Mangueras flexible para aplicaciones hidráulicas.....	21
Figura 13-1	Aceite Lubricante Castrol SAE W40 Motor Oil.....	24
Figura 14-1	Fases para la automatización .....	26
Figura 15-1	Sistema persona-maquina.....	29
Figura 16-1	Pirámide de Automatización .....	30
Figura 17-1	Sistema de Control. ....	34
Figura 18-1	Control en lazo Abierto.....	35
Figura 19-1	Control en Lazo Cerrado.....	35
Figura 20-1	Diagrama de un Controlador Difuso. ....	36
Figura 21-1	Inteligencia Humana. ....	37
Figura 22-1	Configuración básica de un controlador fuzzy mandani. ....	37
Figura 23-1	Ejemplo de subconjuntos difusos para el conjunto velocidad. ....	38
Figura 24-1	Ejemplo de una Función de Membresía de tipo Triangular. ....	39
Figura 25-1	Ejemplo de fuzzificación de una variable.....	40
Figura 26-1	Sistema de Inferencia Difusa .....	42
Figura 27-1	Partes de la plataforma Arduino .....	43
Figura 28-1	Entorno de desarrollo IDE Arduino .....	44
Figura 29-1	Módulo de motor paso a paso L298N .....	46
Figura 30-1	Partes del módulo de relé de 4 canales a 12V .....	48
Figura 31-1	Shield Ethernet W5100 para Arduino .....	49
Figura 32-1	Terminal shield para Arduino Uno .....	50
Figura 33-1	Logotipo Delta .....	53
Figura 34-1	HMI Delta DOP-B03E211 .....	55
Figura 35-1	Diagrama de un Sensor .....	56

<b>Figura 36-1</b>	<b>Sensor de presión 2.5MPa .....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 37-1</b>	<b>Funcionamiento Ultrasónico .....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 38-1</b>	<b>Sensor ultrasónico HC-SR04.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 39-1</b>	<b>Motor Paso a Paso Shinano Kenshi STP-59D1007.....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 40-1</b>	<b>Electroválvula 4/3 Cetop 3 12v.....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 41-1</b>	<b>Breaker eléctrico para riel din .....</b>	<b>63</b>
<b>Figura 42-1</b>	<b>Fusible y portafusibles para riel din .....</b>	<b>63</b>
<b>Figura 43-1</b>	<b>Conductor .....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 44-1</b>	<b>Conductor .....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 45-1</b>	<b>Interruptor .....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 46-1</b>	<b>Pulsador .....</b>	<b>66</b>
<b>Figura 47-1</b>	<b>Luces piloto para gabinetes .....</b>	<b>66</b>
<b>Figura 1-2</b>	<b>Ubicación del laboratorio de cárnicos ESPOCH.....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 2-2</b>	<b>Descripción de procedimientos.....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 3-2</b>	<b>Dimensiones cilindro hidráulico de la embutidora.....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 4-2</b>	<b>Componentes de la embutidora antes de la automatización. ....</b>	<b>79</b>
<b>Figura 5-2</b>	<b>Etapas, parámetros y actuadores presentes en el proceso de elaboración del producto antes de la automatización. ....</b>	<b>80</b>
<b>Figura 6-2</b>	<b>Embutidora tipo pistola Torreli.....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 7-2</b>	<b>Proceso sistema hidráulico. ....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 8-2</b>	<b>Características electroválvula. ....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 9-2</b>	<b>Electroválvula FTZ y su placa base de acoplamiento. ....</b>	<b>84</b>
<b>Figura 10-2</b>	<b>Tabla de Carta Mamográfica.....</b>	<b>84</b>
<b>Figura 11-2</b>	<b>Nomograma nominal DN (Diámetro) de los tubos flexibles .....</b>	<b>85</b>
<b>Figura 13-2</b>	<b>Válvula de seguridad.....</b>	<b>87</b>
<b>Figura 14-2</b>	<b>Válvula de seguridad.....</b>	<b>88</b>
<b>Figura 15-2</b>	<b>Diagrama final del sistema hidráulico a diseñar e implementar (MODO MANUAL) .....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 16-2</b>	<b>Diagrama final del sistema hidráulico a diseñar e implementar (MODO AUTOMÁTICO).....</b>	<b>90</b>
<b>Figura 17-2</b>	<b>Desarticulación del pedal y palanca.....</b>	<b>91</b>
<b>Figura 18-2</b>	<b>Desmontaje de la unidad hidráulica .....</b>	<b>92</b>
<b>Figura 19-2</b>	<b>Componentes unidad hidráulica .....</b>	<b>92</b>
<b>Figura 20-2</b>	<b>Supresión válvula direccional mecánica.....</b>	<b>93</b>
<b>Figura 21-2</b>	<b>Tablas para el cálculo del calibre de conductores eléctricos CONELSA .....</b>	<b>95</b>
<b>Figura 22-2</b>	<b>Arduino Mega 2560.....</b>	<b>97</b>
<b>Figura 23-2</b>	<b>Sensor ultrasónico HC-SR04.....</b>	<b>98</b>

<b>Figura 24-2</b>	<b>Sensor presión 2.5 MPa .....</b>	<b>99</b>
<b>Figura 25-2</b>	<b>Motor paso a paso Shinano Kenshi.....</b>	<b>100</b>
<b>Figura 26-2</b>	<b>Etapa de potencia módulo relés de 4 canales .....</b>	<b>101</b>
<b>Figura 27-2</b>	<b>Diagrama electrónico del módulo relés de 4 canales.....</b>	<b>102</b>
<b>Figura 28-2</b>	<b>Conexión módulo relés de 4 canales entradas y salidas .....</b>	<b>103</b>
<b>Figura 29-2</b>	<b>Diagrama electrónico módulo L298.....</b>	<b>103</b>
<b>Figura 30-2</b>	<b>Conexión módulo L298 doble puente H .....</b>	<b>104</b>
<b>Figura 31-2</b>	<b>Conexión sensor ultrasónico HC-SR04 .....</b>	<b>104</b>
<b>Figura 32-2</b>	<b>Diagrama de conexión pulsadores a Arduino Mega .....</b>	<b>105</b>
<b>Figura 33-2</b>	<b>Diagrama de pines conexión Ethernet Shield W5100 .....</b>	<b>105</b>
<b>Figura 34-2</b>	<b>Acople shields Arduino Mega 2560.....</b>	<b>106</b>
<b>Figura 35-2</b>	<b>Posición final de la base para electroválvula .....</b>	<b>107</b>
<b>Figura 36-2</b>	<b>Diseño para implementación del sensor ultrasónico en la caja protectora</b>	<b>107</b>
<b>Figura 37-2</b>	<b>T para implementación del sensor de presión .....</b>	<b>108</b>
<b>Figura 38-2</b>	<b>Diseño de la caja para el motor, válvula reguladora y sensor de presión ..</b>	<b>108</b>
<b>Figura 39-2</b>	<b>Diseño acople para el motor y la válvula reguladora de presión .....</b>	<b>109</b>
<b>Figura 40-2</b>	<b>Adaptación del acople para el motor y la válvula reguladora de presión .</b>	<b>109</b>
<b>Figura 41-2</b>	<b>Posición final del acople para el motor y la válvula reguladora de presión en la caja diseñada .....</b>	<b>109</b>
<b>Figura 42-2</b>	<b>Interior del tablero de control Finalizado .....</b>	<b>110</b>
<b>Figura 43-2</b>	<b>Implementación del sistema hidráulico .....</b>	<b>111</b>
<b>Figura 44-2</b>	<b>Colocación de dispositivos electrónicos en el gabinete de control.....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 45-2</b>	<b>Vista al interior de gabinete todos los componentes electrónicos instalados. ....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 46-2</b>	<b>Implementación caja ultrasónica y cableada. ....</b>	<b>113</b>
<b>Figura 47-2</b>	<b>Implementación caja de control de válvula y sensor de presión .....</b>	<b>113</b>
<b>Figura 48-2</b>	<b>Implementación acople de la válvula y enroscamiento del sensor de presión .....</b>	<b>114</b>
<b>Figura 49-2</b>	<b>Diagrama de flujo de control principal .....</b>	<b>116</b>
<b>Figura 50-2</b>	<b>Diagrama de flujo configuración setup .....</b>	<b>117</b>
<b>Figura 51-2</b>	<b>Diagrama de flujo programa principal .....</b>	<b>118</b>
<b>Figura 52-2</b>	<b>Diagrama de flujo función ultrasónico ( ) .....</b>	<b>119</b>
<b>Figura 53-2</b>	<b>Diagrama de flujo función Sensor Presión ( ).....</b>	<b>120</b>
<b>Figura 54-2</b>	<b>Diagrama de flujo función Motor ( ) .....</b>	<b>121</b>
<b>Figura 55-2</b>	<b>Diagrama de flujo Electroválvula ( ) .....</b>	<b>122</b>
<b>Figura 56-2</b>	<b>Diseño de enclavamiento de pulsadores .....</b>	<b>123</b>
<b>Figura 57-2</b>	<b>Diseño del conrolador difuso Mamdami .....</b>	<b>125</b>

<b>Figura 58-2</b>	<b>Conjunto de reglas .....</b>	<b>127</b>
<b>Figura 59-2</b>	<b>Salida del controlador Fuzzy en función a las reglas .....</b>	<b>128</b>
<b>Figura 60-2</b>	<b>Salida del controlador Fuzzy en función de las variables de entrada .....</b>	<b>129</b>
<b>Figura 61-2</b>	<b>Conexión HMI Delta a Arduino.....</b>	<b>130</b>
<b>Figura 62-2</b>	<b>Diagrama de flujo HMI .....</b>	<b>132</b>
<b>Figura 63-2</b>	<b>Macro HMI.....</b>	<b>133</b>
<b>Figura 64-2</b>	<b>Pantalla de Inicio y menú principal del HMI .....</b>	<b>134</b>
<b>Figura 65-2</b>	<b>Pantalla de EMBUTICION.....</b>	<b>134</b>
<b>Figura 66-2</b>	<b>Pantalla de Gráfica de escoger tipo de embutido HMI.....</b>	<b>135</b>
<b>Figura 67-2</b>	<b>Pantalla de Modo Manual y lectura de parámetros del HMI .....</b>	<b>135</b>
<b>Figura 68-2</b>	<b>Pantalla Acerca de.....</b>	<b>136</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2</b>	<b>Fases del Diseño e Implementación del sistema automatizado de la embutidora.....</b>	<b>78</b>
<b>Gráfico 1-3</b>	<b>Velocidad vs distancia del proceso de embutición .....</b>	<b>145</b>
<b>Gráfico 2-3</b>	<b>Velocidad vs distancia del proceso de embutición para salchicha .....</b>	<b>147</b>
<b>Gráfico 3-3</b>	<b>Velocidad vs distancia del proceso de embutición para mortadela.....</b>	<b>147</b>
<b>Gráfico 4-3</b>	<b>Tipos de embutidos frecuentes.....</b>	<b>148</b>
<b>Gráfico 5-3</b>	<b>Desperdicio de materia prima .....</b>	<b>149</b>
<b>Gráfico 6-3</b>	<b>Tiempo de embutición de 5-10 Kg de materia prima antes. ....</b>	<b>150</b>
<b>Gráfico 7-3</b>	<b>Tiempo de embutición de 5-10 Kg de materia prima .....</b>	<b>152</b>
<b>Gráfico 8-3</b>	<b>Desperdicio de materia prima .....</b>	<b>153</b>
<b>Gráfico 9-3</b>	<b>Mejoramiento de proceso de embutición con el sistema automático .....</b>	<b>154</b>
<b>Gráfico 10-3</b>	<b>Presión vs Tiempo de embutición de la máquina automatizada y sin automatizar.....</b>	<b>155</b>
<b>Gráfico 11-3</b>	<b>Tiempo de proceso de embutición de la máquina automatizada y sin automatizar.....</b>	<b>156</b>
<b>Gráfico 12-3</b>	<b>Desperdicio de materia prima de la máquina automatizada y sin automatizar.....</b>	<b>157</b>

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>HMI</b>	Interfaz Hombre Máquina
<b>PLC</b>	Control Lógico Programable
<b>PC</b>	Computador Portátil
<b>mA</b>	Miliamperios
<b>NO</b>	Normalmente Abierto
<b>NC</b>	Normalmente Cerrado
<b>Vca</b>	Voltaje Corriente Alterna
<b>Vcd</b>	Voltaje Corriente Directa
<b>KΩ</b>	Kilo Ohmios
<b>AC</b>	Corriente Alterna
<b>DC</b>	Corriente Directa
<b>PIN</b>	Número de Identificación de Puerto
<b>GND</b>	Tierra
<b>Hz</b>	Hercios
<b>ms</b>	Milisegundos
<b>°</b>	Grados
<b>IL</b>	Lista de Instrucciones
<b>ST</b>	Texto Estructurado
<b>ISIS</b>	Sistema Inteligente De Entrada Esquemática
<b>ARES</b>	Software Avanzado De Enrutamiento Y Edición
<b>CETOP</b>	Comité Europeo de Transmisiones Oleo Hidráulicas y Neumáticas
<b>PSI</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>BAR</b>	Bares
<b>I</b>	Corriente
<b>F</b>	Faradios
<b>A</b>	Amperios
<b>S</b>	Segundos
<b>V</b>	Voltaje
<b>KΩ</b>	Kilo ohmios

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1-1</b>	<b>Presión.....</b>	<b>12</b>
<b>Ecuación 2-1</b>	<b>Superficie del pistón en un cilindro hidráulico.....</b>	<b>13</b>
<b>Ecuación 3-1</b>	<b>Caudal .....</b>	<b>13</b>
<b>Ecuación 4-1</b>	<b>Presión del sistema .....</b>	<b>19</b>
<b>Ecuación 5-1</b>	<b>Factor de seguridad en mangueras flexibles.....</b>	<b>21</b>
<b>Ecuación 6-1</b>	<b>Perdidas por caída de presión aplicando la ecuación de Darcy-Weisbach</b>	<b>22</b>
<b>Ecuación 7-1</b>	<b>Relación de la ecuación de Darcy-Weisbach con las pérdidas de presión en los accesorios.....</b>	<b>23</b>
<b>Ecuación 8-1</b>	<b>Número de Reynolds.....</b>	<b>23</b>
<b>Ecuación 9-1</b>	<b>Densidad del fluido.....</b>	<b>24</b>
<b>Ecuación 1-2</b>	<b>Ecuación de cálculo de la corriente de protección de un fusible.....</b>	<b>93</b>
<b>Ecuación 2-2</b>	<b>Caída de tensión para un circuito monofásico .....</b>	<b>95</b>

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- Anexo 1** Manual de Programación del HMI
- Anexo 2** Programación en Arduino
- Anexo 3** Planos de las adecuaciones mecánicas
- Anexo 4** Ficha técnica
- Anexo 5** Manual de Usuario
- Anexo 6** Fotografías Preliminares y posteriores a la automatización
- Anexo 7** Hoja de Datos
- Anexo 8** Acoples, accesorios y componentes hidráulicos
- Anexo 9** Catálogo ATOS
- Anexo 10** Catálogo CONDUTEC instalación de mangueras hidráulicas
- Anexo 11** Encuestas y Tablas de recolección de datos.

## **RESUMEN**

El objetivo fue diseñar e implementar un sistema automatizado para una embudadora de cárnicos de la Facultad de Ciencias Pecuarias, equipo que fue implementado en el Centro de Producción de Cárnicos de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con el fin de facilitar su operación y garantizar la integridad de estudiantes y maestros. Para llevar a cabo su elaboración, se utilizó la modelación de sistemas mediante la determinación de sus componentes, además de comprobar y corregir errores de funcionamiento. Este sistema automatizado trata sobre la sustitución de un sistema Oleo hidráulico automático sobre los mecanismos hidráulicos manuales. Posteriormente, mediante una programación en la plataforma de control Arduino, que recibe señales de los sensores: ultrasónico y de presión, se encarga de controlar la velocidad lineal del cilindro hidráulico y la presión del sistema. La programación también envía información a cada uno de los actuadores; como son el motor paso a paso, que tiene como función la apertura o cierre de la válvula reguladora de presión, y a las bobinas de la electroválvula direccional, para el control de salida o retroceso del cilindro. Para la apertura o cierre de la válvula se implementó un controlador Fuzzy que permite mantener la presión dentro de un rango establecido según el tipo de embutido a procesar, y así mantener estable la velocidad lineal del cilindro, controlados y monitoreados mediante una pantalla HMI. Se concluye en base a esto un incremento del 33,33% de rendimiento en la máquina, optimizando el tiempo, y remediando paradas forzadas del equipo. Se recomienda antes de la automatización, analizar detalladamente el proceso y una vez culminado el proyecto realizar un mantenimiento preventivo y/o correctivo del equipo.

**PALABRAS CLAVE:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA DEL CONTROL AUTOMÁTICO>, <SISTEMA AUTOMATIZADO>, <PLATAFORMA DE CONTROL ARDUINO>, <SENSOR ULTRASÓNICO>, <SENSOR DE PRESIÓN> <CONTROLADOR FUZZY>, <PANTALLA HMI>.

## **ABSTRACT**

The objective of the present research work was to implement an automatized system for a vacuum filler for meat processing of the Faculty of Animal Science, this machine was installed at the Meat Production Center of the “Escuela Superior Politécnica de Chimborazo” in order to facilitate its operation and to guarantee the physical integrity of students and teachers. With the aim of carrying out its elaboration, it was used the modeling of systems through the determination of its components, as well as the verification and correction of functioning errors. This automatized system deals with the substitution of an Oleo hydraulic automatic System over the manual hydraulic mechanisms. Afterwards, it controls the linear speed of the hydraulic cylinder and the system pressure through a programming on the platform of control Arduino which receives signals of the ultrasonic and pressure sensors. The programming also sends information to every one of the actuators: the stepper motor whose main function is the opening or closing of the pressure regulation valve, and the coils of the directional solenoid valve; for the control of the thrust and return of the cylinder. For the opening or closing of the valve, it was implemented a Fuzzy controller that allows to maintain the pressure in an established range according to the type of cold meat to be processed, and to maintain stable the linear speed of the cylinder, controlled and monitored in a HMI display. As a conclusion, there was an increment of 33,33% in the machine performance, optimizing time and avoiding forced stops in the machine. It is recommended to analyze in detail the process before the automation, and to perform preventive and/or corrective maintenance in the machine once the project is finished.

**KEYWORDS:** <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES >, <AUTOMATIC CONTROL ENGINEERING>, <AUTOMATIZED SYSTEM>, <PLATFORM OF CONTROL ARDUINO>, <ULTRASONIC SENSOR >, < PRESSURE SENSOR> <FUZZY CONTROLLER>, <HMI DISPLAYS>.

## **INTRODUCCIÓN**

La operación manual de la maquinaria alimenticia cárnica, es un problema que afecta de una u otra manera a las industrias y/o laboratorios, pues los equipos deben ser adecuados y adaptados correctamente al trabajo a realizar, ya que su operación en ocasiones resulta un peligro si no es operado correctamente, esto debido a falta de información de su manejo, seguridad alimentaria y los riesgos más importantes dentro de la industria.

Cabe recalcar también que los factores externos recaen como responsables directos por mala utilización del equipo, provocando muchas consecuencias a mediano o largo plazo como son: golpes o cortes por aparatos o herramientas, sobreesfuerzo, caídas de objetos en manipulación, realización de posturas forzadas y riesgo biológico.

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, en el Laboratorio Especializado de Cárnicos existen problemas en la operación manual de la maquinaria de embutición cárnica, por lo cual se diseñó e implementó un sistema automatizado para una embutidora de cárnicos en dicho laboratorio, partiendo de análisis experimentales y pruebas de campo que permitieron hacer un diagnóstico del equipo.

Con esta información y posteriores cálculos se ejecuta soluciones inmediatas, mediante la automatización que ayudará a mitigar estos problemas. Este sistema automatizado está basado explícitamente en la automatización de mecanismos hidráulicos manuales, siendo remplazados por un sistema Oleo hidráulico automático, se fundamenta principalmente para controlar las variables de presión y velocidad lineal del cilindro.

Además dispone de un controlador Fuzzy, que es elaborado para mejorar la variación que existe en la presión, que afecta proporcionalmente a la velocidad lineal del cilindro, permitiendo incorporar medios y mecanismos que garantizará la integridad al personal y a las operaciones y de esta forma disminuir costos de mantenimiento y desperdicio de materia prima.

## **ANTECEDENTES**

La Industria cárnica a diferencia de la mayoría de las grandes industrias modernas, se dio a conocer desde la prehistoria. Surgiendo en la época más antigua, referencias tan fortuitas en ciertas prácticas de conservación de la carne. Los aborígenes de América disecaban la carne, las técnicas de ahumado y salazón eran conocidas antes del tiempo de Homero, la elaboración y especiado de algunos tipos de embutidos era común en Europa y en la zona mediterránea mucho antes del tiempo de los Césares.

Muchos siglos después con la revolución tecnológica que invade al mundo, muchas industrias cárnicas han tratado de mantenerse en un proceso de mejoramiento constante, en lo referente a tecnología y equipamiento.

Es así que varios países como Ecuador y la mayoría de sus empresas alimenticias, se encuentran automatizadas, las cuales obtienen su producto final a través de procesos en línea, debido a la optimización de recursos y tiempo.

De igual manera en la ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo, existe una fábrica de embutidos “EMBUTIDOS LA IBERICA CIA.LTDA” la misma que en los últimos años ha renovado en gran parte su maquinaria existente, y con esto ha constituido su mercado principal.

Por lo tanto, en el Laboratorio Especializado de Cárnicos de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, se toma en cuenta todas las fallas que ocurren en las operaciones de embutir carne, provocado por el control manual de las variables de proceso, ya que en varias ocasiones se han realizado paradas forzadas debido al mal manejo de equipo, existiendo desperdicio de materia prima, pérdida tiempo al momento de realizar las practicas por parte de los estudiantes, y de de igual manera ha originado accidentes humanos y de producción.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Debido a la operación manual y mal manejo de la embutidora por parte de los estudiantes de las diferentes facultades de la ESPOCH, se formula las siguientes preguntas:

¿Es posible que una vez implementado un sistema automatizado para la embutidora de cárnicos existente en la Facultad de Ciencias Pecuarias, se evite realizar paradas forzadas debido al mal manejo de equipo?

¿Qué plataforma de control es la más factible y viable para la automatización de la embutidora de cárnicos?

Dependiendo de los requerimientos del proceso de embutición ¿Qué tipo de controlador se debe elegir para implementar el sistema de control?

¿Cómo efectuar el control y monitoreo de la máquina embutidora desde una interfaz de visualización?

¿En qué porcentaje se minimizará el desperdicio de materia prima?

Una vez automatizado el equipo ¿Se optimizará el tiempo al momento de realizar prácticas por parte de los estudiantes?

¿Cuál es el mayor beneficio para estudiantes y docentes de la Facultad de Ciencias Pecuarias?

## JUSTIFICACIÓN

Debido a la alta demanda, y el creciente consumo de carne y sus subproductos en nuestro país, se han creado nuevos métodos tecnológicos para obtener una mejora en el proceso de producción de estos productos, permitiendo así dar solución a los diversos problemas ocasionados por la operación manual de la maquinaria alimenticia.

En base a esto se realiza esta presente investigación en el Laboratorio Especializado de Cárnicos de la Facultad de Ciencias Pecuarias, en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; ubicada en la ciudad de Riobamba, la cual se puede determinar que existen problemas de control y monitoreo de las variables de proceso (presión y velocidad lineal de cilindro), producido por el inadecuado manejo de equipo, lo que ha provocado reducción de tiempo de proceso al momento de realizar las prácticas de laboratorio, desperdicio de materia prima, además de existir un riesgo al personal y a las operaciones.

Dado a toda esta problemática se realiza una propuesta, buscando así optimizar de mejor manera la embudidora, que permite una vistosa presentación de los subproductos de la carne, disminución de accidentes en cuanto a las operaciones y reducción del tiempo de proceso en las prácticas realizadas por los estudiantes debido a paradas forzadas, ya que la máquina automatizada permite aumentar la cantidad de producción de embutidos frente a un método tradicional.

Además de lo ya mencionado, cabe recalcar que este sistema podrá controlar eficientemente las variables de presión y velocidad lineal del cilindro hidráulico. Debido a que posee un mecanismo de control difuso, que es usado para regular la variación de presión.

Este sistema está formado por la variable controlada que es la velocidad lineal de salida del cilindro hidráulico la misma que está analíticamente relacionada con la presión del sistema; el valor de referencia es un rango de presión que se rige a un protocolo de programación para

encendido y apagado de las bobinas del motor paso a paso; el elemento de comparación es un valor asignado por defecto por cada tipo de embutido a procesar, el mismo que es programado en un dispositivo de control a utilizar, las señales de entrada cuantitativas (presión y distancia) y una variable cualitativa (tipo de producto) son las variables de proceso; el elemento de control (PLC, Logo, Arduino, RaspBerry), el elemento de corrección es un motor DC paso a paso; la planta o proceso es el eje giratorio de una válvula reguladora de presión; el dispositivo de medición es un sensor de presión y la retroalimentación es negativa.

La información tomada por los sensores es procesada y guardada en una base de datos en la memoria del elemento de control. Una vez adquirida esta información es procesada e intervenida con la programación correspondiente. Todos los sensores utilizados en el sistema recopilan datos y los compara con los de su programación y envía señales analógicas o digitales (salidas) hacia el dispositivo de control, el mismo que después de obedecer las diferentes líneas de programación, envía un tipo de señal al actuador.

Cabe recalcar de igual forma que el control y/o monitoreo de las variables es a través de una interface de visualización gráfica.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

- Diseñar e implementar un sistema automatizado para una embutidora de cárnicos de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

.

### **Objetivos específicos:**

- Analizar las variables de proceso en la etapa de embutición.
- Diseñar los sistemas: mecánicos, eléctricos, electrónicos, hidráulicos y de control, para la automatización del equipo.
- Seleccionar los elementos que compone la automatización, acorde a los productos a elaborar y al diseño de los sistemas.
- Implementar la automatización y el sistema de control industrial para la embutidora de cárnicos.
- Comprobar el funcionamiento de la maquinaria y analizar sus resultados.

## CAPÍTULO I

### 1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1 EMBUTIDOS



**Figura 1-1** Tipos de embutidos

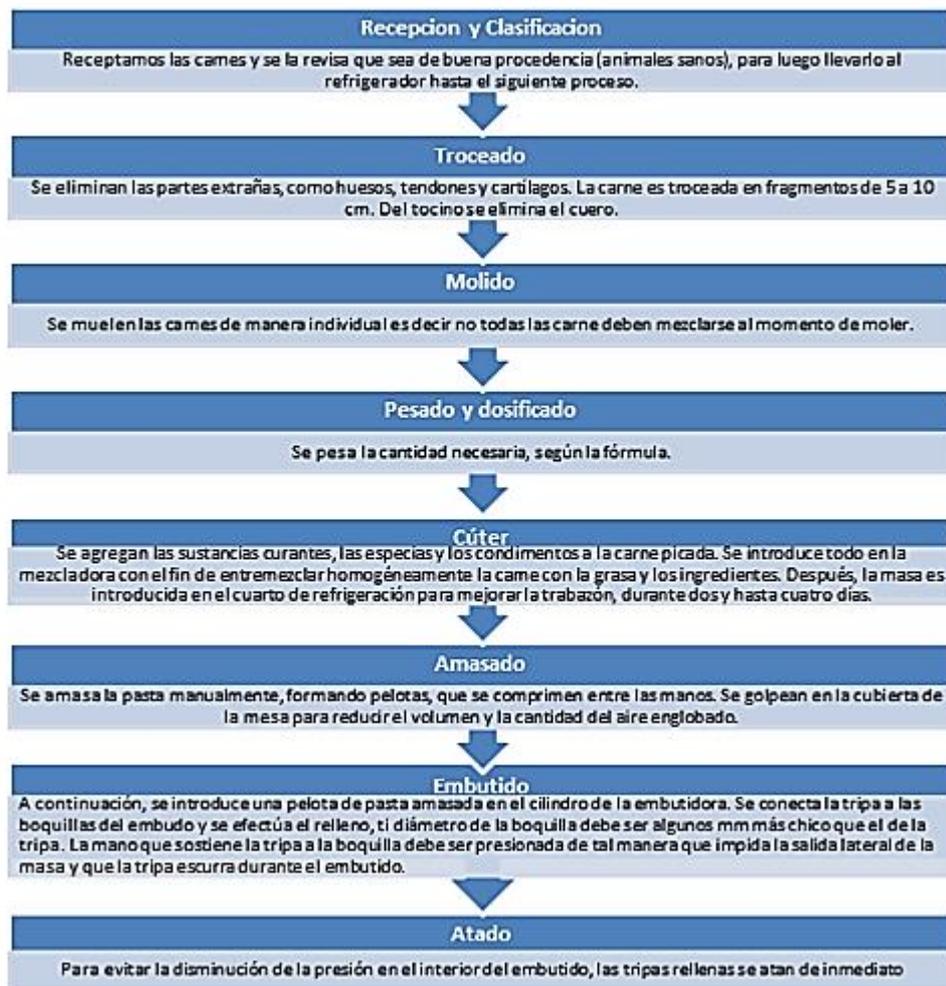
Fuente: [http:// www. jornadabc.mx/](http://www.jornadabc.mx/)

Los embutidos son alimentos elaborados a partir de la carne picada y condimentada; esta carne es el tejido muscular estriado madurado, es comestible, sano y limpio de los animales de abasto: como son bovino, ovino y porcino. Sigue un proceso combinado para luego ser introducida a presión en tripas naturales procedentes del tracto digestivo de estos animales o en tripas artificiales fabricadas de colágeno, celulosa o plástico, aunque en el momento de consumo, carezcan de estas envolturas.

##### **1.1.1** *Proceso de Producción*

### 1.1.1.1 Procedimiento para de Elaboración de Embutidos.

La elaboración de cada embutido consta de etapas secuenciales y en cada una de estas se encuentran involucradas distintas variables a controlar. En la Fig.2-1 podemos ver el diagrama de flujo del proceso de producción:



**Figura 2-1 Etapas para la elaboración de embutidos.**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

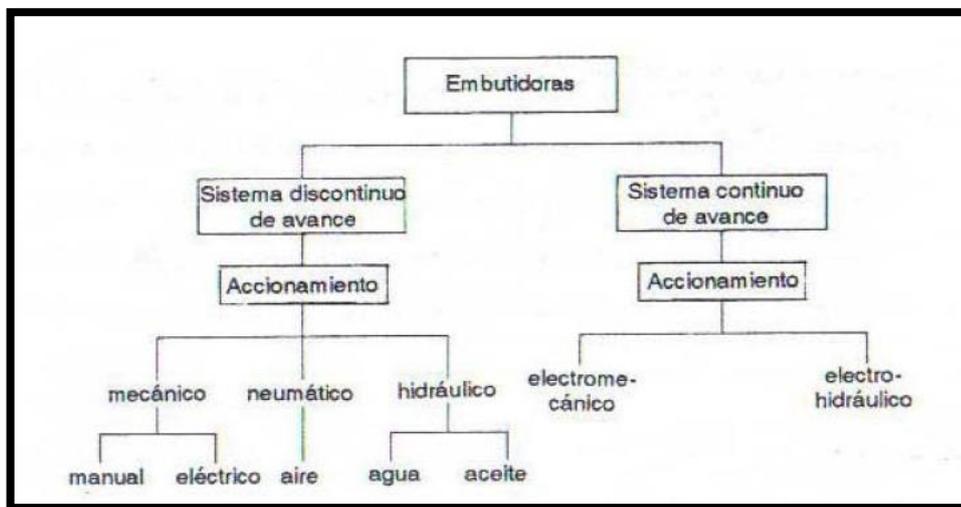
## 1.2 MAQUINARIA PARA EMBUTIR

Las máquinas embutidoras se utilizan para introducir a presión la masa combinada y cruda en sus envolturas (tripas naturales o artificiales, latas y frascos), de tal forma que se puedan realizar los tratamientos como : calentamiento, ahumado, secado, etc. Que se requieren para que estos productos sean aptos para el consumo.

Las máquinas embutidoras pueden utilizar dos tipos de sistemas de avance:

- Continuos
- Discontinuos

El avance discontinuo dificulta el proceso de llenado cada vez que hay que rellenar el depósito de alimentación. Por este sistema trabajan las embutidoras de pistón. Las máquinas de avance continuo poseen un sistema de elementos de avance que permite realizar el aporte de producto sin interrupción del proceso de llenado.



**Figura 3-1** Tipos de embutidoras

Fuente: (Japón Gualan, y otros, 2008)

### 1.2.1 Embutidoras de funcionamiento discontinuo

Estas máquinas se empezaron a utilizar a principios de la década de los 80 del siglo pasado. Eran aparatos de mesa formados por un cilindro de chapa gruesa colocado horizontalmente cuya función era alojar la masa. La salida de la masa a través de la boquilla de embutición se conseguía accionando manualmente una manivela, la cual a través de unos engranajes dentados movía un émbolo plano.

Esta primera generación de embutidoras de émbolo requería mucho esfuerzo, por lo que pronto fueron sustituidas por máquinas de transmisión simple o doble por ruedas dentadas. Actualmente, casi todas las embutidoras de émbolo funcionan por presión hidráulica, y la caja, el cilindro y el émbolo son de acero fino. Sin embargo, no ha variado el principio de embutición.

El contenido del cilindro oscila entre 15 y 100 litros. Las embutidoras que funcionan por presión hidráulica alcanzan una presión de aproximadamente 20 bar y pueden obtener un rendimiento de un litro por segundo. (Japón Gualan, y otros, 2008)



**Figura 4-1** Embutidora Torrelli tipo pistola.

**Fuente:** CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

## **1.3 FUNDAMENTOS DE HIDRÁULICA**

### ***1.3.1 Hidráulica y Oleohidráulica***

Para conocer la diferencia de estos dos términos, primeramente hay que estudiar sus definiciones:

- Hidráulica.-Se refiere a una rama de la física que estudia el comportamiento de fluidos y su aplicación prácticas.
- Oleohidráulica.-Es la transmisión, control de fuerzas y movimientos mediante fluidos, que generalmente son aceites minerales (obtenidos por destilación de petróleo) sometidos a presión.

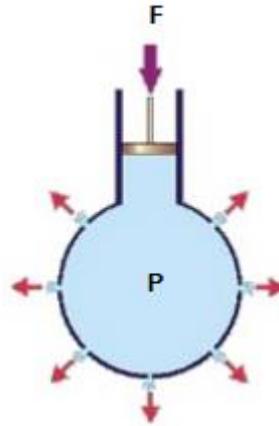
### ***1.3.2 Principios de la hidráulica***

Un sistema hidráulico es un método relativamente simple de aplicar grandes fuerzas que se pueden regular y dirigir de la forma más conveniente. Todos sistema hidráulico consta de unos cuantos componentes relativamente simples y su funcionamiento es fácil de entender en este caso nos vamos a centrar más en el estudio de cilindros hidráulicos, para esto hay dos conceptos que tenemos que tener en claros el de fuerza y presión.

- La fuerza significa un empuje o una tracción total. Es el empuje o la tracción ejercida contra la superficie total de una superficie particular y se expresa en libras o gramos.
- La presión significa la cantidad de empuje o tracción (fuerza) aplicado a cada área de unidad de la superficie y se expresa en libras por pulgada cuadrada. La presión puede ser ejercida en una dirección, en varias direcciones o en todas las direcciones

### 1.3.2.1 Principio de Pascal

Uno de los principios más significativos de la hidráulica es el de Pascal el cual establece que la presión ejercida en un punto cualquiera de un líquido estático se transmite en forma de presión sobre todo el volumen del líquido y en todas las direcciones.



**Figura 5-1** Principio de Pascal

**Fuente:** <http://www.ejemplode.com/images/uploads/fisica/principio-de-pascal.jpg>

**Realizado:** CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Teniendo en cuenta que P (presión) es la fuerza que se ejerce por unidad de superficie.

#### **Ecuación 1-1 Presión**

$$P = \frac{F}{A}$$

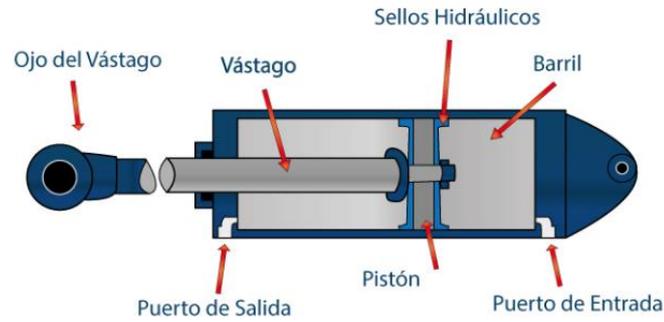
**Donde:**

**F:** Fuerza

**A:** Área

De lo dicho anteriormente se puede notar que la presión varía dependiendo del área en el cual se aplique la fuerza.

En un cilindro hidráulico la presión va depender de la fuerza aplicada en el pistón y se puede hallar la superficie de este con la siguiente ecuación 1-2.



**Figura 6-1** Partes de un cilindro hidráulico

Fuente: <http://www.ashm.mx/blog/wp-content/uploads/2014/08/cilindros-hidraulicos-ashm-partes-de-un-cilindro-hidraulico.jpg>

### Ecuación 2-1 Superficie del pistón en un cilindro hidráulico

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

**Donde:**

**D:** Diámetro del pistón

#### 1.3.2.2 Flujo volumétrico

También conocido como caudal volumétrico, para fluidos incompresibles, se define como el producto de la velocidad por el área.

### Ecuación 3-1 Caudal

$$Q = A * V$$

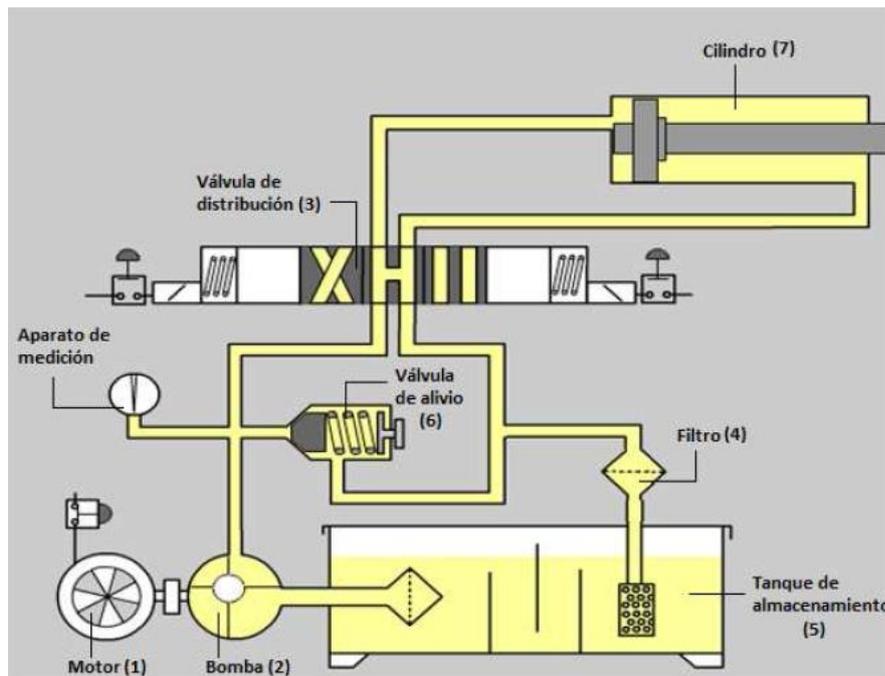
**Donde:**

**A:** Área del pistón

**V:** Velocidad del cilindro

## 1.4 ESTRUCTURA DE SISTEMAS HIDRÁULICOS

Un sistema de transmisión hidráulica cuenta en esencia con siete elementos principales, como se puede ver en la figura 7-1.



**Figura 7-1** Componentes de una unidad hidráulica.

Fuente: (RELEVO , y otros, 2012 pág. 43)

A continuación se detalla de forma general cada una de sus partes:

1. **Motor Eléctrico.-** Es un elemento eléctrico muy usado en diversos equipos electrónicos. Tiene como función de transformar la energía eléctrica suministrada por una fuente de voltaje, en energía mecánica que se conecta a algún tipo de mecanismo. Su forma de trabajo y sus propiedades es indispensable para cualquier ingeniero o técnico que desee emplear estos dispositivos para el montaje y/o mantenimiento de quipos, como propósito de generar una elección de modelo más conveniente y conseguir el mejor rendimiento. El funcionamiento de un motor, se basa generalmente en propiedades electromagnéticas de la corriente eléctrica y a

partir de ellas, crear unas fuerzas de atracción y repulsión que se encargan de actuar sobre un eje y generar un movimiento rotativo.

2. **Bomba.**-La bomba hidráulica al igual que cualquier equipo eléctrico toma energía de una fuente y la convierte a una forma de energía hidráulica. La bomba toma aceite de un depósito de almacenamiento (tanque) y lo envía como flujo al sistema hidráulico. Todas las bombas producen un flujo de aceite, creando un vacío a la entrada de la bomba. En ese momento la presión atmosférica empuja el aceite a través del conducto de entrada a las cámaras de entrada de la bomba. Los engranajes de la bomba llevan el aceite a la cámara de salida de la bomba. El volumen de la cámara disminuye a medida que se acerca a la salida.

Esta reducción del tamaño de la cámara empuja el aceite a la salida. La bomba NO produce “presión” sólo produce flujo (por ejemplo, galones por minuto, litros por minuto, centímetros cúbicos por revolución, etc.), para luego ser usado por el sistema hidráulico.” La presión se produce por acción de la resistencia al flujo. La resistencia se genera a medida que el flujo pasa por las mangueras, orificios, conexiones, cilindros, motores, etc., lo que impide el paso libre del flujo al tanque.

3. **Válvula De Distribución.**-Dispositivo diseñado para el control en la circulación de fluidos por una tubería o manguera, estas se identifican por sus características; tales como son:
  - Número de posiciones.
  - Número de vías.
  - Posición normal.
  - Voltaje de accionamiento.

Este componente está formado por el número de vías y número de posiciones. El número de vías indica el número de conexiones que tiene la válvula, y el número de posiciones es el número de maniobras diferentes que puede realizar una válvula, estas posiciones están simbolizadas en los esquemas neumáticos o hidráulicos por cuadrados que en su interior, el cual indica las uniones que realiza internamente la válvula con las diferentes vías y la dirección de circulación del líquido o aire, o en el caso de una línea que sale de una vía y no tiene unión con otra vía sería en el caso de estar bloqueada esa vía en esa posición. Los tipos de válvulas de control direccional que nos podemos encontrar son los siguientes:

Válvulas direccionales	
Símbolo	Descripción
	Válvula 3/2 en posición normalmente cerrada.
	Válvula 4/2.
	Válvula 4/2.
	Válvula 5/2.
	Válvula 5/3 en posición normalmente cerrada.
	Válvula 5/3 en posición de escape.

**Figura 8-1 Sistema hidráulico de transmisión**

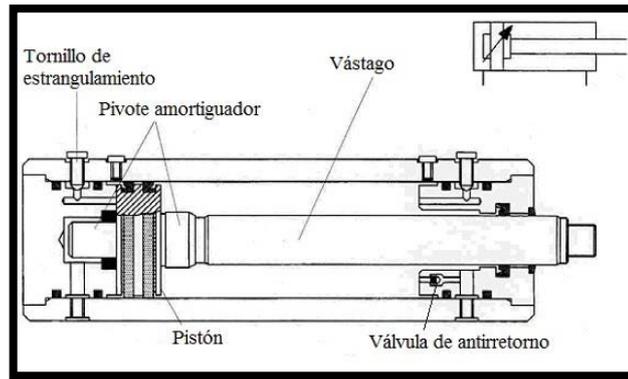
Fuente: <http://es.slideshare.net/>

- **Válvula direccional 2/2:** En este caso la válvula en una posición une las dos vías y en la otra posición las separa.
- **Válvula direccional 3/2:** Tiene dos posiciones y tres vías donde una de ellas va al actuador, normalmente un cilindro de simple efecto o actuador que tiene un retorno mecánico, normalmente por muelle y las otras dos vías van al tanque y a la presión haciendo que en una posición el aceite o aire, dependiendo si el circuito es hidráulico o neumático.
- **Válvula direccional 4/2:** Tiene dos posiciones como en el caso anterior de la válvula 3/2 pero en este caso tiene dos vías al actuador, permitiendo que en una posición provoque el funcionamiento del actuador en sentido contrario, ya siendo un cilindro de doble efecto haciendo que en una posición salga el pistón y en la otra entre el pistón del cilindro.
- **Válvula direccional 4/3:** Estas válvulas siguen teniendo 4 vías, que son presión (P), tanque (T), A y B que son las vías que van al actuador ya sea cilindro o bomba hidráulica. La variación está en que tiene tres posiciones siendo iguales los circuitos internos de las posiciones laterales que las encontradas en las válvulas 4/2, pero nos encontramos con la posición central cuyo circuito puede ser de varias formas diferentes:

**Válvula direccional 4/3 con centro abierto:** El centro abierto significa que las cuatro vías están unidas internamente.

**Válvula direccional 4/3 con centro cerrado:** El centro cerrado significa que las cuatro vías están bloqueadas internamente impidiendo la circulación del aceite o aire en ninguna de las direcciones. (Electromecanic, 2013)

4. **Filtro.-** Se encarga de retirar partículas sólidas en suspensión (trozos de metal, plásticos, etc.) del aceite ya puede filtrarse en cualquier punto del sistema. En la mayoría de los sistemas hidráulicos, el aceite es filtrado antes de que entre a la válvula de control. Por lo cual requiere un filtro normalmente grande que pueda soportar la presión total de la línea.
5. **Tanque de almacenamiento.-** Contiene el aceite que requiere el sistema y se encarga de acoger el aceite sin presión que proviene del sistema. En segundo lugar en él se enfría el aceite, además tienen que segregarse las partículas en suspensión el agua y el aire, para ello es necesario que esté el tiempo suficiente en el depósito en efecto debe ser suficientemente grande.
6. **Válvula de alivio.-** También llamada válvula de seguridad, es un dispositivo mecánico que permite el paso de un fluido en un solo sentido, y en el sentido contrario lo impide. Esta válvula limita la presión en el sistema, para protegerlo o para reducir la fuerza aplicada en el cilindro. Esta válvula limita la presión en el sistema, para protegerlo o para reducir la fuerza aplicada en el cilindro.
7. **Cilindro hidráulico.-** Los pistones hidráulicos son actuadores de tipo mecánicos empleados en la fabricación de pistones que son usados para proporcionar fuerza a través de un movimiento recto y lineal. Se utilizan en la industria alimenticia principalmente en la elaboración de embutidos para empujar la carne del depósito hacia una boquilla para su respectiva envoltura. Los pistones debe de estar en acoplo perfecto con las paredes del cilindro para que no se produzcan perdidas de carga y obtener la mayor transmisión de potencia. Las partes que forman los pistones hidráulicos son: el cilindro de barril y el pistón móvil conectado a un vástago.



**Figura 9-1 Sistema hidráulico de transmisión**

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut212/fig13tut212.jpg/>

#### 1.4.1.1 Tuberías hidráulicas

Son conductos de conexión y pueden ser tubos hidráulicos metálicos o flexibles de alta presión con seguridad. Al utilizar tubos flexibles hidráulicos se deben tener en cuenta algunos criterios.

- Fluido

Debe de estar asegurada la resistencia al fluido utilizado.

- Presión máx. de servicio

A causa de aceleraciones y deceleraciones se producen crestas de presiones que pueden superar mucho la presión estática. Por eso la presión máxima de servicio de tubos flexibles hidráulicos se diferencia y especifica para un funcionamiento constante e intermitente. Para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

#### **Ecuación 4-1 Presión del sistema**

$$P[\text{BAR}] = \frac{P[\text{KW}] * 612 \eta}{Q \left[ \frac{\text{lt}}{\text{min}} \right]}$$

#### **Dónde:**

**Q**= Caudal

**P [KW]**=Potencia del motor

**$\eta$** =Eficiencia

- Aumento del volumen por dilatación del material

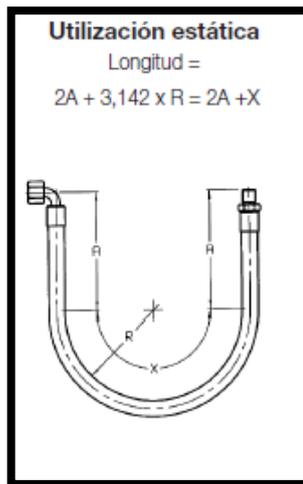
Al aumentar la presión los tubos flexibles se ensanchan y aumentan el volumen del fluido contenido. Este volumen puede desatenderse en la mayoría de las aplicaciones, pero se debe tener en cuenta en el caso de cadencias rápidas.

- Radio de doblado

Los radios mínimos de doblado deben ser absolutamente respetados.

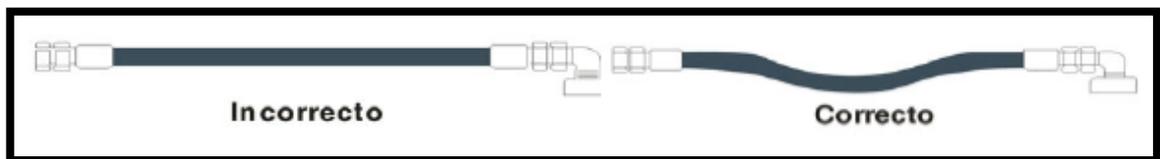
#### **Concejos para la Instalación de Mangueras Flexibles**

El radio de doblado influye directamente la longitud del tubo flexible y el cálculo es el siguiente.



**Figura 10-1 Radio de doblado de manguera hidráulica.**  
 Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn212.html#seccion26>

Para evitar esfuerzos por pandeo de los terminales, los dos extremos de los tubos flexibles deben ponerse en posición directa. Por eso recomendamos de calcular la longitud según la figura 10-1, en la cual “R” es el radio mínimo de doblado. Este radio se mide al interior de la curva y el tubo flexible no se debe aplanar más del 10% del diámetro exterior inicial.

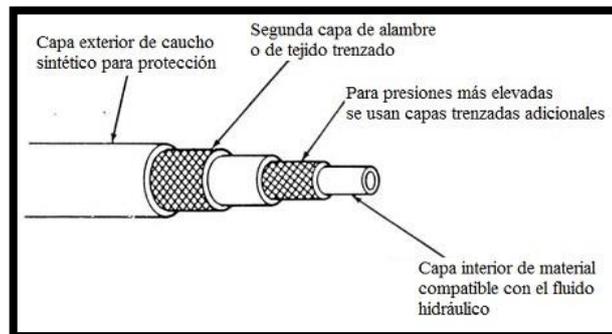


**Figura 11-1 Consejos para instalación de mangueras.**  
 Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn212.html#seccion26>

Para la conducción del fluido hidráulico se emplean tanto tuberías rígidas de acero sin soldadura, como mangueras flexibles, evitándose en todo momento emplear elementos galvanizados, dado que el zinc presente puede ser muy reactivo con ciertos aditivos presentes en los fluidos hidráulicos, para una esclarecimiento más detallado se puede revisar el anexo 10.

Para la conducción del fluido hidráulico se emplean tanto tuberías rígidas de acero sin soldadura, como mangueras flexibles, evitándose en todo momento emplear elementos galvanizados, dado

que el zinc presente puede ser muy reactivo con ciertos aditivos presentes en los fluidos hidráulicos.



**Figura 12-1 Mangueras flexible para aplicaciones hidráulicas**

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn212.html#seccion26>

En el caso de mangueras flexibles, en su cálculo hay que tener en cuenta un factor de seguridad  $F_s$ , en función de la presión de servicio o de funcionamiento a la que trabaje la manguera.

**Tabla 1-1 Factor de seguridad en mangueras flexibles,  $F_s$**

Factor de Seguridad en mangueras flexibles, $F_s$	
Presión de servicio, en bares	$F_s$
De 0-70	8
De 70-175	6
> 175	4

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn212.html#seccion26>

**Ecuación 5-1 Factor de seguridad en mangueras flexibles.**

$$F_s = \frac{P_{rotura}}{P_{func}}$$

**Donde:**

$P_{rotura}$  = Presión de rotura

$P_{func}$  = Presión de funcionamiento

El cálculo de la pérdida de carga o de presión ( $\Delta p$ ) originado en los tramos de tuberías es inmediato y fácil de realizar. En efecto, en un tramo de tubería de una longitud considerada "L", el cálculo de las pérdidas de carga originadas se puede obtener aplicando la ecuación de **Darcy - Weisbach**, mediante la siguiente expresión (Rodríguez Galbarro):

**Ecuación 6-1 Pérdidas por caída de presión aplicando la ecuación de Darcy-Weisbach**

$$\Delta p = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

**Donde:**

$\Delta p$  = Es el valor de la pérdida de carga o de presión medida según la altura manométrica y expresada en metros de columna de agua (m.c.a.)

L = Es la longitud del tramo considerado de tubería (m)

D = Es el diámetro interior de la tubería (m)

v = es la velocidad del fluido hidráulico por el interior de la tubería (m/s)

g = Es la aceleración de la gravedad (9,81 m/s<sup>2</sup>)

f = Es el factor de fricción de Darcy-Weisbach.

De la anterior expresión todos los parámetros son conocidos salvo el factor de fricción (f). El factor de fricción (f), es un parámetro adimensional que depende del número de Reynolds (Re) del fluido hidráulico empleado y de la rugosidad relativa de la tubería ( $\epsilon_r$ ).

$$f = f(\text{Re}, \epsilon_r)$$

**Ecuación 7-1 Relación de la ecuación de Darcy-Weisbach con las pérdidas de presión en los accesorios con la siguiente:**

$$P_2 - P_1 = \rho * g * \Delta_p$$

**Ecuación 8-1 Número de Reynolds**

$$Re = \frac{\rho * v * D}{\mu}$$

Siendo,

$\rho$ = La densidad del aceite o fluido hidráulico ( $kg/m^3$ )

$v$ = Es la velocidad del fluido por el interior de la tubería (m/s)

$D$ = Es el diámetro interior de la tubería (m)

$\mu$ = Es viscosidad dinámica del aceite o fluido hidráulico (kg/m.s)

Los valores de transición entre régimen laminar y turbulento se encuentra con el número de Reynolds en la franja de 2000 a 4000. Es decir, en función del valor del número de Reynolds se tiene que:

$Re < 2000$ : Régimen laminar.

$2000 < Re < 4000$ : Zona crítica o de transición.

$Re > 4000$ : Régimen turbulento.

#### *1.4.1.2 Aceite hidráulico*

El aceite hidráulico tiene que convertir la fuerza rotativa del motor a fuerza de empuje multiplicando la fuerza aplicada para realizar el trabajo. Las fuerzas desarrolladas pueden sobrepasar de los 5,000 PSI (345 bares). Cada sistema está diseñado para operar con un aceite que proteja en lubricación límite cuando las presiones en válvulas sobrepasan el punto de lubricación hidrodinámica (criada por la propia presión del aceite). (WIDMAN INTERNATIONAL SRL, 2016)



**Figura 13-1 Aceite Lubricante Castrol SAE W40 Motor Oil**  
Fuente: [http://www.castrol.com/es\\_es/spain.html](http://www.castrol.com/es_es/spain.html)

Para hallar la densidad del aceite utilizamos la ecuación 9-1.

#### **Ecuación 9-1 Densidad del fluido**

$$SG = \frac{\rho_{sustancia}}{\rho_{H_2O}}$$

Donde:

SG = Gravedad Especifica [adimensional]

$\rho_{sustancia}$  = Densidad de la sustancia(Aceite). [ $kg/m^3$ ]

$\rho_{H_2O}$  = Densidad del Agua [ $1000 kg/m^3$ ]

## **1.5 SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN**

La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas define la automática como el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición original se desprende la definición de la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos industriales.

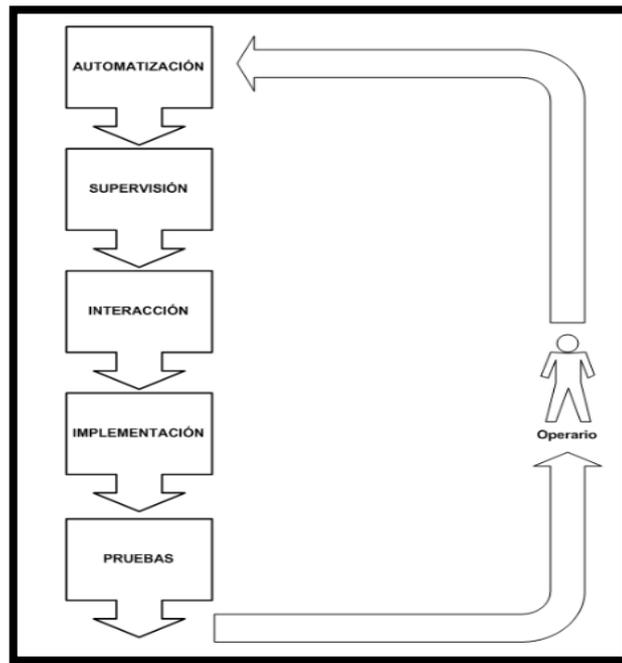
Por proceso, se entiende aquella parte del sistema en que, a partir de la entrada de material, energía e información, se genera una transformación sujeta a perturbaciones del entorno, que da lugar a la salida de material en forma de producto. Los procesos industriales se conocen como procesos continuos, procesos discretos y procesos batch.

Los procesos continuos se caracterizan por la salida del proceso en forma de flujo continuo de material, como por ejemplo la purificación de agua o la generación de electricidad. Los procesos discretos contemplan la salida del proceso en forma de unidades o número finito de piezas, siendo el ejemplo más relevante la fabricación de automóviles. Finalmente, los procesos batch son aquellos en los que la salida del proceso se lleva a cabo en forma de cantidades o lotes de material, como por ejemplo la fabricación de productos farmacéuticos o la producción de cerveza. (PONSE, y otros, 2009)

Para configurar procesos automáticos modernos se necesitan tres componentes:

- Sensores para captar los estados del sistema
- Actuadores para emitir los comandos de control
- Unidades de control para la ejecución del programa y para tomar decisiones

Existen complejos procesos de automatización que requieren de la colaboración entre los diversos departamentos de una empresa (gestión, logística, automatización, distribución, etc.). En esta sección se enfoca el problema en concreto en la parte de automatización, desde el punto de vista del trabajo que debe realizar el ingeniero/ingeniera técnica. (FESTO, 2007)



**Figura 14-1** Fases para la automatización  
Fuente: (PONSE , y otros, 2009)

### ***1.5.1 Fases para la Automatización***

#### ***1.5.1.1 Automatización***

En esta fase elemental hay que desarrollar los pasos siguientes relacionados con el

GRAFCET (Grafo de Estados y transiciones) y la puesta en marcha de automatismos:

- Observación del proceso a controlar y generación del GRAFCET de primer nivel en su descripción funcional.
- Selección del automatismo (autómata programable, regulador digital autónomo).
- Selección y cableado físico de sensores y actuadores, con las secciones de entradas y salidas del automatismo.
- Generación del GRAFCET de segundo nivel en su descripción tecnológica.

### *1.5.1.2 Supervisión*

- Hay que reunir el máximo de especificaciones a priori sobre los estados posibles en las que se puede encontrar una máquina o un proceso, según la experiencia del agente encargado de la automatización o según las peticiones del cliente.

- Hay que definir los módulos a utilizar según la complejidad del problema (seguridad, modos de marcha, producción) y representar gráficamente el caso de estudio mediante los estados y las transiciones de la guía GEMMA (Guía de Estudios de modos de marcha y paro).

- El operario procede a la supervisión cuando está vigilando la evolución del proceso controlado automáticamente, y está atento a la presencia de posibles imprevistos que merezcan activar el módulo de seguridad e intervenir directamente en el mismo.

Conviene indicar que GRAFCET muestra el control secuencial a modo de etapas de funcionamiento de la máquina/proceso, mientras que la guía GEMMA muestra la presencia de las acciones del operario humano en forma de estados de parada, funcionamiento y fallo.

Una vez la fase de supervisión ya está consolidada, hay que establecer la fase de interacción.

### *1.5.1.3 Interacción*

En la interacción entre la supervisión humana llevada a cabo por el operario y el proceso controlado por parte del automatismo, hay que concretar la intervención del operario mediante el diseño del panel de mando en función de las acciones físicas sobre dispositivos y la recepción de señales informativas visuales o acústicas.

Los dispositivos concretos a utilizar dependen de los módulos definidos en la fase denominada supervisión. En concreto, presentamos una disposición básica de dispositivos en la siguiente sección. Para el diseño del panel de mando se utilizan conceptos que aparecen en la normativa de seguridad en máquinas, así como especificaciones ergonómicas y el conjunto de situaciones a tratar mediante la guía GEMMA. La siguiente sección muestra en detalle esta integración. En función de la complejidad del problema, el operario debe conocer qué dispositivos necesita y si el panel es el adecuado o conviene hacer mejoras.

En automatización industrial, existe una gran diversidad de dispositivos, que se engloban en lo que se conoce como interfaz persona-máquina (HMI human-machine interface).

#### *1.5.1.4 Implementación*

Sin duda, ésta es la parte más práctica del método y escapa a las pretensiones de este libro. Son sus pasos más significativos:

- Selección del lenguaje de programación del automatismo.
- Traducción de GRAFCET a lenguaje de programación.

Esta fase requiere las habilidades prácticas del operario en la programación de automatismos. Una vez la fase de implementación está consolidada, hay que establecer la fase de pruebas.

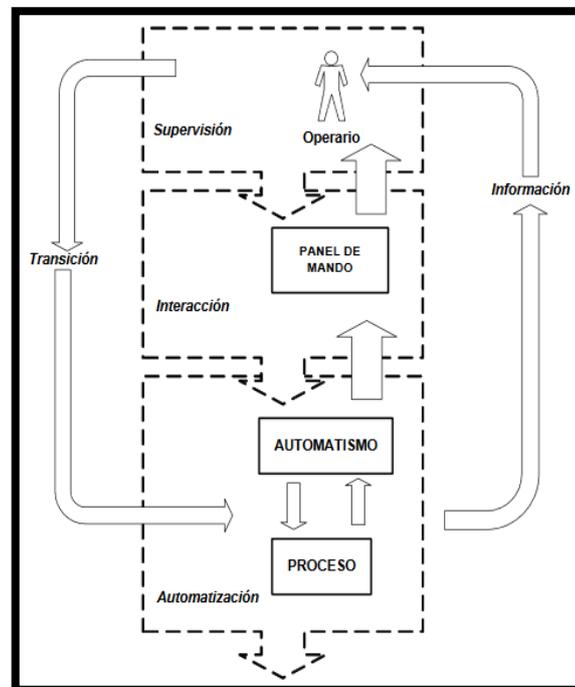
#### *1.5.1.5 Pruebas*

Una vez implementado el algoritmo general sobre el automatismo, el operario puede verificar dicho algoritmo por partes; vigilar la evolución del proceso o interactuar con el proceso controlado mediante el panel de mando, e incluso puede emular situaciones de emergencia para analizar cómo responde el sistema automatizado ante la implantación de la guía GEMMA. Frente a situaciones problemáticas, el operario puede depurar los algoritmos parciales, o añadir más estados que inicialmente no se habían tomado en consideración y rehacer el algoritmo general.

Evidentemente, para afrontar problemas complejos se recomienda dividir el problema en módulos funcionales básicos, y así poder rehacer el algoritmo de forma metódica sólo en las partes a rehacer. Conviene tener muy clara la identificación del aspecto a resolver y clasificar, si es posible, a qué fase corresponde.

La comprensión del método genérico que se acaba de exponer pasa por la amplia experiencia en el sector industrial de la automatización y claramente por la puesta en práctica de las ideas aquí expuestas.

Al incluir una fase de interacción, debe quedar claro que el operario forma parte del sistema persona-máquina diseñado, de ahí que una nueva figura puede clarificar el rol de la tarea del operario. (PONSE , y otros, 2009)



**Figura 15-1** Sistema persona-maquina

Fuente: (PONSE , y otros, 2009)

Centrando el tema de nuevo en la guía GEMMA, es conveniente no perder de vista las fases de supervisión e interacción, ya que en este libro se considera que la fase de automatización ya está realizada previamente, mientras que las fases de implementación y pruebas pertenecen al dominio práctico del puesto de trabajo.

Así, el operario encargado de llevar a cabo la puesta a punto de la guía GEMMA tiene una tarea interna más restrictiva. Si hace frente a un problema complejo, lo dividirá y afrontará de

forma modular, y de forma iterativa irá completando el análisis hasta obtener una guía adaptada al problema en cuestión.

El operario vigila el proceso controlado y puede decidir intervenir en el momento oportuno mediante la actividad sobre el panel de mando; la tarea del operario se complementa con su acceso al proceso para resolver in situ problemas de la producción. (PONSE , y otros, 2009)

### 1.5.2 Niveles de la Automatización

Al unir diversos campo de la ingeniería como la mecánica, electrónica, eléctrica, informática, etc. Se hace posible una evolución dentro de la automatización de procesos industriales.

Esta integración se ve reflejado en la "pirámide de automatización". En cada nivel interactúan diferentes ramas tecnológicas y al mismo tiempo entre cada nivel se establecen protocolos de comunicación industrial.



**Figura 16-1 Pirámide de Automatización**  
Fuente: [www.smctraining.com](http://www.smctraining.com)

A continuación se describe cada nivel de la pirámide de automatización según la figura 16-1:

#### *1.5.2.1 Nivel I. Equipos de campo*

Son los equipos que se encuentran directamente en contacto con el proceso y tienen gran repercusión con el mismo. Por ejemplo: sensores y actuadores.

#### *1.5.2.2 Nivel II. Control de Procesos*

En este nivel se realiza la regulación, la operación y el control del proceso a través de programación para transmitir entradas y salidas que se generen en el proceso. Aquí se encuentran los dispositivos controladores como: ordenadores, PLCs, PIDs, etc.

#### *1.5.2.3 Nivel III. Operación y Supervisión*

Se hallan sistemas de supervisión, control y adquisición de datos. Este nivel es de suma importancia ya que enlaza computadoras y celdas de producción con equipos de visualización (SCADA), es por ello contar con protocolos de comunicación que integren los equipos del nivel II.

#### *1.5.2.4 Nivel IV. Planificación*

Es un nivel superior donde se encarga de dar seguimiento al producto.

#### *1.5.2.5 Nivel V. Gestión*

En la cúspide de la pirámide se administra los recursos empresariales (E.R.P.) desarrollador por ORACLE, S.A.P. y EPICOR.

### *1.5.3 Elementos de una Instalación Automatizada*

De acuerdo a Turmero en el año 2012 indica que dentro de lo que se consideran los elementos de una automatización tenemos (TURMERO, 2012):

#### *1.5.3.1 Máquinas*

Son los equipos mecánicos que realizan los procesos, traslados, transformaciones, etc. de los productos o materia prima.’

### *1.5.3.2 Accionadores*

Son equipos acoplados a las máquinas, y que permiten realizar movimientos, calentamiento, ensamblaje, embalaje. Pueden ser:

**Accionadores eléctricos:** Usan la energía eléctrica, son por ejemplo, electro válvulas, motores, resistencias, cabezas de soldadura, etc.

**Accionadores neumáticos:** Usan la energía del aire comprimido, son por ejemplo, cilindros, válvulas, etc.

**Accionadores hidráulicos:** Usan la energía de la presión del agua, se usan para controlar velocidades lentas pero precisas.

### *1.5.3.3 Pre – accionadores*

Se usan para comandar y activar los accionadores. Por ejemplo, contactores, switches, variadores de velocidad, distribuidores neumáticos, etc.

### *1.5.3.4 Captadores*

Son los sensores y transmisores, encargados de captar las señales necesarias para conocer los estados del proceso, y luego enviarlas a la unidad de control.

### 1.5.3.5 Interfaz Hombre – Máquina

Permite la comunicación entre el operario y el proceso, puede ser una interfaz gráfica de computadora, pulsadores, teclados, visualizadores, pantallas HMI, etc.

### 1.5.3.6 Elementos de Mando

Son los elementos de cálculo y control que gobiernan el proceso, se denominan autómatas, y conforman la unidad de control, un ejemplo de esto son los PLCs.

## 1.6 SISTEMAS DE CONTROL

### 1.6.1 Definición

Para definir Sistema de Control se va definir en primera instancia que es un sistema, esto se refiere a un ente o algo que recibe variables de entrada y cuya respuesta las vamos a definir como variables de salidas, este sistema puede ser físico, matemático, etc. Al mismo tiempo la palabra control se puede entender como la forma de manipular ciertas variables para conseguir que ellas u otras variables actúen en la forma deseada, entonces al unir estas dos definiciones decimos que sistemas de control es una interconexión de componentes formando un sistema de configuración que provee una respuesta deseada.



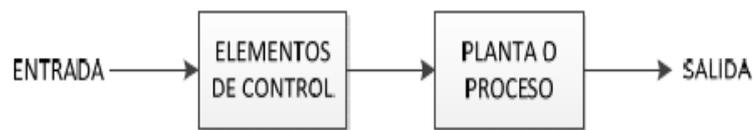
**Figura 17-1 Sistema de Control.**

Fuente: <http://corporacionadsisena.blogspot.com>

Los sistemas de control se pueden clasificar básicamente en dos tipos:

- **Control en Lazo Abierto**

Es aquél en el que la señal de salida no influye sobre la señal de entrada. La exactitud de estos sistemas depende de su calibración, de manera que al calibrar se establece una relación entre la entrada y la salida con el fin de obtener del sistema la exactitud deseada. “Un sistema de control en lazo abierto utiliza un dispositivo de actuación para controlar el proceso directamente sin emplear realimentación”. (DORF, y otros, 2010 pág. 23)



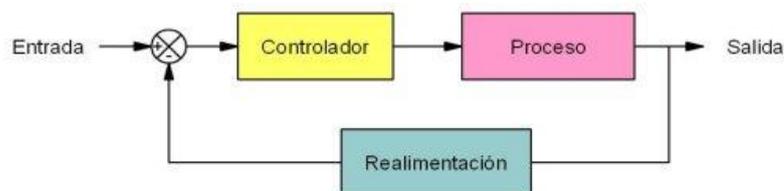
**Figura 18-1 Control en lazo Abierto.**

Fuente: Basantes D, 2013, p.70

- **Control en Lazo Cerrado**

Es aquél en el que la acción de control es, en cierto modo, dependiente de la salida. La señal de salida influye en la entrada. Para esto es necesaria que la entrada sea modificada en cada instante en función de la salida. Esto se consigue por medio de lo que llamamos realimentación o retroalimentación (feedback).

Por lo tanto podemos definir también los sistemas de control en lazo cerrado como aquellos sistemas en los que existe una realimentación de la señal de salida, de manera que ésta ejerce un efecto sobre la acción de control. (MARTINEZ, y otros, 2001 pág. 54)

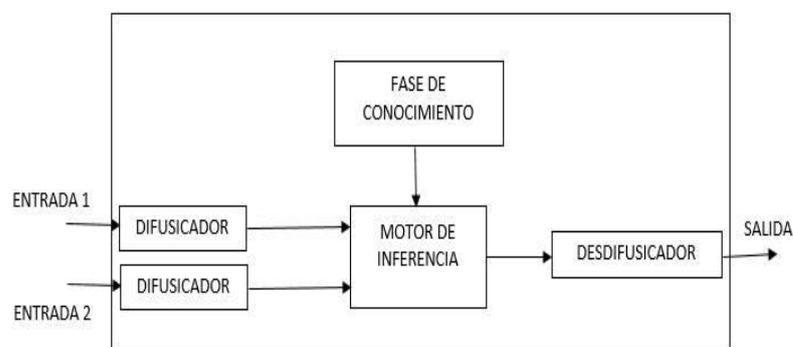


**Figura 19-1 Control en Lazo Cerrado.**

Fuente: www.portaleso.com

## 1.6.2 Control Difuso

El asociar a la lógica difusa con los sistemas de control da como resultado sistemas de control difuso. Los sistemas de control están en dos áreas: el modelado o identificación y el control propiamente dicho. Se basa en la experiencia de un operador humano para crear un controlador que imite el comportamiento de dicha persona. Haciendo una comparación con un controlador tradicional, el control difuso presenta dos ventajas: la primera es que no se requiere el modelo matemático del proceso a controlar y la otra es que se obtiene un controlador empírico no lineal, sin complicaciones matemáticas.



**Figura 20-1 Diagrama de un Controlador Difuso.**

Fuente: [www.scielo.org.com](http://www.scielo.org.com)

## 1.6.3 Lógica Difusa

### 1.6.3.1 Definición

Lógica difusa parte de un razonamiento abstracto que relaciona los medios que perciben las personas, claro ejemplo es la temperatura que existe en una oficina, o la velocidad con que se mueve algún cuerpo, cotidianamente se realizan ese tipo de preguntas con respuestas ambiguas, dependiendo de la perspectiva de quien perciba el fenómeno.

Muy utilizada en inteligencia artificial, el cual se pretende imitar la razón del cerebro humano. Dentro del control de procesos industriales, hay que regirse al conocimiento del operario, esto es muy importante al controlar una máquina, ya que debe imitar el pensamiento humano, obviamente con las limitaciones establecidas



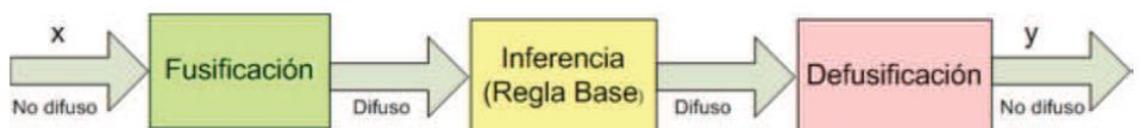
**Figura 21-1 Inteligencia Humana.**

Fuente: <http://www.1.bp.blogspot.com/>

### 1.6.3.2 Tipos de controladores con lógica difusa

El sistema fuzzy es, forzosamente, parte de un sistema técnico que trabaja con valores numéricos (señales), con valores no fuzzy, en sus entradas y salidas. En el presente documento se detallaron los dos tipos de sistemas fuzzy más utilizados (LEÓN PÉREZ, 2014 pág. 27):

- Controlador fuzzy de Takagi-Sugeno: Sus entradas y salidas son variables con valores reales.
- Controlador fuzzy de Mandani: Interpone un fusificador en la entrada y un defusificador en la salida.



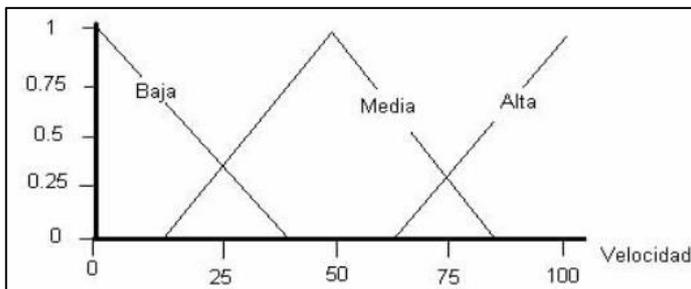
**Figura 22-1 Configuración básica de un controlador Fuzzy mandani.**

Fuente: (LEÓN PÉREZ, 2014 pág. 27)

### 1.6.3.3 Conjuntos Difusos

Son una extensión de los conjuntos clásicos que se conocen, estos tienen una función de pertenencia definida como un número real entre 0 y 1, y se lo asocia a un determinado valor cualitativo que se define con una palabra o etiqueta, dicha etiqueta es el nombre del conjunto o subconjunto, a diferencia de un conjunto clásico que tiene limitaciones, cuyo elemento pertenece o no pertenece al conjunto, es decir es verdadero o falso, y no existen valores intermedios.

Por cada conjunto difuso o borroso existe una función de pertenencia o membresía denominada  $\mu_A(x)$ , la cual indica el grado de pertenencia del elemento hacia el conjunto, si toma el valor de 0 quiere decir que el elemento no está incluido en el conjunto y si el valor es igual a 1 el elemento pertenece completamente al conjunto. En la figura 23-1 se puede apreciar un ejemplo de conjunto borroso (velocidad) y los subconjuntos (alta, media, baja).

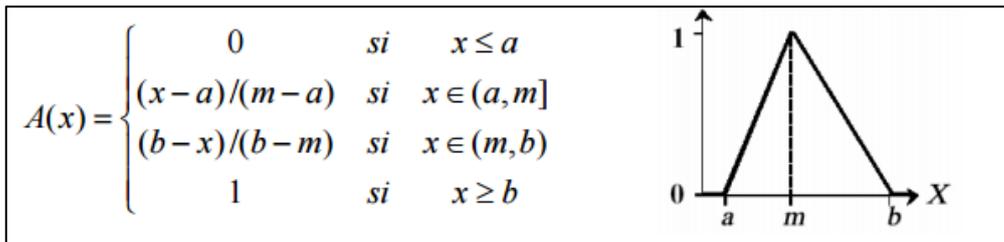


**Figura 23-1 Ejemplo de subconjuntos difusos para el conjunto velocidad.**

Fuente: [www.biblioteca.udep.edu.pe](http://www.biblioteca.udep.edu.pe)

### 1.6.3.4 Funciones de Membresía.

Es el grado de pertenencia de un elemento a un conjunto o subconjunto borroso. Hay una variedad de formas para las funciones de membresía, tal como la de tipo triangular, trapezoidal, singleton, etc.



**Figura 24-1** Ejemplo de una Función de Membresía de tipo Triangular.

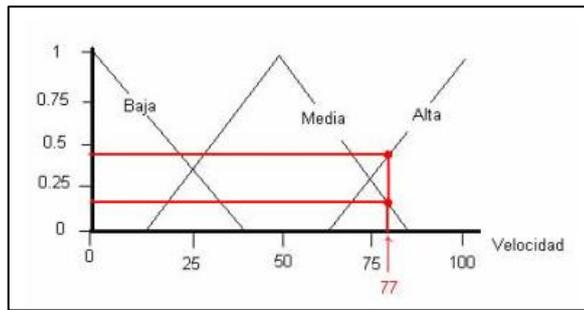
Fuente: [www.biblioteca.udep.edu.pe](http://www.biblioteca.udep.edu.pe)

#### 1.6.3.5 Operaciones difusas

Los subconjuntos difusos están sujetos a aplicárseles ciertos operadores, es decir, que se pueden realizar operaciones con estos. Cuando se aplica un operador a un solo conjunto se obtendrá otro conjunto borroso, lo mismo pasa al aplicar el operador entre dos conjuntos se obtendrá uno solo. Estas operaciones se usan en controladores y son necesarias para evaluar el antecedente de reglas y consideraremos tres operaciones básicas, las cuales son: complemento, unión e intersección. (AYALA, y otros, 2016 pág. 42)

#### 1.6.3.6 Fuzzificación

El control difuso siempre involucra este proceso de Fuzzificación, esta operación se realiza en todo instante de tiempo, es la puerta de entrada al sistema de inferencia difusa. Es un procedimiento matemático en el que se convierte un elemento del universo de discurso (variable medida del proceso) en un valor en cada función de membresía a las cuales pertenece. (AYALA, y otros, 2016 pág. 42)



**Figura 25-1 Ejemplo de fuzzificación de una variable.**  
Fuente: [www.biblioteca.udep.edu.pe](http://www.biblioteca.udep.edu.pe)

### 1.6.3.7 Reglas difusas

Son aseveraciones del tipo SI-ENTONCES indispensables para los controladores difusos, las reglas combinan uno o más conjuntos difusos conocidos como antecedentes o premisas y las relacionan con un conjunto borroso de salida llamado consecuente. Los antecedentes se relacionan por operaciones lógicas borrosas AND, OR, etc. Las reglas borrosas son proposiciones que permiten expresar el conocimiento que se dispone sobre la relación entre antecedentes y consecuentes, esto determina cual será el comportamiento del controlador difuso y es aquí donde se emula el conocimiento del operario y la correspondiente estrategia de control.

La base de reglas suele representarse por tablas. Junto a cada regla puede estar asociado un valor entre cero y uno que pesa a tal regla, esto puede ser importante cuando una regla tiene menor fuerza que otras de la base de reglas. (AYALA, y otros, 2016 pág. 43)

### 1.6.3.8 Inferencia difusa

El conocimiento y la estrategia de control están representados por las reglas difusas, pero cuando se le da una información específica a las variables de entrada del antecedente, es necesario calcular el resultado de las variables de salida en el consecuente, a este cálculo se le conoce como inferencia difusa, es decir, se obtiene un conjunto de salida de cada regla que luego con las demás salidas de las reglas, serán la salida del sistema.

#### *1.6.3.9 Agregado*

Es la etapa en donde se agrupan los conjuntos obtenidos al evaluar las reglas, muchos son los criterios para realizar este paso, el más empleado es el de agrupar los conjuntos inferidos mediante la operación máx.

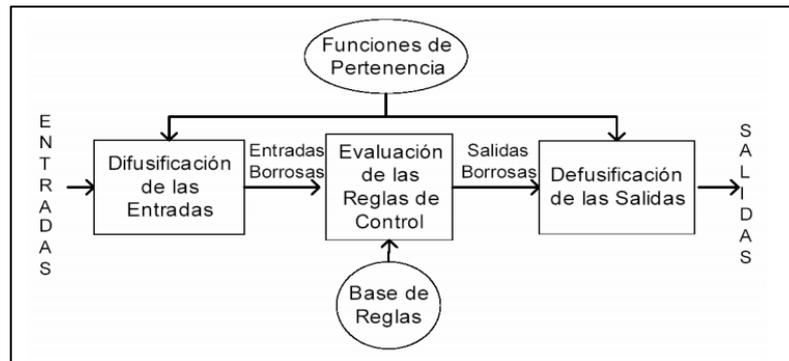
#### *1.6.3.10 Defusificación*

Es un proceso matemático utilizado para transformar un conjunto difuso en un número real. El sistema de inferencia difusa obtiene una conclusión a partir de la información de la entrada, pero es en términos difusos pero el dato de salida del sistema debe ser un número real y debe ser representativo de todo el conjunto obtenido en la etapa de agregado, es por eso que existen diferentes métodos de defusificación y arrojan resultados distintos, el “más común y ampliamente usado” es el centroide.

Con el método de defusificación del centroide se convierte la salida difusa en un número real el cual es la coordenada equis (x) del centro de gravedad de tal conjunto difuso de salida. (ANON, 2013)

#### *1.6.3.11 Toma de decisión*

Aquí se verá de manera resumida y gráfica los pasos que se necesitan para realizar la toma de decisión del sistema de inferencia.



**Figura 26-1 Sistema de Inferencia Difusa**

Fuente: [www.biblioteca.udep.edu.pe](http://www.biblioteca.udep.edu.pe)

## 1.7 PLATAFORMA ARDUINO

Arduino es una plataforma que está compuesta de un microcontrolador Atmel AVR y puertos de entrada y salida. Es de uso libre, por lo que no requiere el pago de licencia es, a la vez, una plataforma hardware (open-hardware), una plataforma software (open - source) y soportado por la comunidad de desarrollo.

El microcontrolador se programa mediante el software Arduino, que consiste en un entorno de desarrollo integrado (IDE) que implementa el lenguaje de programación Processing/Wiring. Arduino puede tomar información del entorno a través de sus entradas analógicas y digitales, puede controlar motores, luces y otros actuadores físicos. (PINZON Suarez, 2015)

El software de Arduino funciona en los sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y Linux, por lo que es considerado Multiplataforma. La mayoría de los entornos para microcontroladores están limitados a Windows.

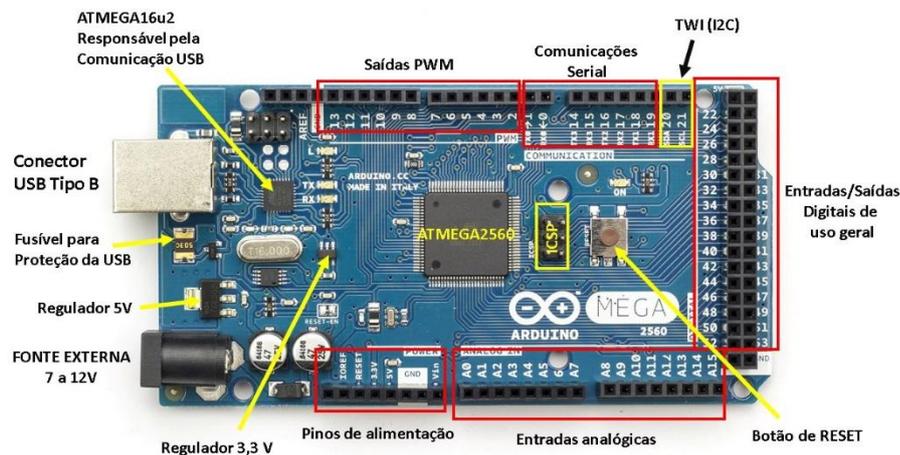
Arduino está basado en los microcontroladores ATMEGA168, ATMEGA328 y ATMEGA1280. Los planos de los módulos están publicados bajo licencia Creative Commons, por lo que los diseñadores de circuitos con experiencia pueden hacer su propia versión del módulo, ampliándolo u optimizándolo.

### 1.7.1 Hardware Arduino

Es una placa electrónica que se puede adquirir ensamblada o puede ser implementada, ya que los planos electrónicos y la licencia del producto se encuentra en internet.

La placa está conformada por un microcontrolador Atmel AR y puertos de entrada/salida tanto analógica, digital y PWM (Pulse Width Modulation, Modulación por ancho de pulso). Los microcontroladores más usados para implementar esta placa son el ATMEGA168, ATMEGA328 y ATMEGA1280, ATMEGA8. Esto debido a su sencillez y bajo costo lo que permite el desarrollo de múltiples diseños. También posee un botón de reset encima de la placa para resetear el programa y cargarlo de nuevo, así como una fuente de poder de 3.3 y 5 V (DC).

Estas placas se conectan mediante USB, lo que es una ventaja ya que no necesita alimentación adicional y al mismo tiempo el mismo puerto sirve para programar la placa. A continuación en la figura 27-1 el esquema de un Arduino Mega 2560:



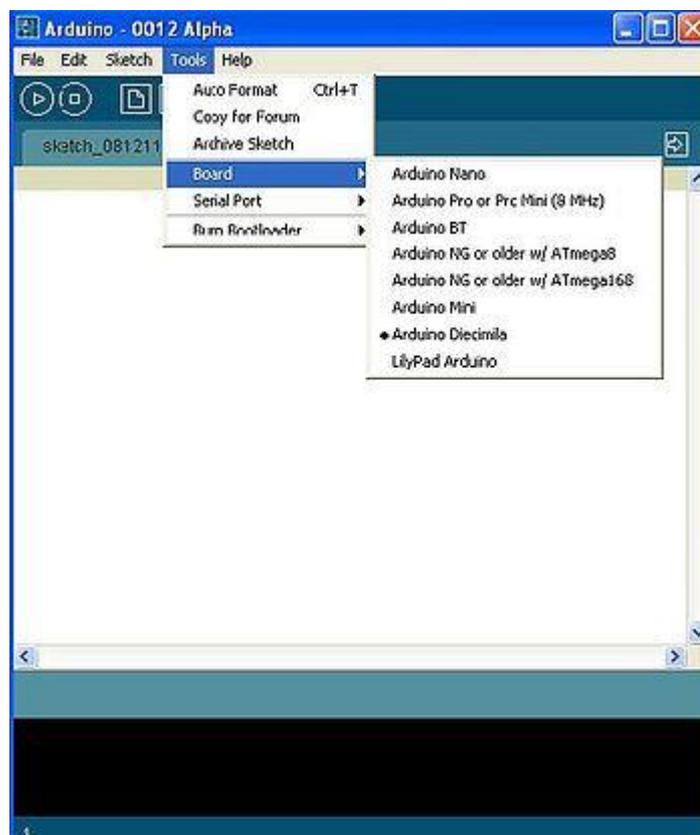
**Figura 27-1 Partes de la plataforma Arduino**

Fuente: <http://www.embarcados.com.br/arduino-mega-2560/>

### 1.7.2 Software Arduino

La plataforma software de Arduino dispone de un gran número de funciones y librerías prefabricadas, que facilitan la programación. El lenguaje de programación que utiliza es Processing, que es muy similar a C++, conjuntamente con la biblioteca Wiring. Las librerías incluidas en la plataforma (Servomotores, EEPROM, Stepper, Modbus, Ethernet, LCD, etc.) permiten controlar, de forma inmediata diversos dispositivos externos o componentes del propio microcontrolador. Sin embargo es factible usar otros lenguajes de programación y aplicaciones como Java, Matlab, Perl, Visual Basic, etc.

El entorno de desarrollo Arduino está formado por una serie de menús, un editor de texto, una barra de herramientas con botones para funciones comunes y una consola de texto. En la figura 28-1 se puede apreciar el software de la Plataforma Arduino.



**Figura 28-1 Entorno de desarrollo IDE Arduino**

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Arduino>

### 1.7.3 Tarjeta Arduino Mega

El Arduino Mega es una placa electrónica basada en el ATmega1280 Cuenta con 54 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 14 se pueden utilizar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos serie de hardware), un 16 MHz oscilador de cristal, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador; basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB o la corriente con un adaptador de CA a CC o una batería para empezar. El Mega es compatible con la mayoría de los shield para el Arduino Uno. (Arduino Genuino, 2016)

**Tabla 2-1 Características Arduino Mega**

Microcontrolador	ATmega1280
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límites)	6-20V
E / S digitales prendedores	54 (de los cuales 15 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	dieciséis
Corriente continua para Pin I / O	40 mA
Corriente CC para Pin 3.3V	50 mA
Memoria flash	128 KB de los cuales 4 KB utilizado por el gestor de arranque
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad de reloj	16 MHz

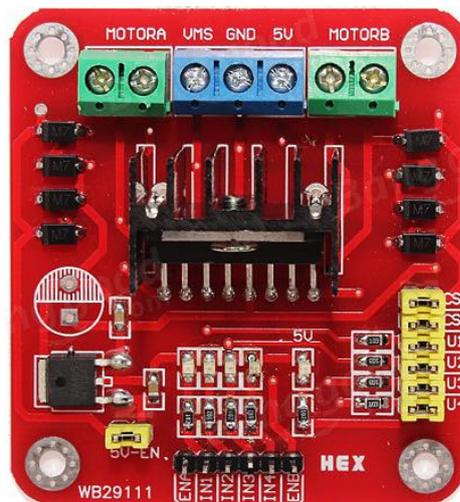
**Fuente:** <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega>  
**Realizado por:** CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

## 1.7.4 Módulos para Arduino

### 1.7.4.1 Módulo L298N doble puente H Driver Stepper.

El driver L298N es un módulo que permite controlar el sentido de funcionamiento de motores a una corriente de salida por canal de hasta 2A. Este módulo cuenta con un disipador de calor acorde a las características de este driver, sus características de diseño le permiten un rendimiento anti-interferencia excepcional, puede llegar a trabajar hasta con un nivel de tensión de entrada de 46V, aunque por cuestiones de seguridad se recomienda usar niveles de tensión algo debajo de este valor límite.

Puede llegar a manejar un motor paso a paso de dos fases y cuatro fases, o dos motores de corriente continua. Este módulo incluye un regulador de voltaje 78M05 para obtener la energía de alimentación del dispositivo, sin embargo, cuando se superan los 12V, se sugiere usar una fuente de poder externa de 5V como fuente de alimentación digital y deshabilitar el jumper de 12V. Este módulo tiene gran capacidad de filtrado de ruido, cuenta con un diodo de protección ante corriente inversa, haciendo que su funcionamiento sea más estable y fiable. (Vistronica, 2016)



**Figura 29-1** Módulo de motor paso a paso L298N

Fuente: botsscience.net

Está conformado, a grandes rasgos, por dos puentes h, que pueden controlar motores D.C. de 5 y 12 voltios y puede soportar hasta 1 y 2 amperes dependiendo del modelo, a continuación más detalladamente sus especificaciones.

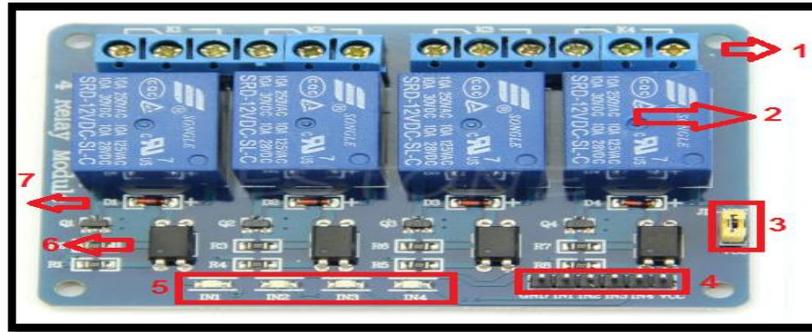
#### **Especificaciones de la tarjeta:**

- Voltaje de alimentación  $V_s$ : +5 V hasta +35 V
- Corriente máxima: 2A
- Voltaje de alimentación para la parte lógica  $V_{ss}$ : +5 V ~ +7 V (Puede tomar el voltaje de 5V incluido del regulador de la tarjeta)
- Rango de corriente de operación de la parte lógica: 0 ~ 36mA
- Rango del voltaje de entrada de control:  
Low: -0.3V  
High: 2.3V
- Rango del voltaje de entrada Enable:  
Low: -0.3  
High: 2.3V
- Máximo consumo de potencia: 20W (a una temperatura de  $T = 75^\circ\text{C}$ )

#### *1.7.4.2 Módulo de relés*

Al comenzar a utilizar la placa Arduino generalmente se necesita manejar tensiones superiores a las que normalmente manejan estos microcontroladores, para esto nos hemos ayudado de dispositivos electrónicos como relés o relevadores.

Estos dispositivos funcionan como un interruptor controlado por un circuito eléctrico con protecciones para el microcontrolador por medio opto acopladores y diodos, el cual acciona una bobina y un electroimán, y así poder abrir o cerrar varios contactos para controlar cargas independientes; para nuestro proyecto hemos utilizado un módulo el cual consta de cuatro relevadores que funcionan a 12 voltios



**Figura 30-1 Partes del módulo de relé de 4 canales a 12v**

Fuente: <http://www.ebay.com/itm/4-Channel-12V-Relay-Module-with-Optocoupler-PIC-AVR-51-ARM-Arduino-Single-Chip>

Como podemos apreciar en la Figura 30-1. El módulo consta de cuatro borneras separados en grupos de 3 conectores los cuales son común, normalmente abierto y normalmente cerrado [1], cuatro relés de 12v marca SONGLE capaz de controlar cargas de hasta 250 VAC y 10 amperios [2], un jumper para la alimentación de los relés [3], conectores como entradas para la activación de cada relé y para la alimentación (IN1, IN2, IN3, IN4, GND y VCC) [4], cuatro led indicadores para cada entrada [5], cuatro opto acopladores del tipo FL817C [6] y cuatro diodos de protección [7]. (Happy Kids - Children WordPress, 2016)

### 1.7.5 Shields para Arduino

Las shields son placas de circuitos modulares que se montan unas encima de otras para dar funcionalidad extra a un Arduino. Esta Shields son apilables. Un shield en Arduino es una placa que se apila sobre el Arduino o sobre otro shield, de forma que nos permite ampliar el hardware/capacidades de Arduino.

Las shields se pueden comunicar con el Arduino bien por algunos de los pines digitales o analógicos o bien por algún bus como el SPI, I2C o puerto serie, así como usar algunos pines como interrupción. Además estas shields se alimentan generalmente a través del Arduino mediante los pines de 5V y GND.

En muchos casos nos encontraremos que los shields vienen sin soldar las patillas o en algunos casos sin algunos componentes soldados.

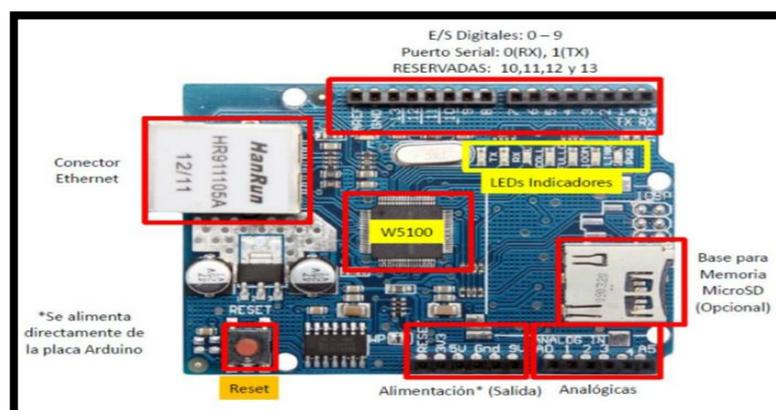
Cada Shield de Arduino debe tener el mismo factor de forma que el standard de Arduino con un espaciado de pines concreto para que solo haya una forma posible de encajarlo.

Debemos tener en cuenta que cuando instalemos un shield, habrá que leer su documentación que nos dirá si inhabilita algunas de las I/O si usa un bus y que requisitos tiene para su utilización. Generalmente las shields vienen con un ejemplo o una librería para su uso.

Existe diversos Shields para diferentes aplicaciones, destacando algunas para el control de motores, pantalla gráfica, salida a relevador, GPS, GSM, comunicación Ethernet, etc. (CRESPO, 2015)

### 1.7.5.1 Ethernet Shield W5100

La placa Arduino se comunica con el módulo W5100 y la micro-SD utilizando el bus SPI (mediante el conector ICSP). Está basado en el chip Wiznet W5100 con un buffer interno de 16k que es el encargado de dar una dirección IP al Arduino. Tiene un conector Ethernet RJ-45 con una velocidad de 10/100Mb. Se usa la librería `<Ethernet.h>` para escribir el programa. También tiene un slot de tarjetas micro-SD para almacenar datos para servir a la red. Para esto, se usa la librería `<SD.h>`. Para comunicarse con la placa Arduino, utiliza el puerto SPI (pines 10, 11, 12 y 13) con la librería `<SPI.h>`, y el pin 4 si trabaja con una tarjeta micro-SD. Estos pines no pueden ser usados como entradas o salidas digitales. También tiene un botón de *Reset* que resetea tanto la placa Arduino como el W5100. Gracias a la Ethernet Shield podemos usar el Arduino como servidor web o como cliente web. (CRESPO, 2015)

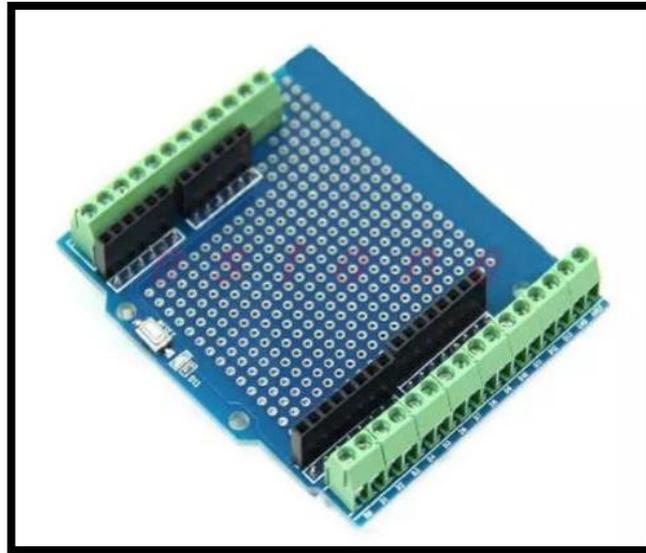


**Figura 31-1 Shield Ethernet W5100 para Arduino**

Fuente: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield>

### 1.7.5.2 Terminal Shield

Shield con borneras y placa de prototipado que nos permite conectar fácilmente cualquier sensor o actuador a un Arduino. (CRESPO, 2015)



**Figura 32-1 Terminal shield para Arduino Uno**

Fuente: <http://www.laser-shop.eu/arduino-platform/1200-arduino-uno-terminal-shield-1456068817.html>

### 1.7.6 Librerías para Arduino

El entorno Arduino se puede extender mediante el uso de LIBRERIAS, igual que la mayoría de las plataformas de programación. Las bibliotecas proporcionan funcionalidad adicional para su uso en bocetos, por ejemplo, trabajar con el hardware o manipular los datos. Para utilizar una biblioteca en un boceto, seleccionarlo en Boceto> Importar biblioteca.

Una serie de bibliotecas viene instalado con el IDE, pero también se puede descargar o crear uno propio.

Las bibliotecas estándar

- EEPROM - leer y escribir en el almacenamiento "permanente"

- Ethernet - para la conexión a Internet utilizando el Arduino Ethernet Shield
- Firmata - para comunicarse con aplicaciones en el equipo utilizando un protocolo serie estándar.
- GSM - para la conexión a una red / GRPS GSM con el escudo GSM.
- LiquidCrystal - para el control de pantallas de cristal líquido (LCD).
- Modbus.-Comunicación entre diferentes dispositivos mediante una red Ethernet.
- SD - para la lectura y escritura de tarjetas SD.
- Servo - para el control de servomotores.
- SPI - para comunicarse con los dispositivos que utilizan la interfaz periférico serie (SPI) Autobús.
- SoftwareSerial - para la comunicación serie en cualquier pines digitales. Versión 1.0 y posterior de Arduino incorporan Mikal Hart 's NewSoftSerial biblioteca como SoftwareSerial.
- Stepper - para el control de motores paso a paso.
- TFT - para la elaboración de texto, imágenes y formas en la pantalla TFT de Arduino.
- WiFi - para la conexión a Internet utilizando el Arduino WiFi escudo.
- Wire - interfaz de dos cables (TWI / I2C) para enviar y recibir datos a través de una red de dispositivos o sensores.

## **1.8 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS**

Este protocolo fue desarrollado por Modicon para comunicación entre PLC's, debido a su simplicidad y especificación abierta, actualmente es utilizado por diferentes fabricantes. Entre algunos dispositivos que utilizan este protocolo podemos mencionar: PLC, HMI, RTU, sensores y actuadores remotos.

Se clasifica en tres tipos de comunicación:

- MODBUS RTU (Remote terminal Unit)

- MODBUS ASCII (American Standard Code for Information Interchange)
- MODBUS TCP/IP

El Modbus siempre funciona con un maestro y uno o más esclavos.

- Maestro.-Controla en todo momento el inicio de la comunicación con los esclavos, que según las especificaciones pueden ser hasta 247 en una misma red. El maestro siempre inicia la comunicación enviando un paquete de información bien estructurado a todos los esclavos
- Esclavo.-Se limita a retornar los datos solicitados por el maestro, cada esclavo debe tener una única dirección, así el maestro sabe con quién comunicarse.

### *1.8.1      Arduino + Modbus TCP/IP*

La comunicación Modbus TCP/IP entre dispositivos, se hace por medio de una red Ethernet. El protocolo Modbus es transportado a través del protocolo TCP/IP y este es el método más utilizado en este protocolo.

La preparación de Arduino para conectarse a una red industrial mediante el protocolo Modbus TCP/IP es posible gracias a la librería Modbus.h creada por Dee Wykoff. Esta librería está limitada solo a utilizar las siguientes funciones, consideradas las más utilizadas:

- **Función 1.**-Leer Bobinas Registros 0xxxx (Coils 0-128).
- **Función 3.**-Leer Registros 4xxxx (Holding Registers 16 bits 0-125).
- **Función 5.**- Escribir Bobinas Registros 0xxxx (Coils).
- **Función 6.** - Escribir Registros 4xxxx (Holding Registers 16 bits).
- El puerto de comunicación por default para Modbus TCP/IP: es el 502.
- El formato numérico para los registros es de entero con signo (-32768 a +32767).

## 1.9 INTERFACE HUMANO- MAQUINA (HMI)

Una interfaz hombre-máquina (HMI) es una plataforma que permite la interacción entre los usuarios y equipos de automatización. Los productos HMI de Delta proporcionan varios puertos de comunicación para una comunicación rápida y conveniente de control de una amplia gama de máquinas, sistemas e instalaciones. La pantalla táctil a color permite la introducción de parámetros intuitiva y una gran variedad de formas de mostrar los datos variables, incluyendo gráficos de tendencias y elementos de alarma. La pantalla LCD de alta resolución visualiza operaciones, la monitorización y el control eficiente en tiempo real. Además, el software de edición fácil de usar guía a los usuarios a crear rápidamente iconos visuales fáciles de navegar y fácil diseñar pantallas de control intuitivo para aplicaciones, mientras hace los ajustes, la programación y la programación de secuencias operativas que mejoran la flexibilidad y ahorrar tiempo de desarrollo. Esto logra un desarrollo rápido del sistema que simplifica el cableado y la instalación, ahorra gastos de explotación, y hace que los sistemas más eficientes, lo que elimina el ajuste de tiempo y costes de mantenimiento adicionales. (Delta, 2016)



**Figura 33-1 Logotipo Delta**

**Fuente:** <http://www.delta-americas.com/default.aspx?hl=en-US>

### 1.9.1 *Funciones del Software HMI*

**Monitoreo:** mediante interfaz gráfica y cuadros de texto se brinda al operario la oportunidad de obtener y observar los datos del sistema en tiempo real.

**Control:** mediante el ingreso de parámetros, los mismos que van a mantenerse dentro de ciertos límites podemos invalidar la interacción del operario.

**Supervisión:** permite mediante el monitoreo interactuar con el proceso y adecuar las entornos de trabajo.

**Alarmas:** permite destacar eventos y reportarlos mediante un control predeterminado.

**Históricos:** permite el almacenamiento de datos según se van ocurriendo para posteriormente ser muestreados y admitir correcciones en el proceso.

### **1.9.2 Tareas del HMI**

Entre las principales tareas que cumple el HMI tenemos:

- Comunicación con los equipos utilizados.
- Visualización en pantalla el comportamiento de cada variable.
- Recibe las señales enviadas por el operario mediante botones, teclado, etc.
- Permite el almacenamiento de datos para posteriormente ser analizados.
- Permite el ingreso de límites en las variables e informa mediante alertas y alarmas

### **1.9.3 HMI DELTA Series DOP-B**

La serie de HMI DOP (HMI) ofrece varias pantallas táctiles con múltiples dimensiones y colores. También ofrece funciones de control rápido y conveniente para las máquinas de automatización industrial. Además, Delta basado en Windows y pantalla DOPSoft Editor y software de programación fácil de usar configura toda la serie DOP. Con DOPSoft, los usuarios pueden editar rápidamente imágenes y gráficos y fácilmente configurar el protocolo de comunicación adecuado. Más aplicaciones se pueden crear, editar, descargar y cargar. (Delta, 2016)

La interfaz de visualización que hemos utilizado es la serie DOP-B03E211.



**Figura 34-1 HMI Delta DOP-B03E211**

**Fuente:** <http://www.deltaww.com/Products/CategoryListT1.aspx?CID=060302&PID=331&hl=en-US&Name=DOP-B03E211>

### **Características:**

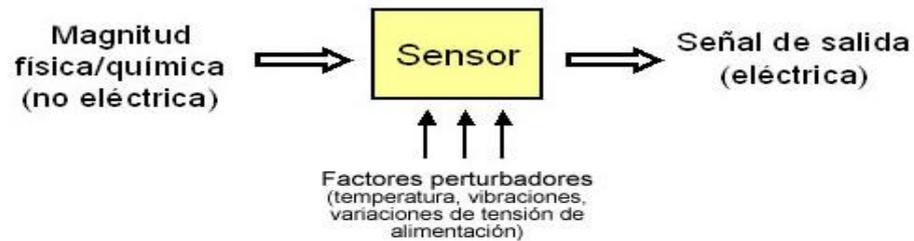
- De 4,3 pulgadas (480 x 272 píxeles) LCD TFT de 65.536 colores
- 2 conjuntos de puertos COM, apoya RS-232 / RS-422 / RS-485
- Para la transferencia de datos / descarga: RS-232, USB, Ethernet
- Es compatible con Ethernet
- Cumple con la norma IP65
- Soporta pantalla horizontal / vertical
- Software de edición de PC, DOPSoft es compatible con los sistemas operativos: Windows XP, Windows Vista, Windows 7, Windows 8.1. (Delta, 2016)

## **1.10      SENSORES**

### **1.10.1    Definición**

Son dispositivo cuya finalidad es el de captar diferentes magnitudes físicas y transformarlas en variables eléctricas. Tales magnitudes puede ser: temperatura, intensidad lumínica, aceleración, desplazamiento, fuerza, humedad, etc.

Los sensores son transductores capaces de medir variables físicas que nos interese para mandar las respectivas señales y permitir que continúe un proceso. Los sensor está en contacto siempre con la magnitud a ser medida, entonces cabe decir que el sensor aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo, también se puede decir que el sensor convierte una forma de energía en otra. (BOLTON, 2001)



**Figura 35-1 Diagrama de un Sensor**

Fuente: [www.rincondelvago.com](http://www.rincondelvago.com)

## 1.10.2 Características de los Sensores

### 1.10.2.1 Rango de medida

Se refiere a los límites en que la magnitud medida en el que puede actuar el sensor.

### 1.10.2.2 Precisión:

Es el error de medida máximo esperado.

#### *1.10.2.3 Offset o desviación de cero:*

Es el valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula. Cuando el rango medido no llega al valor nulo, hay que establecer otro punto de referencia para establecer el offset.

#### *1.10.2.4 Linealidad*

Expresa el nivel de coincidencia entre la curva de calibración del sensor y una línea recta determinada.

#### *1.10.2.5 Sensibilidad de un sensor:*

1.10.2.6 Es la razón de variación de la salida frente a cambios en la entrada.

#### *1.10.2.7 Resolución:*

Es el mínimo cambio de la magnitud de entrada que puede detectarse a la salida.

#### *1.10.2.8 Rapidez de respuesta:*

Puede ser un tiempo fijo o depender de la variación de la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir los cambios de la magnitud de entrada.

#### *1.10.2.9 Derivas:*

Son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que intervienen en la variable de salida.

#### *1.10.2.10 Repetitividad:*

Es el error esperado al repetir varias veces la misma medida.

### **1.10.3 Sensor de Presión**

La presión es una fuerza que ejerce sobre un área determinada, y se mide en unidades de fuerzas por unidades de área. Esta fuerza se puede aplicar a un punto en una superficie o distribuirse sobre esta. Cada vez que se ejerce se produce una deflexión, una distorsión o un cambio de volumen o dimensión.

Las mediciones de presión pueden ser desde valores muy bajos que se consideran un vacío, hasta miles de toneladas de por unidad de área.

Los principios que se aplican a la medición de presión se utilizan también en la determinación de temperaturas, flujos y niveles de líquidos. Por lo tanto, es muy importante conocer los principios generales de operación, los tipos de instrumentos, los principios de instalación, la forma en que se deben mantener los instrumentos, para obtener el mejor funcionamiento posible, cómo se debe usar para controlar un sistema o una operación y la manera como se calibran.

Para medir la presión se utilizan sensores que están dotados de un elemento sensible a la presión y que emiten una señal eléctrica al variar la presión o que provocan operaciones de conmutación si esta supera un determinado valor límite. (SANHUEZA, 2009)

A continuación el sensor de presión a utilizar en nuestro proyecto:



**Figura 36-1 Sensor de presión 2.5MPa**

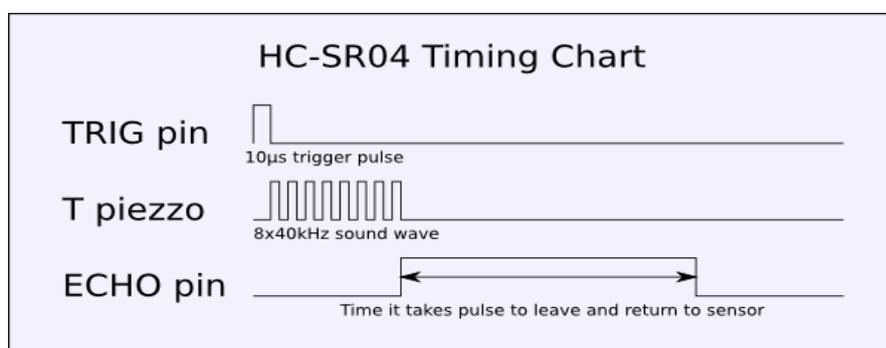
**Fuente:** <http://www.ebay.es/itm/G1-2-inch-5V-0-2-5-MPa-Pressure-Transducer-Sensor-Oil-Fuel-Diesel-Gas-Water-Air-/262063308127>

#### 1.10.4 Sensor Ultrasónico HC-SR04

El HC-SR04 es un sensor ultrasónico de bajo costo que no sólo puede detectar si un objeto se presenta, como un sensor PIR (Passive Infrared Sensor), sino que también puede sentir y transmitir la distancia al objeto. Tienen dos transductores, básicamente, un altavoz y un micrófono.

La velocidad del sonido en el aire (a una temperatura de 20 °C) es de 343 m/s. (por cada grado centígrado que sube la temperatura, la velocidad del sonido aumenta en 0,6 m/s). (BKAR-ELECTRONIC)

#### Funcionamiento:



**Figura 37-1 Funcionamiento Ultrasónico**

**Fuente:** <http://bkargado.blogspot.com/2013/09/todosobrehc-sr04.html>

- Enviar un Pulso "1" de al menos de 10uS por el Pin Trigger (Disparador).
- El sensor enviará 8 Pulsos de 40KHz (Ultrasonido) y coloca su salida Echo a alto (seteo), se debe detectar este evento e iniciar un conteo de tiempo.
- La salida Echo se mantendrá en alto hasta recibir el eco reflejado por el obstáculo a lo cual el sensor pondrá su pin Echo a bajo, es decir, terminar de contar el tiempo.
- Se recomienda dar un tiempo de aproximadamente 50ms de espera después de terminar la cuenta.
- La distancia es proporcional a la duración del pulso y puedes calcularla con las siguiente formula (Utilizando la velocidad del sonido = 340m/s):
- Distancia en cm (centímetros) = Tiempo medido en us x 0.017. (BKAR-ELECTRONIC)



**Figura 38-1 Sensor ultrasónico Hc-sr04**

Fuente: <http://www.kurtsik.org/blog/?p=1212>

## 1.11 ACTUADORES

Son dispositivos que transforman energía neumática, eléctrica o hidráulica en la activación de un proceso, con el objetivo de generar un efecto sobre un automatismo; recibiendo la orden de un controlador y en función a esta orden se genera la activación del elemento final de control como por ejemplo un motor.

Existen diversos tipos de actuadores, estos son: hidráulicos, electrónicos, eléctricos y neumáticos. Generalmente los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que se necesita es potencia y los neumáticos en simples posicionamientos.

### **1.11.1 Motor Paso a Paso**

En numerosas ocasiones es necesario convertir la energía eléctrica en energía mecánica, esto se puede lograr, por ejemplo, usando los motores de corriente continua. Pero cuando lo deseado es posicionamiento con un elevado grado de exactitud y/o una muy buena regulación de la velocidad, se puede contar con una gran solución: utilizar un motor paso a paso.

La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde  $90^\circ$  hasta pequeños movimientos de tan solo  $1.8^\circ$ , es decir, que se necesitarán 4 pasos en el primer caso ( $90^\circ$ ) y 200 para el segundo caso ( $1.8^\circ$ ), para completar un giro completo de  $360^\circ$ .

El motor paso a paso está constituido esencialmente por dos partes: a) Una fija llamada "estator", construida a base de cavidades en las que van depositadas las bobinas que excitadas convenientemente formarán los polos norte-sur de forma que se cree un campo magnético giratorio. b) Una móvil, llamada "rotor" construida mediante un imán permanente, con el mismo número de pares de polos, que el contenido en una sección de la bobina del estator. (SANCHES, 2011)



**Figura 39-1 Motor Paso a Paso Shinano Kenshi STP-59D1007**

Fuente: CHANCUSIG Mario; BALSECA Alvaro, 2016

### 1.11.2 *Electroválvula*

También conocida como válvula solenoide de uso general es una válvula que abre o cierra el paso de un líquido en un circuito. La apertura y cierre de la válvula se efectúa a través de un campo magnético generado por una bobina en una base fija que atrae el émbolo. Son las que controlan los actuadores dirigiendo su funcionamiento en una dirección u otra, permitiendo o bloqueando el paso de aceite o aire ya sean hidráulicas o neumáticas, tanto con presión o al tanque.



**Figura 40-1** Electroválvula 4/3 Cetop 3 12v  
Fuente: CHANCUSIG Mario, BALSECA Alvaro, 2016

## 1.12 ELEMENTOS ELÉCTRICOS

### 1.12.1 *Breaker eléctrico*

Los breaker son dispositivos eléctricos utilizados para proteger los aparatos de sobrecalentamientos o cortocircuitos a causa de descargas eléctricas, evitando el paso de voltaje en el caso que su valor nominal sea superior al establecido y pueda dañar los circuitos. Se encuentra constituido de dos metales de distinto coeficiente térmico estrechamente unidos que se dilatan en presencia de calor provocando la separación de los contactos. (Rotcehr, 2013)

Además de esto posee un interruptor el cual permite des energizar el sistema de manera manual ya sea para el caso de reparación o modificaciones



**Figura 41-1 Breaker eléctrico para riel din**

Fuente: [http:// jdelectricos.com](http://jdelectricos.com)

### 1.12.2 Fusible

Los fusibles son dispositivos de protección contra sobre corriente ocasionados por sobrecargas o por cortocircuitos. Se encuentran constituidos internamente por un material de bajo punto de fusión tal como el plomo o el estaño, el cual se funde al encontrarse en presencia de calor e interrumpe el paso de corriente, en el caso que este supere el valor nominal concerniente al fusible, deteriorándolo definitivamente. (Unicrom, 2015)



**Figura 42-1 Fusible y portafusibles para riel din**

Fuente: <http://www.directindustry.es>

### 1.12.3 Conductores

Los alambres son conductores contruidos con un solo hilo de metal y puede estar desnudo o revestido por una o más capas de material aislante. (Unicrom, 2016)



**Figura 43-1 Conductor**

Fuente: <http://unicrom.com/conductores-electricos/>

Dependiendo del aislante, el alambre se utiliza en bobinados o en instalaciones eléctricas.

- **Alambre para bobinados:** Este tipo de alambre está recubierto por esmaltes especiales, seda o algodón.
- **Alambre para instalaciones eléctricas:** Este tipo de alambre está cubierto de plástico o goma.

### Cables

Los cables son un conjunto retorcido de alambres no aislados entre si y pueden ser desnudos o revestidos por una o varias capas de aislante. Estos aislantes son de tela, goma o plástico. Los cables se utilizan en instalaciones eléctricas de todo tipo incluyendo las instalaciones eléctricas automotrices. Los hilos son de cobre blando o endurecido y también de aluminio. (Unicrom, 2016)



**Figura 44-1 Conductor**

Fuente: <http://unicrom.com/conductores-electricos/>

Algunos alambres de cobre pueden estar estañados, para evitar la oxidación y facilitar la soldadura.

## 1.13 ELEMENTOS DE MANIOBRA Y CONTROL

### 1.13.1 *Selector*



**Figura 45-1 Interruptor**

Fuente: <http://www.ledcontrols.com.mx/ver.php?modelo=609>

En la figura 45-1 se muestra un selector el cual puede ser de 2 o 3 posiciones, el cual es empleado para permitir o no el flujo de corriente en el circuito eléctrico.

### 1.13.2 *Pulsador doble*

Estos tipos de pulsadores tienen 2 pulsadores en un NC y otro NA también se encuentra en el mercado su respectivo capuchón para evitar que ingrese agua a las conexiones la figura 46-1. Se muestra el pulsador doble utilizado en la implementación de la embutidora.



**Figura 46-1 Pulsador**

Fuente: CHANCUSIG Mario; BALSECA Alvaro, 2016

Este dispositivo requiere que el usuario permanezca presionando para que los contactos se unan y se produzca el flujo de corriente.

### **1.13.3 Luces piloto**

Estas lámparas de señalización son usadas como indicadores de procesos que se van ejecutando en el transcurso del mismo, se colocan en los tableros o gabinetes de control, en la figura 47-1, se pueden ver los más utilizados.



**Figura 47-1 Luces piloto para gabinete**

Fuente: <http://www.ipselectronica.cl/productos.php?cat=otros&marca=luces>

#### **Lámpara Roja:**

- Indica parada del equipo (desconexión).
- Paro de unidades que forman la máquina.

- El paro de un ciclo (cuando el usuario pulsa el botón de paro).
- El paro en caso de peligro.

**Lámpara Verde:**

- Indica marcha (preparación).
- Muestra que la máquina se ha prendido.
- Arranque o energización de unidades de la máquina.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO METODOLÓGICO

#### Localización



**Figura 1-2 Ubicación del laboratorio de cárnicos ESPOCH**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

El presente proyecto está ubicado en el Laboratorio Especializado de Cárnicos de la Facultad de Ciencias Pecuarias en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En él se realizan diversas prácticas por parte de estudiantes y maestros de las escuelas de: zootecnia, industrias pecuarias y gastronomía.

En dicho laboratorio se utilizan todos los equipos de producción cárnica para procesar diferentes tipos de productos, pero uno de los más utilizados es la embutidora, debido a que la mayoría de las prácticas son la elaboración de embutidos.

#### 2.1 Alcance de la investigación

La presente investigación a partir del diseño e implementación del sistema automatizado para la embutidora de cárnicos, beneficia a estudiantes y maestros al momento de realizar sus prácticas.

La misma consta de los siguientes beneficios:

- Fácil operación de la máquina al momento de embutir.
- Garantizar la Integridad del personal y del equipo.
- Optimizar tiempo en el proceso de embutición al realizar las prácticas en el laboratorio.
- Disminuir el desperdicio de materia prima.

## 2.2 Recolección de la información

Para la recolección de información se realiza mediante las siguientes técnicas:

- **Observación:** Se observa de las variables de control de proceso (presión y distancia) en los respectivos instrumentos de medición. *Instrumento:* Patrones de medida

- **Encuesta:** Se realiza dos tipos de encuestas antes y después de la automatización, a estudiantes y maestros de las escuelas de: Zootecnia, Industrias Pecuarias y Gastronomía, el modelo de encuesta se puede observar en el Anexo 11. *Instrumento:* Cuestionario.

**Tabla 1-2 Operacionalización de Variables**

<b>Variable Dependiente</b>			
<b>Conceptualización</b>	<b>Categoría Escala</b>	<b>Indicador</b>	<b>Técnica e instrumento</b>
<b>Diseño e Implementación de Sistema Automatizado</b>	Diseño de Sistemas	-Análisis de variables de proceso -Cálculo de variables	
	Sistema de Control	-Controlador Fuzzy  -Variables controladas -Variables no controladas	Técnica: Observación Instrumento: Patrones de medida

	Automatización	-HMI -CPU o Plataforma de Control -Sensores -Actuadores	
<b>Variable Independiente</b>			
<b>Embutidora de Cárnicos</b>	Procesamiento de Embutidos	-Tipo de embutidos a procesar. -Desperdicio de materia prima -Tiempo proceso de embutición	Técnica: Encuesta Instrumento: Cuestionario

Fuente: CHANCUSIG Mario; BALSECA, Alvaro.

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### 2.3 Población, Muestra o Grupo de estudio

**Tabla 2-2 Listado de estudiantes matriculados por nivel en las escuelas de industrias pecuarias, zootecnia y gastronomía**

ESCUELAS / NIVEL		Estudiantes
<b>INDUSTRIAS PECUARIAS</b>		
1	Segundo	84
2	Sexto	21
3	Septimo	8
<b>Total Industrias Pecuarias</b>		<b>113</b>
<b>ZOOTECNIA</b>		
4	Noveno	28
<b>Total Zootecnia</b>		<b>28</b>
<b>GASTRONOMÍA</b>		
5	29	39
<b>Totales Gastronomía</b>		<b>39</b>
<b>Total Escuelas</b>		<b>180</b>

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### 2.5.1 Población o muestra para la Encuesta

La muestra para la realización de la encuesta se expresa por la siguiente fórmula.

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

**DONDE:**

**n** = el tamaño de la muestra.

**N** = tamaño de la población.

**$\sigma$**  = Desviación estándar de la población que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor constante de 0,5.

**Z** = Valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma en relación al 95% de confianza equivale a 1,96 o en relación al 99% de confianza equivale 2,58, valor que queda a criterio del investigador.

**e** = Límite aceptable de error maestro que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor que varía entre el 1% (0,01) y 9% (0,09), valor que queda a criterio del encuestador.

**CALCULO:**

$$N = 180$$

$$\sigma = 0.5$$

$$Z = 1.96$$

$$e = 0.05$$

$$n = \frac{(180) * 0.5^2 * 1.96^2}{(180 - 1) * 0.05^2 + 0.5^2 * 1.96^2}$$

$$n = 122.78$$

Esto quiere decir que el número de muestra va a ser de 123 y las mismas son encuestadas.

## 2.4 Tamaño de muestra para pruebas experimentales

Para el cálculo del tamaño de una muestra necesaria, cuyo objetivo es determinar un resultado válido y fiable, se aplica una fórmula estadística para hallar el tamaño muestral de una media de poblaciones infinitas.

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * \sigma^2}{e^2}$$

En donde:

**n** = Número de muestras.

**Z<sub>α</sub>** = Es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos, en este caso consideraremos un nivel de confianza del 95%, debido a la complejidad del proceso, entonces la constante es de 1.96

**σ<sup>2</sup>** = Es la variación presentada de 1,37 BAR

**e<sup>2</sup>** = Es el error deseado de 1 BAR

$$n = \frac{1.96^2 * 1.37}{1^2}$$

$$n = 5,26$$

$$n = 5$$

Por lo tanto son las 5 pruebas para tomar mediciones del experimento, las mismas que son necesarias para hallar una media y comparar los resultados, para que sean válidos y fiables.

## 2.5 Descripción de Procedimientos



**Figura 2-2 Descripción de procedimientos**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### *Aplicación del instrumento*

Para el presente trabajo se se procede a aplicar la encuesta a estudiantes de las escuelas ya mencionadas, y subjetivamente a la documentación y recolección de la información obtenida, seguidamente se interpreta la tabulación de datos los mismos que son a través de cuadros estadísticos o gráficos.

### *Procesamiento de la información*

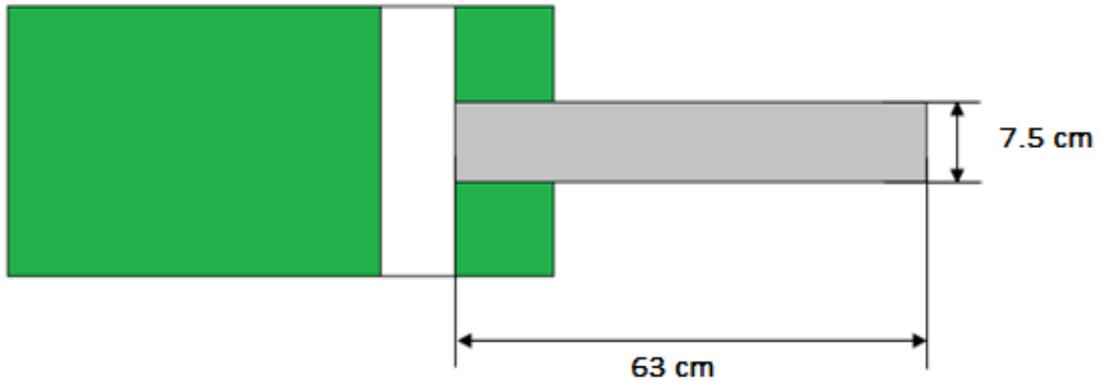
Se realiza estadísticas que nos permite una mejor comprensión.

### *Interpretación de resultados*

Interpretar los resultados acorde a la información obtenida y se procede a la comparación antes y después de la automatización para así dar a conocer los resultados correspondientes

## 2.6 Análisis y cálculo de las variables en la etapa de embutición.

### 2.6.1 Análisis y cálculo de variables del sistema hidráulico



**Figura 3-2 Dimensiones cilindro hidráulico de la embutidora.**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Mediante la técnica de observación y la utilización patrones de medida se obtienen los siguientes datos:

*Carrera del cilindro Hidráulico:* Por medio de un flexómetro se mide la longitud de carrera del cilindro hidráulico, el mismo que tiene una media de 63 cm.

$$\text{Carrera}(x) = 63 \text{ cm}$$

*Diámetro de cilindro hidráulico:* De igual forma por medio de una pinza de medición o escalímetro se determina el diámetro del cilindro hidráulico que es de 7,5 cm.

$$D = 7,5 \text{ cm}$$

*Tiempo de salida de carrera de cilindro:* A través de un cronometro se mide el tiempo de salida de la carrera del cilindro, dando un tiempo de 17 segundos.

$$t = 17 \text{ seg.}$$

*Potencia de Motor:* En la placa de parámetros del motor de la embutidora se observa que tiene una potencia de 2 HP.

$$\text{Potencia Motor} = 2 \text{ HP} \approx 1,5 \text{ KW}$$

- Cálculo de Superficie del pistón:

Para realizar el cálculo de superficie del pistón se usa la ecuación 2-1 con los siguientes parámetros:

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

$$A = \frac{\pi(7,5\text{cm})^2}{4}$$

$$A = 44,18 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de velocidad de salida de carrera

$$v = \frac{x}{t}$$

$$v = \frac{63 \text{ cm}}{17 \text{ s}}$$

$$v = 3,70 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

- Cálculo del Caudal (Q)

Para efectuar el cálculo de caudal del sistema se usa la ecuación 3-1 con los siguientes parámetros:

$$Q = A.V$$

$$Q = (44,18 \text{ cm}^2)(3,70 \frac{\text{cm}}{\text{s}})$$

$$Q = 155,93 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

- Conversión de unidades de  $\frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$  a  $\frac{\text{lt}}{\text{min}}$

$$\frac{155,93 \cancel{\text{cm}^3}}{\cancel{\text{s}}} \left| \frac{1 \text{ lt}}{1000 \cancel{\text{cm}^3}} \right| \frac{60 \cancel{\text{s}}}{1 \text{ min}} = 9,36 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

- Cálculo de Presión del Sistema

Para realizar el cálculo de superficie del pistón se usa la ecuación 4-1, relacionando el caudal (Q), la presión (P) y la potencia del motor:

$$P[KW] = \frac{Q \left[ \frac{lt}{min} \right] * P[BAR]}{612 \eta}$$

$$P[BAR] = \frac{P[BAR] * 612 \eta}{Q \left[ \frac{lt}{min} \right]}$$

$$P = \frac{(1,5KW)(612)(0,785)}{9,36 \frac{lt}{min}}$$

$$P = 77 \text{ BAR}$$

Presión mínima= 77 BAR

$$P = P_{min} * 30\%$$

$$P = (77 * 0,30) + 77$$

$$P = 77 + 23,10$$

$$P = 100,10 \approx 100 \text{ BAR}$$

- Cálculo de densidad del aceite hidráulico que actualmente se encuentra en la embudidora, utilizando la ecuación 9-1

$$SG = \frac{\rho_{sustancia}}{\rho_{H_2O}}$$

$$\rho_{sustancia} = \rho_{H_2O} * SG$$

$$\rho_{sustancia} = \left(1000 \frac{kg}{m^3}\right)(8,892)$$

$$\rho_{sustancia} = 892 \frac{kg}{m^3}$$

- Cálculo de número de Reynolds se utilizó la ecuación 8-1

$$Re = \frac{\rho * v * D}{\mu}$$

$$Re = \frac{\left(892 \frac{kg}{m^3}\right) \left(4,5 \frac{m}{s}\right) (0,00685 m)}{\left(0,1431 \frac{kg}{m \cdot s}\right)}$$

$$Re = 182,32 \approx 182 \text{ Reynolds}$$

Por lo tanto: El fluido es de Régimen Laminar.

- Cálculo del factor de fricción de Darcy-Weisbach.

$$f = \frac{64}{Re}$$

$$f = \frac{64}{182}$$

$$f = 0,356$$

- Cálculo de Pérdidas por caída de presión aplicando la ecuación 6-1 de Darcy-Weisbach

$$\Delta_p = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

$$= (0,3516) \left(\frac{0,5 m}{0,00685 m}\right) \left(\frac{\left(4,5 \frac{m}{s}\right)^2}{\left(2 * 9,81 \frac{m}{s^2}\right)}\right)$$

$$\Delta_p = 26,48 \text{ m.c.a}$$

- Relación de la ecuación de Darcy-Weisbach con las pérdidas de presión en los accesorios, mediante la ecuación 7-1

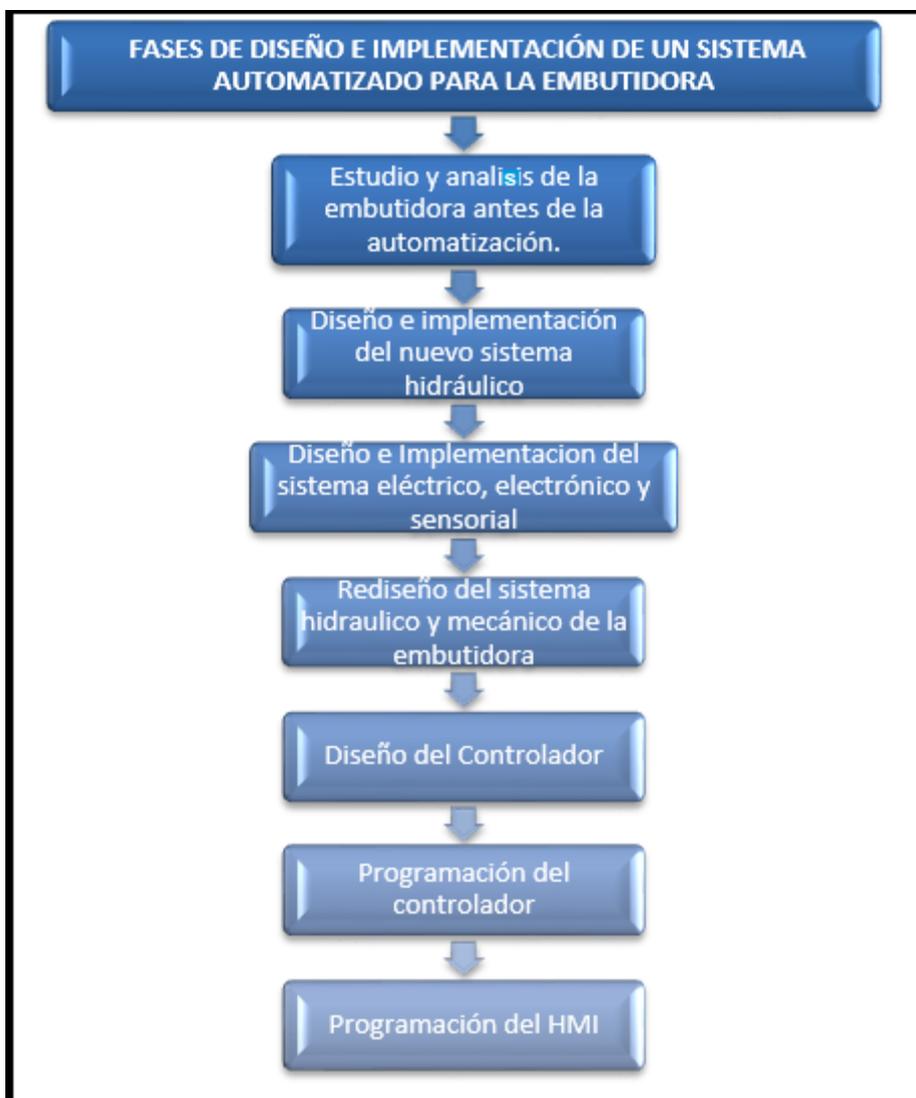
$$P_2 - P_1 = \rho * g * \Delta_p$$

$$P_2 - P_1 = \left(892 \frac{kg}{m^3}\right) \left(9,81 \frac{m}{s^2}\right) (26,914 \text{ m. c. a})$$

$$P_2 - P_1 = 231713,7696 \text{ Pa} \approx 2.31 \text{ BAR}$$

De tal manera según los cálculos, existe una pérdida de 2,31 BAR en accesorios del sistema.  
Por lo tanto la presión total del sistema es de **102 BAR**.

## 2.7 FASES DE DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO

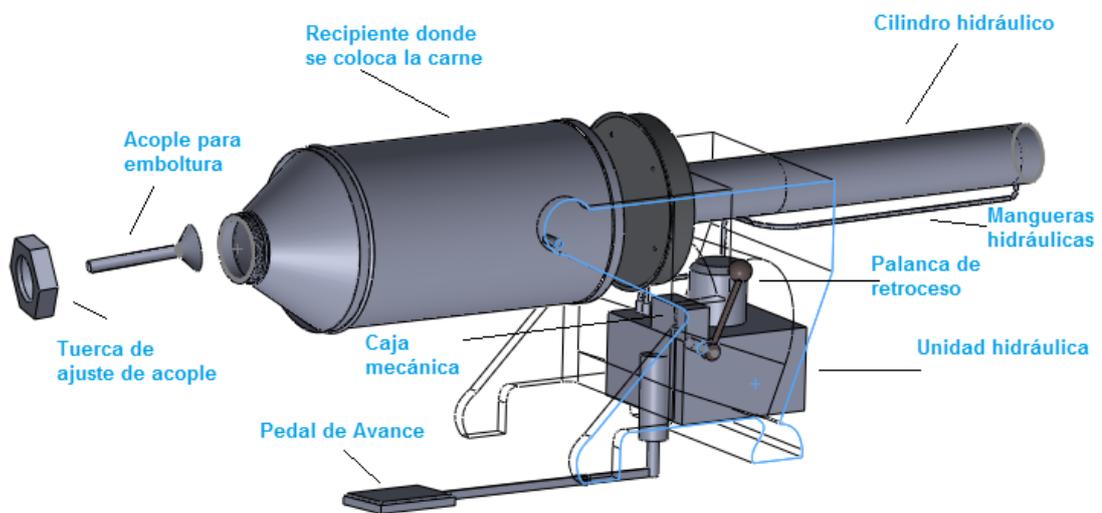


**Gráfico 1-2 Fases del Diseño e Implementación del sistema automatizado de la embutidora.**  
Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### 2.7.1 Estudio y análisis de la embutidora antes de la automatización

Para realizar el diseño e implementación de los sistemas: mecánico, hidráulico, eléctrico, electrónico y de control se consideran ciertos parámetros encontrados en la embutidora antes de la automatización.

A continuación se presentan los principales componentes de la embutidora antes de la automatización.

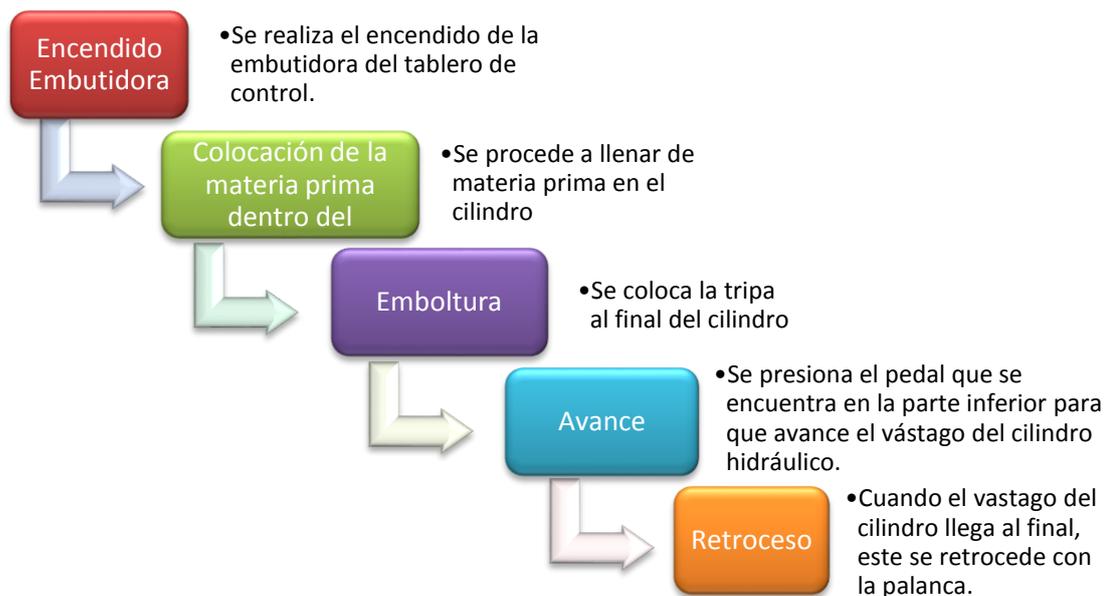


**Figura 4-2 Componentes de la embutidora antes de la automatización.**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### 2.7.2 Principio de funcionamiento de la embutidora actualmente

A continuación en la figura 5-2 se describe cada una de etapas del proceso antes de la automatización, los respectivos parámetros (presión, tiempo y flujo) que se debe cumplir para la elaboración del producto y los actuadores a intervenir.



**Figura 5-2 Etapas, parámetros y actuadores presentes en el proceso de elaboración del producto antes de la automatización.**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### 2.7.3 Especificaciones generales de la embutidora

La embutidora marca Torrelli en forma de pistola es procedente de Italia y cumple las siguientes especificaciones:

**Tabla 3-2 Especificaciones de la embutidora**

Ítem	Especificación
<b>Marca</b>	Torrelli PISTOIA
<b>Capacidad</b>	25 Kg
<b>Carrera del pistón</b>	63 cm
<b>Presión de Trabajo</b>	100 BAR
<b>Motor hidráulico</b>	Trifásico, 2Hp
<b>Bomba hidráulica</b>	De engranes
<b>Aceite hidráulico</b>	SAE 10

Fuente: Técnico Laboratorio de Cárnicos ESPOCH

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

En la figura 6-2 se puede ver el estado de la máquina antes de la automatización:



**Figura 6-2 Embutidora tipo pistola Torreli.**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

#### **2.7.4 Motivos para el cambio y reemplazo del sistema**

Debido al excesivo uso, las características y componentes que forman parte de la embutidora, se limitan tal cual se detallan a continuación:

##### ***Desventajas***

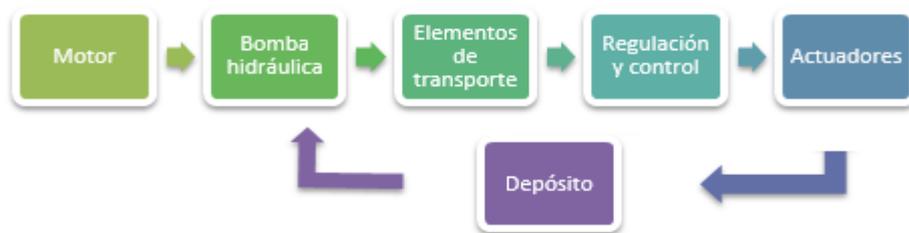
- Debido a que el control es mecánico, la palanca de avance como de retroceso del pistón se desacoplan comúnmente, lo que causa molestias a menudo.
- No se puede controlar la velocidad con la que sale el pistón provocando de desperdicio de carne.
- La posición del pistón en el momento de ingresar al cilindro no se localiza con exactitud, lo que provoca una saturación del sistema hidráulico al llegar al final.
- Al empezar a embutir, la envoltura se llena de aire debido a que el pistón comienza a salir con excesiva velocidad.
- El tiempo de práctica es muy elevado, como consecuencia no se finaliza.

## ***Ventajas***

- Costo relativamente bajo en relación a embudidoras actuales.
- Transporte fácil.
- Mantenimiento fácil.

Como se puede observar las principales causas para el cambio y reemplazo del sistema son las desventajas, por lo que es inminente la automatización de la máquina, con el propósito de facilitar las prácticas en el laboratorio obteniendo los mejores resultados, siendo una de las maquinas más utilizadas semanalmente.

## **2.8 Diseño del nuevo sistema hidráulico**



**Figura 7-2 Proceso sistema hidráulico.**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

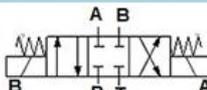
### **2.8.1 Selección de los nuevos componentes hidráulicos**

#### **2.8.1.1 Dimensionamiento válvula direccional**

Debido a que el sistema consta de un cilindro de doble efecto se utiliza una electroválvula proporcional 4/3 vías, es decir; 4 vías que son presión (P), tanque (T), A y B que son las vías que van al actuador, además de tener 3 posiciones.

La posición es de centro cerrada para mantener constante la presión, variando el caudal del mismo, y porque necesita quedar en la posición de apagado después de la embutición.

La presión de funcionamiento es de 77 a 102 BAR por lo que según los catálogos hidráulicos de Vickers tenemos una CETOP 03 de 100 a 210 BAR.

Electroválvula proporcional de 4/3 vías, posición central cerrada	Presión de Trabajo (psi)	Potencia (W)	Voltaje (V)	Simbología
	4500 P A B 1450 Tanque	30	24 DC	

**Figura 8-2 Características electroválvula.**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Para el control del cilindro hidráulico se utiliza una electroválvula DG4V32CMUH

**Tabla 4-2 Descripción de las especificaciones de la Electroválvula DG4V32CMUH**

Ítem	Especificación
<b>Denominación</b>	Electroválvula Cetop 3 DG4V32CMUH
<b>Marca</b>	FTZ Hydraulics
<b>Largo conductor</b>	3 m
<b>Diámetro de la rosca</b>	7.8 mm
<b>Longitud dispositivo</b>	15 cm
<b>Rango de medición</b>	-200°C a +420°C
<b>Terminales</b>	3
<b>Aplicaciones</b>	Industrial o laboratorio para medir temperatura en equipos de prueba

Fuente: <http://www.amazon.com>

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016



**Figura 9-2 Electroválvula FTZ y su placa base de acoplamiento.**  
Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### 2.8.1.2 Dimensionamiento de mangueras hidráulicas

- Cálculo de parámetros para el dimensionamiento de mangueras hidráulicas
- Cálculo de la velocidad del fluido mediante la **Carta Mamográfica**

Tipo de tubería	Presión de trabajo	Velocidad de flujo (v) *
Tubo de aspiración		1,0 m/s
Conducto de retorno		2,0 m/s
Tubería de presión	0 - 25 bar	3,0 m/s
	25 - 50 bar	4,0 m/s
	50 - 100 bar	4,5 m/s
	100 - 150 bar	5,0 m/s
	150 - 210 bar	5,5 m/s
	210 - 315 bar	6,0 m/s

**Figura 10-2 Tabla de Carta Mamográfica**  
Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

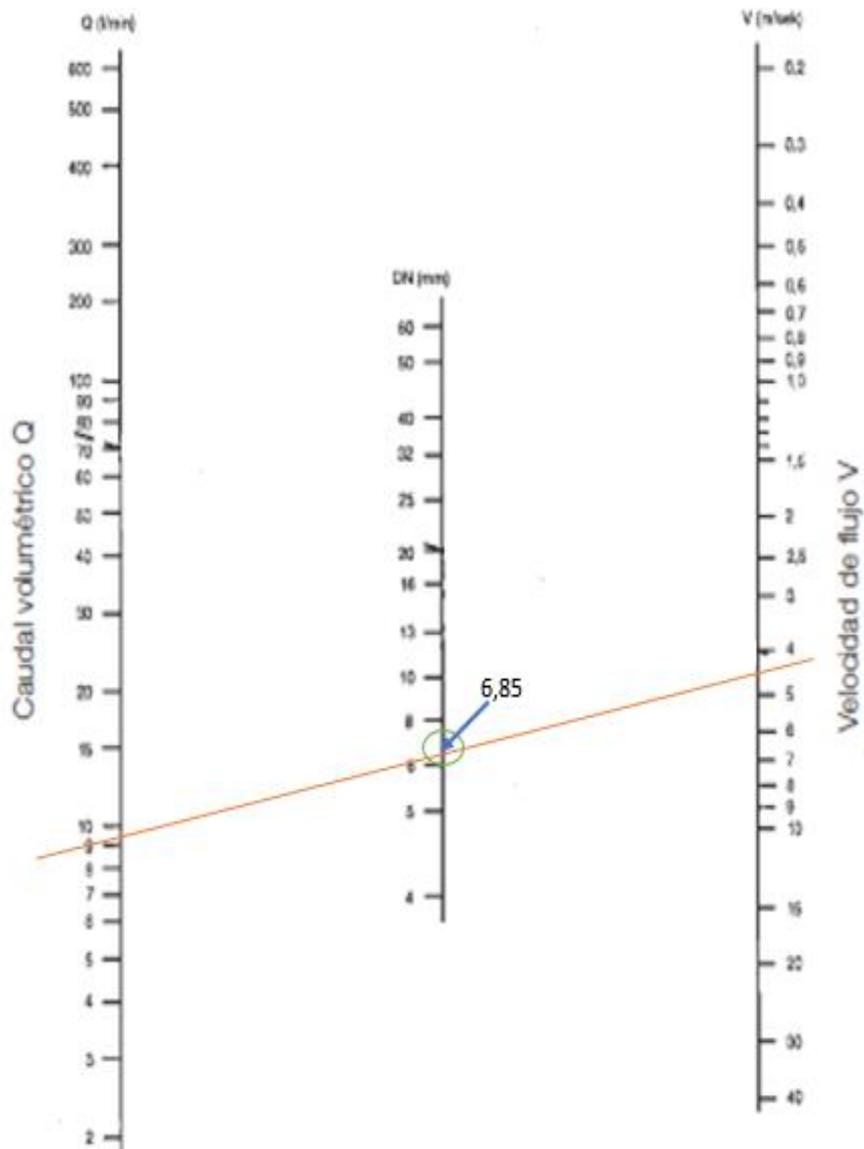
**Nuevos Datos:**

Velocidad:  $v = 4,5 \frac{m}{s}$

Caudal:  $Q = 9,36 \frac{lt}{min}$

**Nomograma para determinar el paso nominal DN (Diámetro) de los tubos flexibles**

Según el catalogo del Anexo 10, se traza un línea recta desde la velocidad de flujo hasta el caudal volumétrico, para hallar DN (diámetro nominal).



**Figura 11-2 Nomograma nominal DN (Diámetro) de los tubos flexibles**  
Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Se observa claramente en el gráfico una relación entre caudal del sistema expresado en (lt/min), la velocidad en (m/s) y el diámetro interior de la manguera hidráulica en (mm). Simplemente se traza una recta en los extremos con el valor de los datos obtenidos anteriormente de caudal y velocidad y se obtiene el dato de diámetro expresado en (mm)

**Diámetro:**  $\phi = 6,85 \text{ mm} \approx 0,27 \text{ in}$

**Tabla 5-2 Estándares de diámetro de mangueras hidráulicas**

DI Pulgadas	
1/8''	0,125''
1/4''	0,25''
3/8''	0,37''
1/2''	0,50''
5/8''	0,62''
3/4''	0,75''
1''	1''
1'' 1/4	1,25''
1'' 1/2	1,50''
2''	2''

Fuente: [http:// www.amazon.com](http://www.amazon.com)

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Se observa que el diámetro obtenido se encuentra entre los estándares de 1/4'' y 3/8'', por lo cual se escoge la medida de 3/8'' debido a la seguridad del sistema; ya que el diámetro calculado es mayor a 1/4'', entonces la presión aumenta si el área disminuye y puede existir una sobrepresión

- Cálculo de la presión de rotura de las mangueras se realiza con la ecuación 5-1.

>175  $\longrightarrow$   $F_s = 4$

$$F_s = \frac{\text{Presión rotura } (P_{rotura})}{\text{Presión funcionamiento } (P_{func})}$$

$$P_{rotura} = F_s * P_{func_{min}}$$

$$P_{rotura_{min}} = 4 * 77 \text{ BAR}$$

$$P_{rotura_{min}} = 308 \text{ BAR}$$

$$P_{rotura_{max}} = 462 \text{ BAR}$$

Se instala una Manguera Hidráulica Flexible de 3/8'' de diámetro interior con una presión de 100-210 BAR y una presión de rotura de 462 BAR ò 6700 PSI.

#### 2.8.1.3 Dimensionamiento válvula de seguridad

Se utiliza una válvula de seguridad hidráulica de 100 a 210 BAR de funcionamiento y una presión máxima de 462 BAR.



**Figura 13-2 Válvula de seguridad.**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

#### 2.8.1.4 Selección del manómetro hidráulico

Se utiliza un manómetro hidráulico de 0 a 500 BAR.

#### 2.8.1.5 Acoples y terminales

Los acoples y terminales que se utilizan se encuentran más detalladamente en el Anexo 8.

### 2.8.1.6 Selección de la válvula reguladora de caudal

Se utiliza una válvula reguladora de caudal de 0 a 10 lt/min con una proporcionalidad de presión máxima de 465 BAR.

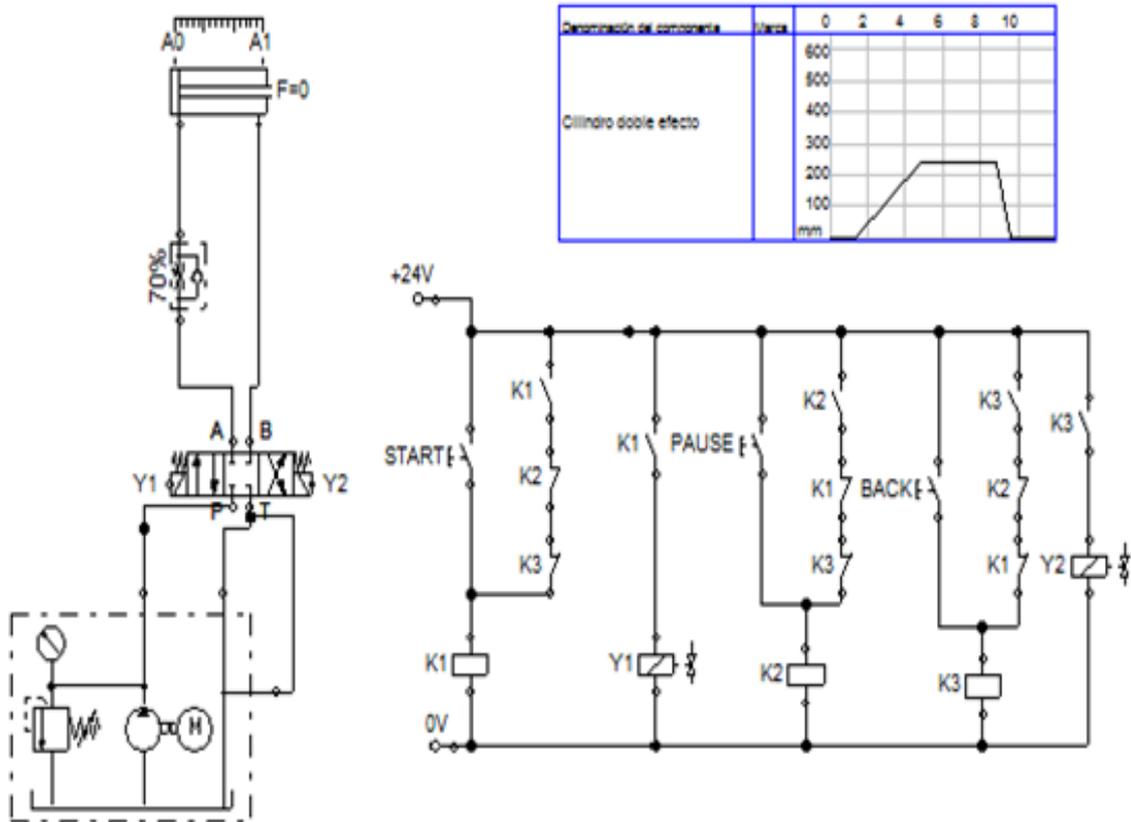


**Figura 14-2** Válvula reguladora de caudal.

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

## 2.8.2 Diseño del nuevo sistema hidráulico

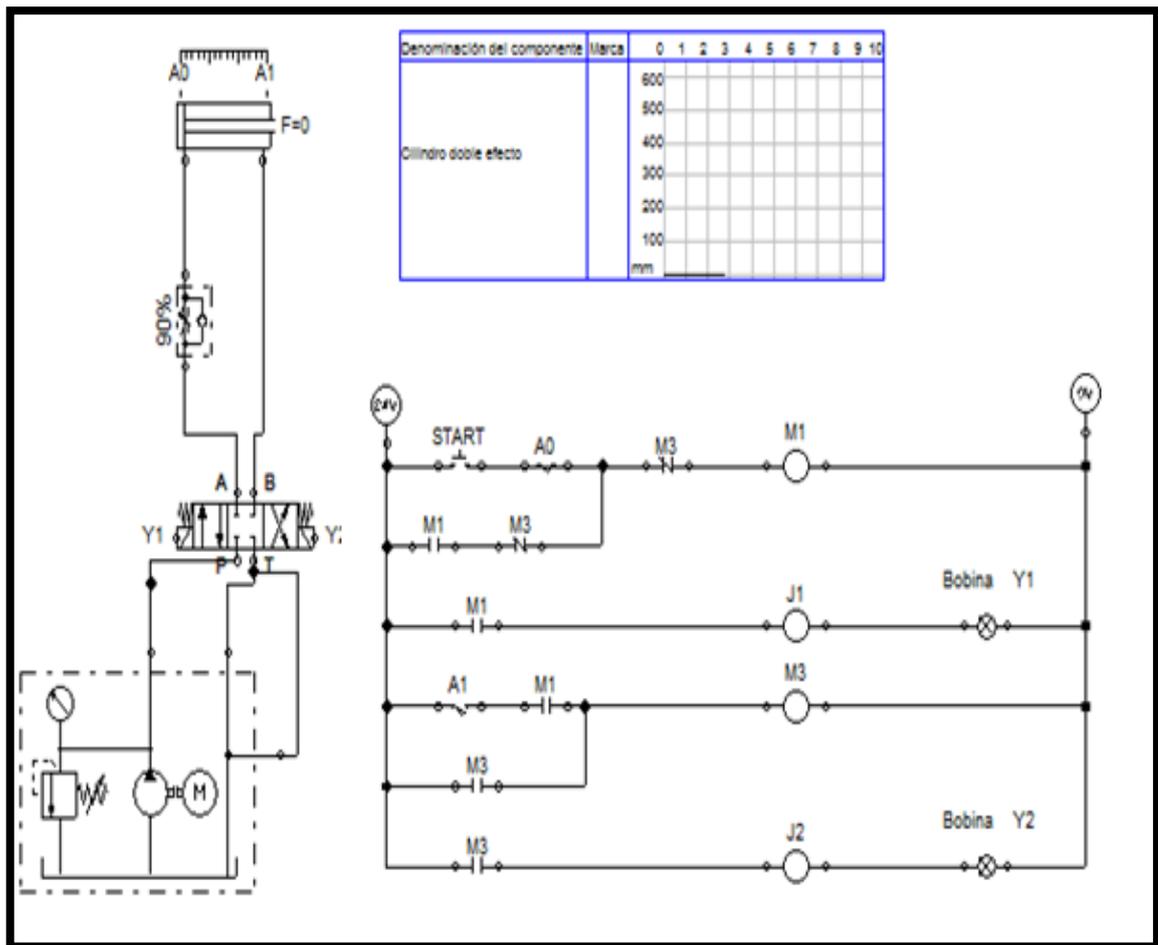
### 2.8.2.1 Diseño del sistema hidráulico en modo manual en simulador Fluid Sim Hidraulic



**Figura 15-2 Diagrama final del sistema hidráulico a diseñar e implementar (MODO MANUAL)**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

2.8.2.2 *Diseño del sistema hidráulico en modo automático en simulador Fluid Sim Hidraulic*



**Figura 16-2 Diagrama final del sistema hidráulico a diseñar e implementar (MODO AUTOMÁTICO)**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### 2.8.3 Rediseño del sistema hidráulico y mecánico de la embudidora

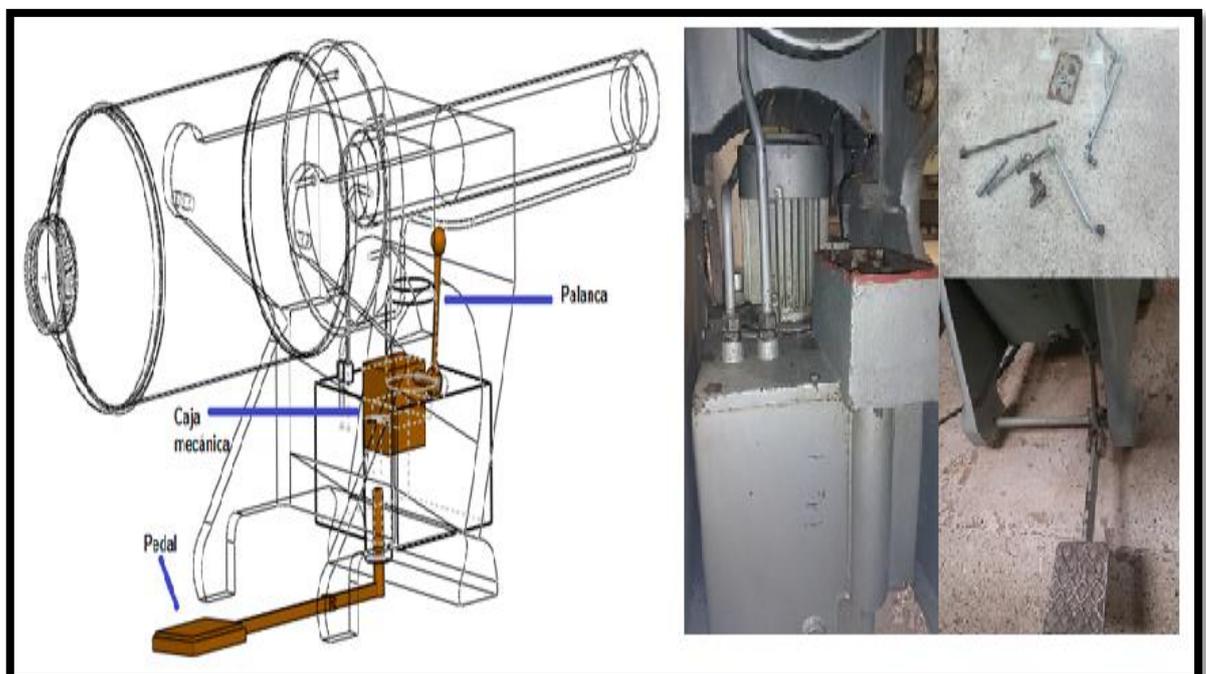
Se realiza las respectivas modificaciones en el equipo según las necesidades que requiere su automatización con la finalidad de lograr una mejoría en el proceso, las mismas se diseñan en el software de diseño CAD SOLIDWORKS en el plano tridimensional.

#### Modificaciones:

- Eliminación del pedal de avance y palanca de retroceso del cilindro.
- Eliminación de la válvula direccional mecánica de la unidad hidráulica.

- Colocación de la electroválvula.
- Cambio de tuberías hidráulicas.
- Implementación de la estructura necesaria para colocación de los sensores.
- Colocación de sensores.
- Colocación de una válvula reguladora de caudal.
- Adaptación de un motor paso a paso en el control de la válvula.

### Desmontaje del pedal de avance y palanca de retroceso del cilindro.



**Figura 17-2 Desarticulación del pedal y palanca**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

#### 2.8.3.1 Eliminación del sistema hidráulico mecánico.

- Vaciado de aceite y desmontaje tuberías hidráulicas

Como se puede observar en la figura 18-2 se retira todo el aceite hidráulico, para después desmontar las tuberías de acero acopladas al cilindro de la máquina

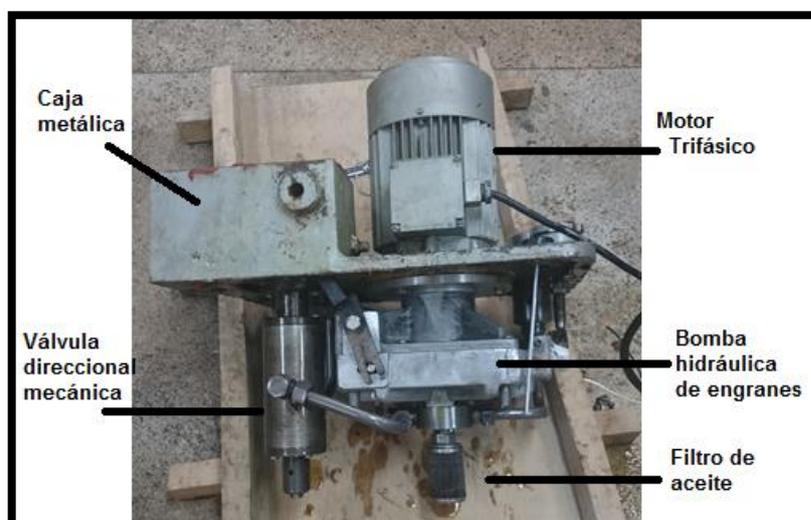


**Figura 18-2 Desmontaje de la unidad hidráulica**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

- Descripción de la bomba hidráulica

Se puede observar en la figura 19-2 que la bomba hidráulica es de tipo engranes y la válvula es un mecanismo direccional de tipo cilindro acoplada a un pedal y palanca, el mismo hace que avance o retroceda el pistón del cilindro.



**Figura 19-2 Componentes unidad hidráulica**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

- Eliminación de válvula direccional

Como siguiente paso se elimina la válvula direccional y se conecta una manguera que va directamente desde la bomba hacia la parte superior de la tapa del tanque, y otra que baja nuevamente al tanque, estos se ubican en los dos orificios ya existentes, tal como se ve en la figura 20-2.



**Figura 20-2 Supresión válvula direccional mecánica**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Al mismo tiempo se procede a cortar la caja metálica que sobresalía en la parte superior al ras de la misma, con el fin de obtener más espacio para la válvula reguladora de presión y sus componentes.

## **2.9 Diseño del Sistema Eléctrico**

### **2.9.1 Dimensionamiento de Fusibles**

Para poder calcular la corriente de este elemento de protección a las líneas eléctricas de sobrecargas y cortocircuitos, se utiliza la ecuación 1-2.

**Ecuación 1-2 Ecuación de cálculo de la corriente de protección de un fusible.**

$$I_f = k * I_n$$

Dónde:

$I_f$  = Corriente de Protección

$K$  = Constante de Protección (1.8 A 2.1)

$I_n$  = Corriente Nominal

- **Tabla de cálculo para dimensionamiento de Fusibles**

En la tabla 6-2 se observa el cálculo de la  $I_f$  para dimensionar los fusibles de cada uno de los dispositivos.

**Tabla 6-2 Resultados de cálculo para dimensionamiento de Fusibles**

Dispositivo	Voltaje Funcionamiento (V)	Corriente Nominal( $I_n$ ) (A)	Constante protección(K)	$k * I_n$	Corriente de Protección( $I_f$ ) (A)
Arduino	12	1	1.8	$1.8 * 1$	1.8
Fuente	110	5	1.8	$1.8 * 5$	9
HMI	24	0.3	1.8	$1.8 * 0.3$	0.54
Electroválvula	12	0,66	1.8	$1.8 * 0.66$	1,1

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA Alvaro.

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### Síntesis de Cálculo de Fusibles

La tabla 7-2 muestra un sumario de los valores calculados de los fusibles para cada dispositivo.

**Tabla 7-2 Valores de fusibles instalados**

DISPOSITIVO	CORRIENTE NOMINAL	VALOR DEL FUSIBLE
Fuente	5 A	10 A
Arduino	1 A	3 A
Electroválvula	0.66 A	1 A
HMI	0.3 A	1 A

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

## 2.9.2 Dimensionamiento de Conductores

Para el dimensionamiento de conductores, en un circuito monofásico se emplea la ecuación 2-1 donde se muestra el cálculo de caída de tensión para cada sistema respectivamente.

### Ecuación 2-2 Caída de tensión para un circuito monofásico

$$\Delta V = 2IR_eL$$

**Dónde:**

**L**= Distancia De La Fuente Hacia La Carga

**Re** = Resistencia Especifica Del Conductor

**I**= Corriente

En la figura 21-2 se describe las dimensiones y características de los conductores.

Calibre AWG	No. Hilos	Diámetro Hilo mm	Área mm <sup>2</sup>	Diámetro Conductor mm	Aislamiento Espesor mm	Diámetro Exterior mm	Resistencia DC a 20°C Ω/Km	Peso Total Aprox. Kg/Km	Capac. de Corriente A	Tipo
22	7	0.25	0.32	0.78	0.76	2.30	54.23	7.83	3	TFF
20	10	0.25	0.52	0.98	0.76	2.50	34.03	11.35	5	TFF
18	16	0.25	0.82	1.17	0.76	2.69	21.42	15.10	7	TFF
16	26	0.25	1.31	1.48	0.76	3.00	13.45	20.64	10	TFF
14	41	0.25	2.08	1.89	0.76	3.41	8.44	29.42	25	TFF
12	65	0.25	3.31	2.38	1.14	4.66	5.32	51.39	30	TFF
10	104	0.25	5.26	2.99	1.14	5.27	3.34	72.71	40	TFF
8	168	0.25	8.37	3.75	1.14	6.03	2.10	102.00	60	SGT
6	266	0.25	13.30	4.75	1.52	7.79	1.32	166.00	80	SGT
4	420	0.25	21.15	6.39	1.52	9.43	0.85	239.00	105	SGT
2	665	0.25	33.63	8.06	1.52	11.10	0.53	363.00	140	SGT
1/0	1064	0.25	53.51	10.18	2.03	14.24	0.34	558.00	195	SGT
2/0	1323	0.25	67.44	11.40	2.03	15.46	0.27	690.00	225	SGT
3/0	1666	0.25	85.03	12.81	2.03	16.87	0.21	880.00	260	SGT
4/0	2107	0.25	107.20	14.83	2.03	18.89	0.17	1103.00	300	SGT

**Figura 21-2** Tablas para el cálculo del calibre de conductores eléctricos CONELSA

Fuente: <http://www.conelsa.com.ec/index.php/productos/cables-de-baja-tension-cobre.html>

- **Tabla de cálculo para dimensionamiento de Conductores**

En la tabla 8-2 se observa el cálculo de la  $\Delta V$  para dimensionar los conductores de cada uno de los dispositivos.

**Tabla 8-2 Cálculo para dimensionamiento de Conductores**

DIPOSITIVO	I(A)	V(V)	L(km)	Calibre (AWG)	Re $\left(\frac{\Omega}{km}\right)$	$\Delta V = 2IREL$	$\Delta V = \frac{100 * \Delta V}{V}$
Fuente	5	110	0.001	16	13.45	0.135	0,12%
Arduino	1	12	0.001	18	21.42	0.043	0,35%
HMI	0,3	24	0.001	18	21.42	0.013	0.05%
Sensor Ultrasónico	0,015	5	0,004	18	21.42	0.0025	0.05%
Sensor presión	0,010	12	0.005	18	21.42	0.0021	0.017%
Motor paso a paso	1	12	0.005	18	21.42	0.214	1.78 %
Electroválvula	12	-	-	18	-	-	-

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Una vez realizado los cálculos respectivos en caída de voltaje se puede observar que ninguna de las tensiones de los dispositivos supera el 5%, por lo tanto el conductor es aceptable para todos.

Debido a que en las especificaciones técnicas de la válvula no se encuentra la corriente nominal, no se puede calcular el conductor, sin embargo el fabricante recomienda utilizar como conductor mínimo el cable #18 AWG.

### Síntesis de Cálculo de Conductores

En la tabla 9-2 se describe el calibre de conductor que se utiliza.

**Tabla 9-2 Valores de conductores**

DISPOSITIVO	CORRIENTE	CALIBRE AWG
Fuente	6.25 A	16 AWG
Arduino	0.091 A	18 AWG
HMI	0.3 A	18 AWG
Sensor ultrasónico	0.015 A	18 AWG

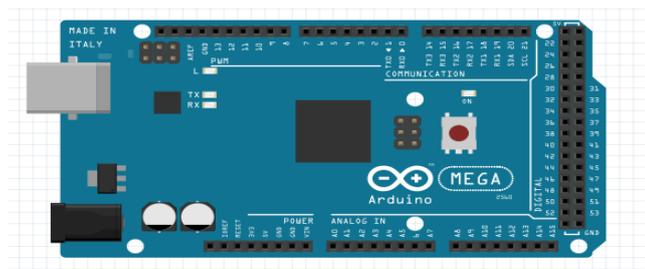
Sensor de presión	0.010 A	18 AWG
Motor paso a paso	1 A	18 AWG
Electroválvula DG4V32CMUH	-----	18 AWG

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.  
Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

## 2.10 Diseño del Sistema Electrónico

### 2.10.1 Selección del controlador Arduino

Debido a la utilización de shields, módulos y salidas se opta por utilizar la plataforma de control Arduino Mega 2560 ya que posee mayor número de entradas y salidas tanto digitales como análogas, con el cual se controla toda la parte electrónica.



**Figura 22-2** Arduino Mega 2560

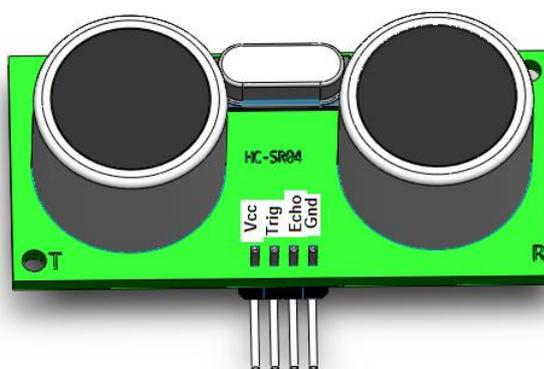
Fuente: [www.fritzing.org](http://www.fritzing.org)  
Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### 2.10.2 Sensores

#### 2.10.2.1 Sensor ultrasónico HC-SR04

Dispone de cuatro pines: “VCC” (se ha de conectar a una fuente de 5 V), “Trig” (responsable de enviar el pulso ultrasónico; por tanto, se debe conectar a un pin de salida digital de la placa Arduino), “Echo” (responsable de recibir el eco de ese pulso; luego se debe conectar a un pin de entrada digital de la placa Arduino) y “GND” (a tierra) (TORRENTE, 2013)

Tiene un rango de distancias sensible entre 3 cm y 3 m con una precisión de 3 mm, suficiente distancia para ocupar para el sistema.



**Figura 23-2 Sensor ultrasónico HC-SR04**  
Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

A continuación se detalla las características del sensor de distancia:

**Tabla 10-2 Descripción de las especificaciones del Sensor de ultrasónico HC-SR04**

Ítem	Especificación
<b>Denominación</b>	Sensor de distancia ultrasónico HC-SR04
<b>Número de Pines</b>	4 Pines (Vcc, Gnd, Trig, Echo)
<b>Voltaje de Trabajo</b>	+5V (4.5V min – 5.5V max)
<b>Corriente de Reposo</b>	< 2mA
<b>Corriente de Trabajo</b>	15 mA
<b>Ángulo de medición</b>	30°
<b>Ángulo de medición efectivo</b>	< 15°
<b>Dimensiones</b>	45mm x 20mm x 15mm
<b>Frecuencia de trabajo</b>	40 KHz

<b>Resolución</b>	La precisión puede variar entre los 3mm o 0.3cm.
<b>Detección</b>	De 2cm a 400cm o 1" a 13 pies (Sirve a más de 4m, pero el fabricante no garantiza una buena medición).

Fuente: (SORIA, 2013)

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### 2.10.2.2 Sensor de presión

Para elaborar el controlador Fuzzy se elige un sensor de presión, el mismo consta de 3 cables (Vcc, Gnd y señal), su función principal es recoger datos de presión del sistema, para luego ser procesada esa información por la plataforma de control Arduino y estabilizar la velocidad lineal del cilindro hidráulico.



**Figura 24-2 Sensor presión 2.5 MPa**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

A continuación se detalla las características del sensor de presión:

**Tabla 11-2 Descripción de las especificaciones del Sensor de presión.**

Ítem	Especificación
<b>Denominación</b>	Sensor de presión 2.5 MPa
<b>Voltaje</b>	12 V DC
<b>Corriente de Trabajo</b>	$\leq 10\text{mA}$
<b>Rango de presión de trabajo</b>	0-2.5 MPa (0-362PSI)
<b>Precisión</b>	$\pm 1.0\%$ FS
<b>Temperatura de trabajo</b>	0 a 85°C
<b>Conexión física</b>	Rosca G1/2"
<b>Conexión eléctrica</b>	3 cables (voltaje, tierra, señal)
<b>Material</b>	Acero y Plástico
<b>Tamaño</b>	5x2.4cm/ 1.97"x0.94" (LxDia)
<b>Longitud de cable</b>	18cm/ 7.1"
<b>Peso</b>	69 g

Fuente:<http://www.ebay.es/itm/G1-2-inch-5V-0-2-5-MPa-Pressure-Transducer-Sensor-Oil-Fuel-Diesel-Gas-Water-Air-/262063308127>

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### 2.10.3 Motor paso a paso

Para realizar el movimiento de la válvula reguladora de caudal se necesita ayuda de un motor paso a paso, para más fuerza y precisión del sistema.



**Figura 25-2 Motor paso a paso Shinano Kenshi**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

A continuación se detalla las características del motor paso a paso:

**Tabla 13-2 Descripción de las especificaciones del Sensor de presión.**

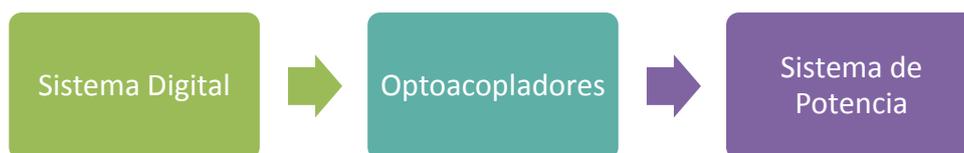
Ítem	Especificación
<b>Denominación</b>	Motor paso a paso Nema 23 Shinano Kenshi
<b>Modelo</b>	SST59D110X
<b>Ángulo de pasos</b>	1.8 grados
<b>Rango de voltaje</b>	4.7 v-24v
<b>Corriente/Fase</b>	1 A
<b>Resistencia/Fase</b>	4.7 Ohmios
<b>Inductancia/Fase</b>	7.5 mH
<b>Torque</b>	667mN.m
<b>Rotor Inercia</b>	145 g-cm <sup>2</sup>
<b>Numero de pines</b>	6
<b>Dimensiones</b>	57x57x50mm (LxWxH)

Fuente: <http://www.shinano.com/2-phase-hybrid-stepping-motor-unipolor-59dseries.php>

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

#### 2.10.4 Conexión de salidas por medio de módulo de relés

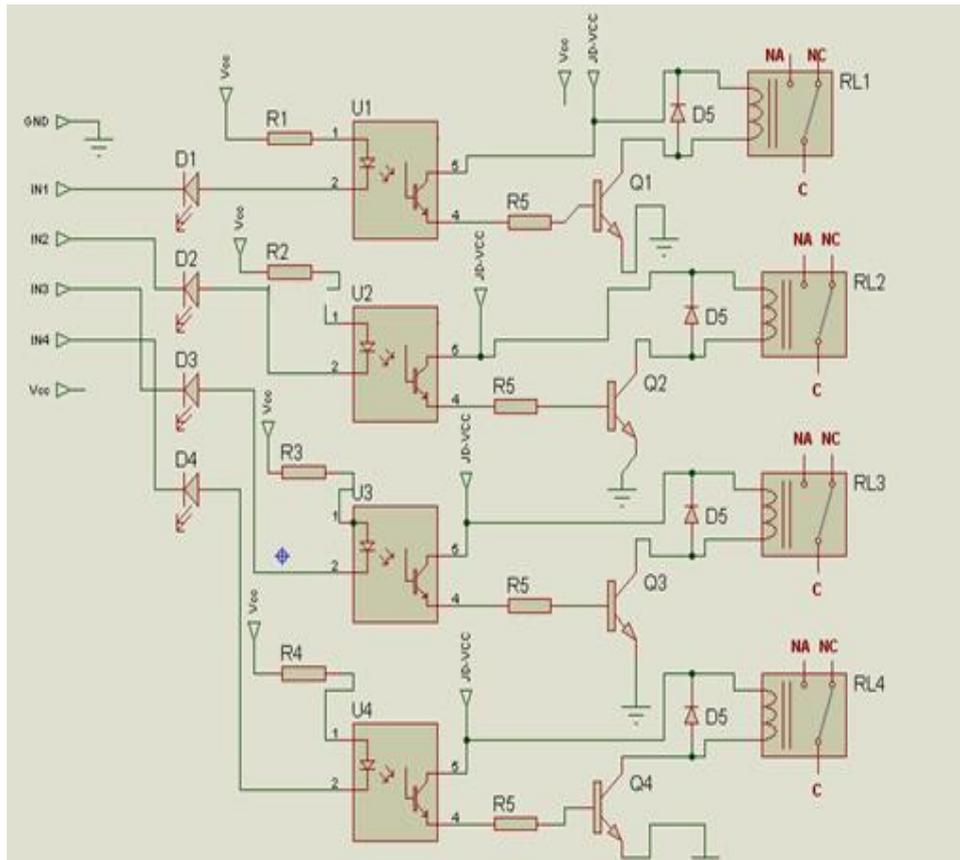
Una vez ya seleccionados los componentes hidráulicos a controlar, se utiliza un módulo de relés de 4 canales para la etapa de potencia y así controlar la electroválvula y luces indicadoras, este módulo integra protecciones ya establecidas y detalladas a continuación:



**Figura 26-2 Etapa de potencia módulo relés de 4 canales**

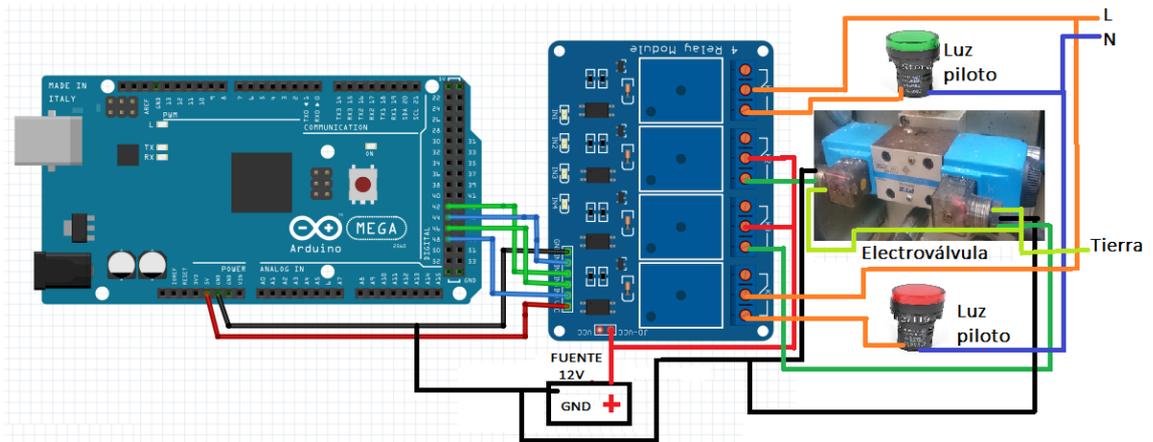
Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

En la figura 27-2 se visualiza los componentes electrónicos que conforman el módulo de relés de 4 canales que utilizan relés de 12 V marca Songle Relay y optoacopladores de la serie FL817 que se detallan más ampliamente en el Anexo 7.



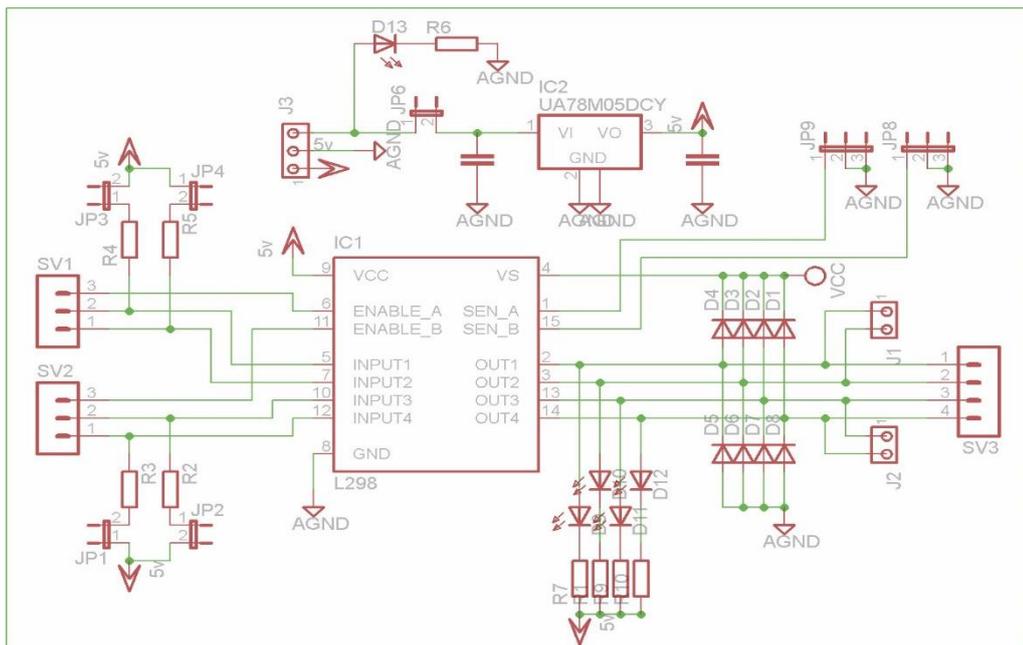
**Figura 27-2 Diagrama electrónico del módulo relés de 4 canales**  
Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Se conecta las salidas: luces piloto y electroválvula, directamente a los al módulo de relés como se puede ver en la figura 28-2.



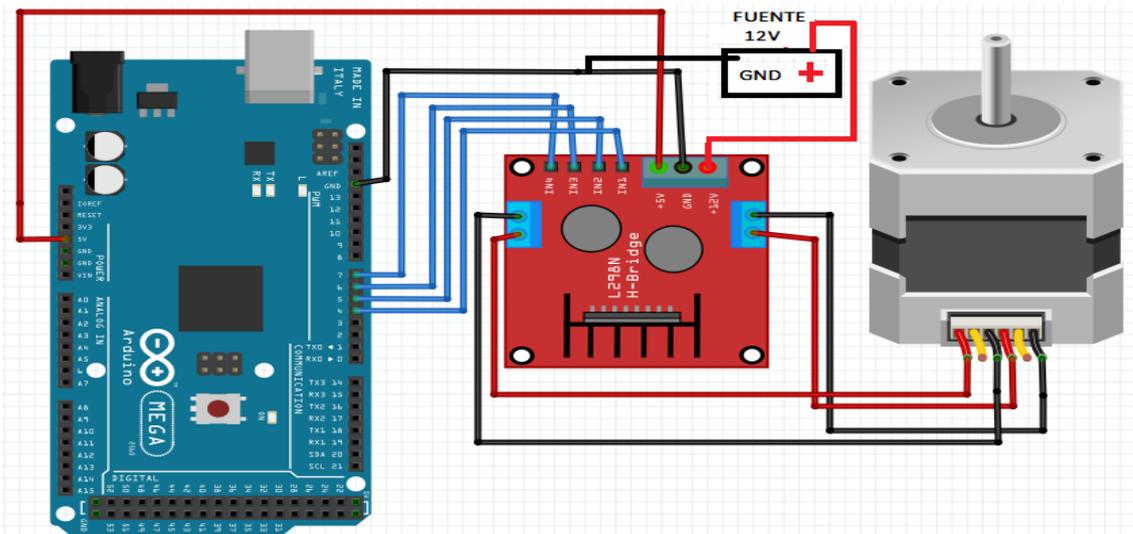
**Figura 28-2 Conexión módulo relés de 4 canales entradas y salidas**  
 Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### 2.10.5 Conexión del motor paso a paso



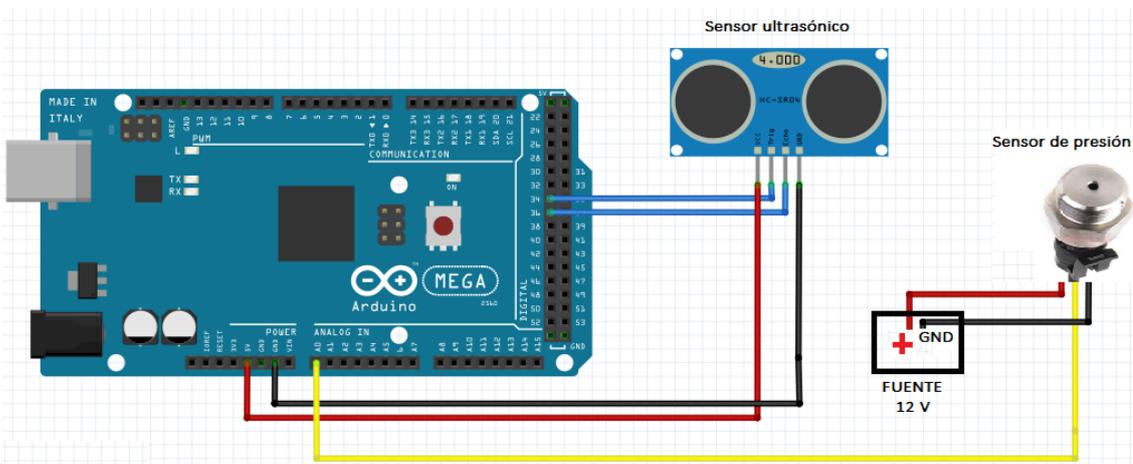
**Figura 29-2 Diagrama electrónico módulo L298**  
 Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Debido a que el motor paso a paso es de tipo unipolar y posee 6 cables, se utiliza como un motor tipo bipolar dejando dos cables desconectados, es decir, utilizando los 4 cables de las bobinas y los 2 restantes (los comunes) desconectados. Se puede observar la conexión en la figura 30-2.



**Figura 30-2 Conexión módulo L298 doble puente H**  
 Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### 2.10.6 Conexión de Sensores al Arduino Mega 2560



**Figura 31-2 Conexión sensor ultrasónico HC-SR04**  
 Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

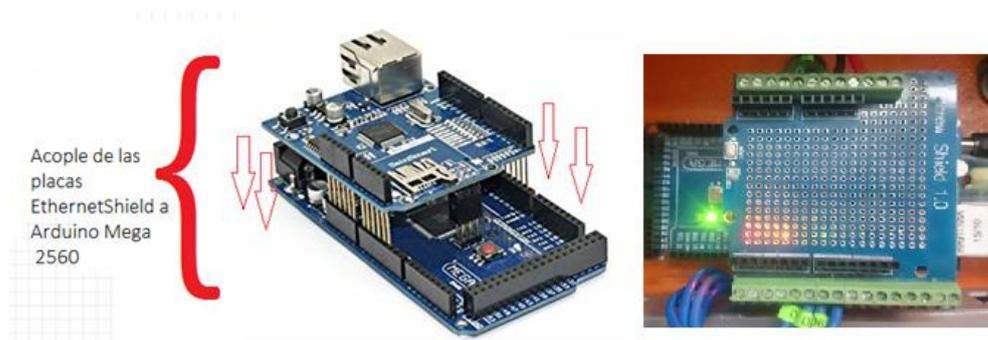
### 2.10.7 Conexión de pulsadores

Se adiciona resistencias de 10KΩ entre las salidas de los pines y tierra; para evitar cortocircuitos como se observa en la figura 32-2.



### 2.10.9 Conexión de la Terminal Shield a Arduino Mega 2560

Para finalizar se coloca una armadura o también llamada terminal shield encima de la Ethernet shield. Esta placa ayuda a la hora de ajustar de manera más rápida y segura los conductores a utilizar ya que posee borneras precisas para la sección de los cables.



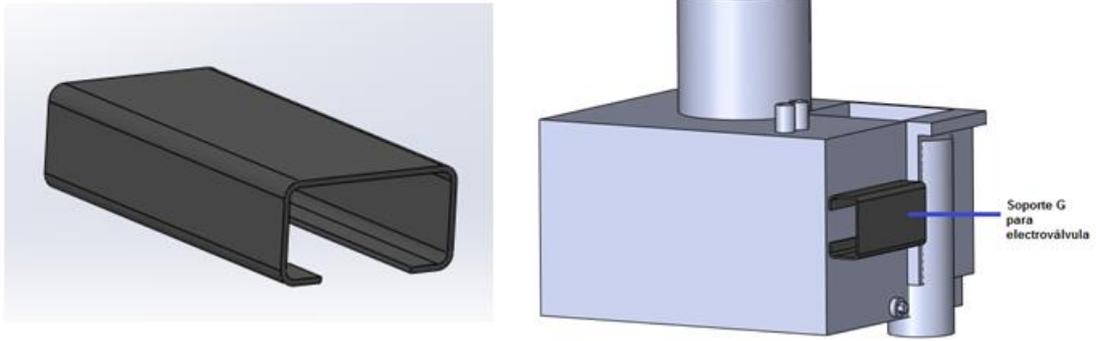
**Figura 34-2 Acople shields Arduino Mega 2560**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

## 2.11 Diseño de estructuras para componentes electrónicos e hidráulicos

### 2.11.1 Soporte para la electroválvula

Debido a que la unidad hidráulica no consta de un espacio relativamente grande se diseña un soporte que se ajuste a las dimensiones de la electroválvula con la que se controla la parte hidráulica. Este soporte tiene la forma de una G, se coloca en la parte delantera del tanque y la misma es soldada para mayor resistencia y seguridad de la misma.



**Figura 35-2 Posición final de la base para electroválvula**

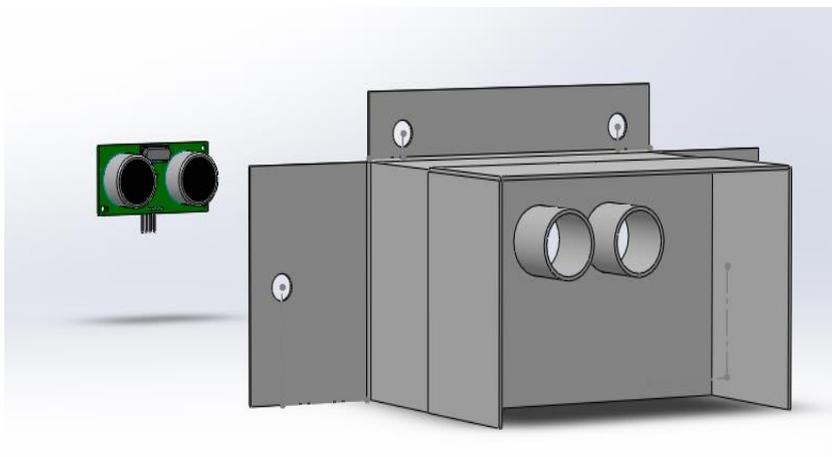
Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### 2.11.2 Cajas protectoras de los sensores

Para la protección y seguridad de los sensores se diseña una estructura en acero inoxidable, cada una de ellas con medidas que se ajustan a los sensores y no interfieran en los datos que estos tienen que transmitir.

#### *Sensor ultrasónico*

Consta de una caja protectora con dos orificios para dicho sensor, también una cubierta y las perforaciones necesarias para acoplar a la estructura de la embudidora.

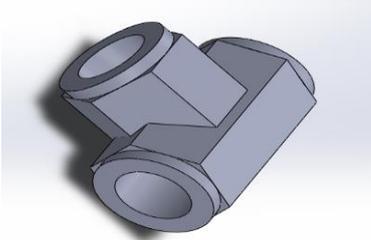


**Figura 36-2 Diseño para implementación del sensor ultrasónico en la caja protectora**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### *Sensor de presión*

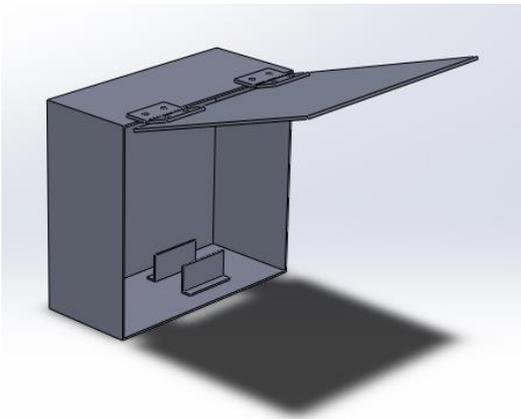
El sensor de presión se enrosca con una T de acero de media pulgada.



**Figura 37-2 T para implementación del sensor de presión**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

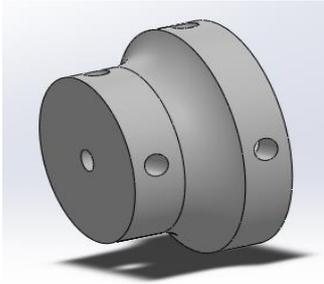
También se construye una caja con acceso a los componentes dentro de ella, la misma consta de bisagras en donde se va a ubicar el sensor de presión y un mecanismo para el control de la válvula reguladora de caudal, tal cual se puede observar en la figura 38-2.



**Figura 38-2 Diseño de la caja para el motor, válvula reguladora y sensor de presión**

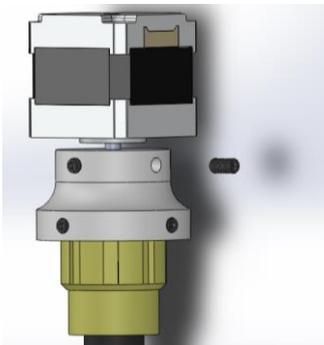
Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### **2.11.3 Acople para la válvula reguladora de caudal y motor paso a paso**



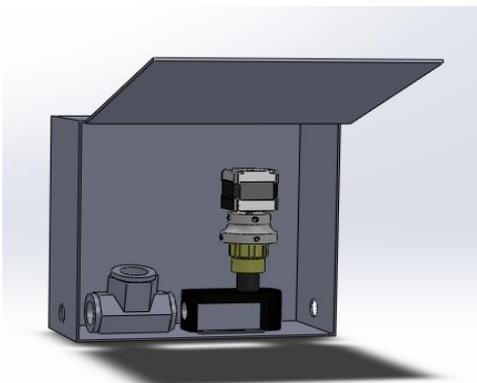
**Figura 39-2** Diseño acople para el motor y la válvula reguladora de caudal (presión)  
Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

#### 2.11.4 Adaptación del acople, la válvula reguladora de caudal y el motor paso a paso



**Figura 40-2** Adaptación del acople para el motor y la válvula reguladora de caudal  
Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

#### 2.11.5 Posición final del acople para el motor y la válvula reguladora de caudal (presión) en la caja diseñada



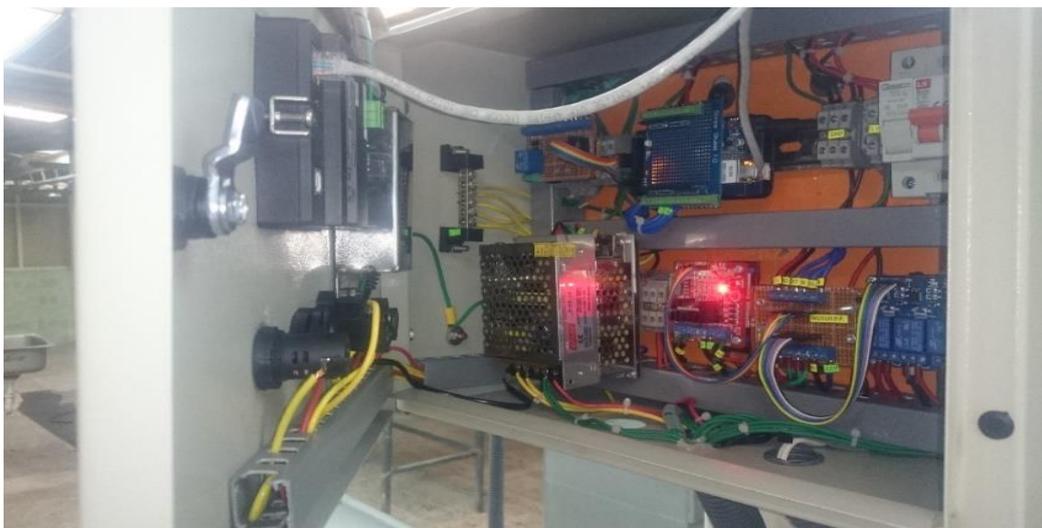
**Figura 41-2** Posición final del acople para el motor y la válvula reguladora de caudal (presión) en la caja diseñada  
Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

## 2.12 Implementación de sistema eléctrico

### 2.12.1 Tablero de Control y Mando

Para implementar del tablero de control y mando se realiza de forma sistemática cada uno de los siguientes pasos:

- 1) Luego de realizar una distribución adecuada para la ubicación de cada uno de los componentes que se disponen en el gabinete, se coloca las canaletas y riel din para la ubicación de estos componentes y su correcto cableado.
- 2) Se coloca los componentes eléctricos (breakers, fusibles y borneras) y electrónicos (Arduino, Shield Ethernet, fuentes y módulos de Aduino) en las rieles.
- 3) Se realiza las conexiones entre cada uno de los componentes de acuerdo al cálculo de conductores.
- 4) Se ejecuta la distribución y colocación de los elementos (pulsadores, luces piloto, emergencia, pantalla HMI) en la parte frontal del gabinete.
- 5) Se realiza la conexión de manera ordenada entre cada uno de los elementos de la parte frontal e interior del tablero.



**Figura 42-2 Interior del tablero de control Finalizado**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### 2.13 Implementación de sistema hidráulico

1. Colocación de: válvula de seguridad, manómetro, acoples y neplos.
2. Colocación de mangueras hidráulicas según la norma de control de doblés establecida
3. Colocación electroválvula encima de la placa base



**Figura 43-2 Implementación del sistema hidráulico**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

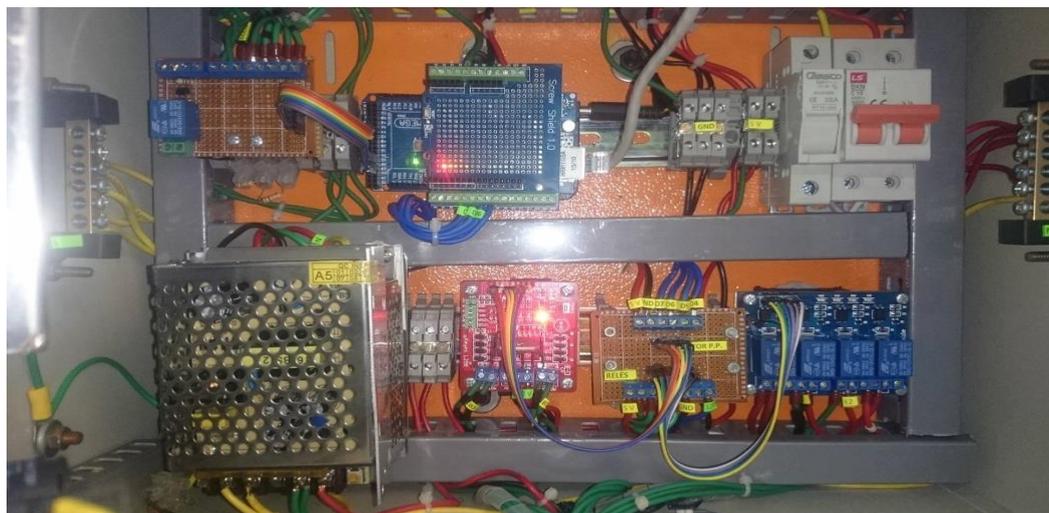
### 2.14 Implementación de sistema electrónico

- Colocación del Arduino Mega 2560 con sus respectivas shields.
- Adaptación de acoples para riel DIN a baquelita de borneras
- Colocación fuentes de poder 12 V



**Figura 44-2 Colocación de dispositivos electrónicos en el gabinete de control.**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

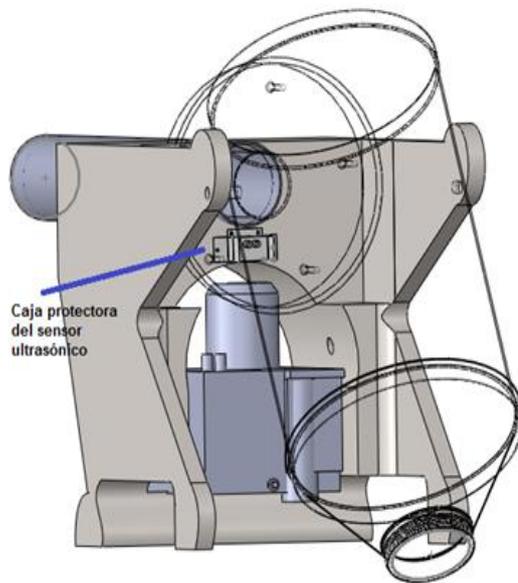


**Figura 45-2 Vista al interior de gabinete todos los componentes electrónicos instalados.**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### 2.14.1 Colocación de sensores.

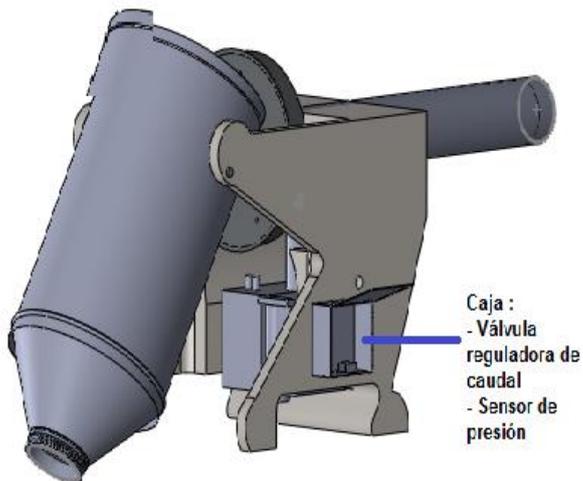
1. Implementación de caja ultrasónica y cableado.



**Figura 46-2 Implementación caja ultrasónica y cableada.**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

2. Colocación caja de control de válvula y sensor de presión



**Figura 47-2 Implementación caja de control de válvula y sensor de presión**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### 2.14.2 Colocación de una válvula reguladora de caudal (presión).

Para la colocación de la válvula reguladora se realiza mediante un acople de nylon al motor paso a paso, el mismo que es colocado en una caja de acero inoxidable en el lugar donde se encontraba la palanca de retroceso del cilindro anteriormente.



**Figura 48-2 Implementación acople de la válvula y enroscamiento del sensor de presión**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

## 2.15 Programación del controlador Arduino

### 2.15.1 Identificación de entradas y salidas del controlador

En la siguiente tabla se describe cada una de las entradas y salidas designadas en el controlador Arduino Mega 2560.

### 2.15.1.1 Entradas

**Tabla 14-2 Entradas digitales y analógicas del proceso**

DISPOSITIVO	TIPO	SÍMBOLO	FUNCIÓN
Sensor Ultrasonico	Digital	X0	Distancia que se encuentra el pistón.
Sensor de presión	Digital	X1	Nivel de presión en el sistema de avance.
Botón Verde	Digital	X2	Botón de Inicio del Proceso
Botón Rojo	Digital	X3	Botón de Paro del Proceso

**Fuente:** CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

**Realizado por:** CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### 2.15.1.2 Salidas

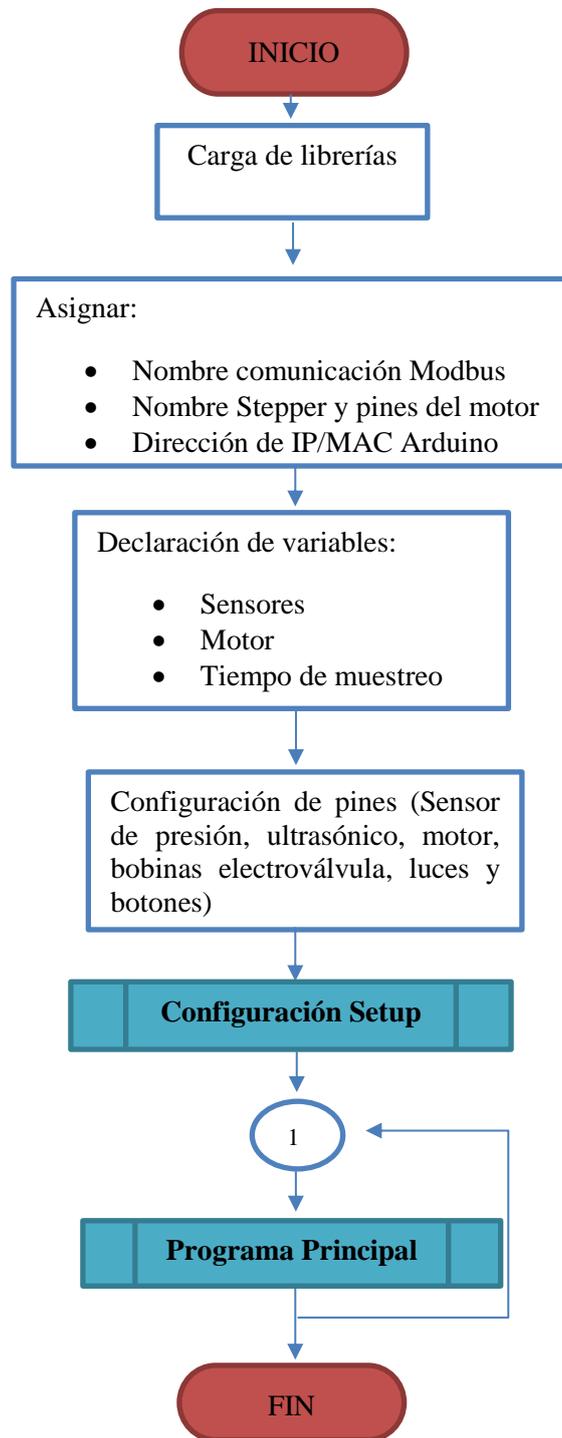
**Tabla 15-2 Salidas digitales del proceso**

DISPOSITIVO	TIPO	SÍMBOLO	FUNCIÓN
Electroválvula B1	Digital	Y0	Electroválvula avance pistón
Electroválvula B2	Digital	Y1	Electroválvula retroceso pistón
Motor	Digital	Y3	Control de válvula reguladora de caudal
Luz verde	Digital	Y4	Señal luminosa de ejecución del proceso
Luz roja	Digital	Y5	Señal luminosa de ejecución de paro

**Fuente:** CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

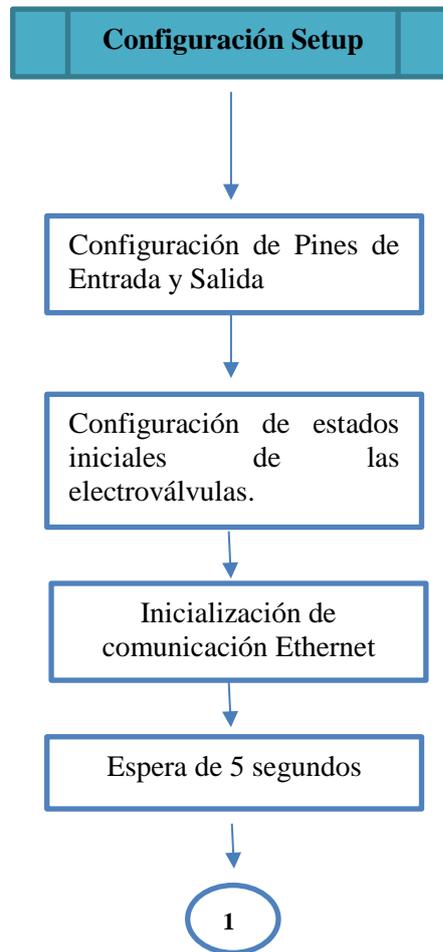
**Realizado por:** CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### 2.15.2 Control principal



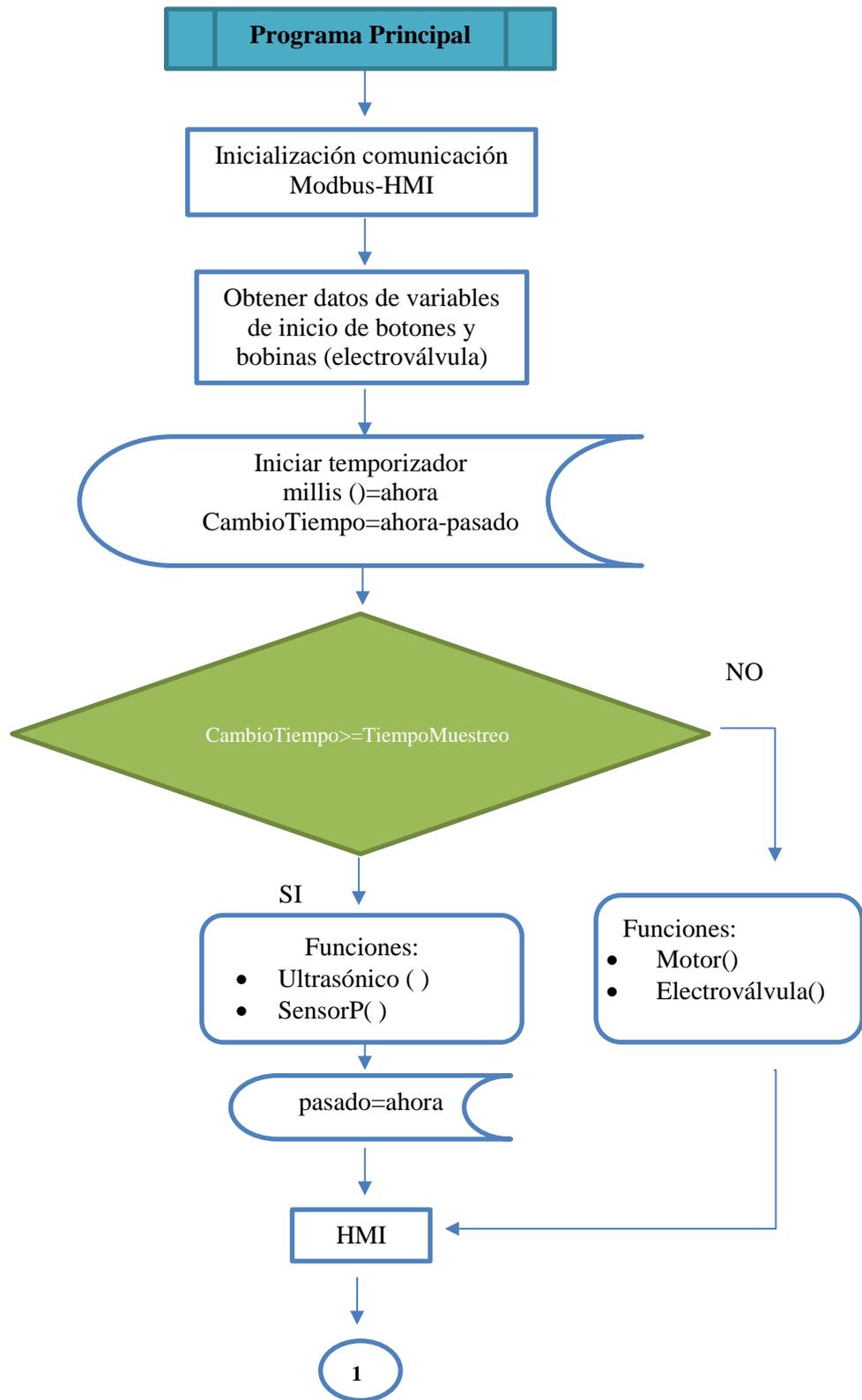
**Figura 49-2 Diagrama de flujo de control principal**  
Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### 2.15.3 Control setup



**Figura 50-2 Diagrama de flujo configuración setup**  
Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

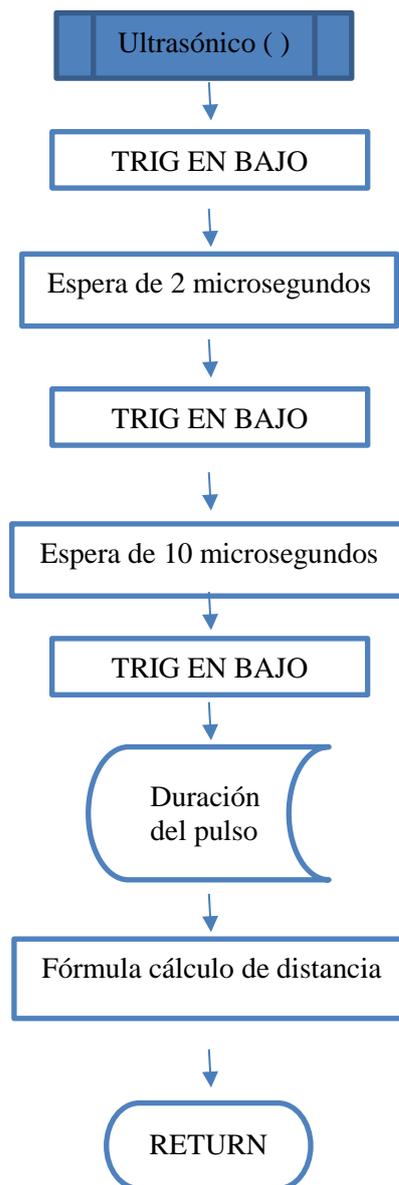
2.15.4 Control programa principal



**Figura 51-2 Diagrama de flujo programa principal**  
Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

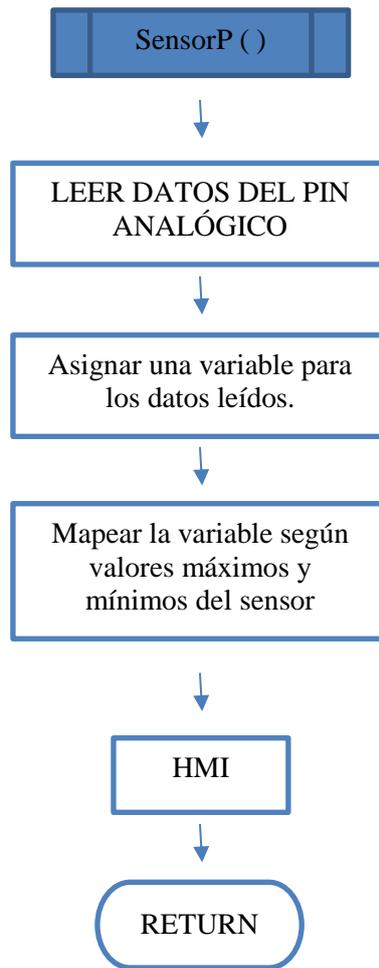
Acorde a la figura anterior se realiza el programa interno en el controlador Arduino expuesto en el Anexo 2.

### 2.15.5 Funciones



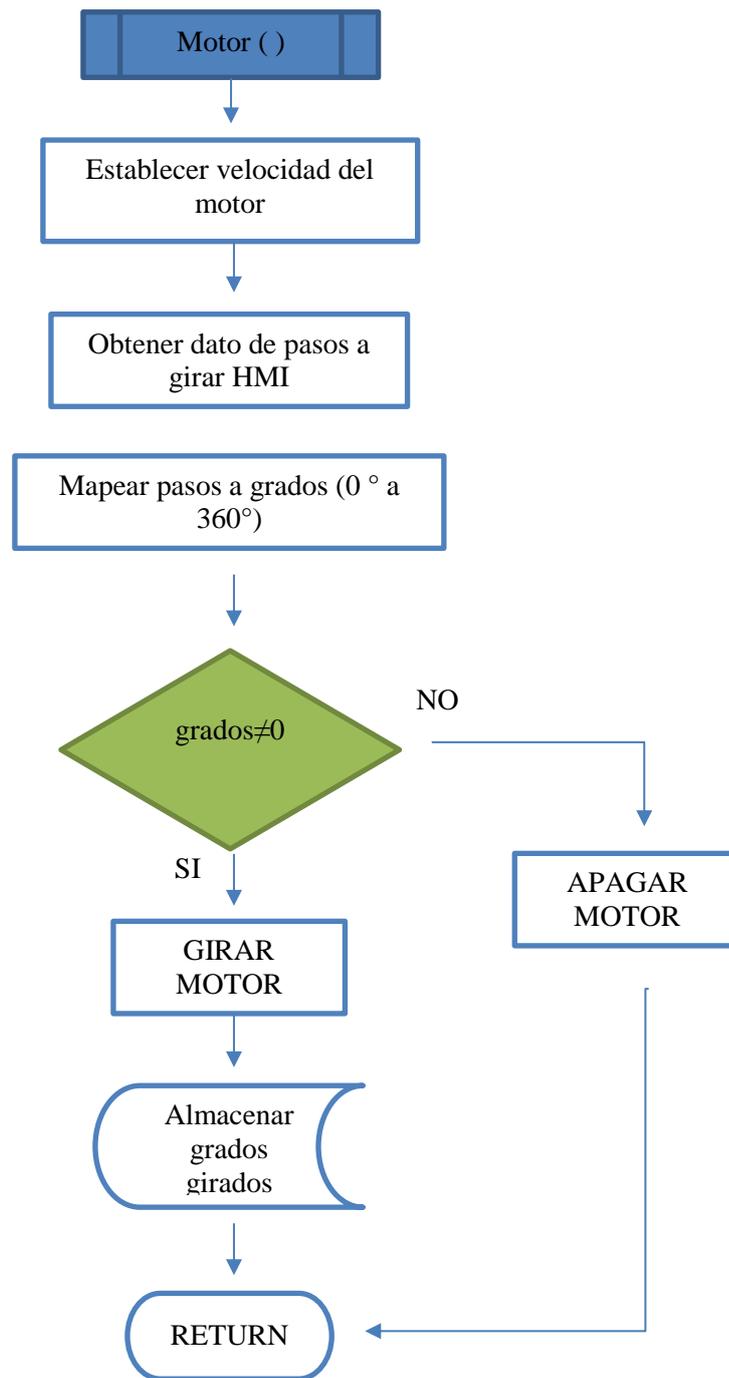
**Figura 52-2 Diagrama de flujo función ultrasónico ()**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

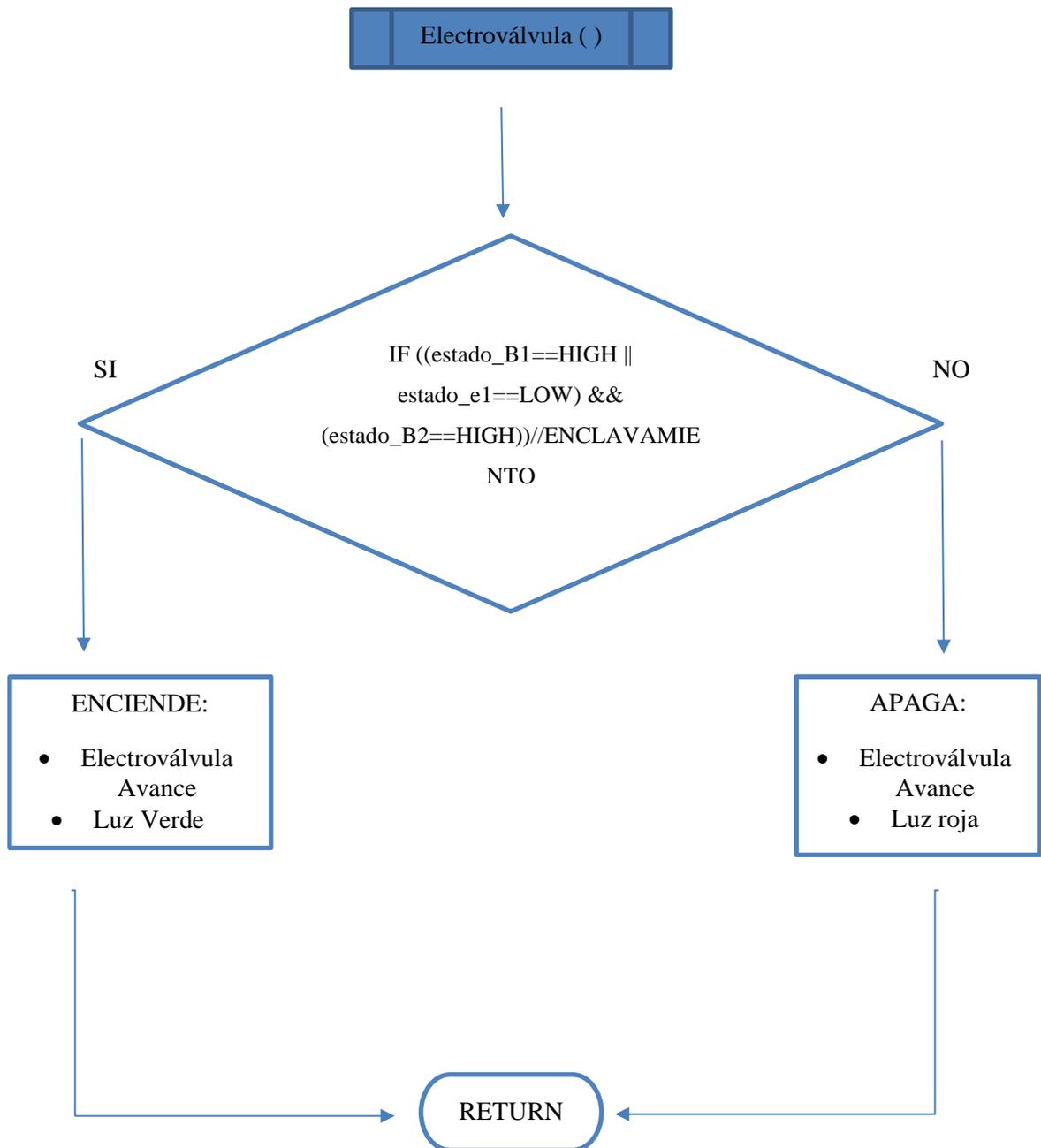


**Figura 53-2 Diagrama de flujo función Sensor P ( )**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016



**Figura 54-21 Diagrama de flujo función Motor ( )**  
 Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

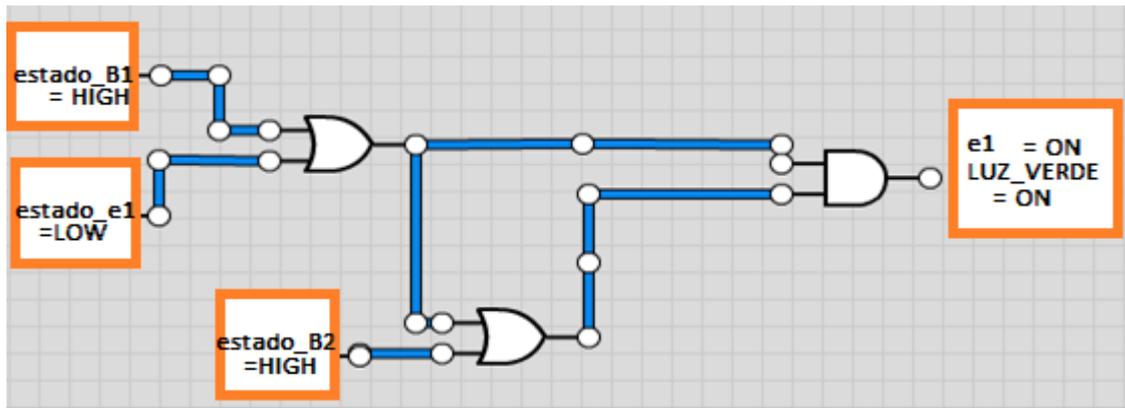


**Figura 55-2 Diagrama de flujo Electroválvula ( )**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### 2.15.6 Pulsadores

En la figura 57-2 observa el diagrama eléctrico de los pulsadores, este sirve de base para realizar el diseño de enclavamiento basado en compuertas lógicas y pasarlo al lenguaje de programación de Arduino. Debido a que el botón de retroceso se realiza desde el HMI



**Figura 56-22 Diseño de enclavamiento de pulsadores**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Hay que tomar en cuenta que en la implementación de los pulsadores hay que añadir resistencias de 10K para evitar cortocircuitos en el controlador.

## 2.16 Diseño de Controlador Fuzzy

### 2.16.1 Principios básicos para el diseño del controlador Fuzzy

- Debido a los problemas suscitados en la embudadora, como es la velocidad lineal del pistón, se utiliza un controlador Fuzzy, el cual se define en la compresión y definición entre variables de salida y entrada. Para el diseño del controlador se utiliza el toolbox de lógica difusa de Matlab R2014a.
- Matlab utiliza el tipo de controlador Fuzzy Mamdani el cual está compuesto por un fuzzificador, el mecanismo de inferencia, la base de las reglas y el defuzzificador.
- Para el diseño se toma como entradas: la presión, distancia, producto. Y como salida: el motor paso a paso.

**Tabla 16-2 Descripción variables de entrada y salida del controlador Fuzzy**

VARIABLES E/S	DESCRIPCIÓN
<b>Presión</b>	Se refiere a la presión actual a la que se encuentra el sensor el cual fue ubicado antes de la válvula reguladora de caudal, para cuando avance el cilindro.
<b>Distancia</b>	Posición en tiempo real a la que se encuentra el cilindro dado por el sensor ultrasónico colocado en la posición inicial del vástago.
<b>Producto</b>	Tipo de embutido que se va a elaborar.
<b>Motor Paso a Paso</b>	Se refiere a la velocidad con la que sale el cilindro, y que es controlado por la cantidad de grados que gira el motor acoplado a la válvula reguladora de caudal (presión).

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### Salchicha y Chorizo

**Tabla 17-2 Salidas del controlador Fuzzy producto salchicha y chorizo.**

		DISTANCIA					
		Inicial	Muy Corta	Corta	Media	Grande	Final
PRESION	p0	V1	V1	V4	V2	V4	V1
	p1	V1	V1	V4	V2	V3	V1
	p2	V1	V1	V4	V2	V2	V1
	p3	V1	V1	V4	V2	V1	V1
	p4	V1	V1	V4	V2	V1	V1

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### Mortadela y Otros

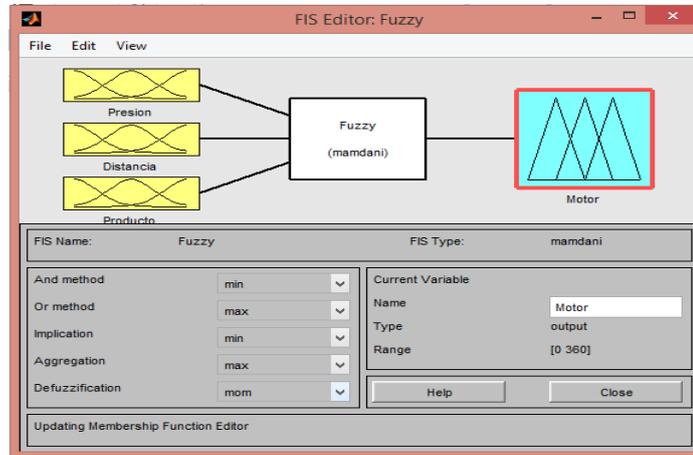
**Tabla 18-2 Salidas del controlador Fuzzy producto mortadela y otros**

		DISTANCIA					
		Inicial	Muy Corta	Corta	Media	Grande	Final
PRESION	p0	V1	V1	V4	V3	V4	V1
	p1	V1	V1	V4	V3	V4	V1
	p2	V1	V1	V4	V3	V4	V1
	p3	V1	V1	V4	V3	V3	V1
	p4	V1	V1	V4	V3	V2	V1

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Se modela el controlador Fuzzy agregando las variables de entrada y salida correspondientes de al sistema antes ya mencionado.



**Figura 57-2** Diseño del controlador difuso Mamdani

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Para definir un conjunto difuso, se utiliza cualquier función de membresía, sin embargo, existen funciones que son más utilizadas debido a su simplicidad matemática, entre ellas podemos mencionar las funciones de tipo triangular, trapezoidal y gaussiana, entre otras. A continuación la función de membresía para cada variable de entrada y salida:

### **Presión**

Para definir la presión se toma como rango los niveles máximo y mínimo del sensor de 2.5MPa, lo que nos da igual a 25 BAR como valor máximo y 0 BAR como mínimo. También se establece cuatro valores de presión tomados al realizar pruebas de embutición.

**Tabla 19-2** Valores de presión para el controlador Fuzzy

Presión (BAR)		
Nombre	Tipo	Parámetros
$P_0$	Triangular	[21.1 23 25]
$P_1$	Triangular	[19.1 20 21]
$P_2$	Triangular	[18.1 18.5 19]
$P_3$	Triangular	[15.1 16.8 18]
$P_4$	Triangular	[0 16.8 15]

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

## *Distancia*

La distancia se guía en los datos recogidos por el sensor ultrasónico, tomando rangos predefinidos de 0 a 63 cm máximos de carrera del pistón. También para resolver el problema de acumulación de aire en la envoltura, ya que es imperativo al inicio de la marcha del pistón esta vaya despacio, y así evitar este problema. Además es importante conocer cuando ha llegado a la distancia final para apagar la la bobina de avance de la electroválvula.

**Tabla 20-2 Valores de distancia para el controlador Fuzzy**

<b>Distancia (cm)</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>	<b>Parámetros</b>
Inicial	Triangular	[0 2.5 5]
Muy Corta	Triangular	[5.1 10 15]
Corta	Triangular	[15.1 20 25]
Media	Triangular	[25.1 35 45]
Grande	Triangular	[45.1 53 60]
Final	Triangular	[60.1 62 63]

**Fuente:** CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

**Realizado por:** CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

## *Producto*

La selección del producto es un aspecto muy importante, debido a volumen y dimensión de la envoltura de cada embutido, la presión y por ende la velocidad que necesita el pistón para empujar la carne, es así que se ha seleccionado los embutidos que más se elaboran en el laboratorio, estos son: salchicha, chorizo, mortadela y otros.

**Tabla 21-2 Valores de tipo de producto para el controlador Fuzzy**

<b>Producto</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>	<b>Parámetros</b>
Salchicha	Triangular	[18.1 18.5 19]
Chorizo	Triangular	[18.1 18.5 19]
Mortadela	Triangular	[15.1 16.8 18]
Otros	Triangular	[15.1 16.8 18]

**Fuente:** CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

**Realizado por:** CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Como se puede notar la salchicha y chorizo tienen los mismos intervalos, al igual que la mortadela y otros; por lo que se unifica en dos funciones de membresías.

### *Motor*

Para la variable de salida se toma como rango de 0 a 360 grados, que es la cantidad de grados que gira el motor y corresponde a 1.8 grados por cada paso del motor paso a paso.

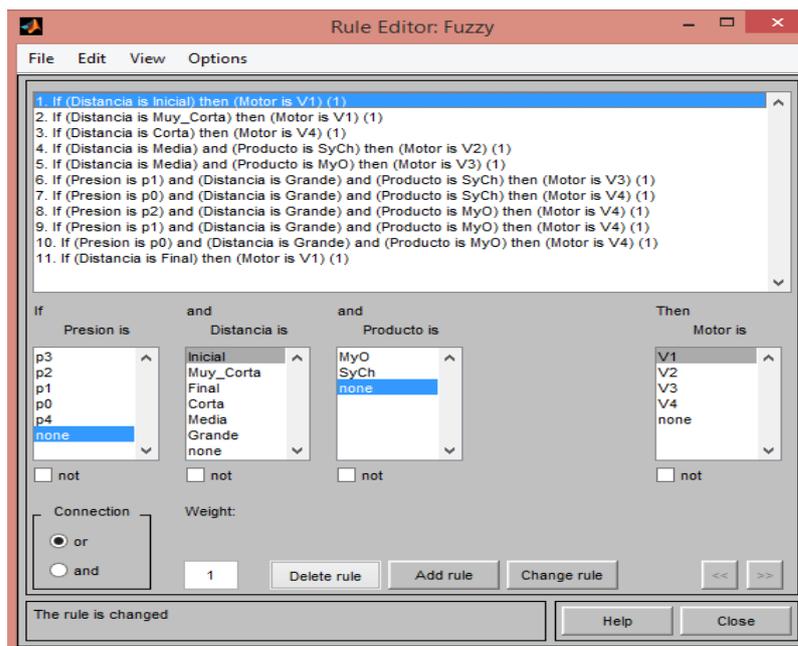
**Tabla 22-2 Valores de la salida motor para el controlador Fuzzy**

Motor (grados)		
Nombre	Tipo	Parámetros
$V_1$	Gaussmf	[10 27]
$V_2$	Gaussmf	[10 46]
$V_3$	Gaussmf	[10 90]
$V_4$	Gaussmf	[10 355]

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

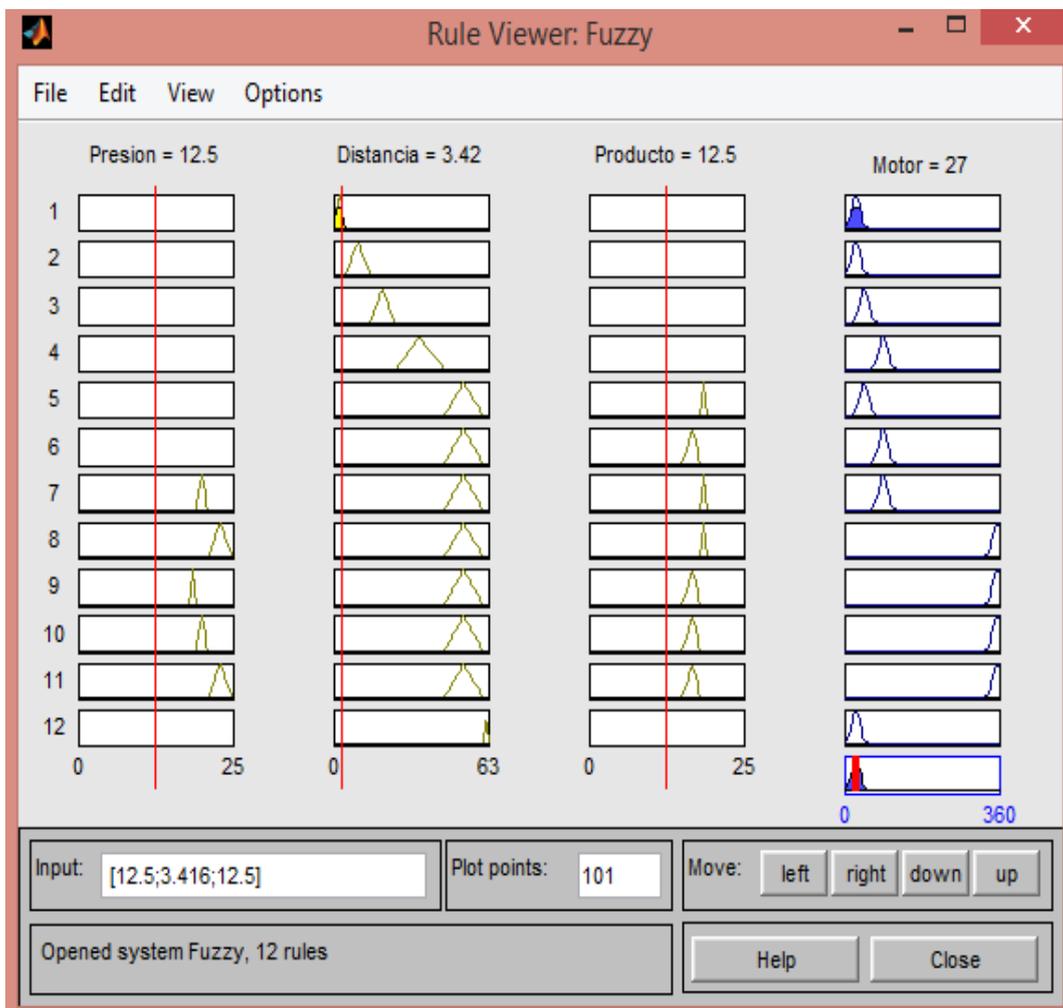
Finalmente se establecen las reglas de inferencia para cumplir las condiciones que se plantearon.



**Figura 58-2 Conjunto de reglas**

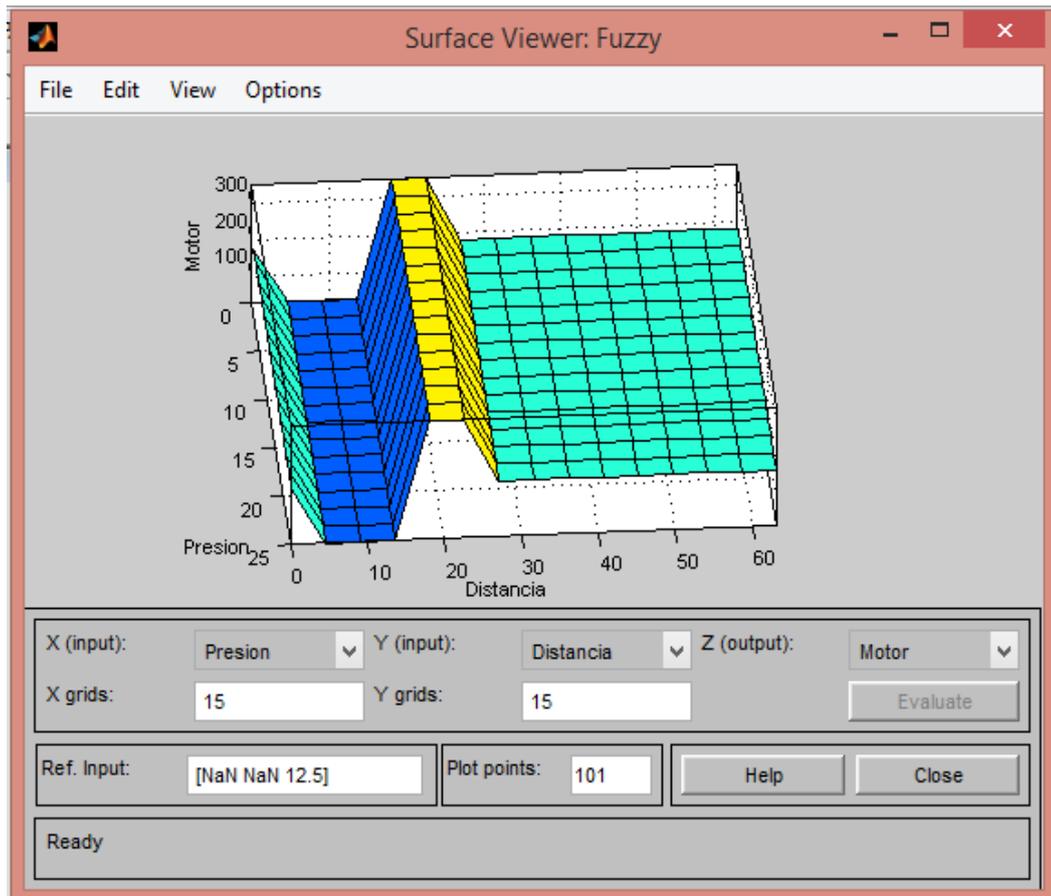
Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

El método de defuzzificación que se utiliza en este caso es el de tipo MOM (Media de los máximos), es decir; la salida es el valor medio de los valores cuyas funciones de membresía alcanzan el valor máximo, estos se ven más claramente en una herramienta muy interesante del toolbox de Fuzzy, es el Ruler Viewer, el mismo que permite visualizar todas las reglas de control ante una determinada combinación de las variables de las variables de entrada, y así ver la salida defuzzificada como se muestra en la figura.



**Figura 59-2 Salida del controlador Fuzzy en función a las reglas**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

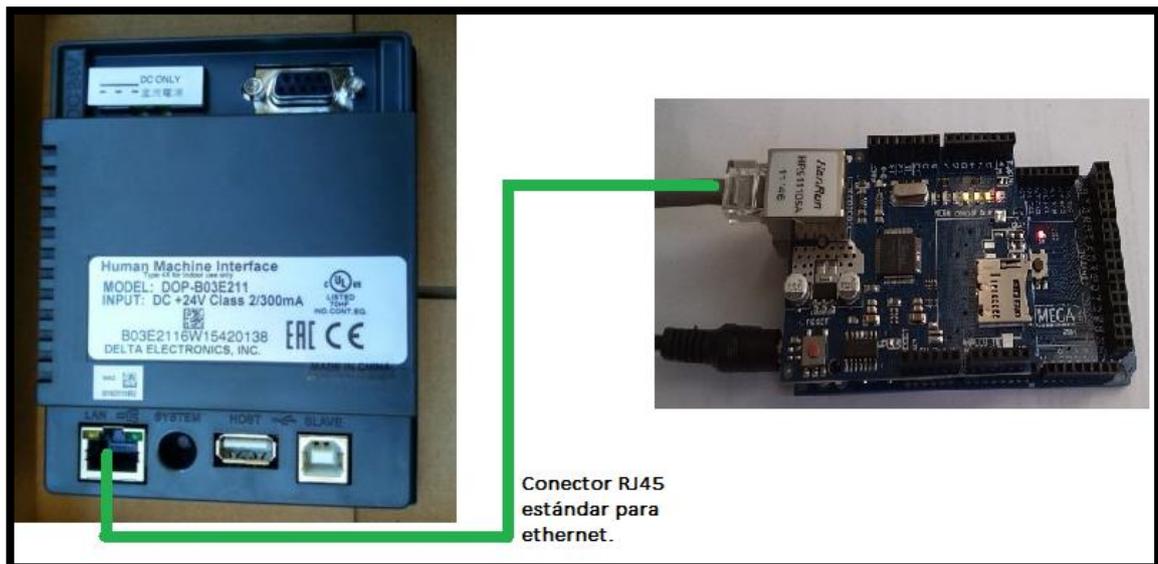


**Figura 60-2 Salida del controlador Fuzzy en función de las variables de entrada**  
Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

## 2.17 HMI

### 2.17.1 Conexión Arduino a HMI

El controlador Arduino Mega 2560 se conecta con la pantalla HMI mediante el cable de red RS-232, conectado a la Ethernet shield W5100 acoplado al Arduino la cual usa la dirección IP asignada al controlador, y se comunica mediante el uso del protocolo Modbus TCP/IP; dicha conexión se muestra en la figura 61-2.



**Figura 61-2 Conexión HMI Delta a Arduino**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Para la detección y programación de la pantalla HMI Delta DOP-B03E211 se utilizan las librerías propias de Arduino que son:

- #include "Mudbus.h" //librería Modbus
- #include <SPI.h> //librería conexión
- #include <Ethernet.h> //librería shield Ethernet

Para la programación de Arduino con la librería Modbus se considera lo siguiente:

- Incluir las librerías SPI.h, Ethernet.h y Modbus.h
- Crear el objeto Modbus **nombre** ;(sugerido Mb).
- En la rutina void loop ( ), colocar la función con el nombre creado, por ejemplo Mb. Run ( ) para mantener la comunicación Modbus activa.
- En la rutina void setup ( ), colocar los datos Ethernet mínimos necesarios para la comunicación (MAC e IP) e inicializar la comunicación Ethernet.
- Los registros numéricos (Holding Register) se guardan en las variables Mb.R[x], en donde x= números de registro (0 -125).
- Los estados lógicos (Coils) se guardan en las variables Mb.C[x], en donde x=número de bobina (0-128).

Debido a que la comunicación Modbus utiliza dos tipos de variables se representan a los datos del Arduino de la siguiente manera:

- Mb.R[x]: Valores analógicos.
- Mb.C[x]: Valores digitales.

El rango “x” varía al direccionar estas variables en nuestra pantalla HMI Delta ya que esta solo acepta valores hexadecimales por lo que se crea una tabla con sus correspondientes valores.

**Tabla 23-2 Direcciones Modbus**

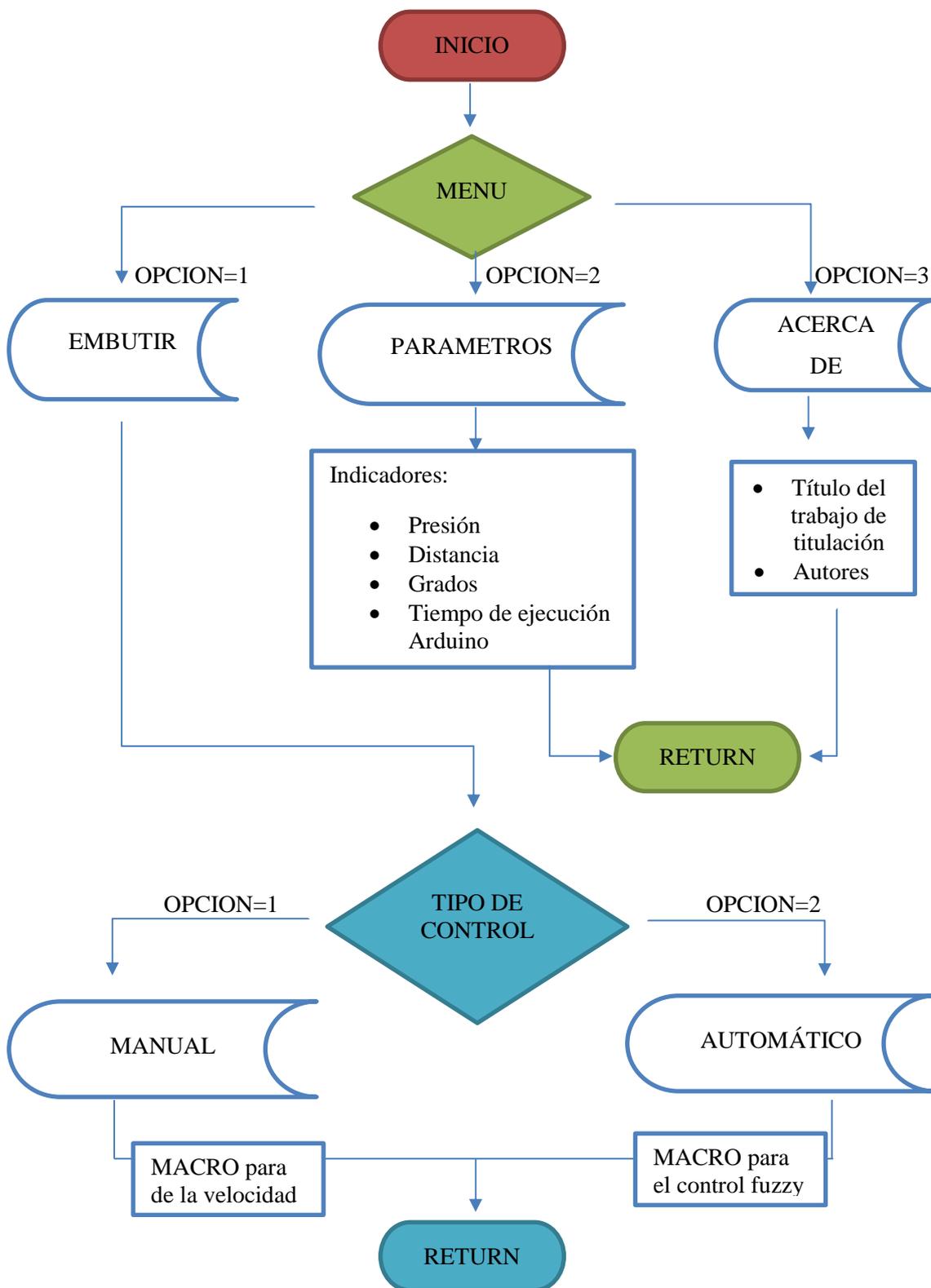
<b>DIRECCIONES MODBUS</b>				
<b>FUNCION</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ARDUINO</b>	<b>MODO</b>	<b>HMI DELTA</b>
<b>ELECTRO VALVULA</b>	AVANCE	Mb.C[1]	MANUAL/AUTOMÁTICO	{EtherLink1}1@RW B-1
	RETROCESO	Mb.C[2]	MANUAL/AUTOMÁTICO	{EtherLink1}1@RW B-2
	PARO	Mb.C[3]	MANUAL/AUTOMÁTICO	{EtherLink1}1@RW -3
	LUZ_AVANCE_HMI	Mb.C[4]	MANUAL	{EtherLink1}1@RW -4
	INICIO	Mb.C[5]	AUTOMÁTICO	{EtherLink1}1@RW -5
<b>MOTOR</b>	INDICADOR GRADOS	Mb.R[8]	MANUAL/AUTOMÁTICO	{EtherLink1}1@RW -8
	GRADOS	Mb.R[9]	MANUAL/AUTOMÁTICO	{EtherLink1}1@RW -9
<b>SENSORES</b>	ULTRASÓNICO	Mb.R[10]	MANUAL/AUTOMÁTICO	{EtherLink1}1@RW -A
	PRESIÓN	Mb.R[11]	MANUAL/AUTOMÁTICO	{EtherLink1}1@RW -B

**Fuente:** CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

**Realizado por:** CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

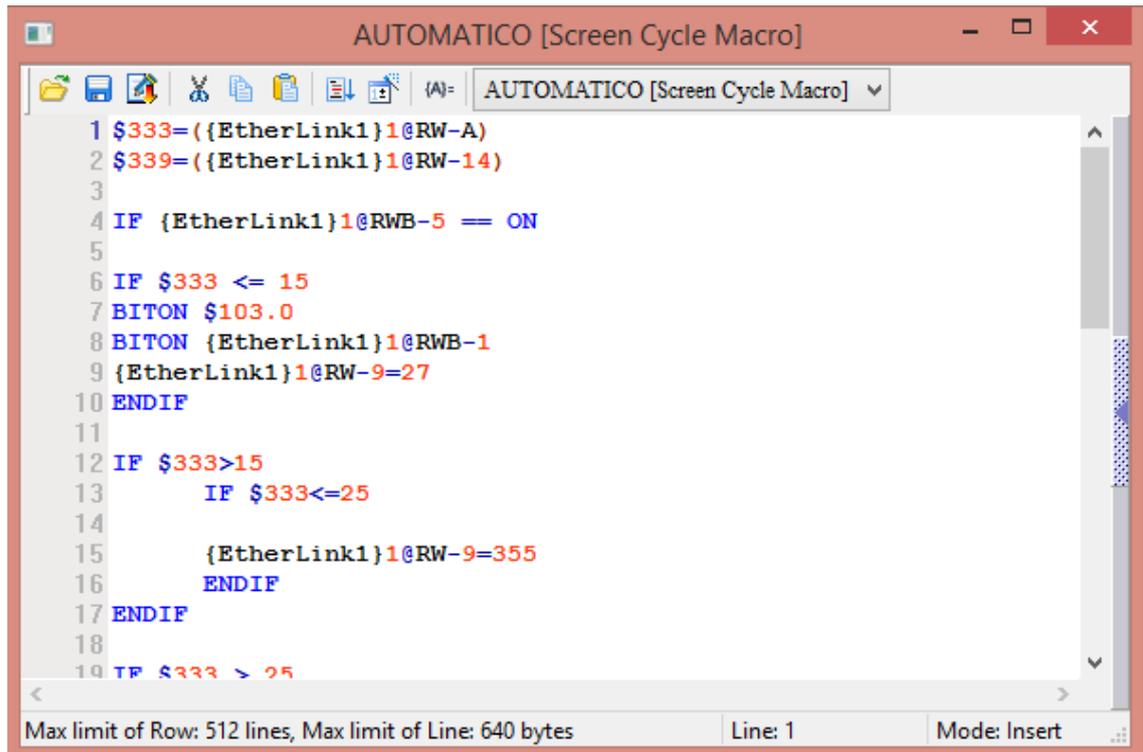
### **2.17.2 Implementación del HMI**

Para la implementación del HMI se realiza de forma sencilla y fácil de manejar para navegar entre las distintas pantallas, el cual cuenta con una ventana principal con una caratula con la fecha y hora actual; del cual se puede acceder al menú de operaciones que a continuación se detallaran.



**Figura 62-2**Diagrama de flujo HMI  
 Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Para el implementar el control Fuzzy se utiliza los Macros de cada pantalla en el HMI. De manera específica el Screen Cycle Macro, en el cual se programa las reglas que cumple el controlador Fuzzy. En el Anexo 1 Manual del HMI se detalla más acerca de la creación y manipulación de Macros.



```
1 $333=({EtherLink1}1@RW-A)
2 $339=({EtherLink1}1@RW-14)
3
4 IF {EtherLink1}1@RWB-5 == ON
5
6 IF $333 <= 15
7 BITON $103.0
8 BITON {EtherLink1}1@RWB-1
9 {EtherLink1}1@RW-9=27
10 ENDIF
11
12 IF $333>15
13     IF $333<=25
14
15         {EtherLink1}1@RW-9=355
16         ENDIF
17 ENDIF
18
19 IF $333 > 25
```

Max limit of Row: 512 lines, Max limit of Line: 640 bytes | Line: 1 | Mode: Insert

**Figura 63-2 Macro HMI**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### 2.17.2.1 Pantalla de Inicio y Menú Principal

En esta pantalla se muestra la carátula del dispositivo, fecha, hora y el ingreso al proceso tal como se detalla en la figura 64-2.

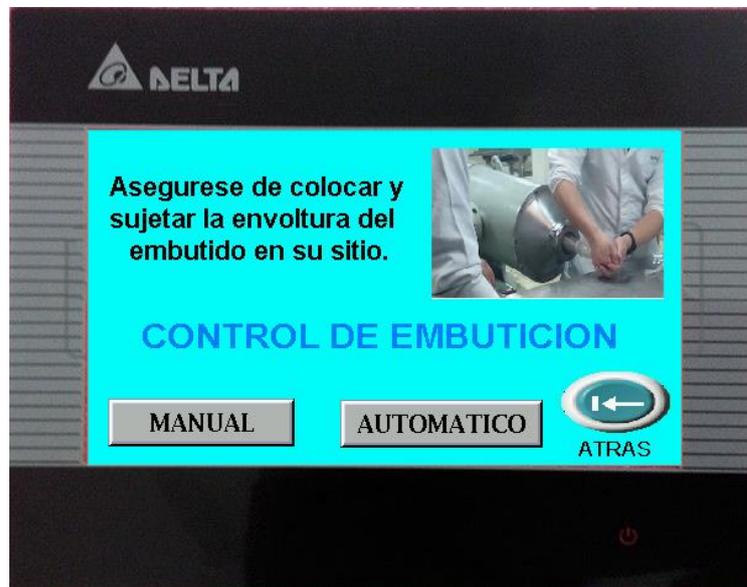


**Figura 64-2 Pantalla de inicio y menú principal del HMI**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

En la figura 64-2 se muestra la ventana de menú principal, la cual permite acceder a las demás ventanas para la embutición del proceso, parámetros y acerca de.

#### 2.17.2.2 Embutir



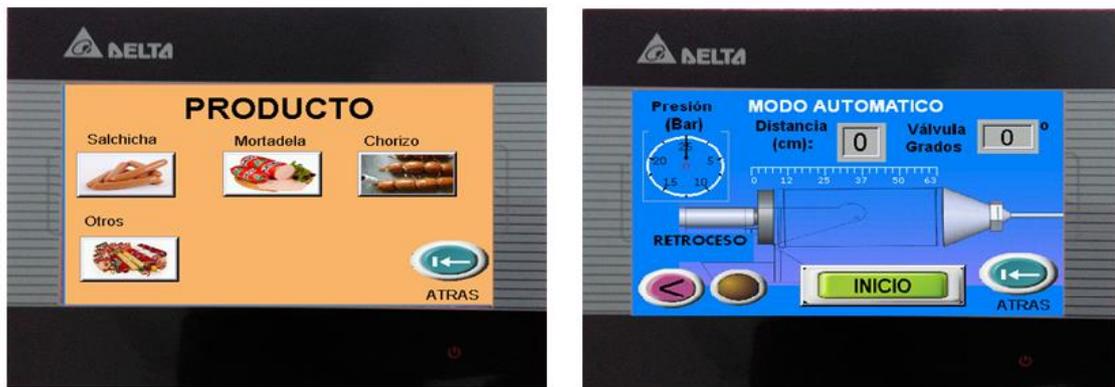
**Figura 65-2 Pantalla de EMBUTICION**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

En la figura 65-2 se muestra la ventana del control de embutición, en esta ventana se puede apreciar un mensaje de precaución al colocar la envoltura, además se selecciona el modo de control ya sea manual o automático.

### 2.17.2.3 Modo Automático

En la figura 66-2 se selecciona el tipo de embutido que se va elaborar, seguidamente se despliega la pantalla del lado derecho donde se muestra una gráfica de la posición del cilindro, la presión, el número de grados que ha girado el motor, el botón de INICIO para comenzar el proceso y el botón de RETROCESO para regresar el pistón una vez terminado de embutir.



**Figura 66-2** Pantalla de gráfica para escoger tipo de embutido HMI

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### 2.17.2.4 Modo Manual y lectura de parámetros

En la figura 67-2 se muestra la ventana del control manual de embutición, en esta ventana se puede apreciar dos botones de control de avance (marcha y paro). Así como también la gráfica de la posición del cilindro, un control para la velocidad de avance y el botón de RETROCESO.



**Figura 67-2** Pantalla de Modo Manual y lectura de parámetros del HMI

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

En la figura 67-2 al costado derecho se muestra la ventana de lectura de los parámetros que están involucrados en el proceso, los cuales no pueden ser modificados por los usuarios solo leídos.

#### 2.17.2.5 Acerca de

En la figura 68-2 se visualiza los autores de la automatización.



**Figura 68-2 Pantalla Acerca de**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Cada una de las pantallas mostradas anteriormente se diseña mediante el programa interno en la pantalla expuesto en el Anexo 1.

## CAPITULO III

### 3 MARCO DE RESULTADOS

#### Resultado del análisis de variables de le etapa de embutición

**Tabla 1-3 Análisis de variables de la embutidora**

Variables de Proceso	Fórmula	Valor
<b>Velocidad de salida de carrera</b>	$v = \frac{x}{t}$	$3,70 \frac{cm}{s}$
<b>Caudal</b>	$Q = A.V$	$155,93 \frac{cm^3}{s}$
<b>Presión del Sistema</b>	$[KW] = \frac{Q \left[ \frac{lt}{min} \right] * P[BAR]}{612 \eta}$	100 BAR
<b>Densidad de Aceite Hidráulico</b>	$G = \frac{\rho_{sustancia}}{\rho_{H_2O}}$	$892 \frac{kg}{m^3}$
<b>Carrera de cilindro hidráulico</b>	Flexómetro	63 cm

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

#### Resultados del Diseño de los Sistemas:

**Tabla 2-3 Resultados de los diseños implementados**

DISEÑO DE SISTEMAS	RESULTADOS
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Soporte de hierro fundido en forma de una G</li> <li>- Caja de protectora para sensor ultrasónico</li> </ul>

<p style="text-align: center;"><b>Mecánicos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- T de acero de media pulgada para sensor de presión</li> <li>- Caja para el motor, válvula reguladora y sensor de presión</li> <li>- Acople de nylon para la válvula reguladora de caudal y motor paso a paso</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Electrónicos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensor ultrasónico HC-SR04</li> <li>- Sensor presión 2.5 MPa</li> <li>- Motor paso a paso Shinano Kenshi</li> <li>- Módulo relés de 4 canales</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Hidráulicos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Electroválvula direccional CETOP 03 de 4/3 vías de posición centro cerrada que trabaja presión de 100-210 BAR</li> <li>- Mangueras hidráulicas flexibles de 3/8'' de diámetro interior con una presión de 100-210 BAR y una presión de rotura de 462 BAR ò 6700 PSI.</li> <li>- Válvula de seguridad hidráulica de 102 a 210 BAR de funcionamiento y una presión máxima de 465 BAR.</li> <li>- Manómetro hidráulico de 0 a 500 BAR</li> <li>- Válvula reguladora de caudal (presión) de 0 a 10 lt/min con una presión máxima de 465 BAR.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Eléctricos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fusibles de 1,3 y 10 Amperios</li> <li>- Cable flexible #18 AWG</li> <li>- Cable flexible #16 AWG</li> </ul>

<b>Control</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arduino Mega 2560</li> <li>- Ethernet Shield W5100</li> <li>- HMI Delta</li> </ul>
----------------	---

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

**Resultados de la selección de elementos que componen la automatización con respecto a los productos a elaborar y los diseños de sistemas.**

### **3.1 Plataforma de Control.**

#### *3.1.1 Traducción de Requerimientos*

De acuerdo a los requerimientos determinados se realizó una traducción de tales a un lenguaje más conveniente desde el punto de vista de ingeniería, para satisfacer dichos requerimientos.

##### *3.1.1.1 Requerimientos Obligatorios*

- Seguridad
- Compatibilidad con el módulo electrónico (Motor a pasos)
- Compatibilidad con Sensor de Presión
- Compatibilidad con modulo electrónico (Sensor Ultrasónico)
- Software de Programación Libre

##### *3.1.1.2 Requerimientos Deseables*

- Facilidad de Programación

- Inversión a bajo costo
- Mantenimiento a bajo costo
- Sencilla Operación
- Buena imagen comercial

Seguidamente se desarrolló una tabla comparativa en el cual se pudo observar el grado de satisfacción a los requerimientos de las diferentes soluciones.

- **Solución 1:** Arduino
- **Solución 2:** PLC
- **Solución 3:** RaspBerry

**Tabla 3-3 Comparativa entre soluciones de acuerdo al cumplimiento de los requerimientos del dispositivo de control**

Requerimientos	Solución 1	Solución 2	Solución 3
Seguridad	✓	✓	✓
Facilidad de Programación	✓	✓	X
Inversión a bajo costo	✓	X	X
Mantenimiento a bajo costo	✓	X	✓
Compatibilidad con módulo electrónico (Motor a pasos)	✓	X	X
Compatibilidad con Sensor de Presión	✓	✓	✓
Compatibilidad con modulo electrónico (Sensor Ultrasónico)	✓	X	X
Software de Programación Libre	✓	X	✓
Sencilla Operación	X	✓	X
Buena imagen comercial	X	✓	✓

**Fuente:** CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

**Realizado por:** CHANCUSIG; Mario, BALSECA, Alvaro, 2016

Como se puede observar a partir de la tabla mostrada anteriormente se dispuso que la mejor opción era la solución 1, debido a que cumple con la mayoría de los requerimientos solicitados, con la excepción de dos puntos de orden deseable, por lo cual al desarrollar con esta solución fue la más óptima.

## 3.2 Control del Proceso Industrial

### 3.2.1 Traducción de requerimientos

De acuerdo a los requerimientos determinados se realizó una traducción de tales a un lenguaje más conveniente desde el punto de vista de ingeniería, para satisfacer dichos requerimientos.

#### 3.2.1.1 Requerimientos Obligatorios

- Seguridad
- Varias variables de entrada
- Respuesta veloz y precisa del Sistema
- Comportamientos no lineales, variación en proceso o entorno.
- Tolerancia al Ruido

#### 3.2.1.2 Requerimientos Deseables

- Facilidad de Programación
- Sencilla Operación
- No necesita Modelamiento matemático

A continuación se muestra una tabla comparativa en el que se pudo observar el grado de satisfacción a los requerimientos de las diferentes soluciones.

- **Solución 1:** Control Fuzzy
- **Solución 2:** Control PID
- **Solución 3:** Control ON-OFF

**Tabla 4-3 Comparativa entre soluciones de acuerdo al cumplimiento de los requerimientos del Controlador**

Requerimientos	Solución 1	Solución 2	Solución 3
Seguridad	✓	✓	X
Varias variables de entrada	✓	X	X
Respuesta veloz y precisa del Sistema.	✓	✓	✓
Comportamientos no lineales, variación en proceso o entorno	✓	✓	X
Tolerancia al Ruido	✓	X	X
Fácil de Programación	✓	X	✓
Sencilla Operación	✓	X	✓
No necesita Modelamiento Complejos	✓	X	✓

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Como podemos observar a partir de la tabla mostrada anteriormente se dispuso que la mejor opción era la solución 1, debido a que cumple en su totalidad con los requerimientos solicitados.

### 3.3 Interfaz de visualización

#### 3.3.1 Traducción de requerimientos

De acuerdo a los requerimientos determinados se realizó una traducción de tales a un lenguaje más conveniente desde el punto de vista de ingeniería, para satisfacer dichos requerimientos.

##### 3.3.1.1 Requerimientos Obligatorios

- Seguridad de datos
- Variables de entrada y salida
- Software de programación libre

- Monitorización y el control eficiente en tiempo real

### 3.3.1.2 Requerimientos Deseables

- Entorno amigable de programación
- Sencilla Operación
- Soporte Touch
- Inversión a bajo costo
- Mantenimiento a bajo costo
- Simplicidad en cableado e instalación.

A continuación se desarrolló una tabla comparativa en el cual se pudo observar el grado de satisfacción a los requerimientos de las diferentes soluciones.

- **Solución 1: SCADA**
- **Solución 2: HMI**

**Tabla 5-3 Comparativa entre soluciones de acuerdo al cumplimiento de los requerimientos del Interface de Visualización**

Requerimientos	Solución 1	Solución 2
Seguridad de datos	✓	✓
VARIABLES de entrada y salida.	✓	✓
Software de programación libre (DELTA)	X	✓
Monitorización y el control eficiente en tiempo real	✓	✓
Entorno amigable de programación	✓	✓
Sencilla Operación	✓	✓
Inversión a bajo costo	✓	X
Facilidad de Mantenimiento	X	✓
Simplicidad en cableado e instalación.	✓	✓

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Como podemos observar a partir de la tabla mostrada anteriormente se dispuso que la mejor opción fue la solución 2, debido a que cumple en su totalidad con los requerimientos solicitados.

## Resultados de la implementación del Sistema de Control

### 3.3.2 Controlador de Motor Paso a Paso

Para la verificación del sistema válvula reguladora de caudal-motor se realizó una carrera del pistón desde la posición inicial a la final antes y después de la automatización con la cual se comprobó que los resultados de la simulación son favorables, presentado un sistema estable en su velocidad.

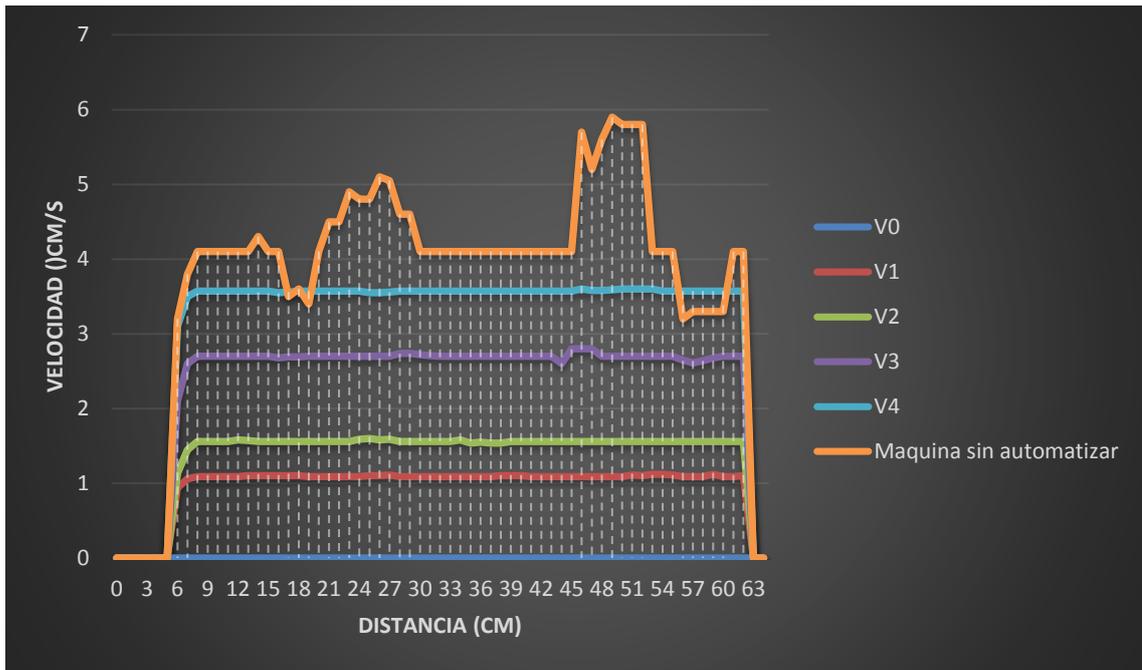
Estos datos se obtuvieron con la ayuda del sensor ultrasónico, y la válvula reguladora de presión acoplada al motor esta fue cerrada por completo, además se realizó estas pruebas experimentales sin carga.

**Tabla 6-3 Velocidad y grados de apertura Motor paso a paso**

Velocidad	Motor (grados)
$V_0$	1
$V_1$	27
$V_2$	46
$V_3$	90
$V_4$	355

**Fuente:** CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

**Realizado por:** CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016



**Gráfico 1-3 Velocidad vs Distancia del proceso de embutición**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Elaborado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA Alvaro, 2016

Como se puede visualizar en el grafico, el punto de partida de la distancia es de 5 cm, esto debido a que la caja del sensor ultrasónico se encuentra atrás del pistón y por ende se adiciona esa distancia, es decir; comienza a tomar ese valor por defecto. También se pudo observar que la velocidad antes de la automatización era muy inestable, demasiado rápida. Una vez adicionado el control con la válvula reguladora esta se estabilizó muy bien, además puede ser controlada y monitoreada.

A continuación una tabla con las velocidades promedio y el rango de presión.

**Tabla 7-3 Comparación de presión, velocidad lineal del cilindro y grados de apertura del motor paso a paso**

Velocidad	Motor (grados)	Velocidad (cm/s)	Presión (bar)
$V_0$	1	0	mayor a 21
$V_1$	27	1,09	19 -21
$V_2$	46	1,56	18 -19
$V_3$	90	2,7	15 -18
$V_4$	355	3,57	menor a 15

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Como se puede observar en la tabla 7-3 en la velocidad  $V_0$  la válvula gira “1” grado y la misma no es suficiente para abrir totalmente y por tal motivo sigue en la posición inicial, es decir cerrada; como consecuencia el pistón no saldrá aunque la bobina de la electroválvula de avance esté activada.

### 3.3.7 Sistema de Control

El control Difuso fue implementado en la plataforma Arduino, enviará datos al módulo del motor paso a paso para que realice el proceso de abrir o cerrar la válvula a los grados ya establecidos, el mismo dependerá enérgicamente a la variabilidad de la presión, es decir que cuando haya un aumento de la misma al momento de embutir, este está diseñado con una constante de proporcionalidad de presión y fuerza hidráulica que de igual forma está relacionada al caudal y velocidad lineal del cilindro hidráulico por medio de cálculos y fórmulas ya establecidas en la programación.

De esta forma aumentará la fuerza que es proporcional a la presión si así lo creyere conveniente cuando exista una sobrecarga en el cilindro.

Cabe recalcar también, como solución a la inserción de aire a la tripa orgánica o superficial al momento de embutir, se realizó una variación de velocidad lineal del cilindro, el mismo que comienza a una velocidad inicial ( $V_0$ ) hasta una distancia determinada y finaliza a una velocidad final ( $V_4$ ) hasta otra distancia establecida.

**Tabla 8-3 Comparación de presión, datos de Arduino, velocidad lineal del cilindro y grados de apertura del motor paso a paso en el Control Fuzzy**

Datos Arduino	FUZZY Presión (bar)	FUZZY Motor (grados)	FUZZY Velocidad Lineal del cilindro (cm/s)	
870-1023	21-25	Cerrado(0°)	V0	0
810-869	19-21	Abierto(27°)	V1	1,09
868-750	18-19	Abierto(46°)	V2	1,56
749-630	15-18	Abierto(90°)	V3	2,7
<630	<15	Abierto(355°)	V4	3,57

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Tras realizar varias pruebas experimentales obtuvimos los siguientes datos.

### 3.3.7.1 *Producto: Salchicha y Chorizo*

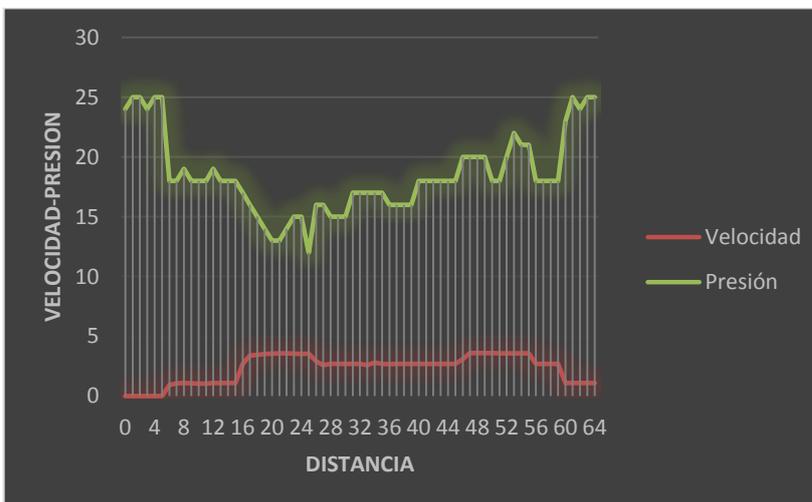


**Gráfico 2-3 Velocidad vs Distancia del proceso de embutición para salchicha**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Elaborado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### 3.3.7.2 *Producto: Mortadela y Otros*



**Gráfico 3-3 Velocidad vs Distancia del proceso de embutición para mortadela**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

## Resultados de antes y después de la Automatización

### Frecuencias y tabulación antes de la automatización

#### 3.3.7.3 Según la pregunta No.1 de la encuesta

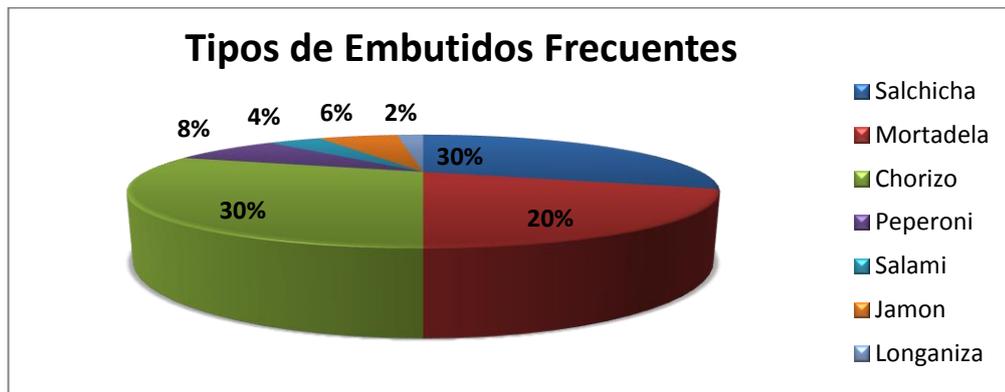
- a) Al momento de utilizar la embutidora en una práctica en el laboratorio de cárnicos.  
¿Qué tipo de embutidos usted frecuentemente elabora?

**Tabla 9-3 Frecuencia absoluta y relativa de tipos de embutido**

EMBUTIDO	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA
Salchicha	37	30%
Mortadela	24	20%
Chorizo	37	30%
Peperoni	10	8%
Salami	5	4%
Jamón	7	6%
Longaniza	3	2%
<b>TOTAL</b>	<b>123</b>	<b>100%</b>

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016



**Gráfico 4-3 Tipos de embutidos frecuentes**

Fuente: Encuesta realizada a los estudiantes y maestros en el Laboratorio de Cárnicos el 6 de Octubre de 2015

Elaborado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### Descripción e Interpretación:

Al analizar el gráfico 4-3. Se tiene que el 30% de los encuestados, respondieron que el embutido que más frecuentan al realizar una práctica es la salchicha y de igual forma con el mismo 30% se encuentra el chorizo, mientras que un 20% que son 24 estudiantes respondieron que es la mortadela el embutido más frecuente, finalmente se tiene un 20% de los estudiantes dijeron que lo más frecuente a realizar la práctica son el salami, peperoni, jamón y longaniza el cual como es un porcentaje bajo, se interpretó para el estudio como embutidos varios u “Otros”.

#### 3.3.7.4 Según la pregunta No.2 de la encuesta

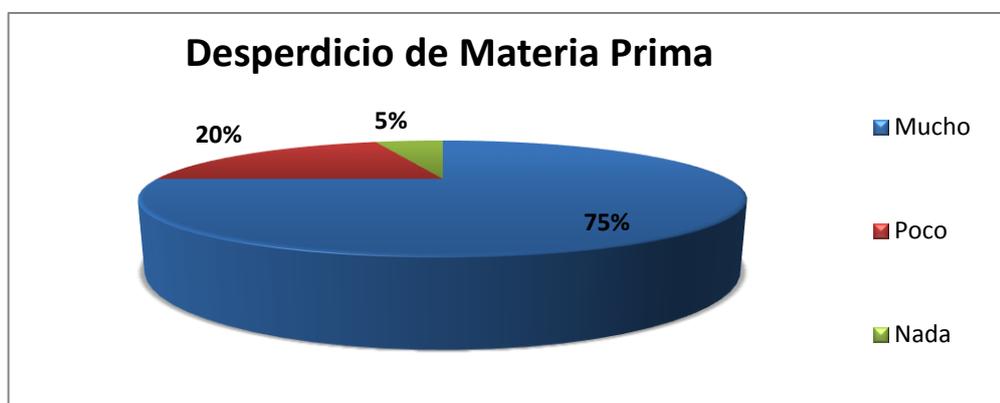
- b) Una vez terminado el proceso de embutición ¿Qué cantidad de desperdicio en materia prima existe?

**Tabla 10-3 Frecuencia absoluta y relativa de cantidad de desperdicio de materia prima**

<b>DESPERDICIO</b>	<b>FRECUENCIA ABSOLUTA</b>	<b>FRECUENCIA RELATIVA</b>
Mucho (15%)	92	75%
Poco (5%)	25	20%
Nada (0%)	6	5%
<b>TOTAL</b>	<b>123</b>	<b>100%</b>

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016



**Gráfico 5-3 Desperdicio de materia prima**

Fuente: Encuesta realizada a los estudiantes y maestros en el Laboratorio de Cárnicos el 6 de Octubre de 2015

Elaborado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### Descripción e interpretación:

Según el gráfico 5-3. Se tiene un 75% que es correspondiente a 92 estudiantes, los que respondieron que existe mucho desperdicio después de realizar alguna práctica en el laboratorio, es decir; un 15% del total de la materia prima ha embutir. De igual manera un 20% de los encuestados interpretó que existe solo un poco de desperdicio al momento de embutir, mientras que un 5% de alumnos respondió que no existe desperdicio de materia prima.

#### 3.3.7.5 Según la pregunta No.3 de la encuesta

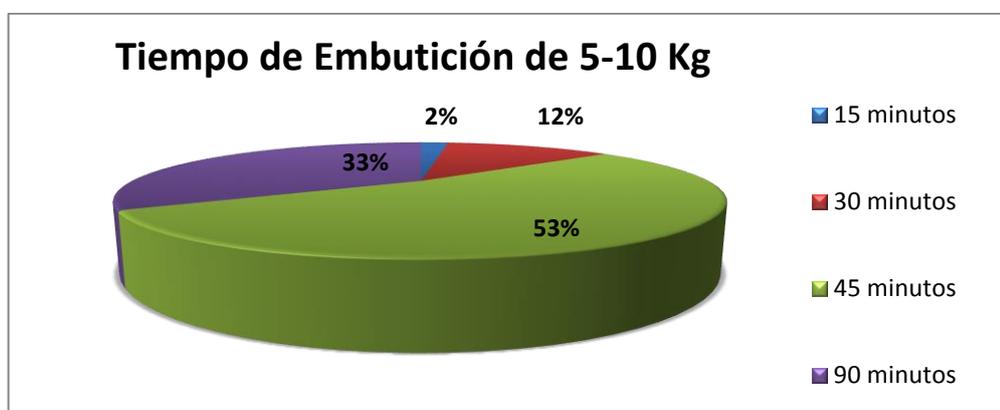
- c) Con respecto al tipo de embutido más frecuente ¿Qué tiempo suele demorarse al embutir de 5 a 10 kg de materia prima?

**Tabla 11-3 Frecuencia absoluta y relativa del tiempo de embutición de 5-10 Kg de materia prima**

TIEMPO (min)	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA
15	3	2%
30	15	12%
45	65	53%
90	40	33%
<b>TOTAL</b>	<b>123</b>	<b>100%</b>

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016



**Gráfico 6-3 Tiempo de embutición de 5-10 Kg de materia prima antes.**

Fuente: Encuesta realizada a los estudiantes y maestros en el Laboratorio de Cárnicos el 6 de Octubre de 2015

Elaborado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

### **Descripción e interpretación:**

En el gráfico 6-3. Se puede observar que el 53 % correspondiente a 65 estudiantes respondieron que en una práctica normal tiene una duración 45 minutos equivalente, de igual forma el 33 % de alumnos respondieron que al embutir algún producto lo hacen en una tiempo de 90 minutos es decir 1 hora con 30 minutos, mientras que el resto respondió en un total del 14% respondieron que está entre los 15 y 30 minutos.

### **3.3.8 Frecuencias y tabulación después de la automatización**

#### **3.3.8.1 Según cada pregunta No.1 de la encuesta**

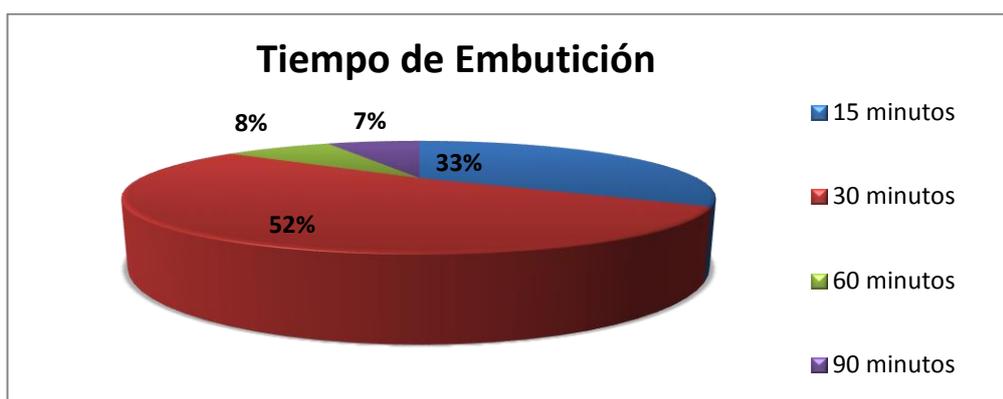
- a) **Con respecto al tipo de embutido más frecuente ¿Qué tiempo suele demorarse al embutir de 5 a 10 kg de materia prima?**

**Tabla 12-3 Frecuencia absoluta y relativa del tiempo de embutición de 5-10 Kg de materia prima**

<b>TIEMPO (min)</b>	<b>FRECUENCIA ABSOLUTA</b>	<b>FRECUENCIA RELATIVA</b>
15	40	33%
30	65	52%
45	10	8%
90	8	7%
<b>TOTAL</b>	<b>123</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

**Realizado por:** CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016



**Gráfico 7-3 Tiempo de embutición de 5-10 Kg de materia prima**

**Fuente:** Encuesta realizada a los estudiantes y maestros en el Laboratorio de Cárnicos el 3 de Octubre de 2016  
**Elaborado por:** CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

#### **Descripción e interpretación:**

Al analizar el gráfico 7-3. Se puede observar que el 52 % correspondiente a 65 estudiantes, respondieron que en una práctica normal tiene una duración 30 minutos equivalente, lo que quiere decir que se bajó el tiempo en un 33,33% después de la automatización, de igual forma un 33 % respondieron que el tiempo de embutición ahora es 15 minutos, mientras que el resto respondió con un total del 15% respondieron que está entre los 60 y 90 minutos.

#### 3.3.8.2 Según cada pregunta No.2 de la encuesta

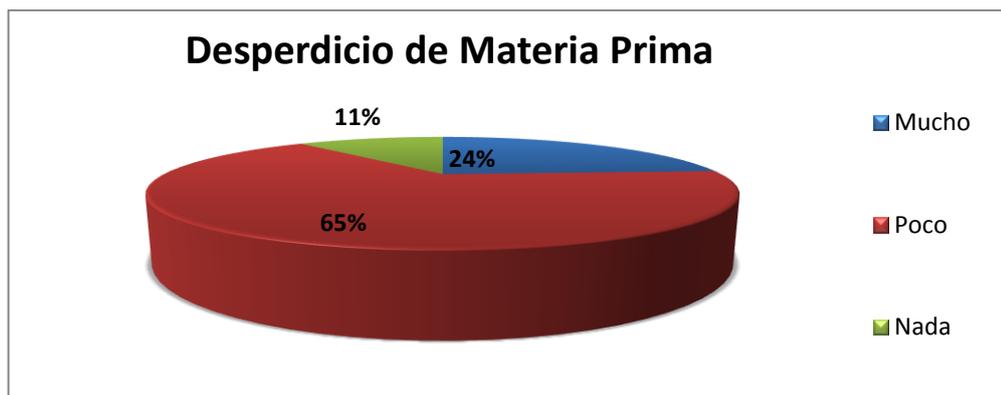
- b) **Una vez terminado el proceso de embutición ¿Qué cantidad de desperdicio en materia prima existe?**

**Tabla 13-3 Frecuencia absoluta y relativa de la cantidad de desperdicio de materia prima**

<b>DESPERDICIO</b>	<b>FRECUENCIA ABSOLUTA</b>	<b>FRECUENCIA RELATIVA</b>
Mucho (15%)	30	24%
Poco (5%)	80	65%
Nada (0%)	13	11%
<b>TOTAL</b>	<b>123</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

**Realizado por:** CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016



**Gráfico 8-3 Desperdicio de materia prima**

Fuente: Encuesta realizada a los estudiantes y maestros en el Laboratorio de Cárnicos el 3 de Octubre de 2016

Elaborado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

#### Descripción e interpretación:

Analizando el gráfico 8-3. El 65% de los encuestados respondieron que después de haber realizado prácticas en el laboratorio disminuyó notablemente el, es decir se redujo en un 10 % el desperdicio de la materia prima.

#### 3.3.8.3 Según cada pregunta No.3 de la encuesta

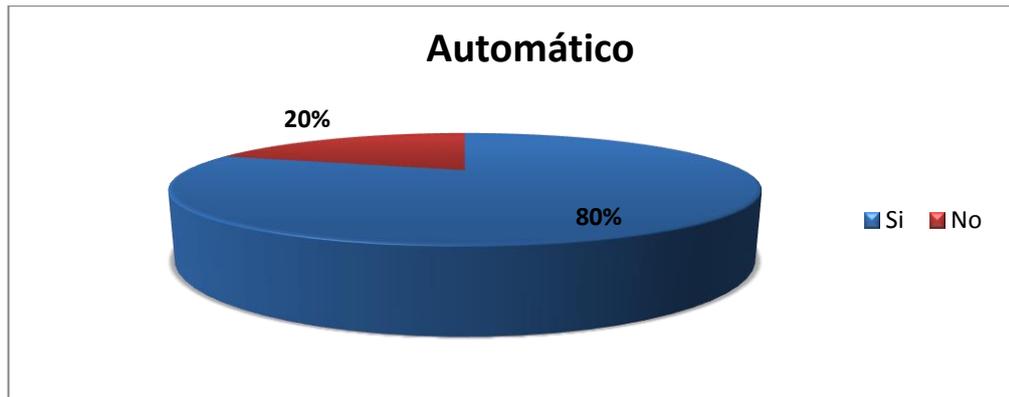
- c) ¿Usted cree que se mejoró el proceso de embutición y facilitó su manejo eliminando la parte manual y cambiándola a la automática?

**Tabla 14-3 Frecuencia absoluta y relativa de mejoramiento del proceso de embutición**

INDICADOR	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA
Si	98	80%
No	25	20%
<b>TOTAL</b>	<b>123</b>	<b>100%</b>

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro.

Realizado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016



**Gráfico 9-3 Mejoramiento de proceso de embutición con el sistema automático**

**Fuente:** Encuesta realizada a los estudiantes y maestros en el Laboratorio de Cárnicos el 3 de Octubre de 2016

**Elaborado por:** CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

#### **Descripción e interpretación:**

Como podemos observar el gráfico 9-3. Una vez realizada la automatización de la máquina, 98 de los 123 estudiantes respondieron favorablemente con un 80% de aceptación, y que si se mejor el proceso de embutición y facilitó la operación del mismo.

#### *3.3.8.4 Según cada pregunta No.4 de la encuesta*

#### **d) Ya automatizada la Embutidora ¿Cuál cree que es el mayor beneficio tanto para estudiantes como docentes?**

En la contestación de esta pregunta encuestada, fueron varias las respuestas acorde a cada uno de los estudiantes, el cual se analizó varias de ellas con un significado semejante y se obtuvo lo siguiente: Como beneficio mutuo tanto para estudiantes como maestros es la fácil manejo de la máquina, es decir que se disminuyó la mano de obra, ya que antes de la automatización se necesitaba 2, 3,4 o hasta 5 personas para la operación de la misma.

Se optimizó recurso de materia prima y de tiempo, por lo que ahora si es factible tener una práctica y poder terminarla.

### 3.3.9 Resultados de Funcionamiento de la Maquinaria

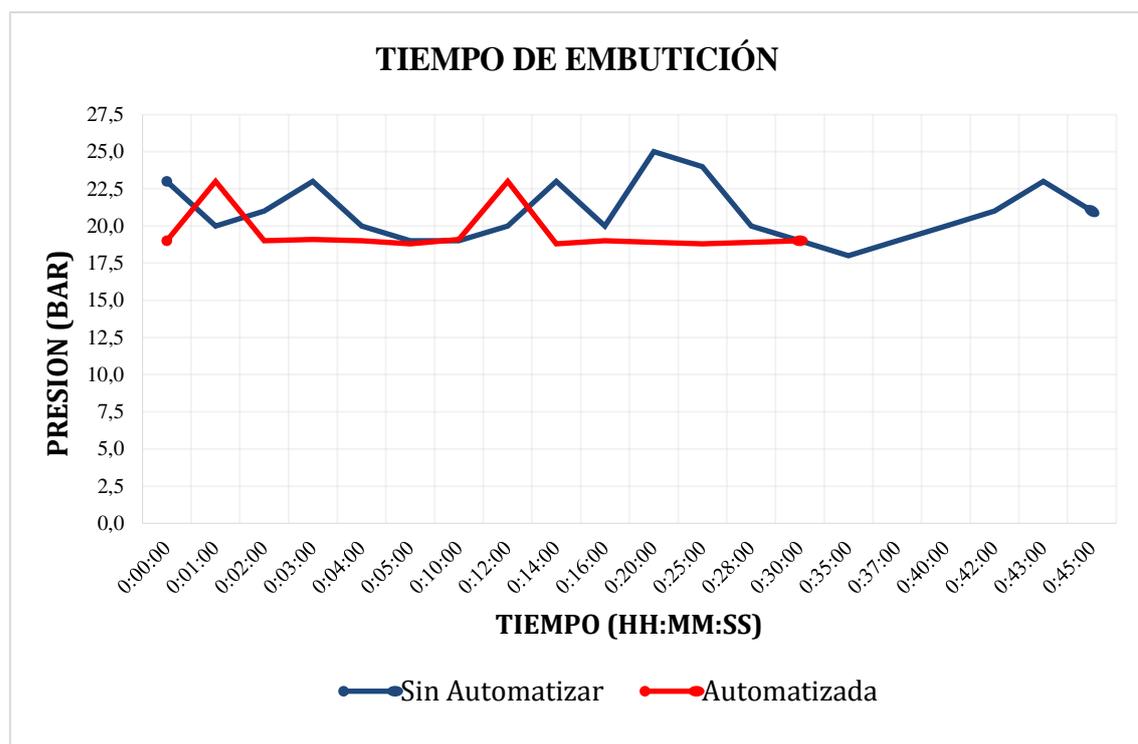
Una vez automatizada la embutidora fue muy importante el realizar una comparación del antes y después de la automatización, por lo que se realizó previamente 5 pruebas en las cuales se tomó en cuenta la optimización del tiempo de proceso, reducción de desperdicios de materia prima y el rendimiento del nuevo sistema implementado, en este caso un Control Fuzzy.

#### 3.3.9.1 Etapa de Embutición

**Presión inicial:** 23 BAR

**Rango de presión:** 18-19 BAR

**Tiempo de embutición:** 30 min.



**Gráfico 10-3** Presión vs Tiempo de embutición de la máquina automatizada y sin automatizar.

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Elaborado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA Alvaro, 2016

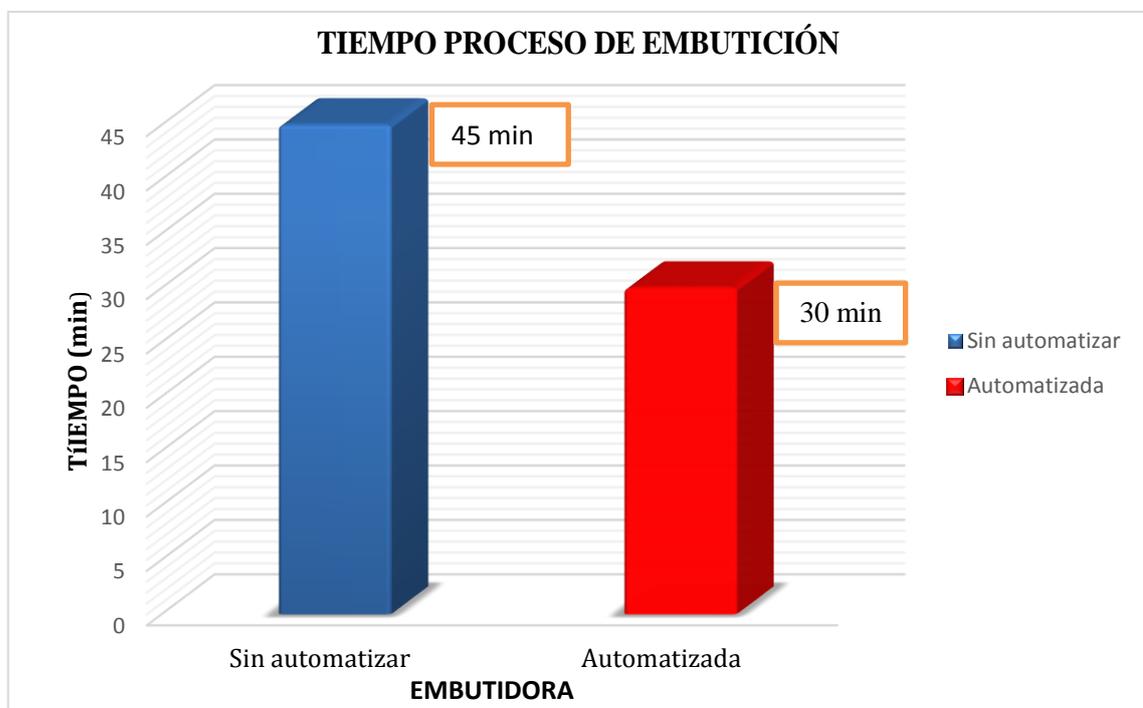
### 3.4.8.1 Comparación

Se puede observar en el gráfico 10-3, que la máquina automatizada termina el proceso de embutición en 30 minutos, mientras que sin automatizar tenía una duración de 45 minutos, por lo tanto se pudo observar claramente la optimización de tiempo en un 33,33%.

## Parámetros de rendimiento

### Tiempo

El proceso de embutición de la máquina antes de automatizarla tenía una duración promedio de 45 minutos, esto debido a que no existía un control en la presión del sistema, afectando principalmente a la velocidad lineal del cilindro hidráulico, y como consecuencia se realizaba interrupciones en la producción para acomodar o en muchos casos cambiar de tripa ya que al momento de embutir a una velocidad muy rápida provocaba ruptura de la tripa. En cambio con la automatización del equipo ya existe un control en la presión, haciendo que se establezca perfectamente la velocidad lineal del cilindro, eliminando totalmente la detención innecesaria por ruptura de la tripa.



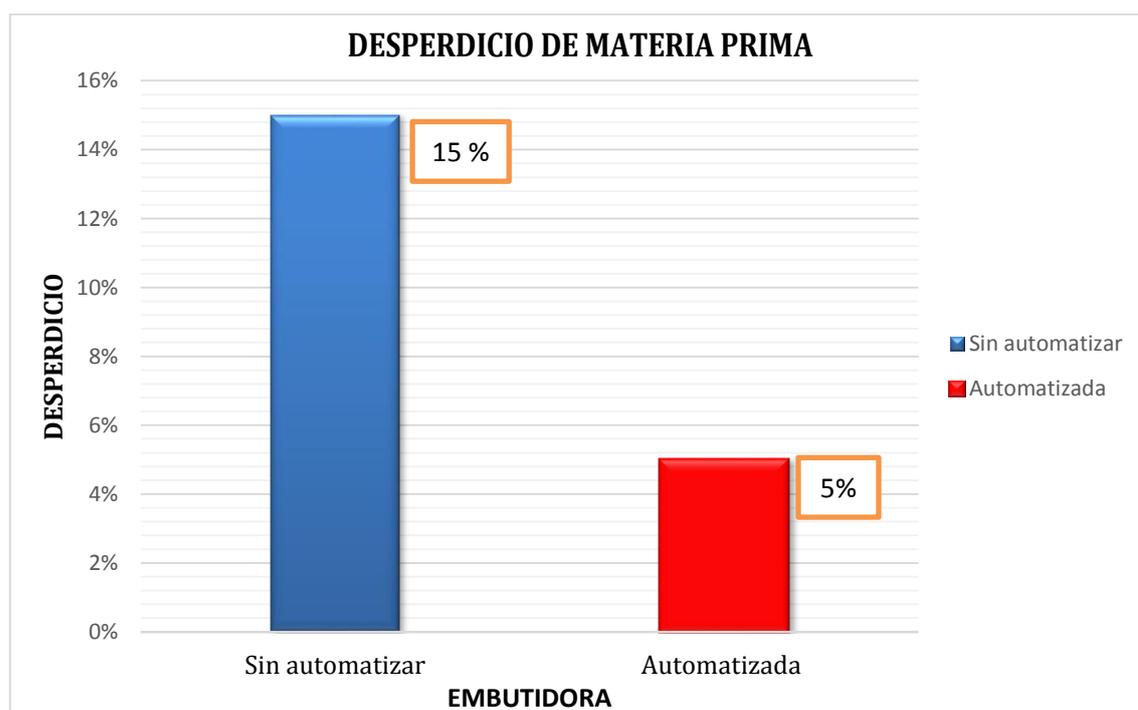
**Gráfico 11-3** Tiempo de proceso de embutición de la máquina automatizada y sin automatizar.

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Elaborado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA Alvaro, 2016

## Desperdicio de materia prima

Como no se tiene un estudio anterior en el desperdicio de materia prima, se realizó un estudio a estudiantes y profesores a fines de la investigación, el cual se obtuvo como información que existe un desperdicio medianamente grande, es decir un 15% total de la materia prima a embutir. Sin embargo ya automatizada la máquina, se procedió a hacer las respectivas pruebas experimentales, en el que se obtuvo una reducción significativa, es decir se consiguió un 3% de desperdicio, lo que corrobora con la información que arrojó la encuesta a estudiantes y maestros que dio como resultado un 5% de desperdicio, todo esto se debe a que existe un control en la presión y por ende en la velocidad lineal del cilindro, y consecuentemente no ocurre ruptura en la tripa al momento de embutir.



**Gráfico 12-3 Desperdicio de materia prima de la máquina automatizada y sin automatizar.**

Fuente: CHANCUSIG, Mario; BALSECA, Alvaro, 2016

Elaborado por: CHANCUSIG, Mario; BALSECA Alvaro, 2016

## CONCLUSIONES

- La implementación del sistema, incide positivamente en la automatización de la embutidora de La Facultad de Ciencias Pecuarias, en base a las necesidades requeridas por estudiantes y maestros que realizan prácticas en el laboratorio.
- Se analiza explícitamente las variables de presión, velocidad lineal y distancia, dando como resultado una visión más detallada y explicativa de los requisitos definidos por los practicantes, especificando así su funcionamiento de acuerdo al estudio realizado.
- El diseño de los sistemas propuestos se realiza de acuerdo al análisis de las variables de proceso, el mismo que se ejecuta eficazmente de acuerdo a la arquitectura y diseño estructural de la máquina.
- Debido a las condiciones del sistema hidráulico y el fácil mantenimiento del mismo se opta por mangueras hidráulicas de tipo flexible, tomando en cuenta el análisis y cálculo de diseño, y los entornos requeridos por el proceso de embutición.
- Para la selección de sensores y actuadores se considera un punto de equilibrio entre los gastos de inversión, gastos por consumo de energía y diseño del sistema de control.
- Para seleccionar los elementos de la automatización en este caso: Plataforma de control Arduino, HMI y Controlador Fuzzy se utiliza una tabla de comparación con una traducción de requerimientos obligatorios y deseables.
- El sistema de control Fuzzy, nos permite mantener la presión dentro de un rango establecido según el tipo de embutido a procesar, el cual afecta principalmente a la velocidad lineal del cilindro hidráulico, disminuyendo significativamente el desperdicio de materia prima y eliminando en su totalidad los accidentes humanos al momento de operar la máquina.
- En cuanto al diseño y adaptación del motor paso a paso a la válvula reguladora de caudal, tiene como objetivo de variar gradualmente de acuerdo al aumento o disminución de presión, estabilizando la velocidad lineal del cilindro hidráulico.

- El sistema automatizado consta de un HMI el cual tiene como objetivo principal, el control de la máquina por parte del operario, además de llevar un monitoreo constante de las variables de diseño.
- El análisis de los valores obtenidos demuestra que existe un incremento del 33,33% en el tiempo de procesamiento de embutidos una vez realizada la automatización, el cual remedia eficazmente paradas forzadas provocadas anteriormente por la dificultad en la operación del equipo
- En cuanto a funcionamiento y mantenimiento de la máquina, permite que el operario pueda realizar su trabajo con total fluidez ya que no tiene complejidad alguna.

## RECOMENDACIONES

- Antes de efectuar la automatización, se debe analizar detalladamente el proceso, para seleccionar eficazmente los elementos de medición y dispositivos de control, con el fin de no alterar el proceso de producción y de esta forma obtener un producto final tal cual se requiere.
- Realizar un mantenimiento en el sistema hidráulico de la máquina, de suma importancia el cambio de aceite hidráulico, ya que debido a las horas de trabajo y a la presencia de cualquier impureza presentada en el tanque puede provocar un sobrecalentamiento de la máquina y en efecto su mal funcionamiento.
- Se recomienda una vez finalizado el diseño e implementación del sistema automatizado, se realice el mantenimiento del equipo en periodos semestrales, para evitar un futuro mantenimiento correctivo.
- Capacitar al personal que utilice la embudidora con una comprensión necesaria de operación, por medio del cual, se logra un funcionamiento correcto y duradero de la máquina.
- Se debe tener mucho cuidado en la instalación de los dispositivos de control e instrumentación debido a que son elementos muy delicados.
- Se recomienda revisar las características de diseño de los diferentes elementos de automatización en los respectivos datasheet, con razón de evitar daños a corto o largo plazo.
- Se debe tomar muy en cuenta los mensajes que se generan en la pantalla HMI al momento de utilizar la máquina, ya que los mismos ayudan a un correcto funcionamiento tanto el modo manual, como automático.
- Antes de poner en funcionamiento la máquina hay que realizar una serie de pruebas tanto en simulación como en lo práctico, esto debido a que debe estar 100% funcional para las personas que la operen al momento de realizar alguna práctica.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**ANON, M.** Lógica Difusa y Sistemas de Control. 1a. ed, Lima -Peru: UDEP, 2013, pp. 52-45.

**ARDUINO GENUINO.** *Arduino Mega* [En línea] 2016.

[Citado el: 04 de Mayo de 2016.]

<https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega>.

**ARDUINO GENUINO.** *Arduino Uno* [En línea] 2016.

[Citado el: 04 de Mayo de 2016.]

<https://www.arduino.cc/en/main/arduinoBoardUno#>.

**AYALA, María José , & GRANDA, Janeth.** Automatización del bioreactor para obtener la base de bebidas energéticas con tecnología difusa en el laboratorio de procesos industriales de la facultad de ciencias [En línea] (TESIS) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería Electrónica Control y Redes Industriales. Riobamba, Ecuador. 2016. pp. 35-45

[Citada el : 20 de Octubre de 2016].

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4972/1/108T0129.docx>

**BKAR-ELECTRONIC.** *Bkar-electronica*. [blog]. 2012

[Citado el: 8 de Septiembre de 2016.].

<http://bkargado.blogspot.com/2013/09/todosobrehc-sr04.html>.

**BOLTON, W.** *Mecatrónica Sistemas de Control Electrónico en la Ingeniería Mecánica y Eléctrica*. Mexico. 2da ed. México- México D.F. : Alfaomega Grupo Editor, 2001, pp. 17-22.

**SANCHEZ, J.** *Principio de funcionamiento de motores paso a paso* [blog]. 2011.

[Citado el: 18 de Julio de 2016.]

<http://blog.utp.edu.co/jnsanchez/files/2011/03/Motores-Paso-a-Paso-1.doc>

**CRESPO, Enrique.** *Aprendiendo Arduino*. [En línea] 23 de Marzo de 2015.

[Citado el: 02 de Mayo de 2016.]

<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2015/03/23/shields-para-arduino/>.

**CRESPO, William.** *WordPress*. [En línea] 2011.

[Citado el: 10 de Noviembre de 2015.]

<https://automatizacionindustrial.wordpress.com/2011/02/09/queeslaautomatizacionindustrial/>.

**Delta Electronics.** *Touch Panel HMI - Human Machine Interfaces*. [En línea] 2016.

[Citado el: 29 de Abril de 2016.]

<http://www.deltaww.com/Products/CategoryListT1.aspx?CID=060302&PID=ALL&hl=en-US>.

**TOUCH PANEL HMI.** *Touch Panel HMI - Human Machine Interfaces.* [En línea] 2016.

[Citado el: 29 de Abril de 2016.]

<http://www.deltaww.com/Products/CategoryListT1.aspx?CID=060302&PID=331&hl=en-US&Name=DOP-B03E211>.

**DORF, Richard y BISHOP, Robert.** *Sistemas de Control Moderno.* Estados Unidos de America : PEARSON, 2010, pág. 1082.

**Electromecanic.** *Automantenimiento.* [En línea] 2013.

[Citado el: 3 de Octubre de 2016.]

<http://automantenimiento.net/hidraulica/funcionamiento-y-tipos-de-valvulas-direccionales-o-de-vias/>.

**FESTO.** *Fundamentos de la técnica de automatización.* Alemania-Múnich : Festo Didactic GmbH & Co, 2007. 563062 .

**GARCIA HIGUERA, Andres.** *El Control Automático en la Industria. El Control Automático en la Industria.* Murcia : Universidad de Castilla-La Mancha, 2005, pág. 224.

**Happy Kids - Children WordPress.** *Mundo Scratch.* [En línea] 2016.

[Citado el: 19 de Octubre de 2016.]

<http://www.mundocratch.website.uy/reles-en-arduino/>.

**Japón Gualan, Jaime Rodrigo, & otros.** Implementacion de una embudidora hidraulica con capacidad de 25 kilos ,semiautomatica para la planta de carnicos, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales Campus Juan Lunardi del cantón Paute [En línea] (**TESIS**) Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Ingeniería Agropecuaria Industrial .Quito, Ecuador .2008. pág. 34.

[Citada el : 20 de Octubre de 2016].

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1095/12/UPS-CT002124.pdf>

**LEÓN PÉREZ, Rita Paola.** Diseño, Programación e implementación de un sistema de control difuso para el proceso de producción de hidrogeno a partir de vapor sobrecalentado de agua [En línea] (**TESIS**) (Maestría ) Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica . Quito, Ecuador. 2014. pág. 27.

[Citada el : 22 de Octubre de 2016].

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7673/1/CD-5629.pdf>

**MARTINEZ, Jorge y ROJAS, Carlos.** Scribd. [En línea] 2001.

[Citado el: 19 de Octubre de 2016.]

<http://es.scribd.com/doc/97921221/Sensores-RTD#scribd>.

**MARTINEZ, V.** *Automatización Industrial Moderna*. Medellín - Colombia : Alfaomega, 2001. pág. 54

**OSES, Eduardo.** *Diferentes tipos de procesos industriales*. [En línea] 14 de Junio de 2013. [Citado el: 29 de Noviembre de 2015.]

<http://thelupus2012.blogspot.com/>.

**PINZON Suarez, Jorge Eliecer.** Diseño e implementación de sistemas scada para automatismos, basados en hardware y software libre. 2015 [En línea] (**TESIS**) Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Eléctrica y Electrónica, Escuela de Ingeniería Eléctrica. Pereira, Colombia. 2015. pág. 31.

[Citada el : 20 de Octubre de 2016].

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5466/6298S939.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**PONSE , Pere y GRANOLLERS, Antoni.** *Diseño y Automatización Industrial. Cataluña : Lecturas- Universidad Politécnica de Cataluña* [En línea] 2009.

[Citada el : 2 de Abril de 2016].

[www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf](http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf)

**RELEVO , Jairo Paúl & TUFIÑO , Orlando Javier.** Diseño y construcción de un sistema de automatización hidráulico para la máquina de ensayos destructivos en juntas soldadas del laboratorio de soldadura de la Escuela Politécnica Nacional [En línea] (**TESIS**) Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. Quito, Ecuador. 2012. pág. 43.

[Citada el : 3 de Marzo de 2016].

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4831/1/CD-4422.pdf>

**Rodríguez Galbarro, Hermenegildo .** *Ingemecánica*. [En línea] 2016.

[Citado el: 3 de Octubre de 2016.]

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn212.html#seccion26>.

**ROTCEHR,J.** *Braker eléctrico*. [En línea] 2013.

[Citado el: 12 de enero de 2016.]

[www.clubensayos.com](http://www.clubensayos.com).

**SACO, Roberto.** *Introduccion a HMI*. [En línea] 2 de Julio de 2008.

[Citado el: 2 de Diciembre de 2015.]

<http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>.

**SANHUEZA, Daniel.** *Sensores de Presión*. [En línea] Abril de 2009.

[Citado el: 03 de Mayo de 2016.]

<http://sensoresdepresion.blogspot.com/>.

**SERGIO, Andrés.** *Teoría de la Automatización*. [En línea] 2009.

[Citado el: 09 de Noviembre de 2015.]

<http://sergio527-tgs.blogspot.com/2010/05/tipos-de-automatizacion.html>.

**SORIA, Kevin.** *Bkar electronica* . [En línea] 17 de Septiembre de 2013.

[Citado el: 04 de Mayo de 2016.]

<http://bkargado.blogspot.com/2013/09/todosobrehc-sr04.html>.

**TORRENTE, Óscar.** *Arduino. Curso práctico de formación*. 1a ed. México-Mexico D.F. : Alfaomega Grupo Editor, 2013. pág. 588. 978-607-707-648-3.

**TRAINING, SMC INTERNATIONAL.** *SMC International Training*. [En línea] 2015.

[Citado el: 22 de Noviembre de 2015.]

<http://www.smctraining.com/webpage/indexpage/311/>.

**TURMERO, Pablo.** *Automatización* [En línea] 2012.

[Citado el: 20 de Octubre de 2016.]

<http://www.monografias.com/trabajos101/sistemas-automatizacion-mando-y-control/sistemas-automatizacion-mando-y-control.shtml#elementosa>.

**UNICROM.** *Fusible*. [En línea] 2015.

[Citado el: 12 de enero de 2015.]

[www.unicrom.com](http://www.unicrom.com).

**UNICROM.** *Unicrom Electronica.* [En línea] 2016.

[Citado el: 12 de enero de 2015.]

<http://unicrom.com/conductores-electricos/>.

**VIATGER.** *Electricidad.* [En línea] 2009.

[Citado el: 12 de enero de 2015.]

[electricidad-viatger.blogspot.com](http://electricidad-viatger.blogspot.com).

**VISTRONICA.** *Vistronica Tienda virtual electronica.* [En línea] 2016.

[Citado el: 19 de Octubre de 2016.]

<https://www.vistronica.com/robotica/modulo-l298n-para-control-de-motores-detail.html>.

**WIDMAN INTERNATIONAL SRL.** *Widman international srl.* [En línea] 8 de Marzo de 2016.

[Citado el: 18 de Octubre de 2016.]

<http://www.widman.biz/Productos/hidraulicos.html>.

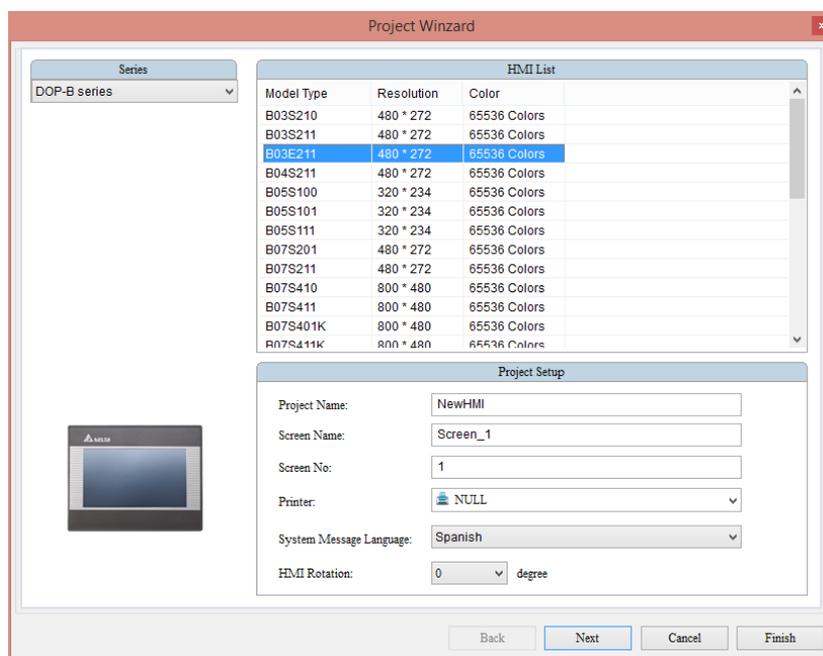
## ANEXOS

### ANEXO 1: MANUAL DE PROGRAMACIÓN HMI DELTA Series DOP-B

La programación del HMI se lo realizó utilizando el software DOPSoft 2.00.04

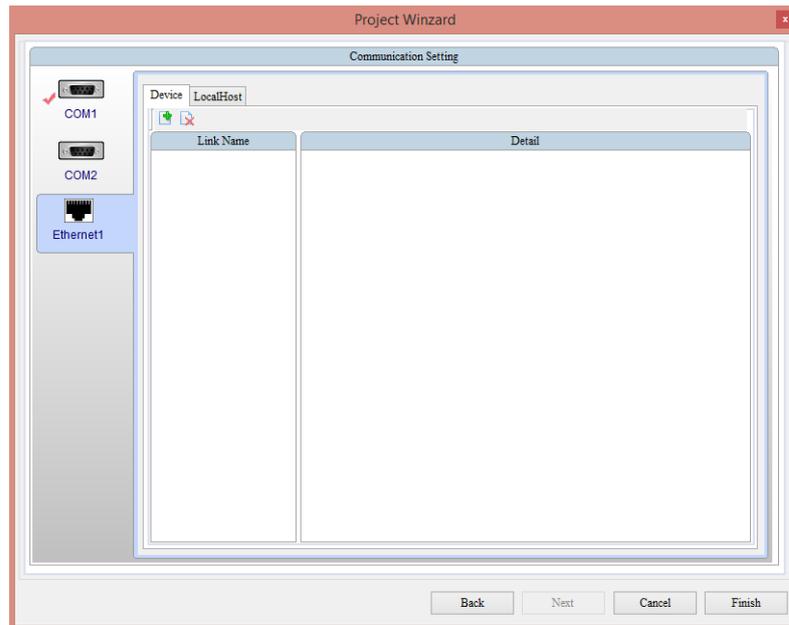
#### *Crear un nuevo proyecto*

Dar clic en “File”, luego en “New” , aparecerá un cuadro de dialogo donde se escogerá el modelo de la pantalla BO3E211.

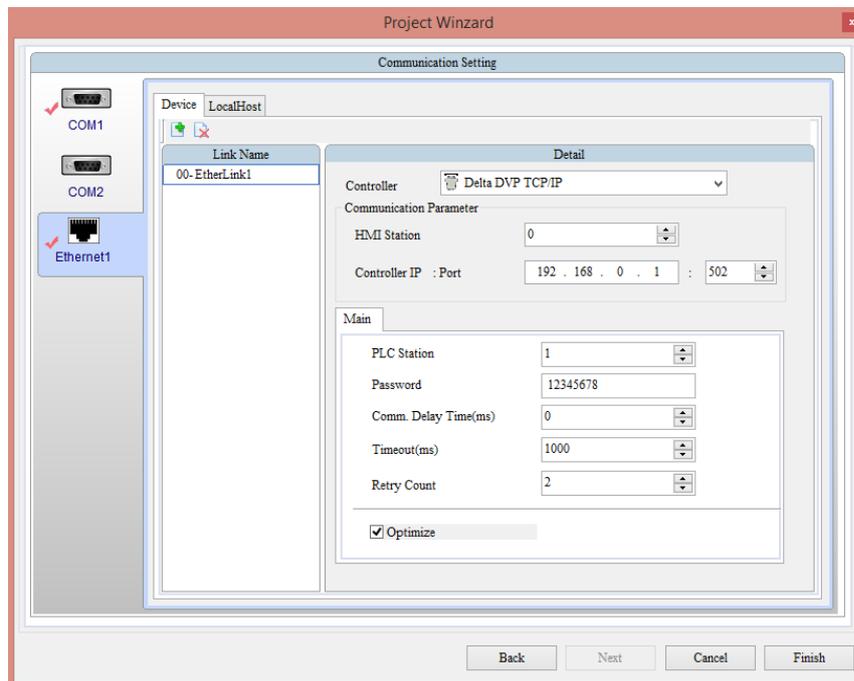


Dar clic en “Next” para seleccionar el tipo de comunicación a utilizar.

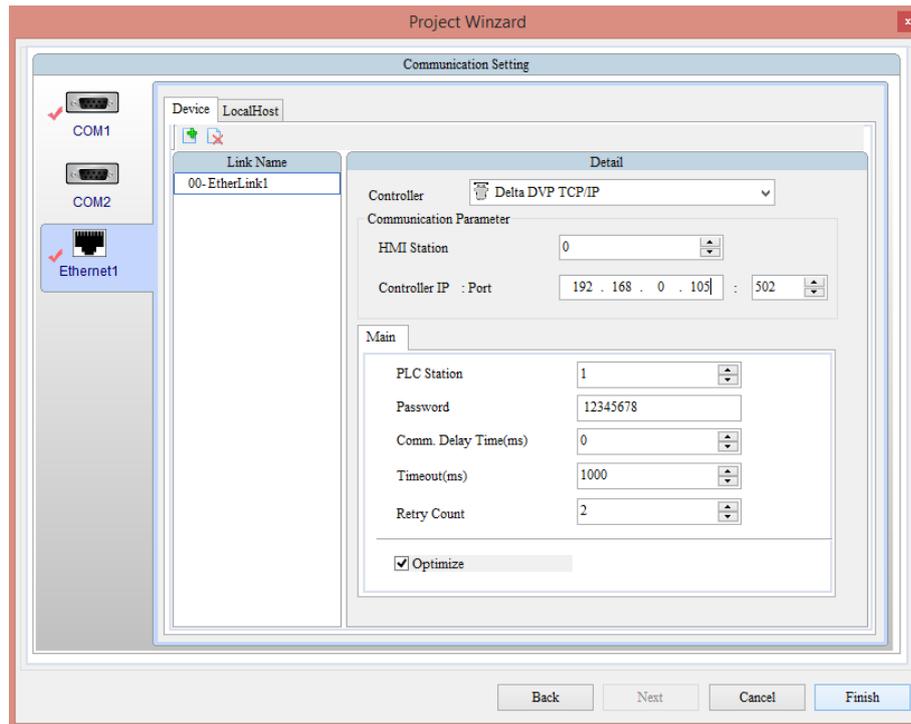
En la opción “Ethernet1” se puede configurar los parámetros de comunicación Ethernet.



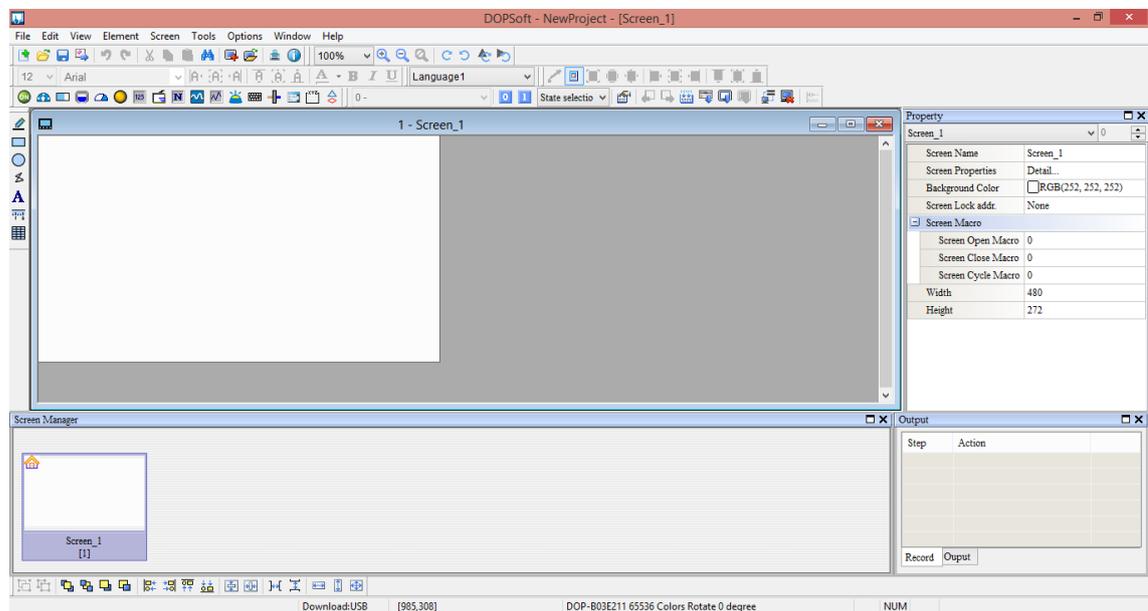
Posterior, dar clic en “Añadir”  parecerá una pantalla donde se seleccionará el nombre del protocolo de comunicación.



En la opción “Controller” seleccionamos la carpeta “Modbus”, y dentro de ella la que dice “TCP/IP”. Como siguiente paso en la opción “Controller IP: Port” ponemos la dirección IP que se le dio al Arduino 192.168.0.105, para terminar dar clic en “Finish”.

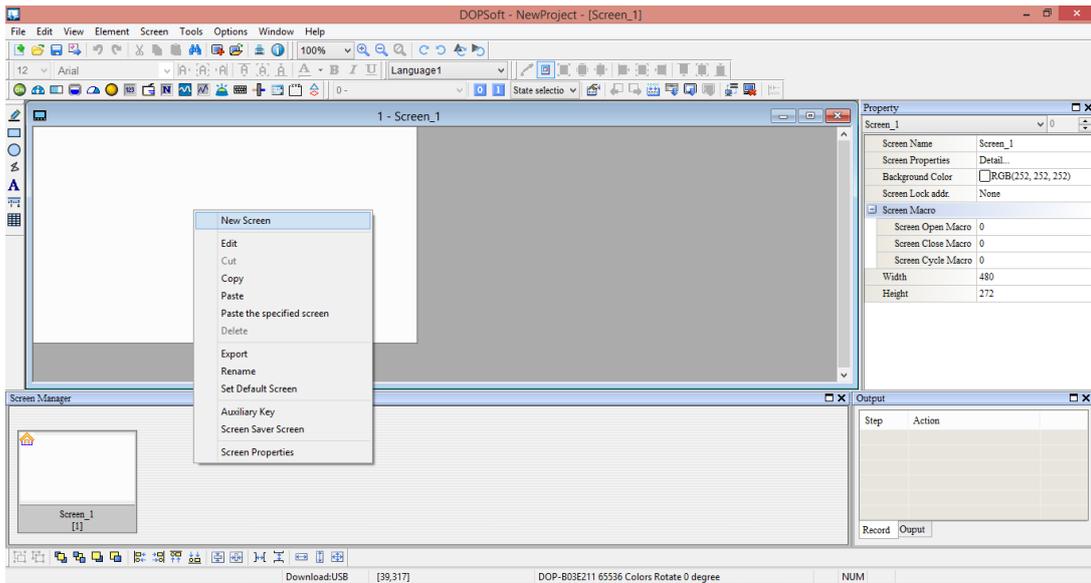


A continuación se abre la ventana del área de trabajo.

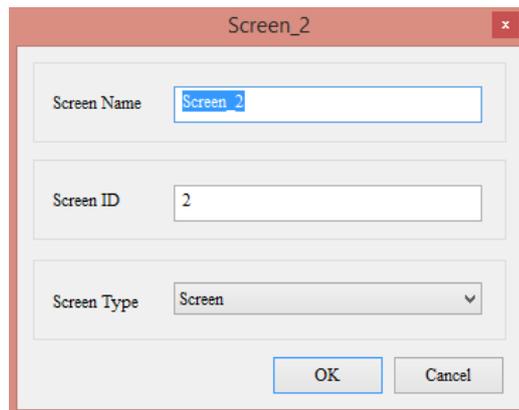


### ***Añadir una nueva pantalla***

Dar clic derecho sobre “Screen Manager”, luego en New Screen.

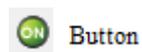


Configurar el número de screen, el color de fondo, y el nombre

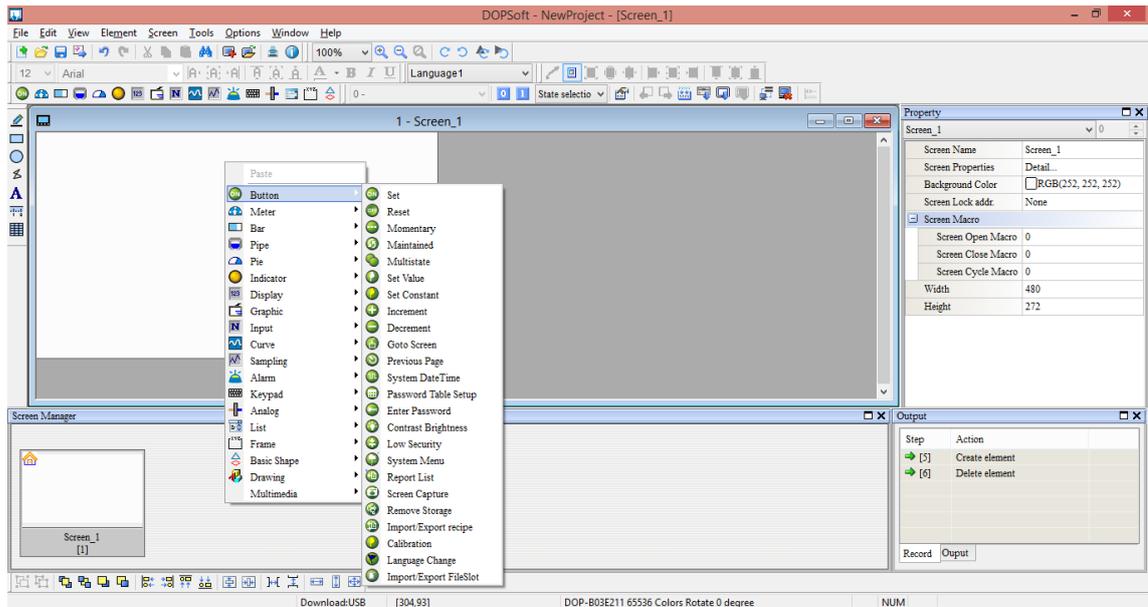


### ***Insertar pulsador***

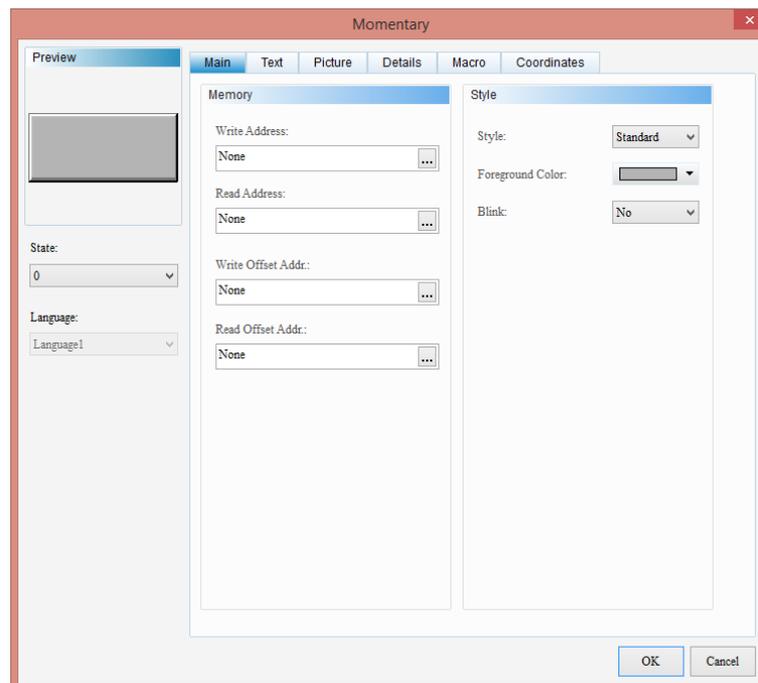
Dar clic derecho en el área del trabajo y seleccionar la opción "Button".



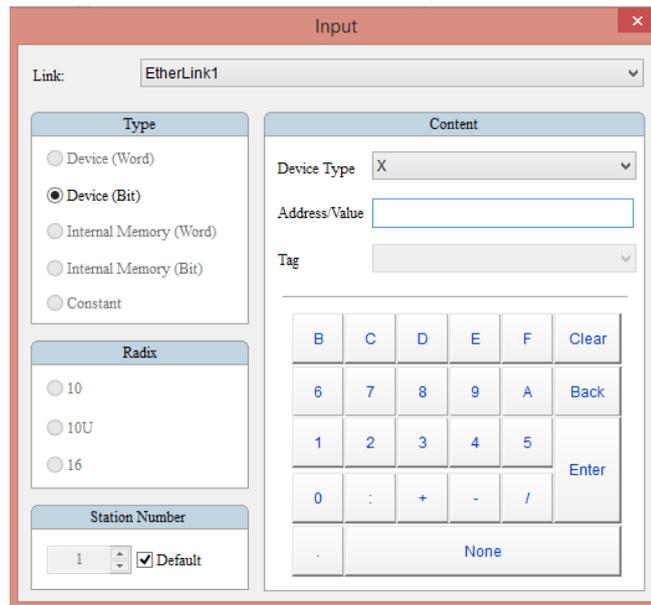
En la pestaña "Button", se despliega una lista de botones que se pueden utilizar.



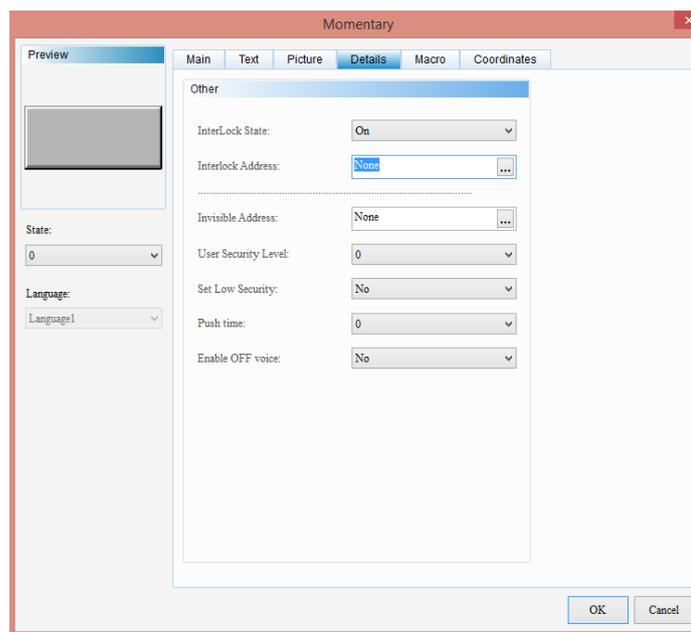
Dependiendo del botón que se elija las características se configura dando doble clic sobre el mismo por ejemplo el de tipo Momentary.



Se configura el tipo de Memory donde se configura la dirección que se va dar al objeto y si va ser de lectura o escritura; es aquí donde se direcciona las variables al Arduino.

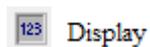


También se configura la apariencia del botón, forma, texto, macros, detalles y coordenadas.

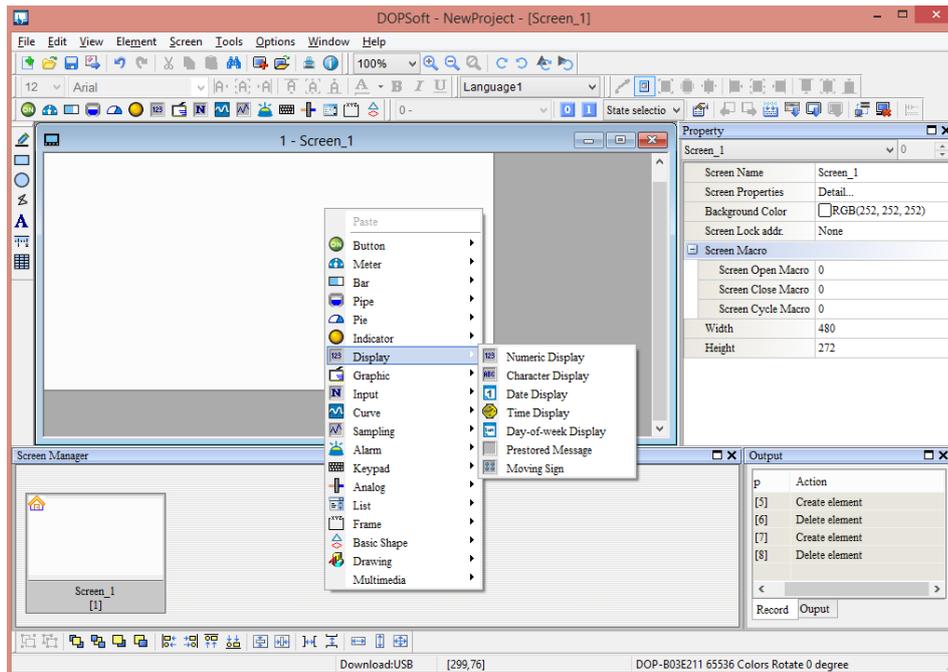


### ***Insertar indicadores***

Dar clic derecho en el área del trabajo y seleccionar la opción “Button”.

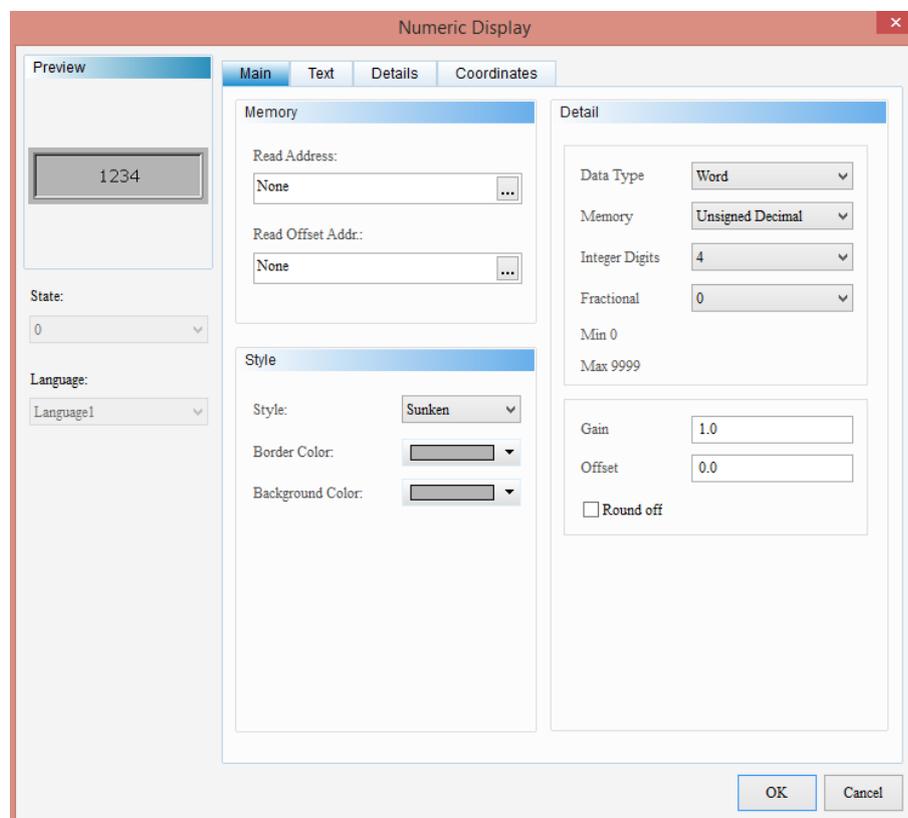


En la pestaña “Display”, se despliega una lista de indicadores que se pueden utilizar según nuestra necesidad.



Al dar clic en la pestaña “Display”, se puede establecer la forma que se mostrará el valor numérico, carácter, fecha, hora y texto en movimiento.

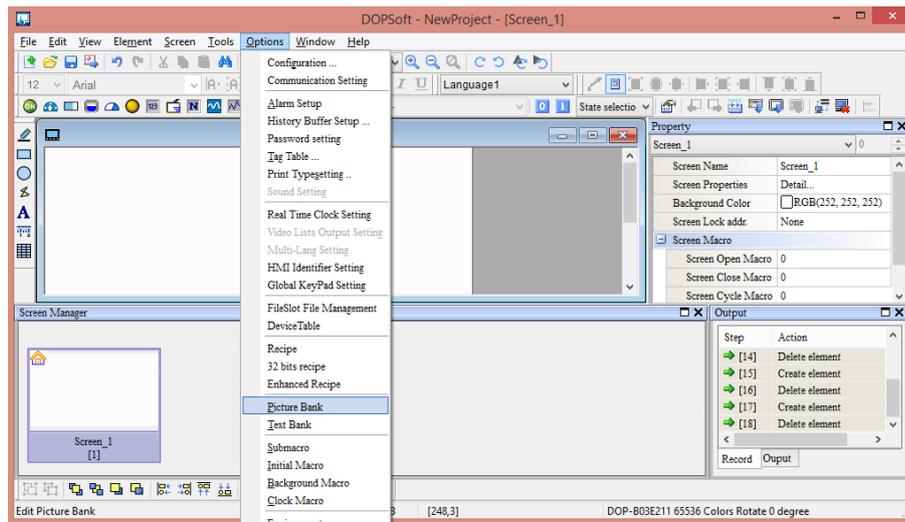
Dando doble clic sobre el objeto se accede a las propiedades; en esta venta se pueden configurar: dirección, estilo, tipo de datos, texto, coordenadas, etc.



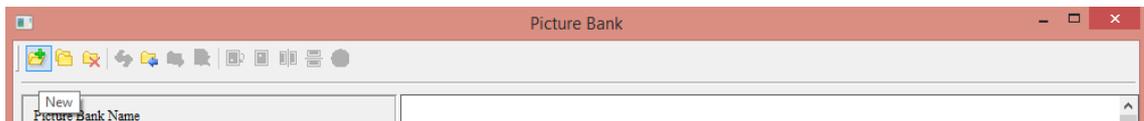
## Insertar gráfico

Para visualizar gráficamente un objeto primero tenemos que agregarlo al banco de imágenes del programa.

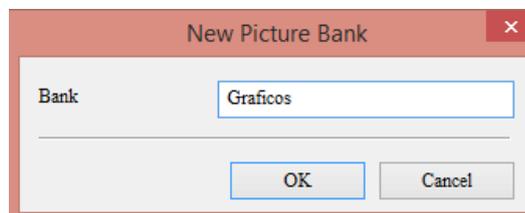
Dando clic en el menú de herramientas “Options”, seleccionamos “Picture Bank”.



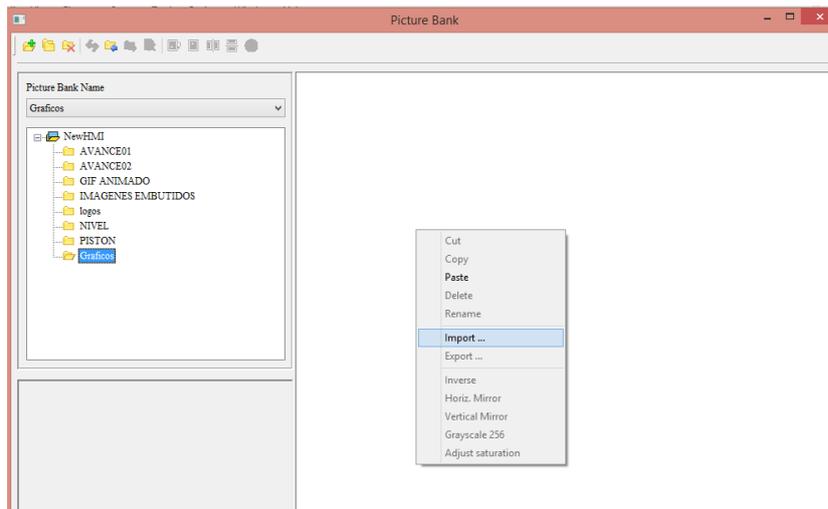
En la ventana “Picture Bank”, seleccionamos “New”



Ponemos cualquier nombre y se creará una nueva carpeta donde almacenaremos todas las imágenes.



Para finalizar damos clic derecho en la parte derecha de la ventana, después de seleccionar la carpeta creada y ponemos en “Import”



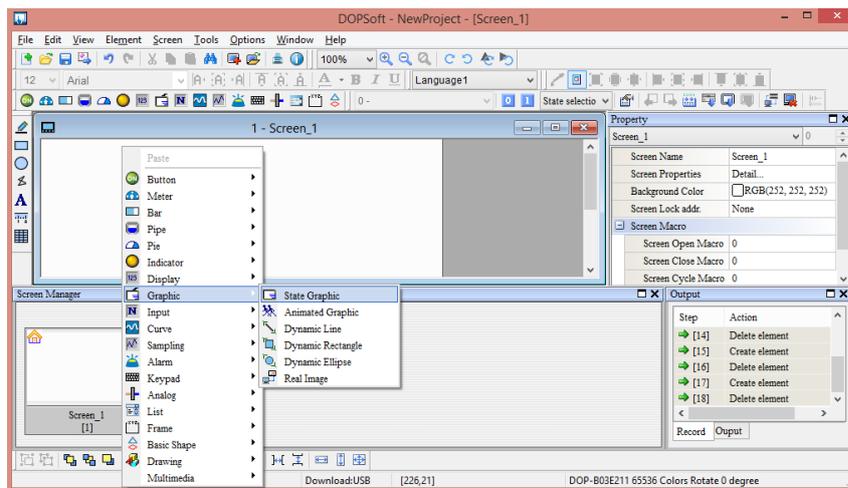
Seleccionamos la ubicación donde se encuentre nuestras imágenes y ponemos en “Abrir”, se guardará automáticamente nuestra imagen en la carpeta creada y estará en el banco de imágenes del programa para usarla en cualquier momento.



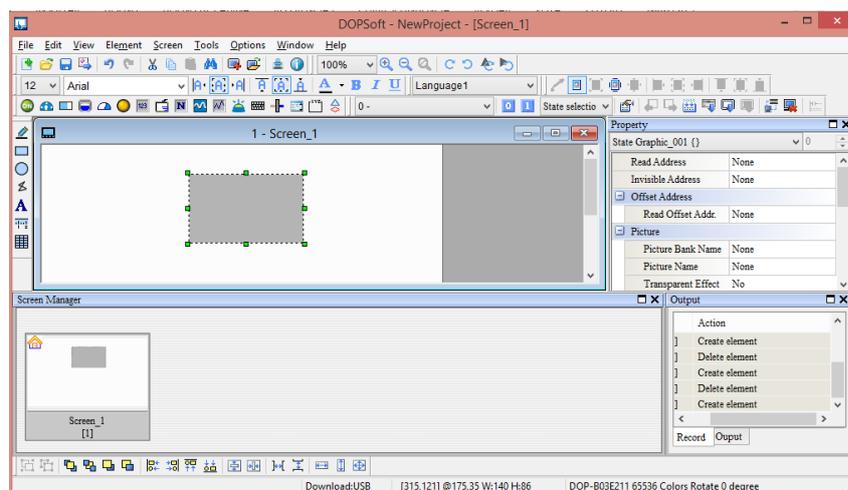
Para añadir las imágenes a nuestro HMI, damos clic derecho en el área de trabajo y seleccionamos “Graphic”.



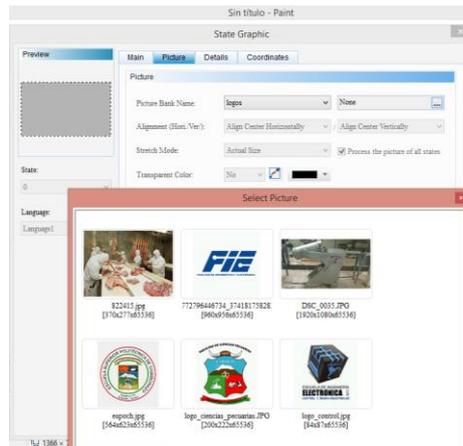
Ahí podemos seleccionar distintos tipos de gráficos que nos da el programa DOPSoft.



Para ejemplificar, se seleccionó la opción “State Graphic”, donde se tiene sujetado el botón izquierdo para generar un cuadro del tamaño que se desee.



Para agregar una imagen se da doble clic en el objeto, se selecciona “Picture” y en la opción “Picture Bank Name” se selecciona el nombre de la carpeta que se creó y a continuación se abre la galería de imágenes que se almacenó.

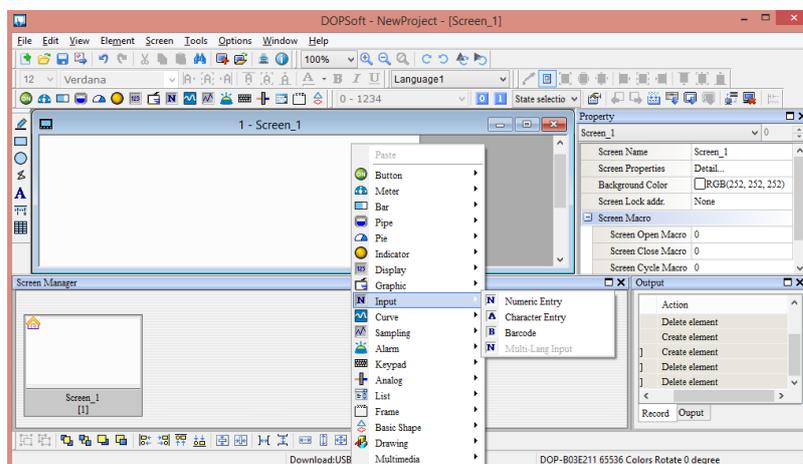


### *Insertar casilla para ingreso de valores*

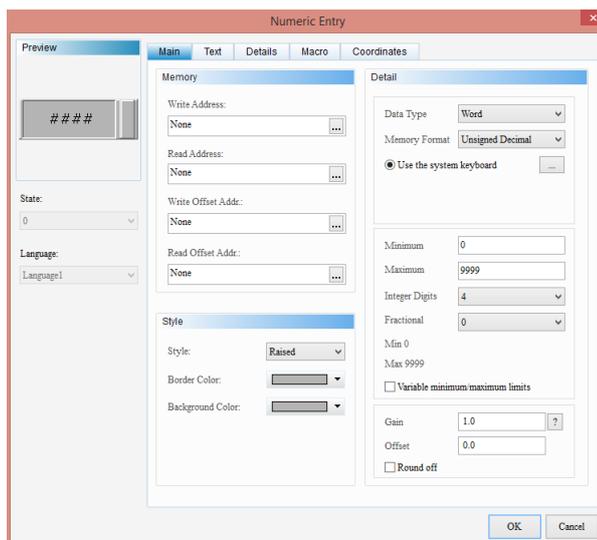
Dar clic derecho en el área del trabajo y seleccionar la opción “Input”.



En la pestaña “Input”, se despliega una lista de tipos de entradas como son: numéricas, caracteres y código de barras.



Al dar doble clic en el objeto de entrada se accede a las propiedades en las cuales se pueden configurar: la dirección, textos, detalles, macros y coordenadas.



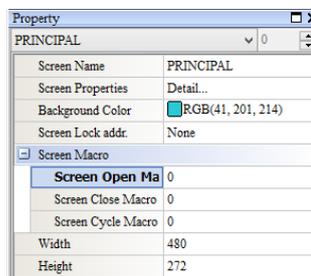
### Uso de Macros

TIPO DE MACRO	CARACTERISTICAS
<p style="text-align: center;"><b>ON Macro</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se ejecuta una vez en la macro después se dispara.</li> <li>• Sólo está disponible para el botón de encendido, botón de apagado, botón y Mantenido y botón momentánea</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>OFF Macro</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se ejecuta una vez después de OFF Macro se activa.</li> <li>• Sólo disponible para el botón de encendido, botón de apagado, botón y Mantenido y botón momentáneo.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Before Execute Macro</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Después de los usuarios toquen el elemento de botón en pantalla, esta macro será ejecutada antes que los demás procedimientos programados para este elemento de botón. Si el estado del botón no se cambia por el usuario toques, a continuación, esta macro no se ejecutará (ex. Comandos de controladores externos u otros comandos de macro).</li> <li>• Disponible para todos los elementos de los botones y elementos de entrada</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>After Execute Macro</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Después usuarios tocaron el elemento de botón en pantalla, esta macro ser ejecutado antes que los demás procedimientos programados para este elemento de botón. Si el estado del botón no se cambia por el usuario toques, a continuación, esta macro no se ejecutará</li> </ul>

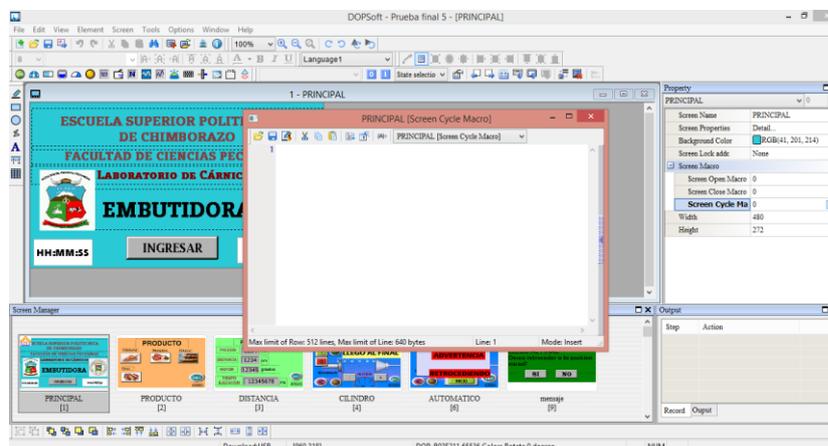
	<p>(ex. Comandos de controladores externos u otros comandos de macro).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponible para todos los elementos de los botones y elementos de entrada.</li> </ul>
<b>Screen Open Macro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se ejecuta sólo una vez después de los usuarios abren una pantalla.</li> </ul>
<b>Screen Close Macro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se ejecuta sólo una vez después de que el usuario cierra una pantalla.</li> </ul>
<b>Screen Cycle Macro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejecutado continuamente. Si se utiliza la macro pantalla abierta, entonces ser ejecutado antes de esta macro.</li> </ul>

DOPSoft proporciona una lista de comandos de macro para los usuarios realizar varias operaciones. Ellos se agrupan en función de sus naturalezas, incluyendo las siguientes categorías: aritméticos, lógicos, la transferencia de datos, conversión de datos, comparación de control de flujo, el bit, Comunicación y Dibujo, acceso a archivos, y otras macros.

Para seleccionar el tipo de macro en cada pantalla nos dirigimos a la barra de propiedades en la parte derecha de la ventana y seleccionamos el tipo de macro a ejecutar y damos un clic.



Se despliega una ventana donde podemos programar las el proceso que deseemos controlar.



## ANEXO 2: MANUAL DE PROGRAMACIÓN EN ARDUINO

```
#include <Stepper.h>

#include <SPI.h>//libreria conexion

#include <Ethernet.h>//libreria shield Ethernet

#include "Mudbus.h" //libreria Modbus

Mudbus Mb;

// declaracion muestreo

int TiempoMuestreo=500;

unsigned long pasado=0;

unsigned long ahora=0;

double voltaje;

// declaracion variables Ultrasonico

#define Pecho 32

#define Ptrig 30

long duracion, distancia;

//declaracion sensor,motor

#define senal A1

int campo=0;

int e1=39;

int estado_e1=0;

int e2=43;

int estado_e2=0;

int b1=28;//VERDE

int estado_B1=0;

int b2=26;//ROJO

int estado_B2=0;

int LUZ_V=45;

int LUZ_R=41;

int pasos=0;

int grados=0;

int velac=0;

int num=0;

int retardo=400;

int pot;

#define STEPS 200

Stepper stepper(STEPS, 4, 5, 6, 7);

void setup() {

    // put your setup code here, to run once:

    uint8_t mac [] = { 0x00, 0x18, 0x3E, 0x01, 0x1C, 0x45 };
    //MAC para el Arduino

    uint8_t ip[] = { 192,168,0,105};           //Dirección
    IP para el Arduino

    Ethernet.begin (mac,ip); //Iniciar Ethernet con la MAc e IP
    del Arduino

    pinMode(Pecho, INPUT); // define el pin 6 como entrada
    (echo)

    pinMode(Ptrig, OUTPUT); // define el pin 7 como salida
    (trigger)

    pinMode(e1, OUTPUT); // Define el pin 13 como
    salida
```

```

pinMode(e2, OUTPUT);
pinMode(LUZ_V, OUTPUT);
pinMode(LUZ_R, OUTPUT);

pinMode(b1,INPUT);
pinMode(b2,INPUT);

digitalWrite(e1,HIGH);
digitalWrite(e2,HIGH);
digitalWrite(LUZ_V,HIGH);
digitalWrite(LUZ_R,HIGH);
}

void loop() {
// put your main code here, to run repeatedly:
Mb.Run();

estado_B1=digitalRead(b1);
estado_B2=digitalRead(b2);
estado_e1=digitalRead(e1);

ahora=millis(); //tiempo real

Mb.R[12]=ahora;

int CambioTiempo=ahora-pasado;

if (CambioTiempo>=TiempoMuestreo)
{
Mb.R[10]= ultrasonico();

sensor();
}

float ultrasonico()
{
digitalWrite(Ptrig, LOW);

delayMicroseconds(2);

digitalWrite(Ptrig, HIGH); // genera el pulso de triger por
10ms

delayMicroseconds(10);

digitalWrite(Ptrig, LOW);

duracion = pulseIn(Pecho, HIGH);

distancia = (duracion/2) / 29; // calcula la distancia en
centimetros

return distancia;
}

void sensor()
{
campo=analogRead(senal);

Mb.R[11]=campo;

voltaje=map(campo,350,1023,8,25);

Mb.R[20]=voltaje ;
}
}

```

```

}

void electrovalvulas()
{
    if((estado_B1==HIGH      ||      estado_e1==LOW
    ||Mb.C[1]==1)&&
    ((estado_B2==HIGH)&&(!Mb.C[3]==1))){

        digitalWrite(e1,LOW);

        digitalWrite(LUZ_V,LOW);

        Mb.C[1]=1;

        Mb.C[4]=1;

    }

    else{

        digitalWrite(e1,HIGH);

        digitalWrite(LUZ_V,HIGH);

        Mb.C[1]=0;

        Mb.C[4]=0;

    }

    if((Mb.C[2]==1)){

        digitalWrite(e2,LOW);

        digitalWrite(LUZ_R,LOW);

    }

    else{

        digitalWrite(e2,HIGH);

        digitalWrite(LUZ_R,HIGH);

    }

}

}

void motor()
{
    stepper.setSpeed(100); //Indicamos la velocidad al motor

    grados= Mb.R[9];

    pasos=map(grados,0,360,0,200);

    if (Mb.R[9] != 0)

    {

        stepper.step(num-pasos);

    }

    num=pasos;

    Mb.R[8]=grados;

    Mb.R[9]=0;

}

else{

digitalWrite(4,LOW);

digitalWrite(5,LOW);

digitalWrite(6,LOW);

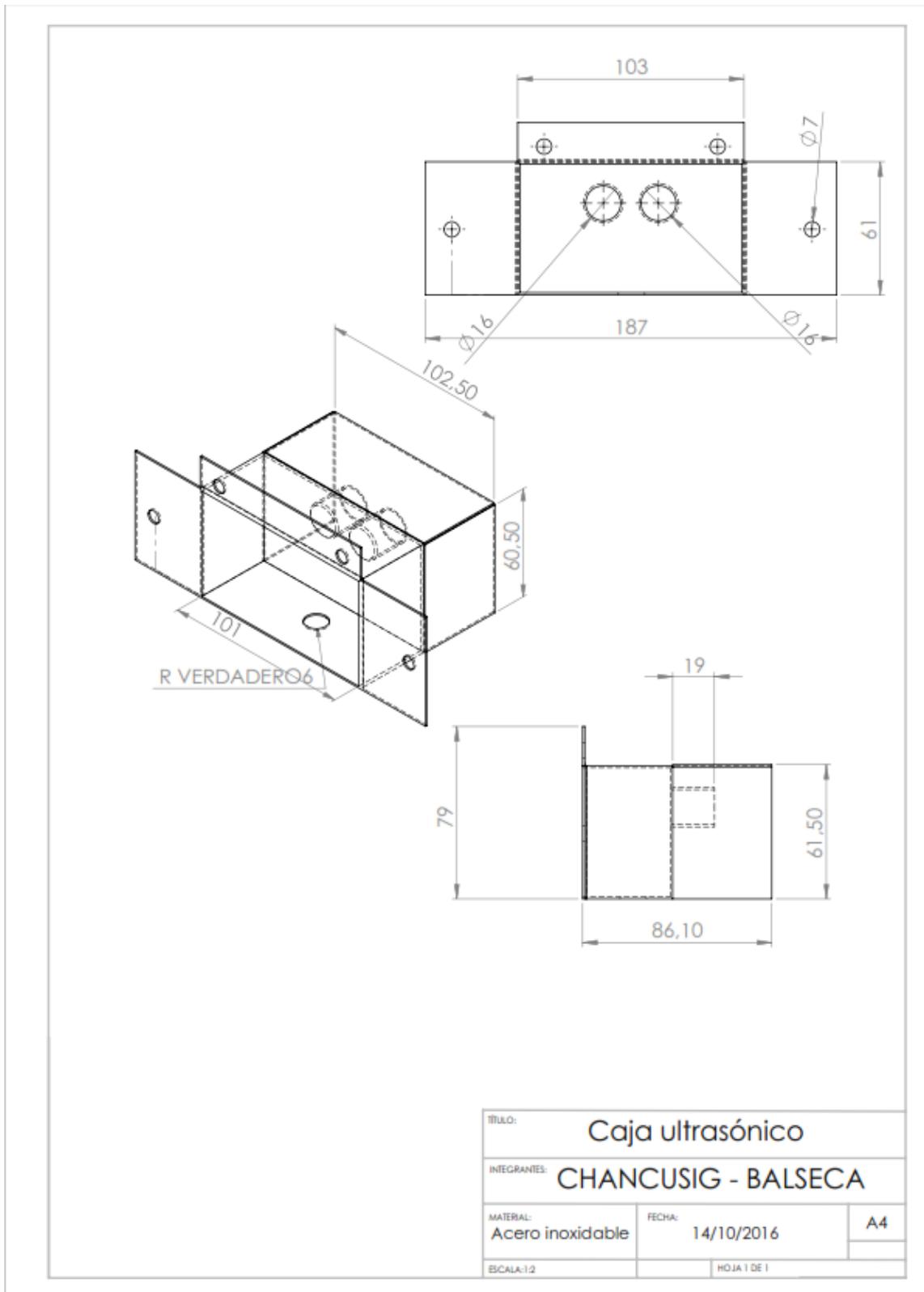
digitalWrite(7,LOW);

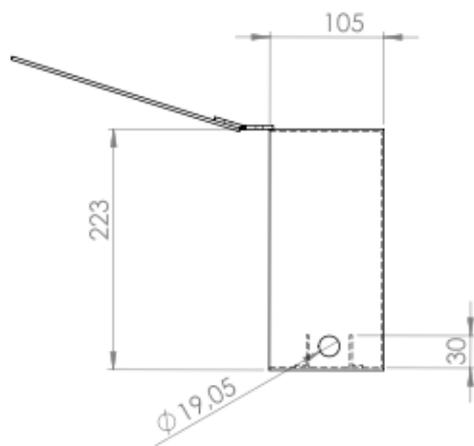
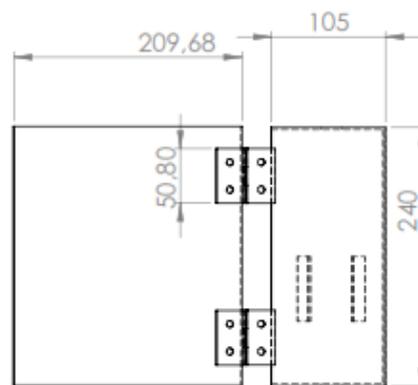
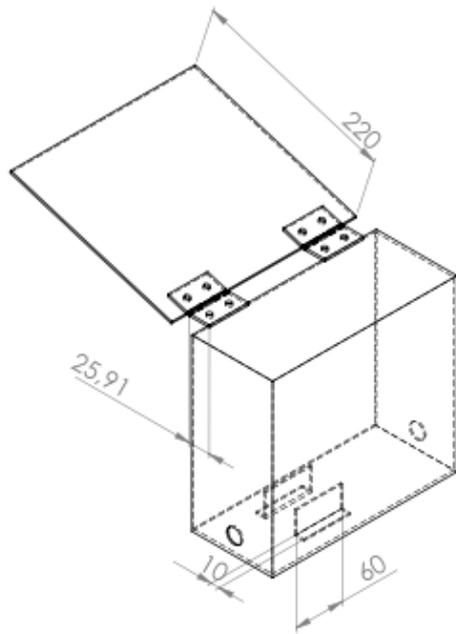
}

}

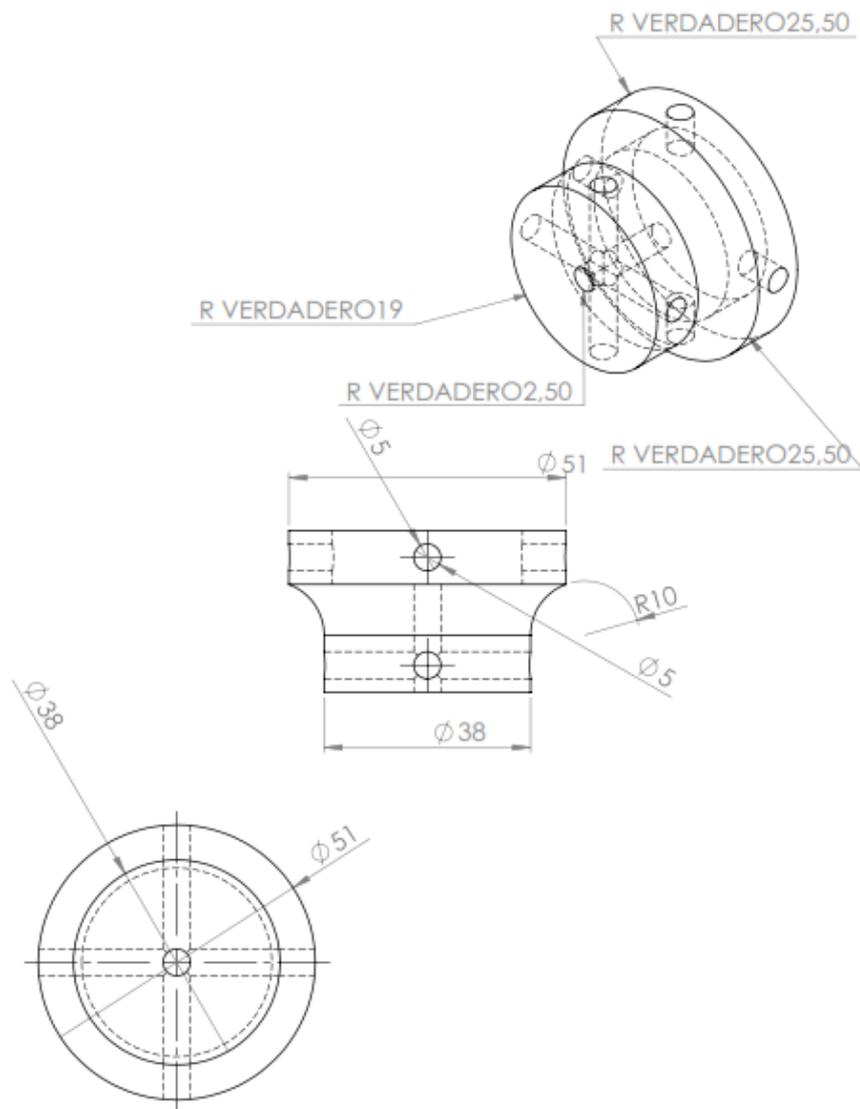
```

### ANEXO 3: PLANOS DE LAS ADECUACIONES MECÁNICAS

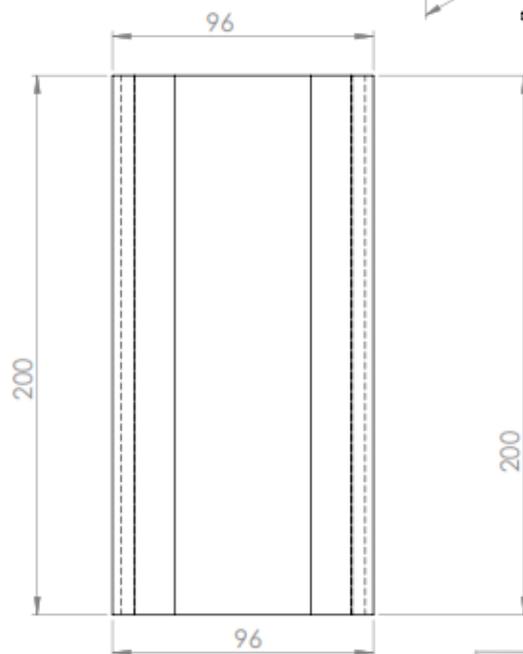
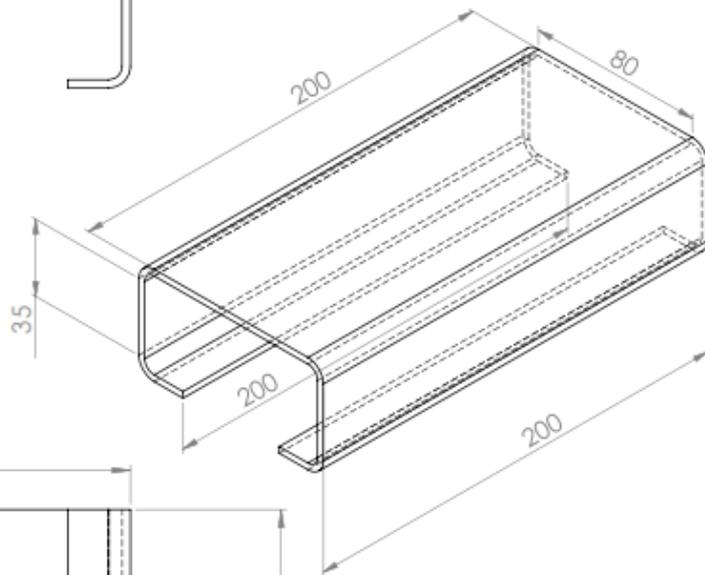
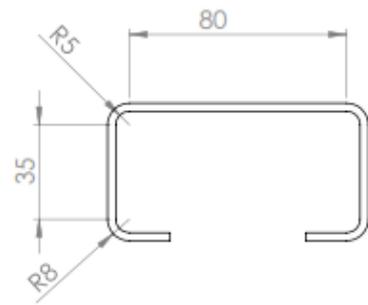




TÍTULO:		Caja motor	
INTEGRANTES:		CHANCUSIG - BALSECA	
MATERIAL:	FECHA:		A4
Acero inoxidable	14/10/2016		
ESCALA: 1:5		HOJA 1 DE 1	



TÍTULO: <b>Acople motor - válvula</b>		
INTEGRANTES: <b>CHANCUSIG - BALSECA</b>		
MATERIAL: <b>Nylon</b>	FECHA: <b>14/10/2016</b>	<b>A4</b>
ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1	



TÍTULO: Soporte electroválvula		
INTEGRANTES: CHANCUSIG - BALSECA		
MATERIAL: Acero inoxidable	FECHA: 14/10/2016	A4
ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1	

#### ANEXO 4: FICHA TECNICA

DATOS GENERALES			
NOMBRE	EMBUTIDORA PISTOLA	TIPO	CÓDIGO
MARCA	TORRELLI	NÚMERO DE SERIE	SN
LOCALIZACIÓN	Laboratorio Especializado de Cárnicos-ESPOCH		

FABRICANTE	SUMINISTRADOR
	<b>NOMBRE:</b> Alvaro BALSECA <b>DIRECCIÓN:</b> Ambato <b>TELÉFONO:</b> 0983797483 <b>PERSONA DE CONTACTO:</b> Alvaro BALSECA
ACCESORIOS <b>SI</b> <b>O</b> <b>NO</b> <b>Ø</b>	<b>SERVICIO TÉCNICO (NECESIDAD)</b>
	<b>NOMBRE:</b> Alvaro BALSECA <b>DIRECCIÓN:</b> Latacunga <b>TELÉFONO:</b> 0992847277 <b>PERSONA DE CONTACTO:</b> Mario CHANCUSIG

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Capacidad: 25 Kg</b></li> <li>• <b>Motor: 2Hp – 220 V</b></li> <li>• <b>Presión mínima: 77 bares</b></li> <li>• <b>Velocidad de Trabajo: 100 R.P.M.</b></li> </ul>
--

#### CONDICIONES ESPECIALES DE UTILIZACIÓN

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Aplicación para elaboración de embutidos.</b></li> <li>• <b>No apto para materiales tóxicos.</b></li> <li>• <b>Verificar el nivel de aceite en el tanque.</b></li> <li>• <b>Verificar posición del cilindro.</b></li> <li>• <b>Verificar la temperatura de las mangueras y accesorios hidráulicos.</b></li> </ul>
---

#### OPERACIONES DE CONTROL

Ø CALIBRACIÓN	Ø INTERNA	CÓDIGO:	N/A
	Ø EXTERNA	ENTIDAD EXTERNA:	N/A
Ø VERIFICACIÓN	Ø INTERNA	CÓDIGO:	Antes de la práctica
	Ø EXTERNA	ENTIDAD EXTERNA:	Semestral
Ø MANTENIMIENTO	Ø INTERNA	CÓDIGO:	
	Ø EXTERNA	ENTIDAD EXTERNA:	Anual de no cumplir con la verificación

**ANEXO 5**  
(Manual de la máquina  
embutidora)

# Manual de Usuario

## MAQUINA EMBUTIDORA



# MANUAL DE USUARIO MAQUINA EMBUTIDORA



Describir los pasos para facilitar el uso de la embutidora para elaboración de variados tipos de embutidos por parte del personal encargado y estudiantes para maximizar su operación y evitar averías en el equipo.

## 1) Características técnicas

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	INDICADOR
<b>a) MOTOR</b>		
Potencia	2	HP
Voltaje	110/220	Vac
Velocidad De Rotación	100	R.P.M
<b>b) MOTOR PASO A PASO</b>		
Numero de hilos	6	
Voltaje	12	Vdc
Torque	667	m.Nm
Paso/Angulo	1.8	Grados
<b>c) SISTEMA DE CONTROL(Arduino)</b>		
Modelo	Mega	2560
Voltaje De Entrada	7 - 12	V dc
Salida Digital	5	Vdc
<b>d) ELECTROVALVULA</b>		
Voltage	12	V dc

<b>e) SENSOR DE ULTRASONICO</b>		
Numero de pines	4	
Dimensiones	1.9x4.33	cm
<b>f) SENSOR DE PRESION</b>		
Número de hilos	3	
Longitud	10	cm
<b>g) FUENTE</b>		
Voltaje de alimentación	110	Vac
Voltaje de salida	12	Vdc
<b>n) PANTALLA HMI</b>		
Modelo	DOP-B03E211	
Voltaje de funcionamiento	24	Vdc
Interfaz	COM2	RS-232/RS422/RS485
Temperatura del ambiente	20-85%	%
Temperatura de la operación	0-50	°C
Resolución	480*272	
Tamaño de pantalla	3,8 pulgadas	
Memoria	8	Mb

## 2) *ANTES DE PONER EN MARCHA*

El jefe del laboratorio y asistente de cátedra son los responsables de:

- Planificar las prácticas de laboratorio de acuerdo a las carreras y materias.
- Efectuar una correcta gestión de los recursos, superando oportunamente los problemas que pueda enfrentar en el Laboratorio de Procesos Industriales y operaciones unitarias.

## 3) *INSTRUCCIONES DE USO*

- Manual de Operación de Laboratorio

## 4) *PARTES DE LA EMBUTIDORA*

1. Verificar que el cable de poder del gabinete esté conectado a la red eléctrica.
2. Verificar que el motor de la máquina sea encendido del tablero principal
3. Verificar que la válvula de reguladora este cerrada totalmente.
4. Verificar que el pistón se encuentre en la posición inicial.
5. Verificar que los acoples sean colocado al final del embolo.
6. Ingresar la materia prima a la embutido poniendo el embolo verticalmente con un máximo de 20 Kg de carne.
7. Verificar que se introduzca la pieza de nylon encima de la carne.
8. Verificar que el embolo sea colocado horizontalmente y coincida con el pistón.
9. Prender el tablero de control HMI, utilizando el botón selector.
10. Presionar el botón Inicio que corresponde del HMI, y en la pantalla se debe presionar el botón Embutir, entonces se presenta una pantalla con los dos controles Manual y Automático.
11. Si selecciono el modo manual puede controlar el avance y retroceso del pistón de la pantalla o si lo de los pulsadores que se encuentran en la máquina.
12. Si es necesario aumentar o disminuir la velocidad de salida del pistón desde la pantalla HMI.
13. Si selecciono el modo Automático, se presentara una pantalla donde debe seleccionar el tipo de producto a embutir.
14. Una vez seleccionado el producto, se cambiara a la pantalla del modo automático ahí debe presionar el botón Iniciar y el pistón automáticamente saldrá a una velocidad ya programa, usted podrá detener el pisto presionando el pulsado de paro si lo desea y reanudar el proceso con el pulsador verde.
15. Una vez el cilindro haya llegado al final de la carrera, usted retrocede desde la pantalla HMI si selecciono el modo manual, o si selecciono el modo automático este regresara automáticamente.

16. Una vez terminado, apagar el tablero con el selector y posteriormente apagar el tablero principal.
17. Realizar la limpieza respectiva de la embutidora y el área de trabajo.

## **5) LIMPIEZA**

- No abrir el tablero de control mientras la embutidora se encuentre funcionando, para evitar posibles daños o fallas en la máquina.
- Tener cuidado con la superficie de la pantalla táctil, ya que esta se puede averiar con el contacto de líquidos, así como querer manipularla con objetos corto punzantes.
- Tener cuidado al momento de lavar la máquina evitar mojar las electroválvulas y sensores.
- Antes y después de utilizar la embutidora verificar que el mismo esté totalmente limpio.
- Al realizar el proceso de elaboración de embutidos, se debe cumplir con las normas de higiene y seguridad por tratarse de un producto alimenticio.

## **6) MANTENIMIENTO Y ADVERTENCIAS**

El mantenimiento, revisión o reparación de la embutidora debe hacerse por personal competente y bajo la dirección de un supervisor calificado.

Asegurarse de que todas las instrucciones que se refieren al funcionamiento y al mantenimiento sean efectuadas de igual manera para los elementos de la embutidora.

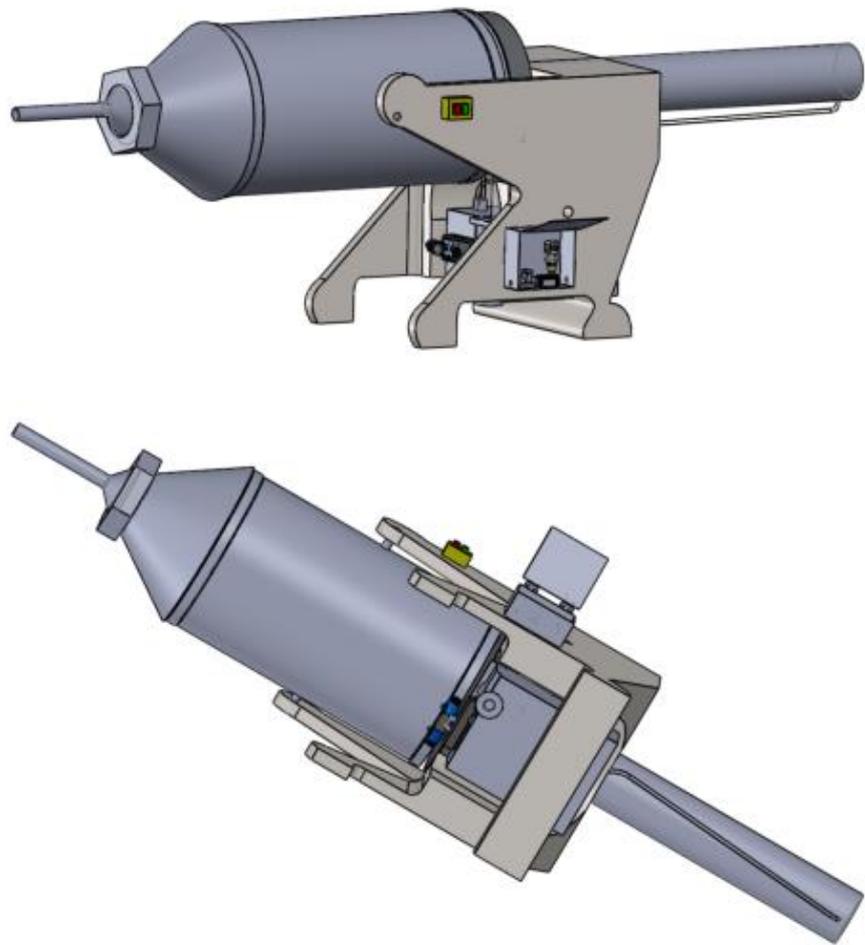
Cualquier intervención en el equipo debe ser efectuada con la máquina parada y desconectada de la red eléctrica.

Verificar el nivel del aceite hidráulico, el mismo debe ser cambiado según las horas de trabajo de la máquina.

## **7) REGISTROS**

- Ficha del equipo código: No disponible

8) ANEXOS



TÍTULO: Embutidora Torrelli pistoia		
INTEGRANTES: CHANCUSIG - BALSECA		
MATERIAL: Acero inoxidable	FECHA: 19/10/2016	A4
ESCALA: 1:20	HOJA 1 DE 1	

## ANEXO 6: FOTOGRAFÍAS PRELIMINARES Y POSTERIORES A LA AUTOMATIZACIÓN



# ANEXO 7: HOJAS DE DATOS

## 2 Phase Hybrid Stepping Motor

**59D SERIES**  
56mm (NEMA23)



1.8°

Unipolar

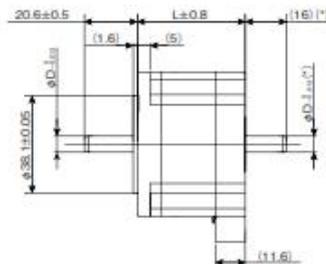
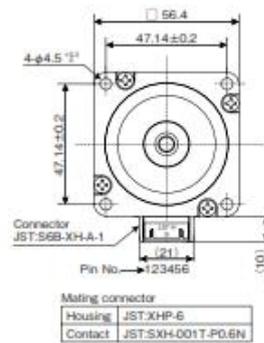


### SPECIFICATIONS

MODEL	STEP ANGLE	VOLTAGE	CURRENT	RESISTANCE	INDUCTANCE	HOLDING TORQUE	ROTOR INERTIA	NUMBER OF PINS	MASS	LENGTH
	deg.	V	A/r	$\Omega/\phi$	mH/ $\phi$	mN-m	g-cm <sup>2</sup>	Pin	g	mm
SST59D110X	1.8	4.7	1.0	4.70	7.5	667	145	6	0.51	42
SST59D115X	1.8	3.2	1.5	2.10	3.4	667	145	6	0.51	42
SST59D120X	1.8	2.6	2.0	1.30	2.0	680	145	6	0.51	42
SST59D125X	1.8	2.1	2.5	0.85	1.3	692	145	6	0.51	42
SST59D130X	1.8	1.9	3.0	0.62	0.9	667	145	6	0.51	42
SST59D210X	1.8	5.5	1.0	5.90	9.2	925	210	6	0.62	48.5
SST59D215X	1.8	3.6	1.5	2.40	4.1	925	210	6	0.62	48.5
SST59D220X	1.8	2.8	2.0	1.40	2.4	936	210	6	0.62	48.5
SST59D225X	1.8	2.4	2.5	0.95	1.6	947	210	6	0.62	48.5
SST59D230X	1.8	2.0	3.0	0.67	1.1	925	210	6	0.62	48.5
SST59D310X	1.8	6.3	1.0	6.30	11.1	1088	245	6	0.71	54.5
SST59D315X	1.8	4.2	1.5	2.80	5.1	1088	245	6	0.71	54.5
SST59D320X	1.8	3.4	2.0	1.70	3.0	1106	245	6	0.71	54.5
SST59D325X	1.8	2.8	2.5	1.10	2.0	1126	245	6	0.71	54.5
SST59D330X	1.8	2.5	3.0	0.82	1.3	1088	245	6	0.71	54.5
SST59D510X	1.8	8.6	1.0	8.60	19	1847	470	6	1.11	77.5
SST59D515X	1.8	6.3	1.5	4.20	8.4	1847	470	6	1.11	77.5
SST59D520X	1.8	5.0	2.0	2.50	4.9	1876	470	6	1.11	77.5
SST59D525X	1.8	4.3	2.5	1.70	3.3	1906	470	6	1.11	77.5
SST59D530X	1.8	3.6	3.0	1.20	2.2	1847	470	6	1.11	77.5

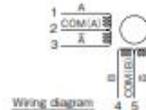
Final Number 0:Single Shaft 1:Double Shaft

### DIMENSIONS



\* Dimensions apply to double shaft models.

MODEL	SHAFT Dia. ( $\phi D$ )
SST59D1XXX	$\phi 6.35$
SST59D2XXX	$\phi 6.35$
SST59D3XXX	$\phi 6.35$
SST59D5XXX	$\phi 8$





# SONGLE RELAY

	RELAY ISO9002	SRD
---	---------------	-----



### 1. MAIN FEATURES

- Switching capacity available by 10A in spite of small size design for highdensity P.C. board mounting technique.
- UL,CUL,TUV recognized.
- Selection of plastic material for high temperature and better chemical solution performance.
  - Sealed types available.
- Simple relay magnetic circuit to meet low cost of mass production.

### 2. APPLICATIONS

- Domestic appliance, office machine, audio, equipment, automobile, etc.  
( Remote control TV receiver, monitor display, audio equipment high rushing current use application.)

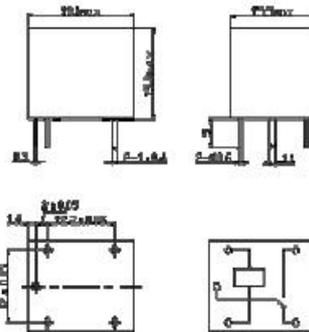
### 3. ORDERING INFORMATION

SRD	XX VDC	S	L	C
Model of relay	Nominal coil voltage	Structure	Coil	Contact form
SRD	03 05 06 09 12 24 48 VDC	S: Sealed type F: Flux free type	L: 0.36W D: 0.45W	A: 1 form A B: 1 form B C: 1 form C

### 4. RATING

CCC	FILE NUMBER: CQC03001003729	7A/240VDC
CCC	FILE NUMBER: CQC03001003731	10A/250VDC
UL /CUL	FILE NUMBER: E167996	10A/125VAC 28VDC
TUV	FILE NUMBER: R50056114	10A/250VAC 30VDC

### 5. DIMENSION (unit:mm)      DRILLING (unit:mm)      WIRING DIAGRAM



---

**4 PIN DIP PHOTOTRANSISTOR PHOTOCOUPLER**

---

**Features:**

- Current transfer ratio  
(CTR:MIN.50% at  $I_F = 5\text{mA}$ ,  $V_{CE} = 5\text{V}$ )
- High isolation voltage between input and output  
( $V_{iso} = 5000\text{ V rms}$ )
- Compact dual-in-line package  
FL817\*:1-channel type
- Pb free



**Options available:**

- Leads with 0.4"(10.16mm) spacing (M Type)
- Leads bends for surface mounting (S Type)
- Tape and Reel of Type I for SMD(Add"-TA" Suffix)
- Tape and Reel of Type II for SMD(Add"-TB" Suffix)
- The tape is 16mm and is wound on a 33cm reel

**Applications:**

- Computer terminals
- System appliances, measuring instruments
- Registers, copiers, automatic vending machines
- Cassette type recorder
- Electric home appliances, such as fan heaters, etc.
- Signal transmission between circuits of different potentials and impedances

**Device Selection Guide**

Part. No.	Chip Material	
	IR	PT
FL817*	GaAs	Silicon

**4 PIN DIP PHOTOTRANSISTOR PHOTOCOUPLER**

**Absolute Maximum Ratings (Ta=25°C)**

Parameter		Symbol	Rating	Unit
Input	Forward Current	$I_F$	50	mA
	Reverse Voltage	$V_R$	6	V
	Power Dissipation	$P$	70	mW
Output	Collector Power Dissipation	$P_C$	150	mW
	Collector Current	$I_C$	50	mA
	Collector-Emitter Voltage	$V_{CEO}$	70	V
	Emitter-Collector Voltage	$V_{ECO}$	6	V
Total Power Dissipation		$P_{tot}$	200	mW
*1 Isolation Voltage		$V_{iso}$	5000	V rms
Operating Temperature		$T_{opr}$	-55~+110	°C
Storage Temperature		$T_{stg}$	-55~+125	°C
*2 Soldering Temperature		$T_{sol}$	260	°C

\*1 AC for 1 minute, R.H= 40~ 60%RH

-Isolation voltage shall be measured using the following method.

- (1) Short between anode and cathode on the primary side and between collector, emitter and base on the secondary side.
- (2) The isolation voltage tester with zero-cross circuit shall be used.
- (3) The waveform of applied voltage shall be a sine wave

\*2 For 10 seconds



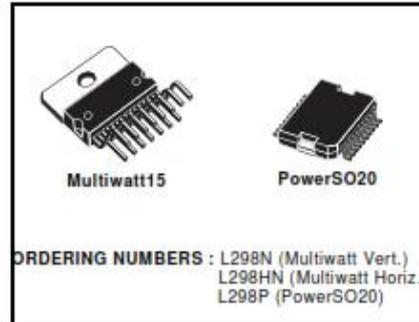
## L298

### DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

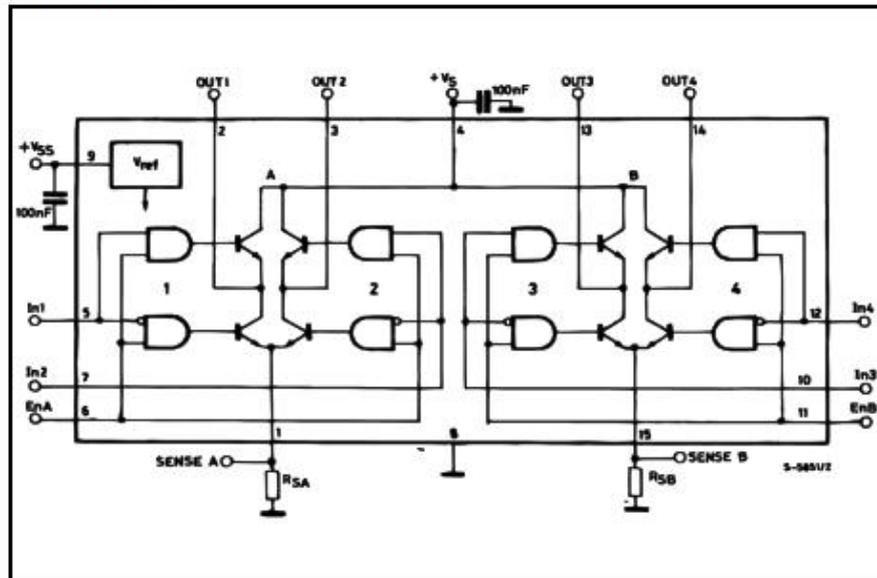
#### DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the con-



nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

#### BLOCK DIAGRAM



## PIN FUNCTIONS (refer to the block diagram)

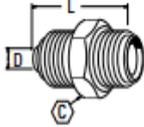
MW.15	PowerSO	Name	Function
1;15	2;19	Sense A; Sense B	Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load.
2;3	4;5	Out 1; Out 2	Outputs of the Bridge A; the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1.
4	6	V <sub>ss</sub>	Supply Voltage for the Power Output Stages. A non-inductive 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
5;7	7;9	Input 1; Input 2	TTL Compatible Inputs of the Bridge A.
6;11	8;14	Enable A; Enable B	TTL Compatible Enable Input: the L state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B).
8	1,10,11,20	GND	Ground.
9	12	V <sub>SS</sub>	Supply Voltage for the Logic Blocks. A100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
10; 12	13;15	Input 3; Input 4	TTL Compatible Inputs of the Bridge B.
13; 14	16;17	Out 3; Out 4	Outputs of the Bridge B. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15.
-	3;18	N.C.	Not Connected

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V<sub>S</sub> = 42V; V<sub>SS</sub> = 5V, T<sub>J</sub> = 25°C; unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V <sub>S</sub>	Supply Voltage (pin 4)	Operative Condition	V <sub>in</sub> +2.5		46	V
V <sub>SS</sub>	Logic Supply Voltage (pin 9)		4.5	5	7	V
I <sub>Q</sub>	Quiescent Supply Current (pin 4)	V <sub>en</sub> = H; I <sub>L</sub> = 0 V <sub>i</sub> = L V <sub>i</sub> = H		13 50	22 70	mA mA
I <sub>SS</sub>	Quiescent Current from V <sub>SS</sub> (pin 9)	V <sub>en</sub> = L V <sub>i</sub> = X			4	mA
		V <sub>en</sub> = H; I <sub>L</sub> = 0 V <sub>i</sub> = L V <sub>i</sub> = H		24 7	36 12	mA mA
		V <sub>en</sub> = L V <sub>i</sub> = X			6	mA
V <sub>L</sub>	Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		-0.3		1.5	V
V <sub>H</sub>	Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		2.3		V <sub>SS</sub>	V
I <sub>L</sub>	Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V <sub>i</sub> = L			-10	μA
I <sub>H</sub>	High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V <sub>i</sub> = H ≤ V <sub>SS</sub> - 0.6V		30	100	μA
V <sub>en</sub> = L	Enable Low Voltage (pins 6, 11)		-0.3		1.5	V
V <sub>en</sub> = H	Enable High Voltage (pins 6, 11)		2.3		V <sub>SS</sub>	V
I <sub>en</sub> = L	Low Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V <sub>en</sub> = L			-10	μA
I <sub>en</sub> = H	High Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V <sub>en</sub> = H ≤ V <sub>SS</sub> - 0.6V		30	100	μA
V <sub>CEsat (H)</sub>	Source Saturation Voltage	I <sub>L</sub> = 1A I <sub>L</sub> = 2A	0.95	1.35 2	1.7 2.7	V V
V <sub>CEsat (L)</sub>	Sink Saturation Voltage	I <sub>L</sub> = 1A (5) I <sub>L</sub> = 2A (5)	0.85	1.2 1.7	1.6 2.3	V V
V <sub>CEsat</sub>	Total Drop	I <sub>L</sub> = 1A (5) I <sub>L</sub> = 2A (5)	1.80		3.2 4.9	V V
V <sub>sense</sub>	Sensing Voltage (pins 1, 15)		-1 (1)		2	V

## ANEXO 8: ACOPLER, ACCESORIOS Y COMPONENTES HIDRAULICOS

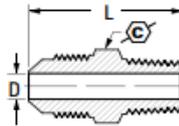
Adapter SAE 45° Flare to Inv. Flare



SAE Tube Size	Inverted Male	Catalog Number		D	L
1/4	3/16	1518	7/16	.189	1.031
1/4	1/4	1522	7/16	.188	1.031
3/8	5/16	1553	5/8	.234	1.340
3/8	3/8	1563	5/8	.282	1.380
3/8	7/16	1554	11/16	.282	1.400

Male Connector

(Ref. SAE No. 010102)



Tube O.D.	Male Pipe Thread	Catalog Number		D	L1	D1
1/8	1/8	48x2	7/16	.078	0.90	.219
3/16	1/8	48x3	7/16	.125	1.00	.219
1/4	1/8	48x4	7/16	.188	1.06	.219
1/4	1/4	48x4x4	9/16	.188	1.26	.312
5/16	1/8	48x5	1/2	.219	1.16	.219
5/16	1/4	48x5x4	9/16	.219	1.34	.281
3/8	1/8	48x6x2	5/8	.281	1.25	.406
3/8	1/4	48x6	5/8	.281	1.44	.562
3/8	3/8	48x6x6	11/16	.281	1.44	.312
3/8	1/2	48x6x8	7/8	.281	1.69	.219
1/2	1/4	48x8x4	3/4	.406	1.62	.281
1/2	3/8	48x8	3/4	.406	1.62	.406
1/2	1/2	48x8x8	7/8	.406	1.81	.562
5/8	3/8	48x10x6	7/8	.500	1.81	.406
5/8	1/2	48x10	7/8	.500	2.00	.500
3/4	1/2	48x12	1-1/16	.562	2.18	.562
3/4	3/4	48x12x12	1-1/16	.625	2.18	.751

### Terminales para prensa con tubo a90° y tuerca giratoria JIC 37<sup>c</sup>



Código	Rosca	Diam. Tubo Exterior	Diam. Int. Manguera
2 04 16 001	UNF 9/16"x18h	3/8"	1/4"
2 04 16 002	UNF 3/4"x16h	1/2"	3/8"
2 0416 003	UNF 3/4"x16h	1/2"	1/2"
2 04 16 004	UNF 7/8"x14h	5/8"	1/2"

Power Crimp One Non-Skive Ferrules (Steel) - PC1F-M2S Series / SAE 100R1

Type AT



Description	Part No.	Product No.	"A" Length (In.)	"B" Diameter (In.)
4PC1F-M2S	80468	7266-07635	1.2	0.83
6PC1F-M2S	81512	7266-07375	1.2	1.06
8PC1F-M2S	80474	7266-07395	1.47	1.2
10PC1F-M2S	80477	7266-07415	1.47	1.31
12PC1F-M2S	80475	7266-07435	1.69	1.57
16PC1F-M2S	80480	7266-07475	1.69	1.94

### Tee con JIC 37° en todos sus extremo



Código	Rosca 1	Rosca 2	Rosca 3	Tubo Exterio
2 04 71 002	UNF 7/16"x20h	UNF 7/16"x20h	UNF 7/16"x20h	1/4"
2 04 71 003	UNF 9/16"x18h	UNF 9/16"x18h	UNF 9/16"x18h	3/8"
2 04 71 004	UNF 3/4"x16h	UNF 3/4"x16h	UNF 3/4"x16h	1/2"
2 04 71 005	UNF 7/8"x14h	UNF 7/8"x14h	UNF 7/8"x14h	5/8"

# ANEXO 9: CATÁLOGO ATOS

## Practical formulae, graphs and conversion tables

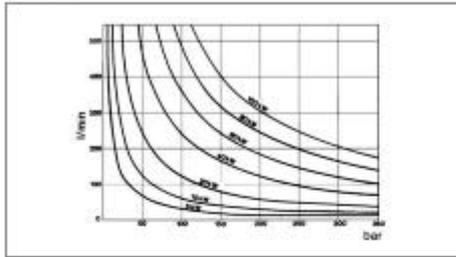
1 UNIT OF MEASUREMENT CONVERSION TABLE

QUANTITY	S.I. UNIT	SYMBOL	OTHER UNITS	SYMBOL	EQUIVALENCE
MASS	kilogram	[kg]	Pound	[lb]	1 [lb] = 0,4536 [kg]
			Ounce	[oz]	1 [oz] = 0,02835 [kg]
LENGTH	millimeter [10 <sup>-3</sup> m]	[mm]	Inch	[in] or ["]	1 [in] = 25,40 [mm]
			Foot	[foot]	1 [foot] = 304,8 [mm]
AREA	square centimeter [10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	Square inch	[sq in]	1 [sq in] = 6,4516 [cm <sup>2</sup> ]
			Square foot	[sq ft]	1 [sq ft] = 929,034 [cm <sup>2</sup> ]
CAPACITY	cubic centimeter [10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]	Liter	[l]	1 [l] = 1000 [cm <sup>3</sup> ]
			Cubic inch	[cu in]	1 [cu in] = 16,3870 [cm <sup>3</sup> ]
			Cubic foot	[cu ft]	1 [cu ft] = 28317 [cm <sup>3</sup> ]
			UK gallon	[imp gal]	1 [imp gal] = 4546 [cm <sup>3</sup> ]
			US gallon	[US gal]	1 [US gal] = 3785 [cm <sup>3</sup> ]
FLOW RATE	liter per minute	[l/min]	Cubic foot per minute	[cu ft/min]	1 [cu ft/min] = 28,32 [l/min]
			Gallon (UK) per minute	[imp gal/min]	1 [imp gal/min] = 4,5456 [l/min]
			Gallon (US) per minute	[US gal/min]	1 [US gal/min] = 3,7848 [l/min]
FORCE	Newton [kgm/s <sup>2</sup> ]	[N]	Kilogram force	[kgf]	1 [kgf] = 9,806 [N]
			Pound force	[lbf]	1 [lbf] = 4,448 [N]
PRESSURE	bar [10 <sup>5</sup> N/m <sup>2</sup> ]	[bar]	Pascal [1 N/m <sup>2</sup> ]	[Pa]	1 [Pa] = 10 <sup>-5</sup> [bar]
			Atmosphere	[atm]	1 [atm] = 1,0132 [bar]
			Kilogram force/cm <sup>2</sup>	[kgf/cm <sup>2</sup> ]	1 [kgf/cm <sup>2</sup> ] = 0,9806 [bar]
			Pound force/in <sup>2</sup>	[lbf/in <sup>2</sup> ] or [psf]	1 [psf] = 6,8948•10 <sup>-2</sup> [bar]
ANGULAR SPEED	revolution per minute	[rpm]	Radian per second	[rad/sec]	1 [rpm] = 9,55 [rad/sec]
POWER	kilowatt [1000 Nm/s]	[kW]	Kilogram per meter second	[kgf • m/s]	1 [kgf • m/s] = 9,803•10 <sup>-2</sup> [kW]
			Metric horse power	[CV]	1 [CV] = 0,7355 [kW]
			Horse power	[HP]	1 [HP] = 0,7457 [kW]
KINEMATIC VISCOSITY	centistoke [10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s]	[cSt]	Square meter per second	[m <sup>2</sup> /s]	1 [m <sup>2</sup> /s] = 10 <sup>6</sup> [cSt]
			Engler degree	[°E]	1 [°E] = 7,598 [cSt]
TEMPERATURE	Celsius degree	[°C]	Kelvin degree	[K]	1 [K] = 1 [°C] + 273,15
			Fahrenheit	[°F]	1 [°F] = 1,8 [°C] + 32
MOMENTUM (TORQUE)	Newton per meter	[Nm]	Kilogram f per meter	[Kg f m]	1 [Kg f m] = 0,102 Nm
			Pound force per inch	[lbf in]	1 [lbf in] = 0,113 Nm

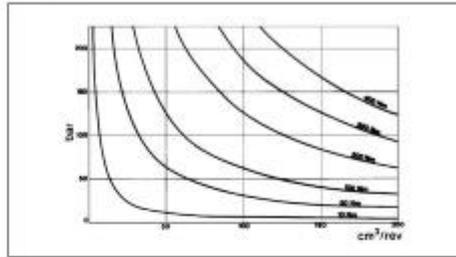
\* See diagrams of section 4

**2 PRACTICAL FORMULAE AND DIAGRAMS FOR PUMPS AND MOTORS**

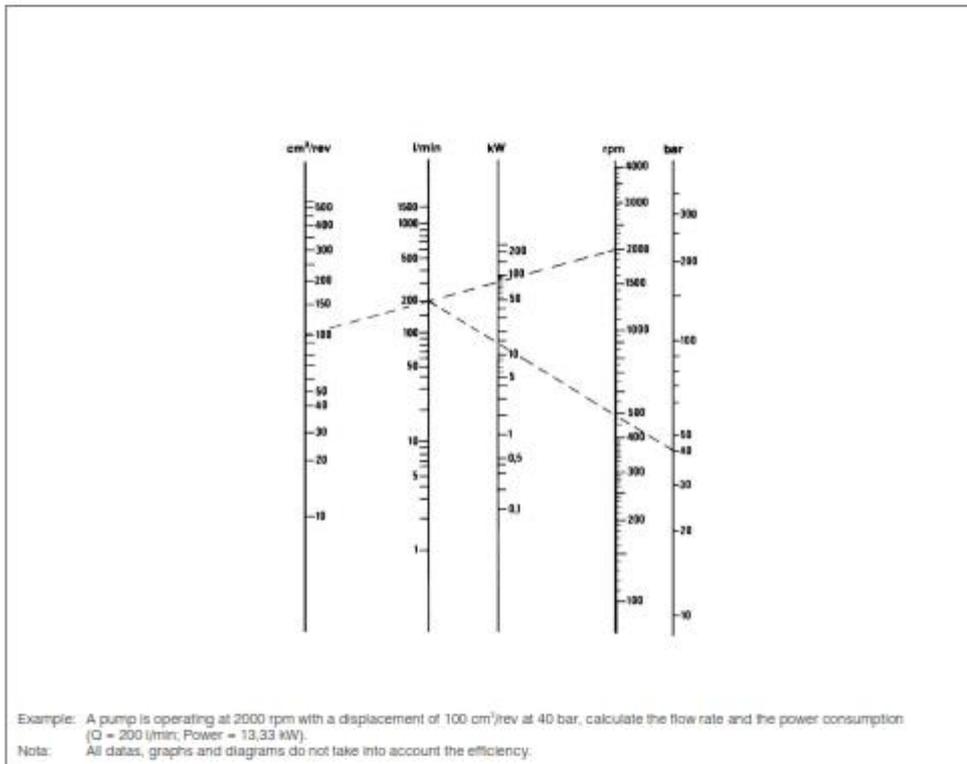
**2.1 Power**



**2.2 Torque**



**2.3 Graphs used in calculations with pumps**



**2.4 Main formulae**

**Pumps:**

- power consumption [kW]:  $\frac{Q \cdot P}{612 \cdot \eta}$

- required shaft torque [Nm]:  $\frac{V \cdot P}{20 \cdot \pi \cdot \eta} \approx \frac{V \cdot P}{62,8 \cdot \eta}$

**Motors:**

- power delivered [kW]:  $\frac{Q \cdot P}{612} \cdot \eta$

- shaft torque produced [Nm]:  $\frac{V \cdot P \cdot \eta}{20 \cdot \pi} \approx \frac{V \cdot P \cdot \eta}{62,8}$

- power supplied [kW]:  $\frac{n \cdot [Nm]}{9545}$

**LEGENDA:**

Quantity	Unit	Symbols	Quantity	Unit	Symbols
Displacement	cm <sup>3</sup>	V	Flow rate	l/min	Q
Angular speed	rpm	n	Efficiency	-	η
Pressure	bar	P			

**ANEXO 10: CATALOGO CONDUTEC INSTALACION DE MANGUERAS HIDRAULICAS.**

**CONDUTec**

**CONDAL**  
racores y arandelas

Departamento Técnico **CONDUTec** Información Técnica

19 - TIPOS DE ROSCAS Y SUS CARACTERISTICAS 2 / 4

**Rosca JIC / SAE (UNANF)**

Rosca de acuerdo a norma SAE J514 e ISO 8434-2 para conexiones de tubo abocetado.  
Sistema compuesto de 3 piezas (contacto, ferula y tuerca), el sistema JIC permite ser  
desmontado y montado en repulador, viene sin riesgo de fugas.  
Es el sistema empleado tradicionalmente para la alta presión en sistemas oleo-dinámicos.

Orilla	Rosca	Hilo/Pulgada	Ø Exterior
2		24	
3	5/16	24	
4	3/8	20	7,64
5	7/16	20	8,52
6	1/2	18	11,01
8	9/16	16	
10	3/4	14	
12	7/8	12	
14	1 1/16		
16	1 3/16		
20	1 5/8		
24	1 7/8		
32	2 1/8		
40	2 3/8		
48	2 1/2		

**Documentación Técnica**

2012

**13 - NIVELES HABITUALES DE PRESIÓN DE SERVICIO**

1º Por tipo de instalación:

Instalaciones de presión máxima	superior a 450 bar
Instalaciones de alta presión	de 350 a 450 bar
Instalaciones de presión media/alta	de 250 a 350 bar
Instalaciones de presión media	de 100 a 250 bar
Instalaciones de baja presión	de 1 a 150 bar

2º Por tipo de máquina:

<b>MAQUINARIA AGRÍCOLA</b>	
Útiles de labranza, tractores, cosechadoras, etc...	de 150 a 220 bar
Accionamiento de la cosechadoras	hasta 420 bar
<b>MAQUINARIA FORESTAL</b>	
Operaciones de grua	de 180 a 280 bar
Tracción	de 380 a 420 bar
<b>MAQUINARIA O.P.</b>	
Miniexcavadoras	de 160 a 260 bar
Excavadoras de más de 3 toneladas	hasta 320 bar
Excavadoras, gruas, tornos elevadores, etc...	hasta 420 bar
<b>MAQUINARIA PARA EL PLÁSTICO</b>	
Sopladoras	de 100 a 250 bar
Inyectoras	de 150 a 320 bar
<b>MAQUINA-HERRAMIENTA ( con arranque de viruta)</b>	
Rectificadoras	de 10 a 30 bar
Taladradoras y tornos	de 20 a 60 bar
Cepilladoras y mortajadoras	de 50 a 120 bar
Dispositivos de sujeción	de 10 a 600 bar
<b>MAQUINA-HERRAMIENTA ( sin arranque de viruta)</b>	
Plegadoras y embutidoras	de 200 a 320 bar
Cerámica y plásticos	de 260 a 320 bar
Ensayo de materiales	de 320 a 700 bar
Otras	hasta 900 bar
<b>MATERIAL PARA RESCATE</b>	
Tijeras de salvamento y puntales	hasta 700 bar
Bombas de palanca a mano, tipo Enerpac	hasta 900 bar
<b>ELEVADORES</b>	
Montacarga y ascensores de personas	de 40 a 60 bar
<b>PLANTAS METALÚRGICAS Y DE LAMINACIÓN</b>	
Laminadoras	de 100 a 320 bar
Instalaciones de colada	de 150 a 250 bar
Tijeras de péndulo	hasta 320 bar

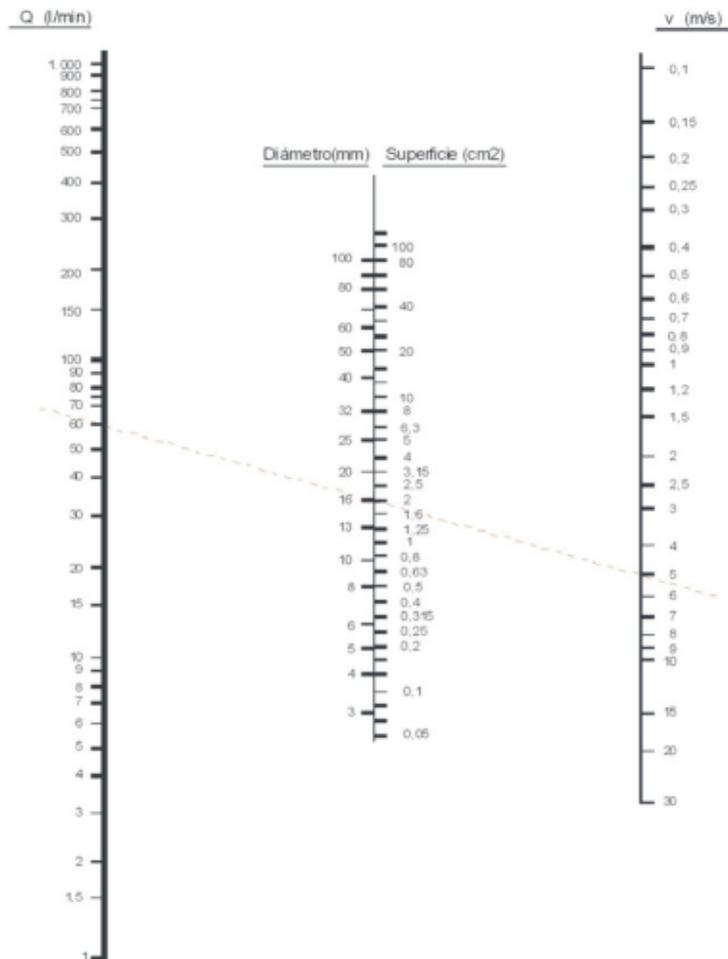
**14 - CARTA NOMOGRÁFICA**

Tipo de tubería	Presión de trabajo	Velocidad de flujo (v) *
Tubo de aspiración		1,0 m/s
Conducto de retorno		2,0 m/s
Tubería de presión	0 - 25 bar	3,0 m/s
	25 - 50 bar	4,0 m/s
	50 - 100 bar	4,5 m/s
	100 - 150 bar	5,0 m/s
	150 - 210 bar	5,5 m/s
	210 - 315 bar	6,0 m/s

\* Valores orientativos

El valor para la velocidad de flujo se introduce en la columna derecha del nomograma, mientras que en la izquierda se introduce el valor del caudal.

El punto de intersección de la línea que une los dos valores indica el valor del diámetro de la tubería que se busca, para ello tenga en cuenta las dimensiones:



RC60

RC61

RC70

RC75

RD

RN

RH

RM

HE

HV

HM

HF

HC

TA

A

Dtos.

**15 - CONSEJOS DE INSTALACIÓN DE FLEXIBLES 1 / 3**

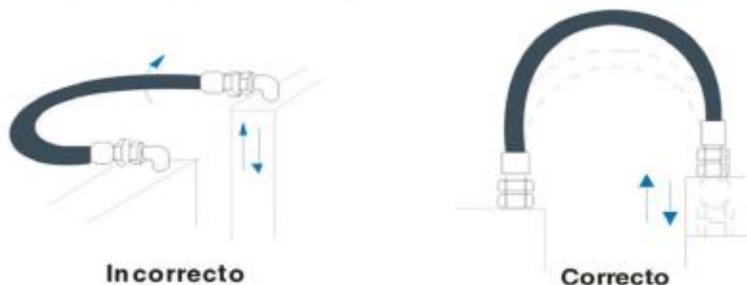
- 1º En una instalación recta, el flexible debe tener la longitud suficiente para absorber los alargamientos y las contracciones que sucederan cuando la presión de trabajo sea aplicada, los cambios de longitud pueden ser de +2% al -4%.



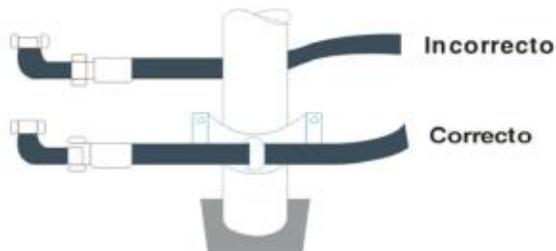
- 2º El flexible no se deberá de someter a esfuerzos de torsión, además estando torsionada y bajo presión tienden a aflojarse los terminales.



- 3º Se deben evitar siempre esfuerzos de torsión en aplicaciones con movimiento, por este motivo la curva y el movimiento deben pertenecer siempre a un mismo plano.

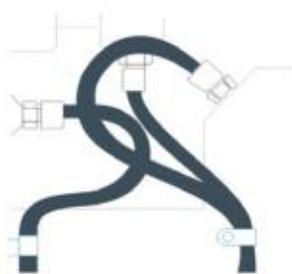
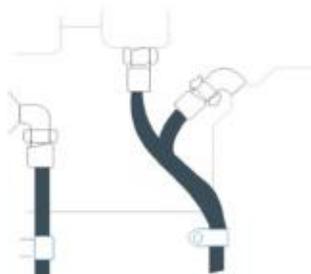


- 4º Se han de evitar los ambientes con alta temperatura, los mismos acortan la vida del flexible, en el caso de no ser posible instalar el flexible lejos de la fuente de calor, se ha de recurrir a una protección antitérmica.

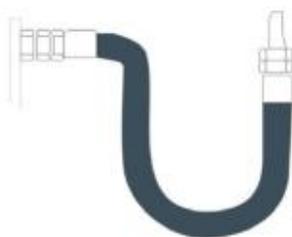


**16 - CONSEJOS DE INSTALACIÓN DE FLEXIBLES 2 / 3**

- 5º Se han de utilizar terminales y accesorios que permitan emplear mangueras más cortas, que mejoren el aspecto de la instalación, facilitando asimismo las labores de mantenimiento e inspección.

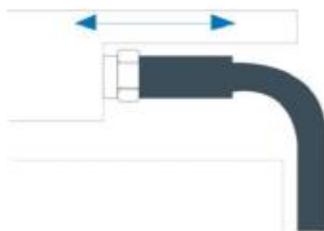
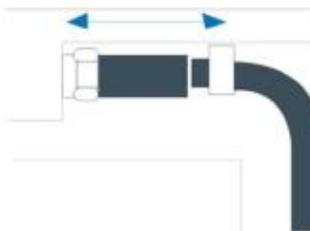

**Incorrecto**

**Correcto**

- 6º Se ha de mantener un radio de curvatura tan largo como sea posible, con ello conseguiremos evitar un colapso del flexible, debido a una restricción de la corriente del fluido. El radio de curvatura se debe medir en el interior de la manguera. Es importante consultar siempre en el catálogo el radio de curvatura mínimo correspondiente a cada manguera.


**Incorrecto**

**Correcto**

- 7º Se debe hacer la instalación del flexible de forma que se eviten rozamientos los cuales provocarían un prematuro fallo del mismo; en el caso de que no sea posible, se debe recurrir a una protección antiabrasiva.


**Incorrecto**

**Correcto**

RC60

RC61

RC70

RC75

RD

RN

RH

RM

HE

HV

HM

HF

HC

TA

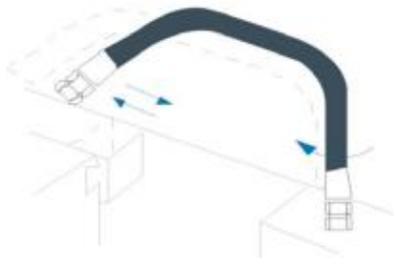
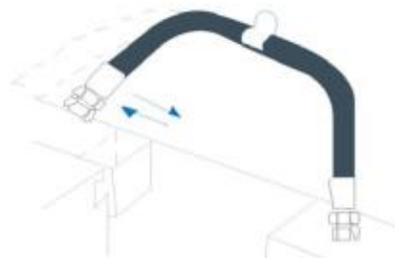
A



Ditos.

**17 - CONSEJOS DE INSTALACIÓN DE FLEXIBLES 3 / 3**

- 8º Un flexible curvado con dos terminales planos, instalado en una aplicación con movimiento, debe ser sujetado en el punto donde debe cambiar la curvatura, para evitar esfuerzos de torsión.


**Incorrecto**

**Correcto**

- 9º Siempre que una aplicación sea con movimiento, se debe prever la longitud adecuada del flexible, con el fin de que el mismo no sufra flexiones excesivas.


**Incorrecto**

**Correcto**

- 10º Con el fin de que las curvas absorban los cambios de longitud que experimenta la manguera bajo presión, el flexible deberá sujetarse solo en los tramos rectos; asimismo es importante no sujetar nunca juntas las líneas de alta y baja presión.


**Correcto**

## **ANEXO 11: ENCUESTAS**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

### **SOLICITAMOS SU COLABORACIÓN:**

ESTE CUESTIONARIO SERVIRÁ COMO INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LA EMBUTIDORA DEL LABORATORIO DE CÁRNICOS.

**1) Al momento de utilizar la embutidora en una práctica en el laboratorio de cárnicos.**

**¿Qué tipo de embutidos usted frecuentemente elabora?**

- Salchicha
- Mortadela
- Chorizo
- Peperoni
- Salami
- Jamón

**2) Una vez terminado el proceso de embutición ¿Qué cantidad de desperdicio de materia prima existe?**

- Mucho (15%)
- Poco (5%)
- Nada (0%)

**3) Con respecto al tipo de embutido más frecuente ¿Qué tiempo suele demorarse al embutir?**

- 15 min
- 30 min
- 45 min
- 90 min

**GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÀTICA Y ELECTRÒNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÌA ELECTRÒNICA EN CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

**SOLICITAMOS SU COLABORACIÒN:**

ESTE CUESTIONARIO SERVIRÀ COMO INSTRUMENTO DE RECOLECCIÒN DE DATOS PARA LOS RESULTADOS DE LA AUTOMATIZACIÒN DE LA EMBUTIDORA DEL LABORATORIO DE CÀRNICOS.

**1) Con respecto al tipo de embutido más frecuente ¿Qué tiempo suele demorarse al embutir?**

- 15 min
- 30 min
- 45 min
- 90 min

**2) Una vez terminado el proceso de embutición ¿Qué cantidad de desperdicio de materia prima existe?**

- Mucho (15%)
- Poco (5%)
- Nada (0%)

**3) ¿Usted cree que se mejoró el proceso de embutición y facilitó su manejo eliminando la parte manual y cambiándola a la automática?**

- SI
- NO

**4) Ya automatizada la Embutidora ¿Cuál cree que es el mayor beneficio tanto para estudiantes como docentes?**

---

---

---

**GRACIAS POR SU COLABORACIÒN**