



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

### **ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

#### **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA CALDERA CON CONTROL ELECTRÓNICO, UTILIZANDO MATERIAL BIODEGRADABLE COMO COMBUSTIBLE”**

TRABAJO DE TITULACIÓN: Dispositivo tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

### **INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

**AUTOR:** LÓPEZ MANTILLA PAUL MARTÍN

**TUTOR:** ING. MARCO VITERI

Riobamba – Ecuador

2017

© 2017, Paul Martín López Mantilla

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

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA 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 dispositivo tecnológico: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA CALDERA CON CONTROL ELECTRÓNICO, UTILIZANDO MATERIAL BIODEGRADABLE COMO COMBUSTIBLE, de responsabilidad del señor Paul Martín López Mantilla, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

Dr. Washington Luna

**DECANO**

\_\_\_\_\_

Ing. Freddy Chávez

**DIRECTOR DE ESCUELA**

\_\_\_\_\_

Ing. Marco Viteri

**DIRECTOR DE TRABAJO  
DE TITULACION**

\_\_\_\_\_

Ing. Fernando Mejía

**MIEMBRO DE TRABAJO  
DE TITULACION**

\_\_\_\_\_

Yo, Paul Martín López Mantilla soy responsable de todos los resultados, ideas y modos expuestos en esta Tesis y del patrimonio intelectual del trabajo de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

PAUL MARTIN LOPEZ MANTILLA

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo a mis padres Marco y María que supieron guiarme con sus consejos y amor, a mis hermanos por brindarme ese gran apoyo incondicional, a mis abuelos que son un pilar importante en mi vida, a mis tíos que siempre me recibieron con los brazos abiertos y me ofrecen una mano cuando más se los necesita.

Martin

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi más sincero agradecimiento a todas las personas que estuvieron conmigo a lo largo de este proceso estudiantil, especialmente a mi familia, amigos y de manera especial a los ingenieros que forman la Facultad de Informática y Electrónica.

**Martín**

## LISTADO DE ABREVIATURAS

<b>HMI:</b>	Interfaz Hombre Maquina
<b>PLC:</b>	Controlador Lógico Programable
<b>E/S:</b>	Periféricos de Entrada y Salida
<b>3D:</b>	Plano Tridimensional
<b>CPU:</b>	Unidad Central de Procesamiento
<b>SFC:</b>	Diagrama de Funciones Secuenciales
<b>FBD:</b>	Diagrama de Bloques de Funciones
<b>LD:</b>	Diagrama de Contactos o de Escalera
<b>ST:</b>	Lenguaje de Texto Estructurado
<b>IL:</b>	Listado de instrucciones
<b>RC:</b>	Circuito Resistencia Capacitor
<b>RTD:</b>	Detector Resistivo de Temperatura
<b>SCADA:</b>	Supervisión, Control y Adquisición de Datos
<b>GLP:</b>	Gas Licuado de Petróleo
<b>CFM:</b>	Pies cúbicos por minuto

## TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xii
INDICE DE GRAFICOS.....	xii
INDICE DE ANEXOS .....	xviii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xx
INTRODUCCION .....	1

### CAPITULO I

#### 1. MARCO TEORICO REFERENCIAL

1.1. Análisis de los materiales .....	5
1.1.1. Sensores .....	5
1.1.2. Tipos de sensores.....	5
1.1.2.1. Sensor Capacitivo .....	5
1.1.2.2. Partes del sensor capacitivo .....	6
1.1.2.3. Detector resistivo de temperatura (RTD) .....	6
1.1.2.4. Partes de un detector resistivo de temperatura .....	7
1.1.2.5. Termocupla o termopar .....	7
1.1.2.6. Partes de una termocupla o termopar .....	8
1.1.3. Actuadores .....	8
1.1.3.1. Motor monofásico con caja reductora .....	8
1.1.3.2. Ventilador centrifugo .....	10
1.1.3.3. Tipos de ventiladores centrífugos .....	11
1.1.3.4. Resistencia cerámica o niquelina.....	13
1.1.4. Controlador lógico programable (PLC) .....	13
1.1.5. Aplicaciones del PLC .....	15
1.2. Biomasa .....	16
1.2.1. Introducción a la biomasa .....	16
1.2.2. Tipos de quemadores de biomasa .....	17
1.3. Transmisión de calor .....	18
1.3.1. Características .....	18

<b>1.4. Diseño del quemador</b> .....	21
<b>1.4.1. Introducción a Solidworks</b> .....	21
<b>1.4.1.1. Diseño 3D</b> .....	22
<b>1.4.1.2. Ensamblaje 3D</b> .....	23
<b>1.5. Implementación del quemador</b> .....	24
<b>1.5.1. Lenguajes de programación</b> .....	24
<b>1.5.2. Observación</b> .....	27
<b>1.5.3. Interfaz Hombre Maquina (HMI)</b> .....	27
<b>1.5.4. Aplicaciones del HMI</b> .....	28
<b>1.6. Pruebas de funcionamiento</b> .....	29

## CAPITULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

<b>2.1. Análisis de los materiales utilizados</b> .....	30
<b>2.1.1. Elección de los elementos electrónicos y caja metálica</b> .....	30
<b>2.1.2. Observación</b> .....	38
<b>2.2. Diseño tridimensional en Solidworks</b> .....	38
<b>2.2.1. Quemador</b> .....	38
<b>2.2.1.1. Piezas</b> .....	39
<b>2.2.1.2. Ensamblaje</b> .....	59
<b>2.3. Diseño del tablero electrónico</b> .....	70
<b>2.3.1. Funcionamiento del tablero electrónico</b> .....	70
<b>2.4. Construcción real de estructura metálica y tablero electrónico</b> .....	73
<b>2.4.1. Quemador</b> .....	73
<b>2.4.2. Tablero Electrónico</b> .....	77
<b>2.5. Programación del PLC</b> .....	83
<b>2.5.1. Graficet</b> .....	83
<b>2.5.2. Programación</b> .....	85
<b>2.6. HMI</b> .....	90
<b>2.6.1. Diseño de interfaz gráfica</b> .....	90
<b>2.7. Determinación del funcionamiento, muestra y datos finales</b> .....	91

### **CAPITULO III**

#### **3. ANALISIS, DISCUSIÓN Y RESULTADOS**

<b>3.1. Funcionamiento .....</b>	<b>94</b>
<b>3.2. Análisis estadístico entre biomasa y gas licuado de petróleo .....</b>	<b>98</b>
<b>3.3. Observaciones del análisis.....</b>	<b>101</b>
<b>3.4. Consumo y costo energético.....</b>	<b>102</b>
<b>3.5. Costo de fabricación .....</b>	<b>103</b>

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>106</b>
--------------------------	------------

<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>107</b>
-----------------------------	------------

#### **BIBLIOGRAFIA**

#### **ANEXOS**

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1</b> Análisis de materiales cuadro comparativo .....	19
<b>Tabla 1-2</b> Color de cable y voltaje que transmite.....	37
<b>Tabla 2-2</b> Espacio limite obtenido para diseño de quemador .....	39
<b>Tabla 3-2</b> Ubicación XY de los puntos del soporte.....	45
<b>Tabla 4-2</b> Agujero tapa frontal .....	53
<b>Tabla 5-2</b> Asignación de elementos .....	80
<b>Tabla 6-2</b> Asignación de espacio de memoria a los botones.....	84
<b>Tabla 7-2</b> Muestreo de GLP .....	92
<b>Tabla 8-2</b> Conversión de cilindros de GLP a Kg .....	92
<b>Tabla 1-3</b> Comparación de muestras GLP y biomasa .....	98
<b>Tabla 2-3</b> T students dos muestras varianzas diferentes .....	99
<b>Tabla 3-3</b> Comparación costo GLP vs Biomasa .....	100
<b>Tabla 4-3</b> t-student dos muestras varianzas diferentes segunda prueba.....	101
<b>Tabla 5-3</b> Consumo energético .....	102
<b>Tabla 6-3</b> Consumo energético de los elementos conectados a 24V.....	103
<b>Tabla 7-3</b> Costo de los elementos para la automatización de la máquina .....	103
<b>Tabla 8-3</b> Costo de tres relés SCHRACH .....	104
<b>Tabla 9-3</b> Costo de materiales para tablero electrónico .....	104
<b>Tabla 10-3</b> Costo de materiales adicionales .....	105
<b>Tabla 11-3</b> Otros costos .....	105
<b>Tabla 12-3</b> Costo total.....	105

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Pronóstico del mercado de biomasa .....	2
<b>Figura 1-1</b>	Tipos de sensores .....	5
<b>Figura 2-1</b>	Sensores Capacitivos.....	5
<b>Figura 3-1</b>	Partes de un sensor capacitivo.....	6
<b>Figura 4-1</b>	Sensor de temperatura RTD .....	7
<b>Figura 5-1</b>	Sensor Termopar o termocupla .....	7
<b>Figura 6-1</b>	Motor monofásico con bobinado auxiliar de arranque.....	9
<b>Figura 7-1</b>	Motor con bobinado en cortocircuito .....	9
<b>Figura 8-1</b>	Motor universal .....	10
<b>Figura 9-1</b>	Motor con caja reductora.....	10
<b>Figura 10-1</b>	Ventilador centrifugo .....	11
<b>Figura 11-1</b>	Ventilador centrifugo con palas curvadas hacia delante .....	11
<b>Figura 12-1</b>	Ventilador centrifugo con palas radiales .....	11
<b>Figura 13-1</b>	Ventilador centrifugo con palas inclinadas hacia atrás .....	12
<b>Figura 14-1</b>	Ventilador centrifugo AIRFOIL.....	12
<b>Figura 15-1</b>	Ventilador centrifugo RADIAL TIP .....	13
<b>Figura 16-1</b>	Resistencia tipo cartucho.....	13
<b>Figura 17-1</b>	PLC AFP0RC14MRS Panasonic 8 in 6 out .....	14
<b>Figura 18-1</b>	PLC TWDLCAE40DRF tipo compacto.....	15
<b>Figura 19-1</b>	Aplicación de PLC en la Domótica.....	15
<b>Figura 20-1</b>	Aplicación de PLC Compacto.....	16
<b>Figura 21-1</b>	Compactos de biomasa.....	16
<b>Figura 22-1</b>	Aplicación de quemadores de biomasa en piscinas.....	17
<b>Figura 23-1</b>	Calefactores de hogar a base de biomasa .....	17
<b>Figura 24-1</b>	Quemador de compactos de biomasa .....	18
<b>Figura 25-1</b>	Formas de trasferencia de calor.....	18
<b>Figura 26-1</b>	Menú inicio de SolidWorks: Diseño y Ensamble .....	22
<b>Figura 27-1</b>	Pantalla para diseño 2D y 3D .....	23
<b>Figura 28-1</b>	Entorno de ensamblaje 3D .....	23
<b>Figura 29-1</b>	Estructura de lenguaje de programación SFC .....	24
<b>Figura 30-1</b>	Estructura de lenguaje de programación FBD.....	25
<b>Figura 31-1</b>	Esquema de lenguaje de programación LADDER.....	26

<b>Figura 32-1</b> Esquema de lenguaje de programación ST .....	26
<b>Figura 33-1</b> Lenguaje de programación IL o STL .....	27
<b>Figura 34-1</b> Interfaz gráfica HMI.....	27
<b>Figura 35-1</b> Varias interfaces de HMI .....	28
<b>Figura 36-1</b> Sistema SCADA de un proceso industrial .....	28
<b>Figura 1-2</b> Panasonic FP0R-C14RS.....	30
<b>Figura 2-2</b> Pantalla táctil monocromática GT02 AIG02GQ02D .....	31
<b>Figura 3-2</b> Termocupla Tipo J (T K101-6-JE30L-5MT).....	31
<b>Figura 4-2</b> Modulo de expansión FP0-A21.....	32
<b>Figura 5-2</b> Configuración del dipswitch del módulo FP0-A21 .....	32
<b>Figura 6-2</b> Cambio de respuesta en corriente a respuesta en voltaje .....	33
<b>Figura 7-2</b> Relé SCHRACH RT 424024 con socket WAGO 788-XXX .....	34
<b>Figura 8-2</b> Rele RUMC2AB1P7 con zócalo RUZC2M.....	34
<b>Figura 9-2</b> Portafusible SASSIN 10x38 y fusible FATO 10X38 2A.....	35
<b>Figura 10-2</b> Breaker FATO C65N 20A .....	35
<b>Figura 11-2</b> Bornera LENGRAND 37160.....	36
<b>Figura 12-2</b> Fuente WAGO 787-1602 24V 1A.....	36
<b>Figura 13-2</b> Pailas empresa La Selecta .....	38
<b>Figura 14-2</b> Quemadores de leña Spa Gamboa.....	39
<b>Figura 15-2</b> Transportador de biomasa .....	40
<b>Figura 16-2</b> Corte circular perpendicular a la longitud.....	40
<b>Figura 17-2</b> Corte circular perpendicular .....	41
<b>Figura 18-2</b> Transportador de biomasa .....	41
<b>Figura 19-2</b> Tapa soldada en el transportador.....	42
<b>Figura 20-2</b> Eje del sinfín.....	42
<b>Figura 21-2</b> Base de apoyo de las espiras del sinfín .....	43
<b>Figura 22-2</b> Espiras del sinfín .....	43
<b>Figura 23-2</b> Sinfín terminado.....	44
<b>Figura 24-2</b> Bocín del sinfín .....	44
<b>Figura 25-2</b> Cuerpo del motor.....	45
<b>Figura 26-2</b> Aplicación de las coordenadas XY del motor .....	46
<b>Figura 27-2</b> Placa principal del soporte del motor .....	46
<b>Figura 28-2</b> Soporte del motor completo .....	47

<b>Figura 29-2</b> Eje del motor monofásico.....	47
<b>Figura 30-2</b> Bocín del motor.....	48
<b>Figura 31-2</b> Caucho fusible mecánico.....	48
<b>Figura 32-2</b> Ventilador centrífugo .....	49
<b>Figura 33-2</b> Respirador del ventilador .....	49
<b>Figura 34-2</b> Base ventilador.....	50
<b>Figura 35-2</b> Bincha ventilador .....	50
<b>Figura 36-2</b> Base trasera motor.....	51
<b>Figura 37-2</b> Base frontal motor.....	51
<b>Figura 38-2</b> Base transportador.....	52
<b>Figura 39-2</b> Caja base del quemador.....	52
<b>Figura 40-2</b> Tapa frontal quemador .....	53
<b>Figura 41-2</b> Tubo salida de aire ventilador .....	54
<b>Figura 42-2</b> Angulo de corte del tubo del ventilador .....	54
<b>Figura 43-2</b> Tapa del quemador .....	55
<b>Figura 44-2</b> Tubo salida de fuego .....	55
<b>Figura 45-2</b> Parrilla .....	56
<b>Figura 46-2</b> Dimensiones parilla.....	56
<b>Figura 47-2</b> Resistencia tipo cartucho.....	57
<b>Figura 48-2</b> Tapa salida de aire.....	57
<b>Figura 49-2</b> Tolva.....	58
<b>Figura 50-2</b> Sensor capacitivo dimensiones.....	58
<b>Figura 51-2</b> Sensor Capacitivo CM24-3012NA.....	58
<b>Figura 52-2</b> Termocupla T K101-6-JE30L-5MT tipo J .....	59
<b>Figura 53-2</b> Unión Sinfín y Transportador.....	59
<b>Figura 54-2</b> Sinfín y transportador unidos .....	60
<b>Figura 55-2</b> Unión arandela y eje sinfín.....	60
<b>Figura 56-2</b> Unión del bocín del sinfín con el eje .....	61
<b>Figura 57-2</b> Unión Caucho - bocín sinfín .....	61
<b>Figura 58-2</b> Unión bocín a bocín por medio del caucho .....	62
<b>Figura 59-2</b> Motor ensamblado con el eje y la base.....	62

<b>Figura 60-2</b> Ensamble de motor y transportador.....	63
<b>Figura 61-2</b> Alienación con bases de madera .....	63
<b>Figura 62-2</b> Sujeción a las bases de madera mediante abrazaderas .....	64
<b>Figura 63-2</b> Unión del ventilador y su base .....	64
<b>Figura 64-2</b> Ubicación del ventilador .....	65
<b>Figura 65-2</b> Añadida del tubo de salida de aire.....	65
<b>Figura 66-2</b> Ubicación de elementos en la caja .....	66
<b>Figura 67-2</b> Ubicación de tapa frontal .....	66
<b>Figura 68-2</b> Ubicación de la tapa superior del quemador .....	67
<b>Figura 69-2</b> Ubicación del cilindro para la combustión.....	67
<b>Figura 70-2</b> Ubicación resistencia tipo cartucho.....	68
<b>Figura 71-2</b> Ubicación de la parrilla .....	68
<b>Figura 72-2</b> Ubicación de sensor de temperatura.....	69
<b>Figura 73-2</b> Ubicación de la tolva y sensor capacitivo .....	69
<b>Figura 74-2</b> Proceso de funcionamiento del quemador.....	70
<b>Figura 75-2</b> Construcción real del transportador.....	73
<b>Figura 76-2</b> Construcción del Sinfín.....	73
<b>Figura 77-2</b> Alineación Transportador, sinfín y motor .....	74
<b>Figura 78-2</b> Sujeción con abrazaderas .....	74
<b>Figura 79-2</b> Construcción de la caja.....	75
<b>Figura 80-2</b> Tapa frontal del quemador .....	75
<b>Figura 81-2</b> Tubo de combustión y parrilla.....	76
<b>Figura 82-2</b> Funcionamiento inicial del quemador .....	76
<b>Figura 83-2</b> Quemador armado .....	77
<b>Figura 84-2</b> Ubicación Canaletas y Riel Din .....	78
<b>Figura 85-2</b> Circuitos de Control y Potencia.....	79
<b>Figura 86-2</b> Ubicación de la pantalla táctil GT02.....	81
<b>Figura 87-2</b> Tablero Electrónico finalizado .....	82
<b>Figura 88-2</b> Graficet del proceso de funcionamiento.....	83
<b>Figura 89-2</b> Encendido de la biomasa.....	86
<b>Figura 90-2</b> Alimentación por lapsos de tiempo .....	87

<b>Figura 91-2</b> Medición y comparación de temperatura .....	87
<b>Figura 92-2</b> Enfriado.....	88
<b>Figura 93-2</b> Aviso de tolva vacía .....	88
<b>Figura 94-2</b> Salidas digitales.....	89
<b>Figura 95-2</b> Memoria auxiliar para regreso de menú.....	89
<b>Figura 96-2</b> Salidas Reales.....	90
<b>Figura 97-2</b> Cuatro pantallas programadas .....	90
<b>Figura 98-2</b> Configuración “Change screen” .....	91
<b>Figura 1-3</b> Prueba de actuadores en modo manual .....	94
<b>Figura 2-3</b> Activación del motor sinfín.....	94
<b>Figura 3-3</b> Parrilla llena de biomasa .....	95
<b>Figura 4-3</b> Encendido de biomasa.....	95
<b>Figura 5-3</b> Emanación de humo encendido de biomasa.....	96
<b>Figura 6-3</b> Biomasa combustión completa.....	96
<b>Figura 7-3.</b> Corrección tubo de salida de fuego .....	97
<b>Figura 8-3</b> Sistema a GLP dulcería La Selecta .....	98

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Grafico 1-2</b> Línea temporal de encendido en minutos .....	71
<b>Grafico 2-2</b> Línea temporal de enfriamiento .....	72
<b>Grafico 3-2</b> Línea temporal de vaciado considerando que la temperatura es ideal .....	72
<b>Grafico 1-3</b> Grafica T student 2 colas primera prueba .....	99
<b>Grafico 2-3</b> Grafica t-student segunda prueba.....	101

## INDICE DE ANEXOS

- Anexo A** Análisis de Stress transportador
- Anexo B** Análisis de fatiga transportador
- Anexo C** Análisis de stress – tracción al eje sinfín
- Anexo D** Análisis de stress – torsión eje sinfín
- Anexo E** Análisis de fatiga eje sinfín
- Anexo F** Análisis stress – tracción bocín motor
- Anexo G** Análisis stress – torsión bocín del motor
- Anexo H** Análisis de fatiga bocín motor
- Anexo I** Planos de conexión del tablero electrónico
- Anexo J** Manual de Usuario
- Anexo K** Factura de los elementos para la automatización de la máquina
- Anexo L** Factura de tres relés SCHRAC
- Anexo M** Facturas de los elementos para el tablero electrónico

## RESUMEN

Este proyecto tuvo como objetivo disminuir el consumo de gas licuado de petróleo en las industrias, a través del aprovechamiento de la biomasa. Se diseñó para la fábrica de dulces La Selecta un quemador de biomasa en Solidworks de tal manera que se adaptó a su sistema de fabricación. A cada una de sus piezas principales se realizó un análisis de torsión, tracción y fatiga. Se llevó a cabo un análisis comparativo de dos universos con un mínimo de 30 datos, el primer análisis representó al gas licuado de petróleo (GLP) y el segundo a la biomasa, los dos universos se obtuvieron en un mismo proceso. Se Aplicó el método estadístico T-student con varianzas diferentes, sabiendo que un cilindro lleno de gas pesa 15Kg, se obtuvo que; el consumo de biomasa fue menor al consumido de gas licuado, sin embargo, la diferencia no fue considerable. Se aplicó el mismo análisis en función al costo; el GLP fue extremadamente más costoso que la biomasa. Por medio de un tablero electrónico el usuario controló la temperatura del quemador de manera automática, además brindó seguridad. Los índices de contaminación fueron despreciables debido a la forma cilíndrica compacta del material que está fabricada y el usuario utilizó todos los elementos de protección personal. Se recomienda apagar todos los dispositivos antes de realizar una conexión.

**PALABRAS CLAVE:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <TECNOLOGÍA DEL CONTROL AUTOMÁTICO>, <AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES>, <CONSUMO DE GAS>, <BIOMASA>, <CONSTRUCCIÓN DE QUEMADOR>, <ELEMENTOS DE AUTOMATIZACIÓN>, <GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)>.

## ABSTRACT

The present research was carried out with aim of reducing the consumption of liquefied petroleum gas in the industries, using biomass, a biomass burner at Solidworks was designed for La Selecta candy factory in such a way that adapted to its manufacturing system. It was realized to each one of its main pieces and analysis of torsion, traction and fatigue. A comparative analysis about two universes with a minimum of 30 data was carried out, the first analysis represented liquefied petroleum gas (LPG) and second one the biomass, and the two universes were obtained in a minimum process. Statistical method T-student was applied with different variances, knowing that a cylinder full gas weighs 15Kg, it was obtained that; the consumption of biomass was lower than consumption of liquefied gas; however, the difference was not considerable. The same analysis was applied in terms of cost; LPG was extremely more expensive than biomass. By means of an electronic board, the user controlled temperature of burner automatically; in addition, it provided security. Pollution rates were negligible due to the compact cylindrical shape of the material being manufactured and the user used all personal protection elements. It is recommended to turn off all devices before making a connection.

**Keywords:** ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES, AUTOMATIC CONTROL TECHNOLOGY, AUTOMATION OF INDUSTRIAL PROCESSES, GAS CONSUMPTION, BIOMASS, CONSTRUCTION OF QUEMADORM, AUTOMATION ELEMENTS, PETROLEUM LIQUEFIED GAS (LPG)

## INTRODUCCIÓN

En el Ecuador existe un gran consumo de gas licuado de petróleo en industrias debido a su fácil manipulación, sin embargo su costo es elevado y existen casos donde se utilizan cilindros de gas domésticos.

Los cilindros de gas industriales no tienen subsidio del estado y su alto costo evita su consumo, en el país existen combustibles alternativos rentables y de muy bajo costo; uno de ellos es la biomasa aplicada como combustible. El continente europeo es uno de los mayores productores y consumidores de biomasa.

La biomasa es una compactación de desechos orgánicos secos fibrosos, residuos de madera y aserrín en pequeñas unidades o bolitas. La utilización de la biomasa como combustible tiene como objetivo disminuir el consumo de gas doméstico en industrias, la contaminación y residuo es despreciable.

Con el diseño, construcción y automatización de un quemador se utiliza dicho combustible para la producción de fuego en diversas aplicaciones industriales. Existen actividades que son imposibles o peligrosas para una persona, la automatización mediante equipos electrónicos hace más fácil y seguro.

Un PLC (controlador lógico programable) permite que el operador realice una acción mediante mandos, botones o una pequeña pantalla. Un conjunto de actuadores ayudan a realizar el trabajo deseado y un conjunto de sensores permiten dar lectura de todos los datos y variables que se manipulan, incluso se pueden hacer sistemas totalmente automáticos, sin que intervenga el operador.

El diseño mecánico se lo hace en un software denominado Solidworks, cuya finalidad es el construir tridimensionalmente cada pieza u objeto que conforma el quemador, además de ensamblar y simular de manera virtual.

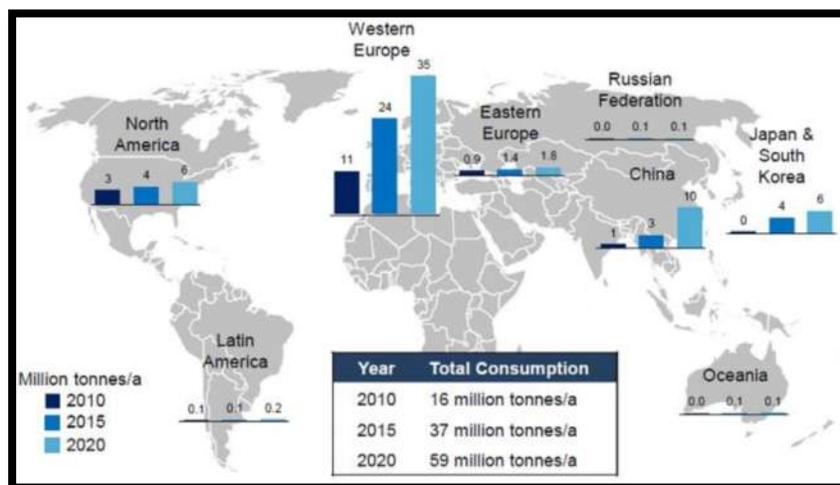
Este dispositivo tecnológico se limita al uso industrial, aplicable a fábricas de dulces, Spa, piscinas y melcocheras. La fábrica de dulces La Selecta ubicada en la ciudad de Baños de Agua Santa permite aplicar y realizar el estudio de este dispositivo tecnológico en un tiempo de 30 días.

### **Antecedentes**

En el mundo existen 10 plantas industriales más importantes dedicadas a la fabricación y exportación de biomasa que son: Ironbridge, Reino Unido; AlholmensKraft, Finlandia; Toppila, Finlandia; Polaniec, Polonia; Kymijärvi II, Finlandia; Vaasa, Finlandia; Wisapower, Finlandia; Florida Crystals, Estados Unidos; KaukaanVoima, Finlandia y Seinäjoki, Finlandia. (elperiodicodelaenergia, 2016)

Sin embargo, PellasX, Ocariz, Sergicaballero, Solarsom, E&Mcombustion son las industrias distribuidoras y desarrolladoras de quemadores automatizados que utilizan biomasa como combustible principal, sus primeros desarrollos se los llevó a cabo hace 12 años. Se originaron en: España, Italia y Alemania y exportan a todo el mundo. En el año 2011 se creó un sello único europeo denominado ENplus donde certifica a las industrias productoras de biomasa para usos térmicos.

Los países con mayor demanda de este producto son: El norte de África con una proyección de 23 millones de toneladas de biomasa utilizadas para el año 2020, en segundo lugar se encuentran los países orientales con una proyección de 10 millones de toneladas, en tercer lugar se encuentra Estados Unidos con un consumo proyectado de 5 millones de toneladas para el 2020 y en último lugar queda Latinoamérica con apenas un consumo de 0,2 millones de toneladas para el año 2020. (Ordoñez, 2010)



**Figura 1:** Pronóstico del mercado de biomasa  
Fuente: <https://goo.gl/arZutg>

En México en la universidad Tecnológica de Tamaulipas Norte en el año 2009 se desarrolló un prototipo de quemador con biomasa, llevada realizada por el señor Eduardo Alvarado. Los países sudamericanos no utilizan esta tecnología renovable siendo un mercado virgen. PRO ECUADOR ha gestionado su comercialización en el país a través de su oficina comercial en Madrid (ECUADOR, 2015).

En el Ecuador no hay quemadores que utilicen biomasa como combustible y su importación es muy costosa, la constricción de este proyecto permitirá una disminución porcentual de la utilización de combustibles derivados del petróleo.

## **Formulación del problema**

¿La utilización de este dispositivo tecnológico reducirá porcentualmente el consumo de gas doméstico?

## **Sistematización del problema**

¿El diseño estructural del quemador, dependerá del proceso a aplicar?

¿El biocombustible produce contaminación?

¿Cómo se controla el proceso?

¿Qué variables van a ser controladas y manipuladas?

## **Justificación del trabajo de titulación**

Este proyecto se realiza con el objetivo de resaltar la importancia del uso de la biomasa, como combustible en todo sistema de producción de fuego a nivel industrial, cuyo rendimiento de este material es destacado a través de un quemador automatizado mediante un Controlador Lógico Programable.

Reduce porcentualmente el uso del gas doméstico en todos los sistemas que utilicen combustibles derivados del petróleo. Mediante un análisis estadístico por observación se obtiene la información necesaria sobre la empresa que implementa este proyecto.

La automatización de este proyecto mediante la aplicación de un PLC brinda mayor facilidad su utilización, permitiendo seguridad y evita que el operador trabaje en ambientes peligrosos.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Diseñar e implementar un quemador con control electrónico, utilizando material biodegradable como combustible

### ***Objetivos específicos***

- Realizar un análisis de los materiales que se utilizarán para llevar a cabo el dispositivo.
- Determinar el diseño óptimo del quemador de acuerdo a la aplicación que se va a utilizar.
- Implementar todos los dispositivos electrónicos formando un solo conjunto.

- Programar el controlador PLC de acuerdo al proceso que se necesita.
- Llevar a cabo las pruebas de funcionamiento y calidad.

## CAPITULO 1

### 1 MARCO TEORICO REFERENCIAL

#### 1.1 Análisis de los materiales

##### 1.1.1 Sensores

Un sensor, **Figura 1-1**, es un dispositivo dispuesto a reaccionar a algún estímulo o acción y responder en consecuencia, es decir, es capaz de transformar un fenómeno físico y enviar pulsos eléctricos como respuesta. Las magnitudes físicas comunes detectadas son: velocidad, temperatura, humedad, altura, profundidad, presión, volumen, fuerza, etc. (Gardey, 2010)



**Figura 1-1** Tipos de sensores

Fuente: <https://goo.gl/bhHeg3>

##### 1.1.2 Tipos de sensores

###### 1.1.2.1 Sensor Capacitivo

Considerados interruptores electrónicos, **Figura 2-1**, actúan con cualquier tipo de material que se desea sensor, el principio de funcionamiento es el mismo del capacitor. El capacitor consta de dos placas y un aislante dieléctrico, si su dieléctrico cambia, su capacitancia cambia. (sensorstecnic, 2016).

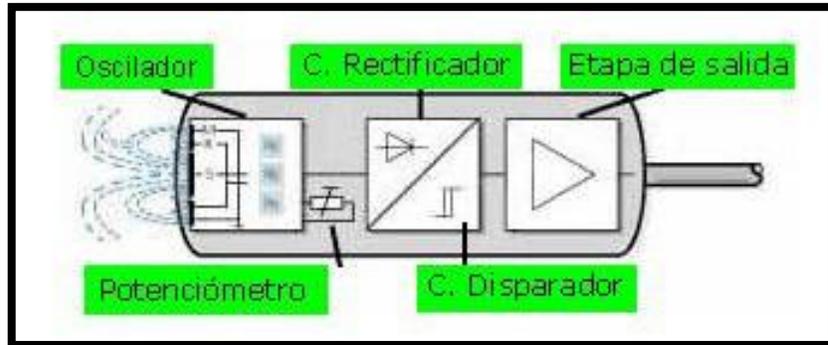


**Figura 2-1** Sensores Capacitivos

Fuente: <https://goo.gl/GMcFZK>

### 1.1.2.2 Partes del sensor capacitivo

Son utilizados como detectores de proximidad, nivel de líquido y/o presencia de agua en el interior de una tubería plástica o metálica. (sensorstecnics, 2016)



**Figura 3-1** Partes de un sensor capacitivo

Fuente: <https://goo.gl/hMpVB6>

**Oscilador:** El oscilador envía ondas electromagnéticas a través del aire, cuando un objeto rompe las líneas, la amplitud de oscilación varía.

**Circuito rectificador:** Rectifica la señal alterna proveniente del oscilador y la transforma a una variación de corriente continua producida al detectar un objeto.

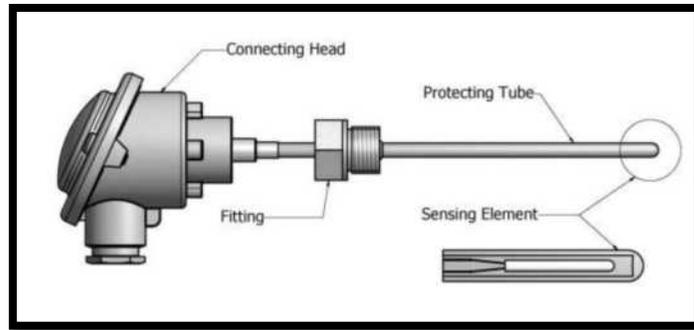
**Potenciómetro:** Regula la sensibilidad de detección del material (distancia de detección), con ayuda del potenciómetro se puede detectar líquidos a través de objetos.

**Circuito disparador:** Compara la señal enviada por el rectificador y la compara con una corriente umbral que cambia ligeramente con la activación creando la histéresis de proximidad del sensor.

### 1.1.2.3 Detector resistivo de temperatura (RTD)

Estos sensores permiten medir la temperatura de un ambiente, varios procesos industriales deben tener un control riguroso de la temperatura ambiente para la fabricación de sus productos, dependiendo de la aplicación dependerá el tipo de sensor que se utilizará, (Mathas, 2011).

Los sensores RTD, **Figura 4-1**, presentan un cambio de resistencia como respuesta al cambio de temperatura, son precisos, rentables y estables, se puede utilizar en una gran gama de temperaturas, desde los  $-50^{\circ}$  o  $-200^{\circ}$  hasta los  $500^{\circ}$  o  $800^{\circ}$  C dependiendo las especificaciones del fabricante. (Mathas, 2011).



**Figura 4-1** Sensor de temperatura RTD

Fuente: <https://goo.gl/qp3G79>

#### 1.1.2.4 Partes de un detector resistivo de temperatura

Su construcción de fabricación es sencilla; posee un recubrimiento cerámico y una pequeña cubierta metálica.

**Tubo de protección:** El sensor se ubica dentro de un tubo de protección además de proteger al sensor de temperatura extremas permite medir altos niveles de calor.

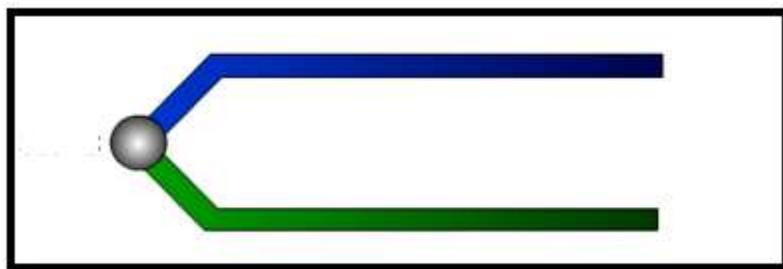
**Elemento de sensado:** Recubrimiento metálico sensible al cambio de temperatura, forma parte del tubo de protección.

**Elemento de conexión (Fitting):** Ayuda a ubicar de manera fija al sensor en el lugar de sensado que se implementa.

**Cabeza de conexión:** Brinda la conexión y proyección al sensor de temperatura, además de impermeabilizarlo.

#### 1.1.2.5 Termocupla o termopar

Los sensores termopares o termocuplas se los obtiene mediante el empalme de dos metales distintos, al existir un cambio de temperatura generan un pequeño voltaje, alrededor de los milivoltios (efecto Seebeck). Se utilizan mucho ya que no necesitan batería, son económicos y su gama de temperatura oscila entre los  $-250^{\circ}\text{C}$  y los  $2750^{\circ}\text{C}$  siendo estos límites de casos extremos. (Mathas, 2011)



**Figura 5-1** Sensor Termopar o termocupla

Fuente: <https://goo.gl/8f48WU>

### *1.1.2.6 Partes de una Termocupla o termopar*

Existen varios tipos de termopares, la construcción de cada tipo de termocupla es la misma, sin embargo, el material que está fabricada es diferente, por ende, los rangos de voltaje son mayores o menores.

**Termocupla tipo J:** Son utilizadas principalmente en las industrias del plástico o fundición de metales de bajas temperaturas como el aluminio. Su construcción está constituida por Hierro (cable positivo), cobre/nickel (cable negativo). Su rango de temperatura oscila entre  $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $750\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Termocupla tipo K:** Se utilizan comúnmente en hornos de fundición menores a  $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ejemplo, fundición de cobre. Su construcción está constituida por nickel/cromo (cable positivo), nickel/aluminio (cable negativo). Su rango de temperatura oscila entre  $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $1372\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Termocupla tipo R:** Son de uso exclusivo para la fundición de acero. Su construcción está constituida por 87% platino y 13% rhodio (cable positivo), platino (cable negativo). Su rango de temperatura oscila entre  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $1767\text{ }^{\circ}\text{C}$

**Termocupla tipo S:** Son de uso exclusivo para la fundición de acero. Su construcción está constituida por 90% platino y 10% rhodio (cable positivo), platino (cable negativo). Su rango de temperatura oscila entre  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $1767\text{ }^{\circ}\text{C}$

**Termocupla tipo B:** Son de uso exclusivo para la fundición de acero. Su construcción está constituida por 70% platino y 30% rhodio (cable positivo), 94% platino y 6% rhodio (cable negativo). Su rango de temperatura oscila entre  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $1820\text{ }^{\circ}\text{C}$

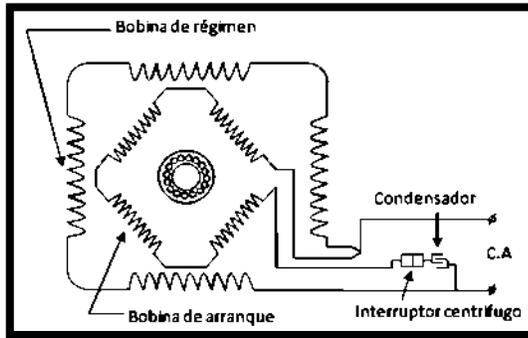
### *1.1.3 Actuadores*

#### *1.1.3.1 Motor monofásico con caja reductora*

Los motores monofásicos se utilizan más en los electrodomésticos y en pequeñas herramientas (Tirado, SF). Este tipo de motores funcionan con las redes eléctricas monofásicas y se clasifican en:

- Motores de bobinado auxiliar de arranque
- Motores con espira en cortocircuito
- Motores universales

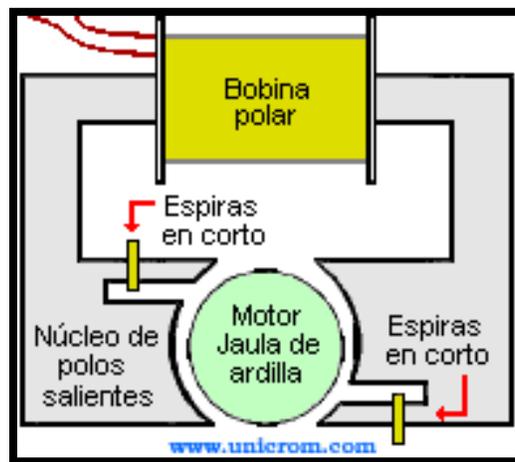
Los motores de bobinado auxiliar de arranque poseen dos bobinados diferenciados, uno principal y uno auxiliar que es el responsable que arranque el motor, el devanado auxiliar desfasa un flujo magnético respecto al bobinado principal obteniendo para su arranque dos fases. Cuando alcanza una velocidad de sincronismo el bobinado auxiliar se apaga. (AUTOMATISMOS, SF)



**Figura 6-1** Motor monofásico con bobinado auxiliar de arranque

Fuente: <https://goo.gl/gfmepa>

Los motores con espira en cortocircuito se los denomina así por tener un bobinado en cortocircuito para su funcionamiento, posee sobrenombres como: motor de polo partido, polo saliente, polos sombreados o espira de Frager. Su estator está constituido de: chapas magnéticas formando el núcleo, espiras en cortocircuito y su rotor es tipo jaula de ardilla. (Unicrom, SF)



**Figura 7-1** Motor con bobinado en cortocircuito

Fuente: <https://goo.gl/dmy38f>

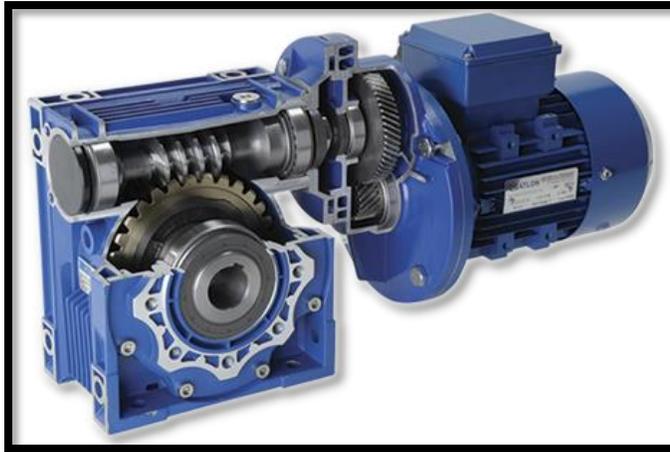
Se denominan motores universales, **Figura 8-1**, por la capacidad de trabajar con corriente alterna y continua, se distinguen por su bobinado conmutador y las escobillas de carbón. Su circuito que forman las bobinas del estator con el rotor es muy sencillo, tiene una sola vía al paso de corriente ya que todo está conectado en serie, son ruidosos debido a la chispa que producen las escobillas al transmitir la corriente. (Tirado, SF)



**Figura 8-1** Motor Universal

Fuente: <https://goo.gl/w94WuU>

Existen cargas que los motores no son capaces de mover, mediante la aplicación de un caja reductora permitirá que los motores puedan fácilmente mover, moler, etc., las cajas reducen la velocidad y aumentan el torque acoplando el eje del motor a la caja, **Figura 9-1**.



**Figura 9-1** Motor con caja reductora

Fuente: <https://goo.gl/r3q7JJ>

### 1.1.3.2 Ventilador centrífugo

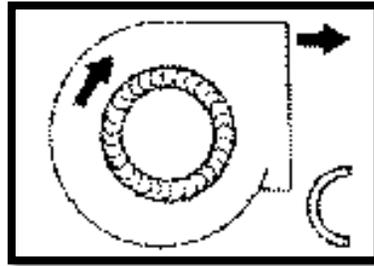
Se denominan ventiladores centrífugos porque la dirección de salida del aire es perpendicular a su entrada y es tangencial al movimiento del rodete del motor. Su caudal de aire es alto por la velocidad de giro del motor, (Garcia, SF). Los ventiladores centrífugos son comúnmente usados como bombas, sopladores, infladores de globos o juegos inflable para niños, **Figura 10-1**.



**Figura 10-1** Ventilador centrífugo  
Fuente: <https://goo.gl/pD8yfk>

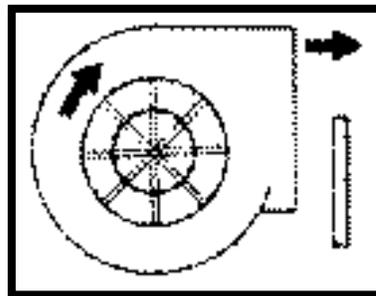
### 1.1.3.3 Tipos de ventiladores centrífugos

Se denominan ventiladores centrífugos el cual la dirección de aire que sale es diferente a la entrada de aire, en un ángulo de 90°. Se clasifican según la construcción de los alabes.



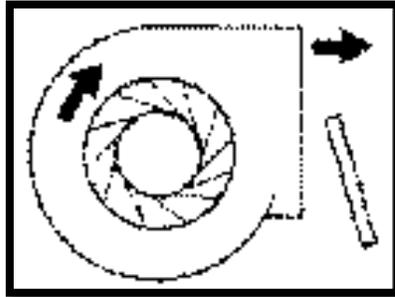
**Figura 11-1** Ventilador centrífugo palas curvadas hacia delante  
Fuente: <https://goo.gl/dokm6Y>

En la **Figura 11-1** se muestra un ventilador centrifugo de rotor con palas curvadas hacia adelante, apto para caudales altos y bajas presiones, además de no producir ruido excedente. Se utilizan en instalaciones de calefacción y ventilación. (CHICAGO)



**Figura 12-1** Ventilador centrífugo palas radiales  
Fuente: <https://goo.gl/dokm6Y>

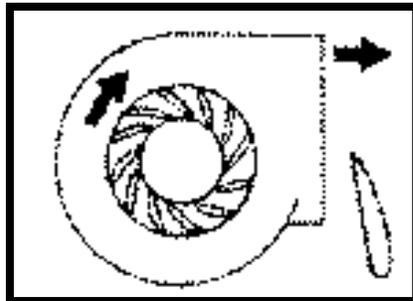
En la **Figura 12-1** se muestra un ventilador centrífugo con palas radiales, su diseño es sencillo y de bajo rendimiento, posee fácil mantenimiento y su rodete es separado con facilidad, la potencia aumenta proporcionalmente al caudal. Se utilizan en procesos industriales para altas presiones y manipulación de materiales. (CHICAGO)



**Figura 13-1** Ventilador centrífugo palas inclinadas hacia atrás

Fuente: <https://goo.gl/dokm6Y>

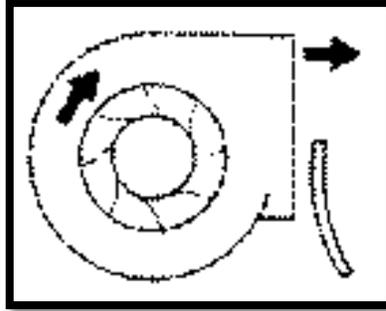
En la **Figura 13-1** se muestra un ventilador centrífugo con palas inclinadas hacia atrás, posee alto rendimiento y autolimitación de potencia, puede girar a altas velocidades. Se utilizan en calefacción o ventilación y en las industrias se utilizan para ambientes corrosivos. (CHICAGO)



**Figura 14-1** Ventilador centrífugo AIRFOIL

Fuente: <https://goo.gl/dokm6Y>

En la **Figura 14-1** se muestra un ventilador centrífugo AIRFOIL, similar a la figura posee un diseño aerodinámico, posee el mejor rendimiento de los ventiladores centrífugos y es auto limitante de potencia. Son utilizados para calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC). (CHICAGO)



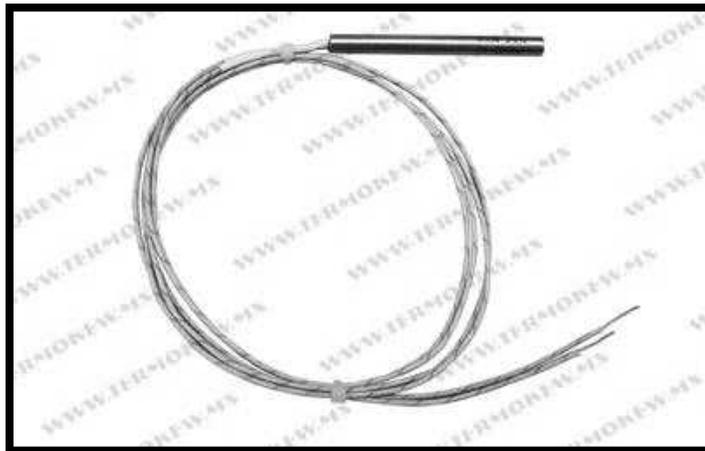
**Figura 15-1** Ventilador centrífugo RADIAL TIP

Fuente: <https://goo.gl/dokm6Y>

En la **Figura 15-1** se muestra un ventilador centrífugo con palas radiales curvas hacia delante, esta variación de los ventiladores radiales posee un mayor rendimiento. Se utilizan para el movimiento de materiales abrasivos. (CHICAGO)

#### *1.1.3.4 Resistencia cerámica o niquelina*

Son resistencias a base de níquel, donde se trasforma la corriente en calor mediante la ley de Joule, la cantidad de calor disipada depende de la cantidad de corriente que los materiales de fabricación consuman (TERMOKEW, SF). Se afirma que la cantidad de calor es directamente proporcional al cuadrado de la corriente a través de la resistencia.



**Figura 16-1** Resistencia de cartucho

Fuente: <https://goo.gl/REZCcM>

#### *1.1.4 Controlador lógico Programable (PLC)*

Definido como un dispositivo electrónico digital que utiliza memoria programable para almacenar instrucciones, funciones lógicas y cálculos matemáticos configurados y sincronizados entre ellos, con

el objetivo de brindar control de una maquinaria o un proceso. Los PLC poseen la ventaja de modificar todo su sistema sin volver a cablear los dispositivos de entradas y salidas. (Soto, 2013)

Vigila las entradas y toma decisiones en base a su programa lógico para controlar salidas para automatizar un proceso o una maquina específica, (Dorante Gonzales, y otros, 2004 págs. 75-76). En el mercado actual existen dos tipos de PLCs que son:

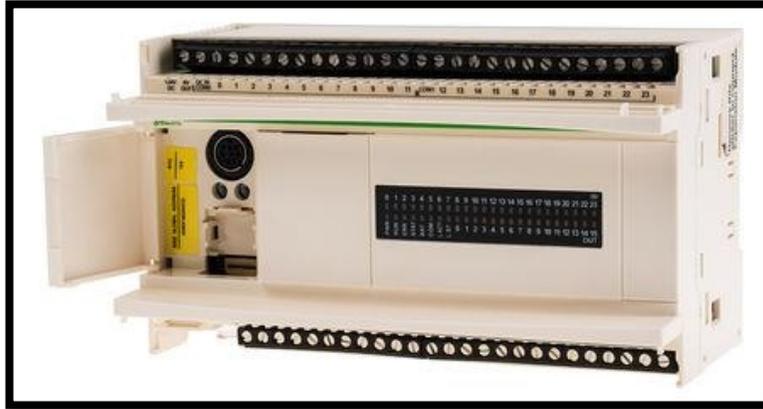
- Compactos
- Modulares.

Los PLC de tipo modular, **Figura 17-1**, necesitan una fuente de alimentación externa y su número de entradas y salidas es limitado, sin embargo, existen módulos de expansión de entradas y salidas externos que se los pueden acoplar al PLC original, acoplamiento tipo modular. (fanttube-bligoo, 2015)



**Figura 17-1** PLC  
AFP0RC14MRS panasonic  
8 in 6 out  
Fuente: <https://goo.gl/NyJ7Nh>

Los PLC de tipo compacto **Figura 18-1**, ya poseen una fuente incorporada a su estructura, abarca un gran número de entradas y salidas y su tamaño es más grande que un PLC de tipo modular (fanttube-bligoo, 2015).

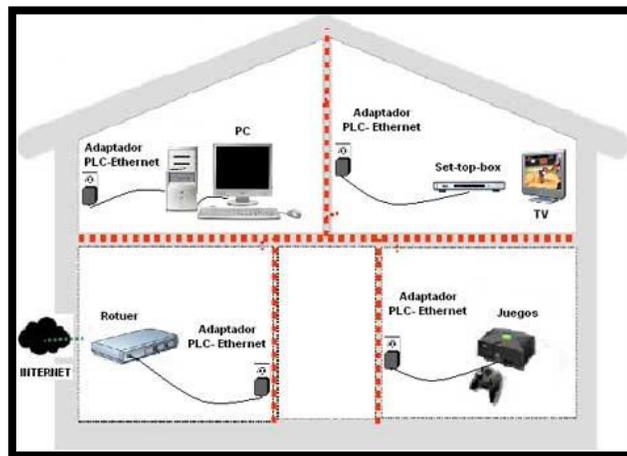


**Figura 18-1** PLC TWDLCAE40DRF tipo compacto  
Fuente: <https://goo.gl/19k8tq>

Las características de trabajo de cada PLC dependen del fabricante y lugar de trabajo del dispositivo, existen módulos especiales para adquisición de datos, interfaz hombre maquina (HMI) y salidas análogas.

### 1.1.5 Aplicaciones del PLC

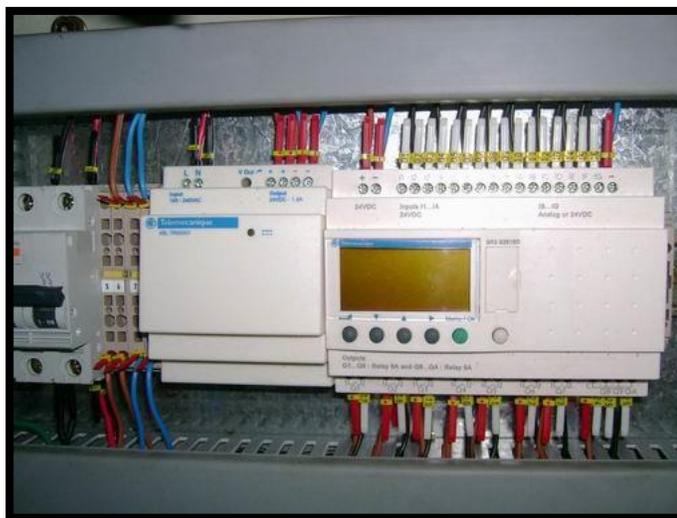
La aplicación de los PLCs es enorme, la industria los acoge con mayor porcentaje y unos pocos se utilizan en la Domótica e Inmótica **Figura 19-1**. Todo proceso industrial como: Maquinaria industrial para muebles, procesos de grava, maquinaria de plásticos, calefacción, seguridad, transporte entre otros utilizan los PLCs para hacer sus sistemas total o parcialmente autónomos. (Mota Salazar, 2014)



**Figura 19-1** Aplicación de PLC en la Domótica  
Fuente: <https://goo.gl/TDe1cp>

Basta que el operador pulse un botón para que todo el proceso se lleve a cabo. En la década de los 60 no existían PLC y los procesos se realizaban con lógica cableada, estos autómatas sustituyen sistemas

cableados a un circuito mucho más amigable para el operador, **Figura 20-1**. En la actualidad ya se implementan sistemas inalámbricos mediante el uso del celular. (Calfio, 2011)



**Figura 20-1** Aplicación de PLC Compacto

Fuente: <https://goo.gl/yNXWi6>

## 1.2 Biomasa

### 1.2.1 Introducción a la biomasa

La biomasa, **Figura 21-1**, proviene de todo desecho o residuo orgánico vegetal como: aserrín, fibras secas, bagazos de caña, cascara secas (Toscano, 2009, pp-5-7). Quedando fuera de los combustibles fósiles y es certificado por la firma ENplus como biocombustible (International, 2015). La biomasa abarca un amplio conjunto de materias orgánicas que se caracterizan por su heterogeneidad (Renovables, 2012).



**Figura 21-1** Compactos de biomasa

Realizado por: Martín López, 2017

### 1.2.2 Tipos de quemadores de biomasa

Como principal función la biomasa se basa en la producción de calor. Su calor se lo utiliza en calefacción, agua caliente o vapor, funciones en calderas, piscinas temperadas, **Figura 22-1** o actividades de tipo industrial. (Argon, 2016)



**Figura 22-1** Aplicación de quemadores de biomasa en piscinas  
Realizado por: Martín López, 2017

Los calefactores son perfectos para los hogares, **Figura 23-1**, permiten tener un ambiente cálido en temporadas de invierno o temperaturas bajas, además brindan agua caliente.



**Figura 23-1** Calefactores de hogar a base de biomasa  
Fuente: <https://goo.gl/5qZfa2>

La utilización de la biomasa en las industrias no se queda atrás, **Figura 24-1**, la mayor parte de fábricas necesitan producir calor en sus diversos procesos y el diseño de los quemadores son adaptables a cualquier sistema.

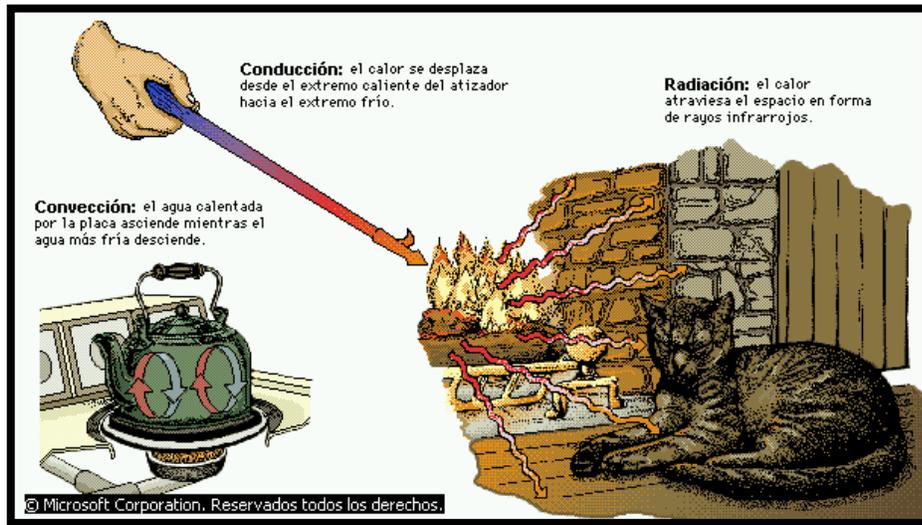


**Figura 24-1** Quemador de compactos de biomasa  
Fuente: <https://goo.gl/U3w7pU>

### 1.3 Transmisión de calor

#### 1.3.1 Características

En la física la transferencia de calor se considera como el proceso que intercambia energía en forma de calor entre distintos objetos. Existen tres maneras de transmisión de calor: convección, radiación y conducción. (Fime, 2012)



**Figura 25-1** Formas de transferencia de calor

Fuente: <http://slideplayer.es/slide/3528245/>

Cuando dos cuerpos entran en contacto, el cuerpo que tenga mayor temperatura calienta al cuerpo de menos calor, transfiriendo su temperatura por conducción. Se cree que la transmisión de calor se debe al movimiento de los electrones libres, si el material se calienta más, los electrones se mueven a mayor velocidad.

Cuando un líquido presenta un cambio de temperatura, el fluido se mueve de tal manera que la parte con mayor temperatura asciende y la de menor temperatura va hacia el fondo del recipiente donde se contiene el fluido, todo este proceso se denomina convección.

La radiación presenta una gran diferencia entre la convección y la conducción; no necesita entrar en contacto para que exista transferencia de temperatura. El término radiación se aplica generalmente a toda onda electromagnética, La fórmula matemática llamada “distribución de Planck” relaciona la cantidad de energía radiante que un cuerpo puede emitir en una frecuencia de onda determinada.

**Tabla 1-1 Análisis de materiales cuadro comparativo**

<b>DISPOSITIVO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
PLC	Panasonic FP0R-C14RS	El PLC Panasonic es seleccionado debido a su precio, marca, modelo, ip de protección y tipo. A demás posee 8 entradas ON/OFF a 24V y 6 salidas tipo relé a 24V y 120V.
HMI	Pantalla táctil monocromática GT02 AIG02GQ02D	La pantalla HMI es seleccionada para controlar y monitorear el proceso de automatización, debido a su transparencia en la comunicación con el PLC es apropiada para su función.
Sensor de temperatura	Sensor de temperatura tipo J modelo: T K101-6-JE30L-5MT	El sensor de temperatura tipo J es seleccionado debido a su rango de medida (entre -150°C y 750°C), además de su costo.

Módulo de expansión	Módulo FP0-A21	El módulo de expansión es seleccionado debido al tipo modular del PLC. Posee dos canales de entradas analógicas y una salida analógica.
Fuente de alimentación	WAGO 787-1602 24V 1A	Se adapta fácilmente a riel din, y posee un tamaño pequeño y costo accesible.
Sensor Capacitivo	Sensor CM24-3012NA	El sensor capacitivo es seleccionado debido a su rango de sensado de 1 a 3 cm, es de diámetro ancho con el objetivo que su área de sensado sea mayor.
Relé	SCHRACH RT 424024 con socket WAGO 788-xxx	Se selecciona tres relés de este tipo debido a tu tamaño pequeño y corriente de 8A que soportan sus contactos NA/NC a un voltaje de 120V y 24V
Relé	RUMC2AB1P7 con socket RUZC2M	Se reutiliza dos relés de este tipo, provenientes de un molino antiguo. Soportan 10A en sus contactos de salida y poseen un voltaje de 120V y 24V
Fusible	FATO 10X38 2A	Los fusibles seleccionados protegen todos los elementos, son

		de tipo cartucho y soportan una corriente de 2A.
Portafusible	SASSIN 10x38	Debido al tamaño de los fusibles se selecciona este tipo de Portafusible además de adaptarse a riel din fácilmente.
Breaker	FATO C65N 20A	Este modelo de Breaker además de proteger se adapta a riel din fácilmente, su costo es accesible.
Borneras	LENGRAND37160	Esta bornera es seleccionada debido a su tamaño, se puede conectar hasta cable calibre 12 AWG

Realizado por: Martin López

## 1.4 Diseño del quemador

### 1.4.1 Introducción a Solidworks

Solidworks es un software que permite con gran facilidad el diseño tridimensional de objetos, su utilización es versátil y paramétrico bidireccional. Posee varios entornos de trabajo con pequeños iconos, **Figura 26-1**, los diseños tridimensionales se tienen a partir de croquis bidimensionales. (ECURED, 2012)



**Figura 26-1** Menú inicio de SolidWorks: Diseño y Ensamble  
Realizado por: Martín López, 2017

Todo cuerpo se dimensiona mediante cotas y se adapta a un tamaño ya establecido. Además posee un entorno de ensamblaje en donde se realizan conjuntos de objetos para hacer un solo cuerpo, con ayuda de referencias geométricas se puede realizar los ensamblajes de las piezas. (ECURED, 2012)

#### 1.4.1.1 *Diseño 3D*

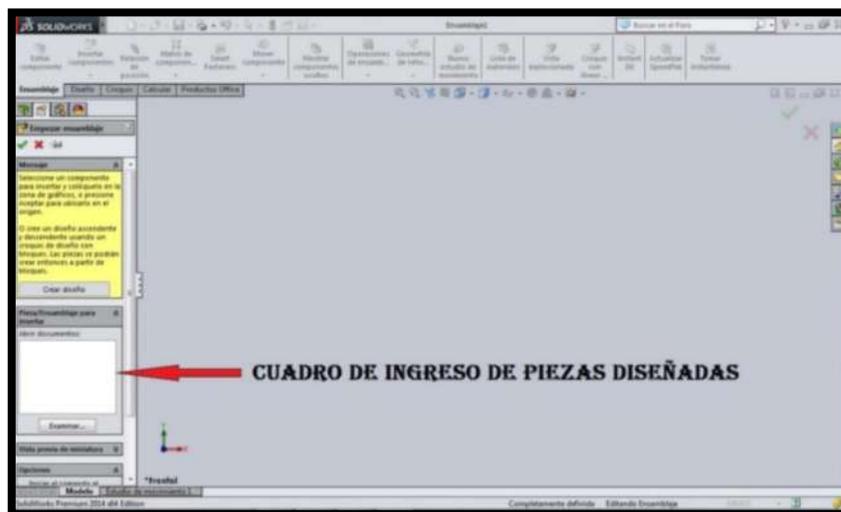
Es un entorno de trabajo donde se emplean herramientas de diseño intuitivas, se pueden diseñar y construir modelos. Un conjunto de iconos y funciones, **Figura 27-1**, permite crear un modelo tridimensional a partir de un croquis bidimensional, obteniendo superficies, estructuras de varios tipos de metales. (ECURED, 2012)



**Figura 27-1** Pantalla para diseño 2D y 3D  
 Fuente: Martín López, 2017

#### 1.4.1.2 Ensamblaje 3D

Es un entorno de trabajo con la finalidad de hacer conjuntos o uniones de los objetos tridimensionales creados en el entorno de diseño, **Figura 28-1**. Los ensambles se los realizan mediante cotas y relaciones geométricas. (ECURED, 2012)



**Figura 28-1** Entorno de ensamblaje 3D  
 Realizado por: Martín López, 2017

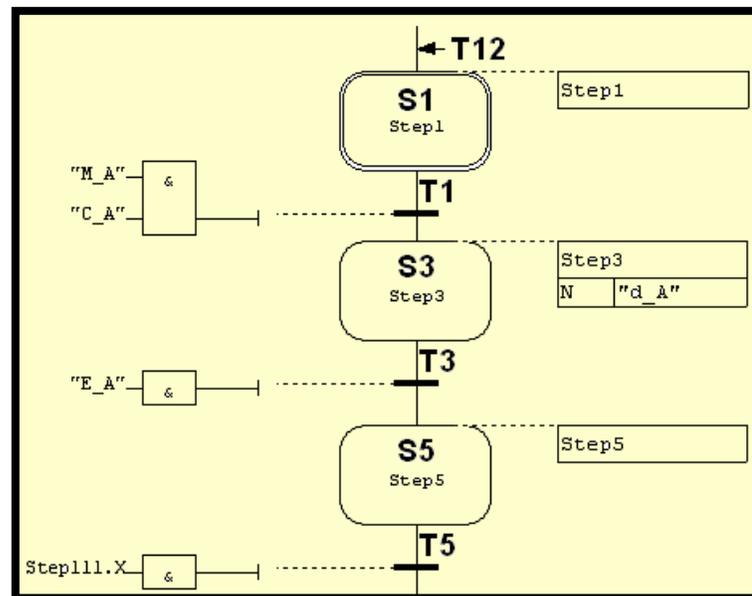
## 1.5 Implementación del quemador

### 1.5.1 Lenguajes de programación

Todo PLC exige un programa en su CPU (unidad central de procesamiento), dependiendo de cada fabricante existen muchos interfaces, sin embargo la sintaxis es similar, según establecido el estándar IEC 61131 existen 5 lenguajes de programación que son:

- Diagrama de funciones secuenciales (SFC)
- Diagrama de bloque de funciones (FBD)
- Diagrama de tipo escalera (LADDER)
- Texto estructurado (ST)
- Lista de instrucciones (IL o STL)

El lenguaje de programación SFC, **Figura 29-1**, es un lenguaje gráfico estructurado, consiste en pasos y transiciones cuyos pasos contienen programas en lenguaje estándar, el primer nivel está estructurada por transiciones y pasos, siendo activos o inactivos dichos pasos. Las instrucciones a un paso activo se ejecutan hasta que el paso queda inactivo (Turnero, 2013).

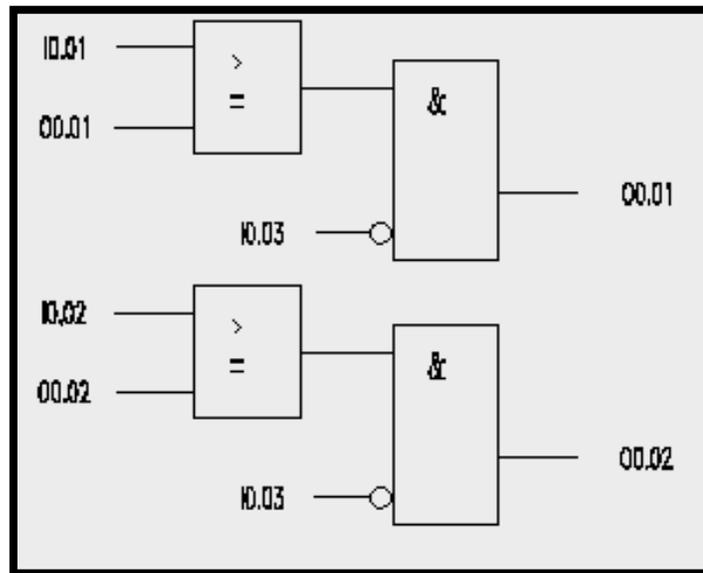


**Figura 29-1** Estructura de lenguaje de programación SFC

Fuente: <https://goo.gl/gQw3N4>

El lenguaje de programación FBD, **Figura 30-1**, consiste en una aritmética Booleana mediante la aplicación de bloques conectados gráficamente y otros bloques de funciones especiales, su aplicación

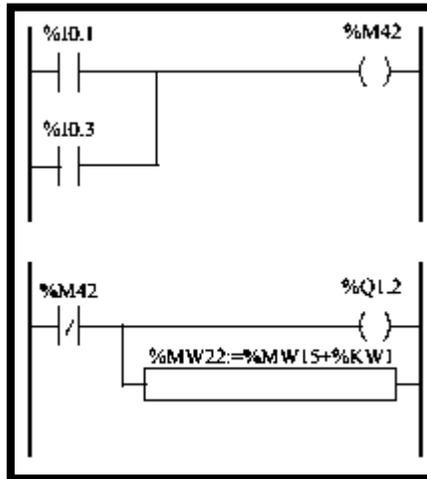
es conveniente cuando no hay ciclos o ramificaciones extras en el programa, su utilización es popular (Turmero, 2013).



**Figura 30-1** Estructura de lenguaje de programación FBD  
Fuente: <https://goo.gl/KucV2U>

El lenguaje de programación LD o LADDER, **Figura 31-1**, es el más utilizado tanto por los programadores como los fabricantes, este lenguaje soporta casi todos los PLCs y su esquema es la representación gráfica de todos los circuitos eléctricos.

Sus elementos son relés que utilizan señales lógicas, “1” para indicar que el relé se encuentra energizado y “0” para indicar que el relé está desconectado. Los buses se conectan de izquierda a derecha, los elementos de la izquierda representan las entradas y los de la derecha las salidas, dependiendo del proceso los elementos interrumpen o dejan pasar el flujo de corriente. (Turmero, 2013)



**Figura 31-1** Esquema de lenguaje de programación LADDER

Fuente: <https://goo.gl/8Rb1ki>

El lenguaje de programación ST, **Figura 32-1**, se basa en un nivel alto de programación semejante a PASCAL, BASIC y C, su popularidad es baja debido al previo conocimiento en programación, su utilización es apropiada para bucles como IF, WHILE, FOR y/o CASE, este lenguaje no posee bloques gráficos solo instrucciones de programación de alto nivel. (Turmero, 2013)

```

IF value < 7 THEN
  WHILE value < 3 DO
    value := value + 1;
  END_WHILE;
END_IF;

```

**Figura 32-1** Esquema de lenguaje de programación ST

Fuente: <https://goo.gl/CRTGu3>

El lenguaje de programación IL o STL, **Figura 33-1**, posee un lenguaje textual igual a un ensamblador, lo utilizan en Europa, los registros son trabajados por un operador llamado acumulador, se utiliza en programas pequeños, desarrollado por Siemens como un lenguaje de bajo nivel. (Turmero, 2013)

Netzwerk 18: vke auf 0/1 setzen bzw. verändern				VKE	STA
Kommentar:					
SET				1	1
R	#vke_0		// vke-0	1	0
S	#vke_1		// vke-1	1	1
NOT			// vke signal wechseln	0	1
NOT			// vke signal wechseln	1	1
Netzwerk 19: allgemeine verknüpfungen					
Kommentar:					
U	E	0.0		0	0
U	E	0.2		0	1
U	E	10.5		0	1
U(				0	1
o	E	1.0		0	0
o	A	4.3		1	1
)				0	1
=	A	10.5		0	0

**Figura 33-1** Lenguaje de programación IL o STL

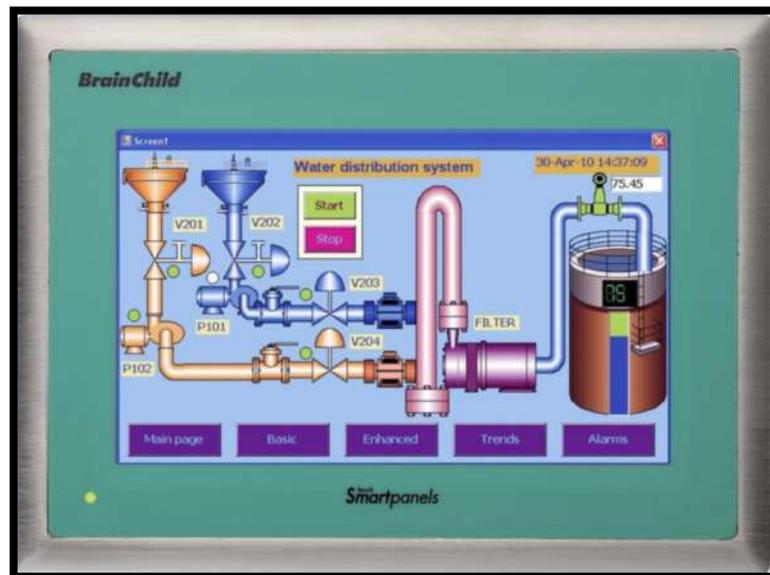
Fuente: <http://www.sps.ag/vke/>

### 1.5.2 Observación

Se elige el lenguaje de programación ladder, cuya lógica es fácil y amigable para el programador, la mayor parte de fabricantes de PLC utiliza este lenguaje de programación.

### 1.5.3 Interfaz Hombre Maquina (HMI)

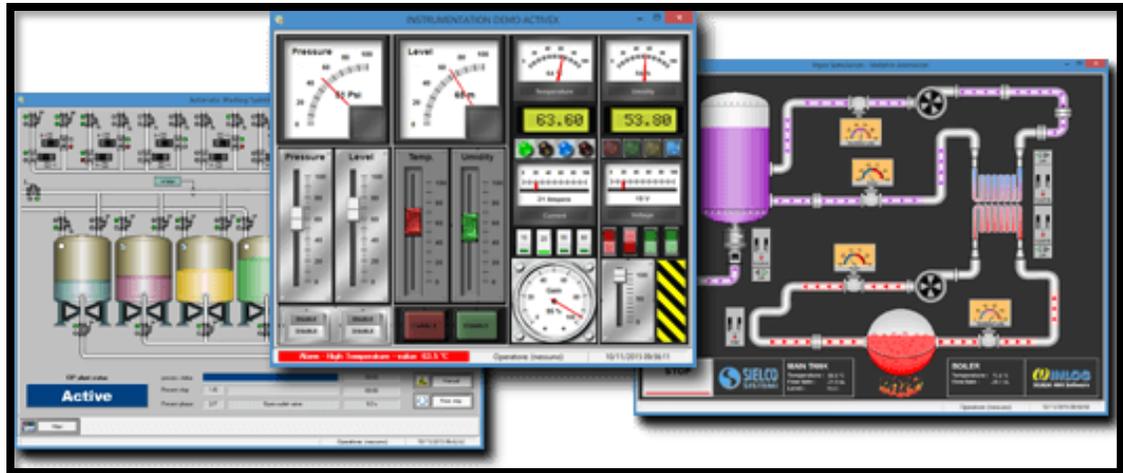
El HMI es el punto de contacto donde el hombre entra en acción con la máquina a través de una interfaz gráfica **Figura 34-1**, en el más simple de los casos es la acción de un interruptor. La esencia del HMI cae en el interfaz gráfico, el cual el operador puede interactuar. (COPADATA, SF)



**Figura 34-1** Interfaz gráfica HMI

Fuente: <https://goo.gl/Mn9eZ4>

Cada fabricante de pantallas HMI incluye su propio software, utilizado para construir la ventana gráfica, cuya interfaz está constituida de botones, válvulas, motores o tanques, niveles, luces, etc. Simulando el proceso real de manera gráfica.

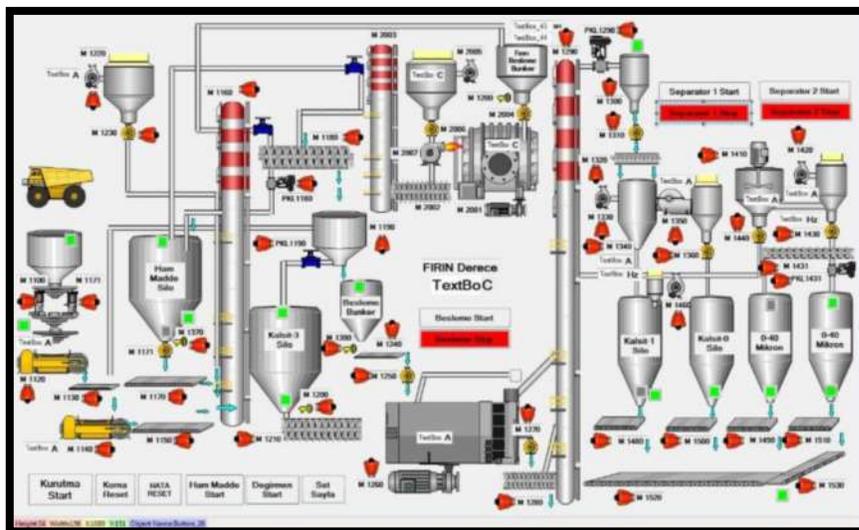


**Figura 35-1** Varias interfaces de HMI

Fuente: <https://goo.gl/ELEUeR>

#### 1.5.4 Aplicaciones del HMI

El HMI es de uso industrial, capaz de monitorear y adquirir información de cualquier parte del proceso que se controle y monitoree. En la actualidad se aplican redes de HMI cuyo conjunto se denomina SCADA, **Figura 36-1**, por medio de un software especializado proporcionan comunicación a todos los autómatas conectados desde un ordenador.



**Figura 36-1** Sistema SCADA de un proceso industrial

Fuente: <https://goo.gl/Uiv8gz>

## **1.6 Pruebas de funcionamiento**

El diseño estructural debe adaptarse a los posibles sistemas de producción de calor. El funcionamiento de cada sensor, actuador y dispositivo debe ser comprobado individualmente con ayuda de un modo manual.

El funcionamiento conjunto del quemador debe satisfacer el proceso que se necesita; además de cumplir con la secuencia automática planteada por el Grafcet. El sensado y control de temperatura es la prueba con más significancia del proceso.

El diseño de cada una de las piezas del quemador se somete a un análisis de torsión, tracción y fatiga. Un análisis de observación comparativa determina un universo entre el GLP y la biomasa, datos destinados a un análisis estadístico T-students.

## CAPITULO 2

### 2 MARCO METODOLOGICO

#### 2.1 Análisis de los materiales utilizados

Basado en el funcionamiento de los procesos existentes se realiza un quemador con los siguientes elementos de automatización.

##### 2.1.1 Elección de los elementos electrónicos y caja metálica

Conocido todo el proceso de funcionamiento se puede elegir los elementos necesarios para la automatización. Primero se selecciona el autómatas que realiza el trabajo, un PLC es el indicado y para elegirlo correctamente se debe tomar en cuenta precio, marca, número de entradas y salidas, tipo y protección IP.

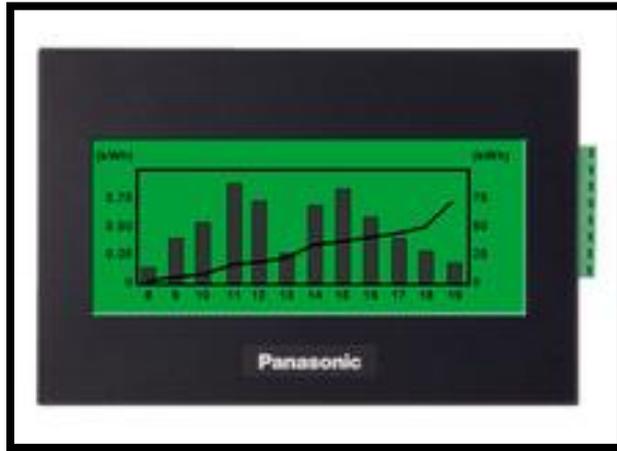


**Figura 1-2** PLC Panasonic FP0R-C14RS

Fuente: <https://goo.gl/6TtzAt>

El quemador posee 3 actuadores y 2 sensores dando como resultados dos salidas independientes de la resistencia y el motor, la velocidad del ventilador es controlada y cada uno de los porcentajes de velocidad es activada por una salida, obteniendo un total de 5 salidas.

Tomando en cuenta estas características se necesita un autómatas de mínimo 6 salidas y 4 entradas. Gracias a la empresa ECUAINSETEC se obtiene un kit de PLC, pantalla táctil, fuente de 24V y cable. El PLC del kit posee 8 entradas tipo relé a 24V y 6 salidas tipo relé hasta 120V, **Figura 1-2**.

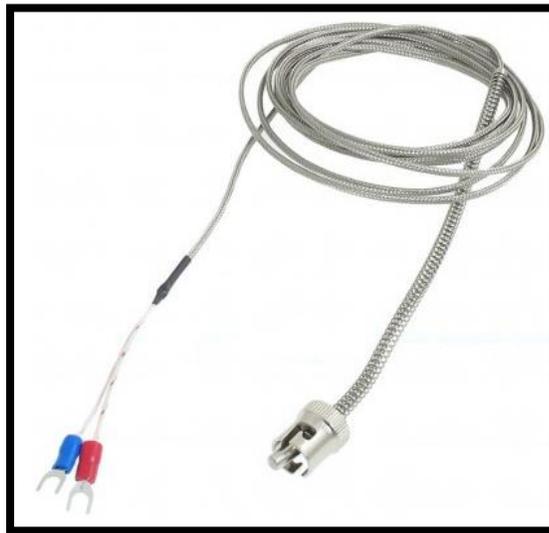


**Figura 2-2** Pantalla táctil monocromática GT02  
AIG02GQ02D

Fuente: <https://goo.gl/EJES5S>

El operador controla el funcionamiento del quemador a través de la pantalla táctil, **Figura 2-2**. La pantalla es monocromática, su color de fondo cambia a naranja, rojo y por defecto verde; y permite crear un puente de conexión al PLC, es decir, que el PLC puede ser programado a través de la pantalla.

Para controlar la temperatura se necesita una termocupla tipo J, su rango llega hasta los 750°C, siendo necesaria para medir la alta temperatura que produce el quemador.



**Figura 3-2** Termocupla Tipo J (T K101-6-  
JE30L-5MT)

Fuente: <https://goo.gl/zokFLL>

El sensor obtiene una lectura de la temperatura que es controlada además de proteger a los actuadores de temperaturas elevadas. Posee 10 metros de cable y una boquilla para asegurar en el lugar donde se

ubica. La información que envía el sensor no es adquirida directamente por el PLC, necesita ayuda de un módulo de expansión exclusivo para la termocupla tipo J.



**Figura 4-2** Módulo de expansión FP0-A21

Fuente: <https://goo.gl/YTufvZ>

El módulo de expansión, **Figura 4-2**, transforma el pequeño voltaje obtenido por el sensor y da como resultado un dato convertido a °C, en la parte superior posee 5 dipswitch, cada uno tiene una función específica de acuerdo con el datasheet del módulo de expansión.

Analog mode switch											
Mode	Switch number	Range									
Analog input range switching	1 to 3, 5	0 to 5V	-10 to +10V		K type thermocouple (* Note 3)		J type thermocouple (* Note 3)		T type thermocouple (* Note 3)		
		0 to 20mA	No averaging (* Note 1)	With averaging (* Note 2)	No averaging (* Note 1)	With averaging (* Note 2)	Temperature of terminal to 1000 °C	-100 °C to temperature of terminal	Temperature of terminal to 150 °C	-100 °C to temperature of terminal	Temperature of terminal to 250 °C
	1 2 3 5 ON										
Analog output range switching	4	0 to 20mA	-10 to +10V								

**Figura 5-2** Configuración del dipswitch del módulo FP0-A21

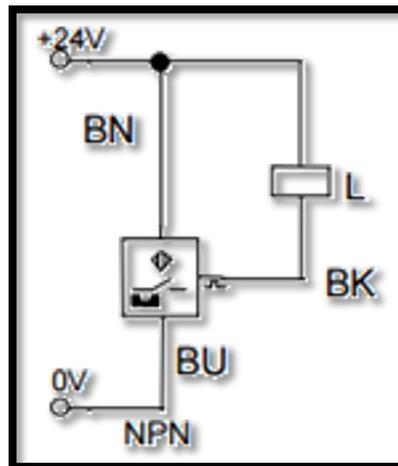
Fuente: <https://goo.gl/UKj8DF>

Por defecto todos los dipswitch están apagados a la izquierda y se configura para la termocupla tipo J, según la **Figura 5-2**, se mueve el dipswitch 3 hacia la derecha. El dipswitch 4 no se considera, su función es destinada para la salida analógica del módulo.

Una entrada digital del PLC es asignada al sensor capacitivo, la cual es accionada con un voltaje de 24V, sin embargo, cuando el sensor detecta la biomasa entrega una corriente de respuesta de 200mA. El sensor capacitivo, posee tres hilos; café representa al voltaje (+24), azul el negativo (GND) y negro la señal.

La corriente es transformada a voltaje mediante una resistencia, si se tiene una corriente de 200mA y se necesita una tensión de salida 24V, aplicando la ley de ohm da como resultado una resistencia de 120Ω. Hay que considerar que la corriente que circula por una resistencia de bajo ohmeaje la sobrecalienta. **Figura 6-2**

Aplicando nuevamente la ley de ohm encontramos que la potencia que disipa la resistencia es de 4.8W. Para reducir el consumo de corriente se puede conectar dos resistencias en paralelo, la potencia disipada por cada resistencia se reduce a la mitad.

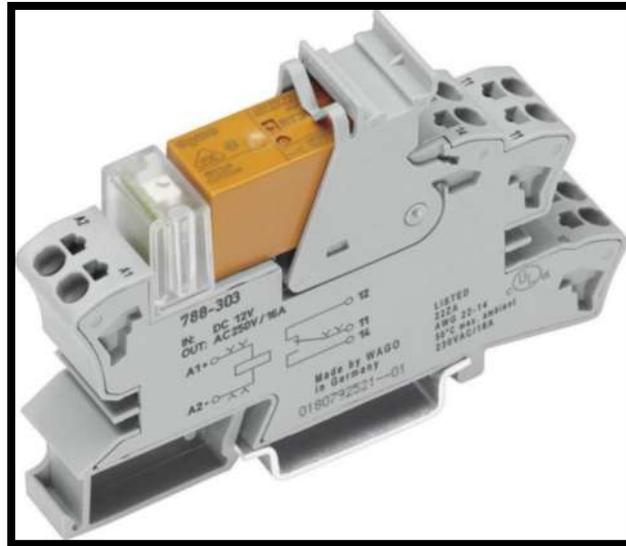


**Figura 6-2** Cambio de respuesta en corriente a respuesta en voltaje

Fuente: <https://goo.gl/WeKYjt>

Las salidas del PLC no pueden activar directamente a los actuadores, la corriente que soportan es muy pequeña, con ayuda de un relé respectivamente a cada salida se divide en un circuito de mando y uno de potencia.

Cada relé soporta una corriente determinada en sus contactos, 8 amperios en los relés SCHRACH, **Figura 7-2** y 10 amperios los relés Schneider, **Figura 8-2**. Las bobinas de 3 relés (un relé Schneider y dos relés SCHRACH) soportan 120V y los otros 2 restantes soportan 24V, (un relé SCHRACH y un relé Schneider).



**Figura 7-2** Relé SCHRACH RT 424024 con socket WAGO 788-XXX

Fuente: <https://goo.gl/AmDfRg>

De un conjunto de 5 relés los primeros 3 son financiados, **Figura 7-2**, los otros 2 restantes son reciclados de un molino antiguo sin uso, **Figura 8-2** y funcionan correctamente. Se los puede activar manualmente o energizando su bobina, el color del botón manual del relé indica el voltaje de la bobina; rojo para 120V y azul para 24V.



**Figura 8-2** Rele RUMC2AB1P7 con zócalo RUCZ2M

Fuente: <https://goo.gl/eAEk1L>

Cuando las bobinas de los relés son activados por el PLC, su contacto normalmente abierto permite el paso de corriente y enciende el actuador correspondiente, sin embargo, cada dispositivo es protegido ante un corto circuito o un sobrevoltaje utilizando fusibles antes de los contactos del relé.



**Figura 9-2** Portafusible SASSIN 10x38 y fusible FATO 10X38 2A  
Fuente: <https://goo.gl/m9oDGE>

Cada actuador está protegido por un fusible como se muestra en la **Figura 9-2**, como resultado un conjunto de 5 portafusibles y 5 fusibles protegen a los actuadores. Para seleccionar el fusible correcto para cada actuador se debe conocer la corriente que consume y cada actuador consume menos de 2 amperios. Un Breaker principal alimentará a todo el circuito, soporta hasta 20 amperios, **Figura 10-2**.



**Figura 10-2** Breaker FATO C65N 20A  
Fuente: <https://goo.gl/w5LJR3>

Cada entrada o salida del PLC no se conecta directamente al sensor o actuador, se necesita conectar a una bornera, mediante la cual se puede utilizar cada una de las entradas o salidas del automático, de ser el caso que dos actuadores tengan una misma salida la bornera permite unir a los dos dispositivos, **Figura 11-2.**



**Figura 11-2** Bornera LENGRAND 37160  
Fuente: <https://goo.gl/kRDnoG>

La fuente de poder de 24V que alimenta al PLC suministra suficiente corriente para activar las bobinas de los dos relés de 24V y alimenta al sensor capacitivo, sin embargo, solo posee dos salidas; con la ayuda de un conjunto de borneras se alimenta a cada uno de los circuitos.



**Figura 12-2** Fuente WAGO 787-1602 24V 1A  
Fuente: <https://goo.gl/eUFbDz>

Todo el circuito de mando no consume mucha corriente, para realizar el cableado con todos los sistemas se asigna el cable flexible calibre 16 TW AWG para las conexiones necesarias. El color del cable representa el voltaje al que se conecta.

**Tabla 1-2** Color de cable y voltaje que transmite

<b>COLOR DE CABLE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Amarillo y Café	+24V
Azul	GND
Rojo	Fase 120V
Negro	Neutro

**Realizado por:** Martin López

Los elementos seleccionados forman parte de todo el circuito de automatización, una caja metálica protege a todos los elementos y se acoplan en un riel din. Las dimensiones de la caja se determinan por las dimensiones de los elementos electrónicos. La ubicación previa de los elementos determina unas dimensiones de 30cm x 40cm x 15cm.

Para elegir el motor que mueve al sinfín se calcula el torque necesario para mover al eje que sobresale en la parte trasera del transportador. Un motor de una bomba se reutiliza, sin embargo no se conoce si el torque que posee es suficiente para mover al sinfín y a la biomasa.

Los datos de placa del motor son: Rendimiento ( $\eta$ ) del 25%, velocidad angular ( $\omega$ ) de 11 radianes por segundo y amperaje de 1,43A. Con ayuda de un dinamómetro se obtiene el torque necesario para mover el sinfín y el torque que produce el motor. Sabiendo que:

$$\mathcal{T} = F \times d$$

Donde,  $\mathcal{T}$  es el torque necesario para poder mover el sinfín y se expresa en Newtons metro,  $F$  es la fuerza perpendicular a la distancia del brazo y  $d$  es la longitud del brazo.

Se calcula el torque del sinfín; se ubica el dinamómetro de tal manera que forma un ángulo recto con el brazo, **Anexo L** y se llena la tolva con la biomasa; como resultado se mide una fuerza máxima de 36.33 N y la distancia del brazo es de 31mm. Cuyo torque resultante es:

$$\mathcal{T}_{sinfín} = 36.33N \times 0.031m$$

$$\mathcal{T}_{sinfín} = 1.126Nm$$

Para determinar el torque del motor se ubica el dinamómetro formando un ángulo recto con su brazo de 31mm, se enciende el motor y se sujeta el dinamómetro hasta parar el giro del motor, teniendo

mucho cuidado de no sobrecargarlo y se obtuvo una fuerza máxima de 122N. Cuyo torque resultante es:

$$T_{motor} = 122N \times 0.031m$$

$$T_{motor} = 3.78Nm$$

Como el torque del motor es mayor al torque para mover el sinfín, el motor cumple la función con éxito, es decir, que se puede utilizar el motor. Para elegir el ventilador se observa cuanto caudal de aire enviar, un ventilador centrífugo reciclado, entrega un caudal de 21,2 CFM (pies cúbicos por minuto) o su equivalente de  $0,01m^3/s$ .

A lo largo de un tubo de 3,81cm de diámetro y un área de  $0,0011 m^2$  y una longitud de 11cm, atraviesa dicho caudal, con una velocidad calculada de 9,09m/s. Cuando el aire llega al final del tubo, **Figura 55-2**, entra a la cámara formada por la parrilla y le tubo de salida de fuego, **Figura 60-2**.

Como la cámara que ingresa el aire tiene un área y volumen más grande, **Figura 36-2** y el caudal es el mismo, la velocidad de aire se reduce a 1,18m/s y la velocidad es controlada automáticamente por el PLC.

### 2.1.2 Observación

Estos dispositivos se eligieron por que poseen un mejor performance y ofrecen una mejor calidad de funcionamiento.

## 2.2 Diseño tridimensional en SolidWorks

### 2.2.1 Quemador

El quemador que se diseña debe adaptarse a cualquier sistema de producción fuego existente, para ello se analiza el proceso de dos empresas diferentes: La primera empresa La Selecta utiliza cilindros de gas para la producción de sus dulces; con un sistema de tuberías que conecta a cuatro pailas donde se concina el producto **Figura 13-2**.



**Figura 13-2** Pailas empresa La Selecta  
Realizado por: Martin López, 2017

La segunda empresa Spa Gamboa utiliza un sistema de quemadores de leña para mantener una temperatura dada en los distintos sistemas hídricos.



**Figura 14-2** Quemadores de leña Spa Gamboa  
Realizador por: Martin López, 2017

Cada empresa muestra una similitud en los diseños de los sistemas de producción de fuego, el quemador de biomasa aprovecha esta similitud. El espacio donde se ubica el quemador no debe sobrepasar las medidas obtenidas en la **Tabla 2-2**.

**Tabla 2-2** Espacio límite obtenido para diseño de quemador

	Altura	Ancho	Profundidad
Empresa La selecta	100 cm	50cm	Sin limite
Empresa Spa Gamboa	100cm	55cm	100cm

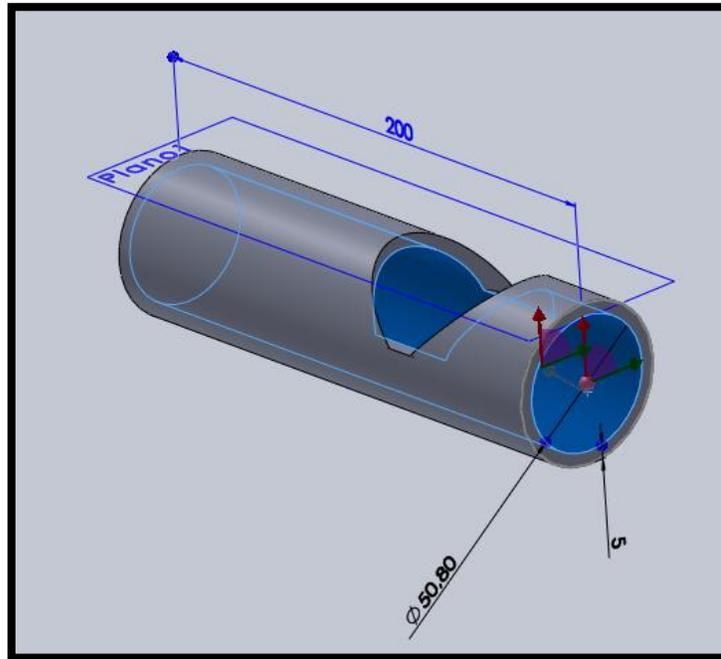
Realizado por: Martin López 2017

A partir de estas medidas se procede al diseño de cada una de las piezas que conforman el quemador.

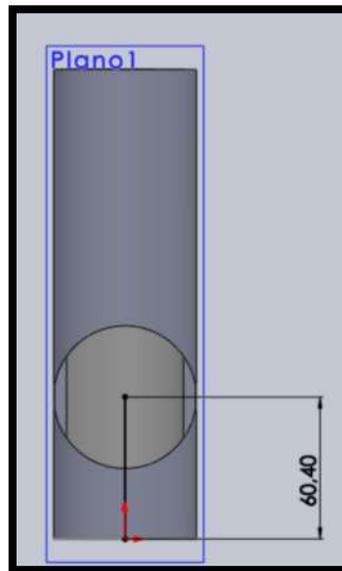
#### 2.2.1.1 Piezas

Como primer paso se construye un tubo de 2 pulgadas (50,80mm) de diámetro interno; seguido de un espesor aproximado de 4mm y una longitud de 200mm, **Figura 15-2**.

Este tubo tiene como objetivo transportar el compacto de biomasa hacia una pequeña parrilla donde es encendido. Desde la base del cilindro a una medida de 60,40mm se hace un corte cilíndrico en V; perpendicular a su longitud, **Figura 16-2**.



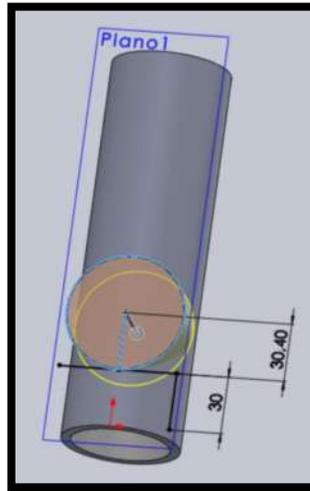
**Figura 15-2** Transportador de biomasa  
 Realizado por: Martín López, 2017



**Figura 16-2** Corte circular perpendicular a la longitud  
 Realizado por: Martín López, 2017

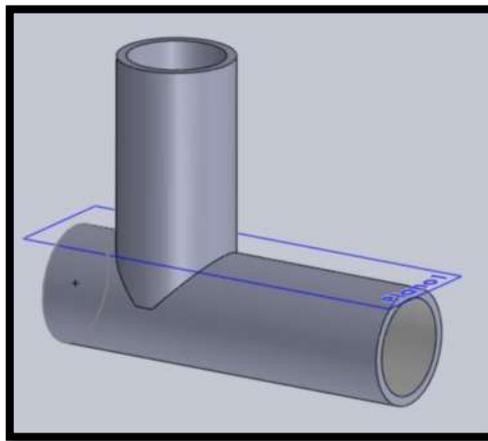
El corte cilíndrico necesita un plano auxiliar como referencia, denominado Plano 1, **Figura 16-2**, este plano se sitúa paralelo al centro del tubo. Un círculo del mismo diámetro interno y mismo grosor de

50,8mm y 4mm, respectivamente; es construido en el Plano 1 y a través de la aplicación de corte se hace un agujero circular.



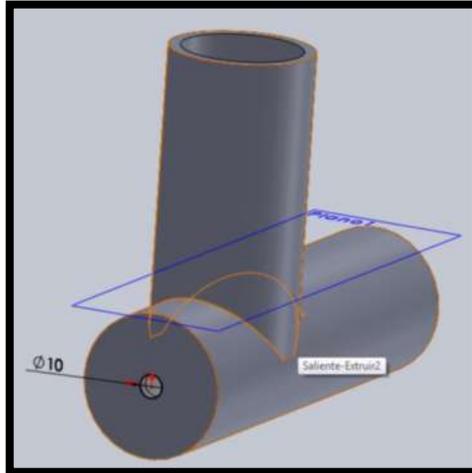
**Figura 17-2** Corte circular perpendicular  
Realizado por: Martín López, 2017

En el agujero se extruye un tubo del mismo diámetro (50,8mm) y de una longitud de 130,4mm formando una L de tubos en un solo cuerpo sólido denominado transportador, **Figura 18-2**.



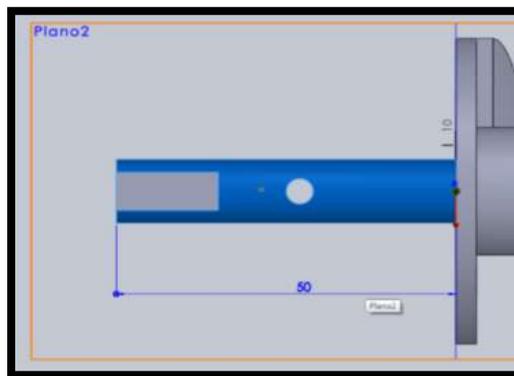
**Figura 18-2** Transportador de biomasa  
Realizado por: Martín López, 2017

En el tubo horizontal entra un eje de un sinfín permitiendo que la biomasa se desplace por el transportador y en la parte trasera se suelda una tapa, **Figura 19-2**, cuyo centro tiene un agujero de 10 mm de diámetro y un espesor de 10mm, con el objetivo que sobresalga un pequeño eje que es movido por un motor.



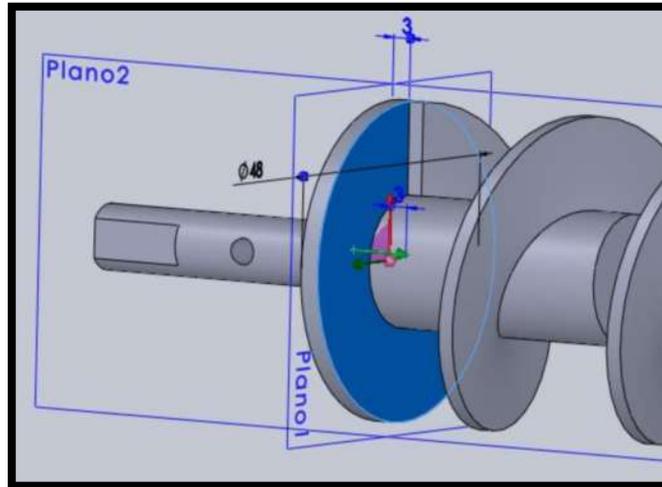
**Figura 19-2** Tapa soldada en el transportador  
**Realizado por:** Martín López, 2017

Para realizar el diseño del sinfín se toma como referencia la longitud del cilindro horizontal, teniendo un margen máximo de 200mm. Se construye un eje de 50mm de longitud y un diámetro aproximado de 10mm.



**Figura 20-2** Eje del sinfín  
**Realizado por:** Martín López, 2017

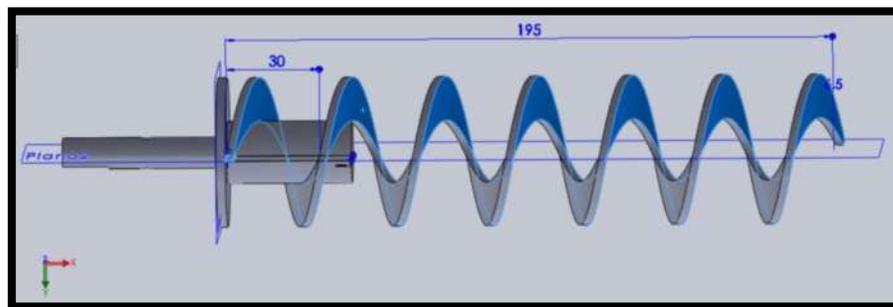
El eje se suelda a una base de 5 mm de espesor y un diámetro de 48mm, este diámetro se toma como referencia los 50,8mm del diámetro interno del tubo del transportador y se reduce 1mm de cada extremo para evitar una fricción, a partir de la base se considerará la distancia de los 200mm, **Figura 20-2**.



**Figura 21-2** Base de apoyo de las espiras del sinfín

Realizado por: Martín López, 2017

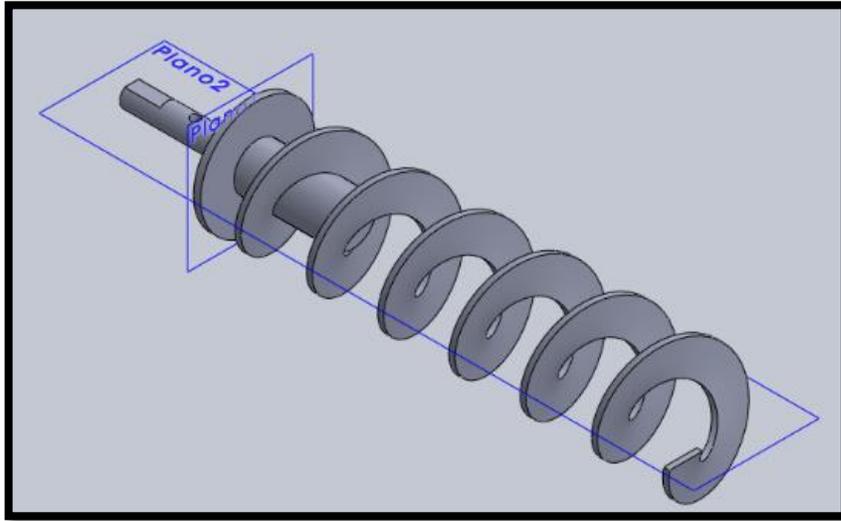
En la base se modela las espiras del sinfín con una separación de 30mm entre ellas, 7 espiras aproximadamente alcanza una distancia de 195mm de longitud manteniéndose dentro del límite de los 200mm, **Figura 21-2**. Los 30mm de separación se debe a la longitud promedio de la biomasa.



**Figura 22-2** Espiras del sinfín

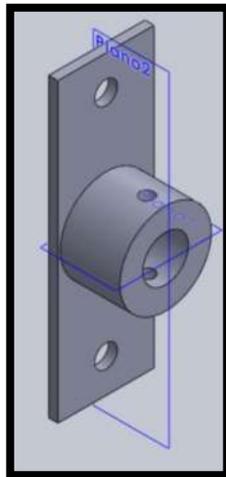
Realizado por: Martín López, 2017

Mediante la herramienta hélice se hace una espiral uniforme; se establece el grosor de las espiras del material que se utiliza. El eje del sinfín tiene un bocín por lo tanto se hace un agujero de 3mm de diámetro, perpendicular al eje y así se obtiene un sinfín completo.



**Figura 23-2** Sinfín terminado  
 Realizado por: Martin López, 2017

El bocín forma parte de la unión mecánica que mueve el motor; para su diseño se toma como referencia el eje del sinfín. Se construye un cilindro horizontal hueco de diámetro externo de 20mm y diámetro interno de 10mm; el cilindro tiene una longitud de 16mm como resultado del ensamble del transportador, **Figura 54-2** y el sinfín.

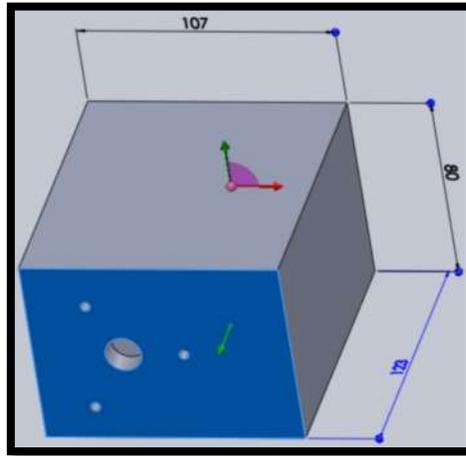


**Figura 24-2**  
 Bocín del sinfín  
 Realizado por: Martin López, 2017

El bocín posee una base rectangular que empalma dos cauchos redondos; protegiendo al motor y al sinfín en caso de que el material se atasque. La placa rectangular tiene una base pequeña de 21mm y una altura de 65mm y un espesor de 3mm, **Figura 24-2**.

Se tiene un motor reciclado de una bomba a 120V con caja reductora; su construcción es de bobina en cortocircuito; todo el conjunto se encuentra en una caja metálica sobresaliendo su eje con un bocín para la unión con el sinfín. El diseño virtual del motor se debe hacer por partes diferentes; todo en un solo cuerpo no se podría dar movimiento independiente.

La carcasa del motor tiene unas dimensiones de 107mm, 80mm y 123mm; medidas obtenidas de la estructura con un pie de rey.



**Figura 25-2** Cuerpo del motor  
Realizado por: Martín López, 2017

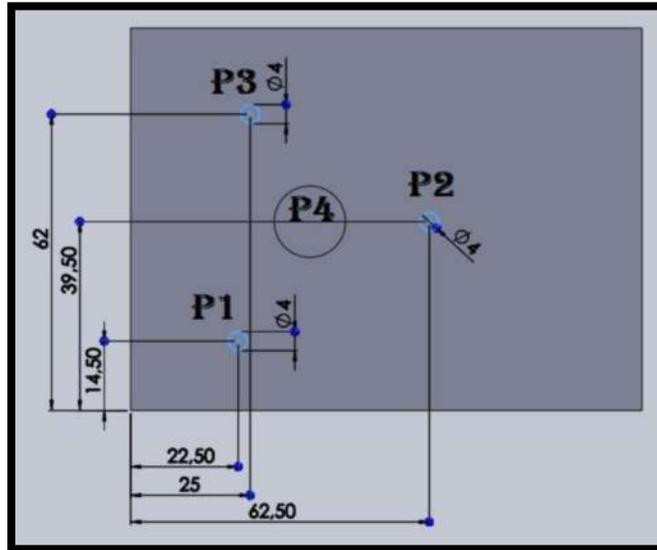
El cuerpo del motor tiene un agujero grande donde se ubica el eje de rotación del motor, simulando el movimiento que se transmite al eje sinfín. Tres pequeños agujeros de 4mm de diámetro se perforan de tal manera que una base soportara el peso del motor y se ajusta a una base fija. La ubicación XY de los agujeros se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 3-2** Ubicación XY de los puntos del soporte

Ubicación de punto	Coordenada X	Coordenada Y	Diámetro
Punto 1	22,50mm	14,50mm	4mm
Punto 2	62,50mm	39,50mm	4mm
Punto 3	25mm	62mm	4mm
Punto 4	37,50mm	39,50mm	15mm

Realizado por: Martín López, 2017

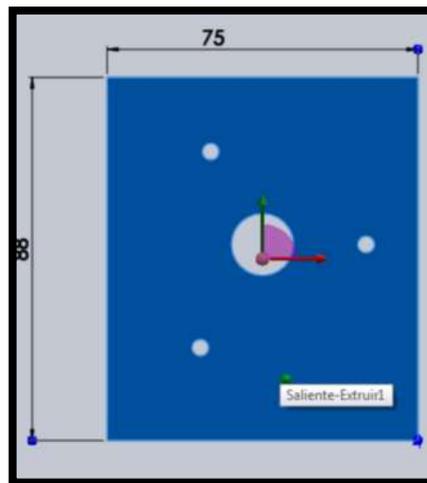
Aplicando las coordenadas de la **Tabla 3-2** y tomando como referencias la esquina inferior izquierda se puede perforar los agujeros; similar al diseño real.



**Figura 26-2** Aplicación de las coordenadas XY del motor

Realizado por: Martín López, 2017

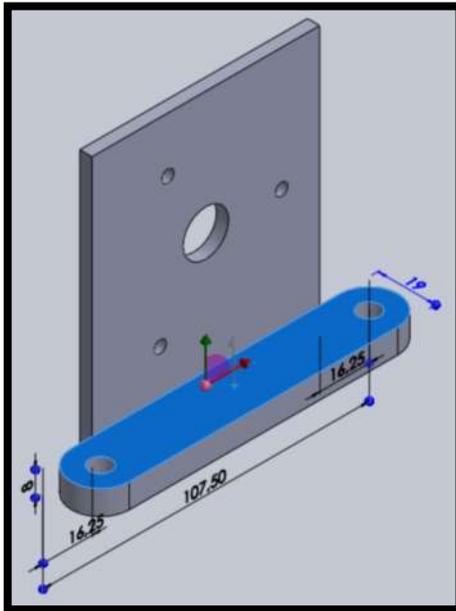
El motor posee un soporte rectangular que mantiene fijo al motor; posee cuatro agujeros en las mismas posiciones que se indica en la **Tabla 3-2**. Un rectángulo cuyas medidas son; 75mm x 88mm y un espesor de 4mm, se ubica en frente del motor que es atornillado en el ensamble del motor, **Figura 57-2**.



**Figura 27-2** Placa principal del soporte del motor

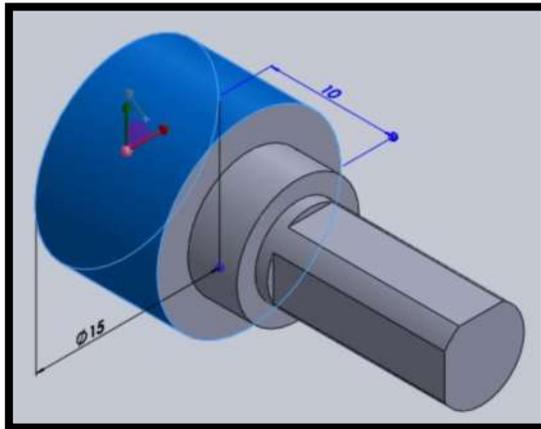
Realizado por: Martín López, 2017

Una base más ancha se ubica en el pie de la base rectangular; donde la misma es atornillada para fijar al motor y se alinea con el sinfín y el transportador. Posee un ancho de 107,5mm, una altura de 8mm y una profundidad de 19mm. Los agujeros para los tornillos poseen un diámetro de 7mm.



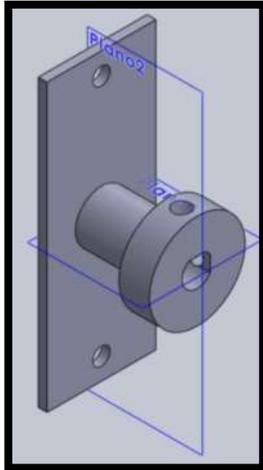
**Figura 28-2** Soporte del motor completo  
 Realizado por: Martín López, 2017

El eje del motor es construido como otro objeto diferente, si fuese un solo objeto el motor puede moverse en el ensamblaje, restringiendo la simulación de un motor. El eje es construido a partir de un cilindro de base 15mm de diámetro y 10mm de longitud.



**Figura 29-2** Eje del motor monofásico  
 Realizado por: Martín López, 2017

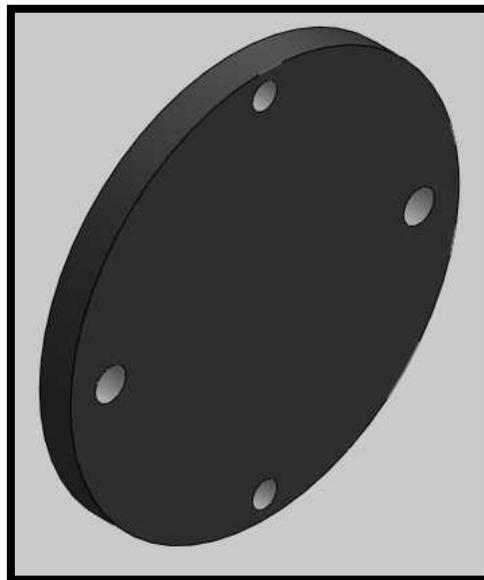
Un cilindro de menor diámetro (10mm) continúa al cilindro base y posee una longitud de 4mm; finalmente se construye un eje de 7mm de diámetro y una longitud de 15mm donde encaja un bocín. Los cortes planos del cilindro final tienen una longitud de 14mm y grosor 0,5mm desde la circunferencia del cilindro; ambos cortes se encuentran a 90°.



**Figura 30-2** Bocín del motor  
**Realizado por:** Martín López, 2017

El bocín para el motor se construye desde una base cilíndrica de 22mm de diámetro donde dos pequeños tonillos de 4mm de diámetro, hexagonales, sin cabeza sujetaran el bocín al eje del motor. A continuación se une a un cilindro más pequeño de 12mm de diámetro; longitud del eje del motor, en su frente se ubica una placa cuadrada de 63mm de alto y 25mm.

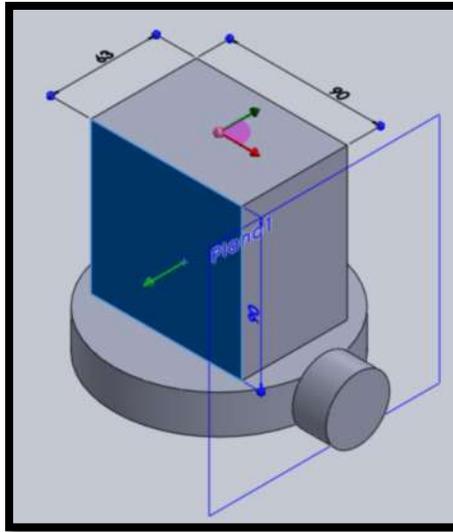
Ambos bocines se unen en un caucho, cuya función es de proteger tanto al motor como al sinfín, existen materiales que pueden ingresar en el sinfín; como metales o piedras y hacen que el en algún momento el sinfín se atasque; el caucho se romperá protegiendo tanto al motor como el sinfín.



**Figura 31-2** Caucho fusible mecánico  
**Realizado por:** Martín López, 2017

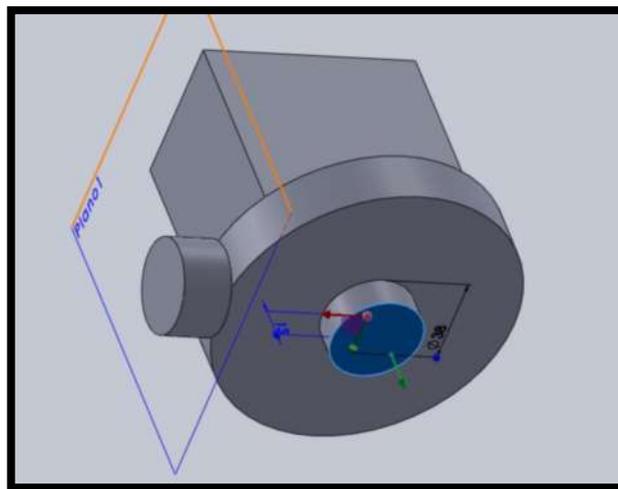
Como se aprecia en la **Figura 31-2**, se diseña un cilindro representando al caucho con un diámetro de 63mm y un espesor de 5mm. Los agujeros poseen un diámetro de 4mm y se encuentran ubicados en las longitudes de los bocines, respetivamente.

Para aumentar el tiempo de combustión se necesita un ventilador centrífugo, se obtiene sus dimensiones con ayuda de un pie de rey. El motor del ventilador se encuentra en un cubo de 90mm x 63mm y una altura de 90mm, **Figura 32-2**.



**Figura 32-2** Ventilador centrífugo  
Realizado por: Martín López, 2017

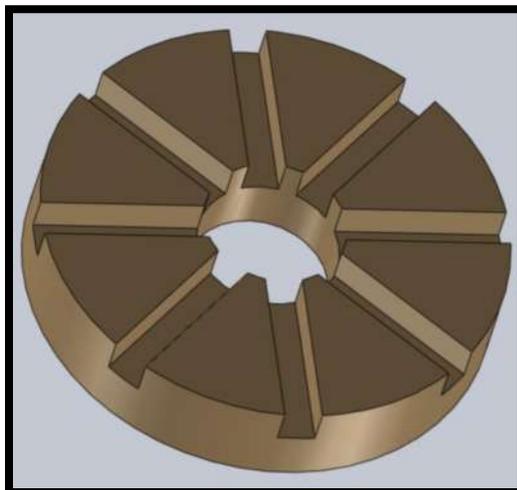
Las pequeñas aspas del ventilador se encuentran dentro de una cámara cilíndrica de 125mm de diámetro y un espesor de 23mm, el caudal de aire es dirigido tangencialmente por una boquilla cilíndrica de 38mm de diámetro y 20mm de longitud, **Figura 32-2**.



**Figura 33-2** Respirador del ventilador  
Realizado por: Martín López, 2017

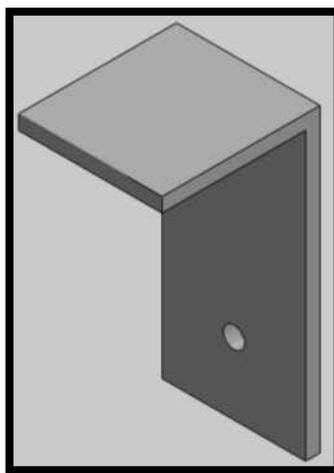
En la parte inferior del ventilador existe un respirador cilíndrico de 38mm de diámetro y 13mm de longitud y el aire ingresa por el respirador, si es bloqueado con algún objeto el ventilador se puede dañar y cortar el paso de aire, **Figura 33-2.**

Una base de madera sirve de soporte del ventilador, evita bloqueos de aire y no permite que el ventilador se mueva de su lugar. Ocho canales a 45° ayudan a que el aire sea absorbido con facilidad, **Figura 34-2.**



**Figura 34-2** Base ventilador  
Realizado por: Martín López, 2017

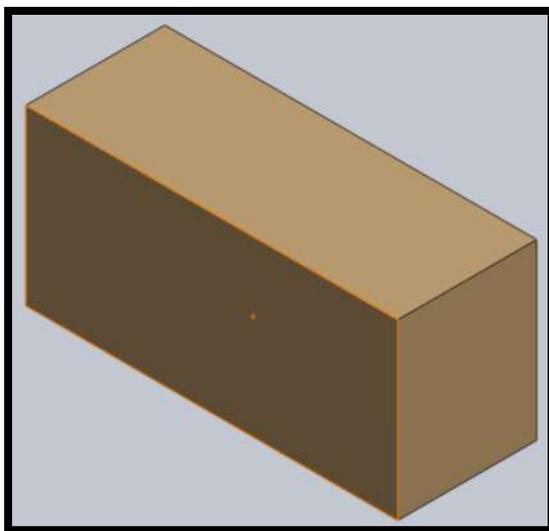
La base posee un diámetro de 125mm y un agujero en el centro con un diámetro de 38mm y una altura de 25mm. Unas binchas sujetan al ventilador en la base de madera, **Figura 35-2.**



**Figura 35-2** Bincha ventilador  
Realizado por: Martín López, 2017

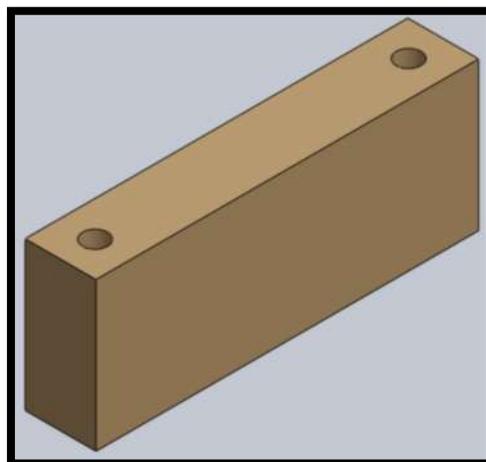
Formando una L estas binchas poseen una altura de 40mm, un espesor de 2mm y en la parte superior un pequeño cuadrado de 22mm x 20mm siendo esta última medida el ancho de toda la pieza, **Figura 35-2**.

En el ensamblaje el transportador está alineado con el motor, unas bases alinean al motor y el transportador. La alineación comienza desde el motor, una base rectangular de 107mm, 40mm y 50mm; se ubica en la parte trasera del motor. **Figura 36-2**



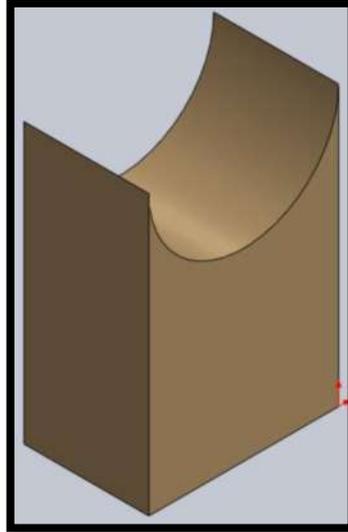
**Figura 36-2** Base trasera motor  
Realizado por: Martin López, 2017

Una segunda base se ubica en la parte frontal del motor haciendo que quede estable, fijo y alineado. La base frontal, **Figura 37-2**, tiene un ancho de 108mm, una profundidad de 20mm y una altura de 42mm. Dos agujeros de 7mm de diámetro sujetan al motor con su base metálica.



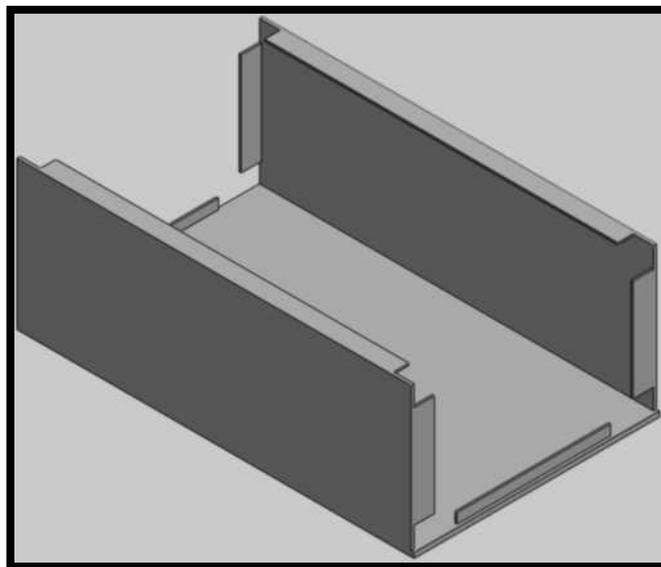
**Figura 37-2** Base frontal motor  
Realizado por: Martin López, 2017

Una base especial de 60.8mm de grosor, una profundidad de 40mm y una altura de 89.5mm alinea al transportador con el motor. Debido a la longitud del transportador se adiciona una base en la parte trasera del transportador y una igual en la parte delantera del trasportador. Un corte circular permite que el tubo entre perfectamente en su base de apoyo.



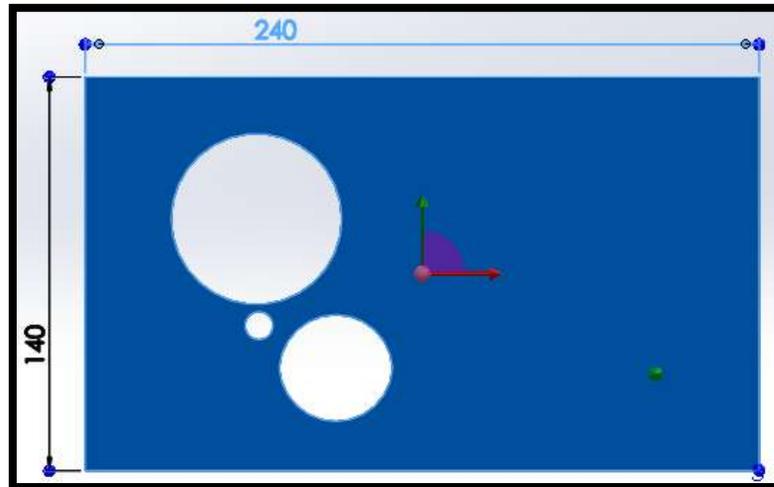
**Figura 38-2** Base transportador  
Realizado por: Martin López, 2017

En la **Figura 64-2**, se ubica el motor y el transportador alineados con el sinfín y el ventilador; de esta manera se puede determinar las medidas de la caja en donde se ubican todos los elementos.



**Figura 39-2** Caja base del quemador  
Realizado por: Martin López, 2017

Una caja rectangular de 390mm de profundidad, 140mm de altura y 240mm de ancho es la base en donde se ubican todos los actuadores que se utilizan, **Figura 39-2**. Unas pequeñas alas sujetan la tapa superior y la tapa delantera del quemador.



**Figura 40-2** Tapa frontal quemador  
Realizado por: Martín López, 2017

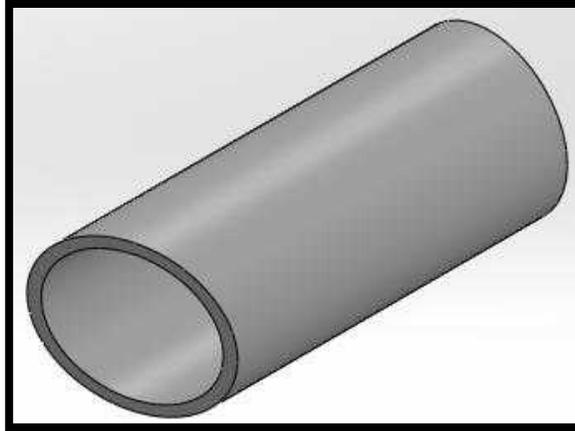
La tapa frontal del quemador posee las mismas dimensiones de la parte frontal de la caja, 140 mm de altura y 240mm de ancho. El agujero de mayor diámetro es para la salida del transportador, el agujero mediano es para la salida de aire del ventilador y el agujero pequeño ubica a la resistencia tipo cartucho.

**Tabla 4-2** Agujeros tapa frontal

Ubicación de punto	Coordenada X	Coordenada Y	Diámetro
Punto 1	61mm	89,5mm	60,8mm
Punto 2	89,27mm	36,5mm	20,6mm x 2
Punto 3	61,91mm	51,59mm	10mm

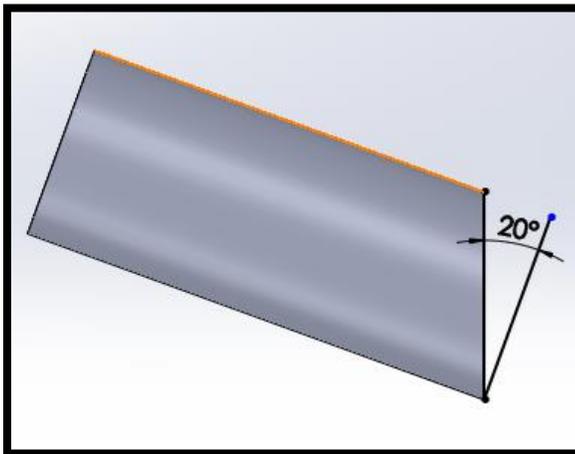
Realizado por: Martín López, 2017

En la **Tabla 4-2** se muestra las coordenadas de los agujeros correspondientes al transportador, resistencia y ventilador, sin embargo, en la **Figura 40-2** se puede observar que el agujero del ventilador no es un circular debido a que el tubo del ventilador entra en un ángulo diferente.



**Figura 41-2** Tubo salida de aire ventilador  
Realizado por: Martin López, 2017

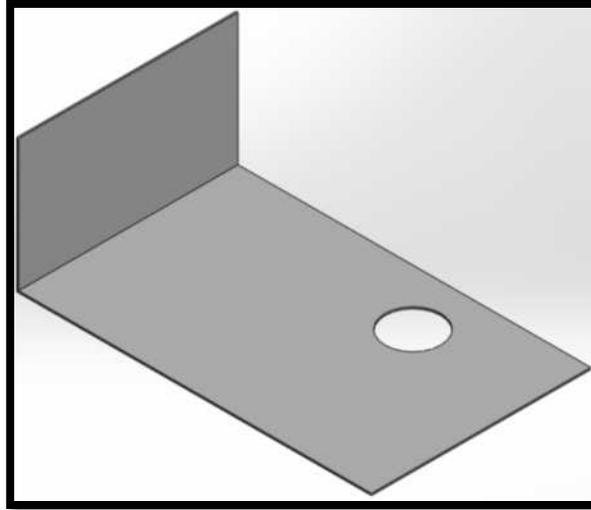
En la **Figura 41-2** se muestra el tubo donde sale el aire del ventilador con un diámetro de 38mm, cuyo extremo tiene un corte con un ángulo de  $20^\circ$ . Este ángulo se determina por la posición del ventilador y la tapa frontal del quemador.



**Figura 42-2** Angulo de corte del tubo del ventilador  
Realizado por: Martin López, 2017

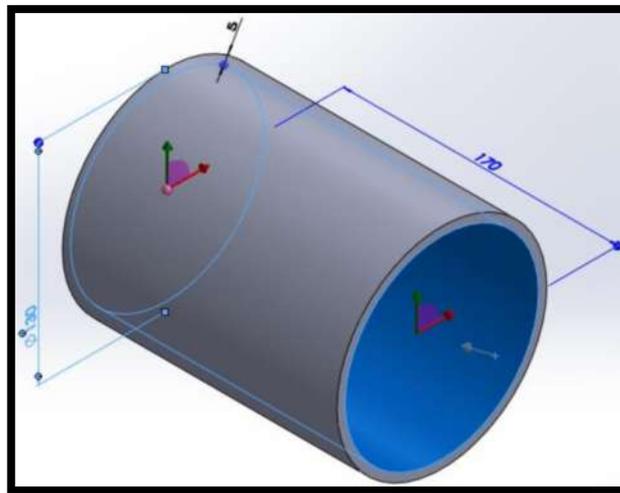
La tapa frontal del quemador limita su longitud a 150mm, tomando en cuenta el tubo del ventilador sin el corte y la intersección entre la tapa frontal y el tubo, se hace el corte de  $20^\circ$  en el extremo del tubo.

La tapa superior posee una forma de L, siendo el área exacta y suficiente para sellar el quemador, posee un ancho de 240mm, una longitud total de 390mm y un dobles de  $90^\circ$  con una longitud de 140mm coincidiendo con la altura de la caja del quemador; el ancho permanece en 240mm.



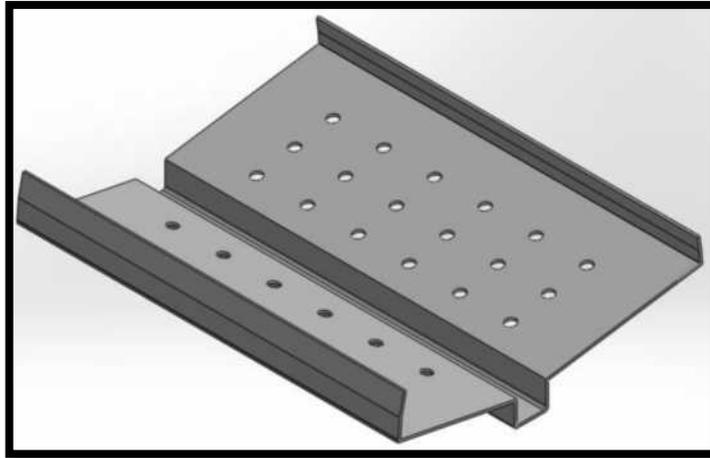
**Figura 43-2** Tapa del quemador  
Realizado por: Martín López, 2017

La tapa posee un agujero para el cilindro vertical del transportador, este sobresaliente del transportador sirve para ajustar la tolva y el sensor capacitivo, su diámetro es de 60.80mm y sus coordenadas son: 133,6mm en el eje X y 61mm en el eje Y.



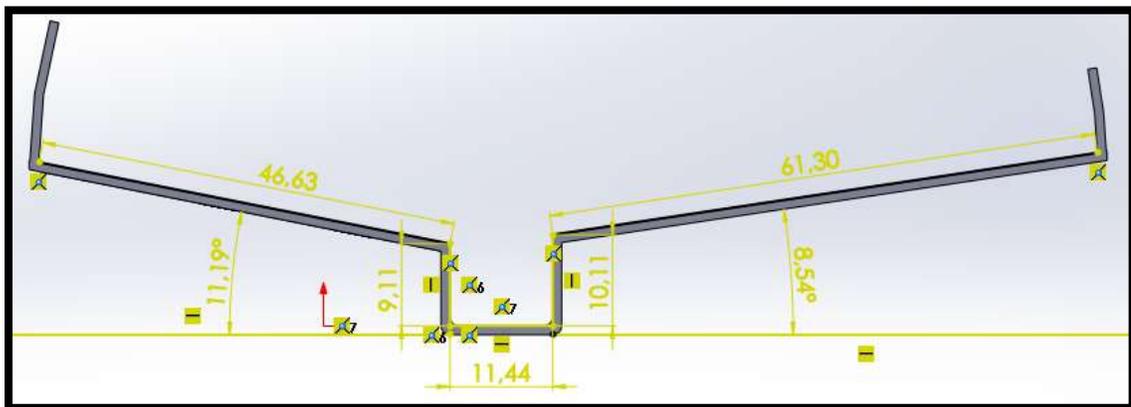
**Figura 44-2** Tubo salida de fuego  
Realizado por: Martín López, 2017

En un cilindro de 130mm de diámetro y una longitud de 170mm, se produce la combustión de la biomasa que es encendida por la resistencia tipo cartucho, **Figura 44-2**. En su interior se ubica una pequeña parrilla donde que es llenada de biomasa proveniente del transportador, **Figura 45-2**.



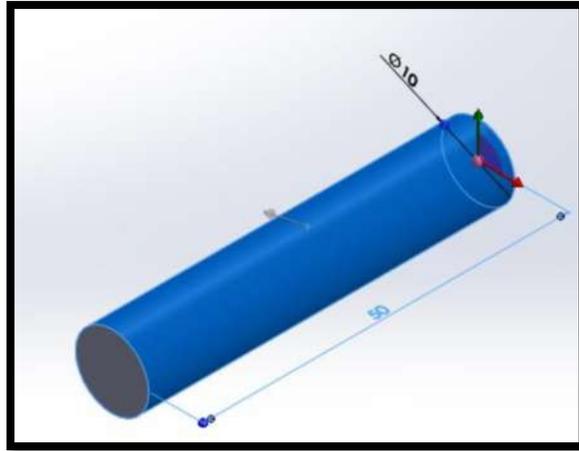
**Figura 45-2** Parrilla  
 Realizado por: Martin López, 2017

Como se aprecia en la **Figura 45-2**, posee unos agujeros con la finalidad de dirigir el caudal de aire hacia la biomasa, cuando la resistencia encienda el material el ventilador actúa y aumenta la temperatura.



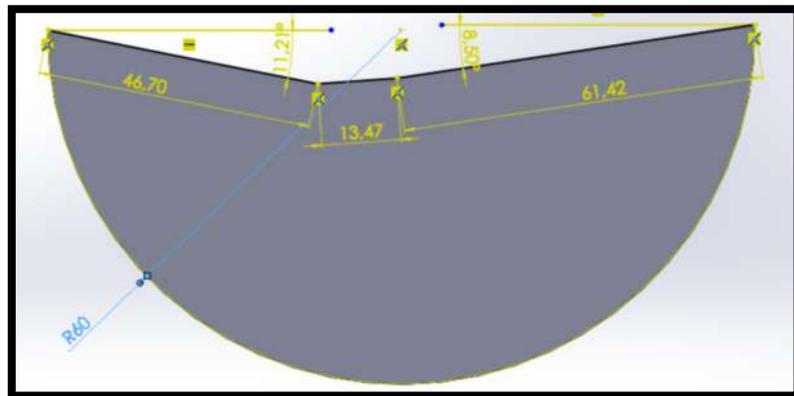
**Figura 46-2** Dimensiones parilla  
 Realizado por: Martin López, 2017

La forma de la parrilla se debe a la posición de los agujeros de la **Figura 40-2**, la parte derecha de la parrilla encaja entre el tubo del transportador y el tubo de la salida de aire del ventilador, dando un resultado de 8.54°. La longitud de 46.64mm y 61.30mm se debe al cilindro de la **Figura 44-2** y las dimensiones de 9,11mm, 11,44mm y 10,11mm se debe al tamaño de la resistencia, **Figura 47-2**.



**Figura 47-2** Resistencia tipo cartucho  
Realizado por: Martín López, 2017

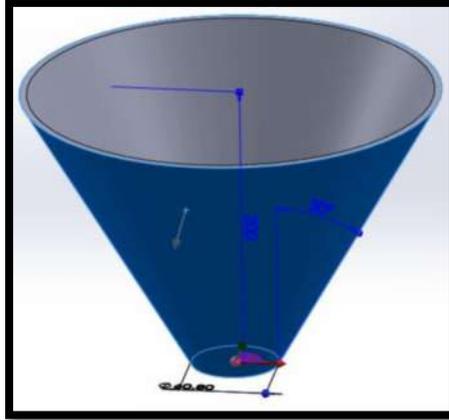
Una resistencia tipo cartucho enciende la biomasa que se acumula en la parrilla, su diseño parte de un cilindro sólido de 10mm de diámetro y una longitud de 50mm, su consumo energético es de 100W a 115V. Debajo de la parrilla es un cajón sellado, permitiendo que el aire salga únicamente por los agujeros, **Figura 48-2**.



**Figura 48-2** Tapa salida de aire  
Realizado por: Martín López, 2017

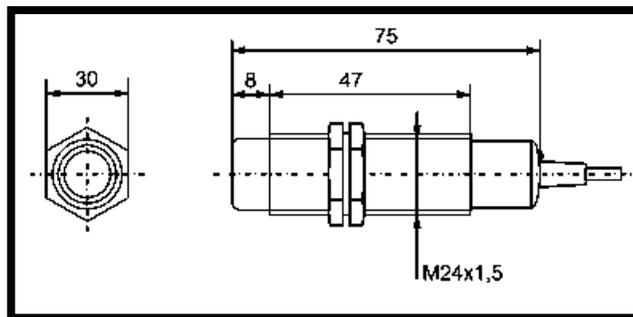
Las dimensiones de la tapa de la salida de aire se determinan con las medidas de la parrilla y las dimensiones de la resistencia no se las considera, el sobresalido de la tapa permite retener al material de la parrilla.

La biomasa se almacena en una tolva sujeta en la parte superior del tubo del transportador, antes de iniciar el proceso la tolva debe estar llena con biomasa.



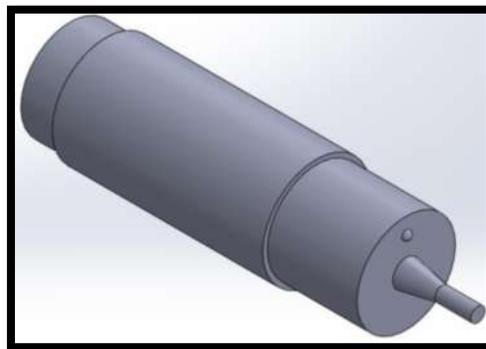
**Figura 49-2** Tolva  
Realizado por: Martín López, 2017

La tolva almacena la biomasa, su diámetro inferior es de 60,8mm que es el diámetro del tubo del transportador y posee una altura de 200mm y una inclinación de  $30^\circ$  con respecto al eje Z o  $60^\circ$  con respecto al plano XY.



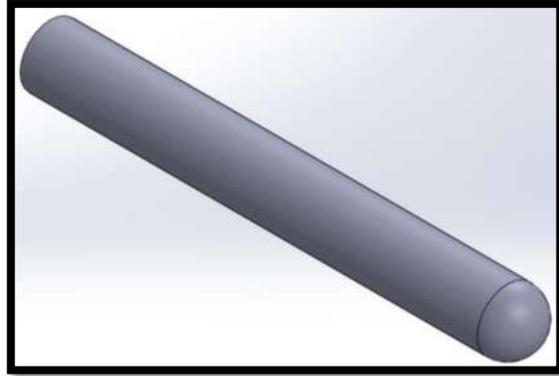
**Figura 50-2** Sensor capacitivo dimensiones  
Realizado por: Martín López, 2017

Un sensor capacitivo mide el nivel de biomasa, se ubica en la base de la tolva y el sensor CM24-3012NA detecta la biomasa y envía una corriente de 200mA al PLC.



**Figura 51-2** Sensor Capacitivo CM24-3012NA  
Realizado por: Martín López, 2017

La temperatura que produce el quemador es controlada por el autómata, a través de una termocupla tipo J se realiza dicho control. El sensor soporta hasta una temperatura de 700°C y viene con 10 metros de cable.

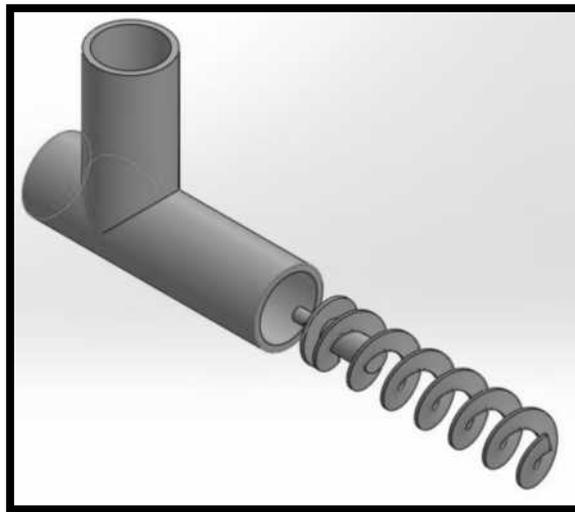


**Figura 52-2** Termocupla T K101-6-JE30L-5MT tipo J

Realizado por: Martín López, 2017

#### 2.2.1.2 Ensamblaje

Mediante la herramienta de ensamblaje de Solidworks podemos construir el quemador en un solo cuerpo. El ensamble empieza por el transportador como pieza base, **Figura 18-2**, se fija en el espacio y se empieza a unir de todas las piezas.

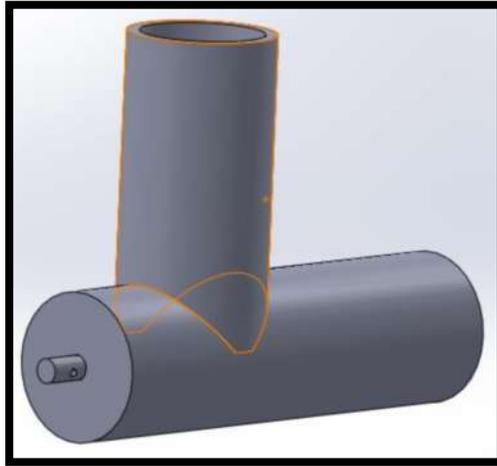


**Figura 53-2** Unión Sinfín y Transportador

Realizado por: Martín López, 2017

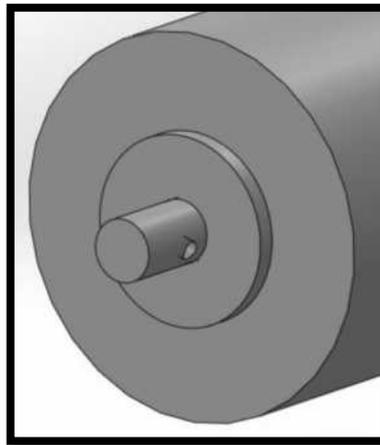
El sinfín, **Figura 20-2**, entra en el transportador por el tubo horizontal y la biomasa entra por el tubo vertical, el sinfín al girar transporta la biomasa a través del tubo horizontal hacia la parrilla, **Figura**

**53-2.** El eje del sinfín atraviesa el agujero en la parte trasera del transportador y la base del sinfín tiene una separación de 3mm con la tapa de la parte trasera del transportador, **Figura 54-2.**



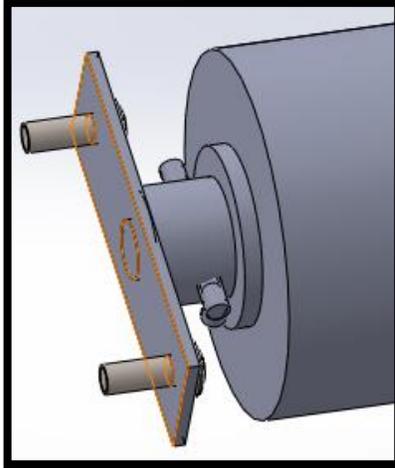
**Figura 54-2** Sinfín y transportador unidos  
Realizado por: Martín López, 2017

Una arandela entra en el eje del sinfín y un pasador evita que el sinfín se salga del transportador, la fricción existente entre el sinfín y el transportador es mínima y si se encuentra perfectamente alineado para que no exista rozamiento, **Figura 55-2.**



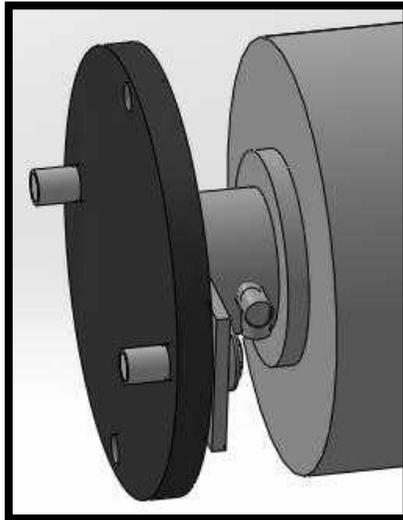
**Figura 55-2** Unión arandela y  
eje sinfín  
Realizado por: Martín López, 2017

Antes de atravesar el pasador por el eje saliente del sinfín, se ubica el bocín, **Figura 24-2**, en el eje, el pasador atraviesa tanto el bocín como el eje sujetando a ambos. En la **Figura 56-2**, se aprecia la unión del bocín con el eje del sinfín, unos tornillos pequeños de cabeza redonda sujetan al bocín en el caucho.



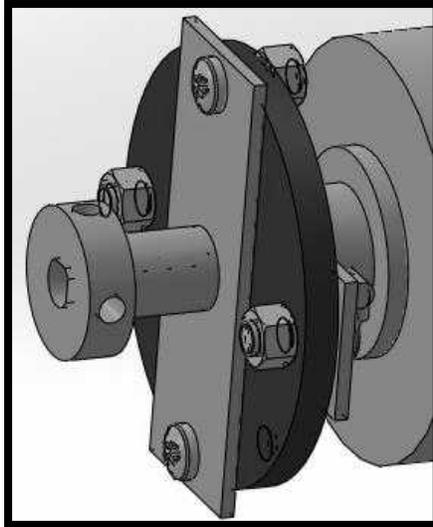
**Figura 56-2** Unión del bocín del  
sinfín con el eje  
**Realizado por:** Martin López, 2017

El caucho actúa como un fusible mecánico, en caso que el material atasque el sinfín, el caucho se rompe evitando que el motor se detenga y aumente la temperatura en la bobina del motor, además de proteger al sinfín de torceduras y posibles rupturas, **Figura 57-2**.



**Figura 57-2** Unión Caucho -  
bocín sinfín  
**Realizado por:** Martin López, 2017

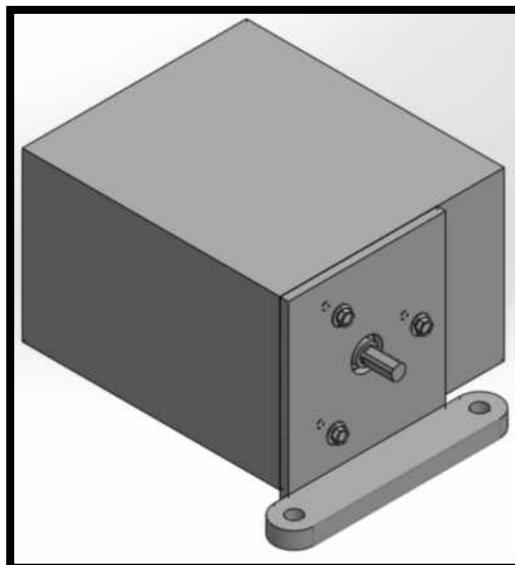
La unión del bocín del sinfín y el bocín del motor, **Figura 30-2**, forman una característica figura de cruz, con el objetivo que el caucho actúe como fusible además de transmitir el movimiento de bocín a bocín.



**Figura 58-2** Unión bocín a bocín por medio del caucho

Realizado por: Martín López, 2017

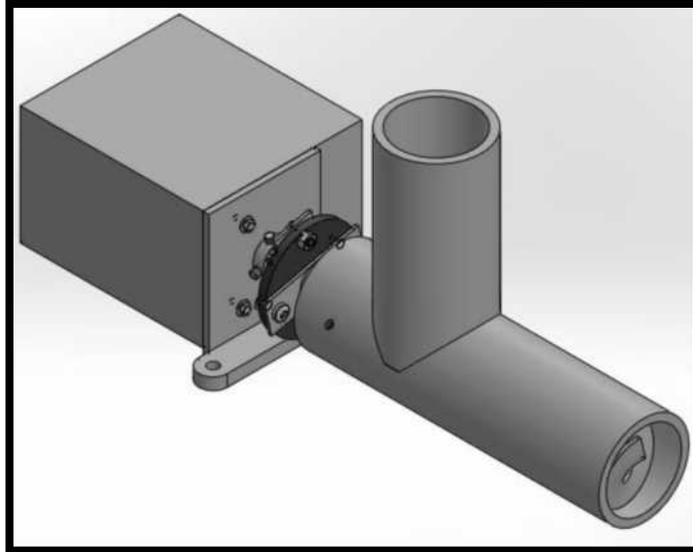
El material y el grosor del caucho es lo suficientemente flexible para que el motor rompa en caso de que se atascamiento y lo suficientemente rígido para que ambos bocines tengan un movimiento paralelo y el sinfín con el motor estén alineados, **Figura 58-2**.



**Figura 59-2** Motor ensamblado con el eje y la base

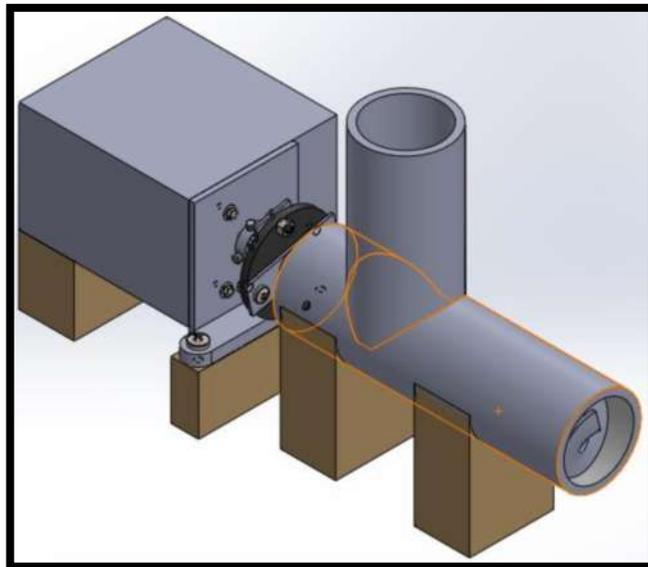
Realizado por: Martín López, 2017

Hay que recordar que el motor se lo construye por partes para que exista movimiento, **Figura 25-2**, **Figura 59-2**, se une el bocín con el motor y se alinea todo el conjunto.



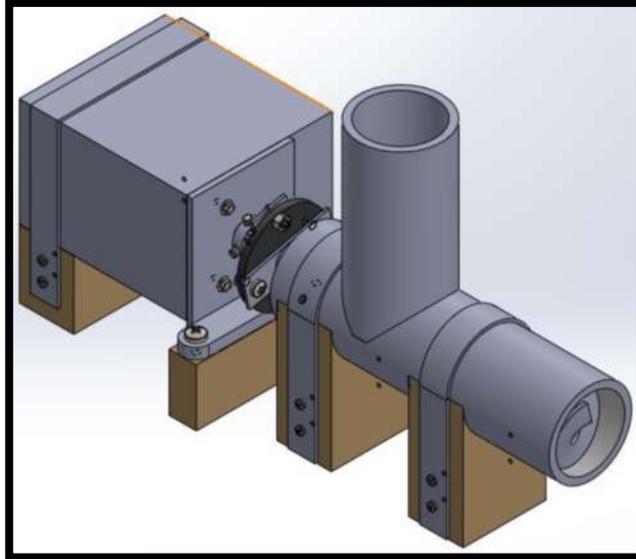
**Figura 60-2** Ensamble de motor y transportador  
Realizado por: Martín López, 2017

En la **Figura 60-2**, se muestra la alineación del sinfín con el motor, unas bases sólidas de madera sostienen al motor y al tubo del transportador, las bases del tubo alienan y evita que el tubo gire o sufra alguna inclinación ocasionada por el movimiento del motor, **Figura 61-2**.



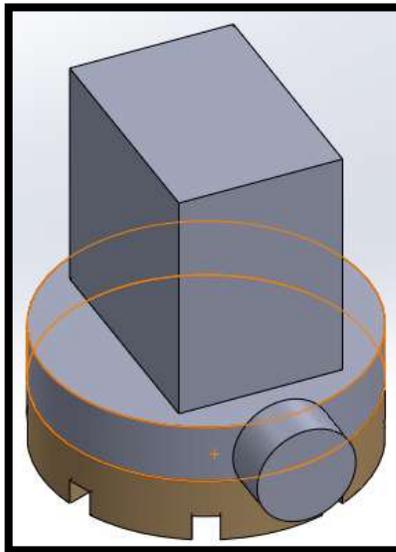
**Figura 61-2** Alienación con bases de madera  
Realizado por: Martín López, 2017

En la **Figura 61-2**, las bases de madera se alinean perfectamente al motor y al transportador, sin embargo solo una de ellas se sujeta mediante tornillo, para asegurar las otras tres bases se utiliza unas abrazaderas metálicas completando la sujeción de todos los elementos



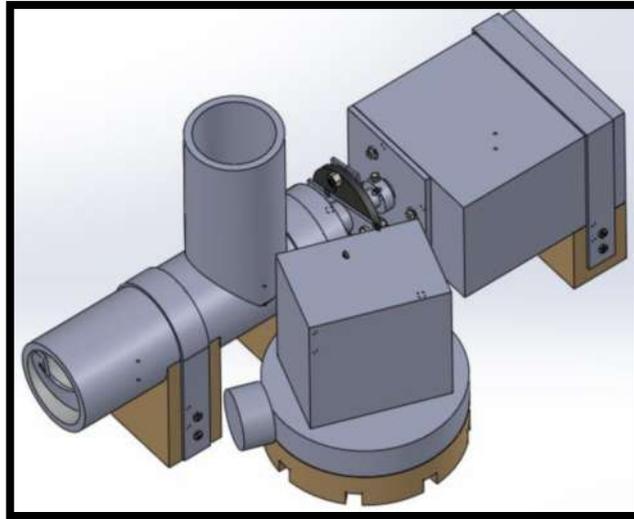
**Figura 62-2** Sujeción a las bases de madera mediante abrazaderas  
**Realizado por:** Martin López, 2017

La sujeción está completa, **Figura 62-2**, las abrazaderas sujetan el tubo contra la madera y el motor se mantiene estable, incluso evita que el motor gire accidentalmente al transportador.



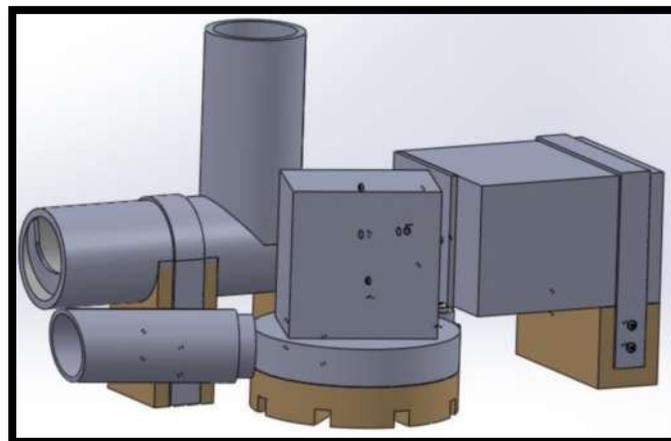
**Figura 63-2** Unión del ventilador y su base  
**Realizado por:** Martin López, 2017

De igual manera se ubica al ventilador una base de madera, permitiendo que el ventilador pueda respirar por unos pequeños canales en la base de madera.



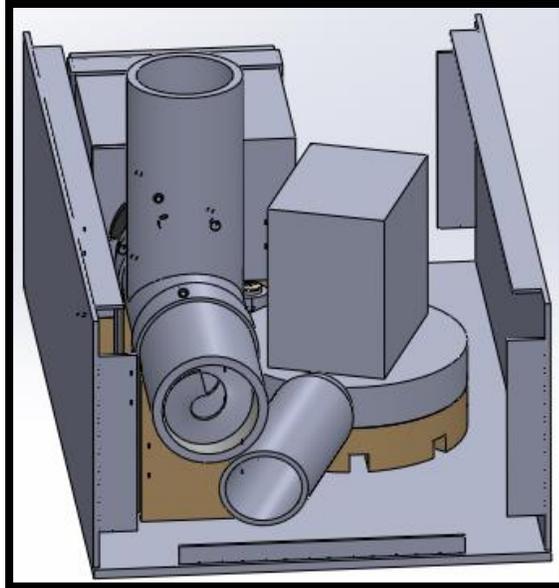
**Figura 64-2** Ubicación del ventilador  
Realizado por: Martín López, 2017

El ventilador posee una ubicación inclinada, tiene un ángulo de inclinación de  $20^\circ$  con respecto al transportador, el aire que sale del ventilador sale por debajo del transportador dando como resultado un ángulo de inclinación, **Figura 64-2**.



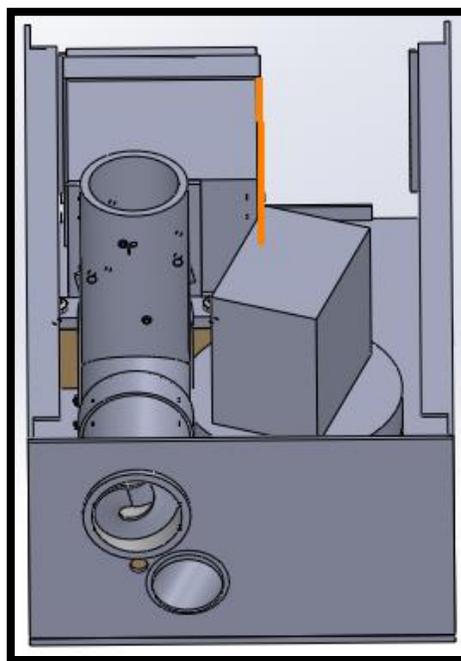
**Figura 65-2** Añadida del tubo de salida de aire  
Realizado por: Martín López, 2017

Un tubo, **Figura 41-2**, envía el aire del ventilador a debajo del transportador. Un corte transversal inclinado es resultado entre la unión del tubo y la tapa frontal. Todos los elementos se ubican en una caja, **Figura 66-2**, de tal manera que la tapa frontal y la tapa superior sellan todo el quemador.



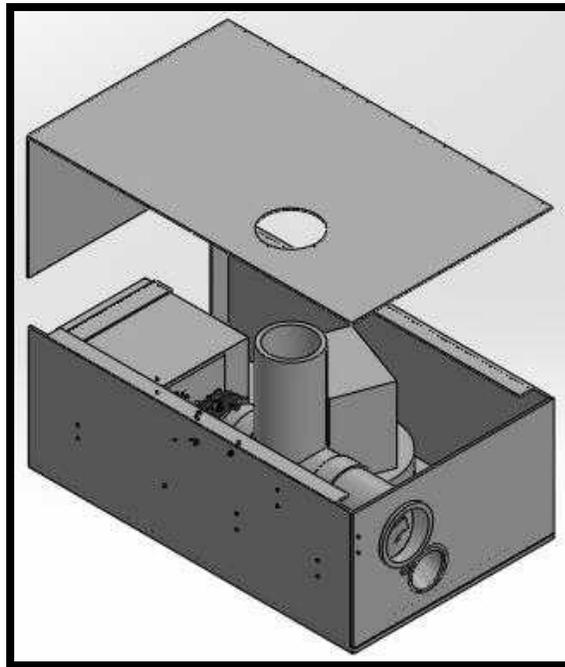
**Figura 66-2** Ubicación de elementos en la caja  
Realizado por: Martín López, 2017

La tapa frontal posee tres agujeros que corresponden a la resistencia, al tubo del transportador y el tubo del ventilador, encajando perfectamente como se observa en la **Figura 67-2**. El corte transversal en el tubo del ventilador coincide perfectamente.



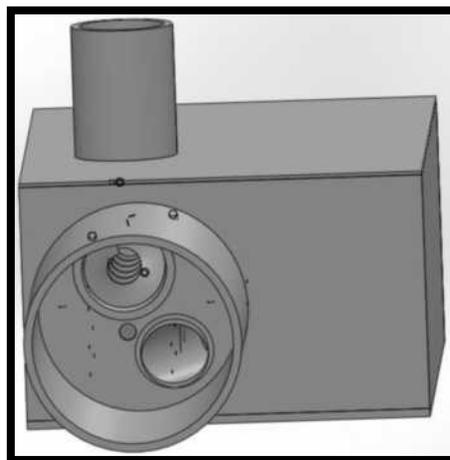
**Figura 67-2** Ubicación de tapa frontal  
Realizado por: Martín López, 2017

Se ubica la tapa superior completando la caja del quemador, **Figura 68-2**, el agujero coincide perfectamente con el tubo vertical del transportador.



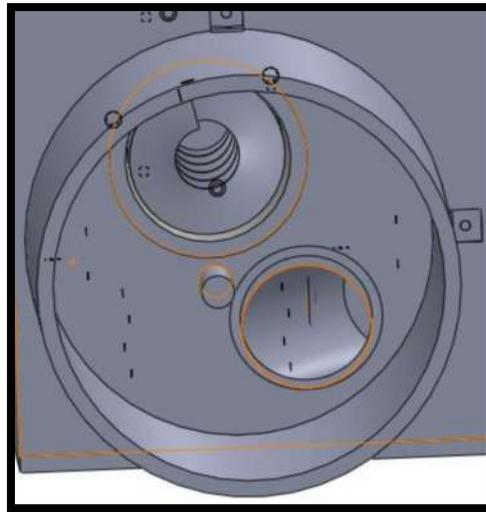
**Figura 68-2** Ubicación de la tapa superior del quemador  
Realizado por: Martin López, 2017

En la tapa delantera se ubica y asegura el cilindro donde se produce la combustión de la biomasa. En la **Figura 69-2**, se puede apreciar la forma del quemador casi finalizado, el cilindro encierra a los tres tubos en una sola cámara cilíndrica.



**Figura 69-2** Ubicación del cilindro para la combustión  
Realizado por: Martin López, 2017

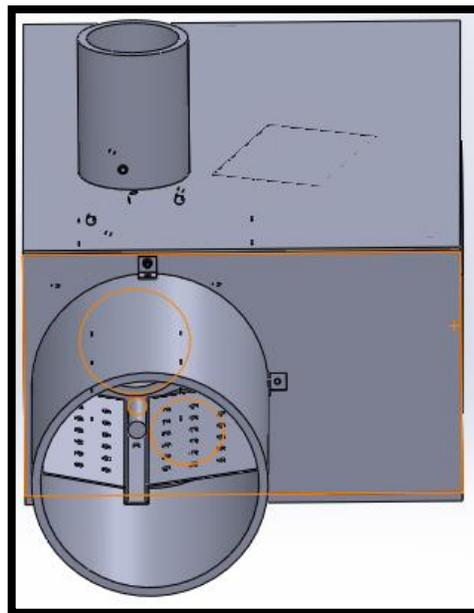
Se ubica la resistencia tipo cartucho en el agujero más pequeño de la tapa frontal del quemador, con una longitud sobresalida de 40mm longitud suficiente para entrar en contacto y encender la biomasa.



**Figura 70-2** Ubicación resistencia tipo cartucho

Realizado por: Martín López, 2017

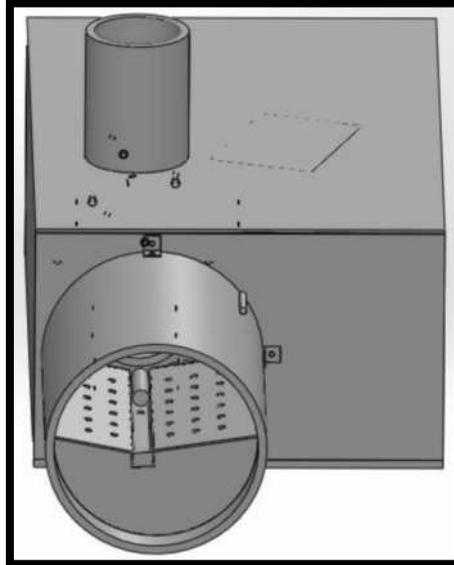
La parrilla encaja perfectamente dentro del cilindro como se muestra en la **Figura 71-2**, el material se almacenara en el parrilla y la resistencia enciende el material y el aire sale por los agujeros para aumentar la temperatura.



**Figura 71-2** Ubicación de la parrilla

Realizado por: Martín López, 2017

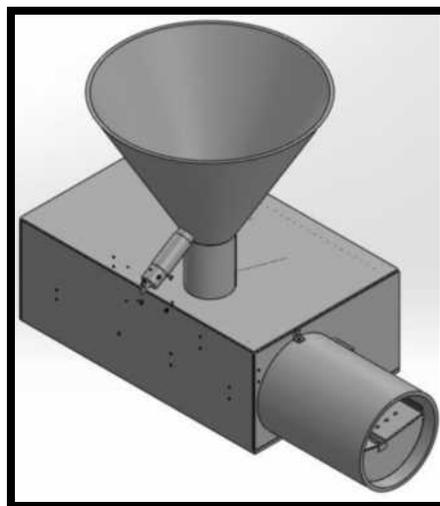
Se sella toda la parte inferior de la parrilla de tal manera que el aire salga únicamente por los agujeros y ubica un sensor de temperatura tipo J como se muestra en la **Figura 72-2**, para controlar la temperatura producida por la llama.



**Figura 72-2** Ubicación de sensor de temperatura

Realizado por: Martín López, 2017

Finalmente, Se ubica la tolva donde se almacena el material, el sensor capacitivo es ubicado de tal manera que detecte el nivel de biomasa dentro de la tolva. De esta manera se tiene el quemador completamente ensamblado, **Figura 73-2**.



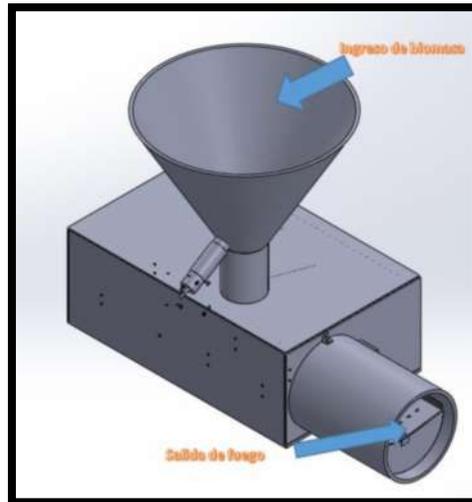
**Figura 73-2** Ubicación de la tolva y sensor capacitivo

Realizado por: Martín López, 2017

## 2.3 Diseño del tablero electrónico

### 2.3.1 Funcionamiento del tablero electrónico

Todos los elementos que forman parte del quemador cumplen un papel fundamental en la automatización. Para elegir cada uno de los elementos se debe conocer el proceso que cumple el quemador.



**Figura 74-2** Proceso de funcionamiento del quemador

Realizado por: Martín López, 2017

La biomasa se coloca manualmente en la tolva, una vez que esté llena, se da inicio a través de una pantalla táctil. El sensor capacitivo detecta que existe material, mientras este activado permite dar inicio al proceso; caso contrario no realiza ninguna función.

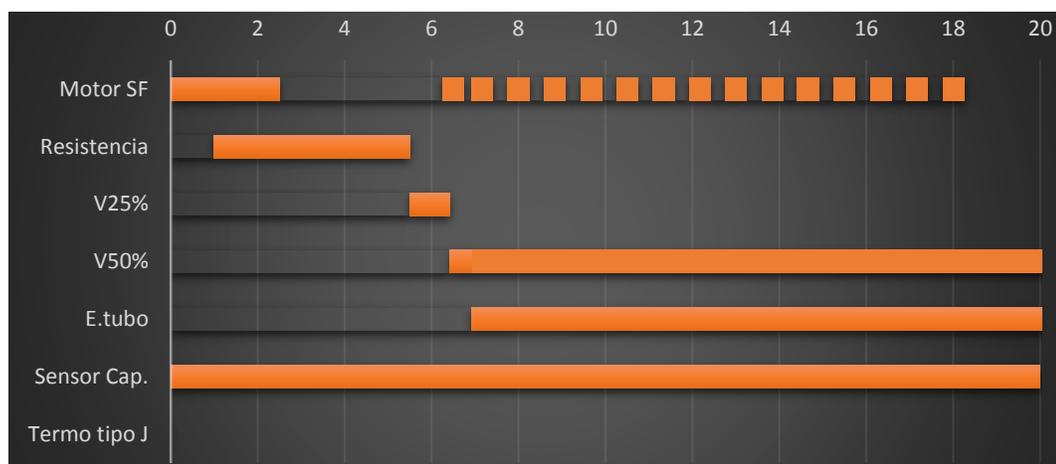
Se da inicio al proceso y se activa el motor con el sinfín conjuntamente y alimentan a la parrilla durante 1 minuto, se enciende la resistencia y el motor se mantiene encendido. Transcurrido 1,5 minutos se apaga el motor y la resistencia permanece 3 minutos, tiempo suficiente para evitar la producción de humo y obtener una combustión completa.

Se enciende el ventilador a una velocidad del 25%, para encender completamente a la biomasa, 0,5 minutos son suficientes para encender el material, transcurrido ese tiempo el motor sinfín alimenta durante 0,167 minutos sin apagar el ventilador.

El ventilador aumenta su velocidad a un 50% durante 0,5 minutos y un pequeño ventilador comienza el proceso de protección para evitar que el calor entre por el transportador. Esta etapa inicial se denomina etapa de encendido, **Grafico 1-2**.

Si la temperatura medida supera a la temperatura ingresada, el motor deja de enviar material a la parrilla y el ventilador reduce la velocidad cada 6 minutos, hasta apagar totalmente la máquina. Aquí existen dos caminos diferentes de funcionamiento:

Si la temperatura se mantiene baja y aún existe material en la tolva el proceso sigue igual; cuando la temperatura se mantiene baja y no hay material en la tolva, el proceso seguirá igual hasta vaciarse el transportador y se apaga.

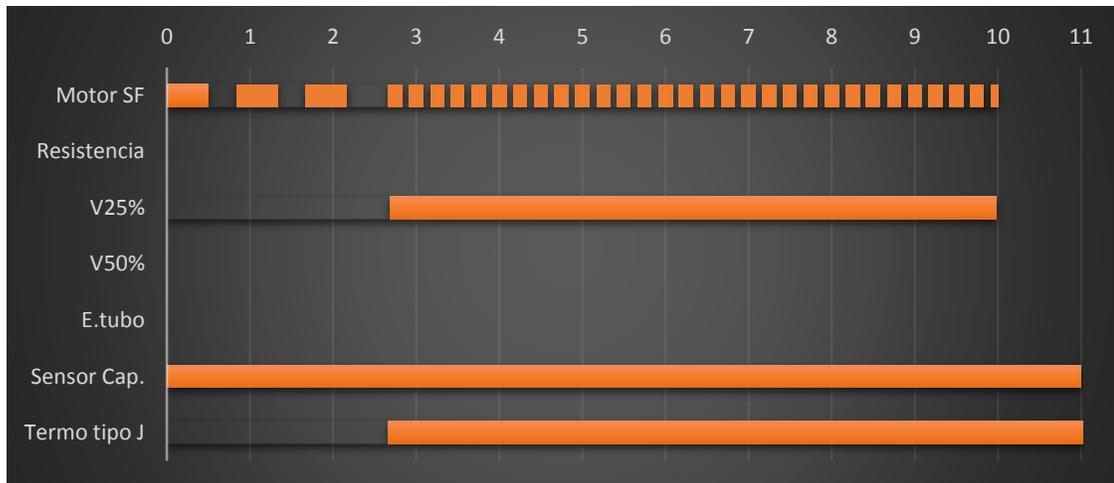


**Gráfico 1-2** Línea temporal de encendido en minutos

Realizado por: Martín López

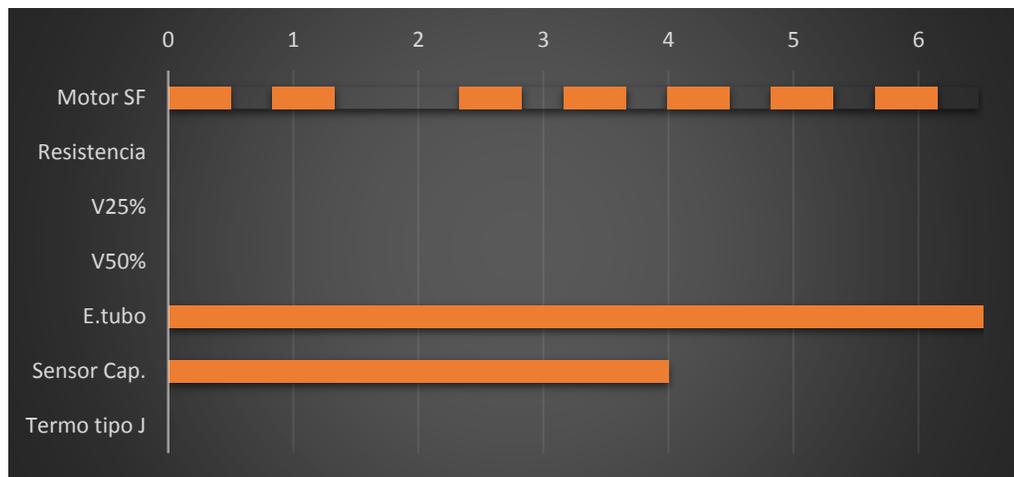
En el **Gráfico 1-2**, se observa la secuencia temporal de encendido del quemador explicado anteriormente. Como situación inicial se considera que el sensor de temperatura se encuentra debajo de la temperatura límite y que el sensor capacitivo detecta material en la tolva.

A partir del minuto 8 el motor empieza a alimentar en lapsos de 0,5 minutos, dando tiempo al material en la parrilla se convierta en ceniza, durante esos periodos pequeños de tiempo el nivel de materia es óptimo para continuar con la combustión.



**Gráfico 2-2** Línea temporal de enfriamiento  
 Realizado por: Martín López 2017

En el **Gráfico 2-2**, se muestra el momento cuando el sensor de temperatura da un valor mayor al necesitado, el funcionamiento es normal y continua la gráfica hasta el minuto 2, a partir del momento que ha subido la temperatura los lapsos de alimentación cambian y el ventilador funciona al 25% reduciendo gradualmente la temperatura.



**Figura 3-2** Línea temporal de vaciado considerando que la temperatura es ideal  
 Realizado por: Martín López 2017

En el **Gráfico 3-2**, se puede observar que se mantiene en la temperatura deseada y el sensor capacitivo deja de sensar a partir del minuto 4, en este momento el autómatas envía un aviso de vacío, si el operador no percibe el aviso se acaba el material del transportador y la máquina se apaga.

## 2.4 Construcción real de Estructura metálica y tablero electrónico

### 2.4.1 Quemador

La construcción real del quemador se hace de acuerdo a las piezas diseñadas en SolidWorks. Se realiza el transportador a partir de un tubo largo del diámetro que se indica en el diseño de la **Figura 21-2** se corta y se suelda, **Figura 77-2**.



**Figura 75-2** Construcción real del transportador  
Realizado por: Martin López, 2017

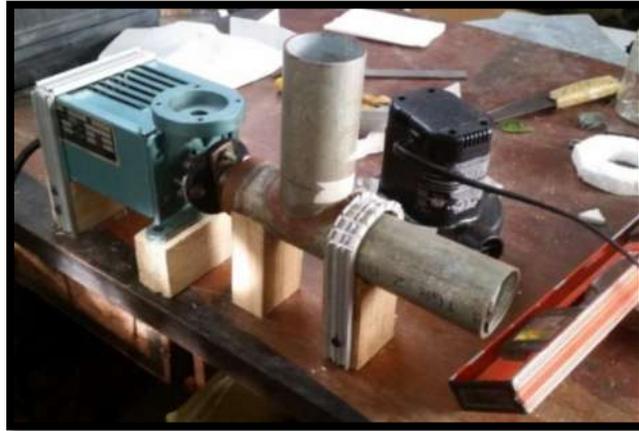
La construcción del sinfín presenta algunas dificultades, las espirales se las hace con arandelas disminuyendo dos milímetros de la medida del diámetro del tubo. Al doblar las arandelas, **Figura 78-2**, la unión entre ellas forma una cruz imposibilitando la soldadura entre ellas. Para corregir este problema se las dobla hasta lograr el acoplamiento perfecto entre cada arandela, un conjunto de 9 arandelas forman la longitud del sinfín.

Se construyen los bocines, el caucho y los pasadores, todo el conjunto se ensambla al transportado tomando en cuenta la alineación del motor, el caucho fusible y el eje del sinfín.



**Figura 76-2** Construcción del Sinfín  
Realizado por: Martin López, 2017

El motor sinfín es constituido por una bobina con espira en cortocircuito. El ventilador posee una salida de aire tangencial al eje de rotación, perfecto para acelerar la combustión del quemador.



**Figura 77-2** Alineación Transportador, sinfín y motor  
Realizado por: Martín López, 2017

Una base de madera grande se ubican todos el conjunto del motor, transportador y sinfín, **Figura 79-2** y se asegura el conjunto con unas abrazaderas.



**Figura 78-2** Sujeción con abrazaderas  
Realizado por: Martín López, 2017

Se realiza las primeras pruebas de transportación de biomasa, la fricción entre el tubo sinfín y el transportador es mínima, la biomasa es transportada sin inconveniente y el conjunto está listo para ser ubicado en la caja.



**Figura 79-2** Construcción de la caja  
Realizado por: Martín López, 2017

Una plancha metálica de 3 mm de grosor, se corta y se dobla formando la caja de la **Figura 81**. Los elementos se ubican sin perder la alineación. Una pequeña tapa se utiliza para la parte frontal en donde se ubica la parrilla.



**Figura 80-2** Tapa frontal del quemador  
Realizado por: Martín López, 2017

En la tapa frontal se hace los agujeros para la salida del ventilador y la resistencia, un tubo de gran diámetro (4in) se utiliza para la salida del fuego que produce la máquina.



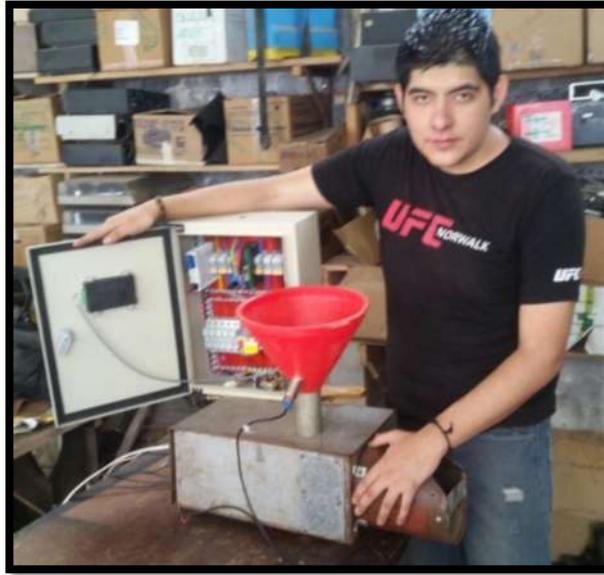
**Figura 81-2** Tubo de combustión y parrilla  
Realizado por: Martín López, 2017

Se construye la parrilla a partir de una plancha y se perforan agujeros pequeños y se atornilla al tubo grande, como protección se adiciona dos ventiladores de DC en serie para proteger el transportador de las altas temperaturas.



**Figura 82-2** Funcionamiento inicial del quemador  
Realizado por: Martín López, 2017

Una prueba inicial con todos los elementos armados es exitosa, a partir de una plancha larga se hizo la tapa superior, completando el quemador. Con la implementación de los ventiladores, el transportador no se calienta, de esta manera la tolva se hace de plástico facilitando al sensor la detección de la biomasa.



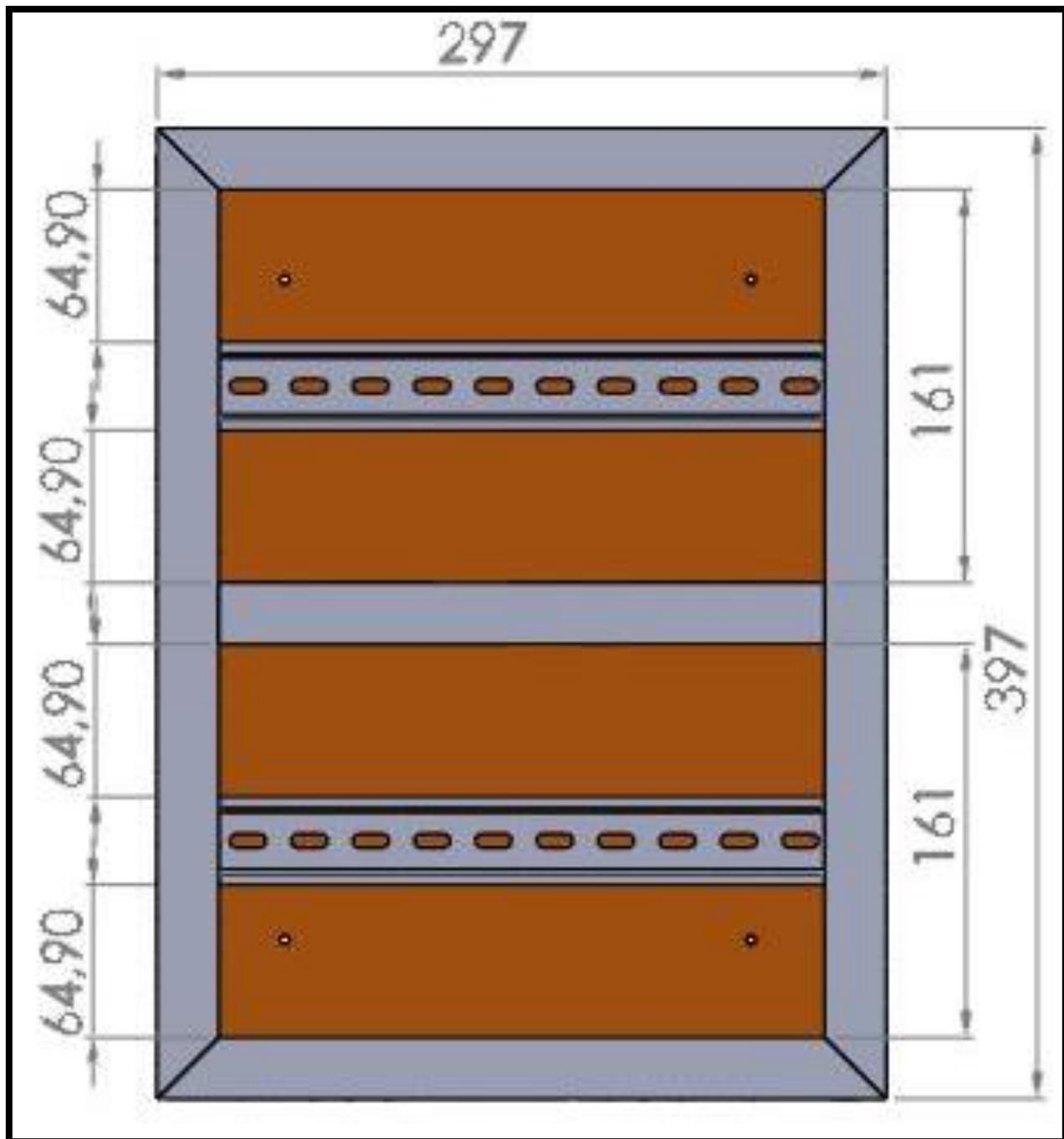
**Figura 83-2** Quemador armado  
Realizado por: Martín López, 2017

#### **2.4.2** *Tablero Electrónico*

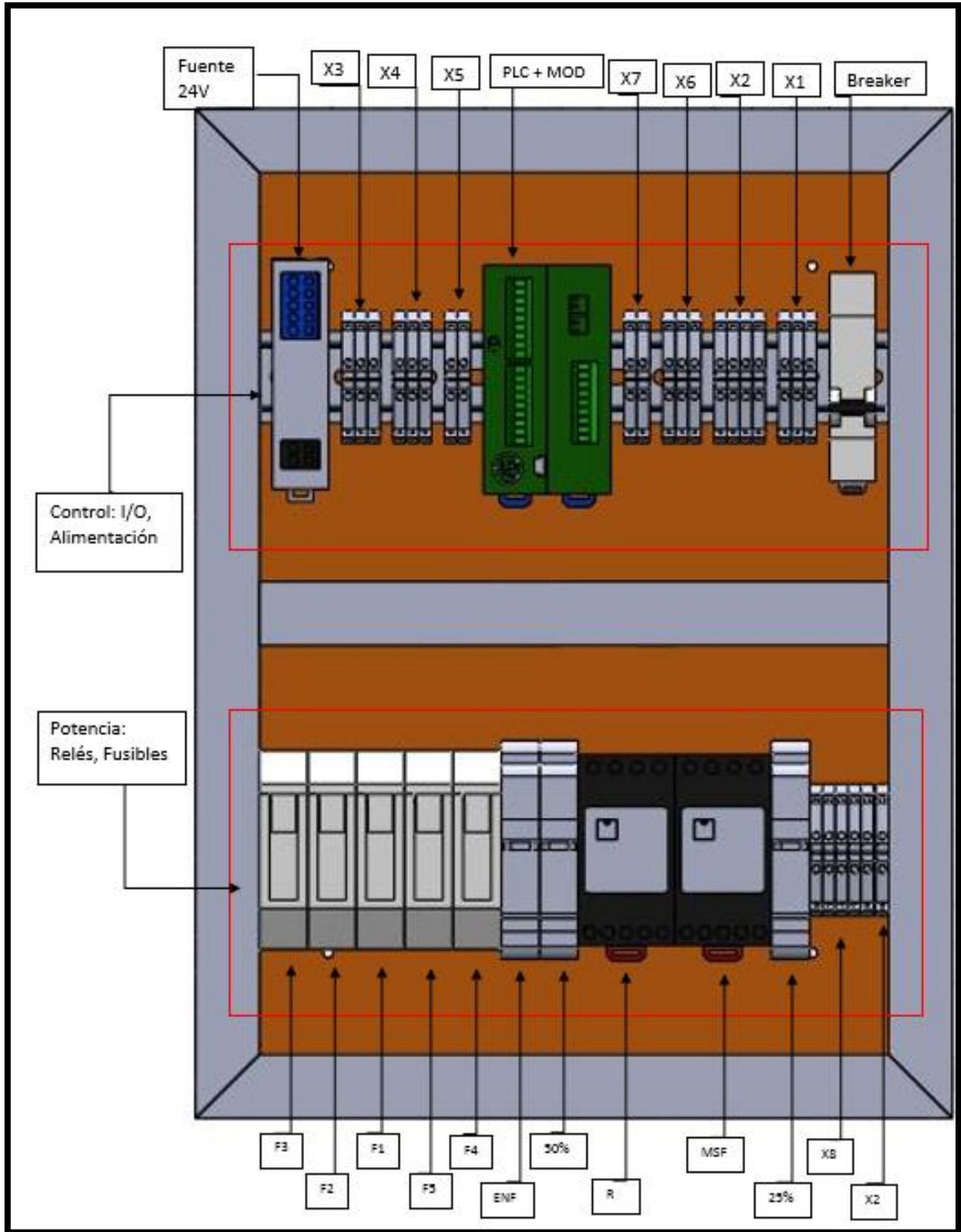
El tablero electrónico se diseña con ayuda de SolidWorks, a partir de una caja de 30cm x 40cm x 15cm se ubican todos los elementos. Una plancha delgada atornillada a la pared trasera de la caja hace de soporte como se muestra en la **Figura 84-2**.

Dos pares de canaletas forman el contorno, y un corte de 45° en sus extremos une entre si las canaletas, debido al grosor de las paredes de la caja la longitud de las canaletas se reduce milímetro y medio por cada extremo, tanto en el ancho como en la altura.

Desde el contorno interno de una de las canaletas que forman el ancho del tablero se ubica la canaleta central a una distancia de 161mm. Dos rieles din pequeños se ubican a 64,9mm desde una de las canaletas que forman el ancho del tablero.



**Figura 84-2** Ubicación Canaletas y Riel Din  
 Realizado por: Martin López, 2017



**Figura 85-2** Circuitos de Control y Potencia  
 Realizado por: Martín López, 2017

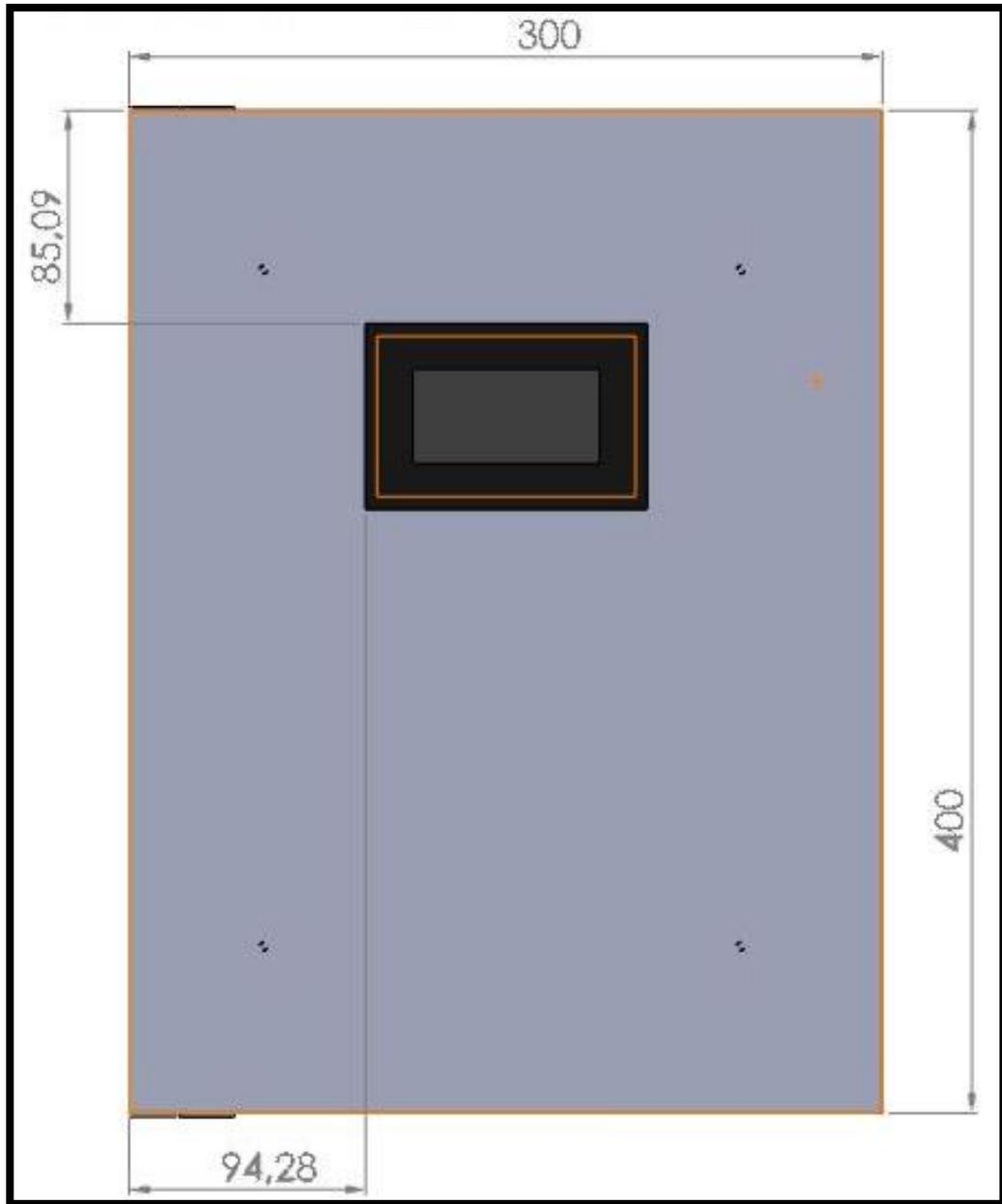
En el riel din superior se ubica el circuito de control y en el riel din inferior se ubica el circuito de potencia como se muestra en la **Figura 85-2**.

**Tabla 5-2** Asignación de elementos

Circuito	Símbolo	Detalle
CONTROL	X1	Conjunto de borneras destinada a distribuir la línea de 120V.
	X2	Conjunto de borneras destinadas a distribuir el neutro.
	X3	Conjunto de borneras destinadas a distribuir el voltaje de la fuente +24V
	X4	Conjunto de borneras destinadas a unir el negativo de la fuente.
	X5	Conjunto de borneras destinadas a recibir la señal del sensor capacitivo y conectarlo al PLC.
	X6	Conjunto de borneras que señalan las salidas del PLC a un común de 120V.
	X7	Conjunto de borneras que señalan las salidas del PLC a un común de 24V
	PLC + MOD	PLC FP0RC14 y al módulo de expansión para termocupla FPOA21.
	Breaker	Breaker principal de todo el tablero.
POTENCIA	F1	Fusible y Portafusible que protegerá a la resistencia.
	F2	Fusible y Portafusible que protegerá al ventilador 50%
	F3	Fusible y Portafusible que protegerá al ventilador al 50% + Enfriamiento
	F4	Fusible y Portafusible que protegerá al ventilador 25%
	F5	Fusible y Portafusible que protegerá al Motor Sinfín
	X8	Conjunto de borneras donde se conectaran todos los actuadores a través de una manguera.
	X2	Neutro común de todos los actuadores.

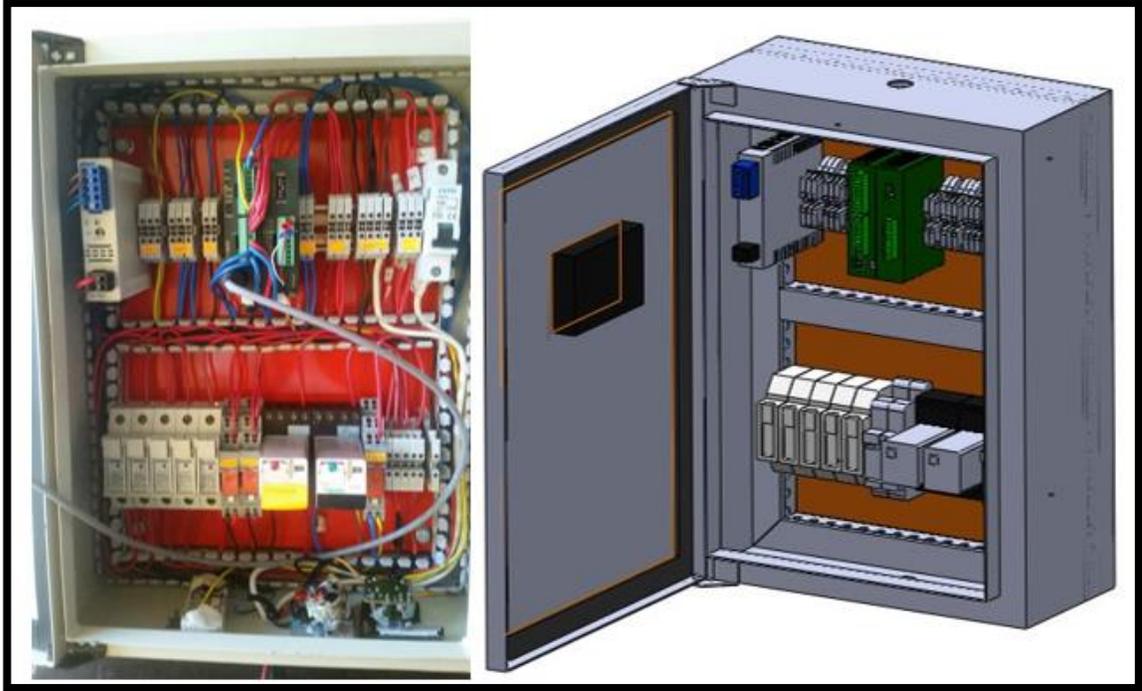
Realizado por: Martin López

En la **Tabla 5-2** se indica el significado de cada nombre asignado a los elementos del tablero de cada circuito. Una vez hecho el tablero electrónico se ubica la pantalla táctil en la tapa de la caja metálica, la **Figura 86-2** detalla las dimensiones para ubicar la pantalla.



**Figura 86-2** Ubicación de la pantalla táctil GT02  
Realizado por: Martín López, 2017

El diseño simulado del tablero se hizo a la par con la construcción real, la construcción real fue un éxito y las medidas no tuvieron ningún desfase al construirlo.



**Figura 87-2** Tablero Electrónico finalizado  
Realizado por: Martin López, 2017

En la **Figura 87-2** se muestra el diseño versus la realidad, al ubicar los dispositivos coinciden perfectamente como en el diseño virtual. Se lleva a cabo el cableado de cada etapa, con ayuda de EPLAN electric P8 se realiza los planos de conexión de cada etapa existente.

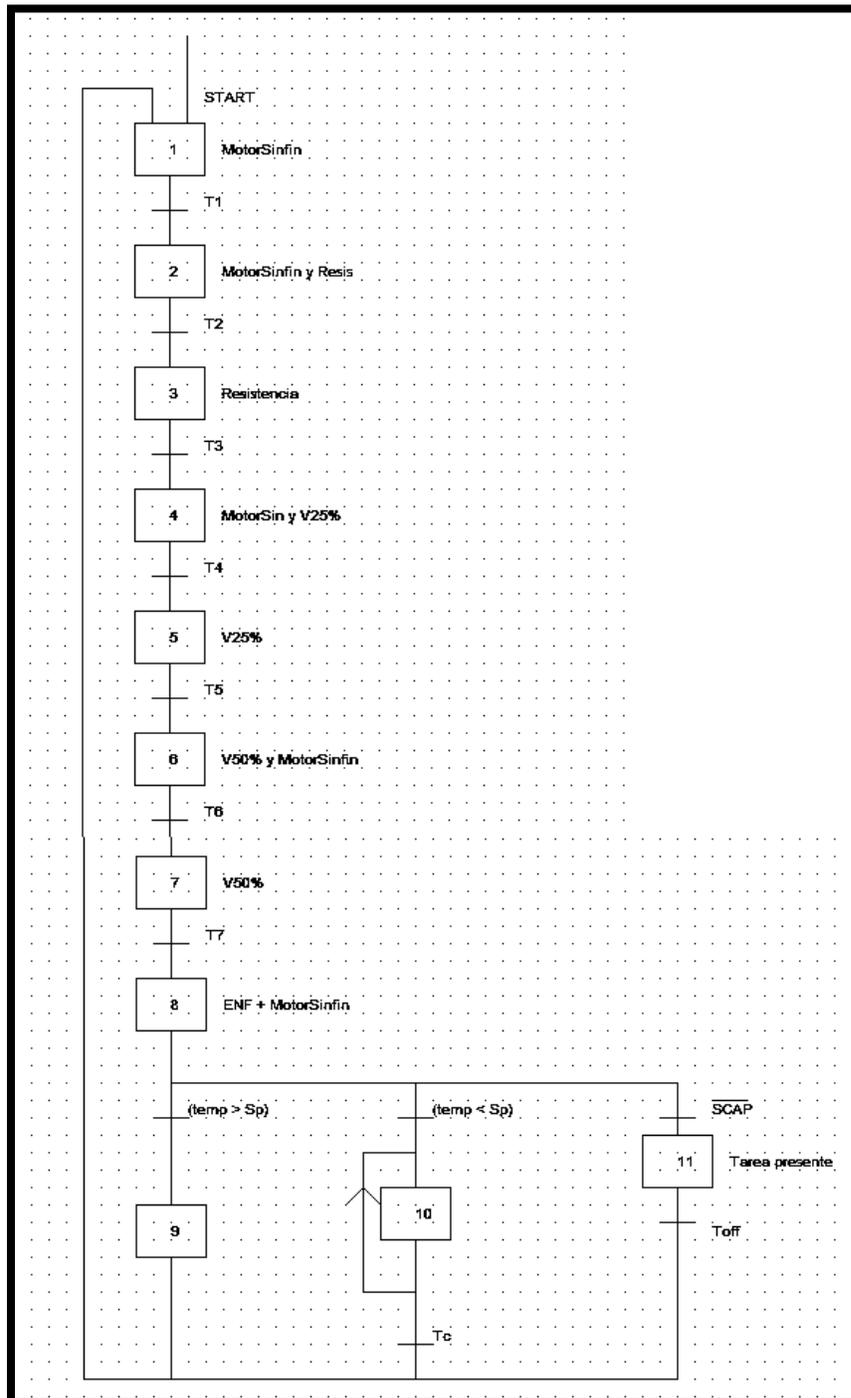
Existen 8 planos de conexión ubicados en el Anexo I, son: la alimentación de la fuente y conexión del Breaker principal, Alimentación del PLC, Entradas Analógicas, Entradas digitales, Salidas digitales con común a 120V, Salidas digitales con común a 24V, Circuito de potencia y Conexión PLC – pantalla.

El plano de alimentación de la fuente y conexión del Breaker muestra la conexión del Breaker principal que alimenta a todo el tablero electrónico y además muestra la conexión de alimentación de fuente. En el plano de Alimentación del PLC se muestra la conexión de alimentación desde las borneras de alimentación de 24V hasta un conector RS485.

El plano de Entradas Analógicas muestra la conexión de la termocupla. Existen dos planos para las salidas digitales dadas por su común a 120V y a 24V, las bobinas que se accionan en estos dos planos corresponden a un contacto normalmente cerrado en el plano de potencia donde se accionan los actuadores. El plano PLC – pantalla muestra la conexión de la pantalla táctil y el PLC.

## 2.5 Programación del PLC

### 2.5.1 Grafcet



**Figura 88-2** Grafcet del proceso de funcionamiento  
Realizado por: Martín López, 2017

A través del Grafcet podemos hacer el modelo gráfico del proceso del quemador, en el **Grafico 1-2**, **Grafico 2-2** y **Grafico 3-2**, se explica el proceso de funcionamiento en función al tiempo. Hacer un Grafcet de todo el proceso posee gran dificultad, mediante una superposición de procesos se resuelve individualmente el funcionamiento de cada actuador y su conjunto forma el proceso completo.

El proceso de programación tiene una combinación intuitiva y Grafcet. En la **Figura 88-2**, se muestra el Grafcet resultante del proceso de funcionamiento del quemador. Un botón de inicio comenzará todo el proceso siempre y cuando el sensor capacitivo detecte que exista biomasa en la tolva.

El proceso de encendido se encuentra desde la etapa 1 hasta la 8. A partir de este punto el sensor de temperatura comienza a tomar datos de la temperatura, si la temperatura excede el proceso de enfriamiento es interpretado por la etapa 9.

Si el proceso no presenta un aumento de temperatura interactúa la etapa 10, manteniendo la alimentación del transportador. Si el sensor capacitivo deja de detectar material el proceso actual se mantiene durante 4 minutos y si la tolva no se llena la maquina se apaga en su totalidad.

Antes de comenzar con la programación de PLC se debe conocer las variables que envía la pantalla táctil. En la **Tabla 6-2** se muestra la información que se recibe o se envía la pantalla táctil al PLC.

**Tabla 6-2** Asignación de espacio de memoria a los botones

MODO MANUAL	
GRAFICA	VARIABLE
Botón motor sinfín	R35
Botón ventilador 25%	R37
Enfriamiento tubo	R39
Botón resistencia	R36
Botón ventilador 50%	R38
Indicador motor sinfín	Y5
Indicador ventilador 25%	Y4
Indicador ventilador 100%	Y2
Indicador resistencia	Y0
Indicador ventilador 50%	Y1
AUTOMATICO	
START	R30
STOP	R32
Temperatura Ingresada	DT3

Temperatura medida	DT4
Indicador tolva vacía	X0
Regreso a menú principal	R3A

Realizado por: Martin López

La información que transmite la pantalla son las direcciones de memoria RXX y DTX, la comunicación es transparente y las memorias RXX se asignan a las salidas y entradas del PLC y las DTX se asigna como variable de medición de temperatura, monitoreando directamente su funcionamiento.

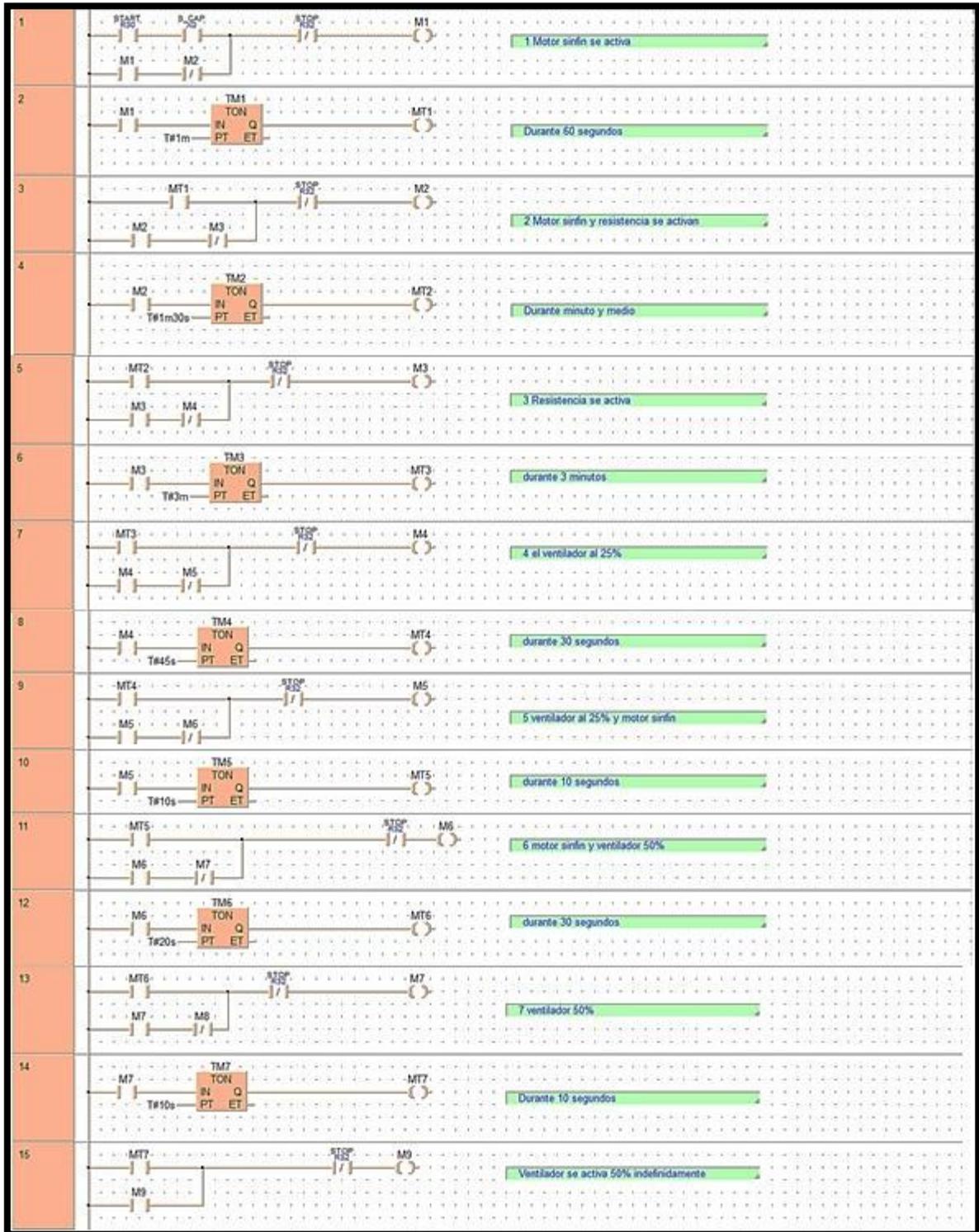
### 2.5.2 Programación

A través del lenguaje LADDER del software del PLC FPWIN, el Grafcet pasa a ser un programa que el PLC entiende como instrucciones para llevar a cabo todo el proceso. Las 8 primeras etapas llevan a cabo la combustión completa del material.

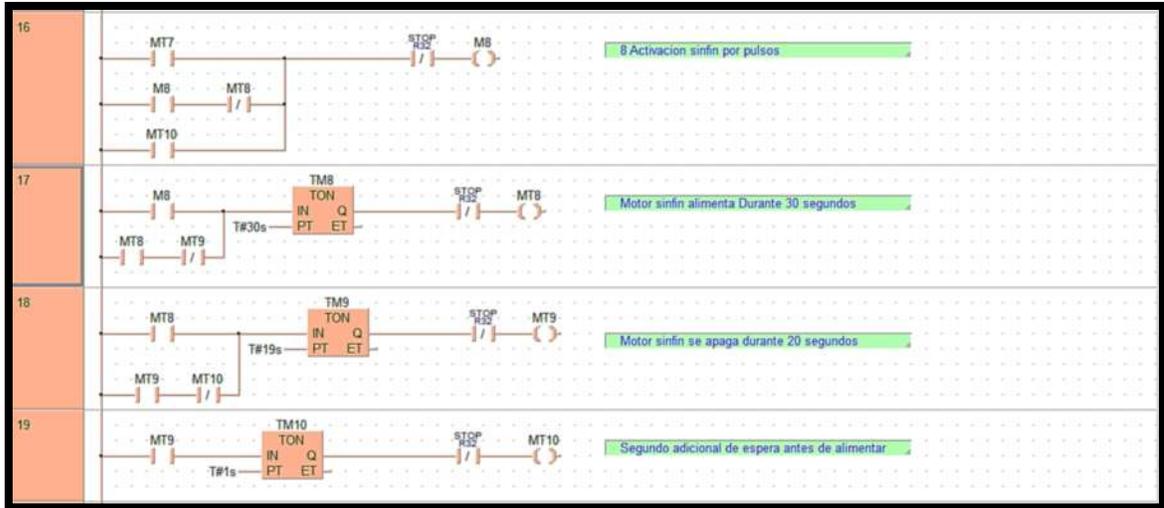
En la **Figura 88-2**, se muestra la etapa de encendido, donde el motor sinfín llena la parrilla durante un tiempo de un minuto dado por el temporizador TM1, luego se enciende la resistencia sin apagarse el motor sinfín y funcionan conjuntamente durante minuto y medio, tiempo establecido por TM2.

El tiempo que transcurre es suficiente para llenar la parrilla y el motor sinfín se apaga, la resistencia necesita más tiempo para encender la biomasa y permanece activada durante tres minutos. El ventilador entra en funcionamiento con un 25% de su velocidad para ayudar a la combustión del material durante tres cuartos de minuto.

Sin apagarse el ventilador el motor sinfín alimenta durante un corto tiempo de 10 segundos, el ventilador sube su velocidad al 50% sin apagar el motor sinfín, trabajando conjuntamente durante 30 segundo. El motor sinfín se apaga y el ventilador permanece 10 segundos más y el ventilador se activa indefinidamente y el motor sinfín alimenta por lapsos.

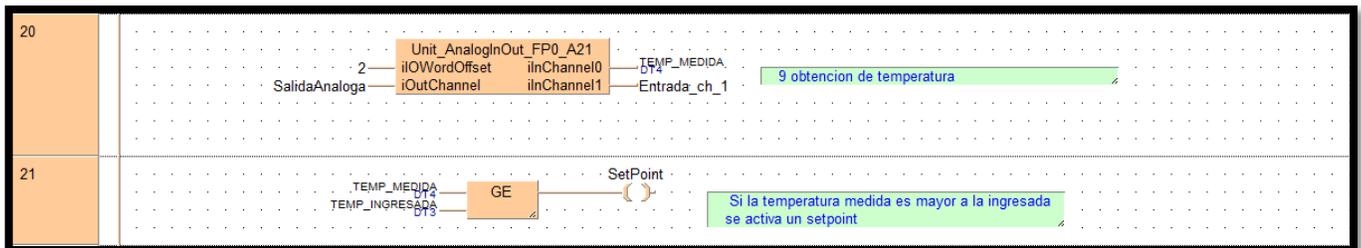


**Figura 89-2** Encendido de la biomasa  
 Realizado por: Martin López, 2017



**Figura 90-2** Alimentación por lapsos de tiempo  
 Realizado por: Martín López, 2017

El motor sinfín funciona durante 30 segundos y se desactiva durante 20 segundos como se muestra en la **Figura 90-2**, mientras la temperatura es la indicada el motor sinfín permanece en acción indefinidamente o hasta que el material de la tolva se acabe.

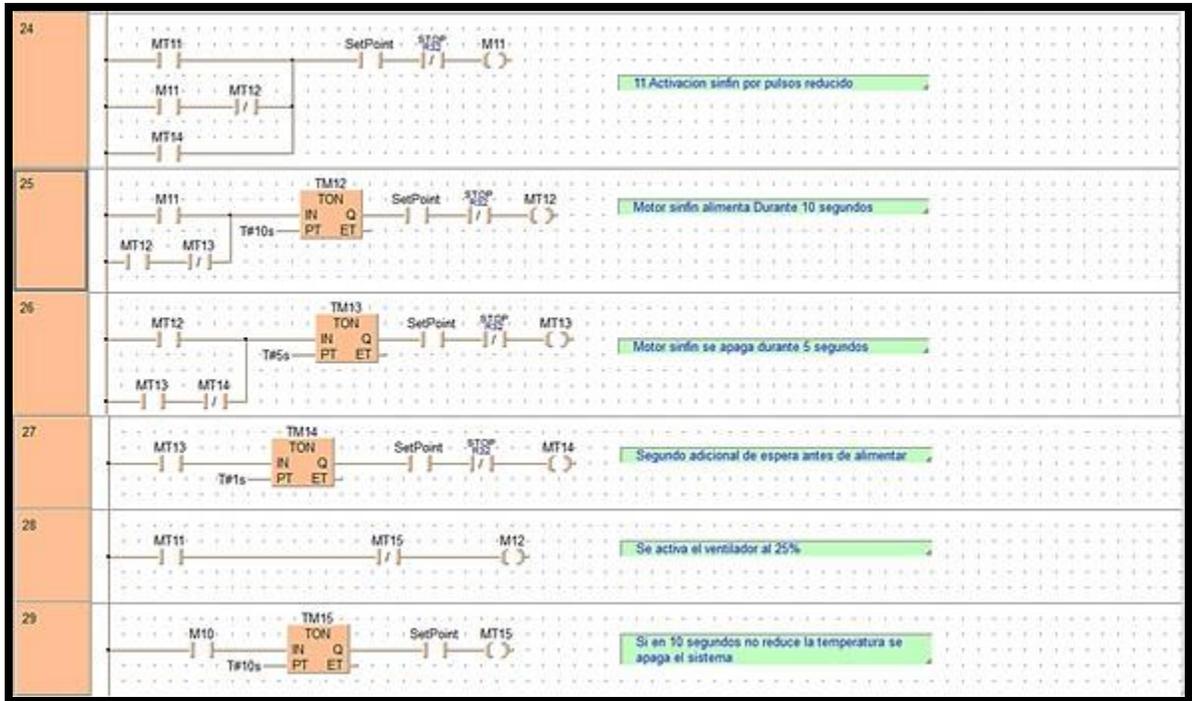


**Figura 91-2** Medición y comparación de temperatura  
 Realizado por: Martín López, 2017

Cuando la biomasa se encienda la termocupla empieza hacer su trabajo, para lograr esto en el programa declara el módulo de expansión FP0-A21 y de acuerdo a la **Tabla 6-2**, los espacios de memoria asignadas a las temperaturas medida e ingresada son DT4 y DT5, respectivamente.

Como se muestra en la **Figura 91-2**, el módulo posee dos canales de entrada, un canal de salida y un offset, la termocupla se encuentra conectada en el canal de entrada 0 y la salida analógica no es utilizada, el offset en su particularidad indica el número de modulo que se esté utilizando, es decir, al módulo 1 se asigna el número 2, al módulo 2 se asigna el número 4, así sucesivamente.

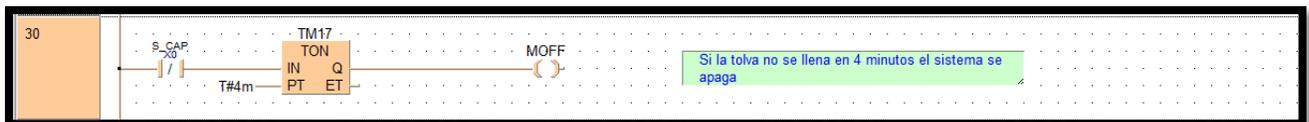
La temperatura que se obtiene en la variable ya está transformada a grados centígrados. La temperatura obtenida por el sensor se compara con la temperatura que queremos mantener, a través de un cuadro de comparación “mayor igual que” activamos una bobina llamada setpoint.



**Figura 92-2** Enfriado

Realizado por: Martín López, 2017

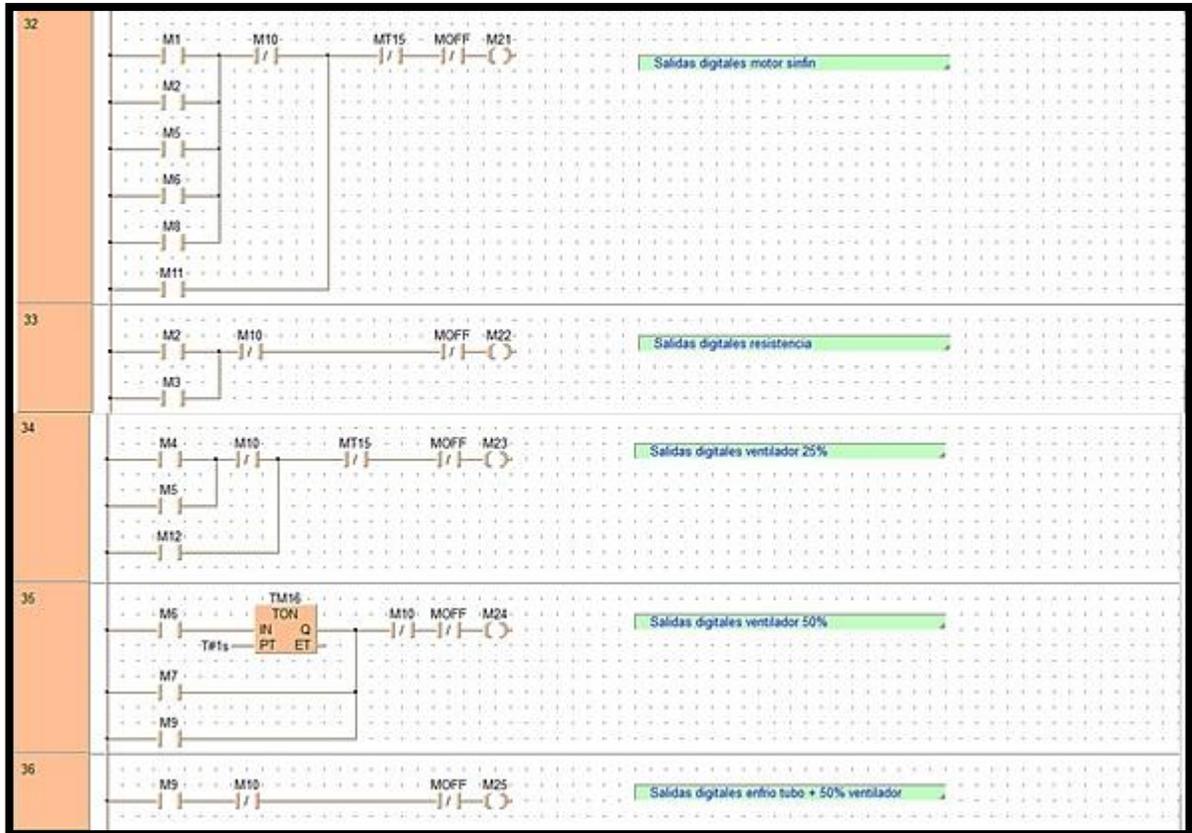
Cuando la temperatura sobrepase el nivel ingresado, comienza el proceso de enfriamiento. Como se muestra en la **Figura 92-2**, el motor sinfín alimenta durante lapsos de tiempo más cortos y la velocidad del ventilador se mantiene en 25%, si la temperatura no baja el sistema se apaga.



**Figura 93-2** Aviso de tolva vacía

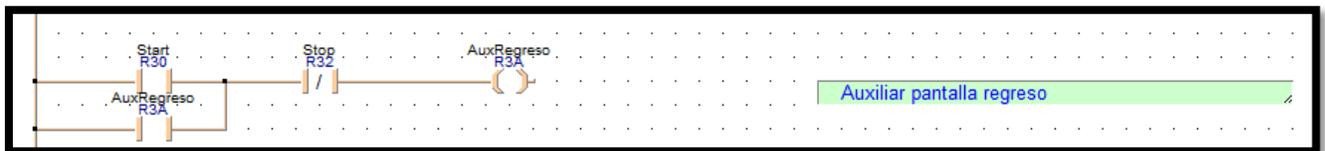
Realizado por: Martín López, 2017

El sensor capacitivo se desactiva cuando deja de detectar el material, dando un tiempo de 4 minutos para vaciar todo el material existente en el transportador, como se muestra en la **Figura 93-2**.



**Figura 94-2** Salidas digitales  
 Realizado por: Martín López, 2017

Cada salida digital corresponde a una bobina, espacio de memoria RXX que se asigna al contacto que activa a cada salida física.



**Figura 95-2** Memoria auxiliar para regreso de menú  
 Realizado por: Martín López, 2017

Una memoria auxiliar se utiliza como condicionante en la pantalla táctil en el modo automático, si ya se comenzó el proceso el botón de regreso de pantalla desaparece, a menos que se pare el proceso.

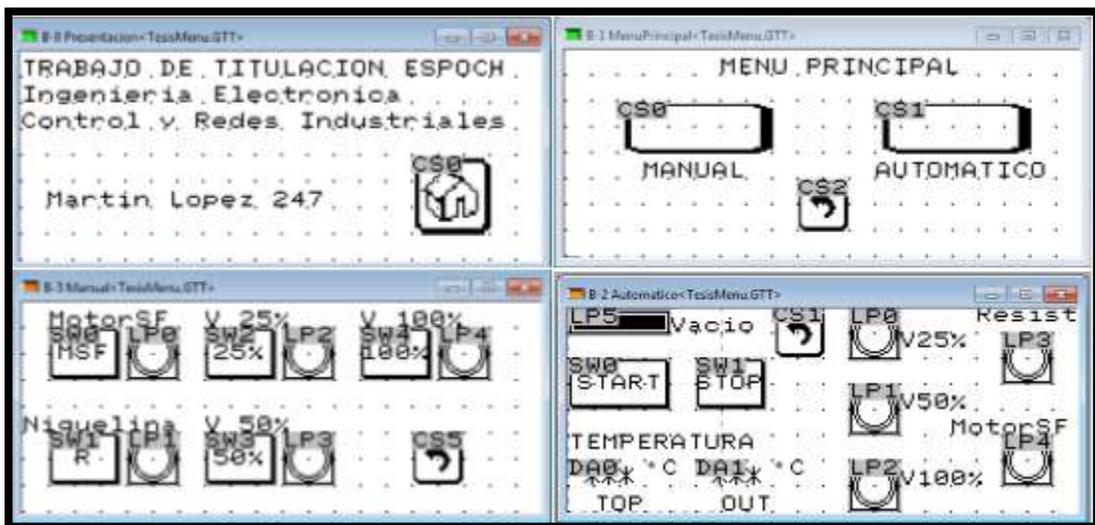


**Figura 96-2** Salidas Reales  
Realizado por: Martin López, 2017

## 2.6 HMI

### 2.6.1 Diseño de interfaz grafica

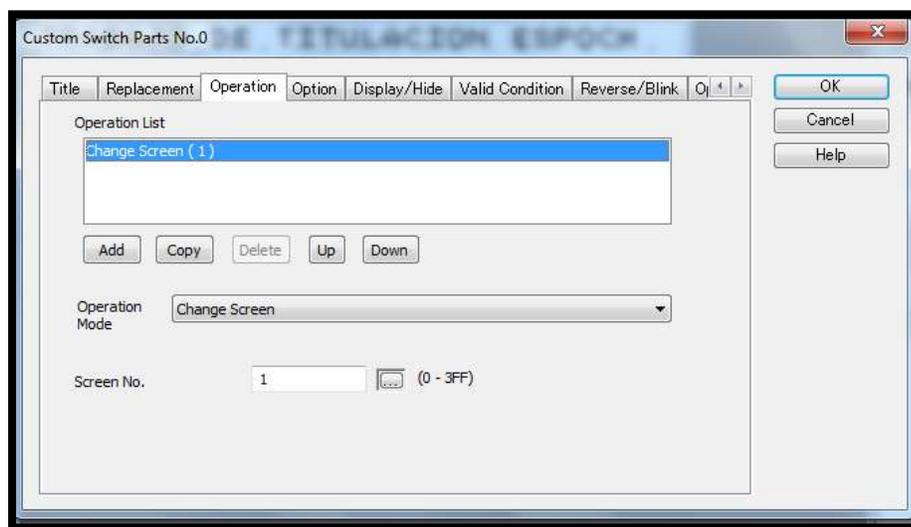
Cuatro pantallas programadas forman el interfaz de control como se muestra en la **Figura 97-2**, una pequeña introducción y un menú que permite elegir modo manual y modo automático. Dentro del menú el modo manual se activa independientemente a cada actuador y el modo automático mantiene la secuencia del Grafcet.



**Figura 97-2** Cuatro pantallas programadas  
Realizado por: Martin López, 2017

Cada gráfico posee una dirección que corresponde a un contacto en el programa del PLC, las variables que se utilizan en la comunicación son espacios de memorias con denominación hexadecimal, las variables asignadas a los botones se las hace a partir de la memoria R30. En el caso de la temperatura ingresada y medida su valor es asignado a un espacio de memoria DT3 y DT4, respectivamente.

Los botones que permiten cambiar a otra pantalla no tienen direcciones, se configura como change screen y se selecciona el número asignado a cada pantalla.



**Figura 98-2** Configuración “Change screen”  
Realizado por: Martin López, 2017

En la **Figura 98-2**, se observa la configuración para cambiar de pantalla, en la casilla Screen, se selecciona el número de la pantalla a la que se desee ingresar.

## 2.7 Determinación del funcionamiento, muestra y datos finales

Finalizado el diseño y construcción del quemador se realiza diferentes pruebas tanto de funcionamiento como de consumo de biomasa. El objetivo principal se cumple en la construcción y diseño del quemador.

Para comprobar el rendimiento del quemador con relación al gas licuado de petróleo se realiza un muestreo por observación y se compara el consumo de cilindros de gas en 8 horas considerando un día de trabajo. Para que la muestra sea válida, se determina 30 datos tanto en consumo de gas como en consumo de biomasa dado por el quemador.

La **Tabla 7-2** representa la muestra del consumo de gas licuado de petróleo y se miden los datos en cilindros “c”, se considera que cada cilindro lleno tiene un peso de 15kg.

**Tabla 7-2** Muestreo de GLP

	Día 1 8h	Día 2 8h	Día 3 8h	Día 4 8h	Día 5 8h	Día 6 8h	Día 7 8h	Día 8 8h	Día 9 8h	Día 10 8h
Muestra GLP	4c	3.5c	4c	4c	4.25c	3c	3.5c	3c	3c	3c

Realizado por: Martín López, 2017

Día 11 8h	Día 12 8h	Día 13 8h	Día 14 8h	Día 15 8h	Día 16 8h	Día 17 8h	Día 18 8h	Día 19 8h	Día 20 8h
3.5c	4c	4c	3c	3.5c	3c	3.5c	4c	4,5c	3,5c

Realizado por: Martín López, 2017

Día 21 8h	Día 22 8h	Día 23 8h	Día 24 8h	Día 25 8h	Día 26 8h	Día 27 8h	Día 28 8h	Día 29 8h	Día 30 8h
4c	3.25c	4.5c	3c	4c	4.5c	4c	3.5c	3.75c	4c

Realizado por: Martín López, 2017

Para que la información sea válida se convierte la cantidad de cilindros utilizados en kilogramos y se compara con la muestra de biomasa.

**Tabla 8-2** Conversión de cilindros de GLP a Kg

	Día 1 8h	Día 2 8h	Día 3 8h	Día 4 8h	Día 5 8h	Día 6 8h	Día 7 8h	Día 8 8h	Día 9 8h	Día 10 8h
Muestra GLP	60kg	52.5kg	60kg	60kg	63.75kg	45kg	52.5kg	45kg	45kg	45kg

Realizado por: Martín López, 2017

Día 11 8h	Día 12 8h	Día 13 8h	Día 14 8h	Día 15 8h	Día 16 8h	Día 17 8h	Día 18 8h	Día 19 8h	Día 20 8h
52.5Kg	60Kg	60Kg	45Kg	52.5Kg	45Kg	52.5Kg	60Kg	67.5Kg	52.5Kg

Realizado por: Martín López, 2017

Día 21 8h	Día 22 8h	Día 23 8h	Día 24 8h	Día 25 8h	Día 26 8h	Día 27 8h	Día 28 8h	Día 29 8h	Día 30 8h
60Kg	48.75Kg	67.5Kg	45Kg	60Kg	67.5Kg	60Kg	52.5Kg	56.25Kg	60Kg

Realizado por: Martín López, 2017

**Tabla 9-2** Muestra de consumo de biomasa dada por el quemador

	Día 1 8h	Día 2 8h	Día 3 8h	Día 4 8h	Día 5 8h	Día 6 8h	Día 7 8h	Día 8 8h	Día 9 8h	Día 10 8h
Muestra Biomasa	48kg	42kg	50kg	41kg	55kg	38kg	35kg	41kg	34kg	42kg

Realizado por: Martín López, 2017

Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20
8h									
48kg	49kg	51kg	47kg	53kg	37kg	41kg	34kg	43kg	47kg

Realizado por: Martín López, 2017

Día 21	Día 22	Día 23	Día 24	Día 25	Día 26	Día 27	Día 28	Día 29	Día 30
8h									
55kg	45kg	50kg	37kg	39kg	41kg	44kg	34kg	55kg	49kg

Realizado por: Martín López, 2017

La muestra de biomasa se obtiene en kilogramos dada en la **Tabla 9-2**. Como las dos muestras son iguales se realiza un análisis estadístico entre las dos muestras. Se plantea una hipótesis de tal manera que comprueba si la biomasa sustituye al GLP y reduce porcentualmente el consumo de gas. El análisis estadístico aplicado es T-students considerando varianzas diferentes y los datos iniciales son:

**Datos:**

$$N = 30 \qquad S_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X}_1)^2}{gl} = 54,46$$

$$gl = N - 1 = 29$$

$$\alpha = 5\% \qquad S_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X}_2)^2}{gl} = 43,11$$

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} = 55,13$$

$$\bar{X}_2 = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} = 44,17$$

Donde,

N = Número de datos obtenidos en la muestra

gl = Grados de libertad

$\alpha$  = Nivel de significancia

$\bar{X}_i$  = Media de la muestra correspondiente a i.

$S_i^2$  = Varianza de la muestra correspondiente a i

Como las varianzas entre las muestras son muy diferentes una de la otra se hace un análisis para dos muestras con varianzas diferentes. Se plantea una hipótesis nula y una hipótesis alternativa.

H<sub>0</sub>:  $\bar{X}_1 = \bar{X}_2$ : Las muestras son iguales y se puede utilizar GLP o Biomasa.

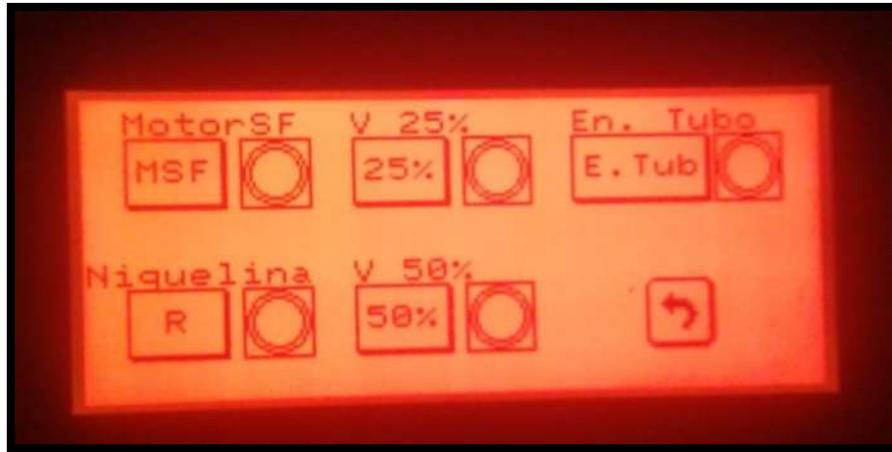
H<sub>1</sub>:  $\bar{X}_1 \neq \bar{X}_2$ : Las muestras son diferentes y la biomasa ahorra un consumo de combustible.

## CAPITULO 3

### 3 ANÁLISIS DISCUSIÓN Y RESULTADOS

#### 3.1 Funcionamiento

Existen tres parámetros importantes que se consideraron para que el funcionamiento sea correcto: Temperatura, consumo de la combustión de la biomasa, la comprobación del Grafcet, funcionamiento correcto de sensores y actuadores.



**Figura 1-3** Prueba de actuadores en modo manual

Realizado por: Martín López, 2017

En la **Figura 1-3** se muestra el modo manual el cual permitió comprobar el funcionamiento de cada actuador independientemente del proceso, el proceso de encendido se lo puede hacer manualmente por este modo.



**Figura 2-3** Activación del motor sinfín

Realizado por: Martín López, 2017

Antes de que empezara con el proceso automático se aseguró que la tolva este llena y la temperatura ingresada este al límite deseado. Como se muestra en la **Figura 2-3**, el motor sinfín llenó la parrilla en un tiempo de dos minutos y se activó la resistencia.



**Figura 3-3** Parrilla llena de biomasa  
Realizado por: Martín López, 2017

El proceso de la biomasa que tardó en hacer combustión desde que se activó la resistencia fue de tres minutos. La biomasa inicialmente produjo una cantidad considerable de humo, debido a la humedad de la biomasa.



**Figura 4-3** Encendido de biomasa  
Realizado por: Martín López, 2017

La cantidad de humo producida por la biomasa depende del material que se haya fabricado. Transcurrido los tres minutos el ventilador se activó en un 25% de su velocidad.



**Figura 5-3** Emanación de humo encendido de biomasa  
Realizado por: Martín López, 2017

Una vez que la biomasa generó combustión el humo desapareció. La cantidad humo es considerable como se muestra en la **Figura 5-3**. La temperatura máxima ingresada fue de 500 grados centígrados y se determinó una medida máxima de 400 grados centígrados. Si se excede esta temperatura los actuadores y el mismo sensor pueden sufrir daños.



**Figura 6-3** Biomasa combustión completa  
Realizado por: Martín López, 2017

Encendida la biomasa el ventilador cambió su velocidad al 50% y se encendió los ventiladores para enfriar el transportador, se observó que el tubo cilíndrico de salida de aire era demasiado corto, la biomasa encendida salía de la parrilla como pequeños proyectiles, se solucionó este inconveniente adicionando un tubo de prueba de mayor diámetro y mayor longitud.



**Figura 7-3** Corrección tubo de salida de fuego  
Realizado por: Martín López, 2017

Una longitud de 25 centímetros solucionó el problema de los pequeños proyectiles. El funcionamiento normal de la temperatura límite fue exitosa, en el momento de que la tolva avisó que no existía material en la tolva un temporizador programado transcurso un tiempo de 10 minutos para que el operador llene nuevamente la tolva.

El proceso de enfriado resultó exitoso, cuando la temperatura medida superó a la temperatura que se ingresó, el proceso actual se detuvo y se apagó todo durante un lapso de 6 minutos, si la temperatura seguía alta el ventilador se activó nuevamente en un 25%.

En la mayoría de pruebas los resultados fueron prometedores, el consumo de biomasa fue de un aproximado de 1Kg en 30min. Gracias a la distribuidora de dulces La Selecta, **Figura 8-3**, se determinó cuantos tanques de gas licuado de petróleo son utilizados para realizar su producción.

### 3.2 Análisis estadístico entre biomasa y gas licuado de petróleo

Se realizó estudio estadístico comparativo que permitió determinar si se puede sustituir el gas licuado de petróleo con la biomasa, los resultados se obtuvieron a partir de una comparación de las dos muestras dadas por la **Tabla 8-2** y **Tabla 9-2**.



**Figura 8-3** Sistema a GLP dulcería La Selecta  
Realizado por: Martín López, 2017

En la **Figura 8-3**, se muestra el proceso de fabricación de los dulces y su sistema utiliza gas licuado de petróleo. En la **Tabla 1-3**, indica la comparación de las muestras, datos obtenidos por un muestreo por observación, además se debe conocer que un cilindro de GLP una vez liberado al ambiente se expande 200 veces en gas.

**Tabla 1-3** Comparación de muestras GLP y biomasa

	Día 1 8h	Día 2 8h	Día 3 8h	Día 4 8h	Día 5 8h	Día 6 8h	Día 7 8h	Día 8 8h	Día 9 8h	Día 10 8h
Muestra GLP	60kg	52.5kg	60kg	60kg	63.75kg	45kg	52.5kg	45kg	45kg	45kg
Muestra Biomasa	48kg	42kg	50kg	41kg	55kg	38kg	35kg	41kg	34kg	42kg

Realizado por: Martín López, 2017

Día 11 8h	Día 12 8h	Día 13 8h	Día 14 8h	Día 15 8h	Día 16 8h	Día 17 8h	Día 18 8h	Día 19 8h	Día 20 8h
52.5Kg	60Kg	60Kg	45Kg	52.5Kg	45Kg	52.5Kg	60Kg	67.5Kg	52.5Kg
48kg	49kg	51kg	47kg	53kg	37kg	41kg	34kg	43kg	47kg

Realizado por: Martín López, 2017

Día 21 8h	Día 22 8h	Día 23 8h	Día 24 8h	Día 25 8h	Día 26 8h	Día 27 8h	Día 28 8h	Día 29 8h	Día 30 8h
60Kg	48.75Kg	67.5Kg	45Kg	60Kg	67.5Kg	60Kg	52.5Kg	56.25Kg	60Kg
55kg	45kg	50kg	37kg	39kg	41kg	44kg	34kg	55kg	49kg

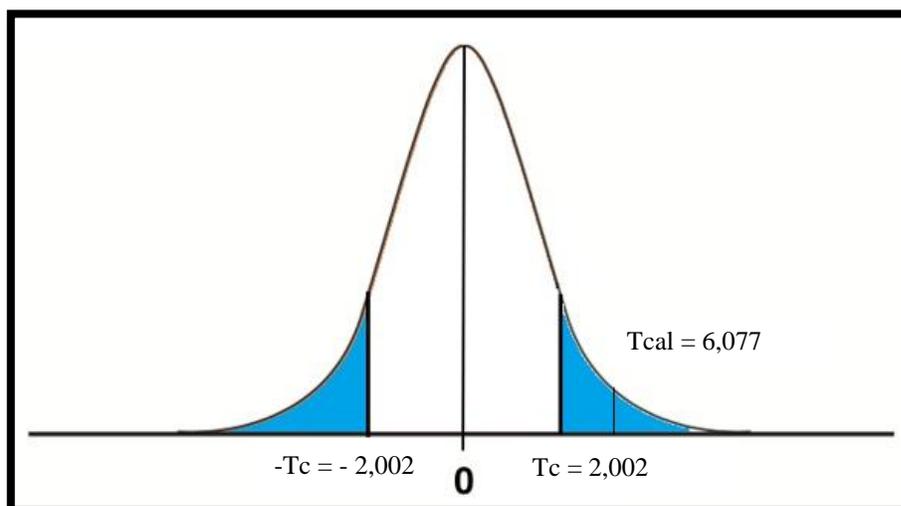
Realizado por: Martín López, 2017

Se realizó el análisis estadístico con ayuda de Excel, con la herramienta análisis de datos se hizo una prueba T-students para dos muestras diferentes con un nivel de significancia del 5%.

**Tabla 2-3**T students dos muestras varianzas diferentes

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales		
	GLP	BIOMASA
Media	55,125	44,17
Varianza	54,46	43,11
Observaciones	30	30
Diferencia hipotética de las medias	0	
<b>Estadístico t</b>	<b>6,077</b>	
P(T<=t) una cola	5,39E-08	
Valor crítico de t (una cola)	1,672	
P(T<=t) dos colas	1,08E-07	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	<b>2,002</b>	

Realizado por: Martín López, 2017



**Gráfico 1-3** Grafica T student 2 colas primera prueba

Realizado por: Martín López, 2017

Como se muestra en la **Tabla 2-3**, el estadístico t o t calculada es mayor a la t crítica bilateral, es decir que  $t_{cal} = 3,22 > t_c = 2,1$ , se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, dando como resultado que el consumo de GLP fue mayor que el sistema consumo de biomasa.

Sin embargo, el ahorro de combustible con la biomasa no tiene diferencia considerable, se realizó una nueva comparación en base al costo de cada cilindro de gas y biomasa. El cilindro de gas industrial posee un costo de 20\$ y el costo de 100Kg de biomasa está en 20\$.

**Tabla 3-3** Comparación costo GLP vs Biomasa

	Día 1 8h	Día 2 8h	Día 3 8h	Día 4 8h	Día 5 8h	Día 6 8h	Día 7 8h	Día 8 8h	Día 9 8h	Día 10 8h
Muestra GLP	80\$	70\$	80\$	80\$	85\$	60\$	70\$	60\$	60\$	60\$
Muestra Biomasa	9,6\$	8,4\$	10\$	8,2\$	11\$	7,6\$	7\$	8,2\$	6,8\$	8,4\$

Realizado por: Martín López, 2017

Día 11 8h	Día 12 8h	Día 13 8h	Día 14 8h	Día 15 8h	Día 16 8h	Día 17 8h	Día 18 8h	Día 19 8h	Día 20 8h
70\$	80\$	80\$	60\$	70\$	60\$	70\$	80\$	90\$	70\$
9,6\$	9,8\$	10,2\$	9,4\$	10,6\$	7,4\$	8,2\$	6,8\$	8,6\$	9,4\$

Realizado por: Martín López, 2017

Día 21 8h	Día 22 8h	Día 23 8h	Día 24 8h	Día 25 8h	Día 26 8h	Día 27 8h	Día 28 8h	Día 29 8h	Día 30 8h
80\$	65\$	90\$	60\$	80\$	90\$	80\$	70\$	75\$	80\$
11\$	9\$	10\$	7,4\$	7,8\$	8,2\$	8,8\$	6,8\$	11\$	9,8\$

Realizado por: Martín López, 2017

Con la nueva comparación se determinó nuevamente si se acepta o se rechaza la hipótesis nula, los nuevos datos iniciales son:

$$N = 30 \quad S_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X}_1)^2}{gl} = 102,5$$

$$gl = N - 1 = 29$$

$$\alpha = 5\% \quad S_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X}_2)^2}{gl} = 1,76$$

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} = 70,5 \quad \bar{X}_2 = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} = 8,52$$

En este caso la varianza del GLP es mucho más grande que la varianza de la biomasa, el método se volvió a aplicar y las hipótesis nula y alternativa son las mismas.

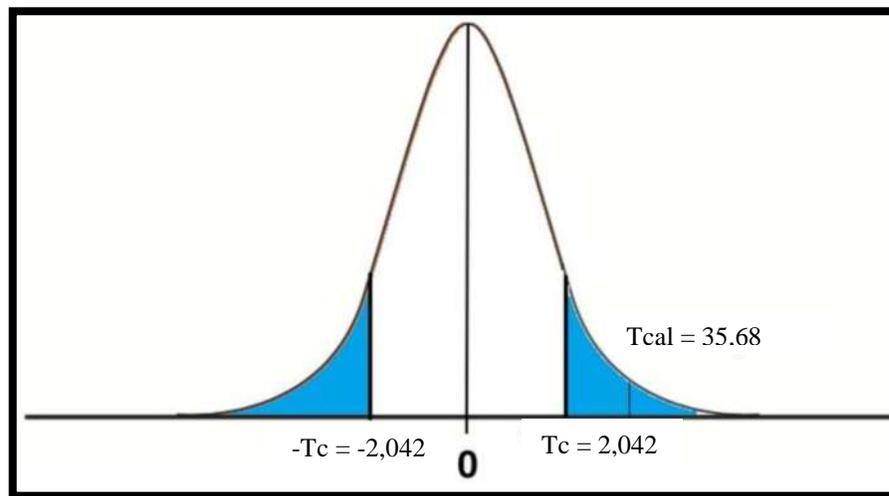
Ho:  $\bar{X}_1 = \bar{X}_2$ : Las muestras son iguales y se puede utilizar GLP o Biomasa

H1:  $\bar{X}_1 \neq \bar{X}_2$ : Las muestras son diferentes y la biomasa cuesta menos

**Tabla 4-3** t-student dos muestras varianzas diferentes segunda prueba

	GLP	BIOMASA
Media	73,5	8,833
Varianza	96,81	1,72
Observaciones	30	30
Diferencia hipotética de las medias	0	
<b>Estadístico t</b>	<b>35,68</b>	
P(T<=t) una cola	1,97322E-26	
Valor crítico de t (una cola)	1,70	
P(T<=t) dos colas	3,94644E-26	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	<b>2,042</b>	

Realizado por: Martín López, 2017



**Gráfico 2-3** Grafica t-student segunda prueba

Realizado por: Martín López, 2017

### 3.3 Observaciones del análisis

Los elementos y dispositivos electrónicos funcionaron perfectamente, cada sensor, actuador y equipo electrónico fue probado individualmente con el modo manual. En el modo automático el quemado cumplió la secuencia del Grafcet además de un control de temperatura correcto.

El quemador en una de sus pruebas fue llevados a temperaturas altas cercanas a los 600 °C y se observó que los elementos funcionaban perfectamente, sin embargo, el transportador comenzó a sobrecalentar lo cual se implementó unos ventiladores a 24V como protección de los actuadores.

La forma estructural del quemador se adaptó al sistema perfectamente, su diseño es dinámico y se puede implementar en cualquier sistema de producción de calor.

Como se muestra en la **Tabla 2-3**, el estadístico  $t$  o  $t$  calculada es mayor a la  $t$  crítica bilateral, es decir que  $t_{cal} = 3,22 > t_c = 2,1$ , se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, dando como resultado que el consumo de GLP fue mayor que el sistema consumo de biomasa.

Sin embargo, el ahorro de combustible con la biomasa no tiene diferencia considerable, se realizó una nueva comparación en base al costo de cada cilindro de gas y biomasa. En la **Tabla 4-3**, el valor  $t$  calculado es mucho mayor al valor de  $t$  crítico, es decir, que el consumo de gas licuado de petróleo generó un costo excesivo, dando como alternativa óptima la biomasa para este proceso.

### 3.4 Consumo y costo energético

Se determinó el consumo energético consumido por la máquina y el consumo de cada actuador, fuente y sensor.

**Tabla 5-3** Consumo energético

Dispositivo	Consumo Potencia	Consumo día Kwh	Consumo mes Kwh	Costo
Motor sinfín	170VA – 30W	0,240	7,2	0,567
Ventilador	170VA – 120W	0,960	28,8	2,30
Resistencia	100VA – 100W	0,800	24	1,92
Fuente 24V	48VA – 40W	0,320	9,6	0,768
Total	488VA – 290W	0,232Kw	69,6Kw	5,56\$

Realizado por: Martín López, 2017

Se considera que durante proceso no todos los elementos se encontraron encendidos al mismo instante, los conjuntos de elementos encendidos fueron: Motor Sinfín – resistencia, resistencia – ventilador y ventilador – sinfín.

El consumo total fue de 220W cuando el ventilador y la resistencia estuvieron activados en un mismo instante, sin embargo todos los elementos resultan una carga eléctrica. En la **Tabla 5-3** se observa que el consumo de energía por la máquina fue pequeño. La fuente de 24V alimentó a 2 relés, al sensor capacitivo, al PLC y al módulo de expansión FP0-A21. La corriente que envió la fuente fue menor a 1A y la potencia suministrada por la fuente fue:

$$P_{out} = V \times I \quad P_{out} = 24V \times 1 A = 24W$$

La potencia consumida por todos los elementos conectados a la fuente no superó los 24W, de haber sido el caso, se sobrecargaría la fuente y la deterioraría.

**Tabla 6-3** Consumo energético de los elementos conectados a 24V

<b>Dispositivo</b>	<b>Potencia consumida</b>
Relé Schneider	2W
Rele SCHRACH	1.5W
Sensor capacitivo CM24-3012NA	4.8W
PLC FP0R-C14RS	7W
Módulo FP0-A21	2.4W
<b>TOTAL</b>	<b>17.7W</b>

Realizado por: Martin López, 2017

### 3.5 Costo de fabricación

El costo y la cantidad de los materiales utilizados, **Tabla 7-3**, **Tabla 8-3**, **Tabla 9-3**, **Tabla 10-3**, fueron comprados al precio dado por las facturas detalladas en el **Anexo K**, **Anexo L**, **Anexo M**, **Anexo N**, respectivamente.

**Tabla 7-3** Costo de los elementos para la automatización de la máquina

<b>Elemento</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descuento</b>	<b>Total</b>
PLC Panasonic FPR0-C14	171,08	1	17,11	153,97
Pantalla táctil GT02	156,23	1	15,62	150,61
Fuente de alimentación 24V 1A	81,52	1	8,15	73,37
Cable de comunicación PLC – GT02	3,09	1	0,31	2,78
Cable USB-PLC	3,09	1	0,31	2,78
Unidad de expansión FP0- A21	225,45	1	22,54	202,91

Termocupla tipo J TK101-6-JE30L- 5MT	42,52	1	-	42,52
<b>Realizado por:</b> Martin López, 2017			<b>SUBTOTAL</b>	618,94
			<b>IVA 14%</b>	86,65
			<b>TOTAL</b>	<b>705,54</b>

**Tabla 8-3** Costo de tres relés SCHRACH

<b>Elemento</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descuento</b>	<b>Total</b>
Rele SCHRACH 24VDC	9,17	1	-	9,17
Rele SCHRACH 120V	11,84	2	-	23,68
<b>Realizado por:</b> Martin López, 2017			<b>SUBTOTAL</b>	32,85
			<b>IVA 14%</b>	4,60
			<b>TOTAL</b>	<b>37,45</b>

**Tabla 9-3** Costo de materiales para tablero electrónico

<b>Elemento</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descuento</b>	<b>Total</b>
Resistencia Cartucho 5cm, 110V, 100W	23,64	1	-	23,64
Fusible Cartucho 10x38mm 50V 2A FATO	0,31	5	-	1,53
Portafusible SASSIN 10x38	1,49	5	-	7,45
Riel Din Metálico LEIPOLD	2,37	1 metro	-	2,37
Borneras LEGRAND 2,5mm 12AWG	1,25	24	-	30,01
Cable Flexible #16 AWG	0,27	10 metros	0,12	202,91

Breaker para Riel Din FATO 20A	3,51	1	-	3,51
<b>Realizado por:</b> Martin López, 2017			<b>SUBTOTAL</b>	<b>102,63</b>
			IVA 14%	14,37
			<b>TOTAL</b>	<b>117</b>

**Tabla 10-3** Costo de materiales adicionales

<b>Elemento</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descuento</b>	<b>Total</b>
Cable flexible #12 AWG	0,55	14 metros	-	7,70
Manguera 3/4	0,45	2 metros	-	0,90
<b>Realizado por:</b> Martin López, 2017			<b>SUBTOTAL</b>	<b>7,54</b>
			IVA 14%	1,06
			<b>TOTAL</b>	<b>8,60</b>

**Tabla 11-3** Otros costos

<b>Elemento</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descuento</b>	<b>Total</b>
Transporte y costos adicionales	70	-	-	70
<b>Realizado por:</b> Martin López, 2017			<b>SUBTOTAL</b>	<b>70</b>
			IVA 14%	-
			<b>TOTAL</b>	<b>70</b>

**Tabla 12-3** Costo Total

<b>Elemento</b>	<b>TOTALES</b>
<b>Tabla 8-3</b>	\$705,54
<b>Tabla 8-4</b>	\$37,45
<b>Tabla 8-5</b>	\$117
<b>Tabla 8-6</b>	\$8,60
<b>Tabla 8-7</b>	\$70
<b>TOTAL</b>	<b>\$938,59</b>

## CONCLUSIONES

- Con el análisis de los materiales realizado se eligieron los mejores sensores, actuadores, PLC, HMI y elementos de protección que se utilizaron en el quemador, además se observó que la contaminación dada por la biomasa es despreciable.
- Se realizaron varios modelos del quemador y se eligió el más apto para realizar el proceso de producción de fuego y se diseñaron sus piezas en SolidWorks. Su estructura se puede adaptar a cualquier sistema de producción de fuego y cada pieza principal fue sometida a un análisis de torsión, tracción y fatiga.
- Con la implementación de todos los elementos se pudo observar el comportamiento y funcionamiento de cada dispositivo seleccionado al controlar variable temperatura.
- El controlador PLC fue programado en FPWIN PRO para controlar el proceso de manera automática del quemador de biomasa, dado por el Grafset y los diagramas de tiempo, cuyo control arrojó resultados positivos.
- Las pruebas de funcionamiento y calidad que se realizaron fueron exitosas, cumpliendo cada uno de los análisis establecidos para su funcionamiento. Sabiendo que el peso de un cilindro de gas licuado de petróleo es 15Kg, se demostró que la biomasa reduce el consumo de GLP y reduce el gasto de la empresa 10 veces menos al aplica este sistema.

## RECOMENDACIONES

- El ambiente en el que trabaja la máquina y las altas temperaturas que producen hacen que el ambiente se peligroso para el usuario, se recomienda utilizar todos los elementos de protección personal al manipular la máquina y la biomasa.
- Antes de dar inicio al proceso automático se recomienda asegurarse que la tolva esté llena de biomasa, caso contrario, el proceso no dará inicio. A demás se debe apagar todo el sistema si se va a realizar una conexión, caso contrario, se corre el riesgo de producir un corto circuito y dañar algún elemento del tablero o al usuario.
- La limpieza es importante para el funcionamiento de los dispositivos, los actuadores estarán sometidos a condiciones duras y ambientes de temperaturas considerables, se recomienda limpiar una vez por mes como mínimo.
- Se recomienda evitar golpes o derramamiento de líquidos sobre el tablero o la máquina, si bien tienen carcasa metálica; los dispositivos pueden salir perjudicados en especial los sensores que se encuentran a simple vista.
- Dimensione correctamente el cable que se utiliza, si la corriente que circula a través del cable sobrepasa la corriente que soporta puede producirse un corto circuito o un incendio.

## BIBLIOGRAFÍA

**1. Alibaba Globa Trade Stars here:** Breaker FATO, China. [En línea]- [Consulta: 08 de enero de 2017]. Disponible en:

[https://www.alibaba.com/product-detail/factories-wenzhou-air-types-circuit-breaker\\_60510431071.html](https://www.alibaba.com/product-detail/factories-wenzhou-air-types-circuit-breaker_60510431071.html).

**2. ALIED ELECTRONICS.** *Panasonic FP0-A21*. Estados Unidos. [En línea]. [Consulta: 07 de enero de 2017]. Disponible en:

<http://www.alliedelec.com/panasonic-fp0-a21-a/70036086/>.

**3. ALIED ELECTRONICS.** *Panasonic FP0-C14RS-A*. Estados Unidos. [En línea]. [Consulta: 05 de enero de 2017]. Disponible en:

<http://www.alliedelec.com/panasonic-fp0-c14rs-a/70036081/>.

**4. Asociación de Empresas de Energías Renovables.** Que es la biomasa. [En línea]. **2012**. [Citado el: 20 de 12 de 2016]. Disponible en:

[http://www.appa.es/04biomasa/04que\\_es.php](http://www.appa.es/04biomasa/04que_es.php).

**5. Becker, Guillermo.** *Armado de interruptores diferenciales*. San Isidro, Buenos Aires, Argentina. [En línea]. [Consulta: 14 de diciembre de 2016]. Disponible en:

<http://www.gebecker.beckernet.com.ar/trabajos/diferenciales.htm>.

**6. Benítez, Luis.** Wikimedia Commons. *Termopar tipo K*. [En línea]. 2015. [Consulta: 15 de diciembre de 2016]. Disponible en:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Termopar\\_tipo\\_K\\_\(diagrama\\_simple\)-LMB.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Termopar_tipo_K_(diagrama_simple)-LMB.png).

**7. Tipos de PLC y sus características.** [En línea]. 2015. [Consulta: 29 de noviembre de 2016]. Disponible en:

[http://fanttube.bligoo.cl/tipos-de-plc-y-sus-caracteristicas#.WIp\\_8VXhBdg](http://fanttube.bligoo.cl/tipos-de-plc-y-sus-caracteristicas#.WIp_8VXhBdg).

**8. Brainchild.** MDACONTROLS. *HMI 750*. Canadá. [En línea]. [Citado el: 15 de diciembre de 2016]. <http://www.mdacontrols.com/products/hmi750>.

**9. Calfio, Antonio.** APLICACIONES DE PLC. Reemplazando los sistemas de cableado. [En línea]. 2011. [Consulta: 14 de diciembre de 2016]. Disponible en:

<http://aplicacionesdeplc.blogspot.com/2011/03/reemplazando-los-sistemas-de-cableado.html>.

**10.** Como crear una red PLC en Casa. España. [En línea]. 2007. [Consulta: 14 de diciembre de 2016]. Disponible en:

<https://www.casadomo.com/2007/02/15/como-crear-una-red-plc-en-casa>.

**11. Castillo, Juan.** REEA. Iniciación a los autómatas programables. Bejar, Salamanca, España [En línea]. 2010. [Consulta: 10 de diciembre de 2016]. Disponible en:

<http://olmo.pntic.mec.es/jmarti50/automatas/auto3.htm>.

**12. Cobos, Roberto.** Emaze. CONTROL ELECTRONEUMATICO. P10. [En línea]. 2015. [Consulta: 07 de enero de 2017]. Disponible en:

<https://www.emaze.com/@AQRICIOR/Control-Electroneumatico>.

**13. Combustibles Argón.** *¿Qué son los compactos de biomasa y cuáles son sus aplicaciones?* [En línea]. 2016. [Consulta: 28 de diciembre de 2016].

Disponible en: <http://combustiblesaragon.es/que-son-los-pellets-y-cuales-son-sus-aplicaciones/>.

**14. CONRAD.** Rele WAGO 788-512. Alemania. [En línea]. [Consulta: 08 de enero de 2017]. Disponible en:

<https://www.conrad.de/de/relaisbaustein-1-st-wago-788-512-nennspannung-24-vac-schaltstrom-max-8-a-2-wechsler-504655.html>.

**15. COPADATA.** Interfaz hombre-máquina (HMI). [En línea]. [Citado el: 15 de diciembre de 2016]. Disponible en:

<https://www.copadata.com/es-mx/soluciones-hmi-scada/interfaz-hombre-maquina-hmi/>.

**16.** Sensor RTD con cabeza. Alemania. [En línea]. 2014. [Consulta: 15 de diciembre de 2016]. Disponible en:

<http://www.correge.fr/rtd-sensor-head-type.html>.

**17. DORANTES, Dante, et al.,** Automatización y control, prácticas de laboratorio. México D.F. 6ta Edición. Mc Graw-Hill. p-p 75-76. ISBN 970-104794X. 2004. [Consulta: 20 de julio de 2017].

**18. Electrónica Unicrom.** Motor monofásico espira en corto. [En línea]. [Consulta: 16 de diciembre de 2016]. Disponible en:

<http://unicrom.com/motor-monofasico-espira-en-corto/>.

**19. ECURED.** Solidworks. Cuba. [En línea]. 2012. [Citado el: 24 de noviembre de 2016]. Disponible en:

<https://www.ecured.cu/SolidWork>.

**20. El periódico de la energía.** España es el tercer país del mundo con más pellets certificados en el mercado. Madrid, España. [En línea]. 2016. [Consulta: 10 de noviembre de 2016]. Disponible en:

<http://elperiodicodelaenergia.com/espana-es-el-tercer-pais-del-mundo-con-mas-pellets-certificados-en-el-mercado/>.

**21. FULTEK.** SCADA SOFTWARE – SCADA SYSTEM. [En línea]. [Consulta: 16 de diciembre de 2016]. Disponible en:

<http://www.scadasoftware.net/>.

**22. GANDICLIMA.** Dominio del aire. Quemadores de biomasa. Valencia, España. [En línea]. 2012. [Consulta: 15 de diciembre de 2016]. Disponible en:

<https://www.gandiclima.com/web/portfolio/quemadores-de-biomasa/>.

**23. García, Jhonn.** Ventiladores centrífugos. Scribd. [En línea]. [Consulta: 16 de diciembre de 2016]. Disponible en:

<https://es.scribd.com/doc/60698316/VENTILADORES-CENTRIFUGOS>.

**24. Gardey, Ana.** Definición de sensor. [En línea]. 2010. [Consulta: 14 de diciembre de 2016]. Disponible en:

<http://definicion.de/sensor/>.

**25. Tecnología PLC.** Alemania. [En línea]. 2011. [Citado el: 12 de diciembre de 2016]. Disponible en:

<http://www.sps.ag/vke/>.

**26. Gotopo Yustiz, Jaime Reinaldo.** Profesor de Electricidad industrial. El motor serie universal. Venezuela. [En línea]. [Consulta: 16 de diciembre de 2016]. Disponible en:

<http://jaimegotopo.blogspot.com/p/el-motor-serie-universal-para-algunas.html>.

**27. International, Bioenergy.** HARGASSNER. Pellet, uno de los materiales más usados en la biomasa. Asturias, España. [En línea]. 2015. [Consulta: 20 de noviembre de 2016]. Disponible en:

<https://www.hargassner.es/2015/11/27/pellet-uno-de-los-materiales-mas-usados-en-la-biomasa/>.

**28. INTEX.** Quick-Fill 120V Electric Pump. Canadá. [En línea]. [Consulta: 16 de diciembre de 2016]. Disponible en:

<http://www.intexcorp.com/66619e.html>.

**29. Jomar Electric.** Termocupla Tipo J - M8X10. Lima, Perú. [En línea]. [Consulta: 06 de enero de 2017]. Disponible en:

[http://aplicacionesjomar.com/index.php?id\\_product=3&controller=product](http://aplicacionesjomar.com/index.php?id_product=3&controller=product).

**30. Leal, Williams.** Electrónica General. Introducción a los sensores. [En línea]. 2013. [Consulta: 15 de diciembre de 2016]. Disponible en:

<http://electronica-general.blogspot.com/2013/11/introduccion-los-sensores.html>.

**31. Relé Industrial Bobina 120v Schneider Telemecanique.** Venezuela. [En línea]. 2016. [Consulta: 08 de enero de 2017]. Disponible en:

[http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-470358740-rele-industrial-bobina-120v-schneider-telemecanique-nuevos-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-470358740-rele-industrial-bobina-120v-schneider-telemecanique-nuevos-_JM).

**32. Maslatón, Carlos.** Sabercomo. Pellets de madera. Argentina. [En línea]. 2011. [Consulta: 10 de noviembre de 2016]. Disponible en:

<http://www.inti.gob.ar/sabercomo/sc98/inti11.php>.

**33. Mathas, Carolyn.** DIGI-KEY. Conceptos Básicos sobre sensores de temperatura. Estados Unidos. [En línea]. 2011. [Consulta: 15 de diciembre de 2016]. Disponible en:

<http://www.digikey.com/es/articles/techzone/2011/oct/temperature-sensors-the-basics>.

**34. Mota Salazar, Julio Cesar.** Prezi. Aplicaciones de los PLC. [En línea]. 2014. [Consulta: 14 de diciembre de 2016]. Disponible en:

<https://prezi.com/21cu3kgwe8wk/aplicaciones-de-los-plc/>.

**35. Motor monofásico.** [En línea]. [Consulta: 16 de diciembre de 2016].

Disponible en: <http://www.nichese.com/monofasico.html>.

**36. PANASONIC.** GT02 Pantalla táctil 3,8". Italia. [En línea]. [Consulta: 06 de enero de 2017]. Disponible en:

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

**37. PANASONIC.** FP0R: Un nuevo estándar de PLCs compactos. Italia. [En línea]. [Consulta: 12 de diciembre de 2016]. Disponible en:

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

**38. PANASONIC.** Programmable Controller FP0 Analog I/O Unit technical Manual. Italia. [En línea]. [Consulta: 07 de enero de 2017]. Disponible en:

<http://www.fpcontrol.com.ar/Documents/A21-fp0-analog-IO.pdf>.

**39. Promelsa.** BORNE DE CONEXION 2.5mm2. Lima, Perú. [En línea]. 2014. [Consulta: 08 de enero de 2017]. Disponible en:

[http://www.promelsa.com.pe/producto.asp?id\\_producto=31303130323030202020&comefrom=M&saldos=](http://www.promelsa.com.pe/producto.asp?id_producto=31303130323030202020&comefrom=M&saldos=).

**40. PRO ECUADOR.** Empresa española invertirá en fábrica de producción de biomasa. Madrid, España. [En línea]. 2015. [Consulta: 10 de noviembre de 2016]. Disponible en:

<http://www.proecuador.gob.ec/2015/03/03/empresa-esp%C3%B1ola-invertir%C3%A1-en-f%C3%A1brica-de-producci%C3%B3n-de-biomasa/>.

**41. SASSIN.** TBCin PRODUCTOS ELECTRICOS. Seccionadores portafusible unipolares industriales. Uruguay. [En línea]. 2012. [Consulta: 08 de enero de 2017]. Disponible en:

<http://tbcin.com.uy/home/?product=seccionadores-portafusible-unipolares-industriales>.

**42. Sensores Capacitivos.** [En línea]. 2016. [Consulta: 15 de diciembre de 2016]. Disponible en:

<http://www.sensorstecnicos.net/es/productos/category/96/sensores-y-transmisores/sensores-capacitivos>.

**43. Sielcosistemi.** Graficas SCADA. Italia. [En línea]. [Consulta: 15 de diciembre de 2016]. Disponible en:

[https://www.sielcosistemi.com/en/products/winlog\\_scada\\_hmi/winlog-pro.html](https://www.sielcosistemi.com/en/products/winlog_scada_hmi/winlog-pro.html).

**44.** Estufas de compactos de biomasa. Italia. [En línea]. 2014. [Consulta: 29 de diciembre de 2016]. Disponible en:

<http://www.convienesempre.it/stufe-a-pellet.html>.

**45. Schneider Electric.** Módulo lógico Schneider Electric TWD LC. Madrid, España. [En línea]. [Consulta: 29 de noviembre de 2016]. Disponible en:

<http://es.rs-online.com/web/p/modulos-logicos/5288643/>.

**46. Soto, Edgar.** Scribd. Definición de PLC y características. [En línea]. 2013. [Consulta: 14 de diciembre de 2016]. Disponible en:

<https://es.scribd.com/doc/50835535/Definicion-de-PLC-y-Caracteristicas>.

**47. Surribas, Israel.** infoPLC. Curso Automatización de procesos industriales (SIMATIC) Univ. Vigo. [En línea]. 2013. [Consulta: 30 de noviembre de 2016]. Disponible en:

<http://www.infoplcn.net/descargas/106-siemens/software-step7-tiaportal/1885-cr%C3%B3nica-curso-formaci%C3%B3n-simatic-universidad-de-vigo>.

**48. TERMOKEW.** Resistencias de calentamiento. México. [En línea]. [Consulta: 16 de diciembre de 2016]. Disponible en:

<http://www.termokew.mx/resistencias-calentamiento.php>.

**49. TOSCANO MORALEZ, Luis Alberto,** Análisis de los parámetros y selección de hornos para la combustión de biomasa. Escuela Superior Politécnica del litoral. Facultad de ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Pregrado. Guayaquil. Ecuador. 2009. pp. 5-7. [Consulta: 2017-06-11]. Disponible en:

<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/31830/D-65781.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>

**50.** Motor con caja reductora. [En línea]. [Citado el: 16 de 12 de 2016]. Disponible en:

<http://www.transpowersrl.com/>.

**51. Ulloa, Franco.** AUTOMATIZACION. Motor monofásico. [En línea]. 2013. [Consulta: 16 de diciembre de 2016]. Disponible en:

<http://electromatic2012.blogspot.com/2013/04/arranque-de-un-motor-de-induccion.html>.

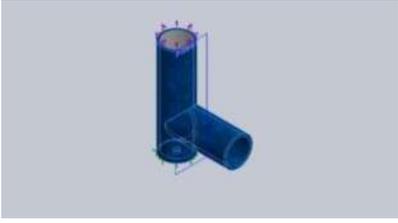
**52.** FUENTE DE ALIMENTACION 24V 1A 787-1602. Zaragoza, España. [En línea]. 2015.  
[Consulta: 08 de enero de 2017]. Disponible en:

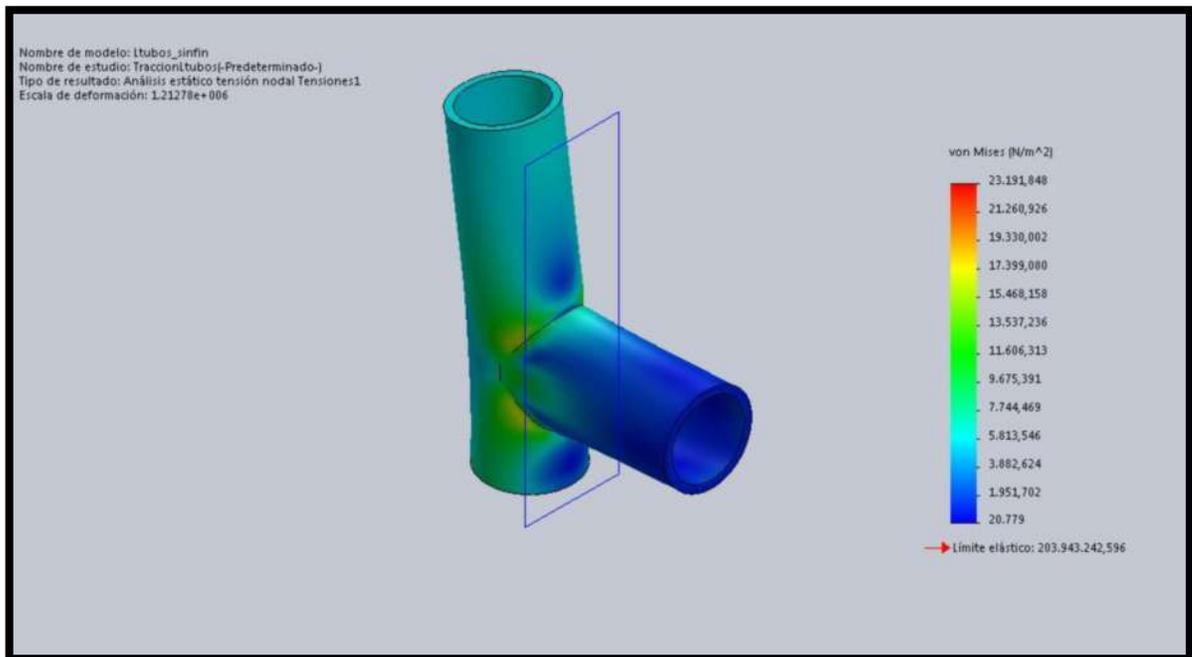
<https://vendomotica.com/elementos-convencionales/2405-f-alimentacion-24v-1a.html>.

## **ANEXOS**

## Anexo A Análisis de Stress transportador

<b>Nombre de estudio</b>	TraccionLtubos
<b>Tipo de análisis</b>	Análisis estático
<b>Tipo de malla</b>	Malla sólida

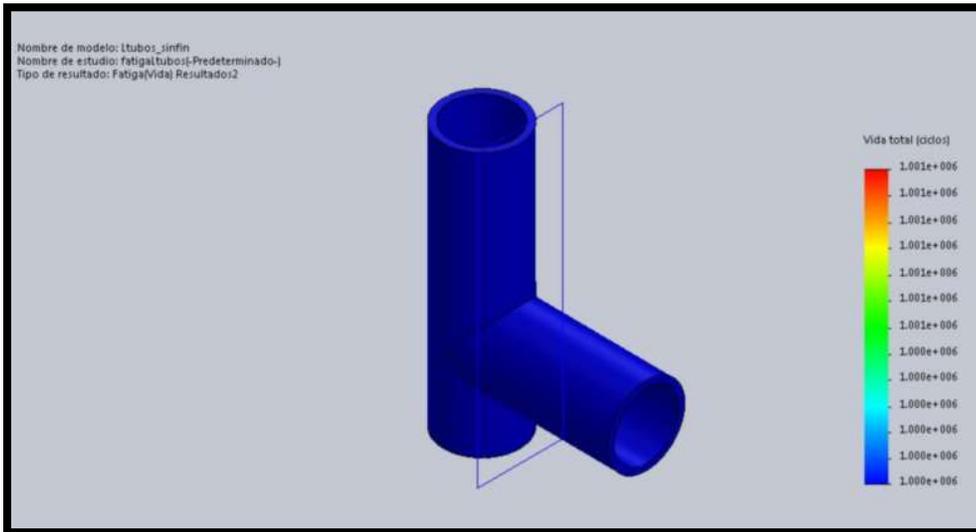
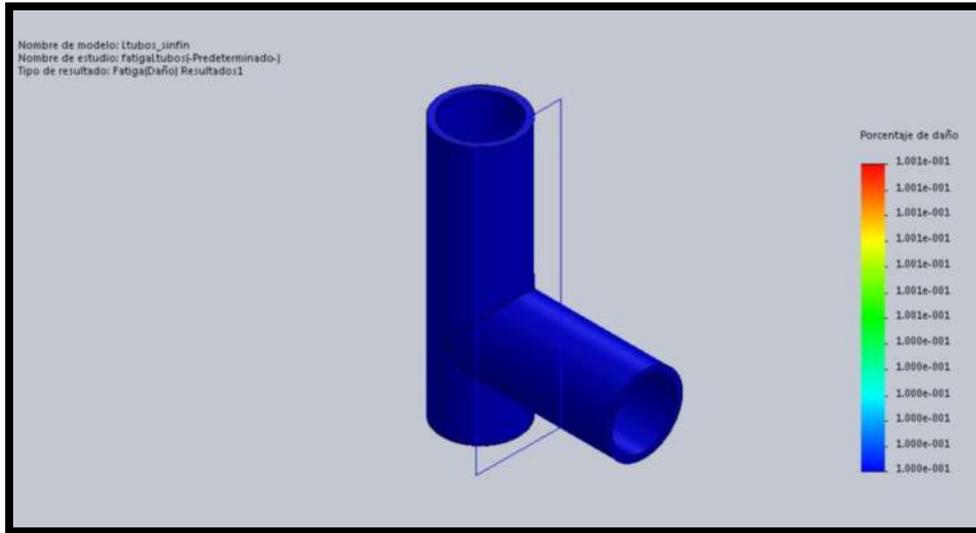
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: <b>Acero galvanizado</b>            Tipo de modelo: <b>Isotrópico elástico lineal</b>            Criterio de error predeterminado: <b>Tensión máxima de von Mises</b>            Límite elástico: <b>2.03943e+008 N/m<sup>2</sup></b>            Límite de tracción: <b>3.56901e+008 N/m<sup>2</sup></b>            Módulo elástico: <b>2e+011 N/m<sup>2</sup></b>            Coeficiente de Poisson: <b>0.29</b>            Densidad: <b>7870 kg/m<sup>3</sup></b></p>	<p><b>Sólido 1(Cortar-Extruir5)(Ltubos_sinfin)</b></p>
Datos de curva: N/A		



El transportador fue sometido a una fuerza de tracción de 10 Newtons, la simulación muestra una deformación en la escala de von Mises. El material no sufre daño.

## Anexo B Análisis de fatiga transportador

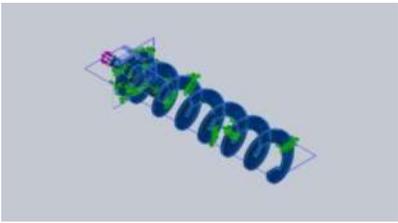
Nombre de estudio	fatigaTubos
Tipo de análisis	Fatiga (Amplitud constante)
Interacción entre sucesos	Aleatoria

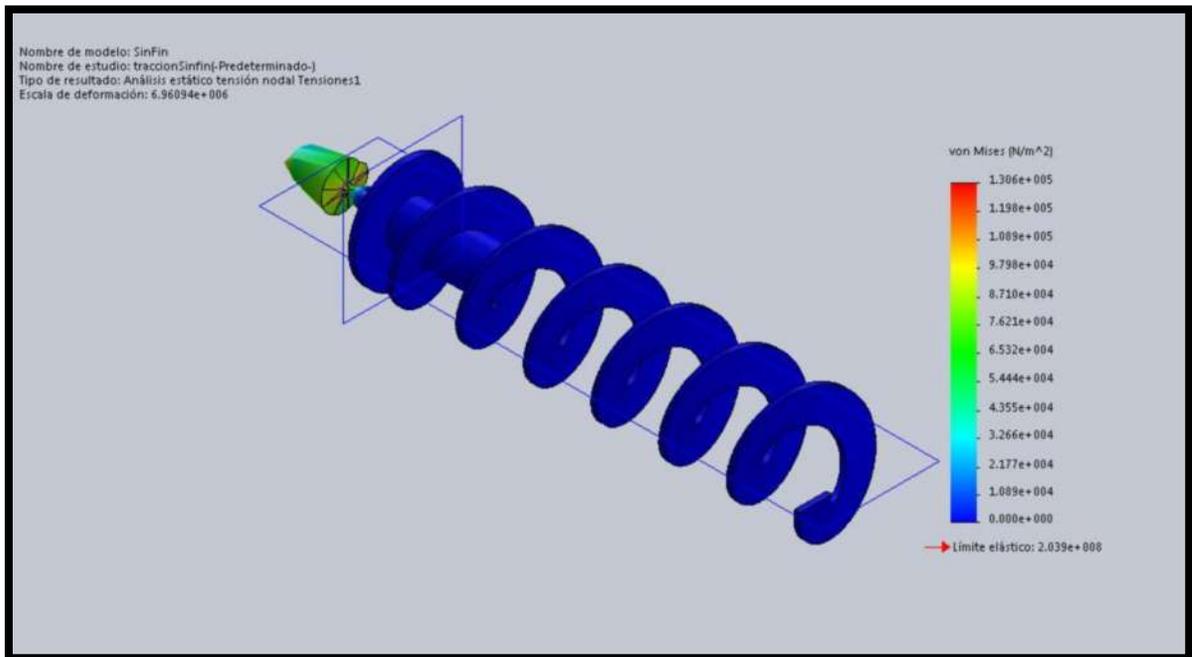


El transportador sometido a un análisis de fatiga no muestra ningún daño y presenta una larga vida útil.

## Anexo C Análisis de stress – tracción al eje sinfín

<b>Nombre de estudio</b>	traccionSinfin
<b>Tipo de análisis</b>	Análisis estático
<b>Tipo de malla</b>	Malla sólida

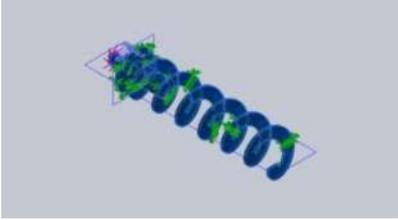
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: <b>Acero galvanizado</b>                      Tipo de modelo: <b>Isotrópico elástico lineal</b>                      Criterio de error predeterminado: <b>Tensión máxima de von Mises</b>                      Límite elástico: <b>2.03943e+008 N/m<sup>2</sup></b>                      Límite de tracción: <b>3.56901e+008 N/m<sup>2</sup></b>                      Módulo elástico: <b>2e+011 N/m<sup>2</sup></b>                      Coeficiente de Poisson: <b>0.29</b>                      Densidad: <b>7870 kg/m<sup>3</sup></b></p>	<p><b>Sólido 1(Cortar-Extruir1)(SinFin),</b>  <b>Sólido 2(Cortar-Extruir3)(SinFin)</b></p>
Datos de curva:N/A		

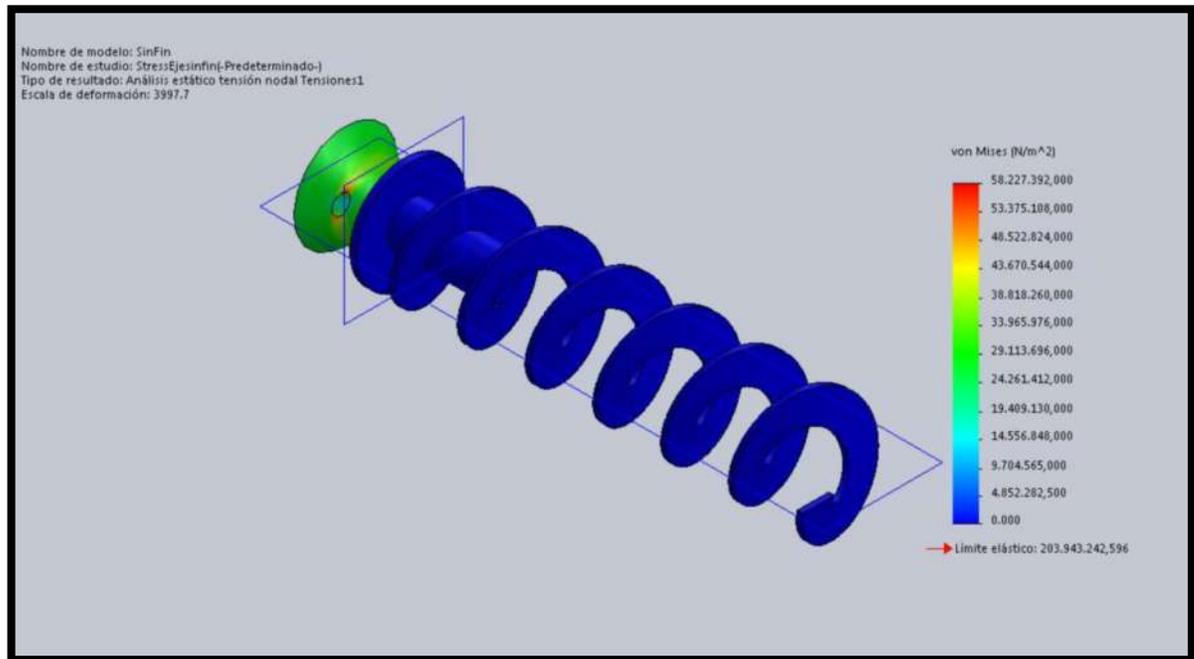


El eje del sinfín se encuentra sometido a una fuerza de tracción de 10 Newtons y se puede observar que una pequeña parte presenta un daño. La fuerza real que se encontrara sometido es mucho menor, el eje soportara alguna fuerza de tracción sin problema alguno.

## Anexo D Análisis stress – torsión eje sinfín

<b>Nombre de estudio</b>	StressEjesinfin
<b>Tipo de análisis</b>	Análisis estático
<b>Tipo de malla</b>	Malla sólida

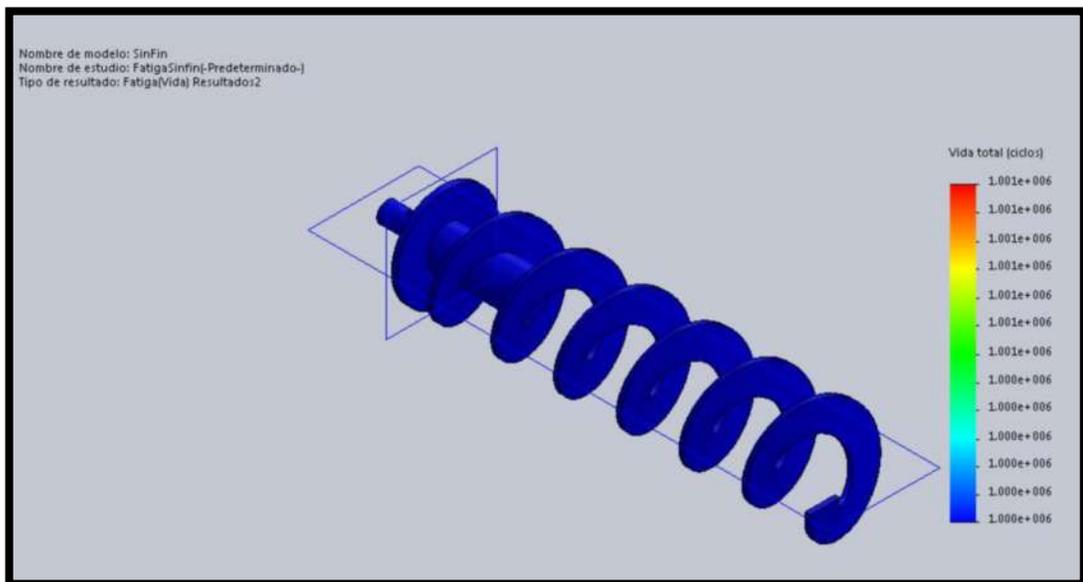
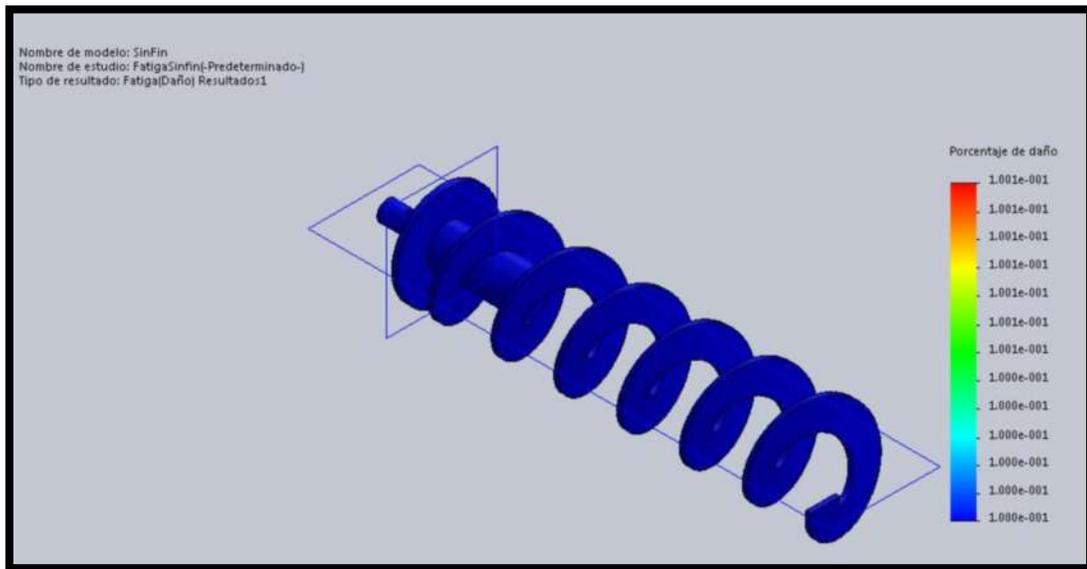
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: <b>Acero galvanizado</b>                      Tipo de modelo: <b>Isotrópico elástico lineal</b>                      Criterio de error predeterminado: <b>Tensión máxima de von Mises</b>                      Límite elástico: <b>2.03943e+008 N/m<sup>2</sup></b>                      Límite de tracción: <b>3.56901e+008 N/m<sup>2</sup></b>                      Módulo elástico: <b>2e+011 N/m<sup>2</sup></b>                      Coeficiente de Poisson: <b>0.29</b>                      Densidad: <b>7870 kg/m<sup>3</sup></b></p>	<p><b>Sólido 1(Cortar-Extruir3)(SinFin),</b>  <b>Sólido 2(Cortar-Extruir1)(SinFin)</b></p>
Datos de curva: N/A		



El eje del sinfín soporta un torque de tres Newtons, una simulación de torsión aplicando el mismo torque muestra que el eje del sinfín no sufre daño.

## Anexo E Análisis fatiga eje sinfín

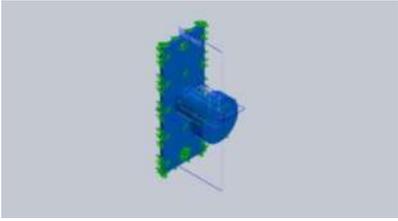
Nombre de estudio	FatigaSinfín
Tipo de análisis	Fatiga(Amplitud constante)
Interacción entre sucesos	Aleatoria

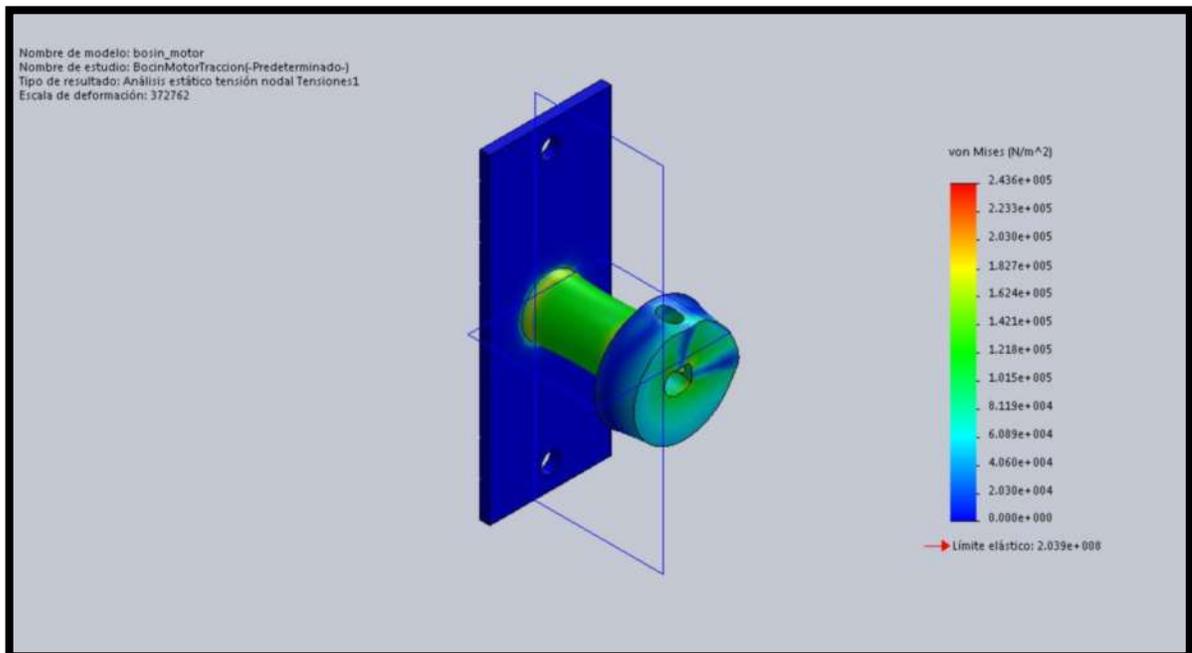


La fatiga simulada en el eje del sinfín no arroja ningún daño y una larga vida útil.

## Anexo F Análisis stress – tracción bocín Motor

<b>Nombre de estudio</b>	BocinMotorTraccion
<b>Tipo de análisis</b>	Análisis estático
<b>Tipo de malla</b>	Malla sólida

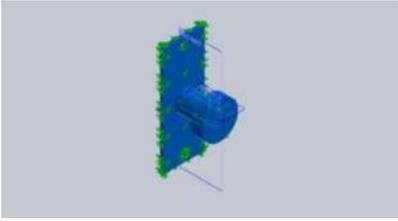
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: <b>Hierro dúctil</b>                      Tipo de modelo: <b>Isotrópico elástico lineal</b>                      Criterio de error predeterminado: <b>Tensión máxima de von Mises</b>                      Límite elástico: <b>5.51485e+008 N/m<sup>2</sup></b>                      Límite de tracción: <b>8.61695e+008 N/m<sup>2</sup></b>                      Módulo elástico: <b>1.2e+011 N/m<sup>2</sup></b>                      Coeficiente de Poisson: <b>0.31</b>                      Densidad: <b>7100 kg/m<sup>3</sup></b>                      Módulo cortante: <b>7.7e+010 N/m<sup>2</sup></b>                      Coeficiente de dilatación térmica: <b>1.1e-005 /Kelvin</b></p>	<p><b>Sólido 1(Cortar-Extruir8)(bosin_motor)</b></p>
<p>Datos de curva:N/A</p>		

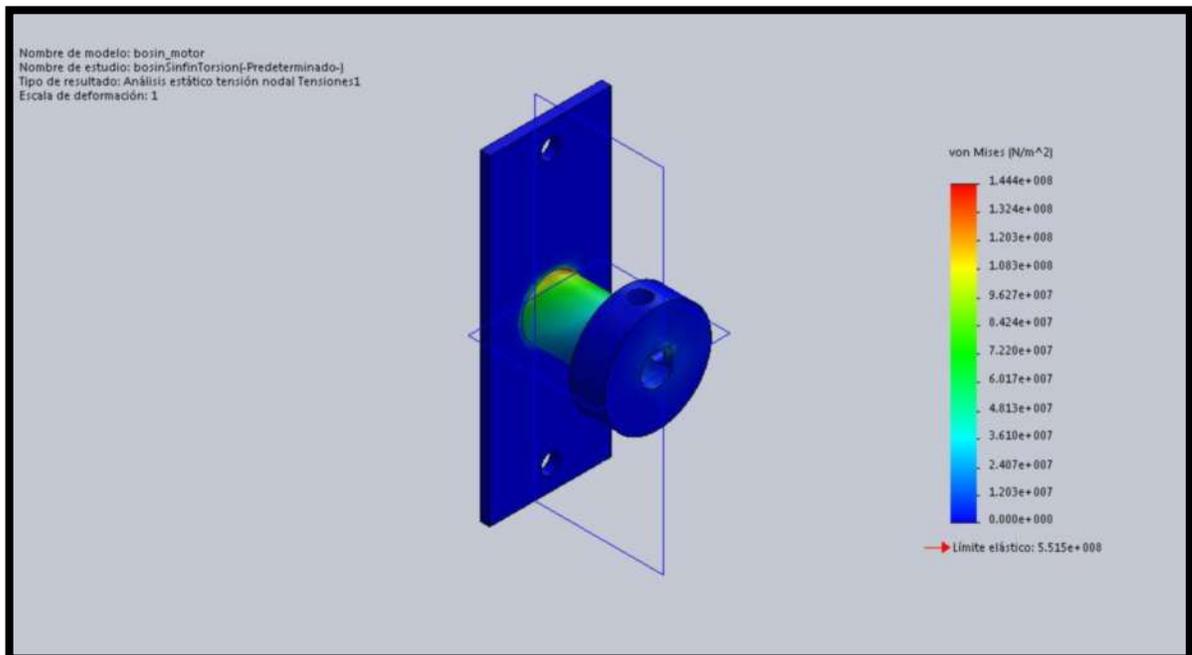


El bocín del motor se encuentra sometido a una fuerza de tracción de 10 Newtons y ninguna zona llega a ser color roja, es decir, que el bocín no correrá ningún riesgo expuesto a una fuerza de tracción.

## Anexo G Análisis stress – torsión bocín del motor

<b>Nombre de estudio</b>	bosinSinfinTorsion
<b>Tipo de análisis</b>	Análisis estático
<b>Tipo de malla</b>	Malla sólida

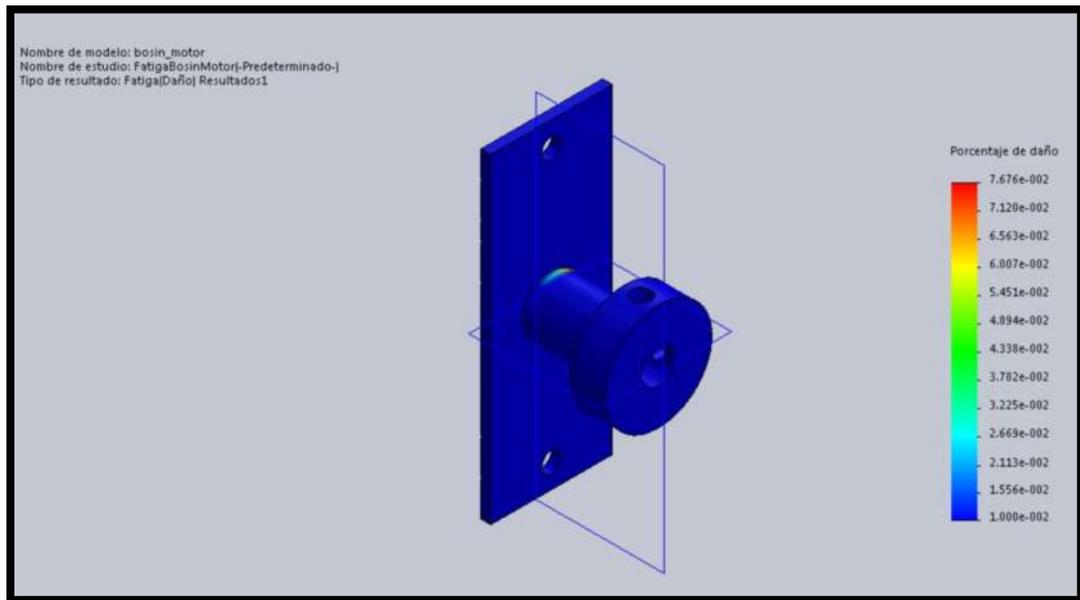
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: <b>Hierro dúctil</b>            Tipo de modelo: <b>Isotrópico elástico lineal</b>            Criterio de error predeterminado: <b>Tensión máxima de von Mises</b>            Límite elástico: <b>5.51485e+008 N/m<sup>2</sup></b>            Límite de tracción: <b>8.61695e+008 N/m<sup>2</sup></b>            Módulo elástico: <b>1.2e+011 N/m<sup>2</sup></b>            Coeficiente de Poisson: <b>0.31</b>            Densidad: <b>7100 kg/m<sup>3</sup></b>            Módulo cortante: <b>7.7e+010 N/m<sup>2</sup></b>            Coeficiente de dilatación térmica: <b>1.1e-005 /Kelvin</b></p>	<p><b>Sólido 1(Cortar-Extruir8)(bosin_motor)</b></p>
<p>Datos de curva:N/A</p>		



Sometido el bocín del motor a un torque de tres Newtons se observa una pequeña área de color rojo, sin embargo, como los dos bocines se unirán por un caucho, este amortiguara ese daño.

## Anexo H Análisis de fatiga bocín motor

<b>Nombre de estudio</b>	FatigaBocinMotor
<b>Tipo de análisis</b>	Fatiga(Amplitud constante)
<b>Interacción entre sucesos</b>	Aleatoria



El bocín sometido a un análisis de fatiga, posee una pequeña área de daño similar al análisis de torsión, sin embargo este daño será amortiguado por el caucho.

## Anexo I Planos de conexión del tablero electrónico

F26\_001



EPLAN Software & Service  
GmbH & Co. KG

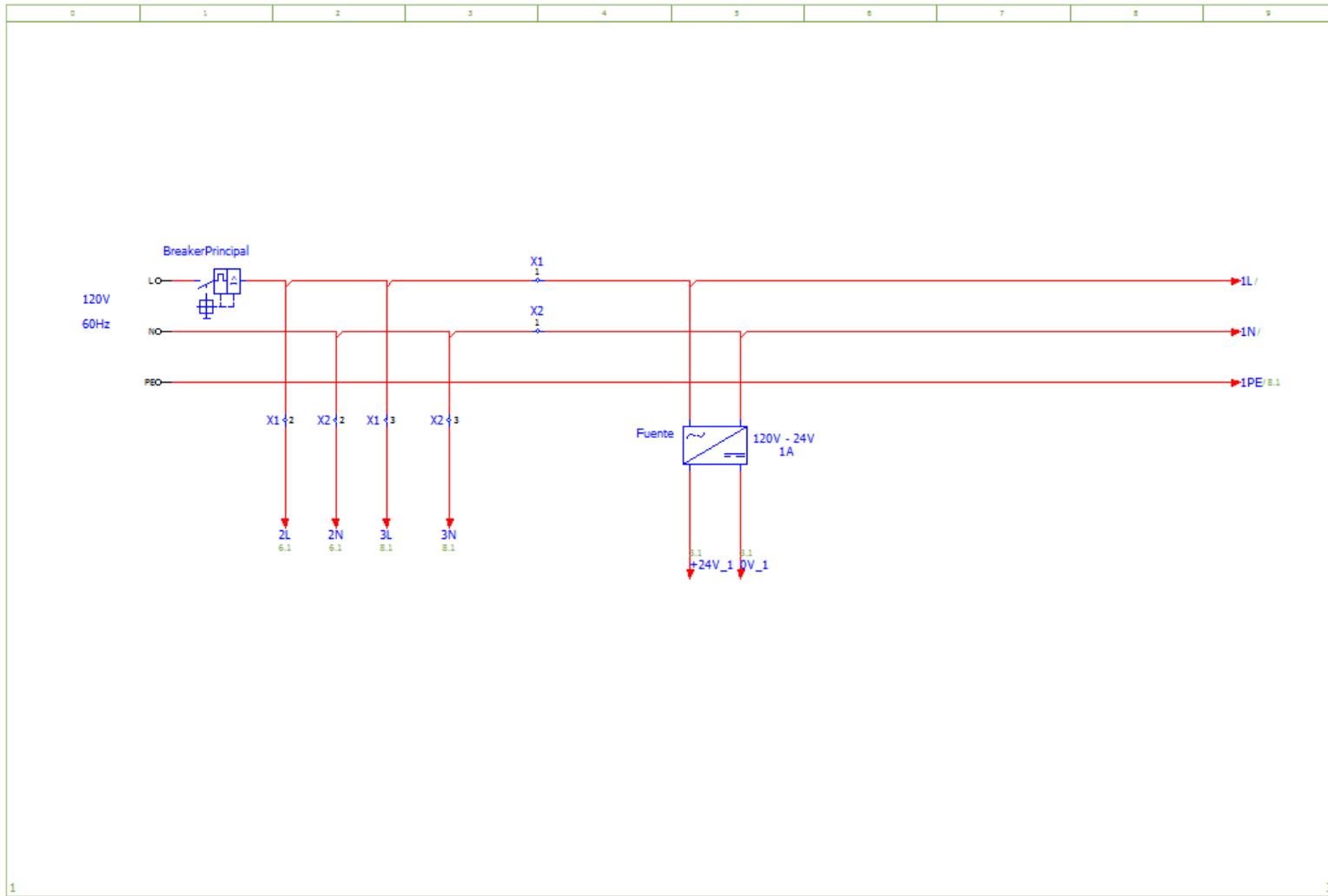
An der alten Ziegelei 2  
D-40789 Monheim  
Phone. 02173/3964-0

Company / customer	EPLAN		
Project description	Basic project with IEC identifier structure		
Drawing number	IEC_bas001		
Commission	EPLAN		
Manufacturer (company)	EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG		
Path	EPLAN sample project		
Project name	planoAlimentacion		
Make	Universal VESA		
Type	AT78		
Place of installation	+ET1		
Responsible for project			
Part feature	Sonderlackierung		
Created on	08/06/2017		
Edit date	28/06/2017	by (short name) MARTIN	Number of pages 9

## INDICE

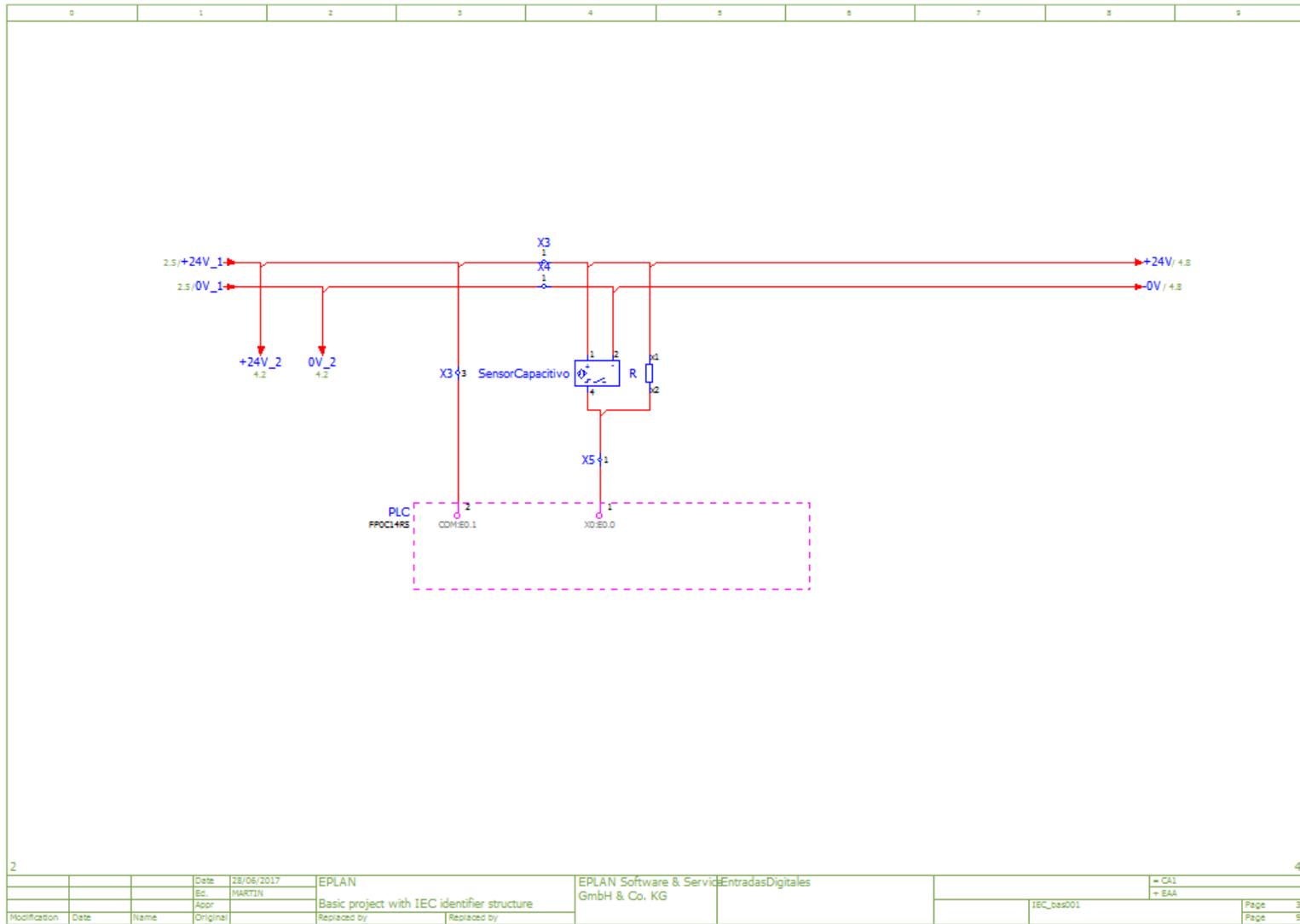
1.	Plano de conexión de la fuente y Breaker principal.....	3
2.	Plano de conexión de las entradas digitales.....	4
3.	Plano de conexión de la alimentación al PLC.....	5
4.	Plano de conexión de la termocupla tipo J.....	6
5.	Plano de conexión de las salidas digitales con común a 120V.....	7
6.	Plano de conexión de las salidas digitales con común a 24V.....	8
7.	Plano de conexión del circuito de potencia.....	9
8.	Plano de conexión de la pantalla táctil y el PLC.....	10

# 1. Plano de conexión de la fuente y Breaker principal

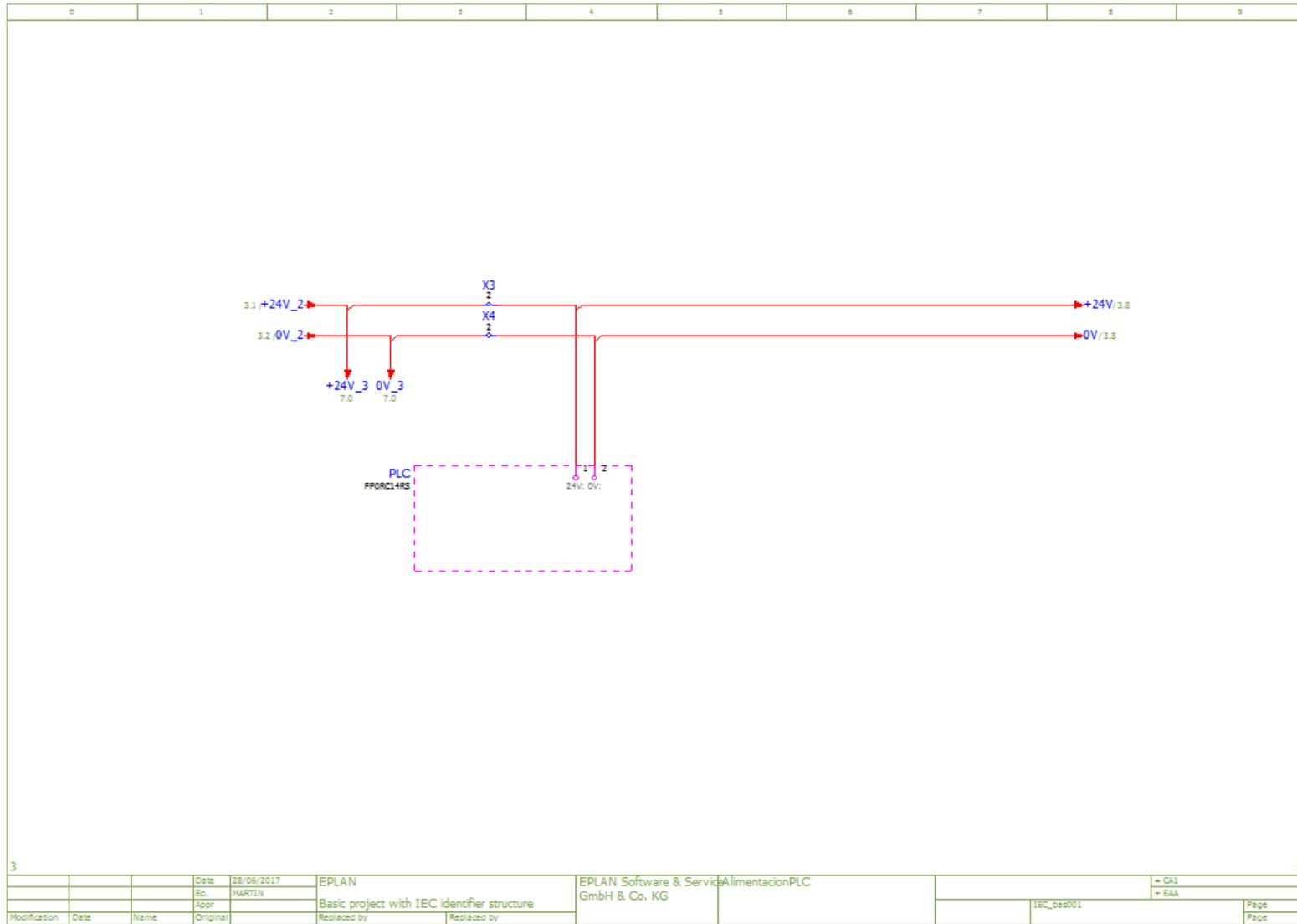


1		Date: 28/06/2017		EPLAN		EPLAN Software & Services Alimentacion GmbH & Co. KG		= CAL		3	
		Ed.: MARTIN		Basic project with IEC identifier structure				= EAA			
		Appr:		Replaced by:		Replaced by:		IEC_base01		Page: 2	
Modification		Date		Name		Original				Page: 9	

## 2. Plano de conexión de las entradas digitales

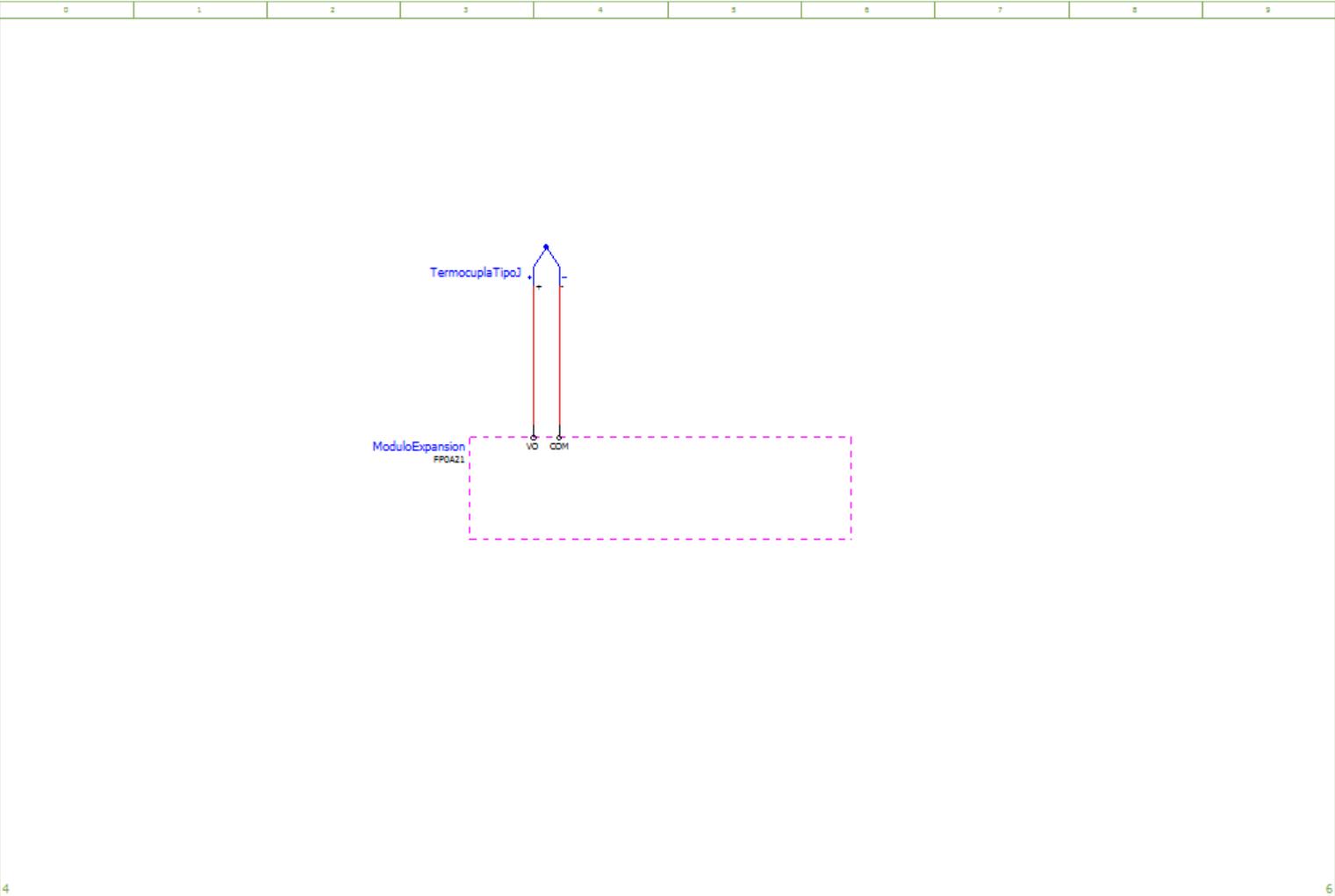


### 3. Plano de conexión de la alimentación al PLC



		Date	28/06/2017	EPLAN	EPLAN Software & Services	AlimentacionPLC	= CA1
		Ec.	MARTIN	Basic project with IEC identifier structure	GmbH & Co. KG		+ BAA
		Appr.					IEC_bas001
Modification	Date	Name	Original	Replaced by	Replaced by		Page 4
							Page 5

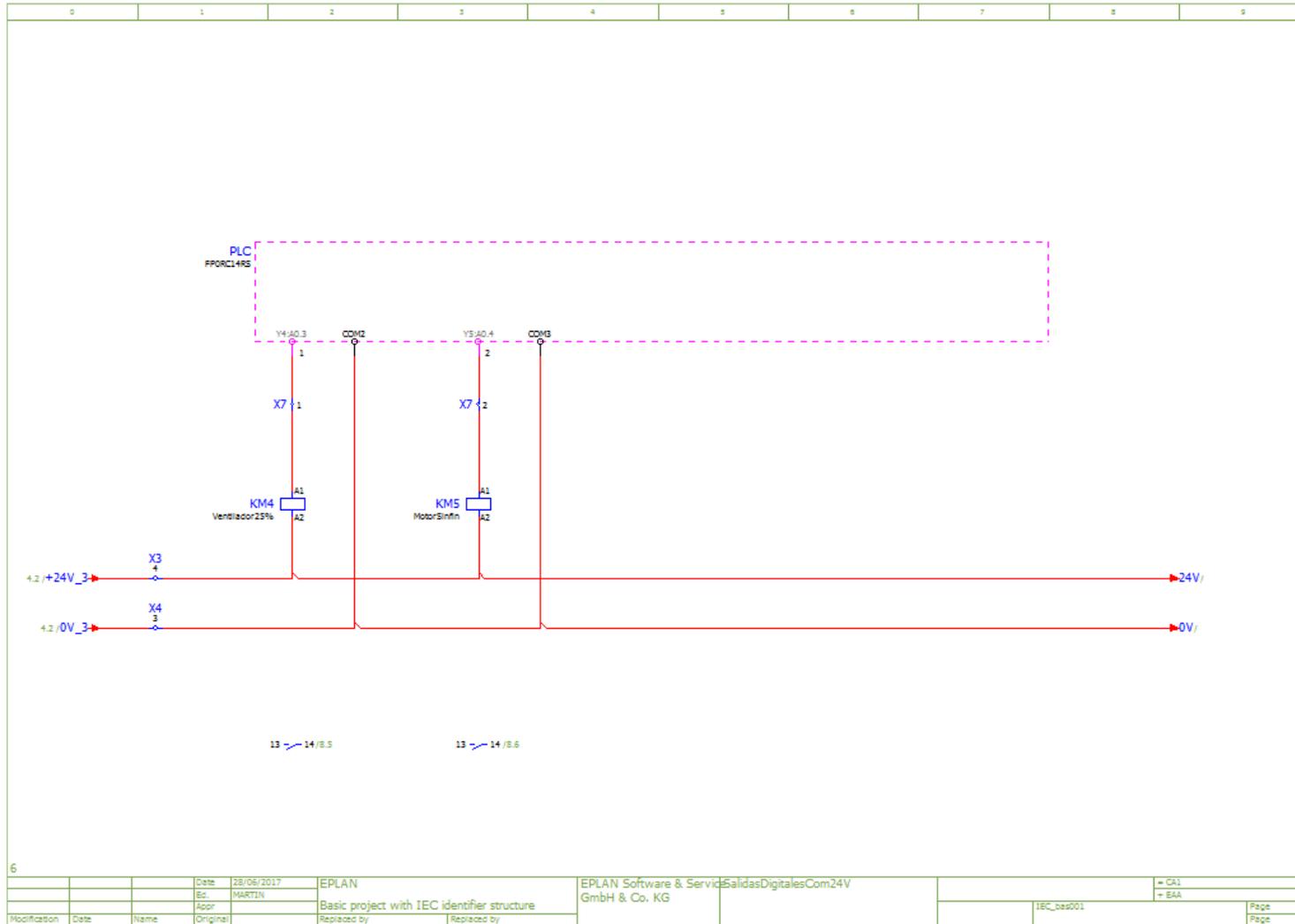
4. Plano de conexión de la termocupla tipo J



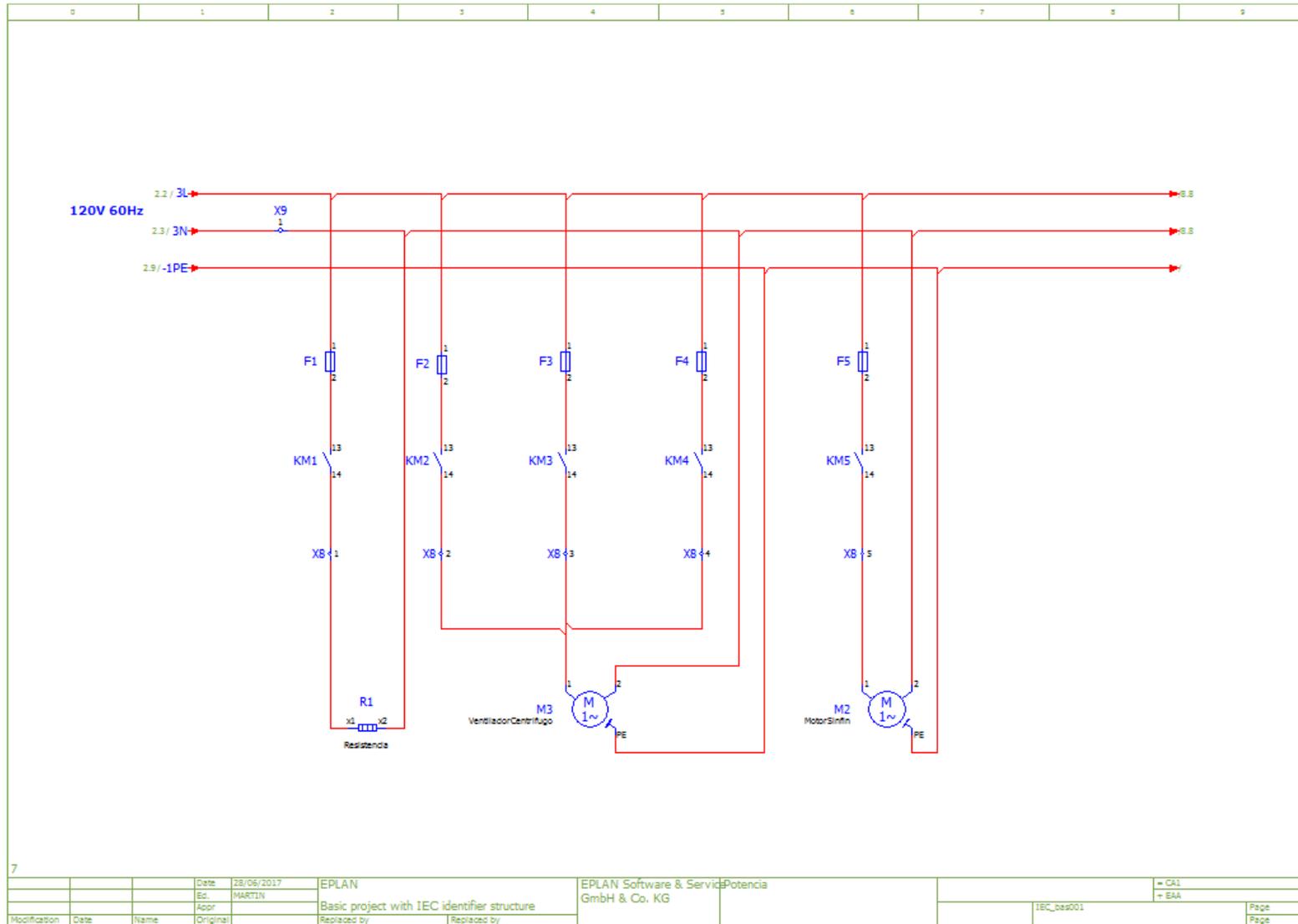
		Date	28/06/2017	EPLAN	EPLAN Software & Service	Entrada Analogica	→ CA1
		EC	MARTIN	Basic project with IEC identifier structure	GmbH & Co. KG		+ EAA
Modification	Date	Name	Original	Replaced by	Replaced by	IEC_bas001	Page 5
							Page 9



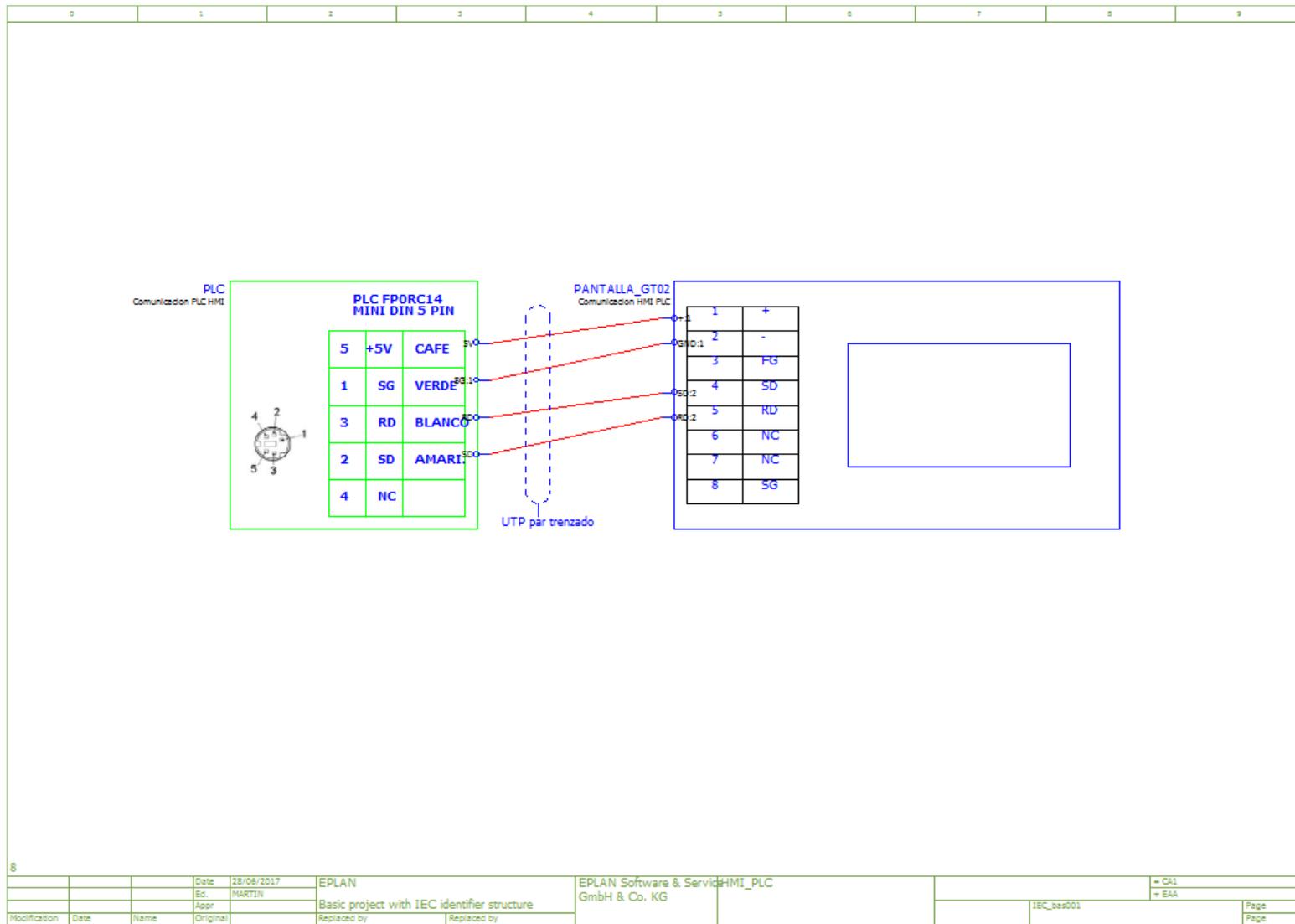
## 6. Plano de conexión de las salidas digitales con común a 24V

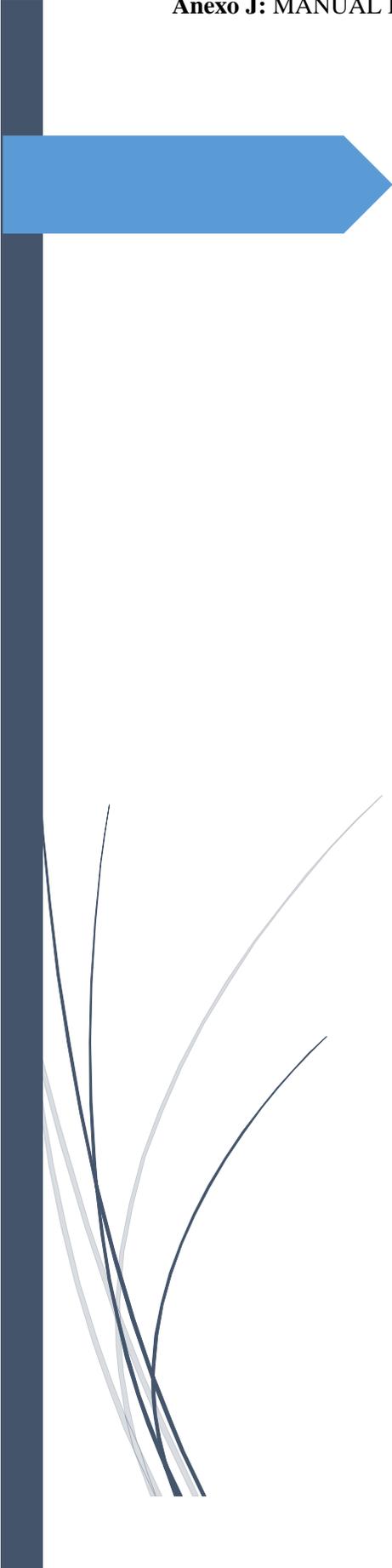


## 7. Plano de conexión del circuito de potencia



## 8. Plano de conexión de la pantalla táctil y el PLC





# MANUAL DE USUARIO

Tablero de Control para el quemador  
con Biomasa

Martin López 247

ESPOCH FACULAD DE INFORMATICA Y ELECTRONICA

## INDICE

<b>1.</b>	<b>INFORMACION GENERAL</b> .....	4
<b>1.1.</b>	<b>Introducción</b> .....	4
<b>1.2.</b>	<b>Objetivos del Manual de Usuario</b> .....	4
<b>2.</b>	<b>TABLERO ELECTRONICO</b> .....	5
<b>2.1.</b>	<b>Componentes</b> .....	5
<b>2.1.1.</b>	<b>Pantalla táctil</b> .....	5
<b>3.</b>	<b>DATOS GENERALES DE LOS EQUIPOS</b> .....	7
<b>3.1.</b>	<b>Motor Sinfin</b> .....	7
<b>3.2.</b>	<b>Ventilador Centrifugo</b> .....	7
<b>3.3.</b>	<b>Resistencia</b> .....	8
<b>3.4.</b>	<b>Pantalla táctil</b> .....	8
<b>3.5.</b>	<b>PLC</b> .....	9
<b>3.6.</b>	<b>Módulo de I/O analógicas</b> .....	9
<b>3.7.</b>	<b>Breaker Principal</b> .....	10
<b>3.8.</b>	<b>Fuente de alimentación</b> .....	10
<b>3.9.</b>	<b>Protección</b> .....	11
<b>3.10.</b>	<b>Sensores</b> .....	11
<b>3.11.</b>	<b>Relés</b> .....	12
<b>4.</b>	<b>INSTALACION DEL TABLERO ELECTRONICO</b> .....	13
<b>4.1.</b>	<b>Instalación de canaleta y rial DIN</b> .....	13
<b>4.2.</b>	<b>Ubicación de componentes</b> .....	13
<b>4.3.</b>	<b>Cableado</b> .....	13

<b>5.</b>	<b>PRECAUCIONES</b> .....	15
<b>6.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	16

## **1. INFORMACION GENERAL**

### **1.1. Introducción**

El presente manual permitirá que el operador manipule el tablero de manera fácil y segura, dando la información necesaria sobre encendido del tablero y manipulación de la pantalla táctil. A demás provee los planos de conexión del tablero electrónico.

### **1.2. Objetivos del Manual de Usuario**

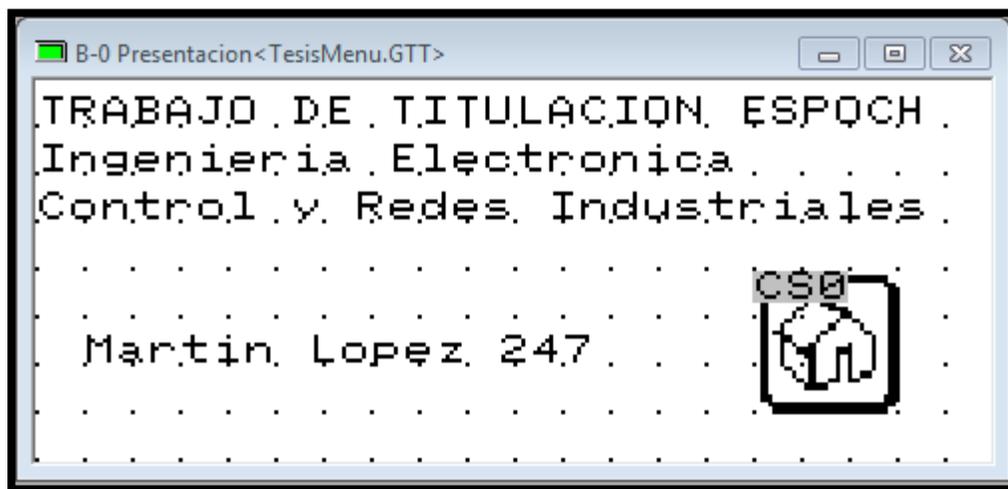
- Familiarizar al usuario con el entorno que ofrece el tablero electrónico
- Informar al usuario sobre las acciones que debería hacer para llevar a cabo una operación.
- Detallar los datos da cada uno de los equipos y actuadores utilizados en el tablero.
- Brindar datos técnicos sobre el tablero electrónico.
- Guiar a través de los planos de conexión posibles fallas o inconvenientes.

## 2. TABLERO ELECTRONICO

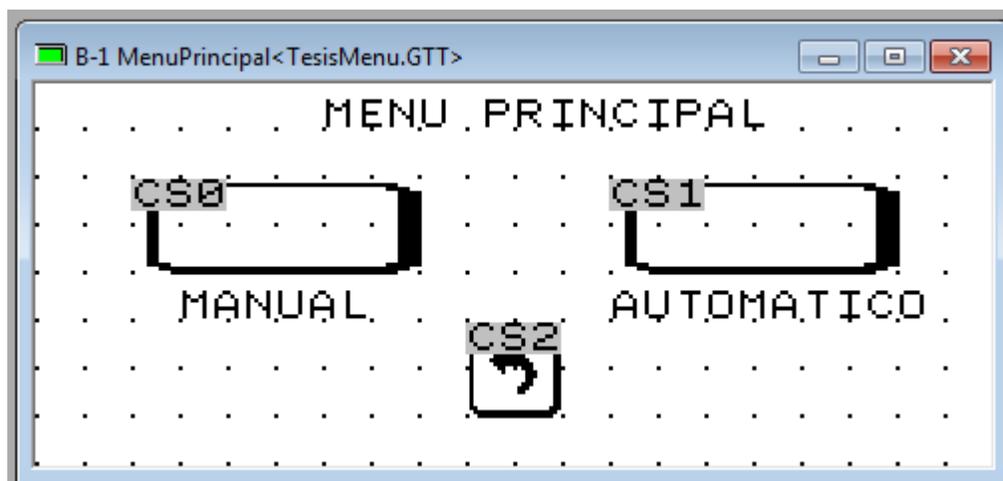
### 2.2. Componentes

#### 2.2.1. Pantalla táctil

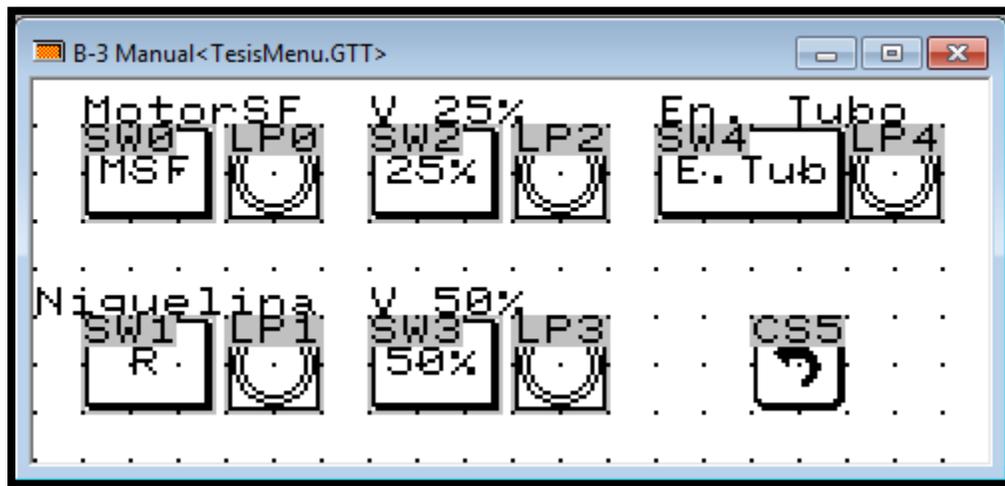
El tablero electrónico que controla la maquina posee una única pantalla táctil donde se realiza todas las posibles acciones y adquisición de datos.



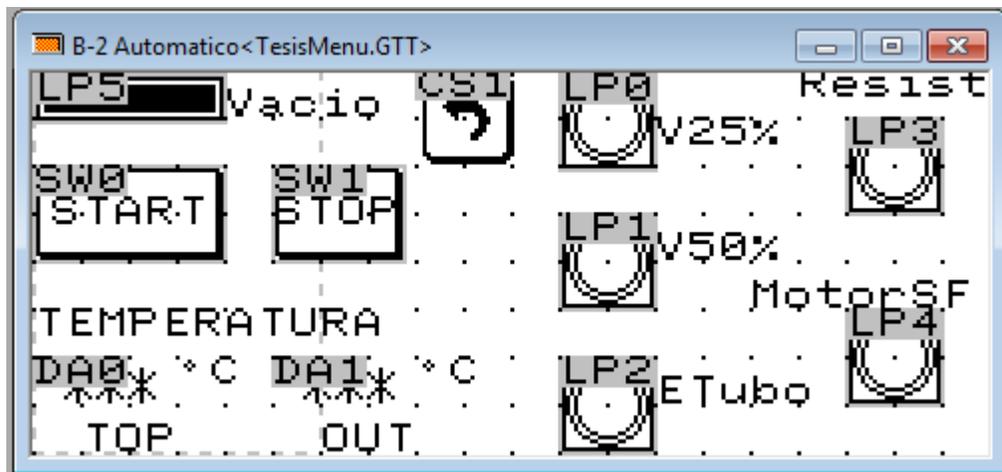
Una pantalla principal aparece como presentación apenas se encienda el tablero electrónico, para ingresar al menú principal se debe presionar el botón que tiene la figura de una casa.



En el menú principal existen dos modos que se puede manejar la máquina, sea en modo automático o en modo manual y una pequeña flecha permite regresar a la presentación de la pantalla.



El modo manual permite activar o desactivar cada actuado independiente del Grafcet, cada cuadrado representa un botón asignado a un actuador y un círculo indica si el elemento se activó, mientras se mantenga presionando cualquier actuador permanecerá encendido.



En el modo automático posee un botón de inicio y uno de paro, en el caso que la tolva este vacía y se quiera empezar el proceso, no se obtendrá ninguna respuesta de la máquina. Una vez empezado sin ningún problema el proceso el botón de regreso desaparece como protección de no entrar al modo manual y al modo automático al mismo tiempo.

Los indicadores de la derecha muestran que actuador se encuentra en funcionamiento, los tres asteriscos de la parte izquierda representan la temperatura ingresada por el usuario a la cual se desea llegar y los asteriscos de la derecha muestran la temperatura medida.

### 3. DATOS GENERALES DE LOS EQUIPOS

#### 3.1. Motor sinfín



El motor sinfín es un motor con bobinas de sombra su rendimiento es bajo y su potencia es pequeña.

Datos:

120Vac, 50W (0,067HP), 11RPM

El motor fue reciclado de una pequeña bomba hidráulica

#### 3.2. Ventilador Centrífugo

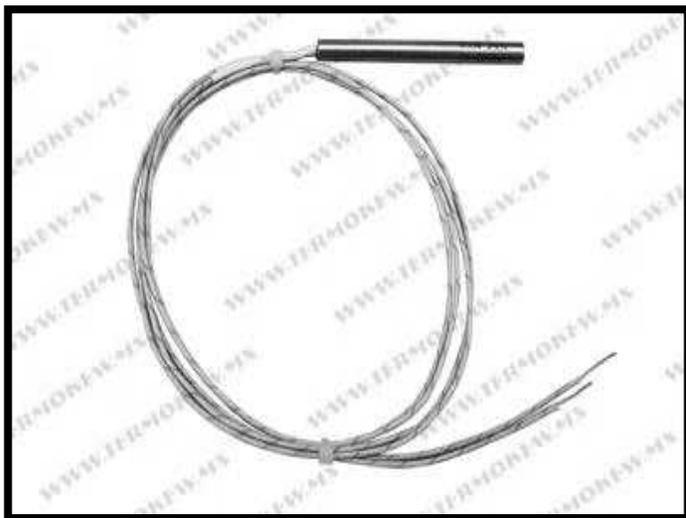


El ventilador centrífugo posee una salida de aire tangencial a su eje.

Datos:

120Vac, 1A y un caudal de 21,2 CFM

### 3.3. Resistencia

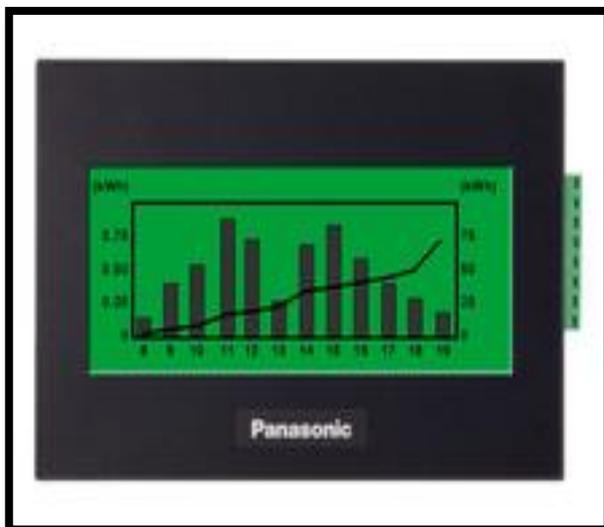


La resistencia tipo cartucho enciende la biomasa.

**Voltaje:** 120V

**Potencia:** 1A

### 3.4. Pantalla Táctil



Desde la pantalla táctil se puede controlar y monitorear cada sistema

**Datos:**

3,8" monocromática, cable AIGT8162 para comunicación con el PLC, puerto mini USB.

### 3.5. PLC



Autómata programable quien controla el proceso de acuerdo al Grafcet.

Datos:

8 entradas digitales, 6 salidas digitales, 24V a través de un conector RS485, puerto mini USB para conectarse a la computadora.

### 3.6. Módulo de expansión I/O analógico



Mide la temperatura que envía la termocupla tipo J.

Datos:

Dos entradas analógicas y una salida analógica, de acuerdo a la configuración del dipswitch se puede insertar varios tipos de termocuplas.

El dip 4 permite cambiar la salida analógica de voltaje a corriente.

### 3.7. Breaker Principal



Permite la distribución de energía a todo el tablero además de proteger de cortos posibles.

Datos:

Breaker para riel DIN, corriente 20A.

### 3.8. Fuente de alimentación



Alimenta al PLC y a los relés

Datos:

Entrada de voltaje 120V y salida de voltaje 24V, 1A.

### 3.9. Protección



Protegen a los actuadores de posibles sobre cargas y cortos circuitos.

Datos:

Porta fusibles para riel DIN, fusibles 2A.

### 3.10. Sensores



Sensor capacitivo CM24-3012NA, detecta si la tolva tiene biomasa.

Datos:

24Vcc, rango de medida 10mm, Normalmente Abierto, corriente de respuesta 200mA.

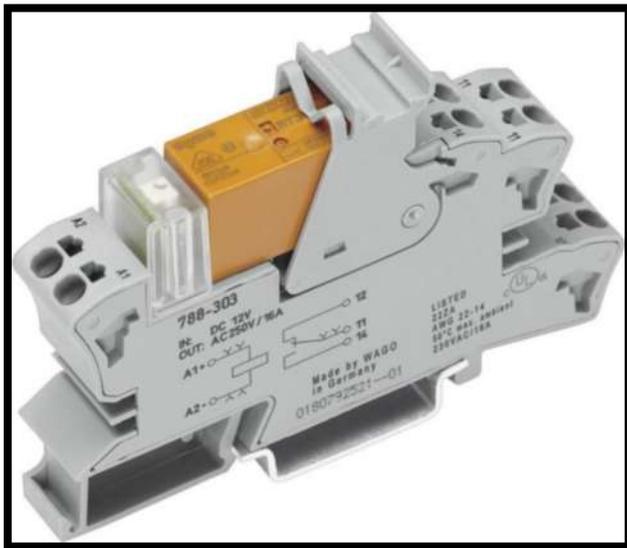


Termocupla T K101-6-JE30L-5MT tipo J, mide la temperatura producida por la biomasa.

**Datos:**

Se conecta directamente al módulo de expansión.

### 3.11. Relés



Relé SCHRACH RT 424024 con socket WAGO 788-XXX activa las posibles velocidades del ventilador.

**Datos:**

Bobina de 24V o 120V, voltaje en el conmutador 120V, 8A.



Rele RUMC2AB1P7 con zócalo RUZC2M, activa la resistencia y motor sinfn.

Datos:

Bobina de 24V o 120V, voltaje en sus contactos 120V, 10A.

## **4. INTALACION DEL TABLERO ELECTRONICO**

### **4.1. Instalación de la canaleta y riel DIN**

La caja que conforma el tablero electrónico tiene unas dimensiones de 30cm x 40cm x 15cm, la canaleta se ubica alrededor del contorno interior de la caja con un corte de 45 grados en sus extremos. Una canaleta central permitirá conectar los dispositivos entre la etapa de control y la de potencia. Las medidas se detallan en el Anexo C.

### **4.2. Ubicación de componentes**

Existen dos circuitos principales, uno es el circuito de control y otro es el circuito de potencia. El circuito de control está formado por la fuente de alimentación, un grupo de borneras que distribuyen los 24V, GND, entradas digitales, salidas digitales, Línea 120v y Neutro. El PLC y el módulo de expansión y el Breaker principal, vea anexo D y E.

### **4.3. Cableado**

Existen 8 planos para la conexión de todo el tablero electrónico. El plano de alimentación muestra la conexión de la fuente de alimentación y la conexión del Breaker principal.

El plano de entradas digitales detalla la conexión del sensor capacitivo y con ayuda de una resistencia se convierte su respuesta de corriente a voltaje, suficiente para activar la entrada digital.

El plano de alimentación del PLC muestra la conexión de la fuente hasta el conector RS485 del PLC Panasonic.

El plano de entradas analógicas muestra la conexión de la termocupla al módulo de expansión.

Existen dos planos de salidas digitales, caracterizadas por su común a 24V y a 120V. Cada salida corresponde a una bobina de un relé.

El plano del circuito de potencia detalla la conexión de cada actuador, su protección y el contacto correspondiente a cada relé.

El plano PLC – pantalla táctil muestra la conexión de la pantalla con el PLC, se la hace a través de un cable UTP par trenzado y con un terminal redondo RS232.

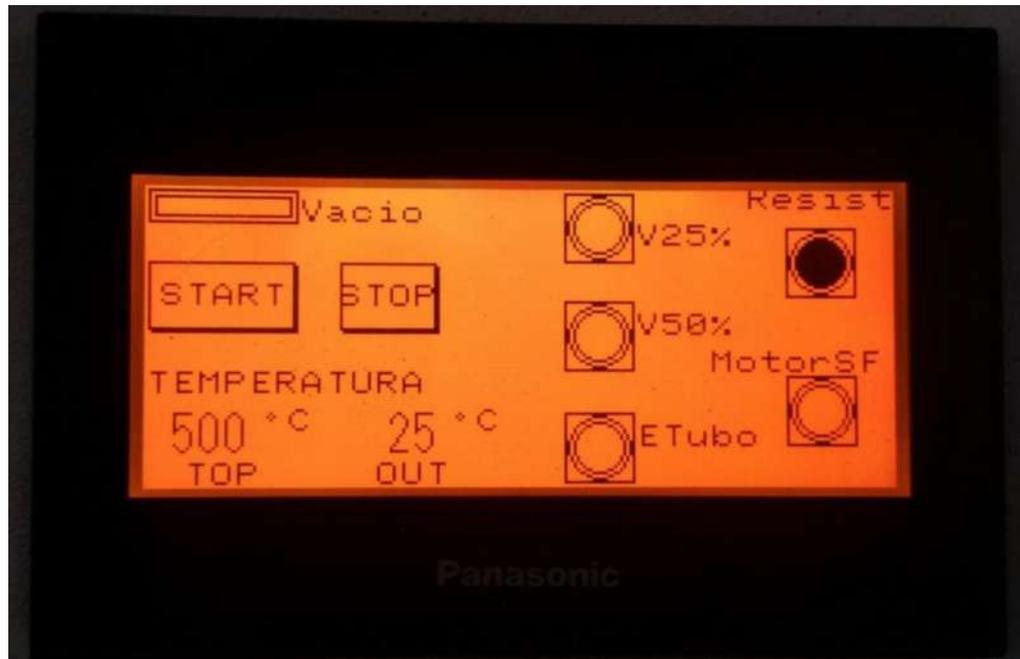
Todos los planos se encuentran en el Anexo F.

## 5. RECOMENDACIONES

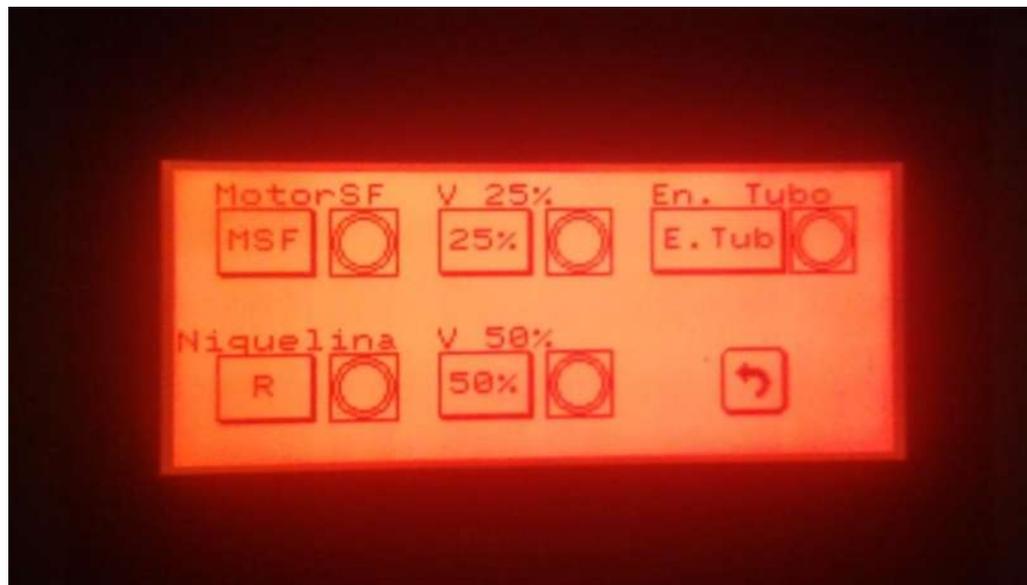
- No golpear la pantalla y tener cuidado con la fuerza que se presiona la pantalla.
- Asegúrese que el tablero este desconectado o apagado antes de manipular alguna conexión del tablero electrónico.
- Utilice todas las herramientas de seguridad pertinentes antes de realizar alguna acción en el tablero electrónico.
- Asegúrese que no existan conexiones sueltas o mal sujetadas ya que eso puede ocasionar un cortocircuito.
- No mueva mucho la máquina con respecto al tablero ya que esta acción reduce la vida útil de la funda eléctrica que cubren los cables.

## 6. ANEXOS

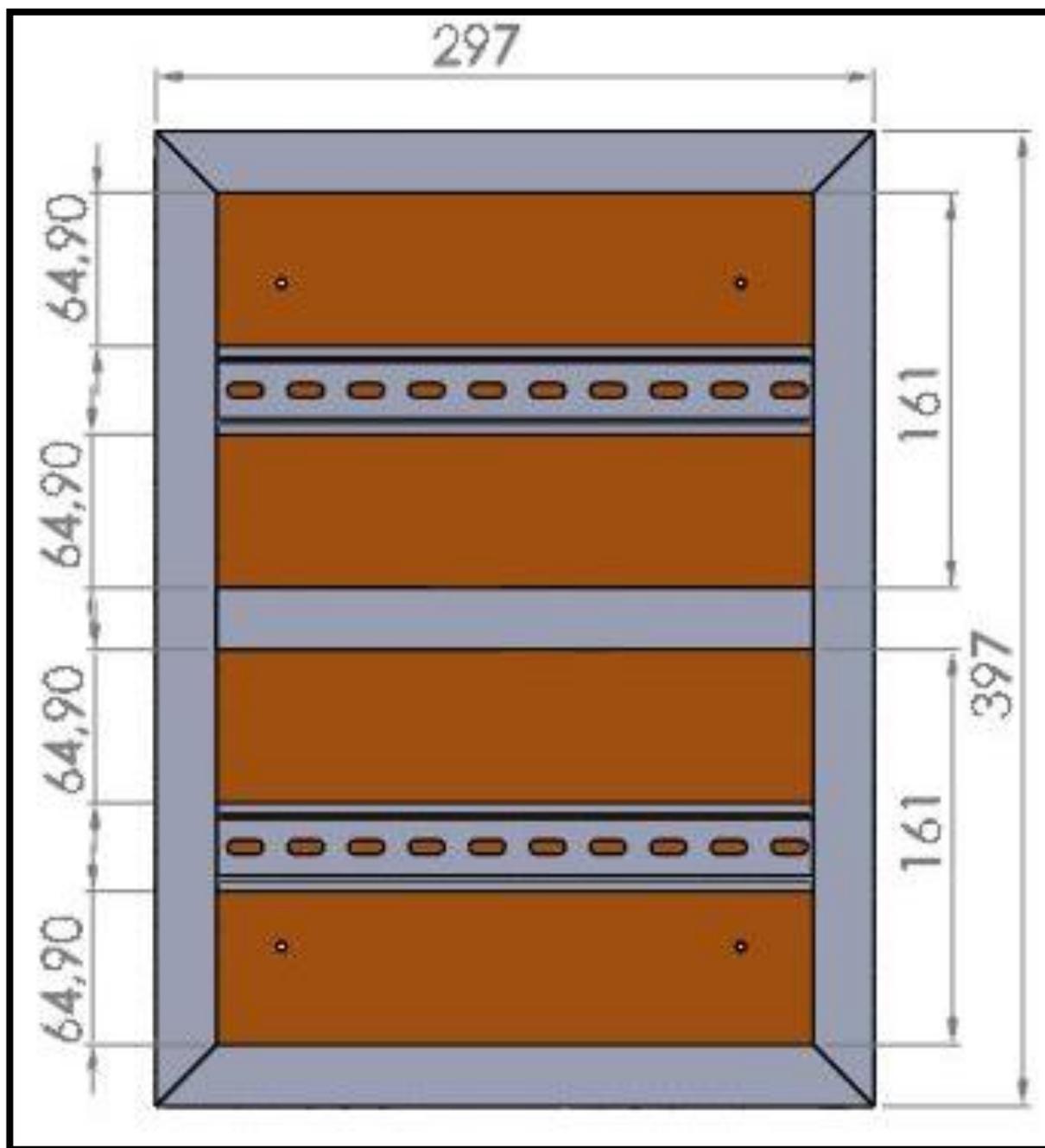
### Anexo A Modo Automático



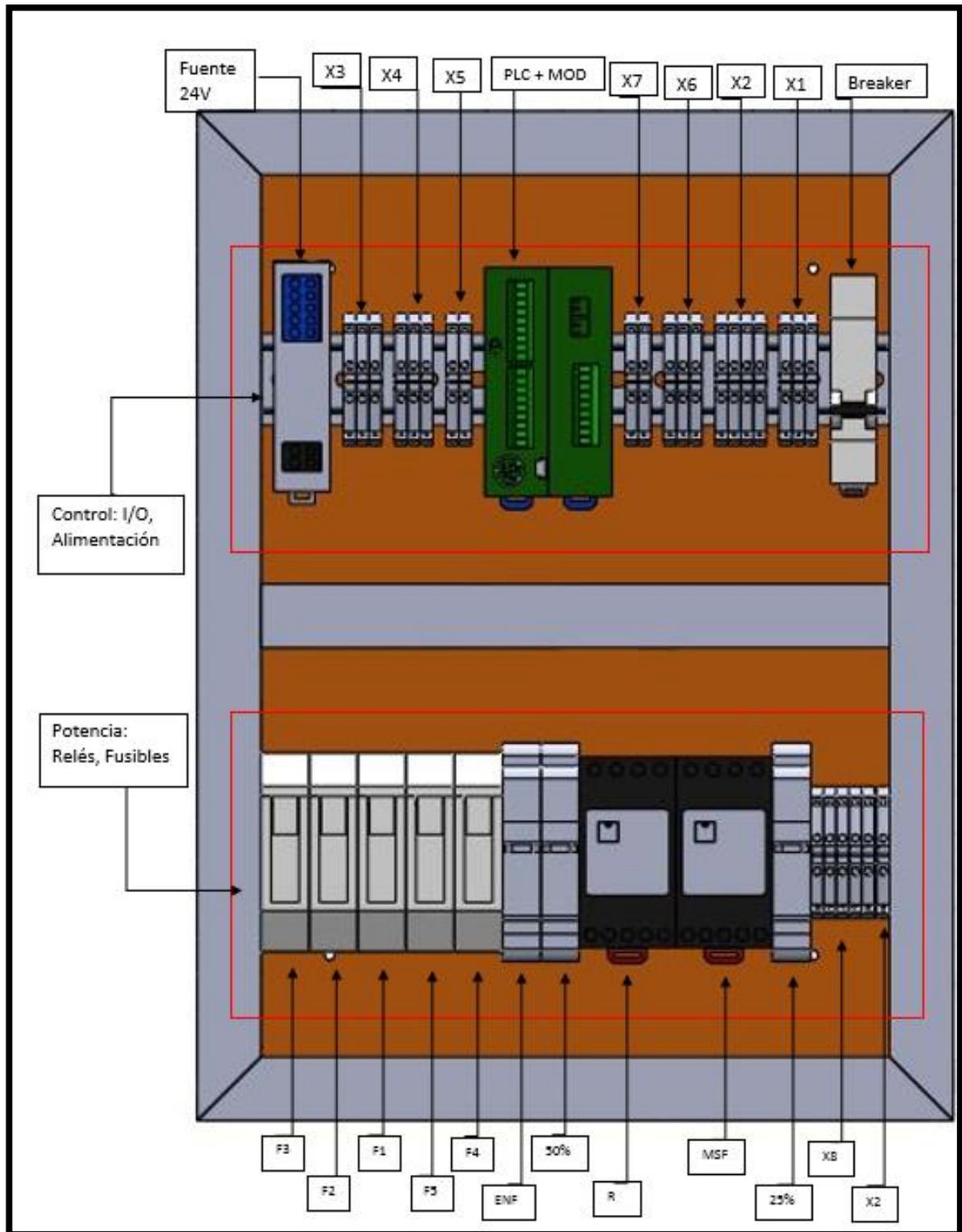
### Anexo B Modo Manual



Anexo C



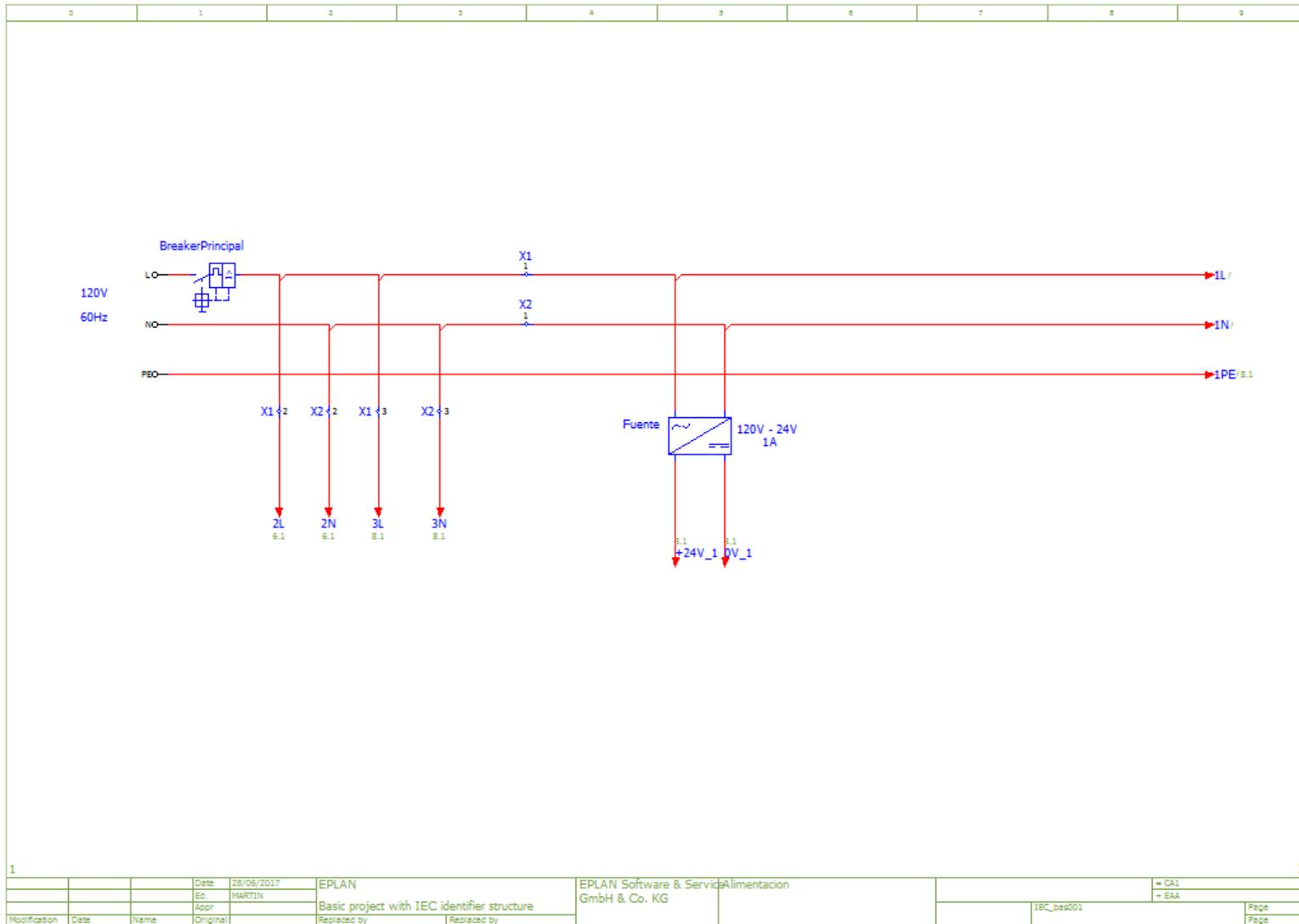
## Anexo D



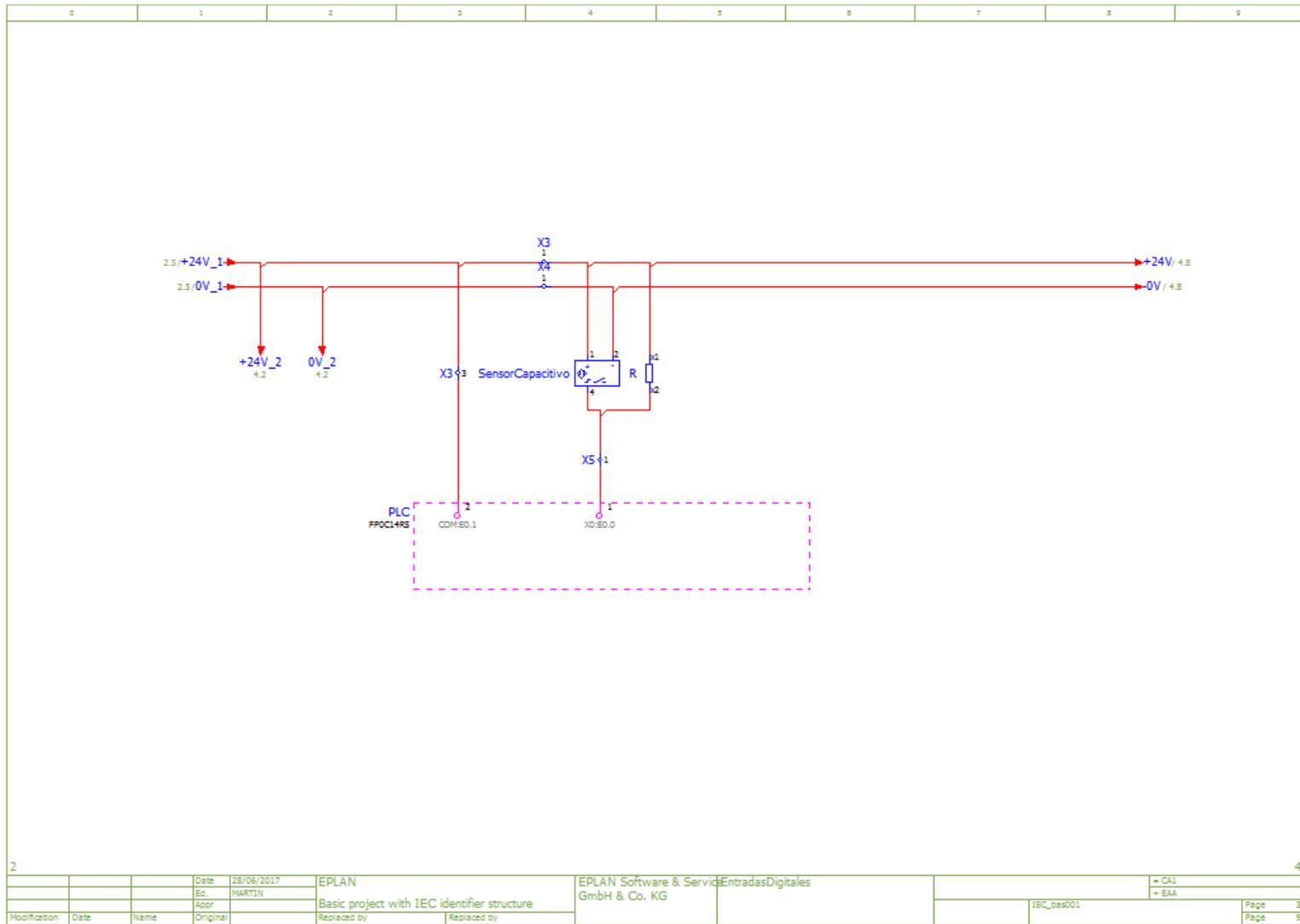
## Anexo E

<b>Circuito</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Detalle</b>
CONTROL	X1	Representa el conjunto de borneras destinada a distribuir la línea de 120V.
	X2	Representa el conjunto de borneras destinadas a distribuir el neutro.
	X3	Representa el conjunto de borneras destinadas a distribuir el voltaje de la fuente +24V
	X4	Representa el conjunto de borneras destinadas a unir el negativo de la fuente.
	X5	Representa el conjunto de borneras destinadas a recibir la señal del sensor capacitivo y conectarlo al PLC.
	X6	Representa el conjunto de borneras que señalan las salidas del PLC a un común de 120V.
	X7	Representa el conjunto de borneras que señalan las salidas del PLC a un común de 24V
	PLC + MOD	Representa al PLC FP0RC14 y al módulo de expansión para termocupla FP0A21.
	Breaker	Representa el Breaker principal de todo el tablero.
POTENCIA	F1	Representa el fusible y Portafusible que protegerá a la resistencia.
	F2	Representa el fusible y Portafusible que protegerá al ventilador 50%
	F3	Representa el fusible y Portafusible que protegerá al ventilador al 50% + Enfriamiento
	F4	Representa el fusible y Portafusible que protegerá al ventilador 25%
	F5	Representa el fusible y Portafusible que protegerá al Motor Sinfín
	X8	Representa el conjunto de borneras donde se conectaran todos los actuadores a través de una manguera.
	X2	Representa el neutro común de todos los actuadores.

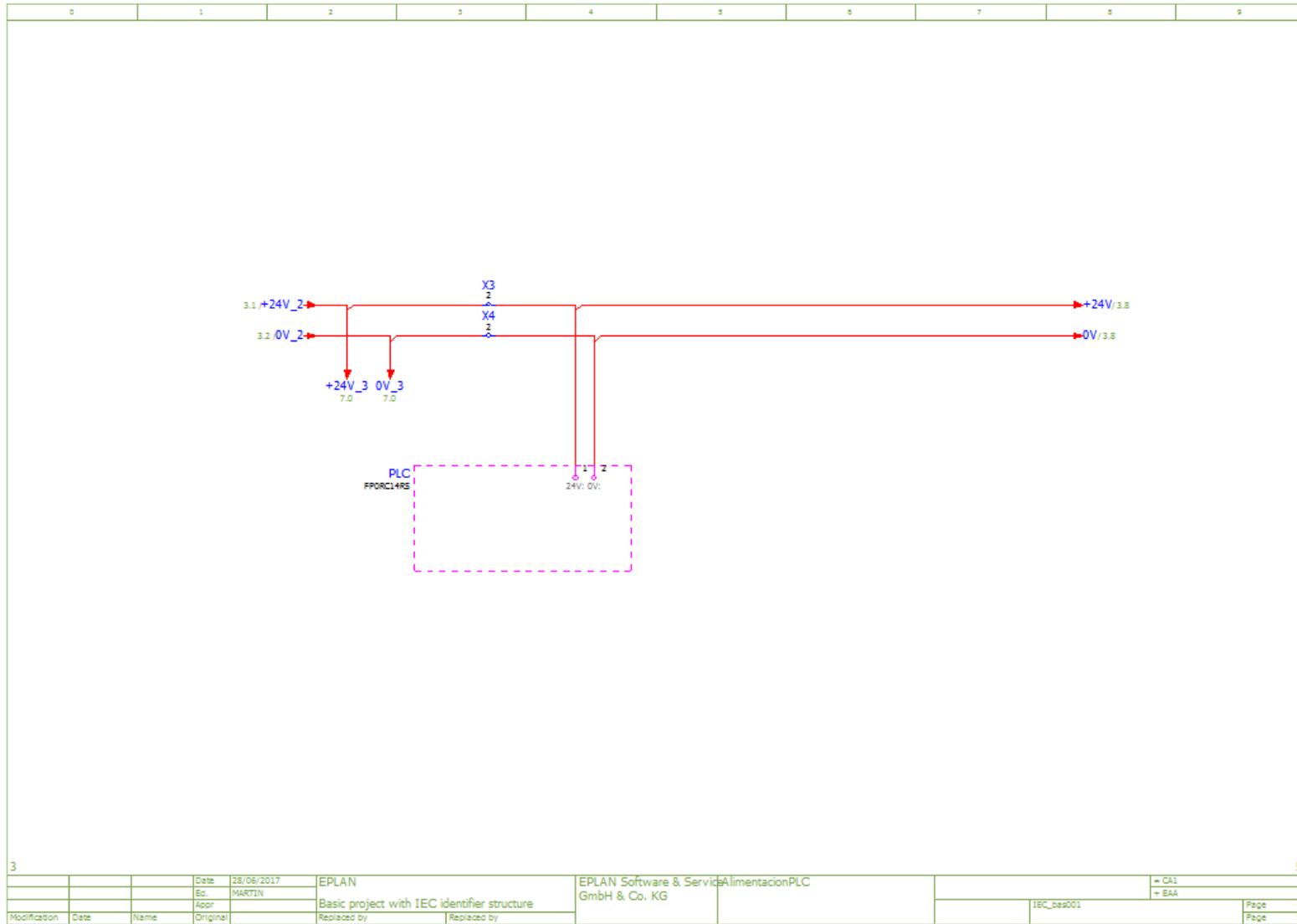
## ANEXO F: Plano de conexión de la fuente y Breaker principal



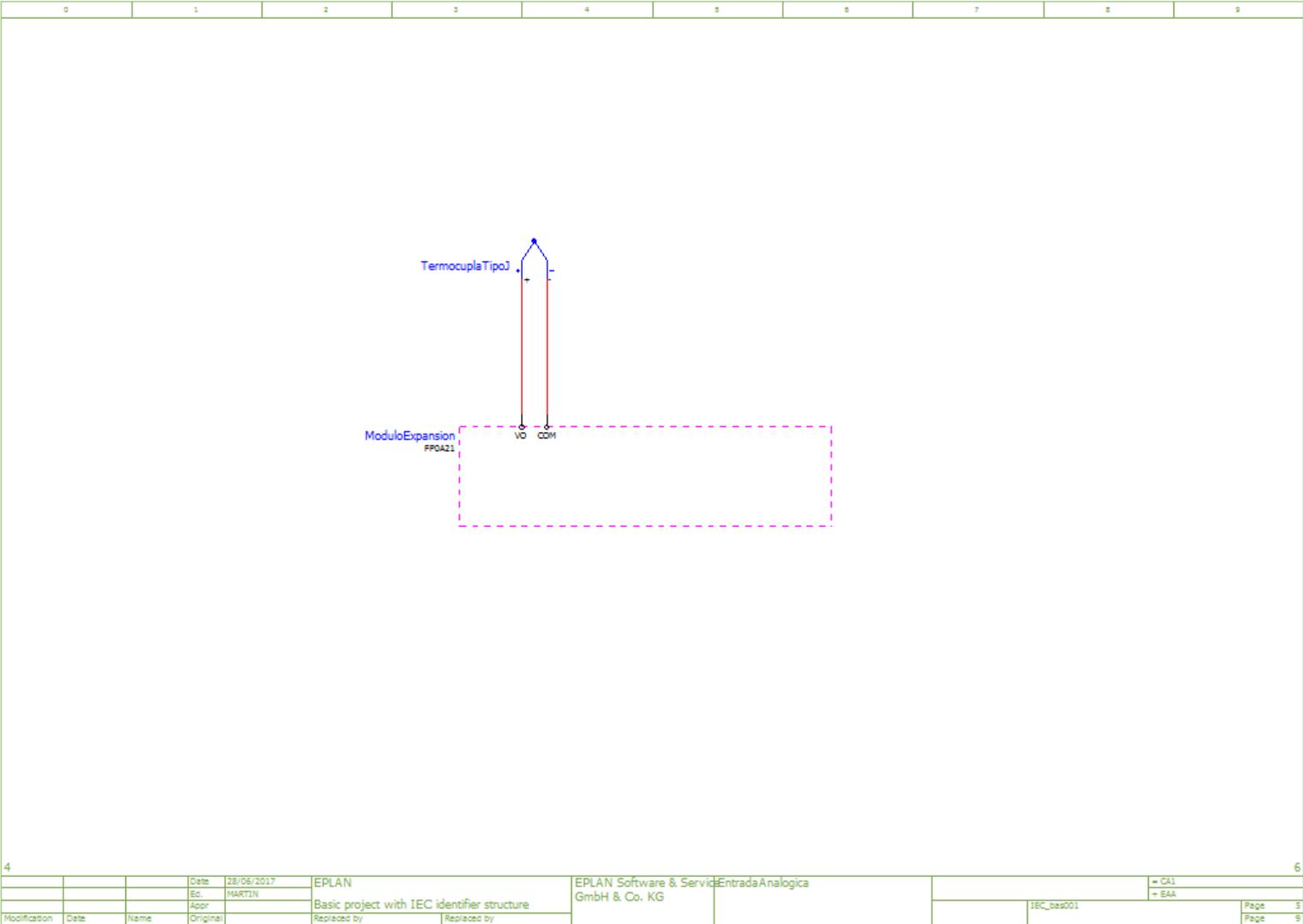
## 2. Plano de conexión de las entradas digitales



### 3. Plano de conexión de la alimentación al PLC



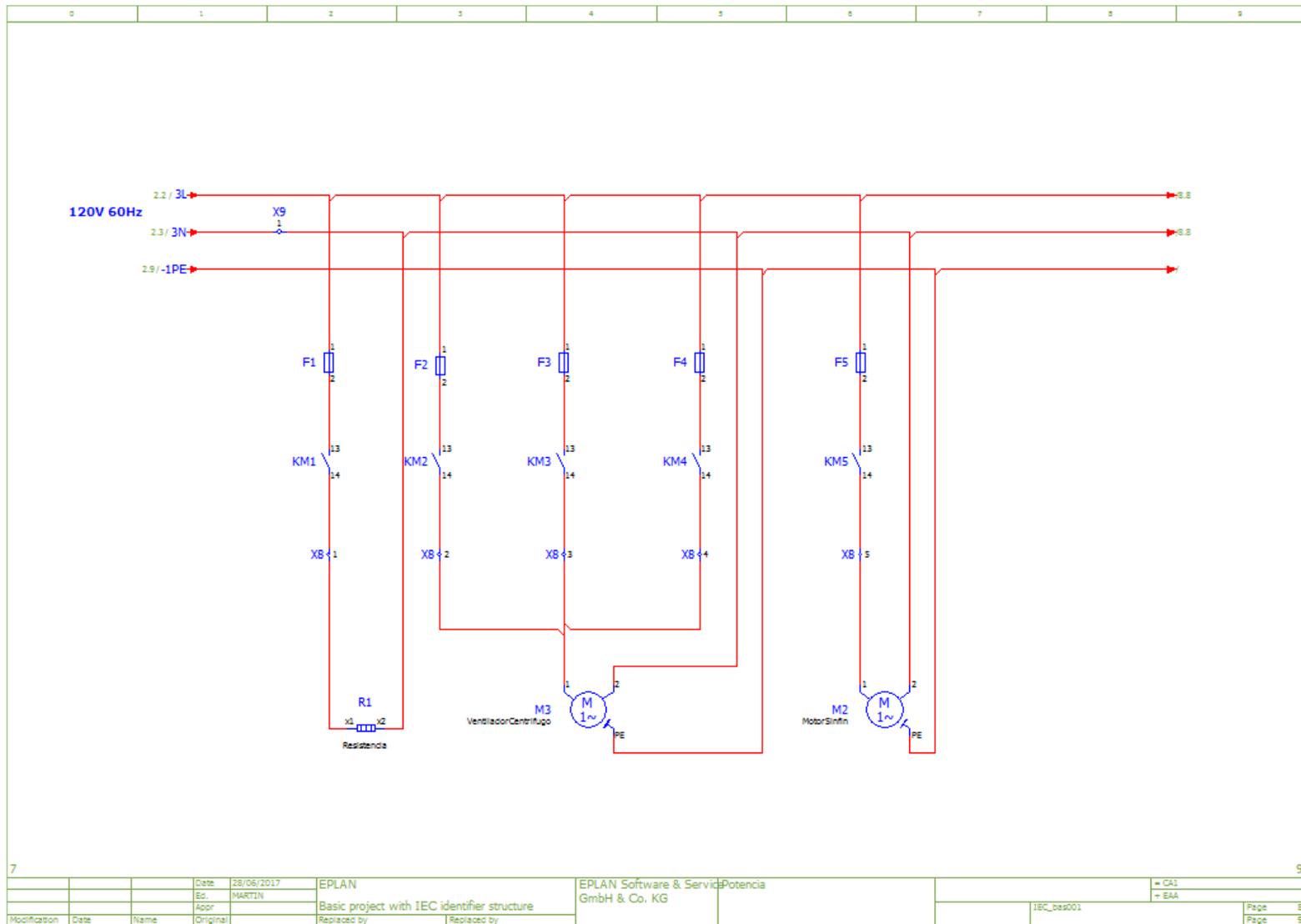
#### 4. Plano de conexión de la termocupla tipo J



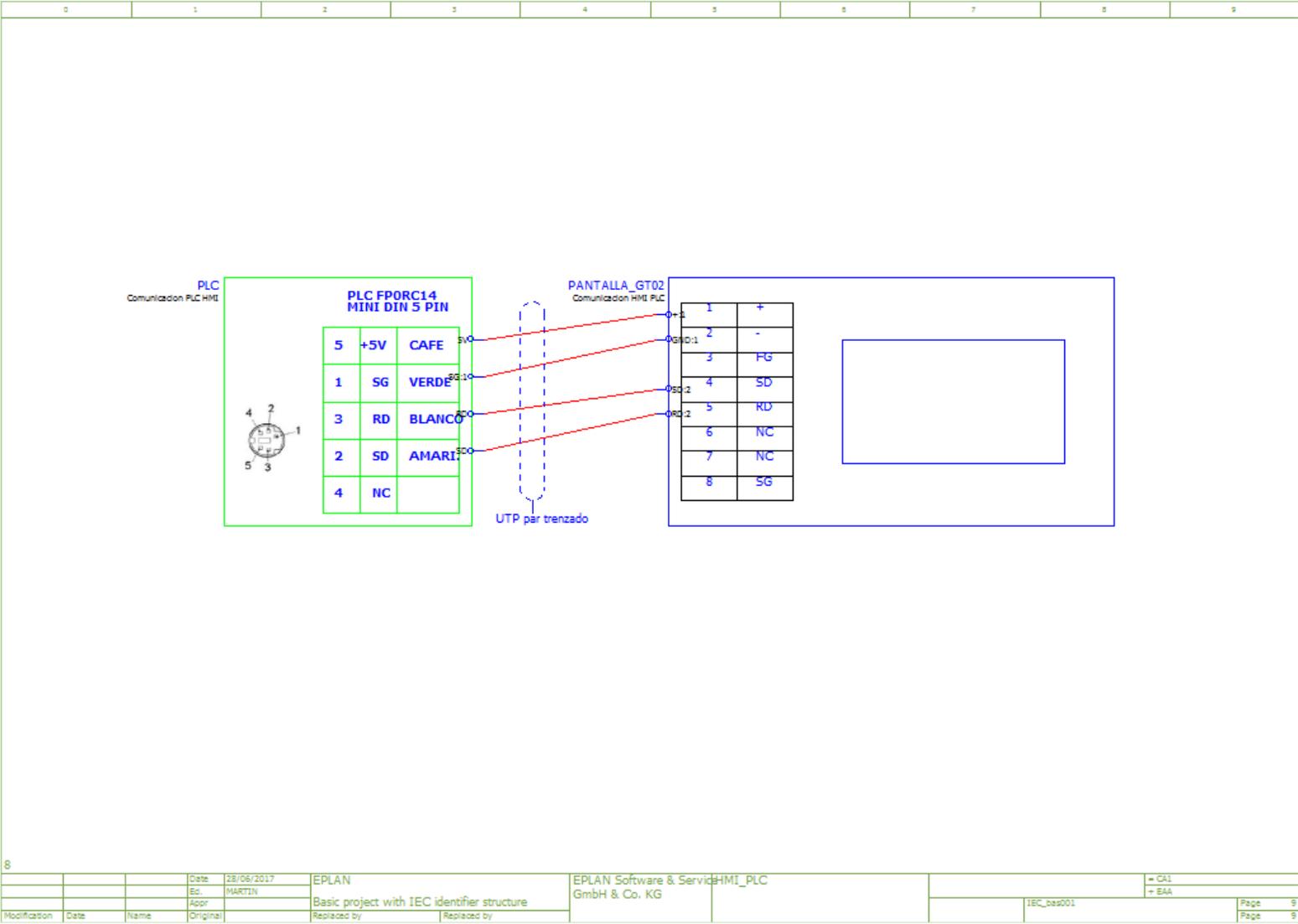




## 7. Plano de conexión del circuito de potencia



### 8. Plano de conexión de la pantalla táctil y el PLC



**Anexo K: Factura de los elementos para la automatización de la máquina**



**ECUAINSETEC Cia Ltda**

Dir Matriz: YUGOSLAVIA N-34-110 Y AZUAY

Dir Sucursal: YUGOSLAVIA N-34-110 Y AZUAY

Contribuyente Especial Nro 181  
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI

R.U.C.: 1792224616001

**FACTURA**

No. 001-002-000010568

NÚMERO DE AUTORIZACIÓN:

0902201701200100200001056817922246164

FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 09/02/2017 15:47:57

AMBIENTE: PRODUCCION

EMISIÓN: NORMAL

CLAVE DE ACCESO:



0902201701179222461600120010020000105680001056817

Razón Social / Nombres y Apellidos: LOPEZ MANTILLA PAUL MARTIN

Identificación: 1804787347

Fecha Emisión: 09/02/2017

Guía Remisión:

Cod. Principal	Cod. Auxiliar	Cant	Descripción	Detalle Adicional	Detalle Adicional	Detalle Adicional	Precio Unitario	Descuento	Precio Total
009901000		1.00	AFP0RC14MRS CONTROL LOGIC 8 IN 6 OUT 24V	NA			171.08	17.11	153.97
009901003		1.00	AIG02GQ02D DISPLAY PROGRAMABLE TOUCH SCREEN GT02	NA			156.23	15.62	140.61
0037871602		1.00	787-1602 OUTPUT VOLTAGE DC 24V; 1A FUENTE DE ALIMENTACION EPSITRON	NA			81.52	8.15	73.37
009901050		1.00	AIGT8192D CABLE COMUNICACION PLC FPX FPOR	NA			3.09	0.31	2.78
009901051		1.00	CABLE USB A MINI U CABLE USB A MINI U	NA			3.09	0.31	2.78
009901082		1.00	FP0-A21 UNIDAD DE EXPANSION ANALOGICO 2 IN 1 OUT	NA			225.45	22.54	202.91
005500100		1.00	TK101-6-JE30L-5MT SENSOR DE TEMPERATURA	NA			42.52	0.00	42.52

**Información Adicional**

Dirección: MONTALVO S N Y ELOY ALFARO  
 CIUDAD: BANOS DE AGUA SANTA  
 FORMA PAGO: CREDITO 0 DIAS  
 ORDEN COMPRA: SN  
 VENDEDOR: NARANJO TORRES CRISTINA PAOLA  
 GUIA DE REMISION: 001002-00013202  
 NUMERO FACTURA: 001002-00010568  
 FECHA VENCIMIENTO: 09/02/2017  
 OBSERVACION: SN  
 DIRECCION: MONTALVO S N Y ELOY ALFARO  
 TELEFONO: 2  
 EMAIL: martinlo\_92@hotmail.com;martinlo\_92@hotmail.com

SUBTOTAL 14 %	618.94
SUBTOTAL 0 %	0.00
SUBTOTAL No objeto de IVA	0.00
SUBTOTAL Exento de IVA	0.00
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	618.94
TOTAL Descuento	64.04
ICE	0.00
IVA 14 %	86.65
IRBPNR	0.00
PROPINA	0.00
VALOR TOTAL	705.59

Forma de Pago	Total	Plazo	Tiempo
OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	705.59	0	dias

**Anexo L: Factura de tres relés SCHRACH**



ECUAINSETEC Cia Ltda

Dir Matriz: YUGOSLAVIA N-34-110 Y AZUAY

Dir Sucursal: YUGOSLAVIA N-34-110 Y AZUAY

Contribuyente Especial Nro 181  
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI

R.U.C.: 1792224616001

**FACTURA**

No. 001-002-000010765

NÚMERO DE AUTORIZACIÓN:

2302201701200100200001076517922246167

FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 23/02/2017 13:40:53

AMBIENTE: PRODUCCION

EMISIÓN: NORMAL

CLAVE DE ACCESO:



2302201701179222461600120010020000107650001076517

Razón Social / Nombres y Apellidos: LOPEZ MANTILLA PAUL MARTIN

Identificación: 1804787347

Fecha Emisión: 23/02/2017

Guía Remisión:

Cod. Principal	Cod. Auxiliar	Cant	Descripción	Detalle Adicional	Detalle Adicional	Detalle Adicional	Precio Unitario	Descuento	Precio Total
003788312		1.00	24VDC SPCO BASE Y RELAY	NA			9.17	0.00	9.17
003788515		2.00	115VAC DPCO BASE Y RELAY	NA			11.84	0.00	23.68

Información Adicional

Dirección: MONTALVO S N Y ELOY ALFARO  
 CIUDAD: BANOS DE AGUA SANTA  
 FORMA PAGO: CREDITO 0 DIAS  
 ORDEN COMPRA: sn  
 VENDEDOR: NARANJO TORRES CRISTINA PAOLA  
 GUIA DE REMISION: 001002-00013497  
 NUMERO FACTURA: 001002-00010765  
 FECHA VENCIMIENTO: 23/02/2017  
 OBSERVACION: BANOS DE AGUA SANTA  
 DIRECCION: MONTALVO S N Y ELOY ALFARO  
 TELEFONO: 2  
 EMAIL: martinlo\_92@hotmail.com;martinlo\_92@hotmail.com

SUBTOTAL 14 %	32.85
SUBTOTAL 0 %	0.00
SUBTOTAL No objeto de IVA	0.00
SUBTOTAL Exento de IVA	0.00
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	32.85
TOTAL Descuento	0.00
ICE	0.00
IVA 14 %	4.60
IRBPNR	0.00
PROPINA	0.00
VALOR TOTAL	37.45

Forma de Pago	Total	Plazo	Tiempo
OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	37.45	0	dias

Anexo M: Facturas de los elementos para el tablero electronico.

ELECTRO PROVEEDORA <b>PROVELEC</b> Cía. Ltda.		R.U.C. 1890055342001 MATRIZ: AV. 12 DE NOVIEMBRE 03-39 Y AV. UNIDAD NACIONAL TELEFAX: 03 2827999 • TELEFONOS: 03 2825501 / 2824759 AMBAATO - ECUADOR OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD		<b>FACTURA</b> N° 001-001-00 <b>0178005</b> AUTORIZACION S.R.I N° 1119987322	
Sr. (es):	MANTILLA SANCHEZ MARIA DEL CARMEN	N.E. #:	000178005		
Dirección:	MONTALVO Y ELOY ALFARO (BAÑOS)	C.I./R.U.C.:	1802104149	Forma de Pago:	CONTADO
Ciudad:	Telf.: 09993800149	Fecha:	08/03/2017	Vencimiento:	- Vendedor: SANTIAGO
CANT.	CODIGO	DESCRIPCION	PRECIO U.	DCTO %	TOTAL
1.00	RE-07461	RESISTENCIA CARTUCHO 3CM, 110V 100W	23.6480		23.6500
5.00	FU-0702	FUSIBLE CARTUCHO 10X38MM 500V 2A FATO	0.3063		1.5300
5.00	PO-06856	PORTA FUSIBLE RIEL SASSIN 10X38 C/LED	1.4896		7.4500
1.00	CA-06889	CAJA METALICA ESMALTADO 30X40X15	31.5000		31.5000
1.00	RI-0851	MTR. RIEL DIN METALICA LEIPOLD	2.3700		2.3700
24.00	BO-1026	BORNERA LEGRAND 2,5MM 12 AWG	1.2506		30.0100
10.00	CA-0186	MTR. CABLE FLEXIBLE #16 AWG	0.2730	4.50	2.6100
1.00	BR-1103	BRECKER PARA RIEL FATO 1P 20A	3.5100		3.5100
			<b>08 MAR 2017</b>		
			<b>CANCELADO</b>		
AUTORIZO		ENTREGO	CLIENTE	SUBTOTAL 102.7500	
				DESCUENTO 0.1200	
				BASE 0% 0.0000	
				BASE 14% 102.6300	
				IVA 14% 14.3700	
				TOTAL 117.0000	
<p>DEBO Y PAGARE A LA ORDEN DE ELECTRO PROVEEDORA PROVELEC CIA. LTDA. EL VALOR TOTAL EXPUESTO EN ESTE DOCUMENTO MAS LOS IMPUESTOS DE LEY Y EL INTERES LEGAL PERMITIDO POR LEY.</p> <p>ACEPTO LAS CONDICIONES INCORPORADAS A LA PRESENTE FACTURA A LA VISTA Y SIN PROTESTO.</p> <p>LA MERCADERIA SE TRANSPORTA POR CUENTA Y RIESGO DEL CUENTE.</p>					
f.s.					

MONTALVO SANCHEZ MARIA DEL CARMEN - AUTORIZACION S.R.I N° 1119987322 - Fecha de Autorización: 27/01/2016 - Fecha de Caducidad: 27/12/2016