



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 EL CONTROL Y MONITOREO
APLICADO AL PROCESO DE PLANCHADO DE CUERO EN EL
LABORATORIO DE CURTIEMBRE DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS PECUARIAS DE LA ESPOCH”**

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

AUTORES: FABIAN EFRAIN FIALLOS LOZADA
WILLAM PATRICIO CAÑAR YUMBOLEMA

TUTOR: ING. MARCO ANTONIO VITERI BARRERA

Riobamba – Ecuador

2017

©2017, Fabian Efrain Fiallos Lozada y Willam Patricio Cañar Yumbolema.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo a 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 de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL Y MONITOREO APLICADO AL PROCESO DE PLANCHADO DE CUERO EN EL LABORATORIO DE CURTIEMBRE DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS DE LA ESPOCH”, de responsabilidad de los señores Fabian Efrain Fiallos Lozada y Willam Patricio Cañar Yumbolema, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Washington Luna E. DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	-----	-----
Ing. Freddy Chávez V. DIRECTOR DE ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	-----	-----
Ing. Marco Viteri B. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	-----	-----
Ing. Wilson Zúñiga V. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	-----	-----

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, FABIAN EFRAIN FIALLOS LOZADA y WILLAM PATRICIO CAÑAR YUMBOLEMA, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Fabian Efrain Fiallos Lozada

CI. 180299931-6

Willam Patricio Cañar Yumbolema

CI. 020204679-3

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mis padres Fabian y Cecilia por ser un ejemplo de constancia y perseverancia ya que con sus consejos me ayudaron a seguir adelante y no darme por vencido.

A mi hermana Melissa por ser un pilar fundamental en mi vida y estar siempre en los momentos que más la necesitaba brindándome su apoyo incondicional.

Fabian Efrain

Dedicado a mi Dios por darme salud, sabiduría, bienestar y tranquilidad espiritual, con su bendición permitirme formarme e íntegramente como ser humano por el sendero del bien.

A mis padres Angel y Rosa quienes depositaron toda su confianza en mí, apoyándome incondicionalmente con esfuerzo y dedicación en cada paso de mi trayectoria.

A mis hermanos Gloria y Darwin que siempre han sido un ejemplo a seguir, quienes son un pilar de apoyo, con sus sabios consejos, me han llevado crecer como persona y culminar con éxito una etapa más de vida.

Dedicado para todas las personas especiales que confiaron en mí, quienes con su granito de arena me ayudaron a motivar y hacer posible mi sueño anhelado.

.

Willam Patricio

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Escuela de Ingeniería Electrónica Control y Redes Industriales, a los docentes, compañeros y amigos por todo el apoyo brindado durante la carrera.

Al Centro de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente CEAA-FIE por permitirnos obtener y desarrollar nuevos conocimientos prácticos, formándonos profesionalmente en el ámbito laboral.

A los Ingenieros Marco Viteri y Wilson Zúñiga quienes con su paciencia y conocimientos han sabido guiarnos con bases sólidas en la elaboración del presente trabajo.

Fabian Efrain y Willam Patricio

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE FÓRMULAS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xvi
RESUMEN	xvii
SUMMARY	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	6
1.1. Cadena productiva del cuero	6
1.1.1. <i>Proceso de acabado del cuero</i>	6
1.2. Automatización y control industrial	7
1.2.1. <i>PLC (Controlador Lógico Programable)</i>	7
1.2.2. <i>HMI (Interfaz Hombre-Máquina)</i>	9
1.2.3. <i>Módulo analógico FP0RA21</i>	11
1.3. Elementos de protección y control	12
1.3.1. <i>Fusibles</i>	12
1.3.2. <i>Interruptor magnetotérmico</i>	12
1.3.3. <i>Contactador</i>	12
1.4. Elementos de accionamiento y señalización	13
1.4.1. <i>Pulsador de paro</i>	13
1.4.2. <i>Pulsador de marcha</i>	14
1.4.3. <i>Selector rotativo</i>	14
1.4.4. <i>Finales de carrera</i>	14
1.5. Elementos de medición y neumáticos	15
1.5.1. <i>Fuente DC</i>	15
1.5.2. <i>Termocupla</i>	16
1.5.3. <i>Electroválvula</i>	16
1.5.4. <i>Cilindro</i>	16
1.5.5. <i>Compresor</i>	17

1.5.6.	<i>Unidad de mantenimiento</i>	17
1.5.7.	<i>Válvula estranguladora de presión</i>	18
1.5.8.	<i>Racores</i>	19
1.5.9.	<i>Silenciadores</i>	19

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	20
2.1.	Reconocimiento sistema inicial	20
2.2.	Materiales, equipos e instalación	20
2.3.	Rediseño y repontenciación de la máquina de planchado	21
2.3.1.	<i>Diseño estructura metálica 3D</i>	<i>21</i>
2.3.2.	<i>Soldado de estructura metálica</i>	<i>22</i>
2.3.3.	<i>Terminado de la estructura</i>	<i>23</i>
2.4.	Análisis del proceso a controlar	23
2.5.	Sistema de control general	24
2.5.1.	<i>Etapas de control automático</i>	<i>24</i>
2.5.2.	<i>Diseño control de temperatura on- off</i>	<i>25</i>
2.5.3.	<i>Etapas de control manual</i>	<i>27</i>
2.6.	Dimensionamiento de la acometida eléctrica	27
2.7.	Sistema de Control de Prensado	29
2.7.1.	<i>Funcionamiento del sistema neumático</i>	<i>29</i>
2.7.2.	<i>Dimensionamiento del sistema neumático</i>	<i>30</i>
2.8.	Dimensionamiento y selección de elementos neumáticos	36
2.8.1.	<i>Compresor de aire</i>	<i>36</i>
2.8.2.	<i>Electroválvulas</i>	<i>37</i>
2.8.3.	<i>Diagrama sistema neumático</i>	<i>38</i>
2.8.4.	<i>Simulación del sistema neumático software de FESTO ProPneu v4.2.2.18</i>	<i>39</i>
2.9.	Selección de sensores	40
2.9.1.	<i>Termocupla</i>	<i>40</i>
2.9.2.	<i>Final de carrera</i>	<i>41</i>
2.10.	Dimensionamiento y selección del controlador	42
2.10.1.	<i>Conexión de entradas y salidas al controlador</i>	<i>43</i>
2.11.	Selección de la fuente de voltaje	46
2.12.	Diseño e implementación del tablero de control	46
2.12.1.	<i>Dimensionamiento tablero de control</i>	<i>47</i>

2.12.2.	<i>Instalación de elementos de soporte</i>	47
2.12.3.	<i>Montaje de equipos de automatización dentro del gabinete</i>	48
2.12.4.	<i>Montaje de equipos de automatización fuera del gabinete</i>	48
2.12.5.	<i>Cableado e instalación del gabinete</i>	49
2.12.6.	<i>Instalación electroválvulas</i>	49
2.12.7.	<i>Entorno de programación FPWIN PRO</i>	50
2.12.8.	<i>Requerimientos</i>	50
2.13.	Configuración del Software Control FPWIN PRO V7.14	51
2.14.	Memorias utilizadas	52
2.15.	Condiciones de programación	53
2.16.	Programación en el PLC	50
2.16.1.	<i>Comunicación PLC con HMI</i>	57
2.16.2.	<i>Desarrollo aplicación HMI</i>	58
2.16.3.	<i>Programación HMI</i>	59

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	62
3.1.	Análisis del sistema anterior	62
3.2.	Repotenciado de la máquina planchadora de cuero	62
3.3.	Determinación del funcionamiento de la planchadora de cuero	62
3.3.1.	<i>Determinación del área del émbolo</i>	63
3.3.2.	<i>Determinación del área de las placas</i>	63
3.3.3.	<i>Uso del manómetro</i>	64
3.4.	Cálculo del prensado del cuero con presión manométrica variable	64
3.5.	Pruebas de funcionalidad de la máquina planchadora con cueros curtidos al cromo y vegetal	65
3.5.1.	<i>Tiempo de planchado</i>	65
3.5.2.	<i>Presión de planchado</i>	67
3.5.3.	<i>Temperatura de planchado</i>	68
3.6.	Prueba sensorial del cuero curtido al vegetal y al cromo	69
3.6.1.	<i>Resistencia del cuero</i>	69
3.7.	Análisis e interpretación de resultados	72
3.8.	Cálculo de la eficiencia de la máquina en base al análisis sensorial del cuero	74
3.9.	Resultados pruebas realizadas	75

CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES	78
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Características principales del PLC	9
Tabla 2-1	Especificaciones HMI-GT02G.....	10
Tabla 3-1	Datos técnicos fuente WAGO	15
Tabla 1-2	Características del cilindro de doble efecto	30
Tabla 2-2	Masa para fuerza de accionamiento del cilindro.....	32
Tabla 3-2	Fuerza de empuje y retroceso del vástago del pistón	32
Tabla 4-2	Fuerza y consumo de aire.....	36
Tabla 5-2	Datos técnicos del compresor SCHULZ.....	36
Tabla 6-2	Datos técnicos electroválvula	37
Tabla 7-2	Datos técnicos termocupla	38
Tabla 8-2	Características del controlador PLC	43
Tabla 9-2	Requerimientos de salida del controlador.....	44
Tabla 10-2	Descripción señales físicas de entradas al PLC	44
Tabla 11-2	Descripción de las señales de salida hacia el PLC.....	45
Tabla 12-2	Símbolos del diagrama de conexiones al PLC.....	46
Tabla 13-2	Energía eléctrica necesaria para cada dispositivo	47
Tabla 14-2	Elementos instalados en el tablero de control.....	48
Tabla 15-2	Elementos sistema neumático	50
Tabla 16-2	Memorias usadas en la programación	53
Tabla 17-2	Condiciones para la programación en grafcet.....	57
Tabla 18-2	Etiquetas en la programación	58
Tabla 1-3	Presión ejercida en el cuero por la máquina	65
Tabla 2-3	Prueba de planchado a 100psi	72
Tabla 3-3	Prueba de planchado a 110psi	73
Tabla 4-3	Prueba de planchado a 120psi	73
Tabla 5-3	Eficiencia de la máquina de planchado	74
Tabla 6-3	Pruebas realizadas con cuero curtido al vegetal	75
Tabla 7-3	Pruebas realizadas con cuero curtido al cromo.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1	Proceso de curtición.....	6
Figura 2-1	Estructura PLC	8
Figura 3-1	PLC FP0R-C14MRS	8
Figura 4-1	HMI GT02G.....	10
Figura 5-1	Dimensiones HMI GT02G.....	10
Figura 6-1	Módulo FP0RA21	11
Figura 7-1	Fusibles.....	12
Figura 8-1	Interruptor magnetotérmico	12
Figura 9-1	Contactador	13
Figura 10-1	Pulsador de paro	13
Figura 11-1	Pulsador de marcha.....	14
Figura 12-1	Selector rotativo.....	14
Figura 13-1	Final de carrera.....	14
Figura 14-1	Fuente DC	15
Figura 15-1	Termocupla.....	16
Figura 16-1	Electroválvula.....	16
Figura 17-1	Cilindro.....	16
Figura 18-1	Compresor	17
Figura 19-1	Unidad de mantenimiento.....	17
Figura 20-1	Válvula estranguladora de presión.....	18
Figura 21-1	Racores	19
Figura 22-1	Silenciadores	19
Figura 1-2	Prototipo prensado de cuero	20
Figura 2-2	Diseño 3D estructura metálica	22
Figura 3-2	Soldado Estructura.....	22
Figura 4-2	Masillado y lijado de la estructura	23
Figura 5-2	Pintado de estructura	23
Figura 6-2	Sistema de control general.....	24
Figura 7-2	Etapas de control	24
Figura 8-2	Diagrama de flujo control de temperatura on/off.....	26
Figura 9-2	Compresor	32
Figura 10-2	Electroválvula.....	33
Figura 11-2	Diagrama sistema neumático	34
Figura 12-2	Configuración parámetros sistema neumático	35
Figura 13-2	Resultados simulación sistema neumático	36

Figura 14-2	Termocupla tipo k.....	37
Figura 15-2	Instalación sistema neumático	38
Figura 16-2	Diagrama de conexión del PLC	40
Figura 17-2	Distribución de componentes.....	44
Figura 18-2	Instalación de equipos.....	44
Figura 19-2	Parte externa y frontal del gabinete.....	45
Figura 20-2	Montado del gabinete	45
Figura 21-2	Software Panasonic Control FPWIN Pro V7.14	46
Figura 22-2	Interfaz de programación del PLC	47
Figura 23-2	Creación nuevo proyecto Panasonic Control FPWIN Pro.....	48
Figura 24-2	Configuración de comunicación con el PLC.....	48
Figura 25-2	Selección y configuración del PLC.....	49
Figura 26-2	Grafcet del proceso automático	50
Figura 27-2	Introducción a la programación en PLC	51
Figura 28-2	Programación registro de variables.....	52
Figura 29-2	Programación ladder	53
Figura 30-2	Interfaz software GTWIN V3.0	55
Figura 31-2	Configuración inicial pantalla HMI	55
Figura 32-2	Desarrollo programación HMI.....	56
Figura 33-2	Parámetros de control pantalla.....	56
Figura 34-2	Pantalla panel de control.....	57
Figura 35-2	Gráfica de temperatura	57
Figura 36-2	Pantalla de información	58
Figura 1-3	Planchado a 80°C, calidad mala	75
Figura 2-3	Planchado a 100°C, calidad buena	76
Figura 3-3	Planchado a 120°C, calidad excelente.....	76

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3 Pérdida de humedad frente al tiempo de prensado	67
Gráfico 2-3 Grado de compactación del cuero frente a la presión de planchado	68
Gráfico 3-3 Porcentaje de secado frente a la temperatura establecida	70
Gráfico 4-3 Cueros curtidos al cromo	71
Gráfico 5-3 Cueros curtidos al vegetal	71

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2	Corriente de carga.....	27
Ecuación 2-2	Fuerza del cilindro.....	31
Ecuación 3-2	Fuerza de avance.....	31
Ecuación 4-2	Fuerza de retroceso.....	31
Ecuación 5-2	Área del pistón.....	32
Ecuación 6-2	Fuerza de empuje.....	33
Ecuación 7-2	Área de vástago del pistón.....	34
Ecuación 7-2	Relación de compresión.....	34
Ecuación 7-2	Caudal para cilindros de doble efecto.....	34
Ecuación 7-2	Caudal de consumo.....	35
Ecuación 1-3	Área del émbolo.....	64
Ecuación 2-3	Área de las placas.....	64
Ecuación 3-3	Presión del cuero.....	65
Ecuación 4-3	Presión absoluta.....	65

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A** Datos técnicos fuente de alimentación WAGO 787-712
- ANEXO B** Datos técnicos del cilindro neumático EMC 20X100
- ANEXO C** Electroválvulas neumáticas EMC
- ANEXO D** Características técnicas del PLC FPOR
- ANEXO E** Direcciones del módulo FPO-C14RS
- ANEXO F** Información técnica del módulo analógico FPO A21
- ANEXO G** Plano máquina planchado
- ANEXO H** Manual de usuario

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ACRÓNIMO	DESCRIPCIÓN
PLC	Control Lógico Programable
HMI	Interfaz Hombre Máquina
I	Corriente
V	Voltaje
AC	Corriente alterna
DC	Corriente directa
VAC	Voltaje Alterno
VDC	Voltaje Directo
P	Potencia
°C	Grados centígrados
NO	Contacto normalmente abierto
NC	Contacto normalmente cerrado
DIN	Instituto Alemán de Normalización
Hp	Horse power
W	Watt o vatio
Wh	Wattios/hora
Hz	Unidad de frecuencia Hertzio
Q	Caudal volumétrico
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
AWG	American wire gauge
cfm	Pies cúbicos por minuto
cm	Centímetros
m	Metro
mA	Miliamperios
ms	Milisegundo
OPC	OLE for Process Control
PA	Process Automation
RTU	Unidad Terminal Remota
PSI	Libra-fuerza por pulgada cuadrada
USB	Universal Serial Bus (Bus Universal en Serie)

RESUMEN

Se realizó el diseño e implementación de un sistema automatizado para el control y monitoreo del proceso de planchado de cuero, desarrollado en el laboratorio de curtiembre de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, además de la repotenciación y mejoramiento a nivel estructural de la máquina. La automatización consta de tres sistemas: el sistema de control de temperatura, de control de prensado y el sistema de lectura o medición, manejados por un controlador lógico programable (PLC), el cual tiene la función de generar señales que controlan los diferentes dispositivos del proceso como: electroválvulas, sensores, actuadores neumáticos etc. El sistema de control de temperatura se basa en un control on-off, donde el elemento de control solo tiene dos posiciones posibles: encendido o apagado, esto lo realiza mediante el uso de un sensor de temperatura (termocupla) programado para que el usuario pueda visualizar y manejar el nivel de temperatura deseado. El sistema de control de prensado fue diseñado con tecnología neumática que usa aire comprimido para transmitir la energía necesaria y dar funcionamiento a los mecanismos, además de dispositivos como finales de carrera que permiten un control de apertura y cierre de la plancha, con una presión adecuada para el planchado del cuero. La interfaz hombre – máquina (HMI), cuenta con una pantalla táctil instalada en la estructura y desde donde se puede monitorear y controlar el proceso de planchado en tiempo real. Se validó la funcionalidad del equipo realizando pruebas de planchado de cuero, constatando que la presión, la temperatura y el tiempo de secado son las principales variables que influyen en el proceso y determinan el estado del producto terminado. Se recomienda realizar el mantenimiento preventivo del sistema neumático para evitar fallos de operación y funcionamiento en la máquina.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <TECNOLOGÍA DEL CONTROL AUTOMÁTICO>, <CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)>, <INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA (HMI)>, <AUTOMATIZACIÓN>, < TERMOCUPLA >, <FINAL DE CARRERA>, <ELECTROVÁLVULA>.

ABSTRACT

An automated system was designed and implemented to control and monitor the leather ironing process in the Tanning Laboratory of the Animal Science Faculty of *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo* (ESPOCH). Besides, the machine was improved structurally. The automation comprises three systems: temperature control, pressing control and measuring system driven by the programmable logic controller (PLC) using signals to control the different devices of the process such as electro valves, sensors, pneumatic actuators, and so on. The temperature control system features an on-off control with two positions: on and off. This is carried out using a temperature sensor (thermocouple) programmed for the user to see and handle the required temperature level. The pressing control system was designed using the compressed air-using pneumatic technology to transmit the required air and to run devices such as limit switch to control the iron opening and closure with appropriate pressure for the leather ironing. The human-machine interface (HMI) is touchscreen installed in the structure where it controls and monitors the ironing process in real time. The equipment running was validated carrying out leather ironing tests. Thus, the pressure, the temperature and the drying time were determined as main variables influencing the process and determining the finished product condition. We recommend to carry out the preventive pneumatic system maintenance to avoid failures when running the machine.

KEY WORDS: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCE>, <AUTOMATED CONTROL TECHNOLOGY>, <PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)>, <HUMAN-MACHINE INTERFACE (HMI)>, <AUTOMATION>, <THERMOCOUPLE>, <LIMIT SWITCH>, <ELECTROVALVE>.

INTRODUCCIÓN

La obtención del cuero ha constituido una de las aplicaciones más antiguas e importantes dentro de la industria de la confección a través de la historia, por ser considerada como la primera materia prima destinada a la vestimenta, además que ha sido la principal fuente de desarrollo económico para varios países por el uso de nuevas tecnologías aplicadas a los procesos de producción que anteriormente eran artesanales.

Por tal motivo el trabajo de titulación consiste en el “Diseño e implementación de un sistema automatizado para el control y monitoreo, aplicado al proceso de planchado de cuero en el laboratorio de curtiembre de la Facultad Ciencias Pecuarias de la ESPOCH”, que funcionará de manera automática mediante el uso de sensores y autómatas programables que mejorarán el proceso.

El sistema a implementarse consta de las siguientes partes: mecánica, eléctrica, electrónica, neumática, relacionados entre sí, además elementos de mando y maniobra para su respectivo control y manipulación.

La automatización del proceso de planchado de cuero consiste en realizar un control de temperatura mediante el uso de una termocupla la cual envía señales al PLC y este las interpreta controlando el accionamiento de la carga resistiva, ayudando a regular con precisión la temperatura necesaria por medio del uso de una pantalla HMI para el control y monitoreo del proceso.

El prensado usa un sistema neumático que mediante la activación de la electroválvula permite accionar los dos cilindros que efectúan el cierre y apertura de la plancha y cuya señal es manejada por un autómata programable, que se constituye en el cerebro que gobierna las señales de entrada y salida que se envían a los actuadores del sistema de control, cumpliendo así la función secuencial del sistema.

La fuente de alimentación utilizada para la carga resistiva y el compresor será de 220 VAC, usando una fuente independiente de 110VAC para la alimentación de la electroválvula requerida para activar los actuadores y una fuente de 24VDC para alimentar los equipos de automatización como sensores, PLC y HMI, los cuales funcionará en conjunto con todo el sistema de control.

ANTECEDENTES

A nivel mundial existen empresas como DOLLFUS & MULLER de Francia con más de 200 años de creación y que produce máquinas para acabado textil y curtiembres; en Estados Unidos TECHNIX MACHINERY una empresa dedicada a la fabricación de máquinas con prensas hidráulicas y neumáticas automatizadas, así mismo la empresa FLUIDICA mexicana se encarga de implementar máquinas y componentes para automatizar cualquier proceso industrial.

La empresa AUTOMACION ELHINEL de Argentina fabrica sistemas inteligentes en máquinas industriales para grabado y prensado de cuero, finalmente contamos con una empresa METAL AMERICAS de Brasil quienes ensamblan máquinas automáticas ofreciendo servicios de instalaciones industriales y mantenimiento electromecánico a nivel mundial.

A nivel nacional en el Ecuador todavía no hay empresas que desarrollen y fabriquen este tipo de máquinas industriales automáticas, sin embargo, si hay empresas en el país que se encarga de distribuir la maquinaria y equipos importados, pero cabe recalcar en su mayoría llegan para que el usuario trabaje manualmente lo cual involucra que el desarrollo de la producción sea de bajo nivel en las curtiembres y terminado del cuero local y nacional.

Actualmente en el Laboratorio de Curtiembre de la Facultad de Ciencias Pecuarias perteneciente a la ESPOCH, con relación al proceso de terminado de cuero, disponen de un prototipo artesanal para el prensado de cuero realizado por estudiantes que están o estuvieron finalizando su carrera, sin un control automático adecuado, debido al reducido financiamiento y presupuesto, por ende, genera un bajo nivel de producción y competitividad a nivel industrial.

Entre otros aspectos que provocan la baja producción de cualquier empresa es trabajar manualmente donde el operario genera un bajo rendimiento debido al cansancio físico, corriendo el riesgo de sufrir algún accidente laboral, ya que no cuenta con un sistema automatizado adecuado con el control de temperatura y tiempo de prensado idóneo que garantice la integridad humana.

Por tal motivo este proyecto busca contribuir a mejorar el proceso productivo en cuanto a la calidad y optimización de recursos generando un crecimiento en la producción.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera incide la automatización del sistema de planchado de cuero en el proceso de producción, del Laboratorio de Curtiembre de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Por qué es importante automatizar el proceso del planchado de cuero?

¿De qué manera se ve afectado la optimización de recursos en la planta procesadora de cuero al no contar con un sistema automatizado para el planchado?

¿Qué factores se debería analizar para conocer el estado actual de los equipos en el proceso de planchado?

¿Qué infraestructura y tecnología se debería implementar para mejorar el desempeño de la máquina?

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

El interés de realizar el presente trabajo es para aportar al desarrollo del laboratorio de Curtiembre a nivel industrial, mediante la optimización de recursos ya que es importante reducir los costos y tiempos de producción durante el proceso de planchado de cuero y obteniendo un terminado de excelente calidad.

Se ha hecho un análisis en la maquinaria instalada, donde el proceso de planchado de cuero se lo realiza de forma manual, por lo cual se plantea rediseñar desde la estructura metálica hasta la automatización de todo proceso, donde el operario pueda controlar y monitorear fácilmente sin mayor esfuerzo y con seguridad, dando un aporte significativo al desarrollo del proceso productivo del laboratorio de curtiembre.

Para garantizar la seguridad tanto del operador como del equipo es fundamental en el diseño el dimensionamiento y selección de los diferentes dispositivos eléctricos y electrónicos que garantice la seguridad personal, así como la vida útil de los diferentes equipos a utilizarse.

El llevar a cabo la implementación y lograr la automatización del proceso de planchado resulta factible, ya que se cuenta con equipos y dispositivos eléctricos, electrónicos, mecánicos, además de los conocimientos, recursos y fuentes bibliográficas necesarios para su ejecución contemplando las normativas de seguridad.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

El sistema automatizado a implementarse en el Laboratorio de curtiembre de pieles de la ESPOCH, específicamente en el proceso de planchado del cuero consta de tres etapas.

Sistema de prensado automático, en esta etapa cuenta con sensores final de carrera para detectar la posición de la plancha, activando y desactivando las electroválvulas, lo cual acciona cilindros neumáticos permitiendo así controlar el cierre y apertura de la plancha, programados desde la pantalla HMI y desde la botonera del gabinete de tal manera que sea seguro para el operario de la máquina.

Sistema de control de temperatura, en esta etapa contamos con un sensor termocupla tipo K, donde el PLC realiza la lectura y control on/off de temperatura, dando instrucciones de activación y desactivación a la níquelina mediante un contactor, de esta manera garantiza un control automático e idóneo para el sistema de planchado.

El sistema de interfaz hombre-máquina HMI, esta etapa se desarrolló para que el usuario pueda visualizar y manipular el proceso, siendo él quien pueda ingresar y programar parámetros como tiempo y temperatura de planchado dependiendo del tipo de cuero, permitiendo así generar una fiable utilización de la máquina.

Con el desarrollo y ejecución de las mencionadas etapas, se podrá llevar a cabo y cumplir el fin, el cual es automatizar el proceso de planchado de cuero, de esta manera garantizaremos un funcionamiento adecuado, donde el usuario tenga facilidad para operar la máquina siempre con el propósito de mejorar el proceso productivo.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar e implementar un sistema automatizado para el control y monitoreo del proceso de planchado de cuero en el laboratorio de curtiembre en la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Rediseñar y construir la máquina planchadora de cuero.
- Dimensionar y seleccionar los dispositivos para el proceso del planchado.
- Implementar el sistema automatizado para el proceso de planchado.
- Diseñar e implementar un sistema humano-máquina como interfaz para el proceso.
- Comprobar y validar el funcionamiento de la máquina.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

Este capítulo trata sobre el proceso que se necesita para obtener la materia prima (cuero) y poder utilizarla en el respectivo proceso de planchado mediante el uso de diferentes dispositivos tanto eléctricos, electrónicos y mecánicos descritos a continuación, así también los diferentes sistemas de control a utilizar y su respectiva fundamentación sobre qué sistema es el mejor para esta aplicación. Se estudia el sistema neumático, su funcionamiento y los sensores que intervienen en el proceso para el correcto funcionamiento de la máquina.

1.1. Cadena productiva del cuero

Curtido de pieles

El curtido de pieles es uno de los procesos industriales que difiere de industria en industria y consiste en convertir la piel del animal en cuero.

Proceso de curtición

Se dividen en cuatro fases que son: Ribera, Curtido, Post-curtido y Acabado



Figura 1-1 Proceso de curtición.

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

1.1.1. *Proceso de acabado del cuero*

Este proceso le da al cuero mayor brillo y resistencia a la luz, brindando una mejor calidad al producto final, mediante el uso de ciertos aditivos acrílicos, ligantes, etc., que dependiendo del tipo de cuero que se desea obtener se aplicara un aditivo específico.

1.2. Automatización y control industrial

La automatización es el uso y aplicación de sistemas de control que reducen la necesidad de presencia humana en ciertos apartados, ya que son reemplazados por un conjunto de dispositivos tecnológicos, que controlan y monitorean cada proceso que generalmente efectúa tareas repetitivas.

La finalidad de la automatización industrial es proporcionar la mayor cantidad de un producto, en el menor tiempo de ejecución que sea posible, reduciendo costos, pero garantizando la calidad del producto final. Un sistema de automatización consta de dos partes esenciales:

- Parte Operativa
- Parte de Mando

Parte operativa

Esta parte opera directamente en la máquina, son los componentes que permiten que la máquina se mueva y efectúe la orden deseada. Los componentes que conforman la parte operativa son los motores, cilindros, compresores, finales de carrera, etc.

Parte de mando

Es la tecnología programada capaz de establecer la comunicación mediante computadores y autómatas programables, a todos los elementos que constituyen el sistema automatizado, brindando una mayor facilidad a modificaciones que puedan surgir durante el proceso.

1.2.1. PLC (Controlador Lógico Programable)

Es un instrumento electrónico creado para suplir a los sistemas basados en relevadores, que solamente eran utilizados para realizar tareas únicas, ya que cambiar el proceso requería obtener una nueva lógica de control.

Los PLCs son programados para realizar procedimientos secuenciales en procesos industriales o maquinaria, optimizando el tiempo y ahorrando costos de mantenimiento de equipos. Estos dispositivos poseen una unidad central de procesamiento (CPU), interfaces de comunicación, puertos de entrada y de salida, de tipo digital y analógico, que en conjunto proporcionan un sistema de trabajo adecuado para la industria.

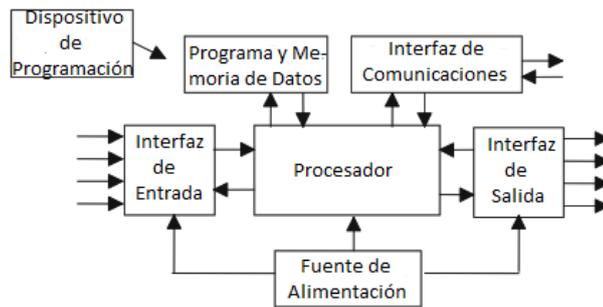


Figura 2-1 Estructura PLC

Fuente: (Bolton, 2009.p.4)

PLC Panasonic FP0R-C14CRS

El PLC FP0R-C14MRS es un dispositivo de alta velocidad de proceso que permite incrementar la productividad; con un tamaño ultracompacto puede proporcionar hasta 110 puntos de E/S conectando hasta 3 expansiones.



Figura 3-1 PLC FP0R-C14CRS

Fuente: http://www3.panasonic.biz/ac/e/search_num/index.jsp?c=detail&part_no=AFP0RC14RS

Características

- Capacidad de programación de 16k o 32k pasos.
- Hasta 12k o 32k registros de datos.
- Memoria de comentarios independiente.
- Puerto USB2.0 que brinda gran velocidad de transferencia.
- Proporciona varias maneras de conexión en red mediante una interface.
 - Profibus
 - C-NET
 - Ethernet

- CC-Link
- Comunicación serie RS232C o RS485
- Velocidad de proceso que puede alcanzar los 0,08μseg/paso por instrucción para los primeros 3000 pasos y 0,58μseg/paso para los siguientes.

Especificaciones Generales

Tabla 1-1 Características principales del PLC

Descripción	
Número de Entradas	8
Número de Salidas	6 relés
Capacidad de Salida	2 ^a
Tensión de Operación	24V DC (± 10%)
E/S Digitales Máx.	110
Velocidad de Proceso	Hasta 3000 pasos: 0,08μseg/paso (instrucción básica) A partir de 3000 pasos: 0,58μseg/paso (instrucción básica)
Capacidad de Programa	16000 pasos
Registro de Datos	12315 palabra
Memoria de Backup (Flash ROM)	Backup automático ante un corte de alimentación

Fuente: <https://www.panasonic-electric-works.com/es/fp0r-un-nuevo-estandar-de-plcs-compactos.htm>

Realizado Por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

1.2.2. HMI (Interfaz Hombre-Máquina)

El HMI es el sistema o dispositivo que permite interactuar entre una persona y la máquina, convirtiendo variables de procesos complicados en información aprovechable y útil.

La principal función de los HMI es mostrar la información en tiempo real, mediante números y graficas que permitan controlar y regular varios parámetros de funcionamiento observados en la máquina por el operador para que pueda intervenir en el proceso en caso de ser necesario.

HMI PANASONIC-GT02G

La serie GT02 provee varias funciones nuevas que permiten un cableado más eficiente, mejorando la protección con un protocolo IP67 proporcionando un mejor nivel de seguridad industrial. El display táctil es de 3,8'' y se retroilumina con 3 colores: verde/naranja/rojo.

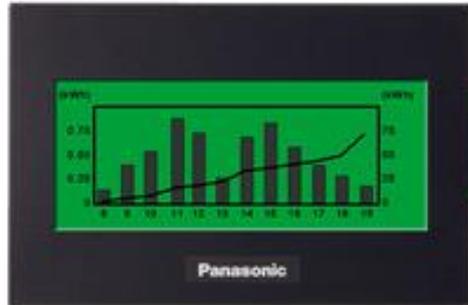


Figura 4-1 HMI GT02G

Fuente: <https://www.panasonic-electric-works.com/es/gt02-pantalla-tactil.htm>

Dimensiones del HMI PANASONIC-GT02G

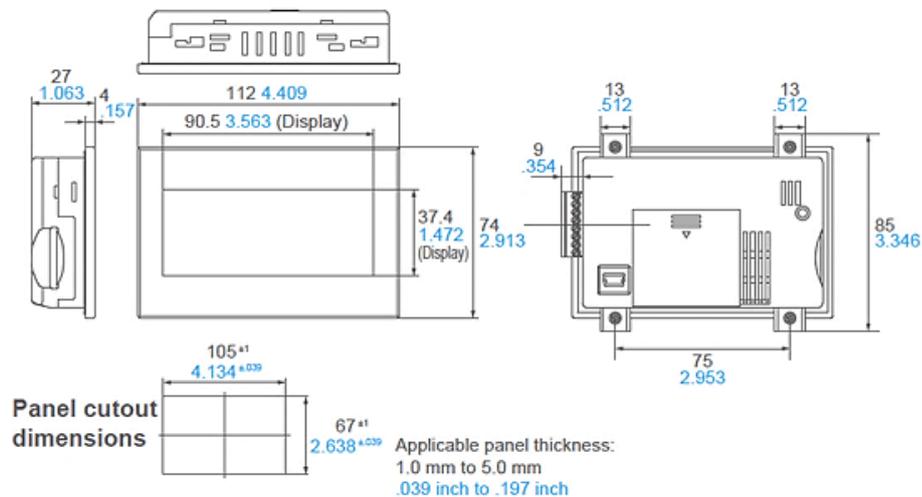


Figura 5-1 Dimensiones HMI GT02G

Fuente: <https://www.jwtech.co.th/panasonic-hmi-gt02.php>

Especificaciones HMI-GT02G

Tabla 2-1 Especificaciones HMI-GT02G

Características	
Display	
Tensión de Alimentación	5V CC/24V CC

Tamaño de Pantalla	3,8'' pulgadas (88,5 x 35,4mm)
Tipo de Display	STN monocromo LCD
Color del Display	Monocromo (blanco/negro)
Resolución	240 x 96 píxels
Retroiluminación	LED 3 colores (verde/naranja/rojo)
Numero de Caracteres	216
Capacidad de Memoria (F-ROM)	2.048Kb
Puerto Externo	
Puerto Serie	RS232C / RS422 (RS485)
Puerto USB	X
Ethernet	--

Fuente: <https://www.panasonic-electric-works.com/es/gt02-pantalla-tactil.htm>

Realizado Por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

1.2.3. Módulo analógico FP0RA21

Los módulos analógicos permiten incorporar o ampliar el número de entradas de temperatura para termocuplas tipo K, J, S y salidas de control digital en relés de estado sólido.



Figura 6-1 Módulo FP0RA21

Fuente: <https://www.panasonic-electric-works.com/es/fp0r-un-nuevo-estandar-de-plcs-compactos.htm>

Características

- Posee 2 entradas analógicas $\pm 10V$, 0 a 5V, 0 a 20mA y
- Tiene 1 salida analógica $\pm 10V$, 0 a 20mA
- La denominación es WX para entradas y WY para salidas

1.3. Elementos de protección y control

1.3.1. Fusibles

Son dispositivos constituidos por un filamento que por efecto Joule, se calienta cuando la intensidad de corriente sobrepasa un valor determinado.



Figura 7-1 Fusibles

Fuente: <http://www.df-sa.es/es/productos/>

1.3.2. Interruptor Magnetotérmico

Elemento usado para la protección de sobrecargas en reemplazo de los fusibles con la diferencia que se pueden rearmar sin la necesidad de cambiarlos.



Figura 8-1 Interruptor magnetotérmico

Fuente: <http://www.ardilesimport.com/es/electricos-e-iluminacion/706-llave-termomagnetica-t-riel.html>

1.3.3. Contactor

Mecanismo que funciona como un interruptor cerrando determinados contactos para permitir el paso de corriente eléctrica a través de estos, con la característica de que pueden ser activados a distancia, por medio de un mecanismo electromagnético.

Estructura de un contactor

- **Contactos principales:** encargados de abrir o cerrar el circuito de potencia.
- **Contactos auxiliares:** usados para abrir y cerrar el circuito de mando.
- **Bobina:** elemento que, al ser atravesado por una corriente, genera una fuerza de que une o separa los contactos.
- **Armadura:** elemento móvil del contactor que mueve los contactos principales y auxiliares
- **Núcleo:** parte fija que cierra el flujo magnético que produce la bobina
- **Resorte:** muelle encargado de regresar los contactos a su posición original una vez terminada la fuerza.



Figura 9-1 Contactor

Fuente: <http://anpro.by/tok-9-3200a-seriya-metasol-mc-9-mc-3200-new>

1.4. Elementos de accionamiento y señalización

1.4.1. Pulsador de paro

Dispositivo con contactos normalmente cerrados que tienen una lámina conductora que permite la conexión o desconexión de sus terminales y un resorte que regresa a su estado original o de reposo.



Figura 10-1 Pulsador de paro

Fuente: www.acotron.com

1.4.2. Pulsador de marcha

Elemento que dispone de contactos normalmente abiertos y al energizarlos permite el paso de corriente eléctrica mientras este accionado, y cuando no lo está regresa a su estado de reposo.



Figura 11-1 Pulsador de marcha
Fuente: www.smart-ing.net

1.4.3. Selector rotativo

Componente que tiene la función de abrir o cerrar los contactos en función a una posición seleccionada de forma manual.



Figura 12-1 Selector rotativo
Fuente: www.province-electric.com

1.4.4. Finales de Carrera

Los finales de carrera son sensores de contacto que captan la posición de un mecanismo por medio de un accionamiento mecánico y envían una señal para que se pueda cambiar el estado del circuito.



Figura 13-1 Final de carrera
Fuente: www.circuitspecialists.com

1.5. Elementos de medición y neumáticos

1.5.1. Fuente DC

Dispositivo que transforma la corriente alterna CA en corriente continua CC para alimentar los diferentes circuitos existentes en la máquina.



Figura 14-1 Fuente DC

Fuente: http://www.wago.ca/search/index.jsp?_ts=1487657009052&action=sort&q=787-712

Datos Técnicos

Tabla 3-1 Datos técnicos fuente WAGO

Entrada	
Voltaje de entrada nominal $V_i \text{ nom}$	110...240 VAC
Rango de voltaje de entrada	85...264 VAC; 90...373 VDC
Corriente de entrada I_i	0.7A a 230 VAC; 1.2A a 115 VAC
Corriente de descarga	< 1mA
Corriente de arranque	< 30A a 230 VAC; < 15A a 115 VAC
Salida	
Voltaje de salida nominal $V_o \text{ nom}$	24 VDC
Rango de voltaje de salida	22...28 VDC regulable
Corriente de salida I_o	2.5A a 24 VDC
Ondulación residual	< 100 mV (pico a pico)
Comportamiento en sobrecarga	Potencia constante (en rango de sobrecarga: 1.15...1.4 x I_a); apagado y reinicio automático en caso de cortocircuito
Eficiencia / Pérdidas de Potencia	
Eficiencia	82% (110 VAC); 86% (230 VAC)
Pérdida de potencia	8.3 W (a 230 VAC y 2.5 ADC)
Pérdida de potencia máxima	11.5W (A 110 VAC y 2.75 ADC)

Fuente: http://www.wago.us/download.esm?file=%5Cdownload%5C00377610_0.pdf&name=d07870712_00000000_0en.pdf
 Realizado Por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

1.5.2. Termocupla

La termocupla es un sensor de temperatura usado principalmente en la industria, consiste de dos alambres fabricados de diferente material unidos en los extremos, al aplicar una temperatura determinada en la unión esta genera un voltaje en el rango de los milivoltios el mismo que aumenta con la temperatura.



Figura 15-1 Termocupla
Fuente: www.solidrop.net

1.5.3. Electroválvula

Las electroválvulas o válvulas solenoides son dispositivos que permiten controlar el flujo de todo tipo de fluido por un conducto, pueden ser fabricadas de latón, PVC o acero inoxidable dependiendo del fluido que se utilice.



Figura 16-1 Electroválvula
Fuente: www.valveco.com.co

1.5.4. Cilindro

Los cilindros son actuadores que convierten la energía potencial del aire en energía, están conformados de un recipiente cilíndrico equipado con un émbolo, que al introducir un caudal de aire determinado este se expande provocando un movimiento lineal.



Figura 17-1 Cilindro
Fuente: www.jetek-sc.com.br

1.5.5. *Compresor*

Máquina destinada al aumento de presión y desplazamiento de ciertos fluidos como gases y vapores mediante el intercambio de energía que se produce entre la máquina y un fluido.



Figura 18-1 Compresor
Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

1.5.6. *Unidad de mantenimiento.*

Las unidades de mantenimiento proporcionan a todos los componentes del circuito neumático aire comprimido con presión uniforme, sin impurezas y con una adecuada lubricación de los elementos móviles. Está formado por la combinación de 4 elementos que son:

- Filtro
- Regulador de Aire
- Indicador de Presión
- Lubricador



Figura 19-1 Unidad de mantenimiento

Fuente: http://www.microautomacion.com/catalogo/07Unidades_FRL.pdf

Filtro

El filtro impide que las pequeñas partículas de polvo, polen, etc. ingresen al sistema y lo dañen.

Regulador de aire

Permite mantener una presión constante, indistintamente de las variaciones que existan mediante un tornillo que dejan escapar el aire para mantener la presión constante.

Indicador de presión

El indicador de presión será un manómetro que permitirá visualizar la presión que está siendo ajustada.

Lubricador

El lubricador tiene un sistema que transporta partículas de aceite a través del aire comprimido que disminuye la fricción y evita el desgaste de varios elementos móviles.

1.5.7. *Válvula estranguladora de presión*

La válvula estranguladora de presión permite controlar la velocidad de avance y retroceso del émbolo de un cilindro mediante el control de flujo de aire comprimido.



Figura 20-1 Válvula estranguladora de presión

Fuente: https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ES/PDF/ES/GRX-VFO_ES.PDF

1.5.8. *Racores*

Los racores son piezas mecánicas con rosca o sin rosca que permiten realizar conexiones en varios equipos neumáticos debido a su fácil uso a la hora de conectar y desconectar las mangueras.



Figura 21-1 Racores

Fuente: https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ES/PDF/ES/QS_ES.PDF

1.5.9. *Silenciadores.*

Los silenciadores sirven principalmente para reducir el ruido de un equipo neumático y establecer equilibrio con la presión tolerable en el sistema.



Figura 22-1 Silenciadores

Fuente: https://www.festo.com/cat/es_es/search?query=silenciadores

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se describe el diseño e implementación del sistema automatizado para el control y monitoreo aplicado al proceso de planchado de cuero, el mismo que está conformado por diferentes fases como: rediseño y construcción de la estructura metálica; dimensionamiento, selección e implementación del sistema neumático, sistema de control de temperatura, sistema de medición y monitoreo (HMI), que será instalado en el laboratorio de curtiembre de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH. Además, se muestran los resultados de las pruebas físicas y sensoriales del acabado del cuero realizados en el mismo laboratorio con una duración de 19 días.

2.1. Reconocimiento sistema inicial

La planta cuenta con una máquina de prensado invertido, funciona manualmente por un operario el mismo que corre el riesgo de daño en su integridad, además no hay un control idóneo de temperatura que garantice un planchado adecuado lo cual ocasiona un desperdicio de tiempo y recursos como se puede observar en la **Figura 1-2** siendo el estado inicial de la máquina en el laboratorio de curtiembre de la Facultad de Ciencias Pecuarias.



Figura 1-2 Prototipo prensado de cuero
Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

2.2. Materiales, equipos e instalación

Materiales

- 18 pieles bobinas
- 2 planchas hierro de 6mm
- 1 plancha acero inoxidable 6mm
- Tubo cuadrado de 50x50mm

- Eje ángulo de acero 3mm
- Electrodo
- Cable flexible #12 AWG, #18 AWG, #16 AWG
- Sensor de temperatura Termocupla tipo K
- Breaker 220v, 110v
- Contactor
- Pintura
- Amarras
- Abrazaderas
- Teflón
- Lima
- Grasa

Equipos

- Soldadora eléctrica
- Pulidora
- Taladro
- Compresor
- Computador

2.3. Rediseño y potenciación de la máquina de planchado

2.3.1. *Diseño estructura metálica 3D*

Se ha visto necesario realizar el diseño y ensamblaje de la estructura metálica y demás componentes de la planta en el software SolidWorks 2014, para ello se realizó el dimensionamiento de la estructura con datos aproximados, realizados a escala con la intención de poder visualizar la planta y tener una visión clara de cómo quedaría instalada en el laboratorio de curtiembre, el mencionado diseño se ilustra a continuación en la **Figura 2-2**.

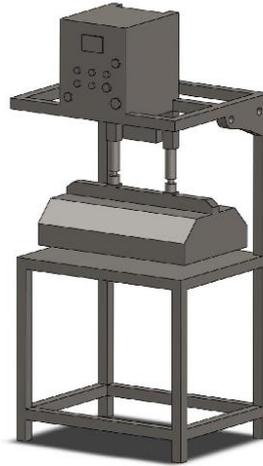


Figura 2-2 Diseño 3D estructura metálica
Realizado por: CAÑAR, Willam; FIALLOS, Fabián, 2017

2.3.2. Soldado de estructura metálica

Materiales y equipo utilizados:

- Tubos metálicos galvanizado de 40x40mm,
- Platinas 300mm x30mm,
- Electrodo #69,
- Soldadora eléctrica,
- Amoladora,
- Casco, lentes, guantes

Se procedió en primer lugar a cortar el metal innecesario de la estructura, y soldar punto a punto las articulaciones y uniones del marco con nudos reforzados para lo cual se utilizó los electrodos #69 para terminado. En la **Figura 3-2.** se muestra parte del proceso de soldadura de la estructura.



Figura 3-2 Soldado estructura
Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

2.3.3. Terminado de la estructura

Para el proceso de terminado se lo realiza con la finalidad de obtener una superficie libre de agujeros e imperfecciones ocasionadas durante el proceso de soldadura, para llevar a cabo lo mencionado se procede primero a lijar y limar para luego masillar por secciones la estructura metálica, hasta dejar una pre terminado como se puede observar en la **Figura 4-2**.



Figura 4-2 Masillado y lijado de la estructura
Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

Después de tener una superficie lisa se realiza el pintado, como se puede visualizar en la **Figura 5-2**.



Figura 5-2 Pintado de estructura
Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

2.4. Análisis del proceso a controlar

El proceso de diseño e implementación del sistema automatizado para el planchado de cuero, consta con los siguientes subsistemas que funciona de forma independiente y secuencial para llevar a cabo su objetivo.

- Sistema de Control Prensado Neumático
- Sistema de Control de Temperatura.
- Sistema de Monitoreo HMI.

2.5. Sistema de control general

El sistema de control general será de tipo lazo abierto, debido a que el valor de la salida deseada no es comparado con el valor de la entrada en este caso la calidad del terminado del cuero, sin embargo, los sensores instalados ayudan a realizar un control preciso junto con el PLC y actuadores. Un diagrama de bloques del proceso completo se muestra en la **Figura 6-2**

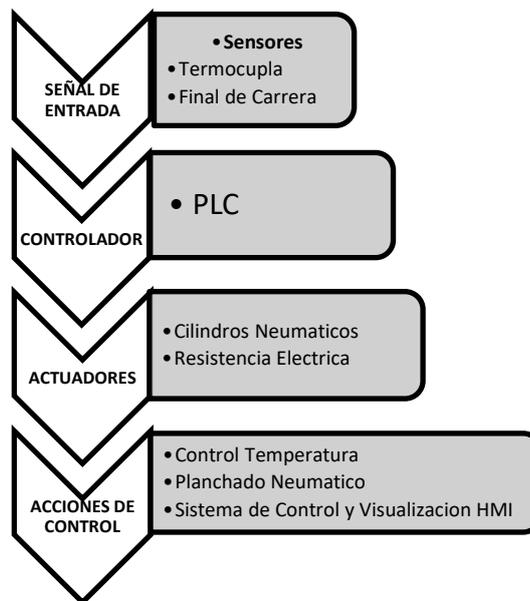


Figura 6-2 Sistema de control general

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

2.5.1. Etapas de control automático

En la **Figura 7-2** se puede visualizar las etapas del proceso de control automático.

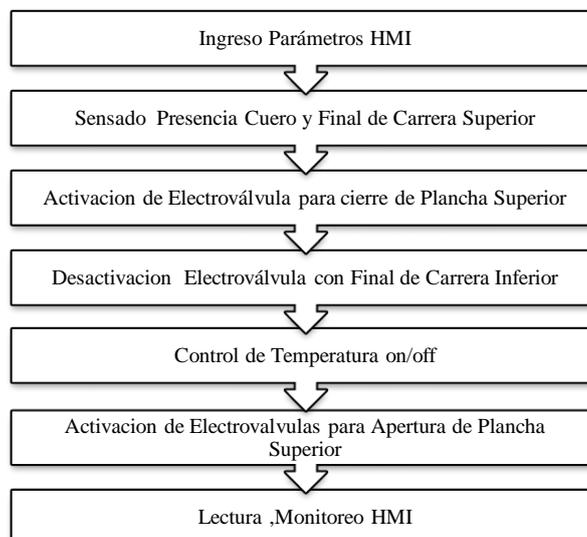


Figura 7-2 Etapas de control

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

Cada etapa de control observada en la **Figura 7-2** se detalla específicamente a continuación:

- La primera etapa se cuenta con un registro de parámetros en el HMI como el nivel de referencia de temperatura y tiempo de programación para el control idóneo del secado de cuero.
- En la segunda etapa se cuenta con un sensor para detectar la presencia del cuero, un sensor final de carrera que detecta la posición inicial envía una señal al PLC para ser interpretadas y seguidamente dar paso a la siguiente etapa.
- En la tercera etapa se cuenta con la activación de la electroválvula el cual acciona el cilindro para el cierre de la plancha superior, seguidamente la etapa cuarta hace contacto con el final de carrera inferior y desactiva la electroválvula.
- Para la quinta etapa se realiza un control de temperatura on/off con los parámetros ingresados por el usuario inicialmente, tomando en cuenta que para la activación y desactivación de la carga se tiene un rango de ± 2 °C con respecto al nivel de referencia.
- En la última etapa se tiene un reporte generado en el HMI, el cual tendrá la información requerida y necesaria para llevar a cabo futuros procesos con diferentes tipos de cueros.

2.5.2. *Diseño control de temperatura on- off*

El sistema de medición y control de temperatura de la planchadora de cuero a utilizar será un lazo de control cerrado on/off, debido a que la temperatura en el sistema varía lentamente, midiendo esta variación mediante un sensor termocupla tipo K.

El control automático a implementarse consiste en mantener un valor deseado (SP), para lo cual se mide su valor actual o real y se compara con el valor de referencia predefinido por el operario directamente desde el HMI, con la diferencia se procede a reducir o tomar una acción correctiva, en nuestro caso activar el contactor cuando la temperatura medida por la termocupla está por debajo del límite inferior y desactivar al contactor cuando la temperatura medida por la termocupla está por encima del límite superior, permitiendo así realizar un control automático y adecuado, que funcione sin intervención humana.

2.5.2.1. Diagrama de flujo del control de temperatura on/off

En la **Figura 8-2** se visualiza el diagrama de flujo donde se detalla específicamente el funcionamiento del proceso de control de temperatura, el cual posteriormente será utilizado para la lógica de programación y desarrollo del código en el software FPWINPro v7.14

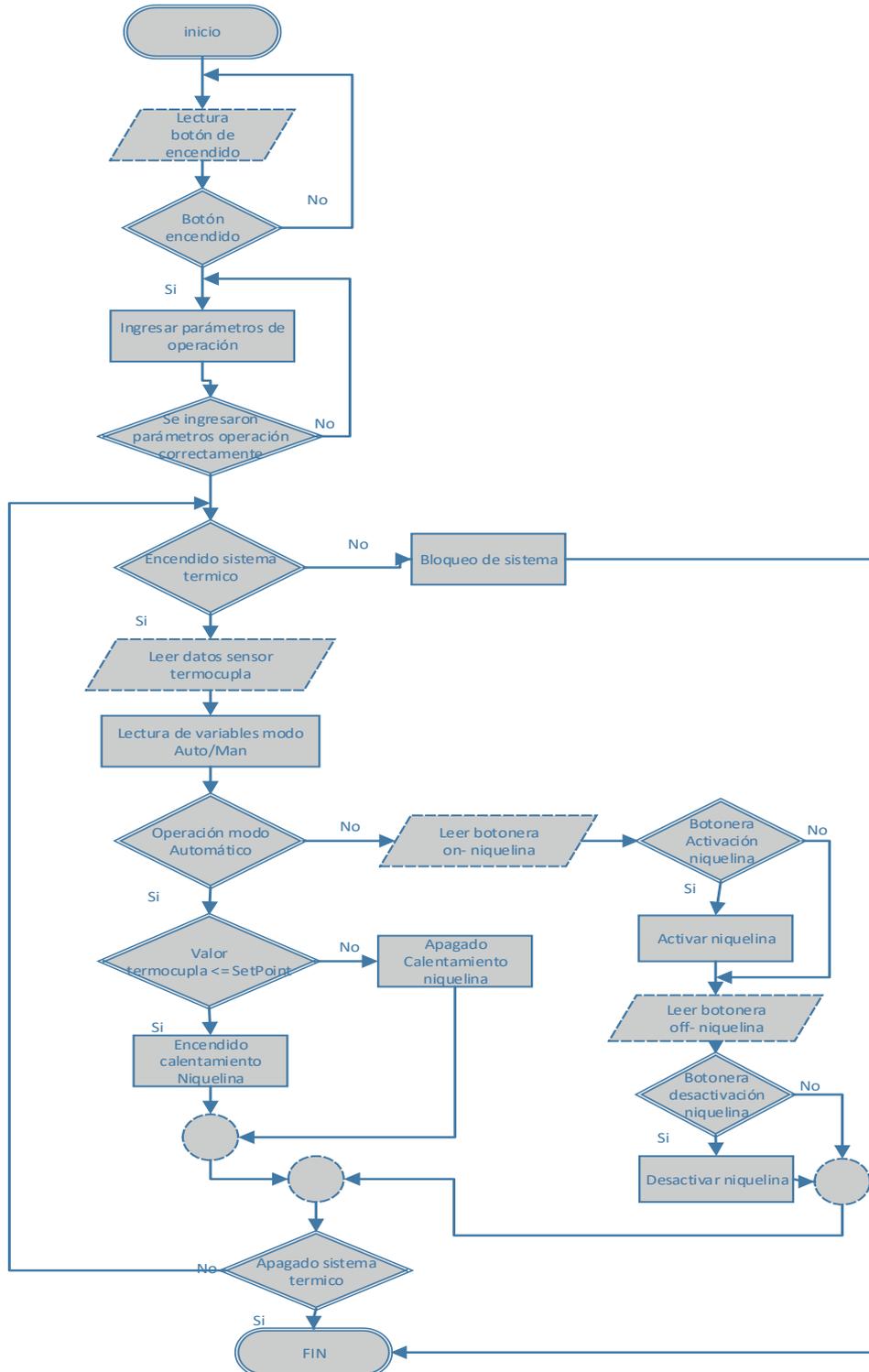


Figura 8-2 Diagrama de flujo control de temperatura on/off

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

2.5.3. *Etapa de control manual*

En esta etapa el control manual del sistema de planchado de cuero funciona independientemente, cuenta con mandos físicos como: pulsadores para cierre y apertura de la plancha, así como mandos táctiles directamente desde la pantalla HMI, con sus respectivos indicadores luminosos. Además, se puede activar y desactivar el contactor desde el PLC para energizar la resistencia eléctrica y de esta manera controlar manualmente el sistema.

2.6. **Dimensionamiento de la acometida eléctrica**

Para dimensionar y seleccionar los conductores eléctricos correctamente se toma en cuenta ciertos parámetros:

- La carga o consumo eléctrico
- Distancia de la carga
- Tipo de aislante del conductor
- Caída de tensión.

Especificaciones técnicas de los dispositivos:

Carga 1

Potencia resistencia eléctrica = 3Kw, 220 VAC ,60 Hz

Corriente de entrada plancha (resistencia) $I = 13.6$ A

Corriente de entrada al PLC, HMI: en orden de los miliamperios no se utiliza para el cálculo.

Cálculo del calibre del conductor carga

I_{c1} : corriente consumo o carga

i_0 : corriente plancha

i_1 : corriente fuente de alimentación

$$I_{c1} = i_0 + i_1$$

Ecuación 1-2. Corriente de carga

$$I_{c1} = (13.6 + 1.1) \text{ A}$$

$$I_{c1} = 14.7 \text{ A}$$

La corriente de carga final se obtiene multiplicando por 1.25 siendo el factor reserva del conductor con el fin de corregir la corriente.

$$I_{c1} = 14.7 \text{ A} * 1.25$$

$$I_{c1} = 18.37 \text{ A}$$

Amperaje que soportan los cables de cobre					
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A		
10 AWG	30 A	30 A	30 A	18 AWG	10 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A		
6 AWG	55 A	65 A	75 A	16 AWG	13 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A		
3 AWG	85 A	100 A	115 A	14 AWG	18 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A		
1 AWG	110 A	130 A	145 A	12 AWG	25 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A		
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A		
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		

Figura 9-2 Tabla para calcular el calibre de los conductores.

Fuente: http://masvoltaje.com/img/cms/img_tabla_amperaje.gif

La corriente de carga determinada es de 18.37 A, se verifica el amperaje que soportan el conductor de cobre en la Figura 2-9, siendo el conductor de 12 AWG con un amperaje soportable de 20A, es el apropiado para la instalación y funcionamiento.

Cálculo del calibre del conductor circuito de control

Carga 2

Para el dimensionamiento del calibre del conductor se hace uso de la corriente de salida del PLC que es de 100 V, 2A.

$$I_{c2} = 2\text{A} * 1.25$$

$$I_{c2} = 2.5 \text{ A}$$

Como se indica en el apartado anterior la corriente obtenida se debe multiplicar por el factor 1.25 siendo la reserva del conductor.

Según la NEC las cargas continuas que no superen los 5.6 Amperios, la instalación se realizara con conductor de calibre # 18 AWG.

Selección del Breaker

Tomando en cuenta las corrientes de carga I_c de 18.37 A se escoge el interruptor termomagnético de 2 polos a 20 A, se especifica en la figura 10-2.

KW	VOLTIOS	PH	AMP	CABLE THW	BREAKER	DIMENSIONES DEL EQUIPO Ø X H (cm)	PESO KG
6	220	2	27.3	10	3X30	22X85	10
		2	15.8	12	2X20		
8	220	2	36.4	8	2X50	28X87	13
		3	21.0	10	3X30		
10	220	2	45.5	8	2X50	28X87	13
		3	26.3	10	3X30		
12	220	2	54.5	6	2X60	34.5X87	18
		3	31.5	8	3X40		

Figura 10-2 Tabla de selección breaker por corriente nominal

Fuente: Catálogo Schneider breaker 5SL, 2014

2.7. Sistema de control de prensado

2.7.1. Funcionamiento del sistema neumático

El funcionamiento del sistema neumático comprende la ejecución de todos sus elementos correctamente instalados, de acuerdo a especificaciones técnicas del requerimiento, explicadas a continuación en tres etapas.

- La primera etapa del sistema neumático consiste en una fuente de energía que alimenta al compresor el cual cumple la función de aumentar la presión del aire e integrarlo al sistema, lo cual lo hace mediante un motor interno. Para determinar el consumo de aire es necesario realiza un análisis previo del sistema a controlar y a ser implementado, en donde se ha de seleccionar un compresor con determinadas características para la alimentación del sistema neumático y este pueda funcionar adecuadamente con una presión constante y regulada en los actuadores.
- Para la segunda etapa del sistema neumático necesita de una unidad de mantenimiento que incluye: filtro, regulador de presión y lubricador.

- La tercera etapa del sistema neumático cuenta con una electroválvula, 5/2 vías, doble efecto, el cual recibe señales digitales desde el PLC con 24 VDC, permitiendo el control del paso de aire y de esta manera desplazar la plancha verticalmente mediante los cilindros neumáticos.

2.7.2. Dimensionamiento del sistema neumático

Los cilindros neumáticos fueron seleccionados para tener un mayor empuje que el necesario para contrarrestar la carga, tomando en cuenta que se requiere 120 mm de carrera para el cierre de la plancha superior, y la fuerza de retorno para la apertura de la plancha, así como el peso que requiere levantar para la apertura de la plancha, estableciendo estos parámetros se optó por utilizar los cilindros modelo EMC 20x100 con las siguientes características.

Tabla 1-2 Características del cilindro de doble efecto

CARTERÍSTICAS TÉCNICAS CILINDRO	
Marca	EMC
Modelo	RAL 20x100
Rendimiento	85%
Diámetro émbolo	20 mm
Diámetro vástago	10mm
Presión trabajo	1-9 Bar
Carrera	120 mm

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

Cálculos

- **Presión del sistema neumático**

Datos técnicos del compresor

Potencia Motor= 2 HP- 1.5Kw

Presión de aire: 100-140 Psi

Presión de trabajo mínimo= 40 Psi

Presión de trabajo máximo = 130 Psi

Capacidad de carga= 100 litros

Presión de Trabajo del Compresor →6 bar

- **Selección del cilindro neumático**

Con los datos técnicos de la presión de trabajo del compresor, se utiliza el cilindro neumático acorde a la fuerza de trabajo requerida, según el Catalogo de la Empresa FESTO, cilindro neumático EMC RAL 20x100 Normalizado VDMA-24562/ISO -6431.

Datos específicos

Presión de trabajo = 1-9 bar

Temperatura de trabajo = -20 a 80°C

Diámetro del pistón= 30mm

Carrera= 120mm

Diámetro del pistón del embolo= 200mm

Las principales variables al momento de seleccionar el cilindro neumático son la fuerza de salida del cilindro, la velocidad del pistón, simulados en el software Propnew ver **Figura 14-2**, Además de la carga y consumo de aire.

Fuerza del Cilindro (Doble efecto)

$$F = P_{\text{aire}} * \text{Area pistón} \quad \text{Ecuación 2-2. Fuerza del cilindro}$$

Datos técnicos

F= Fuerza newton

A1= Área del pistón(mm²)

Diámetro del cilindro =(mm²)

Paire= Presión del aire(bar)

- Fuerza de avance ejercida sobre el pistón

$$F_{\text{avance}} = P_{\text{aire}} \frac{\pi * D^2}{4} \quad \text{Ecuación 3-2. Fuerza de avance}$$

- Fuerza de retroceso ejercida sobre el pistón

$$F_{\text{retroceso}} = P_{\text{aire}} \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4} \quad \text{Ecuación 4-2 Fuerza de retroceso}$$

Para determinar la fuerza de accionamiento del cilindro es necesario conocer el peso adecuado de la masa a ser impulsada y sus valores se detallan a continuación.

Tabla 2-2 Masa para la fuerza de accionamiento del cilindro

Descripción	Masa [gr]
Masa del bocín de unión	600
Masa del husillo	400
Masa del soporte del cilindro	1600
Masa plancha superior	7450
Masa tornillos	140
Masa total	10.2 Kg

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

Siendo

F_T = Fuerza total

m_T = Masa Total

g = gravedad = $9.8m/s^2$

La fuerza total se calcula mediante la siguiente ecuación

$$F_T = m_T * g$$
$$F_T = 10.2 \text{ kg} * 9.8 \frac{m^2}{s} = 100N$$

Esta es la fuerza a manipular durante el proceso de planchado del cuero durante su funcionamiento.

$$A1 = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * (30mm)^2}{4} = 706.86mm^2 \quad \text{Ecuación 5-2. Área del pistón}$$

Presión del aire, se determina mediante la presión del trabajo del compresor es de 6 bar ya que se encuentra dentro del rango admisible de presión en función de la capacidad de carga.

Tabla 3-2 Fuerza de empuje y retroceso del vástago del pistón

Diámetro del cilindro (mm)	Área del pistón (mm^2)	Fuerza de empuje [N] con 6 bar	Diámetro vástago del pistón (mm)	Área del vástago del pistón (mm^2)	Fuerza de retroceso [N] con 6 bar
30	706.86	2320.1	10	78	376.1

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

Los datos obtenidos son en base a las medidas del pistón y según la **Tabla 3-2** se toman los diferentes valores relacionados a la fuerza del pistón.

$$A1 = \text{Area del Piston} = 706.86\text{mm}^2$$

$$P_{\text{aire}} = \text{Presión del aire} = 6 \text{ bar} = 6 * 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$F_{\text{avance}} = \text{Fuerza de empuje} = 2320.1\text{N}$$

Fuerza del cilindro

$$F = P_{\text{aire}} * \text{area del piston} \quad \text{Ecuación 6-2. Fuerza de empuje}$$

$$F = 6 * 10^5 * 0.00070686 = 2320.1\text{N}$$

Fuerza de carga del cilindro

De acuerdo a la **Tabla 3-2** se localiza el alcance de la fuerza de carga en la capacidad del pistón y la presión de trabajo. Con los datos de entrada

- **P_{aire}**= presión de aire 6 bar
- **D**= Diámetro del cilindro 30 mm

Se obtiene de la **Tabla 3-2** el siguiente valor de fuerza de carga del cilindro.

$$F_c = \text{Fuerza de carga del cilindro} = 2400\text{N}$$

Fuerza adecuada para la comparación con la fuerza del cilindro neumático funcionando, óptimo para el desempeño de la maquina planchadora de cuero. Ver **Figura 11-2**.

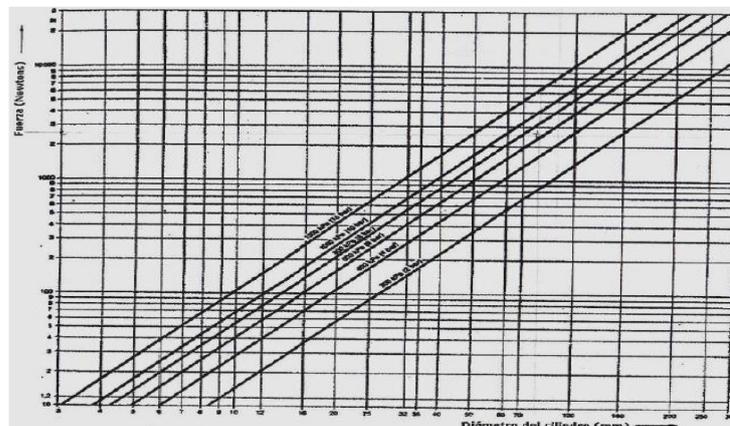


Figura 11-2 Resultados simulación sistema neumático
Fuente: Libro de Neumática – Actuadores Neumáticos

Fuerza del cilindro

Para el cálculo de la fuerza de retroceso se toma en cuenta el diámetro del vástago.

d= diámetro vástago del pistón= 10mm

$$A_2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (10\text{mm})^2}{4} = 78\text{mm}^2 \quad \text{Ecuación 7-2. Área del vástago del pistón}$$

$$F_{\text{retroceso}} = (6 * 10e5) * \frac{\pi \cdot (0.03^2 - 0.01^2)}{4} = 376.1 \text{ N}$$

En comparación con la fuerza de retroceso de acuerdo al fabricante es de 480N, donde es necesario tomar en cuenta que la fuerza de avance como la de retroceso se encuentra dentro del límite establecido por el fabricante del cilindro neumático.

Para comprobar el consumo de aire en los cilindros se requiere aplicar las siguientes fórmulas en base a la relación de compresión del área del pistón y de la carrera para el área de trabajo, la relación de compresión está dada por:

$$c = \frac{P_{\text{trabajo}} + P_{\text{atmosférica}}}{P_{\text{atmosférica}}} \quad \text{Ecuación 8-2. Relación de compresión}$$

Se debe tomar ciertos datos técnicos para el diseño como: los elementos neumáticos trabajan normalmente con una presión de 6 bar. Sin embargo, el compresor para nuestro sistema da una presión de 8 bar, además que la presión atmosférica es de 0.72 Bar en Ecuador, sierra.

$$c = \frac{6 + 0.72}{0.72} = 9.33 \text{ Bar}$$

Obteniendo una relación de compresión de r=9.33 Bar. Posteriormente se calcular el flujo volumétrico m³/s para cilindros doble efecto mediante la siguiente ecuación:

$$Q = n * r * \left(\frac{c * \pi * L^2}{4} + \frac{c * ((L^2 - l^2) * \pi)}{4} \right) \quad \text{Ecuación 9-1. Caudal para cilindros doble efecto}$$

En donde:

Q = flujo volumétrico

c =carrera en m

L =diámetro del cilindro

l = diámetro del vástago

n = número de ciclos de trabajo/ segundo

r = relación de compresión

Para calcular n , número de ciclos de trabajo/minuto; donde el número de ciclos tenemos 1 en un minuto se procede a convertir a segundos así:

$$n = \frac{1 \text{ ciclo}}{1 \text{ min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0.02 \frac{\text{ciclo}}{\text{seg}}$$

Cálculo del flujo volumétrico del cilindro de control del prensado:

$$Q_{\text{prensado}} = 0.02 * 9.33 * \left(\frac{0.12 * \pi * 0.025^2}{4} + \frac{0.12 * ((0.025^2 - 0.006^2) * \pi)}{4} \right)$$
$$Q_{\text{prensado}} = 0.0000213 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Como se ha establecido 2 cilindros para el control del prensado multiplicamos por dos para obtener un Q total de todo el sistema.

$$Q_{\text{prensado}} = 0.0000213 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 2 = 0.00004268 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$
$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{prensado}} = 0.00004268 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Como vemos nuestro consumo de aire es $0.00004268 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ o $2.56 \frac{\text{litros}}{\text{min}}$ idealmente, pero consideramos las pérdidas permisibles del sistema neumático en un 5% obteniendo.

$$Q_{\text{consumo}} = Q_{\text{total}} + Q_{\text{perdidas}} = 2.56 + 0.13 = 2.69 \frac{\text{litros}}{\text{min}} \quad \text{Ecuación 10-2. Caudal de consumo}$$

Para determinar el compresor habitualmente se mide en cfm ($\frac{\text{ft}^3}{\text{min}}$), siendo en nuestro caso 0.12 CFM, como mínimo para garantizar un buen funcionamiento del sistema neumático. Los cálculos realizados para obtener resultados favorables en cuanto a la fuerza ejercida por los cilindros, donde se varía la presión con un rendimiento del 85% se muestre a continuación.

Tabla 4-2 Fuerza y consumo de aire

Cálculos de fuerza y consumo de aire		
Ítems	Resultados	Unidades
Fuerza ideal avance	2400	N
Fuerza real avance	2320.1	N
Fuerza ideal retorno	480	N
Fuerza real retorno	376.1	N
Volumen /ciclo	$106.678 * 10^{-5}$	$m^3 / ciclo$

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

2.8. Dimensionamiento y selección de elementos neumáticos

2.8.1. Compresor de aire

Para seleccionar el compresor de aire hay que tener en cuenta consideraciones técnicas para producir un aire más económico, y que cuente con un sistema correcto que garantice con certeza la operación de trabajo. En la selección del compresor se debe considerar ciertos parámetros como:

- Presión nominal de trabajo 6 Bar.
- Máxima caída de presión admitida en la instalación 0.7bar
- Estimación consumo de aire total de sistema neumático es 1.12 cfm
- Revisar el número de ciclos/hora para determinar factores de carga.

En la **Figura 12-2** se puede observar el tipo de compresor utilizado mientras que en la **Tabla 5-2** observamos las características técnicas del mismo.

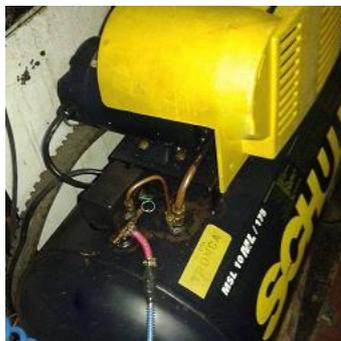


Figura 12-2 Compresor

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

Tabla 5-2 Datos técnicos del compresor SCHULZ

Modelo	MSI 5.2 ML/100
Tipo motor	Monofásico abierto NEMA C48
Potencia Motor	1 HP-0.75 Kw
Capacidad del tanque	100 litros
Presión máxima	120 [<i>lbf/Pol²</i>] - 8,3 Bar

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

2.8.2. *Electroválvulas*

La electroválvula utilizada es de 5/2 5 vías y 2 posiciones, posee una válvula biestable, en nuestro caso porque se requiere empuje y retracción durante el proceso de prensado, para ello se necesita una señal proveniente desde el PLC el cual mediante conmutación electromagnética acciona el núcleo móvil del relé de esta manera controlando el paso de aire.

Como se mencionó anteriormente las electroválvulas son biestable precisamente para controlar los cilindros de doble efecto del sistema, accionamiento realizado por relé de 110 VAC con retorno por muelle, se puede observar en el **Anexo C**, la marca EMC presenta varias opciones que fueron determinantes para la utilización de dichas electroválvulas.

En la **Figura 13-2** se puede observar el tipo de electroválvula utilizada mientras que en la **Tabla 6-2** observamos las características técnicas del mismo.



Figura 13-2 Electroválvula

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

Tabla 6-2 Datos técnicos electroválvula

DATOS TÉCNICOS	
MODELO	4V210-06
VALVULA	2 posiciones, 5 vías
ACCIONAMIENTO	Piloto interno
PRESIÓN DE TRABAJO	0.15 – 0.8 MPa
VOLTAJE	110 AC (50/60 Hz)
CORRIENTE	50mA, 5.5 VA

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

2.8.3. Diagrama sistema neumático

A continuación, en la **Figura 14-2** se visualiza el diagrama del sistema neumático, donde se puede identificar cada uno de los elementos utilizados y su posicionamiento para obtener un correcto funcionamiento del sistema en el software FluidSIM V4.5.

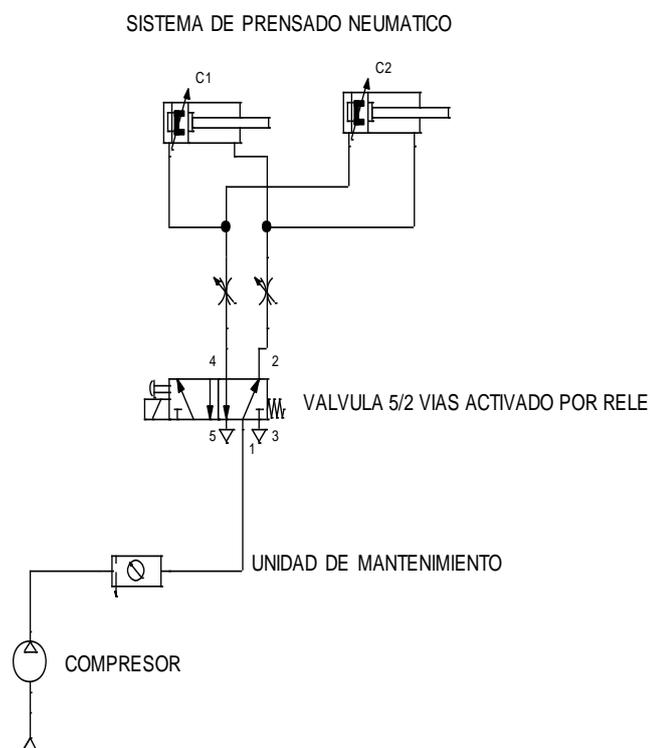


Figura 14-2 Diagrama Sistema Neumático

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

2.8.4. Simulación del sistema neumático software de FESTO ProPneu v4.2.2.18

Una vez determinado los parámetros y características técnicas de los elementos neumáticos mediante los cálculos desarrollados anteriormente, se hizo uso del software de FESTO ProPneu v4.2.2.18, donde se ingresa los valores y datos técnicos requeridos para la configuración del sistema neumático ilustrados en la **Figura 15-2**, para su posterior simulación y representación gráfica visualizada en la **Figura 16-2**, con esto se verifica el correcto funcionamiento del sistema neumático a implementarse.

sistema neumático



Ingreso - Parámetros del sistema

Longitud de carrera requerida	120 mm	Dirección del movimiento	extender
Ángulo de instalación	0 deg	Presión de funcionamiento	6 bar
Cantidad de cilindros	1	Masa en movimiento	10,5 kg

Accionamiento

Tipo	1x DGPL-32-120-PPV-A-KF-B
Núm. artículo	161793

ProPneu

Versión 4.2.2.18

Válvula de estrangulación de retención

Tipo	GRLA-1/8-B	Núm. artículo	151165
Configuración:	Flujo 3.1 Revoluciones		

Válvula de vías

Tipo	J-5/2-3/4-D-4	Núm. artículo	12462
Silenciador	U -3/4	Núm. artículo	2311

Tubo flexible [Cil. > Válvula]

Tipo	PUN-3x0,5-BL	Núm. artículo	159660
Largo del tubo flexible	0,80 m		

Racor

Racor	CN-1/8-PK-3	Núm. artículo	11944
-------	-------------	---------------	-------

Tubo flexible [Fuente > Válvula]

Tipo	PUN-H-6x1-BL	Núm. artículo	197384
Largo del tubo flexible	1 m		

Datos del proyecto

Nr. de proyecto

1

Designación del proyecto

Trabajo de Titulación
FIE-ESPOCH

Encargado

William Cañar y Fabián Fiallos

Datos del cliente

Nr. de cliente

020204679-3

Dirección

Ambato, Seminario

Calle Bernardino Echeverría y
Segundo Álvarez

Teléfono

586081

Fax

550080

Observaciones

Sistema Neumatico

Figura 15-2 Configuración parámetros sistema neumático

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

Resultados..

FESTO

Ingreso - Parámetros del sistema

Longitud de carrera requerida	120 mm	Dirección del movimiento	extender
Ángulo de instalación	0 deg	Presión de funcionamiento	6 bar
Cantidad de cilindros dispuestos	1	Masa en movimiento	10,5 kg

Resultados calculados

Tiempo total de posicionamiento	1,48 s	Velocidad de impacto	0,07 m/s
Energía dinámica de impacto	0,04 J	Consumo de aire mínimo	0,7376 l
Velocidad promedio	0,08 m/s	Máx. velocidad	0,2 m/s
Velocidad media del aire	5,75 m/s	Regulación PPV	20 % ..

ProPneu

Versión 4.2.2.18

Datos del proyecto

1

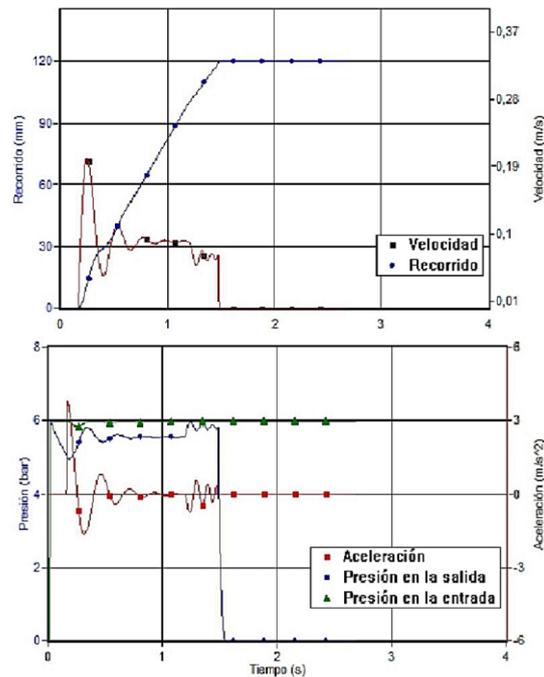
Designación del proyecto
Trabajo de Titulación
FIE-ESPOCH
Encargado
William Cañar y Fabián Fiallos

Datos del cliente

Nr. de cliente:
020204679-3
Dirección:
Ambato, Seminario
Calle Bernardino Echeverría y
Segundo Álvarez
Teléfono:
586081
Fax:
550080

Observaciones

Sistema Neumático



Impreso el 07/04/2017 12:48:13

Figura 16-2 Resultados simulación sistema neumático

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

2.9. Selección de sensores

Los sensores utilizados fueron analizados dependiendo de la operación que iban a desempeñar, en este caso se puso énfasis en una forma de medir la temperatura a nivel industrial para lo cual se seleccionó un sensor termocupla capaz de soportar altas temperaturas y de estructura inoxidable. También dos sensores finales de carrera capaz de permitir controlar el cierre y apertura del prensado, a continuación, se detalla la funcionalidad de cada sensor en el sistema.

2.9.1. Termocupla

Luego de analizar los requerimientos del proceso de planchado, en cuanto al sistema de control de temperatura, se optó por elegir el sensor termocupla tipo k debido a su construcción ya que poseen buena resistencia a la oxidación y son utilizados a nivel industrial en hornos, calefones,

etc. Además, mide valores de temperatura en un rango de -500 a 1250 °C. con un grado de sensibilidad menor en relación a otros termopares siendo aprobado para instalar en la máquina de planchadora de pieles.

En la **Figura 17-2** se ilustra la termocupla utilizada de acuerdo a las necesidades del sistema, mientras que en la **Tabla 7-2** observamos las características técnicas del mismo.



Figura 17-2 Termocupla tipo k
Fuente: www.technoinjectiontools.com

Tabla 7-2 Datos técnicos termocupla

Tipo	Combinacion de Materiales	Sensibilidad	Composición Química	Rangos de Temperatura
J	Hierro/Constatan	5,6 mV/100 °C	Fe 46Ni : 54Cu	-250 a +1000 °C
K	Cromel/Alumel	3,6 mV/100 °C	90Ni : 10Cr 90Ni :4Al 3,5Mn :2,5Si	-500 a +1250 °C
T	Cobre/Constatan	4,5 mV/100 °C	Cu 46Ni : 54Cu	-250 a +600 °C
E	Cromel/ Constatan	7,9 mV/100 °C	90Ni : 10Cr 46Ni : 54Cu	-300 a + 1000 °C

Fuente: <http://catedra.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/cys/DI/termocuplas.pdf>

Realizado Por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

2.9.2. Final de Carrera

Dentro de los componentes electrónicos utilizados, se cuenta con dispositivos finales de carrera, los cuales funcionan como un switch que pueden acoplarse al sistema neumático, donde se encuentra la parte móvil de la estructura con el objetivo de enviar señales al PLC, cuando haga contacto y determinar el cierre y apertura de la plancha y de esta manera cumplir una secuencia lógica.

2.9.2.1. Instalación del sistema neumático

Para llevar a cabo este proceso se analizó un punto estratégico para fijar el equipo de distribución de aire, además se verificó la distancia para colocar las mangueras que debe ser no mayor a 5m desde la electroválvula a los actuadores, con esto garantizar una caída de presión mínima. En la **Figura 18-2** se puede ilustrar el sistema neumático fijado en la estructura metálica.



Figura 18-2 Instalación sistema neumático

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

2.10. Dimensionamiento y selección del controlador

Para seleccionar el controlador PLC se determinó en base al análisis de entradas y salidas que requiere el sistema a ser instalado. Además de las características propias del controlador lo cual satisfaga las necesidades del usuario, tomando en cuenta también el presupuesto económico.

Tabla 8-2 Características del controlador PLC

No	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD
1	Sensor Termocupla	Analógico	1
3	Pulsadores	Digital	2
2	Selector	Digital	2
4	Finales de carrera	Digital	2
		TOTAL	7

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

Mediante la descripción y la enumeración en la **Tabla 8-2** de las entradas requeridas para el controlador establecemos que el PLC debería tener al menos 6 entradas digitales y expansión analógica al menos una salida.

Tabla 9-2 Requerimientos de salida del controlador

No	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD
1	Luz Piloto	Digital	3
2	Electroválvula	Digital	2
		TOTAL	5

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

Las salidas que deberá tener el controlador como mínimo en nuestro caso son 6 salidas digitales, en la **Tabla 9-2** podemos visualizar, además debe contar con tecnología necesaria para comunicación con la pantalla HMI y de esta manera realizar un monitoreo desde el panel de control.

Después de analizar tanto entradas como salidas del controlador también se tomó en cuenta las especificaciones de la alimentación en nuestro caso se puede alimentar con 110-220 VAC, así como herramientas de comunicación y programación siendo de fácil conexión para el control y monitoreo de la planchadora de cuero.

De acuerdo con las características observadas se ha elegido trabajar con el PLC PANASONIC FPOR C14RMS, ya que cumple con todos los requerimientos necesarios para programar y obtener un óptimo funcionamiento.

2.10.1. *Conexión de entradas y salidas al controlador*

Después de analizar el funcionamiento del sistema en papel, realizamos el diseño en el software de Panasonic donde necesitamos establecer señales físicas tanto de entradas como salidas que serán interpretadas en el PLC. Se ilustra en la siguiente **Tabla 10-2** cada una de las entradas.

Tabla 10-2 Descripción de señales físicas de entradas al PLC

Nombre	Descripción	Tipo	Dirección FP	Dirección IEC
Marcha	Botón verde	Bool	X0	%IX0.0
Paro	Botón rojo	Bool	X1	%IX0.1
Reset	Botón rojo	Bool	X2	%IX0.2
Man/Auto	Selector 2 posiciones	Bool	X3	%IX0.3
Final de carrera Abajo	Sensor capacitivo	Bool	X4	%IX0.4
Final de carrera Arriba	Sensor capacitivo	Bool	X5	%IX0.5
Niquelina on/off	Selector 2 posiciones	Bool	X6	%IX0.6

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

A continuación, en la **Tabla 11-2** muestran las salidas físicas establecidas en el PLC con su respectivo direccionamiento.

Tabla 11-2 Descripción de las señales de salida hacia el PLC

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO	Dirección FP	Dirección IEC
Piloto marcha	Luz piloto Verde	Bool	Y0	%QX0.0
Piloto paro	Luz piloto Roja	Bool	Y1	%QX0.1
Piloto niquelina	Luz amarillo	Bool	Y2	%QX0.2
Electroválvula subir	Electroválvula neumática	Bool	Y3	%QX0.3
Electroválvula bajar	Electroválvula neumática	Bool	Y4	%QX0.4

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

Con las señales de entrada y salida descritas en la **Tabla 10-2** y la **Tabla 11-2** se diseñó el diagrama de conexión mostrado en la **Figura 19-2**, donde se puede visualizar dichas conexiones del PLC, las cuales todas las señales de entrada y salida son del tipo digital.

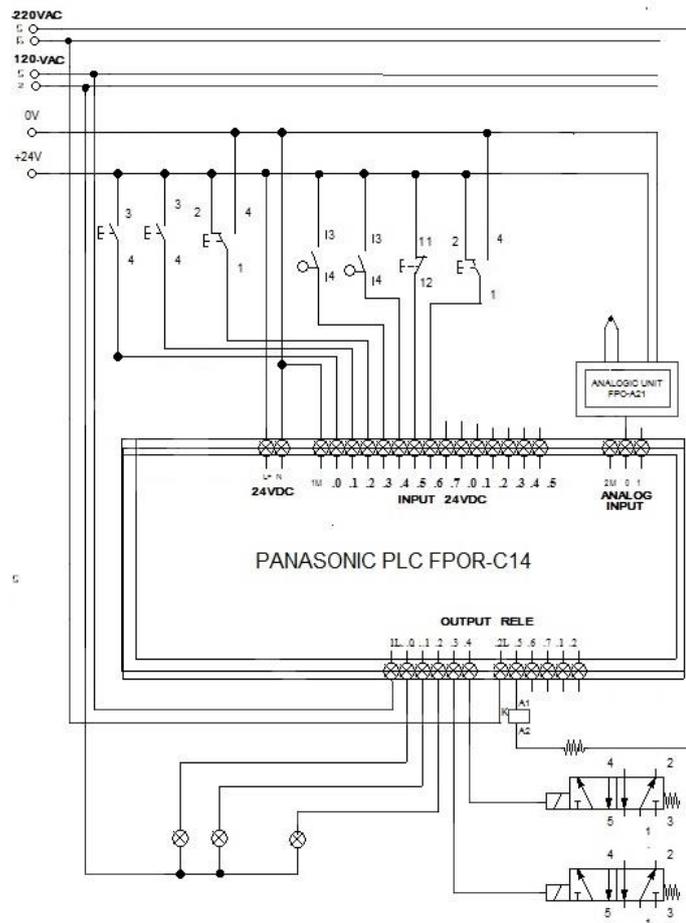
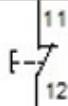
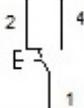
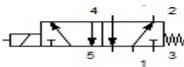
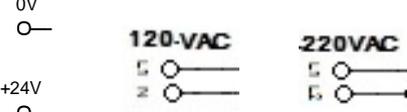


Figura 19-2 Diagrama de conexión del PLC

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

Para un mejor entendimiento del diagrama de conexión del PLC, a continuación, en la **Tabla 12-2** se presenta cada uno de los símbolos con su respectivo significado.

Tabla 12-2 Símbolos del diagrama de conexiones al PLC

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Pulsadores de marcha y paro
	Pulsador paro emergencia
	Selector de 2 posiciones manual/automático y on-off niquelina
	Contactor
	Dispositivo Final de carrera
	Sensor termocupla.
	Electroválvulas 5/2 activación por Relé de 110VAC
	Luces piloto: verde, roja, amarilla
	Carga resistiva: Niquelina
	Fuente de alimentación externa de 24VDC, 120VAC, 220VAC.

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

2.11. Selección de fuente de voltaje

En la **Tabla 13-2** podemos observar el censo de todos los dispositivos y sus cargas eléctricas que se generarán en el funcionamiento del proyecto y además que servirán para dimensionar una fuente de alimentación DC externa para dichos elementos.

Tabla 13-1 Energía eléctrica necesaria para cada dispositivo

DISPOSITIVOS					
CANT.	DISPOSITIVO	ALIMENTACIÓN			AMPERIOS
		VOLTAJE DC	VOLTAJE AC		
4	Electroválvulas neumáticas		110V		50mA
1	Sensor Termocupla	24 V			800mA
2	Sensor final carrera	24 V			600mA
3	Luces Piloto		110V		200mA

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

Para la implementación del sistema de control la fuente de alimentación requiere importancia a la hora de dimensionar los dispositivos utilizarse, por ejemplo, en este caso se utiliza elementos electrónicos que se alimentan con 24 VDC con un amperaje de 4.3 Amperios. En la **Figura 14-1**. podemos visualizar la fuente de alimentación utilizada para suministrar los diferentes dispositivos de automatización. Sin embargo, para las cargas que requieren mayor amperaje se utiliza una fuente de alimentación de 220VAC, así como elementos electrónicos que funcionan con alimentación de 110VAC, para ello se realiza un dimensionamiento previo para adquirir una instalación y funcionamiento exitosa con sus respectivas medidas de seguridad.

2.12. Diseño e implementación del tablero de control

El tablero de control es la parte esencial de todo el sistema automático donde se encuentra el PLC ya que es el cerebro que gobierna a todos los actuadores, este último donde se realizó la programación paso a paso para el funcionamiento sincronizado del planchado de cuero en la cual las señales de los sensores son interpretadas para tomar acciones en el sistema de control y enviarlas a los actuadores.

2.12.1. Dimensionamiento del tablero de control

La dimensión del gabinete utilizado es de 0.40 m de ancho, 0.40 m de alto y 0.20 m de profundidad. En la **Tabla 14-2** se ilustra los equipos instalados y su ubicación en el gabinete metálico de acuerdo a los requerimientos del sistema de control.

Tabla 14-2 Elementos instalados en el tablero de control

Descripción	Lugar instalado en el gabinete
PLC	Interior
Módulo Analógico	Interior
Fuente de 24 V	Interior
Contactador	Interior
Breacker	Interior
Luz piloto verde	Exterior
Luz piloto roja	Exterior
Luz piloto amarillo	Exterior
Selector Man/Auto	Exterior
Selector on/off	Exterior
Botón de Marcha	Exterior
Botón de Reset	Exterior
Botón de Paro	Exterior

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

2.12.2. Instalación de elementos de soporte

Para la instalación interna se utiliza componentes como Riel Din, canaletas, borneras para fijar adecuadamente todos los dispositivos electrónicos y puedan desempeñar sus funciones con sus respectivas normas de seguridad. A continuación, en la **Figura 20-2** se muestra la instalación de los diferentes componentes que servirá como soporte y fijación del tablero de control.

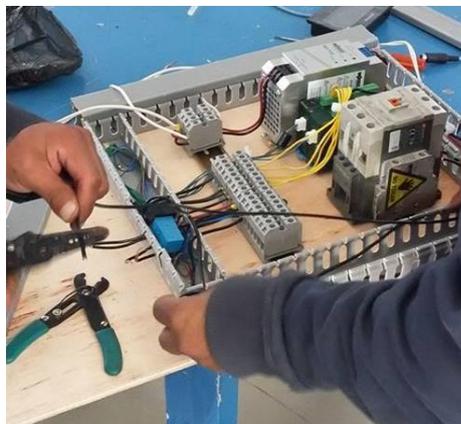


Figura 20-2 Distribución de componentes

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

2.12.3. *Montaje de equipos de automatización dentro del gabinete*

En la parte interior del gabinete para el cableado de las conexiones eléctricas se realizó con conductor flexible 18 AWG de color azul y amarillo, siendo aceptable para la conexión funcional en los equipos de automatización, conductor flexible #16 AWG: de color blanco, negro y rojo, para la conexión funcional de equipos electrónicos con fuente de alimentación 110VAC y conductor flexible #12 AWG para la carga resistiva con fuente de alimentación 220 VAC en la **Figura 21-2** podemos visualizar el montado del tablero de control.



Figura 21-2 Montaje de equipos

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

2.12.4. *Montaje de equipos de automatización fuera del gabinete*

En la parte externa del gabinete metálico se puede visualizar en la **Figura 22-2** los dispositivos instalados como medio de interacción con el usuario elementos como: luces piloto, pulsador marcha, reset, paro de emergencia, selector manual/automático, selector on/off y pantalla HMI todos estos ubicados en el gabinete de acuerdo a la normativa de seguridad.



Figura 22-2 Parte externa y frontal del gabinete

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

2.12.5. *Cableado e instalación del gabinete*

Para instalar el gabinete se procede a realizar el cableado guiado como medio de transporte el tubo metálico, para ello se tomó en cuenta el plano eléctrico y las debidas precauciones para evitar futuros inconvenientes con descargas eléctricas u otras causas adversas, además de dar una estética diferente y comodidad para la utilización del usuario como muestra en la **Figura 23-2**



Figura 23-2 Instalación del gabinete
Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

2.12.6. *Instalación electroválvulas*

La instalación de las electroválvulas se la realizó para que resulte de fácil acceso acoplarlo en la misma estructura metálica cerca de los cilindros neumáticos, considerando que debe ser menor a 2 metros de manguera, sin embargo, cabe recalcar que todo el sistema neumático funciona en conjunto. En la **Tabla 15-2** se muestra los elementos que componen el sistema neumático. Además, se puede observar la instalación del sistema neumático en la **Figura 18-2**.

Tabla 15-2 Elementos sistema neumático

CANT.	DISPOSITIVO
2	Electroválvulas neumáticas
1	Unidad de mantenimiento
8	Racores ¼
2	Silenciadores

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

Programación del PLC FPO-C14MRS

2.12.7. Entorno de Programación FPWIN PRO

El software de programación FPWIN Pro V7.0 con actualización V7.14 ver **Figura 24-2** es una herramienta muy completa desarrollada por la empresa Panasonic según estándar IEC 61131-3, potente con respecto a la programación, adquisición de librerías, configuraciones, simulación, siendo un programa que presenta un interfaz amigable para el usuario y demás prestaciones para el equipo de programación PLC PANASONIC FPOR C14MRS el cual se utiliza para el desarrollo del presente proyecto.



Figura 24-2 Software Panasonic Control FPWIN Pro V7.14

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

2.12.8. Requerimientos

Para obtener un óptimo desempeño del programa y de esta manera llevar a cabalidad el desarrollo del proyecto se requiere cumplir con ciertos requisitos mínimos como:

Procesador:

Core i5-2450M, 2.50 GHz

RAM 4.00 GB

Sistemas operativos

Windows 7 Home Premium/Professional/Enterprise/Ultimate (32 Bit, 64 Bit)

Windows 8.1 Professional/Enterprise, Windows 10 Pro (64 Bit).

2.13. Configuración del software Control FPWIN Pro V7.14

Al inicializar el software Control FPWIN Pro V7.14 podemos familiarizarnos con el entorno de programación para adquirir conocimiento práctico del manejo de herramientas. Ver en la **Figura 25-2** entorno de programación Panasonic Control FPWIN Pro.



Figura 25-2 Creación nuevo proyecto Panasonic Control FPWIN Pro
Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

Luego se realiza las configuraciones requeridas para que el PLC sea inicializado y reconocido por el computador. Ver la **Figura 26-2** la configuración de comunicación del PLC.

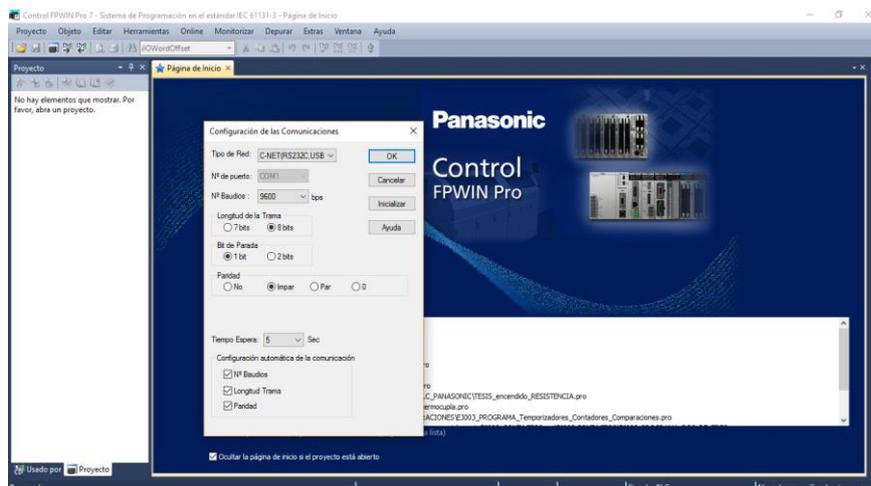


Figura 26-2 Configuración de comunicación con el PLC
Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

Posteriormente se selecciona el tipo de PLC FPOR C14 siendo el modelo de PLC adquirido, seguido damos el nombre del archivo Proyecto_1 y determinamos que tipo de lenguaje deseamos desarrollar en este caso se realiza la programación en Ladder para conseguir una secuencia lógica

del proceso. En la **Figura 27-2** se puede visualizar la configuración del tipo de programación del PLC.



Figura 27-2 Selección y configuración del PLC
Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

Una vez configurado los parámetros de básicos, se procede a inicializar con la programación en modo RUN prog. y así introducir las variables globales y locales utilizadas para hacer llamadas a entradas, salidas y memorias en el programa.

2.14. Memorias utilizadas

Para realizar la programación del PLC se planteó la secuencia en dicho diagrama Grafcet en la cual las memorias utilizadas van en forma ascendente conforme pasan de un estado a otro por ejemplo desde la memoria M1 hasta M6 además se puede incluir más memorias esto con la intención que se pueda integrar.

En la **Tabla 16-2** se puede visualizar las memorias utilizadas en la programación del PLC y la descripción de las mismas.

Tabla 16-2 Memorias utilizadas en la programación

Memoria	Descripción
M1	Se encarga de activar la luz piloto que muestra que el proceso se está ejecutando
M2	Cierra la lámina superior de la plancha para su calentamiento
M3	Inicia el calentamiento de la niquelina en °C
M4	Después de un tiempo establecido la M4 termina el calentamiento de la niquelina
M5	Encargada de subir la lámina de la plancha a su posición original
M6	Permite una vez terminado el proceso repetirlo

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

2.15. Condiciones de programación

Todas las memorias señaladas anteriormente forman parte de la secuencia automática sin embargo estas memorias deben ser activadas mediante condiciones desarrolladas en la programación por parte de dispositivos que cumplen la función de enviar señales y de esta manera cumpla el funcionamiento del proceso automático, ver **Tabla 17-2**.

Tabla 17-2 Condiciones para la programación en Grafcet

T1	T1 tiempo transcurrido calentamiento
P1	Pulsador de marcha activado.
L1/L2	Señales de activación por final carrera.
a	Señal Activación sensor Termocupla

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

2.16. Programación en el PLC

En dicha programación se ha utilizado la secuencia automática en donde sigue una lógica y depende de ciertas condiciones como las señales de los finales de carrearra y la del sensor termocupla para cumplir con las peticiones del usuario al momento de poner en marcha, cabe recalcar que el proceso de control manual funciona y se encuentra programado independientemente. En la **Figura 28-2** se puede visualizar los diferentes métodos de programación en el PLC.

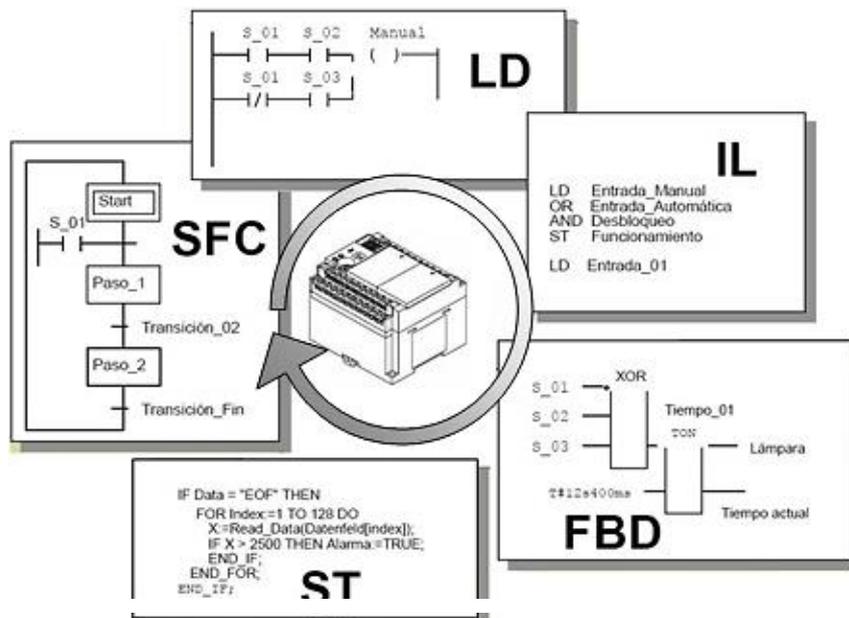


Figura 28-2 Métodos de programación en el PLC

Fuente: prototipando.es/phocadownload/plc_panasonic/GuiaaFPWin.doc

El programa se desarrollará en Ladder para su mejor tratamiento de las líneas de control, de igual manera se desarrolla una simulación en modo offline para comprobar su funcionamiento manualmente y de esta manera corregir y probar virtualmente cada uno de los actuadores, para luego con seguridad cargar el programa y probar el funcionamiento en modo RUN, de todos los actuadores y demás dispositivos físicos conectados al PLC.

A continuación, se detallará paso a paso la programación del Autómata PLC PANASONIC FPOR C14 desarrollado en el software Control FPWINPro versión 7.14.

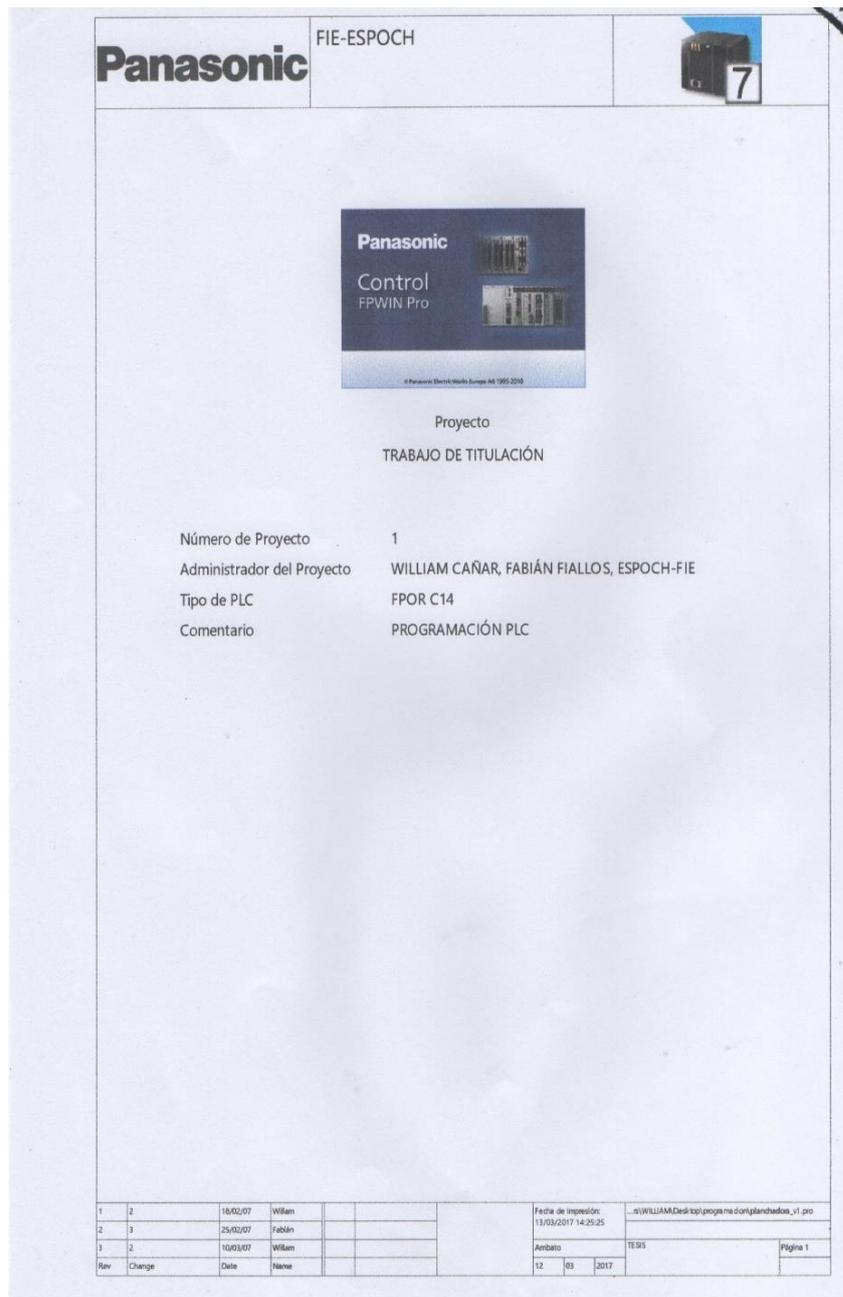


Figura 29-2 Introducción a la programación en PLC
 Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017



Árbol del Proyecto

```

Proyecto [C:\Users\WILLIAM\Desktop\programacion\planchados_v1.pro]
├── PLC (FPOR 16k C10,C14,C16)
│   ├── Librerías
│   │   ├── IEC standard library
│   │   ├── FP library
│   │   ├── FP pulsed library
│   │   └── FP tool library
│   └── Tareas
│       ├── Programas (Evento = TRUE, 1 entrada)
│       ├── Interrupción 0 (Evento = I0)
│       ├── Interrupción 1 (Evento = I1)
│       ├── Interrupción 2 (Evento = I2)
│       ├── Interrupción 3 (Evento = I3)
│       ├── Interrupción 4 (Evento = I4)
│       ├── Interrupción 5 (Evento = I5)
│       ├── Interrupción 6 (Evento = I6)
│       ├── Interrupción 7 (Evento = I7)
│       ├── Interrupción 8 (Evento = I8)
│       ├── Interrupción 9 (Evento = I9)
│       ├── Interrupción 10 (Evento = I10)
│       ├── Interrupción 11 (Evento = I11)
│       └── Interrupción Periódica (Intervalo = T#10ms)
├── DUTs
├── Métodos Globales
├── POUs (224 pasos)
└── Programa_1 (PRG, 224 pasos)
    
```

Variables Globales

	Clase	Identificador	Dirección FP	Dirección IEC	Tipo	Inicial	Auto extem	Comentario
0	VAR_GLOBAL	START	X0	%IX0.0	BOOL	FALSE		INICIAR PROCESO
1	VAR_GLOBAL	STOP	X1	%IX0.1	BOOL	FALSE		PARO EMERGENCIA
2	VAR_GLOBAL	RESET	X2	%IX0.2	BOOL	FALSE		RESETEA EL PROCESO
3	VAR_GLOBAL	MAN_AUTO	X3	%IX0.3	BOOL	FALSE		SELECTOR MANUAL/AUTOMATICO
4	VAR_GLOBAL	FINAL_CARRERA_ABAJO	X4	%IX0.4	BOOL	FALSE		DETECCION RETROCESO DEL CILINDRO
5	VAR_GLOBAL	FINAL_CARRERA_ARRIBA	X5	%IX0.5	BOOL	FALSE		DETECCION AVANCE DEL CILINDRO
6	VAR_GLOBAL	CALENTAR	X6	%IX0.6	BOOL	FALSE		ACTIVACION RELE MANUAL
7	VAR_GLOBAL	ELECTROVALVULA_SUBIR	Y0	%QX0.0	BOOL	FALSE		ACTIVAR CILINDRO A-
8	VAR_GLOBAL	ELECTROVALVULA_BAJAR	Y1	%QX0.1	BOOL	FALSE		ACTIVAR CILINDRO A+
9	VAR_GLOBAL	RELE	Y2	%QX0.2	BOOL	FALSE		PARA CONTROLAR LA NIQUELINA
10	VAR_GLOBAL	PILOTO_MARCHA	Y4	%QX0.4	BOOL	FALSE		LUZ VERDE
11	VAR_GLOBAL	PILOTO_PARO	Y5	%QX0.5	BOOL	FALSE		LUZ ROJO
12	VAR_GLOBAL	START_HMI	R100	%MX0.10.0	BOOL	FALSE		INICIAR PROCESO AUTOMATICO HMI
13	VAR_GLOBAL	INDICADOR_MARCHA_HMI	R101	%MX0.10.1	BOOL	FALSE		HMI START LUZ
14	VAR_GLOBAL	STOP_HMI	R102	%MX0.10.2	BOOL	FALSE		PARO PROCESO AUTOMATICO HMI
15	VAR_GLOBAL	INDICADOR_PARO_HMI	R103	%MX0.10.3	BOOL	FALSE		HMI PARO LUZ
16	VAR_GLOBAL	RESET_HMI	R105	%MX0.10.5	BOOL	FALSE		RESETEA PROCESO DESDE EL HMI
17	VAR_GLOBAL	ACT_AUTOMATICO	R106	%MX0.10.6	BOOL	FALSE		ACTIVACION MODO AUTOMATICO
18	VAR_GLOBAL	SECCADO_TERMINADO	R107	%MX0.10.7	BOOL	FALSE		PROCESO TERMINADO
19	VAR_GLOBAL	ACT_MANUAL	R108	%MX0.10.8	BOOL	FALSE		SEÑAL MANDO MANUAL
20	VAR_GLOBAL	ENCLAVAMIENTO_NIQUELINA	R109	%MX0.10.9	BOOL	FALSE		ACTIVACION MODO MANUAL
21	VAR_GLOBAL	SP_TEMPERATURA	DT100	%MWS.100	INT	0		INGRESO TEMPERATURA PLANCHADO
22	VAR_GLOBAL	DISPLAY_TEMPERATURA	DT101	%MWS.101	INT	0		TEMPERATURA MEDIDA
23	VAR_GLOBAL	SP_TIEMPO	DT102	%MWS.102	INT	0		INGRESO TIEMPO PLANCHADO
24	VAR_GLOBAL	DISPLAY_TIEMPO	DT103	%MWS.103	INT	0		TIEMPO TRANSCURRIDO
25	VAR_GLOBAL	TEMP_LIM_SUP	DT104	%MWS.104	INT	0		DEFINIR RANGO SUPERIOR TEMPERATURA
26	VAR_GLOBAL	TEMP_LIM_INF	DT105	%MWS.105	INT	0		DEFINIR RANGO INFERIOR TEMPERATURA
27	VAR_GLOBAL							

1	2	18/02/07	Willam				Fecha de Impresión: 13/03/2017 14:25:25	...s\WILLIAM\Desktop\programacion\planchados_v1.pro
2	3	25/02/07	Fabián					Árbol del Proyecto
3	2	10/03/07	Willam				Ambato	TESIS
Rev	Change	Date	Name				12 03 2017	Página 2

Figura 30-2 Programación registro de variables
 Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

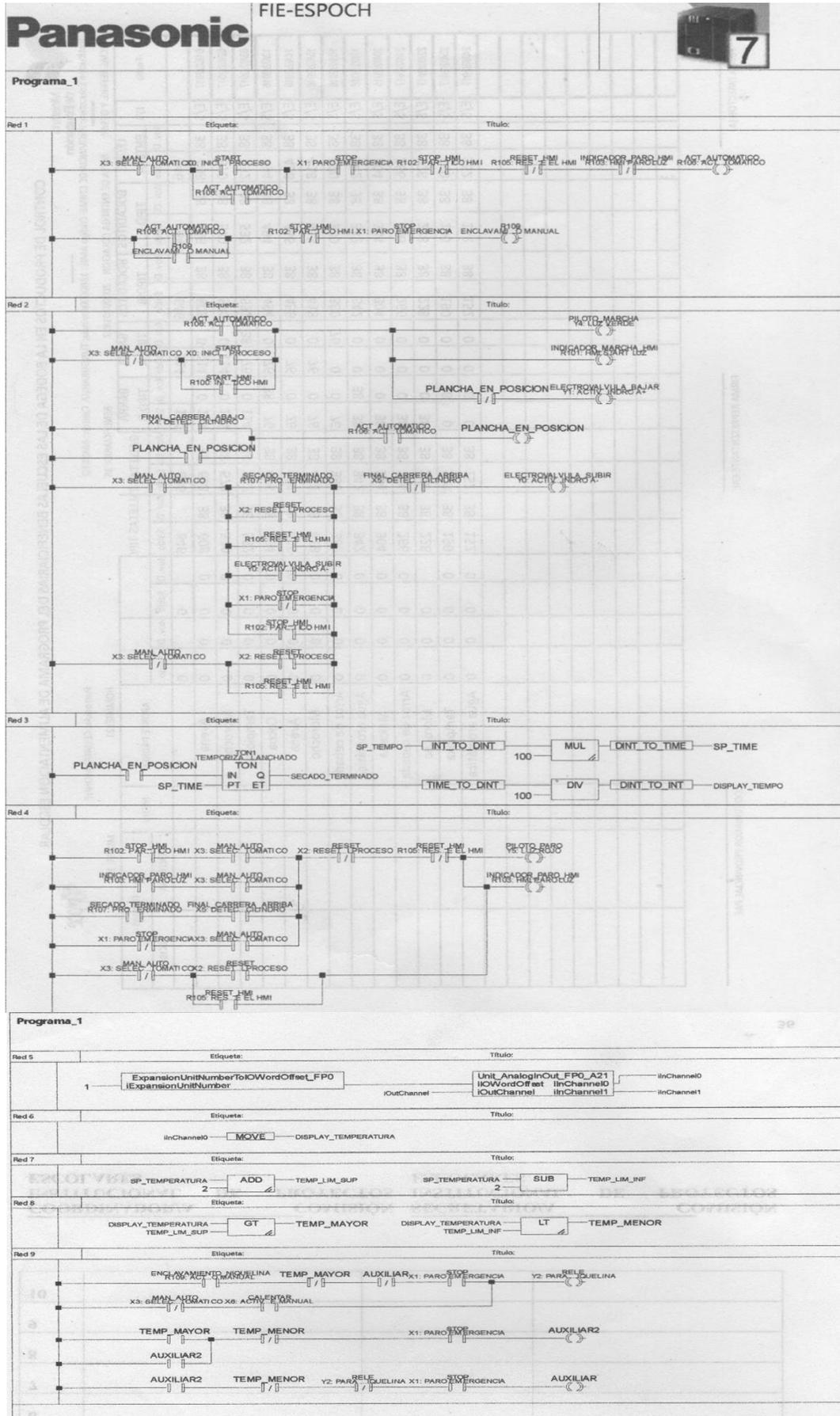


Figura 31-2 Programación Ladder
 Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

2.16.1. Comunicación PLC con HMI

Se desarrolla una aplicación con la finalidad de obtener un interfaz amigable para el usuario, de esta manera teniendo la facilidad de controlar, manipular y monitorear desde la misma máquina ya sea de modo manual o automático el sistema de planchado de cuero. Para ello inicialmente se registra las direcciones de memoria con sus respectivas Tags para su posterior aplicación desarrollada en GTWIN V3. ver **Tabla 18-2**.

Tabla 18-2 Etiquetas en la Programación

TAGS	TIPO	DIRECCIÓN DE MEMORIA	DIRECCIÓN FP
START_HMI	BOOL	%MX0.10.0	R100
INDICADOR_MARCHA_HMI	BOOL	%MX0.10.1	R101
STOP_HMI	BOOL	%MX0.10.2	R102
INDICADOR_PARO_HMI	BOOL	%MX0.10.3	R103
RESET_HMI	BOOL	%MX0.10.5	R105
ACT_AUTOMATICO	BOOL	%MX0.10.6	R106
SECADO_TERMINADO	BOOL	%MX0.10.7	R107
ACT_MANUAL	BOOL	%MX0.10.8	R108
ENCLAVAMIENTO_NIQUELINA	BOOL	%MX0.10.9	R109
SP_TEMPERATURA	INT	%MW5.100	DT100
DISPLAY_TEMPERATURA	INT	%MW5.101	DT101
SP_TIEMPO	INT	%MW5.102	DT102
DISPLAY_TIEMPO	INT	%MW5.103	DT103
TEMP_LIM_SUP	INT	%MW5.104	DT104
TEMP_LIM_INF	INT	%MW5.105	DT105

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

En la **Tabla 19-2** anterior podemos ver qué tipo de datos se van almacenar en nuestras memorias, por ejemplo, las direcciones FP desde R100 hasta R109 son de tipo booleanos es decir falso o verdadero, en cambio las direcciones FP desde DT100 hasta DT105 procesa datos con valores enteros y de esta manera lograr una comunicación eficaz de los dispositivos a conectarse.

Para establecer una comunicación entre el HMI y el PLC involucra el control bidireccional entre ambos dispositivos, para ello se requiere la instalación del software de Panasonic GTWIN V3.0, a continuación, se puede visualizar en la **Figura 32-2** la interfaz de dicho software.

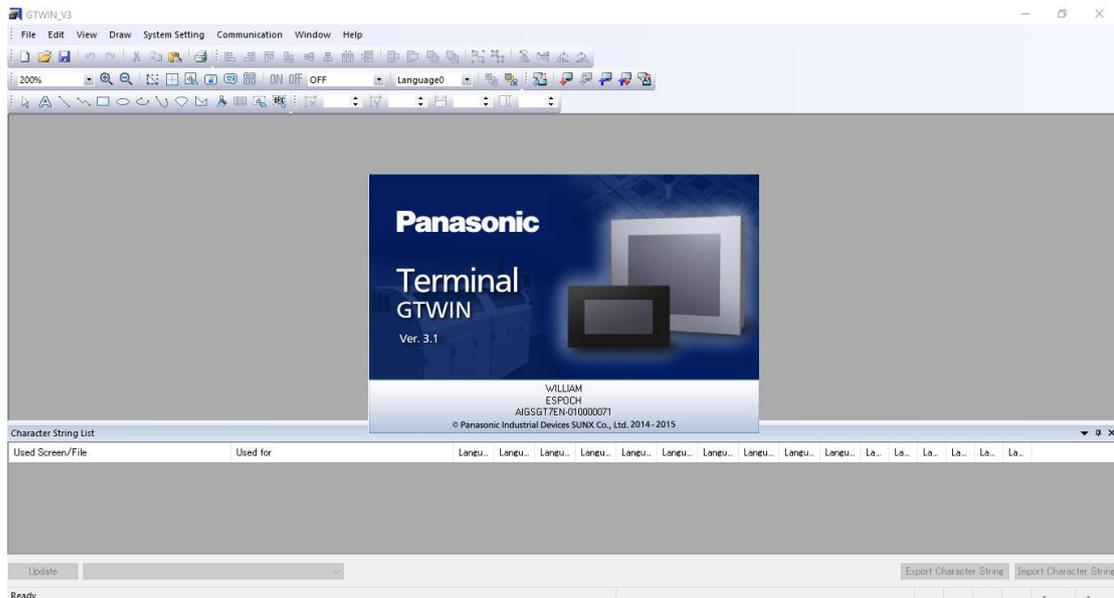


Figura 32-2 Interfaz software GTWIN V3.0

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

A continuación, en la **Figura 33-2**, se realiza la configuración inicial donde seleccionaremos el modelo de la pantalla GT y el modelo del PLC para crear un nuevo proyecto.

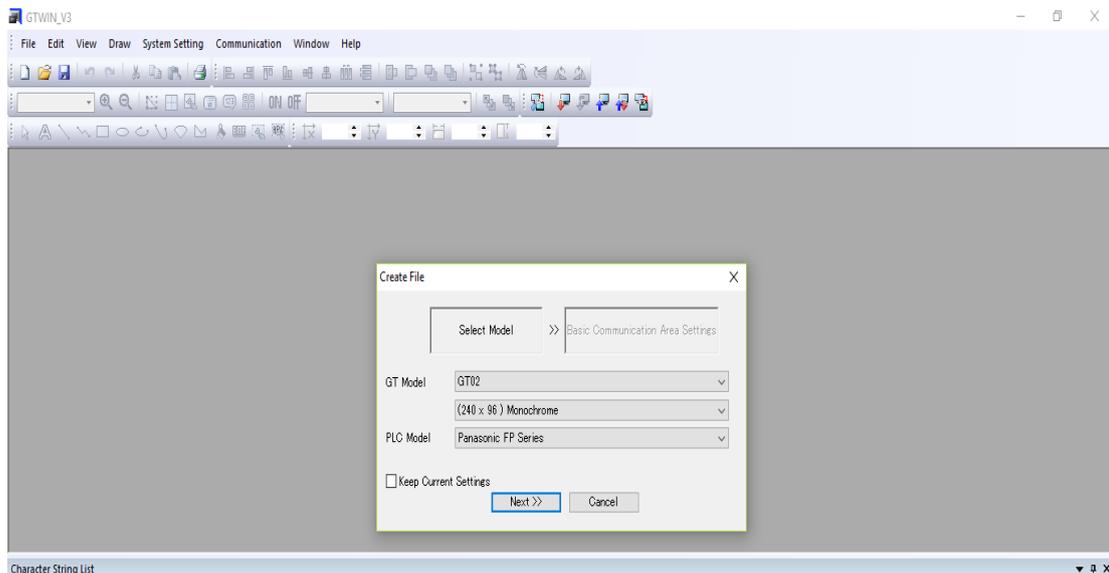


Figura 33-2 Configuración inicial pantalla HMI

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

2.16.2. *Desarrollo aplicación HMI*

Para desarrollar una aplicación en la pantalla GT02 se recomienda tener presente las direcciones de las memorias a utilizarse de la **Tabla 19-2**, posteriormente podemos desarrollar la aplicación haciendo uso de sus herramientas de acuerdo a las necesidades que nos presenta nuestro sistema

En la **Figura 36-2** Podemos visualizar la configuración del panel de control de acuerdo a las especificaciones y necesidades que presenta el sistema de planchado.

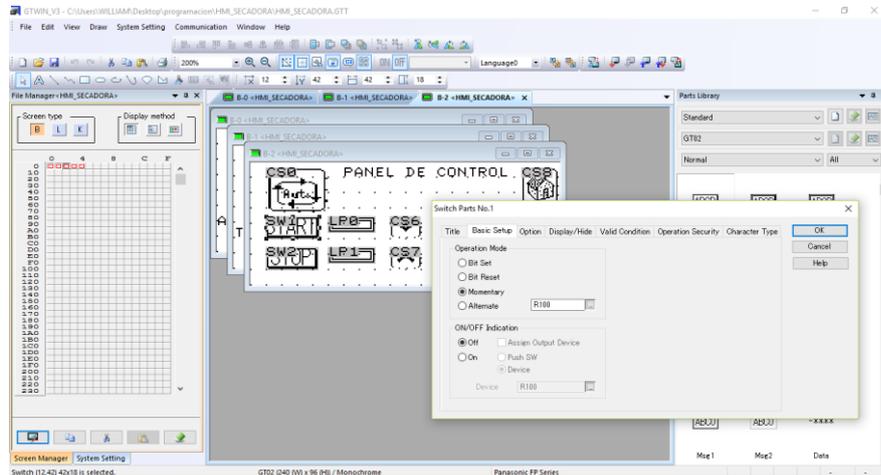


Figura 36-2 Pantalla panel de control
Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

En la **Figura 37-2** podemos visualizar la gráfica de temperatura en tiempo real mediante el sensor termocupla, de acuerdo a especificaciones y necesidades que presenta el sistema de control.

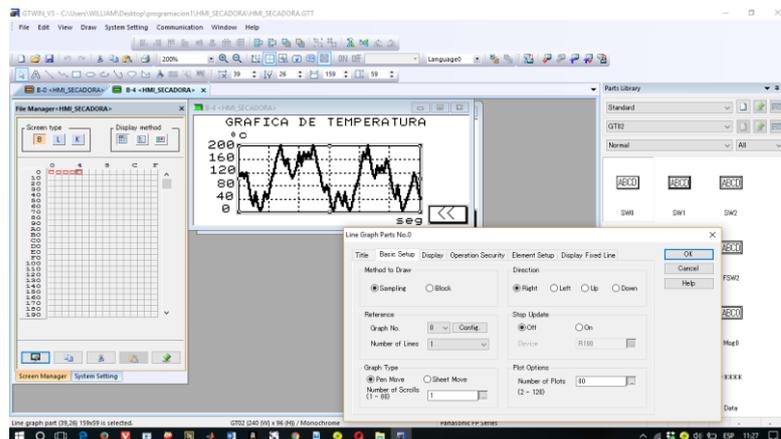


Figura 37-2 Gráfica de temperatura
Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

En la **Figura 38-2** podemos visualizar la pantalla de información donde nos indica la temperatura, el tiempo y la presión a la que debe ser sometida el tipo de cuero que se planche.

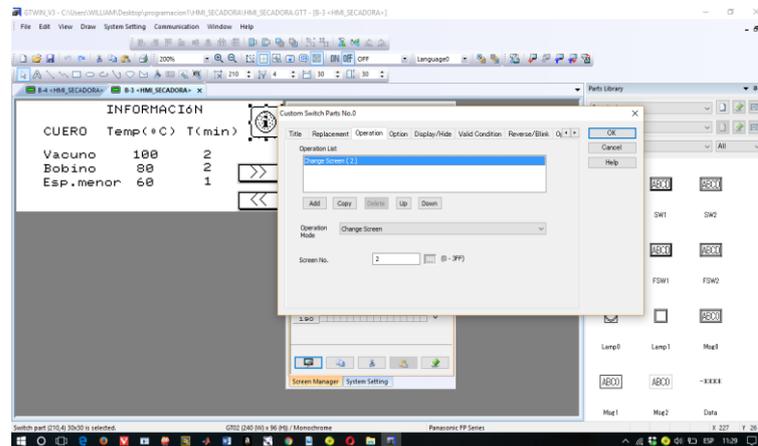


Figura 38-2 Pantalla de información
Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se dará a conocer cada paso del proceso desarrollado para el diseño e implementación de un sistema automatizado, con el único fin de analizar y verificar los resultados para constatar su mejoría en torno a la producción del cuero en cuanto a su terminado, instalado en el Laboratorio de Curtiembre de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

3.1. Análisis del sistema anterior

Cabe mencionar que durante las pruebas el sistema anterior no siempre funcionaba correctamente, varias veces no accionaba los cilindros neumáticos, por ende, no daba paso al enclavamiento del sistema de control de temperatura sumado a que todo el proceso fue diseñado para función manual, además de fallas técnicas de instalación de elementos de protección eléctrica, todo esto generaba ineficiencia en el proceso, sin embargo, se obtuvo ciertos datos como presión, temperatura, tiempo, para determinar que tan eficiente resulta la implementación del sistema automatizado.

3.2. Repotenciado de la máquina planchadora de cuero

Se ha desarrollado el rediseño e implementación de la estructura metálica de acuerdo a las necesidades que presenta el sistema a controlar, para ello hemos comprobado que el material brinde un soporte fijo, por lo que se usó tubo metálico galvanizado 40x40 mmm el cual posee resistencia a la presión para el acondicionamiento del sistema neumático, se usó planchas de hierro negro de 6mm de espesor en los platos superior e inferior, además de la implementación de material anticorrosivo de acero inoxidable 304 2B de 4mm de grosor en la zona calórica de la plancha, debido a la reacción de las sustancias químicas del cuero a ser tratado

3.3. Determinación del funcionamiento de la planchadora de cuero

Primeramente, analizamos la presión que se aplica al cuero con cada proceso de planchado partiendo de la siguiente ecuación.

$$P_{\text{cuero}} = \frac{P_{\text{manómetro}} * A_{\text{émbolo}}}{A_{\text{placas}}}$$

Donde:

P_{cuero} = presión ejercida sobre el cuero.

$A_{émbolo}$ = área del émbolo de transmisión de presión

$P_{manómetro}$ = presión leída por el manómetro

A_{placas} = sección de las placas del planchado

3.3.1. *Determinación del área del émbolo*

Para la determinación de la sección del émbolo que ejerce la transmisión de presión, partimos de la geometría cilíndrica del émbolo con la siguiente ecuación

$$A_e = \frac{\pi * D_e^2}{4}$$

Ecuación 3-1. Área del émbolo

$$A_e = \frac{\pi * (200mm)^2}{4}$$

$$A_e = 31415,92mm^2$$

Siendo:

A_e = área del émbolo

D_e = diámetro del émbolo

Se optó por trabajar con dos cilindros neumáticos para el sistema de transmisión de presión sobre el cuero teniendo como área del émbolo total en la siguiente ecuación:

$$A_{émbolo} = A_e * 2$$

Ecuación 3-2. Área de las placas

$$A_e = 31415,92mm^2 * 2$$

$$A_e = 62831,85mm^2$$

3.3.2. *Determinación del área de las placas*

Para realizar el cálculo del área de las placas, se partió conociendo la dimensión del largo y ancho de placa del planchado una vez analizado el tamaño del cuero previamente, donde se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$A_{placas} = L_{placa} * A_{placa}$$

$$A_{placas} = 800mm * 500mm$$

$$A_{placas} = 0,4m^2 = 400000mm^2$$

3.3.3. Uso del manómetro

Luego de ser instalada la máquina planchadora de cuero se procedió a probarlo con tres presiones diferentes: 100, 110, 120 Psi, manipuladas desde el manómetro situado junto a la unidad de mantenimiento del sistema neumático de transmisión de presión.

3.4. Cálculo del prensado del cuero con presión manométrica variable

Una vez conocida el área de las placas del planchado, así como la sección del émbolo de los cilindros, se procedió a determinar la presión real ejercida sobre el cuero, tomando en cuenta que regulamos la presión referencial en 120 Psi que ingresa al sistema neumático para ello se utilizó los siguientes cálculos.

$$P_{cuero_{100}} = \frac{P_{manométrica} * A_{émbolo}}{A_{placa}} \quad \text{Ecuación 3-3 Presión del cuero}$$

$$P_{cuero_{100}} = \frac{120Psi * 62831,85mm^2}{400000mm^2}$$

$$P_{cuero_{100}} = 18,85 Psi$$

Además, se conoce la presión atmosférica en Riobamba dió como resultado 732.81 hPa o 10.63 psi, con esto determinamos la presión total aplicada al cuero en el siguiente Cálculo.

$$P_{total_{100}} = P_{cuero_{100Psi}} + P_{atmosférica} \quad \text{Ecuación 3-4 Presión Absoluta}$$

$$P_{total_{100}} = 15,70Psi + 10,63Psi$$

$$P_{total_{100}} = 26,33Psi$$

En la siguiente **Tabla 1-3** se resume el cálculo de la presión aplicada al cuero, tomando como variable la presión ingresada de 100, 110, 120 Psi

Tabla 1-3 Presión ejercida en el cuero por la máquina

Presión Manométrica Entrada [Psi]	Presión salida cuero[Psi]	Presión atmosférica [Psi]	Presión total cuero [Psi]
100	15,70	10,63	26,33
110	17,27	10,63	27,9
120	18,85	10,63	29,48

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

3.5. Pruebas de funcionalidad de la máquina planchadora con cueros curtidos al cromo y al vegetal

Cueros curtidos al cromo

Utiliza compuestos y sales de cromo dando una apariencia azulada siendo más resistente a la temperatura, se usa a nivel industria elaboración de calzado, chompas, etc.

Cueros curtidos al vegetal

Utiliza compuestos y sustancias naturales de madera y corteza dando una apariencia marrón, se usa regularmente en artesanías, artículos para la piel.

La máquina una vez instalada fue sometida a una serie de pruebas de funcionalidad, con 9 cueros curtidos al cromo y 9 cueros curtidos al vegetal distintos parámetros como temperatura, tiempo y presión de prensado para la obtención de valores significativos que representen la validación del presente prototipo, el cual fue instalado de acuerdo a los requerimientos necesarios para un control de prensado y acabado de calidad, analizando la operatividad y seguridad para el óptimo funcionamiento de la máquina.

3.5.1. *Tiempo de planchado*

Los instantes de tiempo para el cierre y apertura de la plancha se determinaron mediante los sensores finales de carrera, instalados en puntos estratégicos de la estructura móvil, indicando la posición inicial y final del plato superior mediante la activación de la electroválvula neumática accionando así dos cilindros neumáticos doble efecto, siendo dichos cilindros calibrados inicialmente para obtener un movimiento gradual controlando así la presión mediante la unidad de mantenimiento establecido en condiciones normales a una presión de 6 bar.

Para la determinación de la validación y funcionalidad de la máquina de planchado, el tiempo de prensado representa una variable indispensable dentro del sistema de control, donde se evidenció que el cuero al momento de ser tratado se encuentra en estado húmedo, lo cual es trasladado dentro de los platos para lograr su cometido, siendo el tiempo de prensado programada para perder rápidamente la humedad, tratadas tanto en los cueros con curtición al vegetal y curtición al cromo.

El tratamiento realizado con 3 cueros de curtición al cromo, que fueron sometidos a 7s de tiempo de planchado, obteniendo una alta pérdida de humedad, dando un promedio muestral de 7.18%, seguido del cuero planchado en 5s siendo el valor promedio 7.04%, de la misma manera los cueros sometidos a 3s y menores dan un valor promedio igual a 3.23% este último genera una baja perdida de humedad.

El tratamiento realizado con 3 cueros de curtición al vegetal, fueron sometidos a las mismas pruebas del cuero con curtición al cromo en 7s, 5s, 3s del tiempo de planchado donde el valor promedio entre las muestras, el porcentaje de perdida de humedad fueron 7.35%, 6.80%, 3.10% respectivamente, como se detalla en el **Gráfico 1-3**.

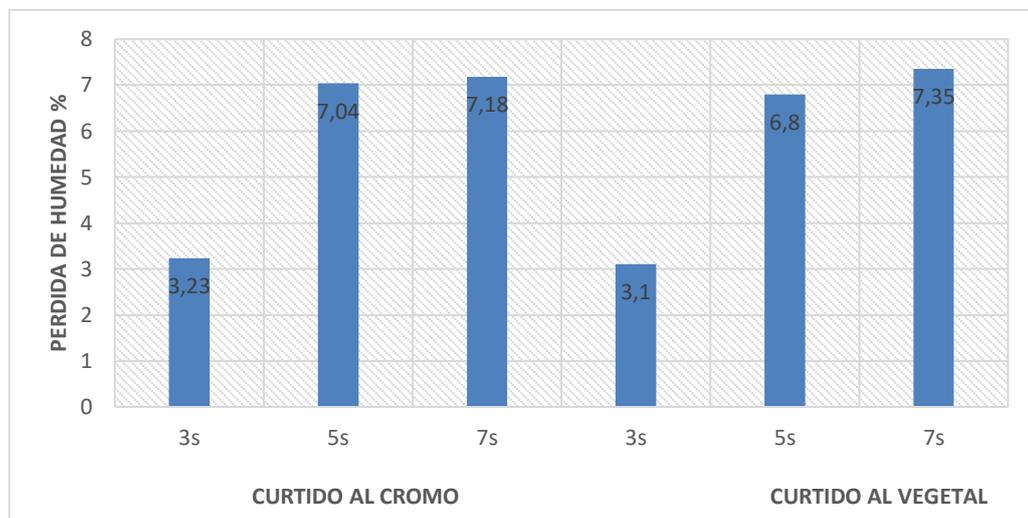


Gráfico 1-3 Pérdida de humedad frente al tiempo de prensado

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

Los resultados arrojados nos da a entender que los cueros en estado húmedo se componen de sustancias volátiles y agua, lo cual se evapora perdiendo sus propiedades físicas hasta alcanzar el prensado del cuero en óptimas condiciones, donde se pudo analizar técnicamente que el tiempo de prensado influye directamente en la calidad del cuero, ya que el prensado tiene estrecha relación con el grado de compactación del cuero, es decir mientras mayor sea el tiempo expuesto el cuero al prensado, la humedad del cuero será menor, cabe mencionar que el tipo de curtición también influye ya que si exponemos mucho tiempo de prensado, las sustancias volátiles como grasas y aceites que componen el cuero, para lograr su suavidad, flexibilidad y resistencia podrían perder sus propiedades, afectando la calidad del cuero, para esto hemos planteado que todo dependerá del tipo de curtición realizado y de las características finales que se desee llegar a obtener con el cuero terminado.

3.5.2. Presión de planchado

El sistema de prensado desarrollado con tecnología neumática diseñado para que garantice un óptimo funcionamiento en cuanto al cierre y apertura del plato superior, con precisión a una presión establecida cumpliendo efectivamente la función del prensado sin ocasionar movimientos bruscos que conlleven futuros daños en el sistema de control.

En este proceso, la presión de planchado representa la fuerza de compresión sobre la sección del cuero, donde el cuero sufre cambios físicos en su interior disminuyendo su espacio interfibrilar, expulsando sus gases hasta lograr una mayor densidad, por ende, un grado de compactación proporcional a la presión aplicada por la prensa neumática.

La presión aplicada al cuero en la máquina planchadora se analizó con los dos tipos de cueros curtidos, con la finalidad de determinar el grado de compactación, para ello los cueros fueron aplicados a tres presiones diferentes de 100, 110, 120 (Psi), medidas de acuerdo a la lectura del manómetro instalado en el sistema neumático, cuyas respuestas en promedio porcentual están medidas en base al grado de compactación del cuero.

En el primer tratamiento el cuero curtido al cromo fue expuesto a una presión mínima de 100 Psi dando un valor promedio de 6.21% representando el grado de compactación, al igual con 110 Psi de presión se obtuvo un 16.3%, medido también a una presión máxima de 120 Psi donde se obtuvo un valor promedio de 21.2 %, para su posterior análisis.

En el segundo tratamiento se analizó con el cuero curtido al vegetal donde fueron sometidas a las mismas pruebas de prensado dando como resultado a una presión mínima de 100 psi un valor promedio de 8,23%, una presión media de 110 Psi, dando un valor promedio de 16.8%, finalmente fue sometida a una presión máxima de 120 Psi obteniendo un valor promedio de 22.7%, como se detalla en el **Gráfico 2-3**.

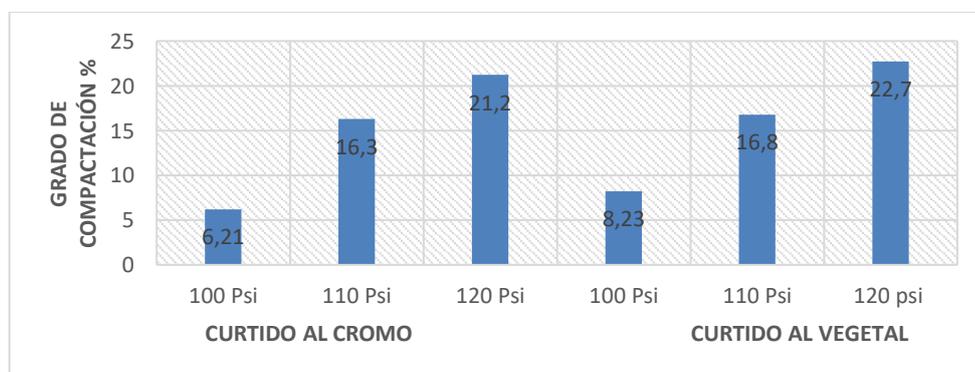


Gráfico 2-3 Grado de compactación del cuero frente a la presión de planchado
Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

En base a las respuestas registradas y validando la funcionalidad de la máquina, se pudo constatar que los dos tipos de cuero reciben una mejor compactación a mayor presión, pero cabe recalcar que difieren mucho de su composición de curtición, sin embargo se pudo analizar que el grado de compactación estará en función a los requerimientos posteriores del cuero, donde si deseamos un producto terminado con características flexible y ligero el prensado deberá realizarse a presiones bajas, por otro lado si se desea un producto con características: consistente y poco flexible requiere operar con presiones elevadas igual o mayor a 125 Psi.

3.5.3. *Temperatura de planchado*

El sistema de control implementado dispone de un sensor Termocupla tipo K, para la adquisición de las señales de temperatura proporcionada por la resistencia eléctrica, siendo ingresadas para su respectivo acondicionamiento en el PLC, permitiendo realizar un control ON-OFF de temperatura para su correcto funcionamiento.

Se lleva a cabo la medida de temperatura tomando como base la temperatura ambiente 25° C, para registrar la temperatura con tolerancia de + - 2 °C, programada en líneas de código del PLC, luego de ello se realizó pruebas de control on/off, conjuntamente con el actuador, donde se observó que el sistema reacciona como una variable lenta, en las primeras pruebas se tuvo que enfriar el sensor para verificar el switcheo en los rangos propuestos del valor del setpoint establecido, independientemente del tiempo programado para el prensado

En este proceso de medición de la temperatura de planchado, la finalidad fue evaluar el grado de temperatura requerida para prensar correctamente el cuero, para ello se analizó de la misma manera con dos tipos de curtición al cromo y al vegetal, siendo la temperatura nuestra variable, en este caso se realizaron pruebas de acuerdo a niveles de temperatura: 80°C, 100°C y 120°C donde se evaluó el porcentaje promedio de secado o pérdida de humedad.

En el primer tratamiento de los cueros al cromo fueron prensados a una temperatura de 80°C, obteniendo un valor promedio de secado igual 2,39 %, representando un valor bajo respecto a la pérdida de humedad, seguido fue sometido a una temperatura de 100°C, obteniendo un valor promedio de 6,20%, finalmente los cueros al cromo fueron prensados a una temperatura alta igual a 120°C dando como resultado igual a 6,80% del valor promedio de secado.

En el segundo tratamiento los cueros curtidos al vegetal fueron sometidos a las mismas pruebas de temperatura, se registró un reporte de respuestas similares, donde los cueros prensados a 80°C arrojó un valor promedio de 2.33% respecto a la pérdida de humedad, seguido se expusieron los cueros a 100°C, obteniendo un valor promedio de 5,9%, finalmente fueron prensados a una temperatura de 120°C, obteniendo un valor promedio de 6,8%, se muestra en el **Gráfico 3-3**.

En las respuestas generadas luego de los tratamientos desarrollados, se logró coincidir con lo mencionado por (HIDALGO, 2004), quien deduce que la velocidad de secado o pérdida de humedad depende de la temperatura expuesta es decir el grado de calentamiento que proporcione las placas, provoca que las sustancias volátiles que compone el cuero se evaporen hasta secarse y alcanzar su óptimo estado.

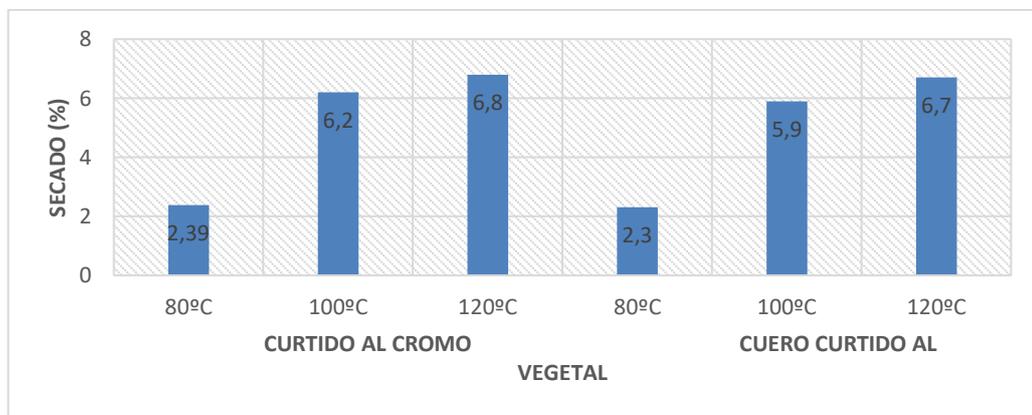


Gráfico 3-3 Porcentaje de secado frente a la temperatura establecida
Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

Sin embargo, cabe recalcar que la temperatura ideal a la cual debe ser prensada el cuero independientemente del tipo de curtición dependerá directamente del tipo de terminado que desee obtener, es decir si deseamos quemar las grasas y obtener un acabado bien compacto, con mínima humedad, la temperatura a la cual deba ser tratada deberá ser elevada. Por otro lado, si se desea no perder las propiedades de flor de piel y obtener un cuero más flexible menos compacto deberán ser planchados a bajas temperaturas.

3.6. Prueba sensorial del cuero curtido al vegetal y al cromo planchado

3.6.1. Resistencia del cuero

Las pruebas fueron realizadas en el mismo laboratorio con la ayuda del equipo de medición de resistencia de tensión, para la obtención de datos reales acerca del estado del cuero luego de ser planchado, se analizó los 18 cueros entre curtición al vegetal y al cromo.

De acuerdo al estudio realizado para medir la resistencia a la tensión en cueros tratados al vegetal y al cromo se pudo constatar que se obtiene el cuero con mayor resistencia bajo un proceso de curtición al cromo, presentando una tensión equivalente a $172.35 \left[\frac{N}{cm^2} \right]$, frente a un proceso de curtición al vegetal $142.08 \left[\frac{N}{cm^2} \right]$, teniendo una estrecha relación con los resultados obtenidos en el trabajo de investigación desarrollado por (Nuñez & Zárate, 2016).

Cabe mencionar que el grado de compactación tiene influencia directa con la presión y temperatura a la que es sometida el cuero al ser planchado, sin tomar en cuenta la edad del animal. Sin embargo, el primer tratamiento fue desarrollado con cueros en curtición al cromo y al vegetal, se detalla a continuación en el **Gráfico 4-3** y **Gráfico 5-3**.

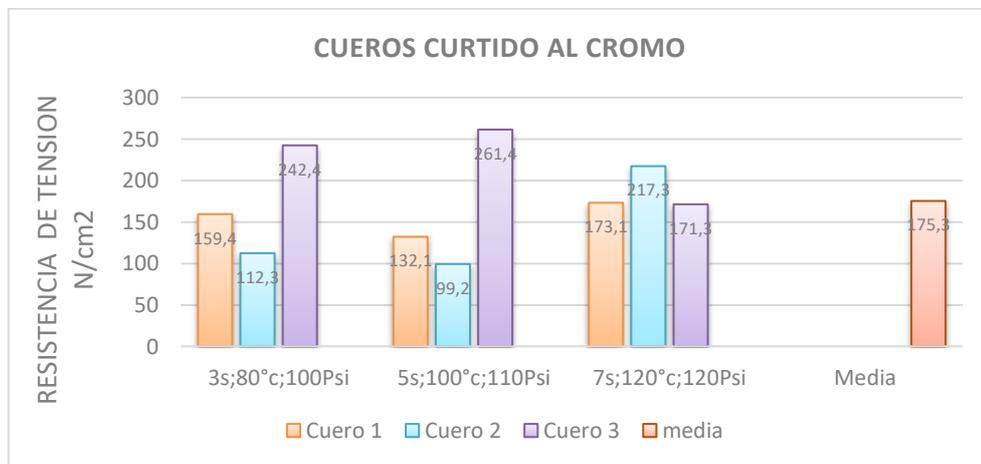


Gráfico 4-3 Cueros curtidos al cromo

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

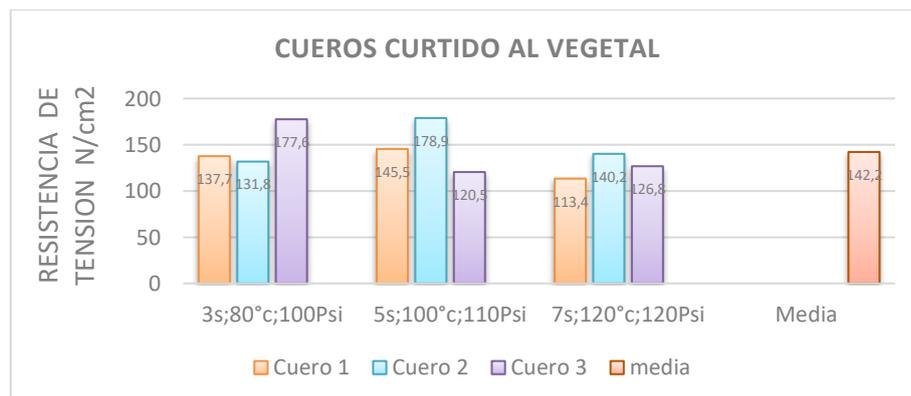


Gráfico 5-3 Cueros curtidos al vegetal

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

Como resultado de las pruebas físicas aplicadas a los dos tipos de curtición, con tres niveles de presión, a tres diferentes grados de temperatura, y en tres instantes de tiempo se logró determinar y comparar el grado de resistencia de tensión, obteniendo de mayor resistencia el cuero con

curtido cromo, lo cual ha sido analizado técnicamente donde la composición de fibras del complejo curtiente-colágeno por cada cm² de sección y mm² de grosor presentó un mayor volumen por ende tuvo una mejor distribución de las partículas y fuerzas de tensión frente a los cueros con curtido al vegetal, obteniendo así una mayor resistencia a la tensión, siendo esta una característica muy importante respecto a la durabilidad del cuero.

3.7. Análisis e interpretación de resultados

En las siguientes tablas se describe el resultado de las pruebas realizadas a diferentes valores de temperatura, y presión, con dos tipos de curtición de pieles de acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo con el propósito de determinar valores promedio de ponderación para conocer rangos aceptables para un planchado óptimo.

Los valores establecidos en la **Tabla 2-3**, **Tabla 3-3** y **Tabla 4-3** están ponderados como: 1 = bajo; 2= medio; 3 = alto en base al grado de compactación, resistencia a la tensión y pérdida de humedad con el fin de determinar la calidad del terminado del cuero.

En la **Tabla 2-3** los resultados obtenidos a una presión de 100psi con valores de temperatura de 80, 100 y 120 °C son relativamente bajos ya que se necesita una mayor presión para lograr mejores resultados.

Tipo de cuero curtido	Código Cuero	t (s)	T (°C)	Ponderación			Ponderación Total	Calidad (%)	Promedio
				Grado de compactación	Resistencia a la tensión	Pérdida humedad			
Al cromo	Cc1	3	80	1	1	1	3	30	5.7
	Cc2	5		1	2	1	4	40	
	Cc3	7		1	3	1	5	50	
	Cc4	3	100	1	3	2	6	60	
	Cc5	5		1	3	2	6	60	
	Cc6	7		1	3	2	6	60	
	Cc7	3	120	2	3	2	7	70	
	Cc8	5		2	3	2	7	70	
	Cc9	7		3	3	3	8	80	
Al vegetal	Cv1	3	80	1	1	1	3	30	5.1
	Cv2	5		1	1	1	3	30	
	Cv3	7		1	2	1	4	40	
	Cv4	3	100	1	2	2	5	50	
	Cv5	5		1	2	2	5	50	
	Cv6	7		1	3	2	6	60	
	Cv7	3	120	1	3	2	6	60	
	Cv8	5		2	2	3	7	70	
	Cv9	7		2	2	3	7	70	

Tabla 2-3 Prueba de planchado a 100 psi
Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

En la **Tabla 3-3** los resultados obtenidos a una presión de 110psi con valores de temperatura de 80, 100 y 120 °C son aceptables debido a que la calidad del cuero mejora considerablemente.

Tabla 3-3 Prueba de planchado a 110 Psi

Tipo de cuero curtido	Código Cuero	t (s)	T (°C)	Ponderación			Ponderación Total	Calidad (%)	Promedio
				Grado de compactación	Resistencia a la tensión	Pérdida humedad			
Al cromo	Cc1	3	80	1	2	1	4	40	7.6
	Cc2	5		2	2	1	5	50	
	Cc3	7		2	2	1	5	50	
	Cc4	3	100	2	2	2	6	60	
	Cc5	5		2	2	2	6	60	
	Cc6	7		2	3	2	7	70	
	Cc7	3	120	3	3	2	8	80	
	Cc8	5		3	2	3	8	80	
	Cc9	7		3	2	3	8	80	
Al vegetal	Cv1	3	80	1	1	1	3	30	7.3
	Cv2	5		2	1	1	4	40	
	Cv3	7		2	1	1	4	40	
	Cv4	3	100	2	1	2	5	50	
	Cv5	5		2	1	2	6	60	
	Cv6	7		2	2	3	7	70	
	Cv7	3	120	3	2	3	8	80	
	Cv8	5		3	2	3	8	80	
	Cv9	7		3	3	3	8	80	

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

En la **Tabla 4-3** los resultados obtenidos a una presión de 120psi con valores de temperatura de 80, 100 y 120 °C son adecuados porque cumplen con el criterio de aceptación y rechazo.

Tabla 4-3 Prueba de planchado a 120 Psi

Tipo de cuero curtido	Código Cuero	t (s)	T (°C)	Ponderación			Ponderación total	Calidad (%)	Promedio
				Grado de compactación	Resistencia a la tensión	Pérdida humedad			
Al cromo	Cc1	3	80	3	2	2	7	70	8.7
	Cc2	5		3	3	2	8	80	
	Cc3	7		3	3	2	8	80	
	Cc4	3	100	3	3	2	8	80	
	Cc5	5		3	3	2	9	90	
	Cc6	7		3	3	2	9	90	
	Cc7	3	120	3	3	3	9	90	
	Cc8	5		3	3	3	9	90	
	Cc9	7		3	3	3	9	90	
Al vegetal	Cv1	3	80	2	1	1	7	70	8.5
	Cv2	5		2	1	1	7	70	
	Cv3	7		3	1	1	8	80	
	Cv4	3	100	3	1	1	8	80	
	Cv5	5		3	2	1	8	80	
	Cv6	7		3	2	1	8	80	
	Cv7	3	120	3	2	2	9	90	
	Cv8	5		3	2	2	9	90	
	Cv9	7		3	3	3	9	90	

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

3.8. Cálculo de la eficiencia de la máquina en base al análisis sensorial del cuero.

En esta etapa nos permitió modificar y adecuar las condiciones sensoriales con la finalidad de mejorar el acabado del cuero, para ello procedimos a comparar los datos obtenidos de acuerdo a la valoración real del análisis sensorial del cuero al cromo y cuero vegetal frente a una valoración esperada, para la determinación de la eficiencia de la maquina instalada, se calculó en base a la siguiente fórmula.

$$\varepsilon_{c_cromo} = 1 - \frac{\text{Valor Esperado} - \text{Valor obtenido}}{\text{Valor Esperado}} * 100$$

$$\varepsilon_{c_cromo} = 1 - \frac{10.0 - 8.7}{10.0} * 100$$

$$\varepsilon_{c_cromo} = 87\%$$

$$\varepsilon_{c_vegetal} = 1 - \frac{\text{Valor Esperado} - \text{Valor obtenido}}{\text{Valor Esperado}} * 100$$

$$\varepsilon_{c_vegetal} = 1 - \frac{10.0 - 8.5}{10.0} * 100$$

$$\varepsilon_{c_vegetal} = 85\%$$

Donde:

ε = eficiencia de la máquina

Valor esperado = Valor máximo, valoración análisis sensorial (resistencia a la tensión),

Grado de compactación y Perdida de humedad.

Valor obtenido = Valor real obtenido

Para determinar la eficiencia de la máquina planchadora de cuero, se realizó un promedio con los cueros al cromo y vegetal de acuerdo a los datos adquiridos como muestra en la **Tabla 5-3**.

Tabla 5-3 Eficiencia de la máquina de planchado

	Cromo	Vegetal	Promedio
Media (v. medido)	8.7	8.5	
Media (v. esperado)	10.00	10.00	
Eficiencia	87%	85%	86%

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

3.9. Resultados pruebas realizadas.

Tabla 6-3 Pruebas realizadas con cuero curtido al vegetal

#Prueba	Temperatura °C	Calidad (prensa manual)	Calidad (prensa automática)
1	60	Mala	Mala
2	80	Mala	Mala
3	100	Mala	Buena
4	120	Regular	Sobresaliente
5	140	Regular	Regular
6	160	Buena	Mala
7	180	Mala	Mala

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

Tabla 7-3 Pruebas realizadas con cuero curtido al cromo

#Prueba	Temperatura °C	Calidad (prensa manual)	Calidad (prensa automática)
1	60	Mala	Mala
2	80	Mala	Mala
3	100	Regular	Buena
4	120	Regular	Sobresaliente
5	140	Regular	Regular
6	160	Buena	Mala
7	180	Mala	Mala

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

Resultado de datos

Observando la **Tabla 6-3** y **Tabla 7-3** se puede determinar claramente que la mejor condición de temperatura para realizar el planchado del cuero con la máquina automatizada es de 120 °C, donde la calidad del planchado es sobresaliente en cambio a temperaturas mayores a 140 °C se corre el riesgo de dañar la piel al ser expuesta a altas temperaturas.

Resultados de la prueba con la maquina automatizada



Figura 1-3 Planchado a 80°C, calidad mala

Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017



Figura 2-3 Planchado a 100°C, calidad buena
Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

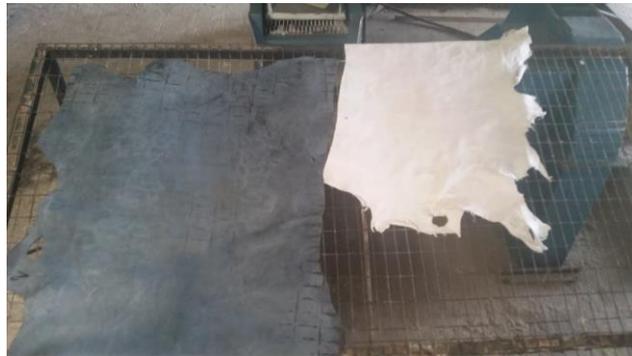


Figura 3-3 Planchado a 120°C, calidad excelente
Realizado por: FIALLOS, Fabian; CAÑAR, Willam, 2017

CONCLUSIONES

- Luego de las correcciones hechas en la parte mecánica y en la funcionalidad de la máquina es notorio el cambio respecto al planchado, observando que no existen indicios de movimientos bruscos de la placa móvil, evitando realizar un mantenimiento periódico y garantizando seguridad al operario.
- La selección y dimensionamiento de los dispositivos necesarios en la implementación del sistema, se realizaron en función a las necesidades y requerimientos del laboratorio de curtición, donde se evidenció una mejora notable en el proceso.
- El HMI, fue implementado para monitorear el proceso automático del planchado de cuero, ofreciendo la posibilidad de programar el tiempo y temperatura de secado, cubriendo así los requerimientos necesarios para el terminado del cuero.
- La calidad del planchado mejora notablemente al trabajar con una temperatura de 120 °C, con un margen de tolerancia de ± 2 °C, a instantes de tiempo de 3 a 7 segundos con una presión de trabajo de 120 psi, dependiendo el tipo de acabado que se desee dar.
- A partir de las pruebas realizadas, se logró determinar que el planchado con la máquina automatizada tuvo una eficiencia del 87% con cueros curtidos al cromo y un 85 % de eficiencia con cueros curtidos al vegetal, reduciendo así el tiempo de producción y mejorando la condición del producto.

RECOMENDACIONES

- Antes de encender la máquina es necesario verificar que las conexiones eléctricas estén en buenas condiciones (sin cables desgastados) y conectados correctamente a los tomacorrientes para evitar cualquier daño o lesión que pueda sufrir el operario.
- Las altas temperaturas presentes en las láminas de planchado pueden ocasionar graves quemaduras al usuario, por lo que se debe utilizar la indumentaria adecuada al momento de manipular y accionar la máquina.
- Se debe realizar un mantenimiento preventivo de todo el sistema para alargar la vida útil del equipo, en especial del neumático que necesita de sumo cuidado en cuanto a la aparición de fallos relacionados con la humedad y el polvo que dañan el sistema.
- Si se presenta algún problema a la hora de planchar el cuero, se debe accionar el pulsador de paro de emergencia instalado en la máquina, el mismo que finalizará el proceso inmediatamente salvaguardando la integridad física del operador.
- Realizar varias pruebas o ensayos de planchado para obtener los parámetros adecuados de temperatura, tiempo y presión para un resultado final óptimo de acuerdo al tipo de cuero a planchar.
- En caso de tener inconvenientes respecto a la instalación, operación y mantenimiento del equipo, seguir las instrucciones del manual de usuario, donde se detalla de manera clara y concisa los pasos que se deben realizar para garantizar un óptimo desempeño de la máquina.

BIBLIOGRAFÍA

- BOLTON, W.** *Programmable Logic Controllers*. 5ª ed. Estados Unidos: Elsevier 2009. ISBN: 978-1-85617-751-1, pp. 1-20.
- CALALA, Carmen & NAVAS, Danilo.** *Construcción de una Máquina Estampadora de Cuero Automática para la Empresa Tecnicentro* [en línea] (TESIS). (PREGRADO) Escuela Politécnica Nacional, Escuela de Formación de Tecnólogos. Quito-Ecuador. 2015. pp. 46-62 [Consulta: 10 marzo 2017]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9115/3/CD-6069.pdf>
- DORF, R. C.; BISHOP, R. H.** *Sistemas de Control Moderno*. 10ª ed. Madrid: Pearson .2005 ISBN: 84-205-4401-9, pp. 23-63.
- FREIRE, Adriana & TENELEMA, Carlos.** *Construcción e Implementación de un Prototipo Mecánico para medir la Abrasión al frote en seco del acabado del Cuero*. [en línea] (TESIS). (PREGRADO) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias. Riobamba-Ecuador. 2015. pp. 20-37 [Consulta: 20 mayo 2017]. Disponible en: http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/5266/1/TESIS_COMPLETA_Carlos_y_Adriana.pdf
- JAYA SÁNCHEZ, Fernando.** *Estudio de los Parámetros de Diseño Térmico y su Influencia en la Calidad del Planchado de Calcetines Deportivos*. [en línea] (TESIS). (PREGRADO) Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Ambato-Ecuador. 2015. pp. 6-16 [Consulta: 14 abril 2017]. Disponible en: <http://redi.uta.edu.ec/bitstream/123456789/21747/1/Tesis%20I.M.%20319%20-%20Jaya%20S%C3%A1nchez%20Fernando%20Germ%C3%A1nico.pdf>
- LLADONOSA, V.** *Circuitos Básicos de Electroneumática*. 1ª ed. México: Alfaomega, 1998 . ISBN: 970-15-0265-5, pp. 53-85.
- LLAMUCA DIAZ, William P.** *Implementación de un Sistema Automatizado de Prensa para mejorar el acabado de estampado del cuero tipo ruso en la Empresa*

Bryan's [en línea] (TESIS). (PREGRADO) Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Ambato-Ecuador. 2010. pp. 12-29 [Consulta: 6 febrero 2017]. Disponible en: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1808/1/Tesis%20I.%20M.%2049%20-%20LLamuca%20D%c3%adaz%20William%20Patricio.pdf>

NUÑEZ, Christiam & JACOME, Luis. *Diseño e Implementación Módulo Didáctico para Controlar una Prensa Neumática con Sistema de Carga-Descarga Automática, Utilizando PLC, para la EIE-CRI.* [en línea] (TESIS). (PREGRADO) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica. Riobamba-Ecuador. 2011. pp. 22-44. [Consulta: 2 mayo 2017]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1143/1/108T0007.pdf>

NUÑEZ, Youmara & ZÁRATE, Gissela. *Implementación de un Prototipo neumático para el prensado de Cuero para el Laboratorio de Curtición de Pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias.* [en línea] (TESIS). (PREGRADO) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias. Riobamba-Ecuador. 2016. pp. 62-92 [Consulta: 15 enero 2017]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6092/1/27T0322.pdf>

OGATA, K. *Ingeniería de Control Moderna.* 5ª ed. Madrid-España: Pearson.2010 ISBN: 978-84-8322-660-5, pp. 15-55.

PANASONIC. *Manual de referencia Terminal GTWIN.* Japón, 2014. pp. 1-302.

PANASONIC. *Guía de Operación Terminal GTWIN Ver.3.* Japón, 2015. pp. 1-72.

PANASONIC. *Autómatas Programables FPOR Manual usuario.* Japón, 2015. pp.1-26

REYNDERS, Deon; MACKAY, Steve; WRIGHT, E. *Industrial Data Communications.* The Netherlands: Elsevier, 2005. ISBN 0-7506-6395-2. pp. 1-428.

VACA GUEVARA, Luis. *Estudio de los Tiempos de Sellado de la Máquina Selladora, para Mejorar la Calidad del Estampado de Plantillas de Cuero en la Empresa FRANSANI del Cantón Cevallos Provincia de Tungurahua.* [en línea] **(TESIS).** **(PREGRADO)** Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Ambato-Ecuador. 2011. pp. 24-32 [Consulta: 19 mayo 2017]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1273/1/tesis%20I.%20M.%20109%20-%20Vaca%20Guevara%20Luis%20Roberto.pdf>

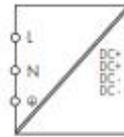
ANEXOS

ANEXO A. Datos técnicos fuente de alimentación WAGO 787-712

787-712

Switched-Mode Power Supply, 1-Phase

EPSITRON® ECO Power

- Primary switch mode power supply unit
- Prepared for class I equipment
- Natural convection cooling when horizontally mounted
- Enclosed for use in switchgear cabinets
- Parallel operation, series connection possible
- Electrically isolated output voltage (SELV) acc. to EN 60950-1/UL 60950

Description	Item No.	Pack. Unit
Switched-Mode Power Supply, 24 VDC / 2.5 A	787-712	1

Technical Data	
Input:	
Nominal input voltage V_i nom	110 ... 240 VAC
Input voltage range	85 ... 264 VAC; 90 ... 373 VDC
Frequency	47 ... 63 Hz
Input current I_i	0.7 A typ. at 230 VAC; 1.2 A at 115 VAC
Discharge current	< 1 mA
Inrush current	< 30 A at 230 VAC; < 15 A at 115 VAC
Atains failure hold-up time	> 20 ms at 230 VAC
Output:	
Nominal output voltage V_o nom	24 VDC (SELV)
Output voltage range	22 ... 28 VDC adjustable
Output current I_o	2.5 A at 24 V DC
Factory preset	24 VDC
Adjustment accuracy	1%
Residual ripple	< 100 mV (peak-to-peak)
Overload behavior	Constant power (in overload range: 1.15 ... 1.4 x I_o); shutdown and automatic restart in the event of a short circuit
Operational indication	LED green (24 V DC o.k.), LED red (overload)
Efficiency / power losses:	
Efficiency	82 % typ. (110 VAC); 86 % typ. (230 VAC)
Power loss P_D	8.3 W (at 230 VAC and 2.5 ADC)
Max. power loss P_D	11.5 W (at 110 VAC and 2.75 ADC)
Fuse protection:	
Internal fuse	F 2.5 A / 250 V
External fuse	Circuit breakers 10 A, 16 A, characteristic: B or C An external DC fuse is required for the DC input voltage

Technical Data	
Environmental requirements:	
Ambient operating temperature	-10 °C ... +70 °C
Storage temperature	-25 °C ... +85 °C
Rel. humidity	95 % (no condensation)
Derating	-3.3 % / K (> 55 °C at 230 VAC)
Degree of pollution	2 (acc. to EN 50178)
Climatic category	3K3 (acc. to EN 60721)
Safety and protection:	
Test voltage pri-sec./ pri-gr. / sec-gr.	3 kV AC / 1.5 kV AC / 0.5 kV AC
Protection class	Prepared for class I equipment
Degree of protection	IP20 acc. to EN 60529
Overvoltage protection	via varistor at primary circuit
Short circuit protection	yes
No-load proof	yes
Feedback voltage	28 VDC
Parallel operation	yes
Series connection	yes
MTBF	480000 h (acc. IEC 61709)
Connection and type of mounting:	
Wire connection	CAGE CLAMP® (WAGO 745 Series)
Cross sections	0.08 ... 4 mm² / AWG 28 ... 12 (THHN, THWN)
Strip lengths	8 ... 9 mm / 0.33 ... 0.35 inch
Type of mounting	DIN-rail mount (EN 60715)
Dimensions and weight:	
Dimensions (mm) W x H x L	50 x 92 x 136
Weight	Height from upper edge of DIN 35 rail 296 g
Standards and approvals:	
Standards/Specifications	EN 60950, EN 61204-3, EN 60950, IEC 508, ANSI/ISA 12.12.01 (Class I Div 2), ATEX, IEC Ex

ANEXO B. Datos técnicos del cilindro neumático EMC 20X100



5 IAS Series Mini Cylinder & RAL/RAS Series Mini Cylinder

IAS Series Mini Cylinder

How to Order?

A: Standard cylinder
D: Double-shaft type
J: Double-shaft, adjustable stroke type
SA: Single acting spring extend
SB: Single acting spring return
AC: Adjustable cushion
I: According to ISO6432 and CETOP RP52P standard

S: Stainless steel barrel
Blank: Swiveling tail
U: Flat tail
CM: Round tail

25x50: Bore x Stroke
 12-25mm / 0-1000mm

S: With Magnet
Blank: No magnet

Mounting type:
Blank: Basic type
ILB: Foot Mounting
IFA: Flange Mounting
ISDB: Trunnion bracket Mounting

IAS 25x50-S

Order example:
 * I Series Cylinder Stainless Steel Barrel, 12mm bore, 50mm stroke, Model: IAS 12X50
 * I Series Cylinder Stainless Steel Barrel, Adjustable cushion, 25mm bore, 70mm stroke, with magnet, Model: IACS 25X70-S

Specifications

Bore Size(mm)	12	16	20	25
Acting type	Double Acting / Single Acting			
Working medium	Clean Air (25 μ filtration)			
Mounting type	IFA ISDB ILB			
Working pressure (Bar)	1-9.0			
Max. working pressure (Bar)	13.5			
Working temperature (°C)	0-80 (dry air-20)			
Speed range (mm/s)	10-1000			
Cushion type	16mm-25mm are with adjustable cushion, 12mm no cushion			
Material	Stainless steel barrel			
Port Size	M5 x 0.8			G 1/8

RAL/RAS Series Mini Cylinder

How to Order?

R: Round barrel cylinder mini type
L: Aluminium barrel
S: Stainless steel barrel
Blank: Swiveling tail
U: Flat tail
CM: Round tail

A: Standard double acting type
D: Double-shaft type
J: Double-shaft, adjustable stroke type
SA: Single acting spring extend
SB: Single acting spring return
AC: Adjustable cushion type

40x50: Bore x Stroke
 16-40mm / 0-1000mm

S: Magnet
Blank: No magnet

Mounting type:
Blank: Basic type
RLB: Foot Mounting
RFA: Flange Mounting
RSDB: Trunnion bracket Mounting

RAL 20x100

RAL-U 20x80

RJL 32x40

RACS 20x75

RAS 25x75

Order example:
 * R series cylinder with aluminium barrel, Standard type, 16mm bore, 50mm stroke, Model: RAL 16X50
 * R series cylinder with stainless steel barrel, adjustable cushion type, 20mm bore, 80mm stroke, with magnet, Model: RAC 20x80-S

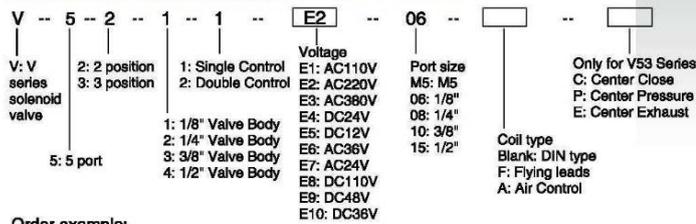
Specifications

Bore Size(mm)	16	20	25	32	40	Bore Size(mm)	16	20	25	32	40
Acting Type	Double Acting					Working temperature (°C)	-5-70				
Working Medium	Clean Air (25 μ filtration)					Speed range (mm/s)	50-800				
Mounting type	RLB RFA RSDB					Cushion type	Standard Type		Anti-bump cushion		
Range of working pressure (Bar)	1-9.0					Cushion Type	Adjustable Cushion				
Guaranteed pressure (Bar)	13.5					Port Size	M5 x 0.8		G 1/8		

ANEXO C. Electroválvulas neumáticas EMC



How to Order?



New
 Low power
 High flowrate
 High frequency
 Long lifetime
 5/2 way valve

型号:
 CN1V251-06
 CN2V251-08
 CN3V251-10
 CN4V251-15

Order example:

- * V series, 5 port, 2 position, single control, 1/8" valve body, AC110V, 1/8" port size, DIN coil, Model: V5211E1-06
- * V series, 5 port, 2 position, double control, 1/8" valve body, AC220V, 1/8" port size, flying Leads coil, Model: V5212E2-06F
- * V series, 5 port, 3 position, double control, 1/8" valve body, DC24V, 1/8" port size, DIN coil, center close, Model: V5312E4-06C

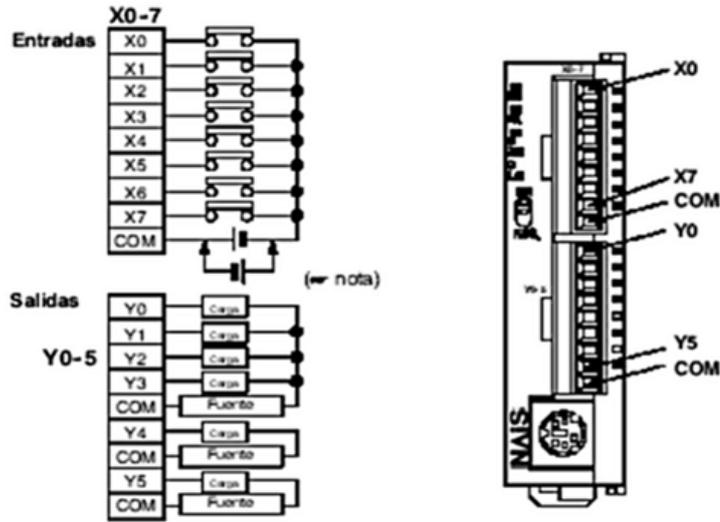
5 Port 2 Position Valve

 Model: V5211-M5 V5211-06	 Model: V5221-08 V5231-08 V5231-10	 Model: V5241-10 V5241-15	 Model: V5212-M5 V5212-06
 Model: V5222-06 V5222-08 V5232-10	 Model: V5242-10 V5242-15	 Model: V5211-M5A V5211-06A V5221-06A V5221-08A V5231-06A V5231-10A	 Model: V5241-10A V5241-15A
 Model: V5212-M5A V5212-06A V5222-06A V5222-08A V5232-08A V5232-10A	 Model: V5242-10A V5242-15A		

5 Port 3 Position Valve

 Model: V5312-M5AC V5312-06AC V5312-M5AP V5312-06AP V5312-M5AE V5312-06AE	 Model: V5312-M5C V5312-06C V5312-M5P V5312-06P V5312-M5E V5312-06E	 Model: V5322-06C V5322-06E V5322-08C V5322-08E V5332-08C V5332-08E V5332-10C V5332-10E V5322-06P V5322-08P V5332-08P V5332-10P	 Model: V5342-10C V5342-10P V5342-10E V5342-15C V5342-15P V5342-15E
 Model: V5322-08AC V5322-08AP V5322-08AE V5332-08AC V5332-08AP V5332-08AE V5332-10AC V5332-10AP V5332-10AE	 Model: V5342-10AC V5342-10AP V5342-10AE V5342-15AC V5342-15AP V5342-15AE	 Manifold V521-NF(N=1,2,3.....14) V522-NF(N=1,2,3.....14) V523-NF(N=1,2,3.....14) V524-NF(N=1,2,3.....14)	

ANEXO E. Direcciones del Módulo FPO-C14RS



Nota

Para alimentar la entrada se permite la posibilidad de ambas polaridades, positiva y negativa.

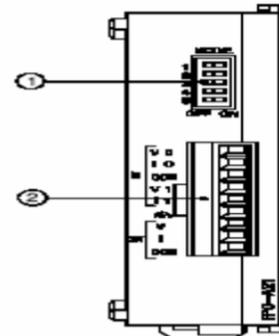
ANEXO F. Información técnica del módulo analógico FPO A21

Tipo		Número de E/S		
		Primera expansión	Segunda expansión	Tercera expansión
A21	Canal entrada 0: 16 puntos	WX2 (X20 a X2F)	WX4 (X40 a X4F)	WX6 (X60 a X6F)
	Canal entrada 1: 16 puntos	WX3 (X30 a X3F)	WX5 (X50 a X5F)	WX7 (X70 a X7F)
	Salida: 16 puntos	WY2 (Y20 a Y2F)	WY4 (Y40 a Y4F)	WY6 (Y60 a Y6F)

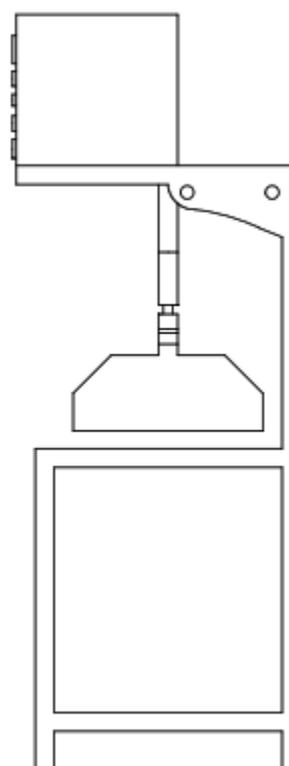
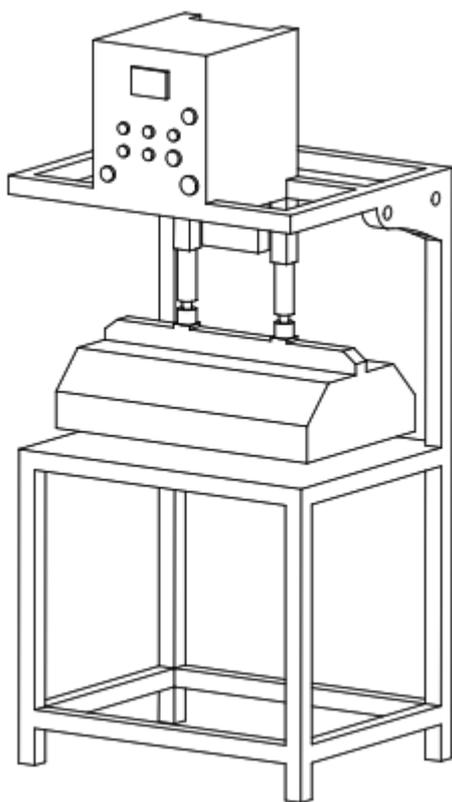
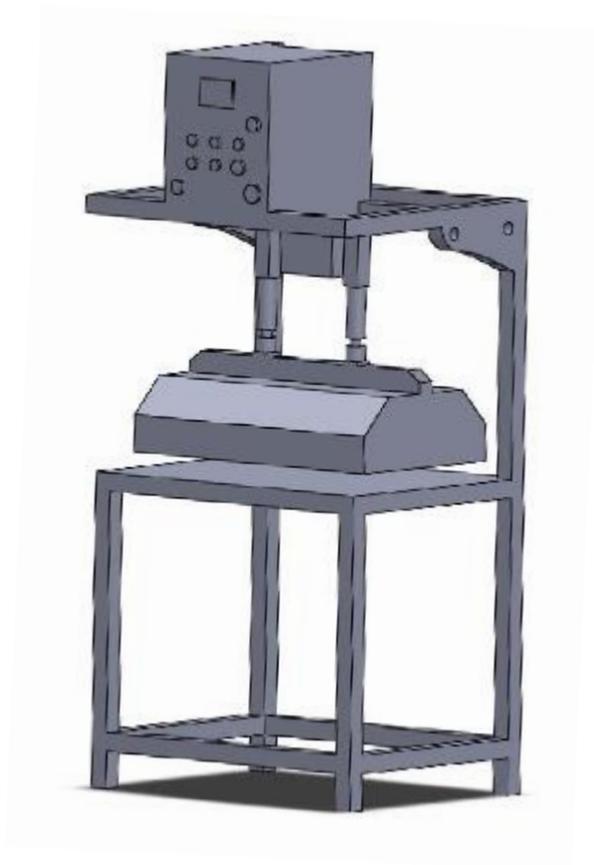
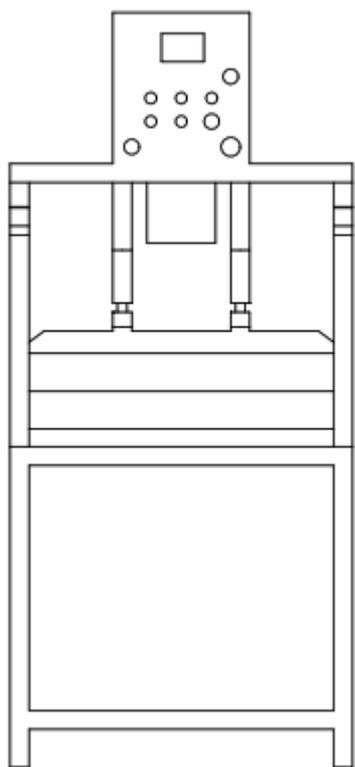


Número Pin	Nombre	Descripción
1	INV 0	Entrada analógica (canal 0), Entrada de tensión
2	INI 0	Entrada analógica (canal 0), Entrada de corriente
3	IN/COM	Común entrada analógica, (canal 0 y 1)
4	INV 1	Entrada analógica (canal 1), Entrada de tensión
5	INI 1	Entrada analógica (canal 1), Entrada de corriente
6		Tierra para el cable analógico
7	OUT/V	Salida de tensión
8	OUT/I	Salida de corriente
9	OUT/COM	Común de la salida analógica

Modo	Número Interruptor	Rango					
Rango de la Entrada Analógica	1 a 3, 5	0 a 5V 0 a 20mA	-10 a +10V	Termopar tipo K (☛ nota 3)	Termopar tipo J (☛ nota 3)	Termopar tipo T (☛ nota 3)	
		Sin promedio (☛ nota 1) Con promedio (☛ nota 2)	Sin promedio (☛ nota 1) Con promedio (☛ nota 2)	T ^o del terminal a 1000°C	-100°C a T ^o del terminal	-100°C a la T ^o del terminal	T ^o del terminal a 350°C
Rango de la Salida Analógica	4	0 a 20mA	-10 a +10V				



ANEXO G. Plano máquina de planchado



MANUAL DE USUARIO MÁQUINA PLANCHADORA DE CUERO



Guarde este instructivo como material referencial en un futuro
(En caso de mover a otro sitio la máquina).

FIALLOS F. Y CAÑAR W.



ADVERTENCIA

PARA SU SEGURIDAD: Utilizar la información de este contenido correctamente, para evitar daños en el funcionamiento del equipo, además de reducir el riesgo de quemaduras y lesiones de primer y segundo grado.

- **QUE HACER PARA TOCAR LA MÁQUINA**

- Conocimiento previo a la utilización
- Utilizar guantes térmicos
- Usar prenda apropiada (mandil)

- **QUE HACER SI SIENTES OLOR A GAS**

- No arrancar ninguna máquina instalada
- No tocar los tableros eléctricos
- NO tocar tableros de control

- **QUE HACER SI SUFRE UNA QUEMADURA**

- ✓ Presione inmediatamente el pulsador de paro de emergencia
- ✓ Atenderse con personal calificado (botiquín primeros auxilios)
- ✓ Llamar al Ecu 911 Emergencias, bomberos

IMPORTANTE: El operario deberá conocer técnicamente la funcionalidad de la máquina, para ello se recomienda leer detenidamente el contenido del manual.

PRECAUCIÓN

Trabajar en ambiente con ventilación, utilizar guantes de protección térmica

INTRODUCCIÓN

La máquina fue diseñada para que los estudiantes y personal calificado puedan manipular, controlar y monitorear su funcionamiento, aplicado al proceso de planchado de cuero con la finalidad de aportar al desarrollo productivo de la institución.

1.1. Información de contacto

Si la máquina requiere atención, servicio técnico comunicarse

O ponerse en contacto con:

Ing. Fabian Fiallos

Ing. Willam Cañar

Ambato, Ecuador

E-mail: infraef@gmail.com

E-mail: williamsito22101991@gmail.com

Teléfono: 0995500464

Teléfono: 0998386985

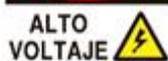
	ADVERTENCIA
Para reducir el riesgo de accidentes laborales, que podrían ocasionar lesiones graves siga detenidamente las instrucciones de este manual.	

1.2. Información de seguridad

Las medidas tomadas para indicar PELIGRO, PRECAUCIÓN y OTRAS INSTRUCCIONES, están expuestas en el manual de usuario y en la estructura de la máquina planchadora, con la finalidad de prevenir cualquier incidente.

	ATENCIÓN
Leer detenidamente las instrucciones de seguridad para salvaguardar la integridad humana.	

1.3. Aviso de seguridad



Indica una situación de peligro inminente carga eléctrica elevada.



Indica una situación de peligro, donde si no toma los debidos cuidados podría sufrir daños a la integridad humana.



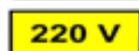
Indica una situación de peligro inminente, es una zona con alta temperatura



Indica el uso obligatorio de guantes para protección térmica.



Indica una situación de advertencia, existe alto voltaje dentro.



Indica peligro inminente, carga eléctrica de 220V

1.4. Instrucciones de seguridad

1. Leer las instrucciones antes de utilizar la máquina.
2. Instale la planchadora de acuerdo a las instrucciones de instalación.
3. Todas las conexiones eléctricas y neumáticas deben estar regidas bajo códigos locales, donde se recomienda que la máquina sea instalada por personal calificado.
4. No deje la máquina en lugares expuestos al sol, lluvia. La máquina planchadora de cuero se ha de utilizar en ambientes con ventilación adecuada.
5. Utilizar siempre los guantes de protección térmica para evitar daños por quemaduras.
6. El paro de emergencia debe ser presionado ante cualquier imprevisto
7. Si se percibe sustancia tóxicas o gas inflamable no arrancar la máquina.
8. Si hubo un corto circuito en la planta instalada revise bajo supervisión personal calificado.
9. No planche productos terminados que tenga composición de diluyentes sustancias y gases inflamables esto ocasionaría incendiar la máquina.
10. Artículos como telas, esponja, composición goma, silicona elementos afines ya que la maquina industrial está diseñada a trabajar a temperaturas elevadas, esto ocasionaría daños en el equipo de automatización.
11. No se recomienda la operación de la máquina por niños, que quede estrictamente prohibido, la máquina está calificada para operar con personal que posea conocimientos previos.
12. Nunca intente arreglar el cuero una vez que se da inicio al proceso automático para evitar fallos, donde sufra lesiones físicas el operario.

13. Trabajar en equipo de 2 personas, previamente capacitados, la primera persona envía el material cuero por la parte frontal por secciones, la segunda persona extrae el cuero por la parte trasera hasta obtener un planchado deseado.
14. Siga siempre las instrucciones en caso de alguna duda, para el perfecto acabado del producto cuero.

NOTA: las instrucciones de seguridad es documento para conocimiento previo a la operación de la máquina.

IMPORTANTE: Hacer uso del sentido común. tomar las debidas precauciones para evitar atentar a la integridad humana.

2. INSTALACIÓN

2.1. *Supervisión previa a la instalación*

Importante:

Al recibir la maquina debe contar con una revisión previa de toda la estructura por ejemplo se debe analizar sus componentes de conexión, el estado del sistema neumático, entre otros requerimientos para su posterior instalación, en un lugar adecuado de funcionamiento, como se detalla a continuación.

✓ **Revisión del manual o instructivo de información técnica de instalación.**

Se debe recurrir al manual técnico, para conocer bien el funcionamiento de la maquina planchadora del cuero para evitar inconvenientes futuros.

✓ **Revisión del sitio de instalación**

Se debe hacer un estudio del lugar donde será instalada la máquina, para que este pueda garantizar un óptimo funcionamiento por ende su vida útil.

✓ **Revisión del tablero de control**

Se de realizar una revisión previa del estado de los Breaker del tablero de control general, así encender la máquina sin ningún temor de falla eléctrica

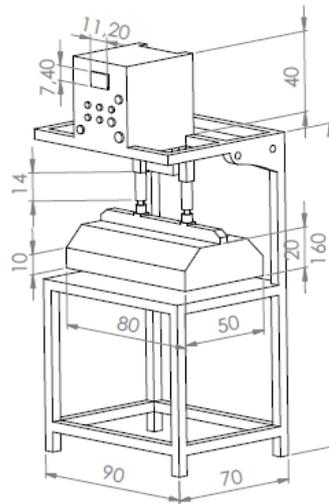
✓ **Revisión de los cables de conexión eléctrica.**

Se debe revisar y estar completamente seguros de conectar los terminales del enchufe adecuadamente en cada uno tomacorrientes asignados de 220v y 110v.

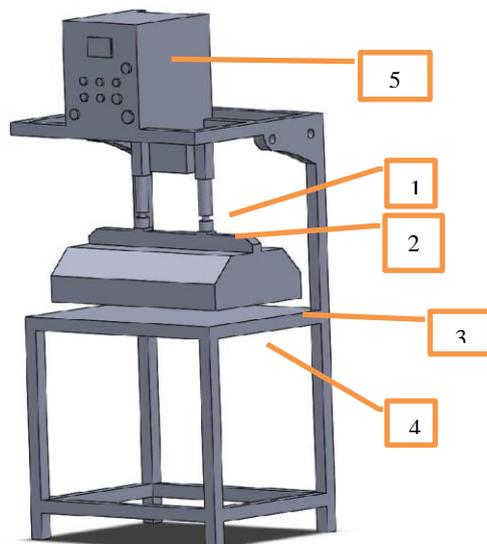
✓ **Revisión de conexión del sistema neumático**

Se debe realizar un examen de alimentación neumática antes de arrancar la máquina, cerciorarse la conexión del compresor en el tomacorriente, además observar si el acople de conexión del compresor a la unidad de mantenimiento localizada en la máquina esté conectado correctamente.

2.2. Dimensión de la máquina



2.3. Partes de la máquina



- 1: Cilindros neumáticos
- 2: Acople atornillado
- 3: Placa superior- acero inoxidable
- 4: Placa inferior -felpa
- 5: tablero de control

Conexión a 110 VAC

Es necesario una alimentación de 100VAC para accionar la botonera, las luces piloto localizada en el panel frontal de la máquina planchadora de cuero.

2.6. Requisitos Neumáticos

a. Conexión al compresor

Una vez ya instalado la máquina en el lugar propicio y conste los requisitos mencionados en los apartados anteriores, se procede a conectar al compresor de acuerdo al adaptador macho hembra como muestra en la gráfica.

b. Presión de entrada

La presión de entrada donde su lectura se rige básicamente mediante el manómetro localizado en la estructura misma, siendo este un valor regulado por el operario para ajustar y adecuar la presión de trabajo 6 bar.

c. Presión en el cuero

Una vez configurada la presión de entrada, la presión de salida será menor debida a las pérdidas presentes siendo un valor promedio de 110 PSI aplicadas para un prensado de cuero independientemente del tipo de curtición y del animal.

d. Requisitos extras

Las mangueras de material poliuretano deben estar conectado correctamente en los racores neumáticos para evitar fugas de aire que ocasionan gastos de consumo incensario de energía.

3. OPERACIÓN

	ATENCIÓN
Leer detenidamente las instrucciones de operación para garantizar un óptimo funcionamiento.	

3.1. Instrucciones de operación Pantalla táctil

La pantalla es touch para fácil manipulación e interfaz humana.



3.2. Modo automático

En este caso cambiamos desde el selector del tablero de control al modo automático

Pantalla principal : Indica el interfaz de presentación, donde el usuario podrá acceder al siguiente ventana presionando en el cuadro IR.



Pantalla parámetros de control

Indica una interfaz de configuración de variables: tiempo de secado (s) y temperatura de prensado (°C), de esta forma se controla y monitorea la transición de dichas variables en tiempo real.



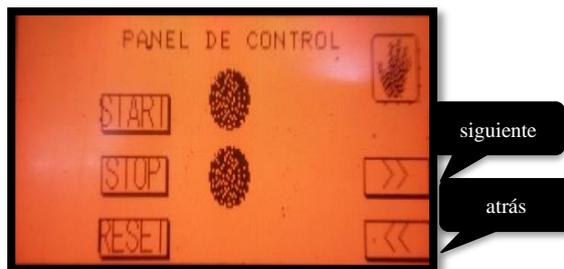
Pantalla de asignación de valores

En esta ventana el usuario puede ingresar valores enteros digitando manualmente: para tiempo de secado las unidades serán medidas en segundos, y para la temperatura de prensado será en grados centígrados, de esta forma podremos aceptar presionando en la tecla aceptar.



Pantalla panel de control

En esta ventana nos indica las ordenes o instrucciones que enviamos para el funcionamiento automático



Descripción:

Start: Presionar el botón para iniciar el proceso automático, luego de haber configurado los parámetros de control.

Stop: Presionar el botón para parar o pausar el proceso automático.

Reset: Presionar el botón para resetear o reiniciar el proceso automático

Pantalla gráfica de temperatura

En esta ventana podemos visualizar la gráfica de la Temperatura real frente al tiempo transcurrido de planchado del cuero medidas en base a milivoltios proporcionados por el sensor termocupla tipo K.



Pantalla de información técnica

En esta ventana encontramos información referente al tiempo, temperatura y presión de planchado a la cual debe ser sometida el material cuero con valores aproximados.



3.3. Modo Manual

En este caso cambiamos desde el selector del tablero de control al modo MANUAL.



Nota: Se tiene dos opciones de operación manual según la comodidad del usuario.

3.3.1. Operación desde la pantalla táctil



Start: En función manual, mantenga presionado el **botón start** para bajar la placa superior para su posterior prensado.



Niquelina on-off: seleccione el estado de la niquelina es decir encendido y apagado de la resistencia eléctrica para el planchado del cuero.

Stop: En función manual, mantenga presionado el **botón reset** para subir la prensa neumática luego de terminar el proceso de planchado.

3.3.2. Operación desde la botonera



Descripción:

Marcha: mantener presionado el botón verde para bajar la prensa neumática

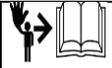
Reinicio: mantener presionado el botón rojo para subir la prensa neumática

Niquelina on-off: Cambiar de un estado al otro para prender y apagar la resistencia eléctrica.

Luz piloto verde: Indica plancha en proceso de bajada

Luz piloto rojo: Indica plancha en proceso de subida

Luz piloto amarillo: Indica el apagado y encendido de la niquelina.

	ATENCIÓN
Nota: el control de temperatura ON/OFF solo funciona en modo automático.	

3.4. OPERACIÓN DE LA MÁQUINA PLANCHADORA DE CUERO.

1. Ubicar la máquina en un lugar fijo, donde haya excelente ambiente de trabajo.
2. Conectar la máquina directamente a los tomacorrientes de 110V y 220V respectivamente.
3. Conectar el compresor al tomacorriente de 110V, hasta cargar completamente el aire (9 Bar de presión).
4. Encender la máquina desde el switch- breacker del tablero de control. Esperar unos 15 segundos, hasta que se cargue todos los componentes de automatización.
5. Una vez encendida la máquina se procede a configurar los parámetros de control como: temperatura y tiempo de programación en el HMI.
6. Se selecciona una temperatura presión baja para cueros que requieren un acabado flexible, blando, menos compacto, por otro lado, se selecciona una alta temperatura, mayor presión para cueros que requieren un acabado consistente, denso, bien compacto.
7. Cuando la plancha este caliente con la temperatura deseada, entonces empieza el proceso de prensado, además el tiempo de secado es de acuerdo el tipo de cuero, curtición y acabado final que desee dar al producto.
8. Al dar inicio al proceso automático de planchado, hasta que la temperatura llegue al nivel seleccionado se demora de 5 a 10 minutos dependiendo del nivel de referencia.
9. Durante el proceso, cabe recalcar que el control de temperatura on-off lo realiza en un rango de $\pm 2^{\circ}\text{C}$, es decir activando la niquelina cuando el sensor termocupla da una lectura -2°C bajo el nivel de referencia, y desactivando la niquelina cuando el valor leído por la termocupla de $+2^{\circ}\text{C}$ sobre el nivel de referencia seleccionada previamente.
10. Luego de terminado el proceso de planchado, la prensa neumática se levanta automáticamente, indicando mediante la luz piloto rojo que le proceso se ha terminado correctamente

11. Para volver a iniciar el proceso de planchado automático debe volver a presionar en el botón START, ya que los valores configurados quedan predeterminados sin embargo se puede volver a configurar nuevos valores de temperatura y tiempo de prensado.
12. Luego de terminado el proceso automático de planchado, apagar o desconectar el equipo y dejar que se enfríe totalmente para proceder a guardar.

4. MANTENIMIENTO

Para evitar posibles daños y alargar la vida útil del equipo:

	ADVERTENCIA
<ul style="list-style-type: none">▪ Mantenga apagado y desconectado todas las conexiones de alimentación eléctrica,▪ Bloque todo suministro de aire como del compresor antes de realizar cualquier tipo de mantenimiento.▪ ASEGURARSE que la placa móvil se encuentre abajo es decir cerrado la prensa neumática.▪ TODO el proceso de mantenimiento lo debe realizar el personal o técnico calificado para garantizar un excelente mantenimiento preventivo.	

Nota: los paros inadecuados por causa de un mantenimiento, se puede evitar o minimizar gracias a la prevención anticipada de daños futuros.

A continuación, se incluyen consejos técnicos- práctico recomendaciones y precauciones, que debe realizar el personal calificado a dar el mantenimiento de la máquina.

4.1. Mantenimiento Diario

- ✓ Inspección y revisión de la fuente de aire, el compresor debe funcionar y abastecer la presión necesaria todo el tiempo que este requiera.

- ✓ Inspeccione los ejes instalados a los costados de las placas ya que sirven de guía para el recorrido o carrera del cilindro neumático, ya que provocan dureza y fuerza de rozamiento en la parte móvil de la prensa.

4.2. Mantenimiento Semanal

4.2.1. Limpieza

- ✓ Limpie el sistema guía ya que es ahí donde se acumula impurezas por el polvo del ambiente mismo.
- ✓ Limpie el sistema neumático empezando desde la unidad de mantenimiento hasta los actuadores sobre todo los racores.
- ✓ Limpie los cilindros neumáticos, con cuidado de no dejar residuos que contengan detergente.
- ✓ Limpie toda la zona donde se deposita el cuero, es decir la felpa dejar en óptimas condiciones de planchado sin ningún desperdicio que obstruya el proceso de planchado.
- ✓ Retire la tapa trasera de la caja del sistema neumático, limpie o aspire correctamente el polvo acumulado sin dañar las mangueras transportadoras de aire.
- ✓ Limpiar toda la estructura metálica incluso el tablero de control con una aspiradora o un mantel húmedo y retira cualquier sustancia, residuos de pelusas y polvo.

4.3. Mantenimiento cada 2000 horas

- ✓ Inspección de los adaptadores como los racores, ajustar correctamente para que no haya fugas de aire por ningún motivo.
- ✓ Inspeccione las conexiones eléctricas externas e internas de la máquina de planchado.
- ✓ Inspección y limpieza del quemador (resistencia eléctrica), donde la flama quememe uniformemente a lo largo de la plancha (placa superior móvil).

4.4. Engrase

- ✓ Engrase del sistema eje-guía, los dos localizados al lado derecho e izquierdo de la máquina, para que tenga una mejor movilidad.
- ✓ Aceite el émbolo del cilindro para lograr un mayor desempeño por la prensa neumática.

IMPORTANTE ¿Cómo quitar el óxido de la placa?

La placa es de material acero inoxidable de sección 80x50cm, 6mm de espesor, sin embargo, requiere una limpieza con un líquido removedor de óxido WD-40 u otro similar, debido a la cantidad de sustancias químicas como productos de la curtición del cuero.

4.5. Reemplazo del plato superior´

Para reemplazar se debe seguir los siguientes pasos.

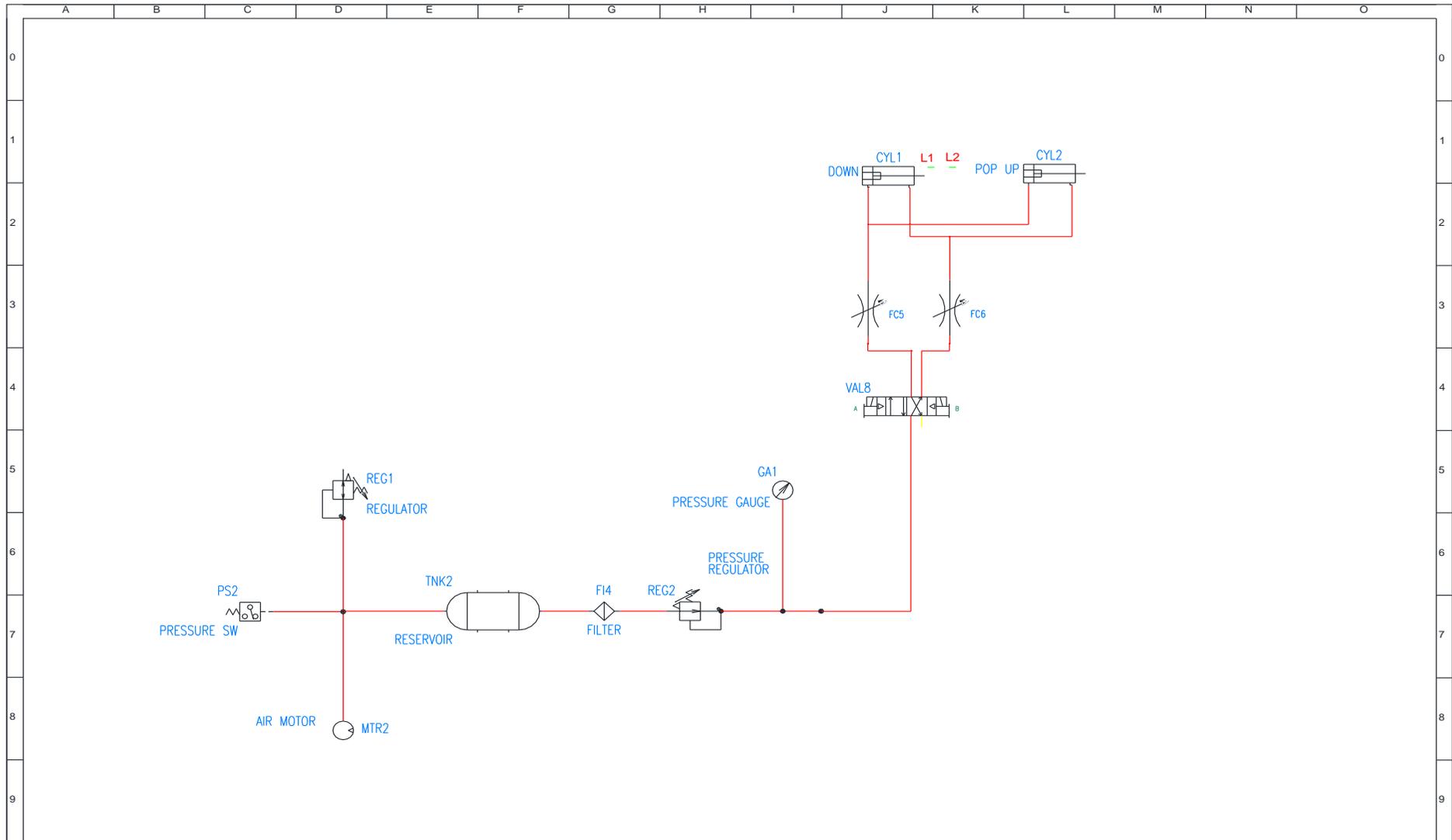
1. Con un destornillador plano y llave 13 estándar aflojar el sistema eje guía.
2. Cambiar por una placa con las mismas dimensiones acorde a sus requerimientos y características futuras del sistema.
3. Ajustar correctamente la placa nueva en el plato superior.
4. Finalmente atornillar el sistema eje-guía donde cuadre y pueda ejercer un movimiento libre de rozamientos.

4.6. Reemplazo tuercas-tornillos

En caso de que se requiera cambiar por ausencia o deterior la caja del sistema de control neumático, el plato superior, los cilindros, el tablero de control o gabinete es desmontable mediante tuercas y tornillos.

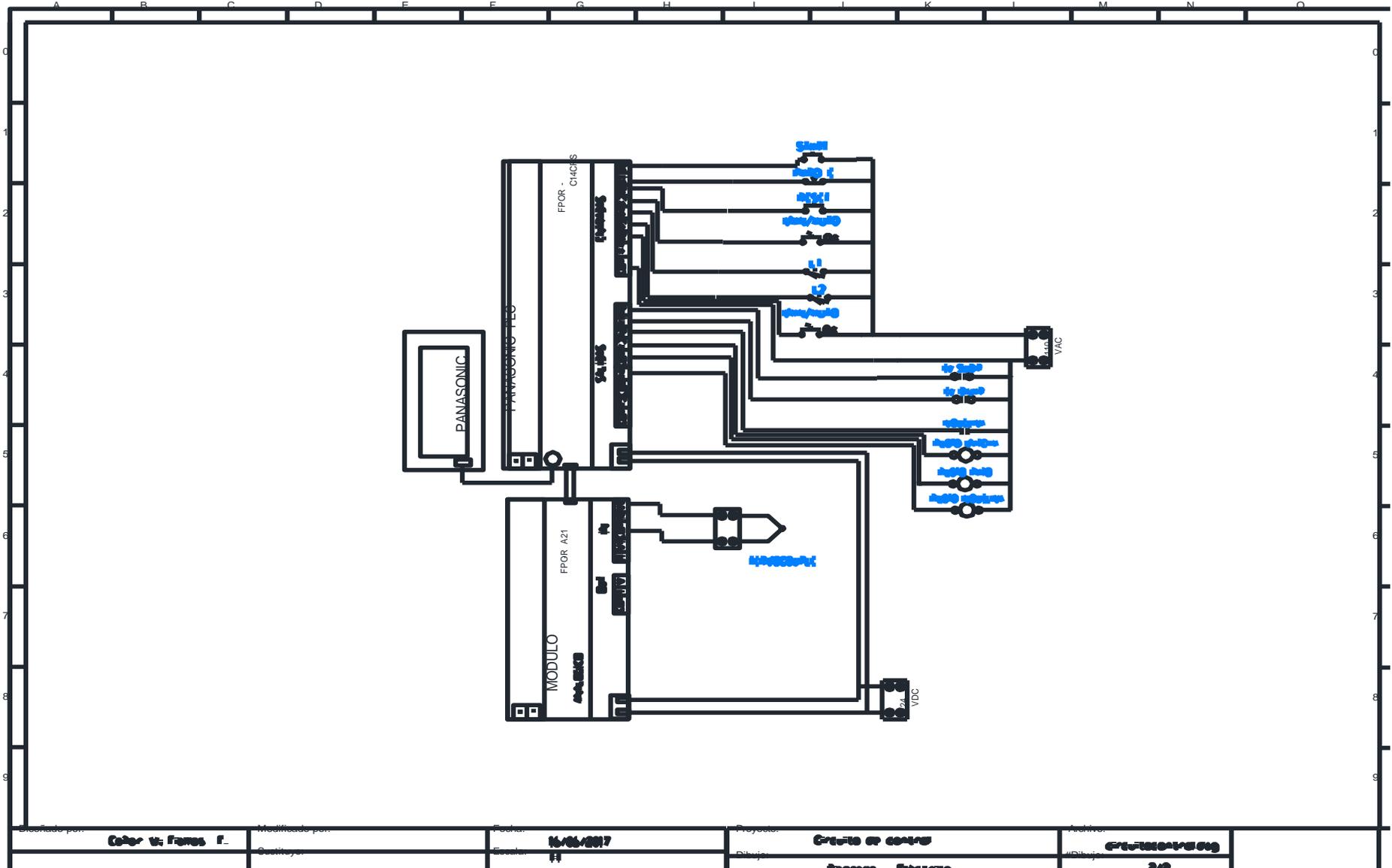
5. DIAGRAMAS

5.1. Diagrama del sistema neumático

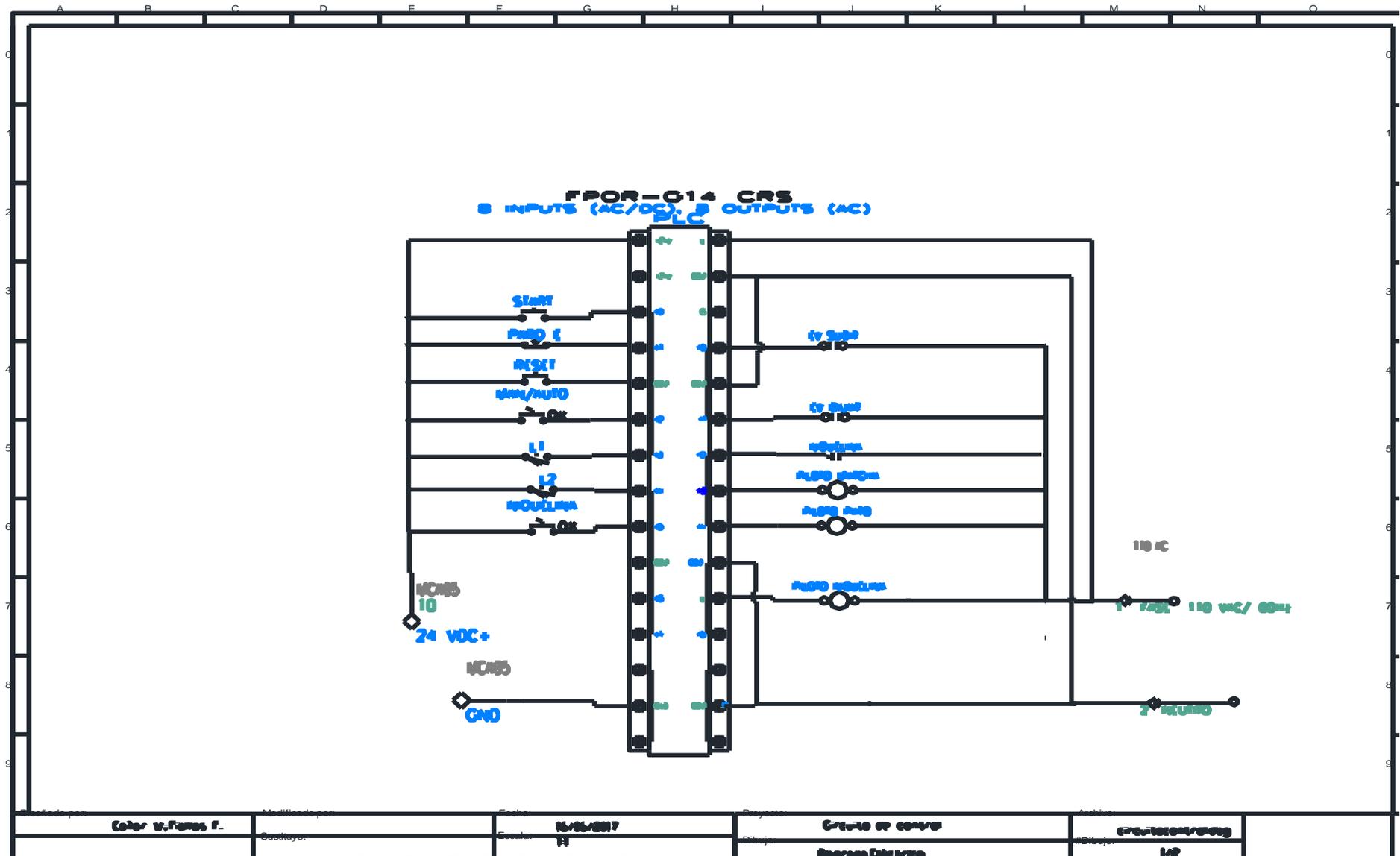


Diseñado por:	CañarW. FiallosF.	Modificado por:	Fecha:	16/06/2017	Proyecto:	Diagrama sistema neumático	Archivo:	Controlneumatico.dwg
		Sustituye:	Escala:	1:1	Dibujo:	conexión neumático	#Dibujo:	1/1
Realizado en software AutocadElectrical 2014								

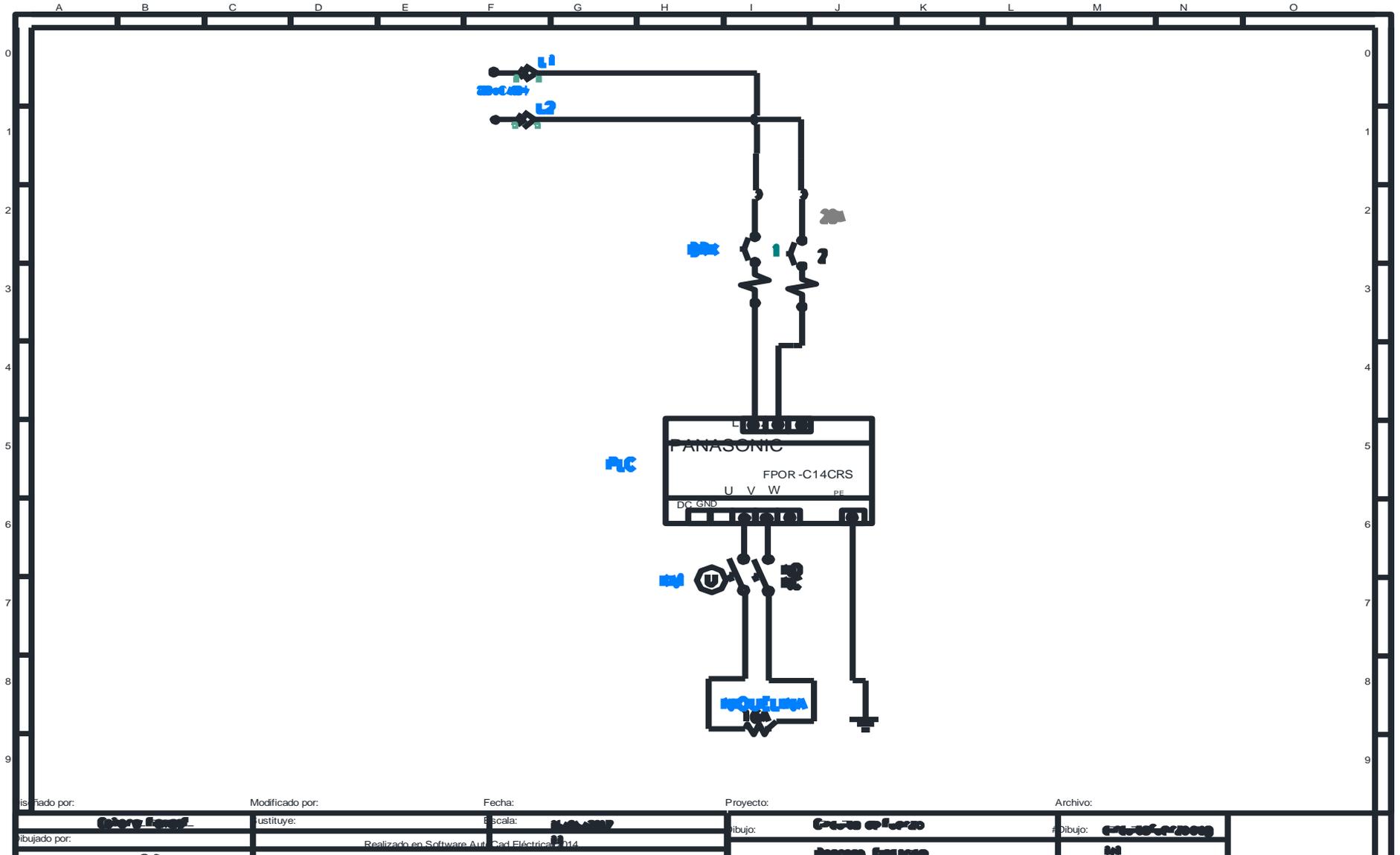
5.2. Diagrama del circuito de control 1



5.3. Diagrama del circuito de control 2

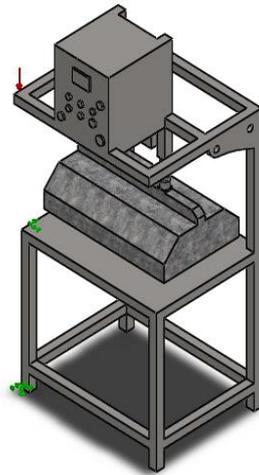


5.4. Diagrama del circuito de fuerza



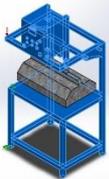
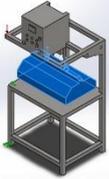
Disegnado por:	Modificado por:	Fecha:	Proyecto:	Archivo:
02/07/2009		14/06/2009	Circuito de fuerza	02/07/2009
Dibujado por:	Realizado en Software AutoCAD Eléctrico 014			

6. ANÁLISIS ESTRUCTURAL



Nombre del modelo: Ensamblaje

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
<p>Saliente-Extruir16</p> 	Sólido	<p>Masa:100.7 kg Volumen:0.126797 m³ Densidad:790 kg/m³ Peso:981.64 N</p>	<p>C:\Users\FAEFIL\Desktop\ TES\Planchadora\Pieza1a. SLDPRT Jun 15 13:27:24 2017</p>
<p>Cortar-Extruir1</p> 	Sólido	<p>Masa:58.613 kg Volumen:0.0746649 m³ Densidad:787 kg/m³ Peso:575.6 N</p>	<p>C:\Users\FAEFIL\Desktop\ TES\Planchadora\Pieza2a. SLDPRT May 30 17:12:49 2017</p>

El análisis estructural tiene una amplia gama de estudios como de tensión de un ensamblaje en movimiento que se lo realiza mediante el uso de una carga dinámica, acompañada de cambios de intensidad y posición para efectuar la simulación.

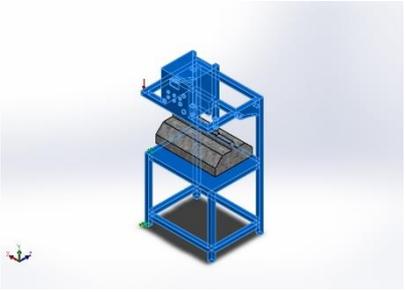
Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Análisis estático 2
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (C:\Users\FAEFIL\Desktop\TES\Planchadora)

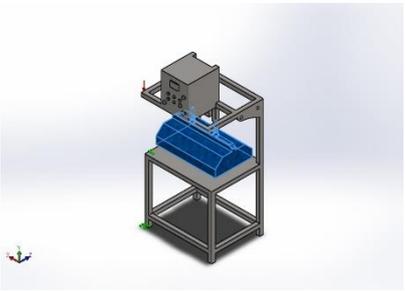
Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

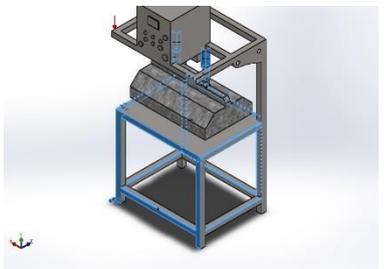
Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 1020 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión máxima de von Mises Límite elástico: 3.51571e+008 N/m² Límite de tracción: 4.20507e+008 N/m² Módulo elástico: 2e+011 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.29 Densidad: 790 kg/m³ Módulo cortante: 7.7e+010 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 1.5e-005 /Kelvin</p>	Sólido 1(Saliente-Extruir16)(Pieza1a-1)

Datos de curva:N/A

	<p>Nombre: Acero galvanizado Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión máxima de von Mises Límite elástico: 2.03943e+008 N/m² Límite de tracción: 3.56901e+008 N/m² Módulo elástico: 2e+011 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.29 Densidad: 787 kg/m³</p>	Sólido 1(Cortar-Extruir1)(Pieza2a-1)
---	---	---

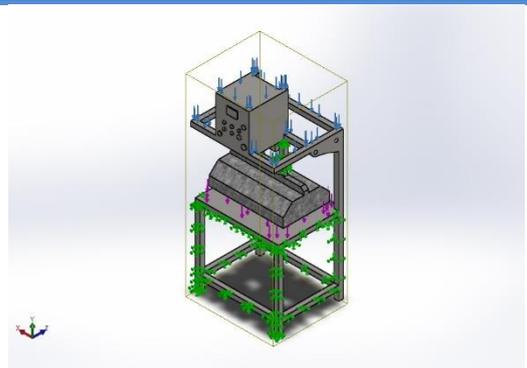
Datos de curva:N/A

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 11 arista(s), 8 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>

Fuerzas resultants

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-0.000640895	244.82	-0.000458961	244.82
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto global		Tipo: Unión rígida Componentes: 1 componente(s) Opciones: Mallado compatible

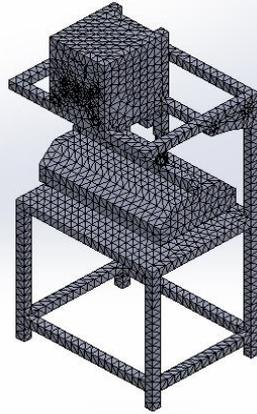
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	46.1677 mm
Tolerancia	2.30838 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	35630
Número total de elementos	20920
Cociente máximo de aspecto	9.8804
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	96.8
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:09
Nombre de computadora:	

Nombre de modelo: Ensamblaje
 Nombre de estudio: Análisis estático 2-(Pre-determinado-)
 Tipo de malla: Malla de sólido



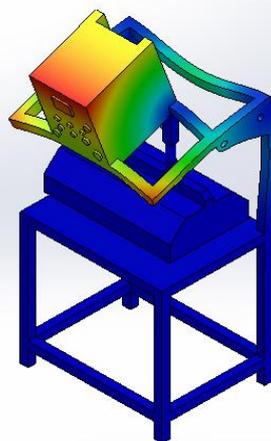
Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0.000640895	244.82	-0.000458961	244.82

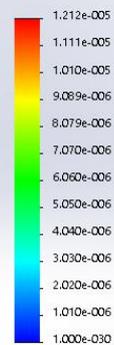
Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 207	1.21192e-005 mm Nodo: 364

Nombre de modelo: Ensamblaje
 Nombre de estudio: Análisis estático 2-(Pre-determinado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 1.80879e+007



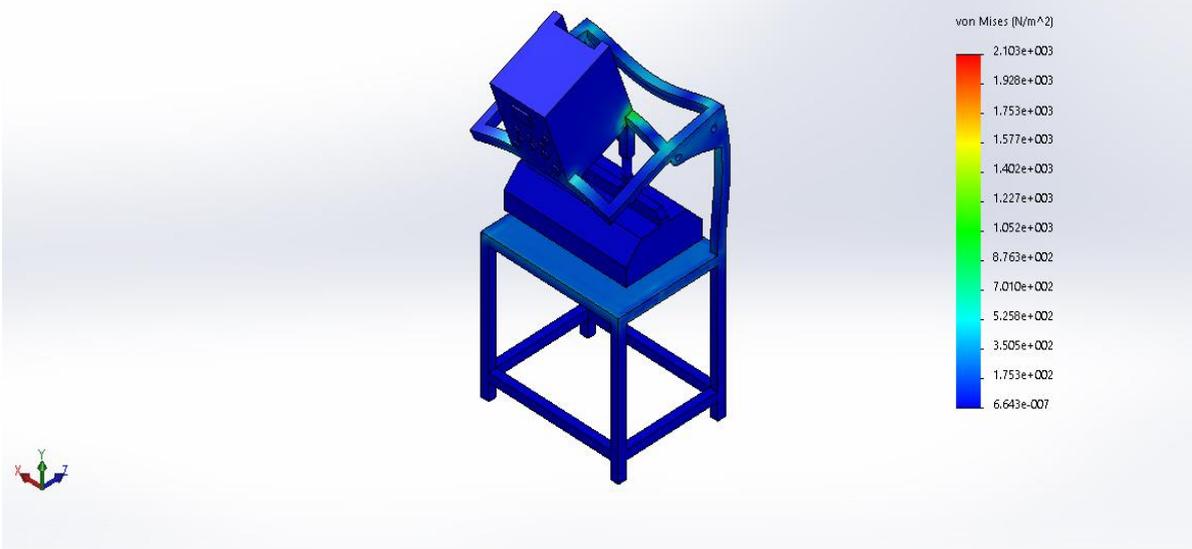
URES (mm)



Ensamblaje-Análisis estático 2-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	6.6427e-007 N/m ² Nodo: 33159	2103.07 N/m ² Nodo: 22106
Ensamblajea-Análisis estático 2-Tensiones-Tensiones1			

Nombre de modelo: Ensamblajea
Nombre de estudio: Análisis estático 2-[Pre determinado-]
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
Escala de deformación: 1.80679e+007



Los resultados del estudio permiten determinar la resistencia y rigidez de un material a través del registro de deformaciones y tensiones de los elementos. El análisis estructural está condicionado por el elemento que se vaya a probar, la naturaleza de las cargas y el modo de fallo previsto:

- Las estructuras robustas tienen más posibilidades de sufrir un error debido al fallo de los materiales (se supera el límite de elasticidad).
- Las estructuras delgadas fallarán debido a la inestabilidad estructural (pandeo geométrico).