

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:

**AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA EXTRUSOR DE PVC PARA
FABRICACIÓN DE VINIL SELLADOR (EMPAQUETADURA) ENTRE EL
METAL Y SU ACRISTALAMIENTO**

AUTOR:

FERNANDO ISRAEL ZUMBA ALDAZ

TUTORA:

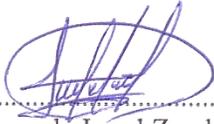
LUISA FERNANDA SOTOMAYOR REINOSO

Quito, Marzo 2017

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Fernando Israel Zumba Aldaz, con documento de identificación N° 060425013-4, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: Automatización de un sistema extrusor de PVC para fabricación de vinil sellador (empaquetadura) entre el metal y su acristalamiento, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

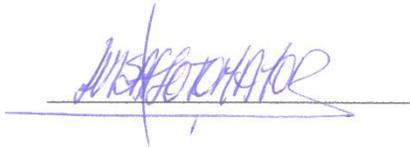


.....
Fernando Israel Zumba Aldaz
060425013-4
Fecha: Marzo 2017

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTORA

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación: Automatización de un sistema extrusor de PVC para fabricación de vinil sellador (empaquetadura) entre el metal y su acristalamiento, realizado por Fernando Israel Zumba Aldaz, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, Marzo 2017



Luisa Fernanda Sotomayor Reinoso

C.I.: 171095396-7

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mis familiares, padres y hermanos por todo el apoyo y confianza depositada en mi persona para poder sacar adelante mi carrera profesional

Dedico a mis seres queridos que ya no están en este mundo pero sé que desde el cielo me han sabido guiar a lo largo de todo el trayecto de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad politécnica salesiana por haberme inculcado todos los conocimientos profesionales y haber sembrado la semilla de saber y conocimiento.

Agradezco a la ingeniera Luisa Sotomayor por haberme sabido guiar con paciencia y sabiduría a lo largo del presente trabajo de titulación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| ANTECEDENTES | 1 |
| 1.1. Planteamiento del problema..... | 1 |
| 1.2. Justificación | 1 |
| 1.3. Objetivos | 2 |
| 1.3.1 Objetivo General | 2 |
| 1.3.2 Objetivos específicos..... | 3 |
| 1.4. Metodología | 3 |
| 1.5. Beneficiarios | 3 |
| CAPÍTULO 2 | 5 |
| FUNDAMENTACIÓN | 5 |
| 2.1. Introducción | 5 |
| 2.2. Policloruro de vinilo (PVC)..... | 5 |
| 2.2.1. El PVC como aislante..... | 7 |
| 2.2.2. Aplicaciones del PVC..... | 7 |
| 2.3. Tratamiento del PVC | 8 |
| 2.4. La extrusión | 11 |
| 2.4.1. Formas de extrusión | 12 |
| 2.5. Tipos de extrusores | 13 |
| 2.5.1 Matriz o boquilla del extrusor | 14 |
| 2.6 Máquina extrusora a repotenciar..... | 15 |
| 2.6.1 Tipo de vinil extruidos..... | 21 |
| 2.7 Dispositivos utilizados para la automatización de la máquina extrusora | 22 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 2.8 | Control de la Máquina Extrusora..... | 25 |
| CAPÍTULO 3..... | | 26 |
| DISEÑO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO..... | | 26 |
| 3.1 | Características de la máquina extrusora..... | 26 |
| 3.2 | Diseño Eléctrico..... | 27 |
| 3.2.1 | Diseño del calentador | 27 |
| 3.2.2 | Diseño de la protección de la máquina extrusora..... | 29 |
| 3.2.3 | Diseño electrónico del PLC..... | 31 |
| 3.2.4 | Diseño del HMI | 32 |
| 3.2.5. | Diseño de instrumentación del proceso | 33 |
| 3.2.6. | Caja de Control del sistema..... | 34 |
| 3.2.6.1. | Tablero frontal | 34 |
| 3.2.6.2 | Tablero Interior..... | 35 |
| 3.3 | Diagrama de control electromecánico | 37 |
| 4. CAPÍTULO 4..... | | 39 |
| 4.1 | Implementación de accesorios para mejoras del extrusor..... | 39 |
| 4.1.1 | Homogeneizador..... | 40 |
| 4.1.2 | Base de extrusor | 41 |
| 4.1.3 | Chumaceras | 41 |
| 4.1.4 | Etapas de Enfriado | 42 |
| 4.1.5 | Etapas de enrollado | 43 |
| 4.1.6 | Tablero de Control..... | 43 |
| 4.1.7 | Niquelinas..... | 45 |
| 4.1.8 | Materia prima | 47 |
| 4.1.9 | HMI | 47 |

| | | |
|-------|---|-----------|
| 4.2 | PRUEBAS Y RESULTADOS DEL SISTEMA ELÉCTRICOS | 50 |
| 4.2.1 | Etapa de extrusión | 50 |
| 4.2.2 | Etapa de enfriado | 50 |
| 4.2.3 | Etapa de enrollado | 51 |
| 4.2.4 | Pruebas con HMI | 52 |
| 4.2.5 | Pruebas con las niquelinas | 53 |
| 4.2.6 | Pruebas finales con Materia prima | 53 |
| 4.3 | Funcionamiento | 55 |
| 4.3.1 | Pasos de operación | 56 |
| | CONCLUSIONES | 57 |
| | RECOMENDACIONES | 59 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 60 |
| | ANEXOS | 62 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 2.1 Extrusión | 8 |
| Figura 2.2 Calandreo | 9 |
| Figura 2.3 Inyección..... | 9 |
| Figura 2.4 Soplado | 9 |
| Figura 2.5 Compresión o presado | 9 |
| Figura 2.6 Termo formado | 11 |
| Figura 2.7 Moldeo rotacional | 11 |
| Figura 2.8 Diagrama de bloques del proceso de extrusión..... | 11 |
| Figura 2.9 Diagrama de un Extrusor | 11 |
| Figura 2.10 Diagrama de la extrusión | 12 |
| Figura 2.11 Extrusión directa | 13 |
| Figura 2.12 Extrusión indirecta..... | 13 |
| Figura 2.13 Estructura de un dado de extrusor..... | 15 |
| Figura 2.14 Máquina extrusora | 16 |
| Figura 2.15 Tambor calentador | 16 |
| Figura 2.16 Husillo del Extrusor | 17 |
| Figura 2.17 Estructura para el enfriamiento..... | 17 |
| Figura 2.18 Tolva de alimentación..... | 18 |
| Figura 2.19 Motor trifásico del extrusor | 18 |
| Figura 2.20 Caja de control | 19 |
| Figura 2.21 Matriz del extrusor..... | 19 |
| Figura 2.22 Niquelinas del extrusor | 20 |
| Figura 2.23 PLC KOYO..... | 23 |
| Figura 2.24 HMI TouchWin..... | 24 |
| Figura 2.25 Relé de estado solido | 24 |
| Figura 2.26 Diagrama de control del sistema de extrusión | 25 |
| Figura 3.1 Diagrama multifilar de dimensionamiento de protección del sistema extrusor..... | 30 |
| Figura 3.2 Diagrama de flujo del programa del programación del PLC | 32 |
| Figura 3.3Diagrama del HMI | 33 |
| Figura 3.4 Diagrama de instrumentación | 34 |
| Figura 3.5 Diseño del tablero frontal | 35 |
| Figura 3.6 Diseño del interior del tablero de control | 36 |

| | |
|---|----|
| Figura 3.7 Distribución de elementos en tablero eléctrico | 36 |
| Figura 3.8 Diagrama electromecánico | 38 |
| Figura 4.1 Extrusor final | 40 |
| Figura 4.2 Homogenizado | 40 |
| Figura 4.3 Base del extrusor..... | 41 |
| Figura 4.4 Chumaceras..... | 42 |
| Figura 4.5 Estructura de enfriado..... | 42 |
| Figura 4.6 Estructura de etapa de enrollado..... | 43 |
| Figura 4.7 Tablero Frontal | 44 |
| Figura 4.8 Tablero Interno | 45 |
| Figura 4.9 Conexión de las niquelinas | 46 |
| Figura 4.10 Conexión de niquelinas..... | 46 |
| Figura 4.11 PVC utilizado..... | 47 |
| Figura 4.12 primera pantalla HMI: Presentación | 48 |
| Figura 4.13 Pantalla 2: Botonera..... | 48 |
| Figura 4.14 Tercera Pantalla: Grafico | 49 |
| Figura 4.15 Cuarta Pantalla: Alarmas | 49 |
| Figura 4.16 la etapa de extrusión: pruebas | 50 |
| Figura 4.17 Etapa de Enfriado..... | 51 |
| Figura 4.18 Enrollado en funcionamiento..... | 51 |
| Figura 4.19 Pruebas con el HMI | 52 |
| Figura 4.20 Pruebas con las niquelinas | 53 |
| Figura 4.21 Prueba 1: material extruido..... | 54 |
| Figura 4.22 Prueba 2 con material extruido | 54 |
| Figura 4.23 Grafico temperatura Vs. tiempo..... | 55 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-------|
| Tabla 2.1 Propiedades físicas del PVC..... | 77 |
| Tabla 2.2 Aplicaciones del PVC | 88 |
| Tabla 2.3 Modelos de vinil..... | 21-22 |
| Tabla 3.1 Elementos y características físicas de la maquina extrusora | 26-27 |
| Tabla 3.2 Características del barril | 28-29 |
| Tabla 3.3 Simbología del diagrama de instrumentación | 34 |
| Tabla 3.4 Elementos del tablero de control | 37 |

RESUMEN

El proceso de extrusión ha servido para el tratamiento de polímeros, plásticos y diferentes tipos de materiales para obtener objetos determinados de forma continua. El presente proyecto se ha enfocado en la automatización de una máquina extrusora de PVC para la fabricación de vinil sellador utilizado en el área de la construcción de ventanearía y estructuras. La necesidad de la empresa Indestal de poner en marcha un sistema de extrusión ha hecho objeto de este trabajo.

Con los conocimientos adquiridos en la Universidad Politécnica Salesiana se diseña un sistema electrónico para controlar y monitorear el proceso. Para lo cual se usa un PLC que comandara todas las órdenes requeridas para un procesamiento adecuado del material manipulando la variable temperatura, en base a este se desarrollara la automatización del equipo. Se adiciona nuevas etapas complementando el sistema de extrusión.

Se realiza la caracterización de la máquina extrusora obsoleta, mejorando el sistema mecánico aumentando la homogenización del proceso. Se realiza el monitoreo y control de las niuelinas a través de un PLC y HMI o pantalla táctil. Se rediseña el tablero de protección que cumple las normas de seguridad.

ABSTRACT

The extrusion process has been used for the treatment of polymers, plastics and different types of materials to obtain continuously determined objects. The present project has focused on the automation of PVC extruder for the manufacture of vinyl sealant used in the area of window construction and structures. The need for the company Indestal to implement an extrusion system has been the subject of this work.

With the knowledge acquired at the Salesiana Polytechnic University, an electronic system is designed to control and monitor the process. For which a PLC is used that commands all the required orders for a suitable processing of the material manipulating the variable temperature, based on this will develop the automation of the equipment. New stages are added complementing the extrusion system.

The characterization of the obsolete extruder is carried out, improving the mechanical system increasing the homogenization of the process. The monitoring and control of the nickel is performed through a PLC and HMI or touch screen. The safety board that complies with safety regulations is redesigned.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1. Planteamiento del problema

En los últimos años han incrementado las construcciones civiles y arquitectónicas usando estructuras metálicas empleando aluminio y vidrio para reemplazar puertas y ventanas de hierro y madera.

Dentro de los análisis realizados se ha notado que uno de los principales problemas, es el método de sellado que se usa entre el acristalamiento con el metal.

En el Ecuador, aunque existen diversos fabricantes de aluminio para realizar las estructuras de puertas y ventanas, los complementos son importados en su mayoría, como es el caso del vinil. Esto ocasiona que el coste aumente considerablemente, están hechos con materiales conocidos como polímeros entre ellos está el PVC (Policloruro de vinilo) que se usa como materia prima para las empaquetaduras de la cristalería.

La empresa Indestal ubicada en el sur de Quito, dedicada a la venta de accesorios para aluminio y vidrio al por mayor y menor requiere repotenciar un extrusor de PVC que se encuentra en estado de obsolescencia, ocupando materiales propios.

Se desea cambiar el sistema electromecánico de contactos debido al desgaste físico que surge en el momento de activar y desactivar estos dispositivos, su vida útil ha terminado lo que ocasiona errores, disminuyendo la calidad del producto.

1.2. Justificación

La necesidad del mercado de la construcción está orientado a la fabricación de materiales que tengan mejores características y disminuyan el impacto ambiental de manera sustentable y sostenible. El uso de insumos hechos de compuestos inorgánicos como materia prima es vital debido a la funcionalidad de su uso, además de resistencia,

protección y seguridad que brinda estas estructuras, conservando su energía y aumentando su eficiencia.

El sellado entre metal y cristal es una parte fundamental que se toma en cuenta en la industria de la construcción al momento de intervenir en la construcción de puertas, ventanas, fachadas flotantes, puntos fijos, etc.

Se actualizará la máquina extrusora de la empresa Indestal usando un automatismo, y monitoreo con un HMI (Human Machine Interface). Se requiere sistematizar varios procesos de los cuales se tiene la extrusión, refrigeración y enrollado, cada uno con características propias para su funcionamiento en forma sincronizada.

La renovación de este mecanismo está orientado a fomentar el cambio de la matriz productiva del país, logrando disminuir los costos de producción, obteniendo un producto de buena calidad para poder introducir en el mercado de forma competitiva.

El beneficio que se obtendrá de la repotenciación de la máquina no solo será la parte productora sino también, la industria y por ende el gobierno nacional por que evitará que exista fuga de divisas del país. De igual manera el compromiso de la sociedad con el medio ambiente compromete al productor con este tipo de maquinaria ayude con el reciclaje de los materiales de construcción (residuales petrolero).

De esta manera se resalta la necesidad de repotenciar una máquina productiva, aplicando recursos y tecnología apropiada para adaptar a las necesidades demandadas del producto.

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Automatizar una máquina extrusora de PVC para el sellado del aluminio y vidrio de la empresa Indestal.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar el proceso de extrusión de PVC.
- Diseñar e implementar el hardware del control de proceso de extrusión de PVC.
- Implementar un HMI para el control y monitoreo de la máquina extrusora de vinil.
- Verificar la productividad del proceso automatizado.

1.4. Metodología

La extrusión es un proceso en donde se trabajan materiales llamados termoplásticos entre los cuales tenemos el PVC, que será tratado en el transcurso de nuestro estudio como la materia prima a procesar, para poder realizar un producto de forma adecuada.

En el extrusor que se estudia se realizará una sistematización de la máquina dividiéndola en diferentes etapas inherentes a la extrusión tales como la extrusión, enfriamiento y enrollado para lo cual se diseñarán diferentes procesos a implementarse.

Se realiza la caracterización del extrusor que facilita la empresa, para ello se hará una inspección, tanto física como técnica hasta obtener el funcionamiento, realizando también el despiece de esta máquina.

La implementación de un autómatas para realizar el control de las diferentes etapas de este proceso así como también las variables del sistema como la temperatura y la presión.

Para el monitoreo del proceso de extrusión y el control se incorporará un HMI controlando la máquina a través de una interface que permita la comunicación con el equipo y el usuario, realizando un control de funcionamiento y de calidad del producto final extruido.

1.5. Beneficiarios

La máquina extrusora de PVC es de propiedad de la empresa Indestal ubicada en el sur de Quito, la cual pretende con esta repotenciación, aumentar su producción disminuyendo los costes, incrementando sus ganancias sin descuidar la calidad del producto, teniendo en el mercado este producto con alta calidad y menor precio que los importados.

Otro grupo importante a beneficiarse sería la industria de construcción civil en el área de la fabricación de estructuras hechas de metal y el acristalamiento.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN

En el presente capítulo se estudiara el PVC, como aislante manteniendo hermetismo y rigidez en la construcción, revisando teóricamente la composición de este material y las ventajas de su uso. También se realizara una inmersión en la máquina extrusora que será el objeto de estudio.

2.1. Introducción

En la industria el aluminio y acristalamiento se necesitan algunos elementos primordiales tal como la empaquetadura conocida como vinil que cumple varias funciones entre las cuales se tiene el sellado, el aislamiento, la impermeabilidad, estabilidad y rigidez de la estructura.

La empaquetadura mencionada anteriormente es fabricada de un polímero conocido como Poli cloruro de Vinilo en su abreviatura PVC el cual es un termoplástico reforzado cuyas propiedades físicas permitirán tanto la flexibilidad como la rigidez, mejorando el funcionamiento de los diferentes materiales que se utilizan en conjunto con esta envoltura.

El tratamiento y producción de elementos con polímeros se los trata con diferentes técnicas, más este estudio está enfocado en un proceso en particular llamado extrusión. La extrusión se analizara con detenimiento más adelante, vinculando con la fabricación de productos realizados con PVC, revisando la estructura que conforma este procedimiento, sus etapas y funcionamiento para poder tener un producto óptimo para una producción continua.

2.2. Policloruro de vinilo (PVC)

El PVC cuya composición química es $(C_2H_3Cl)_n$, en la formula se reemplaza una molécula de cloruro en vez de un hidrogeno en el gas etileno por acción térmica, lo cual da como resultado el polímero de Policloruro de Vinilo. Otros atributos de este material son la flexibilidad y rigidez, dependiendo de la composición molecular que ayuda a la versatilidad del polietileno. La temperatura de fusión es baja por lo cual comienza a

suavizarse a los 80°C, a los 105°C cambiará de estado sólido a líquido y a los 140°C comienza a descomponerse en sus elementos primarios. (Gradusol, 2015)

Entre sus características principales se tiene que es uno de los mejores materiales aislantes y resistentes a la abrasión soportando temperaturas de 50°C o ambientes hostiles de trabajo.

El PVC está compuesto en su producto con porosidades despreciables haciendo de este componente homogéneo evitando la formación de los “ojos de pescado” que son burbujas de aire, por lo cual el producto es confiable sobre todo en las construcciones civiles por la longevidad de este producto ya que su vida útil puede superar los 60 años sin tener pérdidas significativas, lo que hace que se considere inalterable a través del tiempo, prescindiendo de mantenimiento siendo favorable el uso de PVC. (Cinetificos, 2005)

El PVC tiene la ventaja de ser un material reciclable, es reutilizable y se puede recobrar con facilidad pudiendo hacer otro producto con un pertinente tratamiento previo del material reciclado. En caso de que ya no sea posible la reutilización del polietileno, se puede dar para que sea puesto en relleno sanitario sin peligro de que emane gases tóxicos por ser un material inerte.

Es excelente aislante térmico permitiendo un ahorro de energía, debido a que el cloruro no se quema con facilidad en el producto ya elaborado, razón por la cual cumple satisfactoriamente como interceptor de calor externo, contando con la propiedad de ignífugo.

En todo lo antes ya mencionado, el PVC es un compuesto rentable debido a su durabilidad, su resistencia ante las diferentes condiciones físicas externas obviando su cuidado preventivo, haciendo que los costes disminuyan considerablemente. La facilidad y el apropiado tratamiento del PVC en el producto ya terminado faculta que los precios sean competitivos, inclinándose a la demanda requerida en el mercado.

A continuación en la Tabla 2.1 se detalla algunas propiedades importantes del polímero de vinilo:

Tabla 2.1
Propiedades físicas del PVC

| PROPIEDADES | VALOR | UNIDADES |
|-----------------------------|---------------|----------------------|
| Densidad a 28 °C | 0.8955 | gr / cm ³ |
| Viscosidad a -10°C | 2.63 | mPoisses |
| Punto de ebullición | -13.9 +/- 0.1 | °C |
| Punto de congelación | -153.7 | °C |
| Calor de fusión | 1.181 | Kcal / mol |
| Calor de vaporación | 5.735 | Kcal / mol |
| Calor específico de líquido | 0.38 | cal / gr |
| Calor específico de vapor | 10.8 - 12.83 | cal / gr |
| Índice de refracción a 15° | 1.38 | |
| Calor de combustión a 80°C | 286 | Kcal / mol |
| Presión de vapor a 25°C | 3.00 | mm |

Fuente: (Cinetificos, 2005)

2.2.1. El PVC como aislante

El PVC es uno de los materiales de mejor aislamiento térmico debido a versatilidad, resistencia, estabilidad, la recuperación de energía, longevidad y seguridad lo cual hace de este tipo de compuesto sea uno de los mejores con lo que respecta a el aislamiento, sin variaciones físicas debido a factores externos, principalmente la temperatura manteniendo el hermetismo, climatizando el lugar a una temperatura ideal requerida.

La alta prestación de estabilidad hace que sea usado el PVC para la fabricación de viniles para el aislamiento térmico y acústico manteniendo impermeable el espacio físico a proteger sin preocuparse por el mantenimiento de dicho vinil. (Kömmerling, 2016)

2.2.2. Aplicaciones del PVC

El PVC tiene algunos usos en diferentes industrias debido a sus propiedades y características haciendo de este un material resistente y rentable por lo cual se utiliza para fabricar productos que se los utiliza a diario en distintas áreas

En la Tabla 2.2 se detalla algunas aplicaciones del uso del PVC de acuerdo al área de uso.

Tabla 2.2
Aplicaciones del PVC

| Área | Usos |
|--------------|---|
| Construcción | Tubería de agua potable |
| | Pisos de vinil |
| | Paredes |
| | Vinil sellador de puertas y ventanas |
| | Canaletas plásticas para uso eléctrico |
| Packaging | Envolturas de productos alimenticios |
| | Botellas plásticas para líquidos |
| Mobiliarios | Muebles y mesas plásticas |
| | Accesorios para muebles |
| | Reposteros |
| Medicina | Lencería |
| | Utilería médica (catéteres, válvulas, fundas de sueros, etc.) |
| | Equipo de protección (guantes, mascarilla, ropa impermeable). |
| Otros | Tarjetas (crédito, descuento, débito). |
| | Juguetes |
| | Mangueras |
| | Tapicería |
| | Paneles para tableros |
| | Paneles para tableros |
| | Valdés o recipientes, etc. |

Fuente: (Cinetificos, 2005)

2.3. Tratamiento del PVC

El PVC es tratado para obtener los diferentes objetos dependiendo de su uso en la industria como se observa en la Tabla 2.2 dentro de estos procesos se puede mencionar:

- Extrusión

Figura 2.1 Extrusión



Fuente: (TISALEMA, 2012)

- Calandreo

Figura 2.2 Calandreo



Fuente: (TISALEMA, 2012)

- Inyección

Figura 2.3 Inyección



Fuente: (TISALEMA, 2012)

- Soplado

Figura 2.4 Soplado



Fuente: (TISALEMA, 2012)

- Compresión o prensado

Figura 2.5 Compresión o prensado



Fuente: (TISALEMA, 2012)

- Termo formado

Figura 2.6 Termo formado



Fuente: (TISALEMA, 2012)

- Moldeo rotacional

Figura 2.7 Moldeo rotacional



Fuente: (TISALEMA, 2012)

- Lecho Fluidizado
- Recubrimiento
- Inversión
- Vaciado
- Aspersión
- Sintonización

(Nicolás) (TISALEMA, 2012)

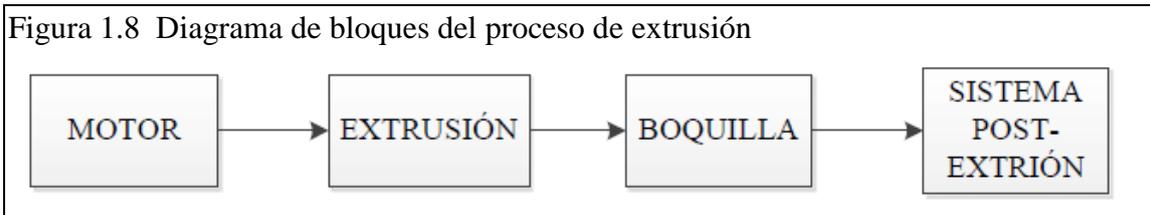
De los procesos anteriormente mencionados el objeto de estudio del presente proyecto será el de extrusión.

2.4. La extrusión

La extrusión viene de la palabra extrudir, según el diccionario de la real academia de la lengua española “Dar forma a una masa metálica, plástica, etc., haciéndola salir por una abertura especialmente dispuesta.” (Real Academia de la lengua Española, 2016).

De manera generalizada la extrusión es un proceso mediante el cual se hace pasar un material fundido por una matriz de forma continua para producir un producto de sección transversal constante y de longitud indefinida.

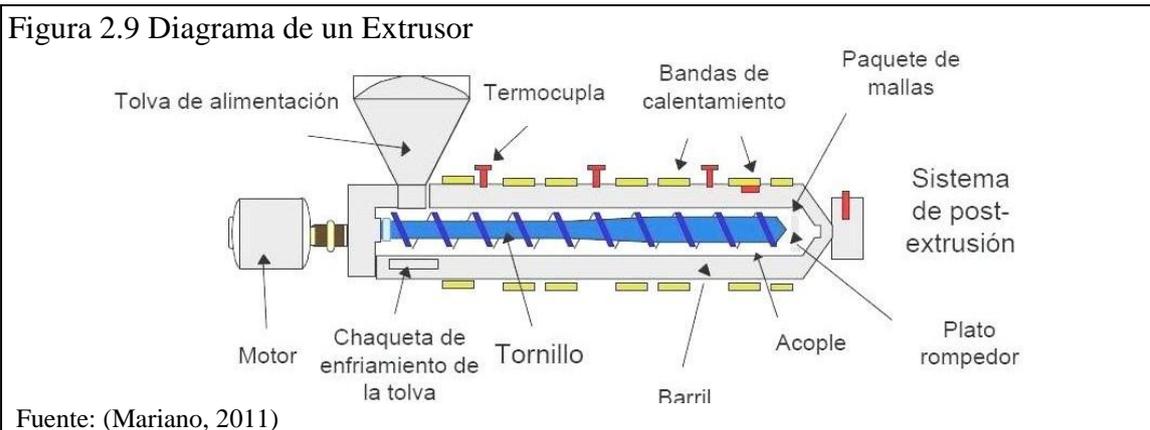
Figura 1.8 Diagrama de bloques del proceso de extrusión



En la figura 2.8, se puede visualizar cada una de las partes del proceso de extrusión, que corresponde a un conjunto de etapas y elementos que permiten el desarrollo de este proceso.

Este proceso se lo puede realizar en metal, cerámica o alimentos y polímeros. En el presente proyecto se analizará la extrusión del PVC para realizar una empaquetadura que sellara el cristal con el metal llamado vinil para vidrio.

Figura 2.9 Diagrama de un Extrusor



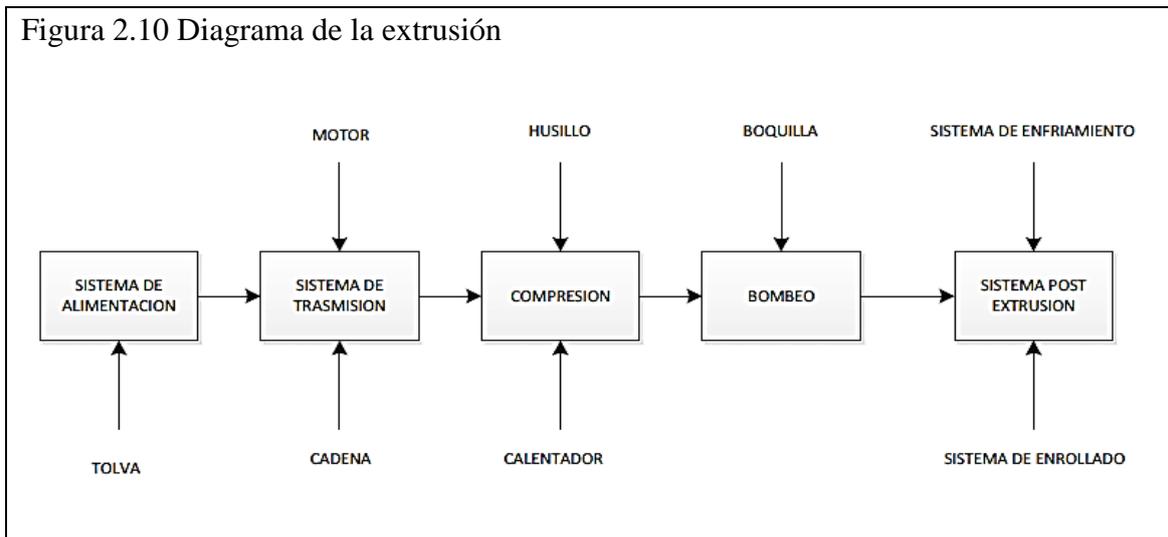
Fuente: (Mariano, 2011)

En la Figura 2.9, se puede observar cada una de las partes de un extrusor. Un motor hace girar a un husillo que mezcla al material que ingresa por la tolva y lo conduce

hacia un plato rompedor donde el material ingresa mezclado y esta solución atraviesa por la matriz que le da la forma final al polímero.

El proceso de extrusión comprende de tres etapas importantes: Alimentación, en donde ingresa el material a extrudirse, por lo general consta de una tolva para entrar al cilindro y pasar el husillo, compresión que es la etapa intermedia en donde se funde y se estruje el material y la etapa de bombeo donde sale el material fundido hacia la boquilla que dará la forma final, extrayendo el material de forma continua.

Figura 2.10 Diagrama de la extrusión



En la Figura 2.10, se observa las partes de la extrusión con sus correspondientes elementos que va desde la alimentación donde se colocara el material por una tolva, donde comienza la compresión y mezcla del material, desplazados por un sistema de transmisión que permite el giro del husillo y se bombea el material extruido por una boquilla. A esto se adiciona sistemas complementarios como el enfriado o enrollado de necesitarlo.

2.4.1. Formas de extrusión

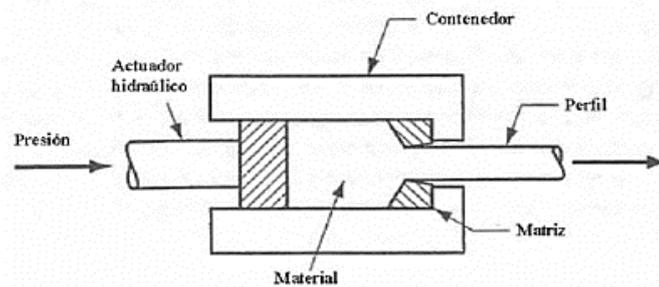
Existen dos tipos de extrusión según su funcionamiento:

- Extrusión directa
- Extrusión indirecta.

En la figura 2.11, se visualiza la extrusión directa. El material es empujado hacia delante mediante un pistón hacia una matriz final del proceso en el cual genera la forma deseada.

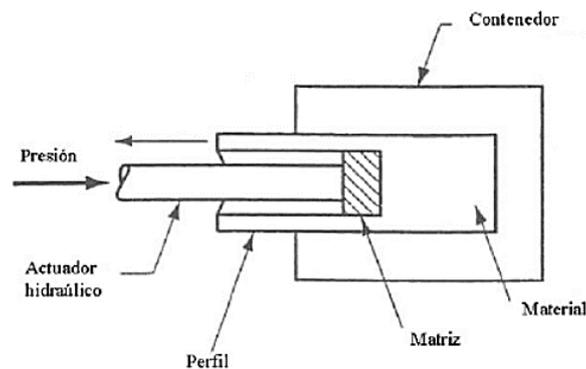
Este tipo de procesos se los puede identificar plenamente en las inyectoras de plástico en donde un brazo mecánico o pistón empuja el plástico fundido hacia una matriz que tomara la forma de la misma cuando la sustancia ya se haya refrigerado

Figura 2.11 Extrusión directa



Fuente: (Montes, Castro Martínez, & del Real Romer, 2006)

Figura 2.12 Extrusión indirecta



Fuente: (Montes, Castro Martínez, & del Real Romer, 2006)

La extrusión indirecta se observa en 2.12, es cuando el material circula en sentido contrario del punzón debido a la ranuras espiraladas que lo hacen avanzar en este sentido. (Montes, Castro Martínez, & del Real Romer, 2006)

2.5. Tipos de extrusores

Por su forma de construcción, los extrusores se pueden dividir en tres categorías:

- Extrusor de pistón: Un pistón se encarga de empujar hacia delante el material para introducirlo por un cilindro y sacar por una matriz el producto ya elaborado.
- Extrusor de rodillo: Empleados para dar forma son dos rodillos con superficie lisas los cuales giran en sentido contrario con velocidades iguales. La rendija entre estos dos cilindros puede ser disminuida para ejercer mayor presión en el material extruido a pesar de no estar diseñado para ejercer presión,
- Extrusión de husillo: Los husillos rotan a través de un cilindro impulsando el material extruido hacia delante expulsando el material por un orificio o boquilla la cual obtendrá la forma final. Los extrusores de husillos tienen subcategorías: husillo sencillo, husillo doble o múltiples husillos rotativos.

Las variables que se pueden modificar es la temperatura que está distribuida por el cilindro que contiene el husillo, la velocidad del husillo como también la configuración del mismo. (Torres & Pérez, 2006)

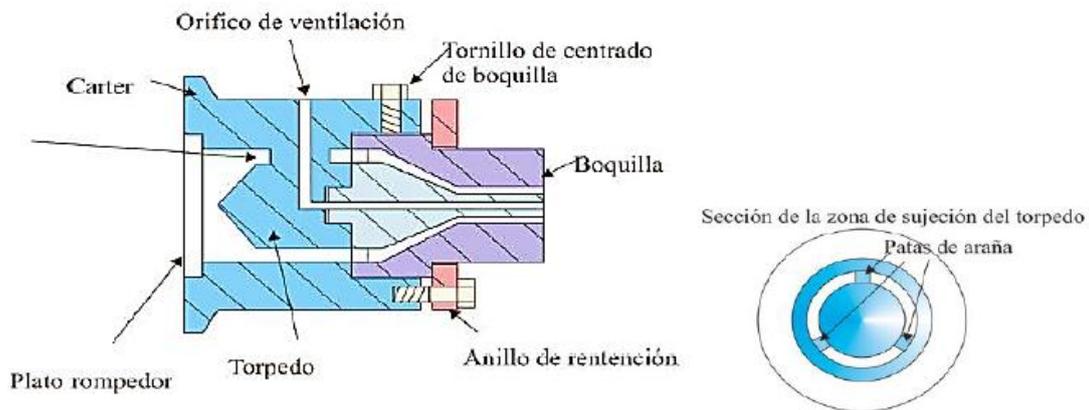
2.5.1 Matriz o boquilla del extrusor

La matriz o boquilla también conocido como dado es el elemento final que se opone al flujo del material extruido para moldear el producto deseado. Este elemento final va atornillado al plato rompedor y el cilindro del extrusor, en la parte posterior del elemento tiene forma cónica llamado torpedo, que cumple la función principal de suministrar fluidez y mantener la velocidad. “La resistencia de la boquilla es directamente proporcional lo largo de la sección trasversal más pequeña e inversamente proporcional a las dimensiones transversas elevadas a la cuarta potencia” (Torres & Pérez, 2006).

En la Figura 2.13 se aprecia las partes que conforman un dado de extrusión donde la boquilla dará la forma del material extruido.

Entre las partes más importantes que involucran está el plato rompedor que ayuda a homogenizar el material ya procesado, el orificio de ventilación que ayuda a evacuar los gases producidos durante la extrusión del PVC y la boquilla que será distinta la cual dará la forma final del material que saldrá continuamente por la matriz del extrusor.

Figura 2.13 Estructura de un dado de extrusor



Fuente: (Paucar, 2013)

Los demás elementos son adicionales según el diseño mecánico de esta pieza, lo cual se explicara posteriormente.

2.6 Máquina extrusora a repotenciar

La máquina extrusora a repotenciar se dedica a extrudir específicamente material de PVC para obtener la empaquetadura que recubre un cristal y un metal. Garantizara la seguridad y hermetismo del lugar en donde se lo aplique este objeto, debido a las características ya estudiadas del PVC, que permite realizar el análisis y la aplicación del proceso de extrusión de este material.

En este punto se revisara las partes de la máquina extrusora de PVC de la empresa Indestal la misma que se encuentra en estado de inactividad, buscando mejorar la calidad para entrar en el mercado con precios competitivos y dando rentabilidad a este equipo. Se detallara cada una de las partes correspondientes a esta máquina.

Figura 2.14 Máquina extrusora



En la Figura 2.14, se puede observar la totalidad de la estructura de la máquina extrusora la cual consta de un calentador por donde pasa el PVC, un motor Trifásico, el sistema de transmisión tipo cadena, un husillo, una matriz o boquilla, sistema de enfriado y un panel de control.

Figura 2.15 Tambor calentador



El cilindro que permitirá realizar el proceso de extrusión se puede visualizar en la Figura 2.15 tiene dos soportes y también consta de abrazaderas para poder transmitir la energía calorífica para que se pueda fundir el material ingresado.

Figura 2.16 Husillo del Extrusor



En la Figura 2.16, se puede observar el husillo perteneciente a la máquina extrusora que sirve para mezclar el material en el tambor, haciendo que pase por las tres etapas de extrusión. El husillo de la figura ingresa un rodamiento que le ayudará a hacer el movimiento rotacional necesario para el proceso.

Figura 2.17 Estructura para el enfriamiento



En la Figura 2.17, se observa un estructura de hierro diseñada específicamente para el enfriado el material extruido en la cual posee recipiente en el cual esta justado un canal con ranuras para que pueda salir líquido refrigerante, generalmente agua para poder enfriar el objeto que salga por el extrusor. En la parte superior de esta estructura se puede observar que hay una conexión para colocar una manguera accediendo al suministro del líquido refrigerante.

Figura 2.18 Tolva de alimentación



En la Figura 2.18, se visualiza la tolva en forma parecida a un embudo. Tiene una capacidad de 0.025m^3 esta tolva tiene la función de permitir el paso del PVC hacia el cilindro para que sea tratado por el husillo, siendo este la partida de este proceso.

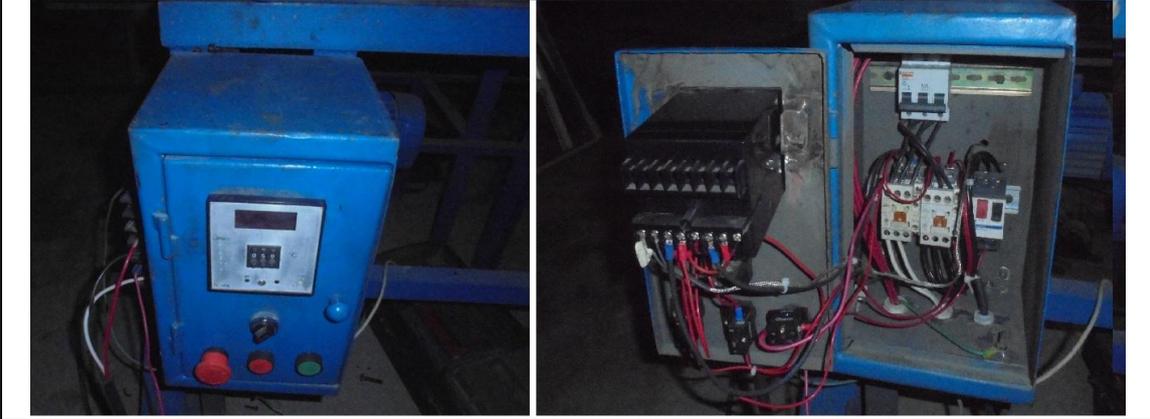
Figura 2.19 Motor trifásico del extrusor



En la imagen de la Figura 2.19, se observa el motor que permitirá dar el giro al husillo transmitiendo la energía por una cadena y realizar el torque necesario para la extrusión.

Es un motoreductor trifásico, tiene una potencia de 2 HP consume un amperaje 4^{a} . El giro normal es de 1725 rpm, reduciendo a 30 rpm, y tiene una temperatura de trabajo de 45°C .

Figura 2.20 Caja de control



En la Figura 2.20, se puede observar el panel de control de la máquina extrusora de PVC la cual contiene un breaker trifásico, dos contactores y un relé térmico que permitirá realizar el funcionamiento de todo el sistema extrusor. En el panel frontal se tiene un botón de inicio, un botón de emergencia y un display que permitirá controlar la temperatura del sistema así como también manejar la misma.

El levantamiento de los planos eléctricos se encuentra en el Anexo 6

Figura 2.21 Matriz del extrusor



En la Figura 2.21, se puede observar la parte final del extrusor, la matriz, que comprende de tres partes: El cuerpo de la matriz, la boquilla de moldeo y la tapa de la matriz. Al retirar este último se puede cambiar fácilmente la boquilla y tener diferente

forma de extrusión. El cuerpo de la matriz va conectado al tabor mediante pernos que fijan y permite el paso continuo de material para finalizar el procedimiento.

La matriz tiene como función principal dar el aspecto final al material extruido, para ello requiere pasar por la boquilla en donde se define la forma del vinil fluyendo continuamente el PVC extruido

Figuran 2.22 Niquelinas del extrusor



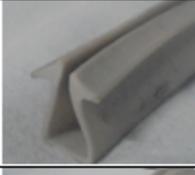
En la Figuran 2.22, se puede visualizar las niquelinas empleadas en el extrusor. Estos objetos estan diseñados con una potencia de 900 watts. Las niquelinas estan compuestas por dos láminas de acero común y entre estas láminas tiene alambre de tugsteno para trasformar la energía eléctrica en energia termica, calentando asi el tambor del extrusor. Los puntos estan conectados en serie mediante cable térmico siliconado que soportara el calor generado en esta trasferencia de energía.

Los planos mecánicos de cada una de las piezas se encuentran en los Anexos 1, 2, 3, 4, 5.

2.6.1 Tipo de vinil extruidos

En la industria existen diferentes tipos de extruido dependiendo de su aplicación y el material de fabricación, han sido utilizados para proteger las estructuras tanto como los cristales en donde ayudara a que se mantengan rígidos y estables tanto el armazón como el cristal. Algunos modelos se los puede observar en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3
Modelos de vinil

| FIGURA | CÓDIGO | UTILIDAD |
|---|--------|-------------------------------------|
|  | 68 | Fijar vidrio de 6mm |
|  | 81 | Empanelar vidrio de 6mm |
|  | 26-11 | Fijar vidrio de 4mm |
|  | 92 | Para ventana proyectable |
|  | 19 | Empanelar cristal de 4mm de espesor |
|  | 2D | Fijar en celosía |

Continuación de la tabla 2.3

| FIGURA | CÓDIGO | UTILIDAD |
|--|------------|--|
|  | 31 Cerrado | Para ventana con malla de mosquero |
|  | 38-25 | Empanelar vidrio de 4 mm en puerta corrediza |
|  | 26-12 | Fijar vidrio de 6mm |
|  | 27 | Empanelar vidrio de 6mm en puerta corrediza |

2.7 Dispositivos utilizados para la automatización de la máquina extrusora

En la máquina extrusora se utilizara diferentes dispositivos que permitirán la automatización y control del sistema. A continuación se detallara estos elementos con sus principales características.

En la Figura 2.23 parte B, se puede observar el controlador lógico programable (PLC) a utilizarse. Este dispositivo es de marca KOYO Direct Logic de la familia 05 modelo DD, este dispositivo se alimenta con 110-220 Vac, tiene 8 terminales de entrada y 6 de salida discretas, estas se alimentan con un voltaje de 24 VDC para su funcionamiento, se escoge este PLC debido a que me permite realizar las operaciones necesarias para la automatización en un entorno amigable para el usuario y compatible con la pantalla HMI, tiene una comunicación RMS-232 para la trasferencia de información.

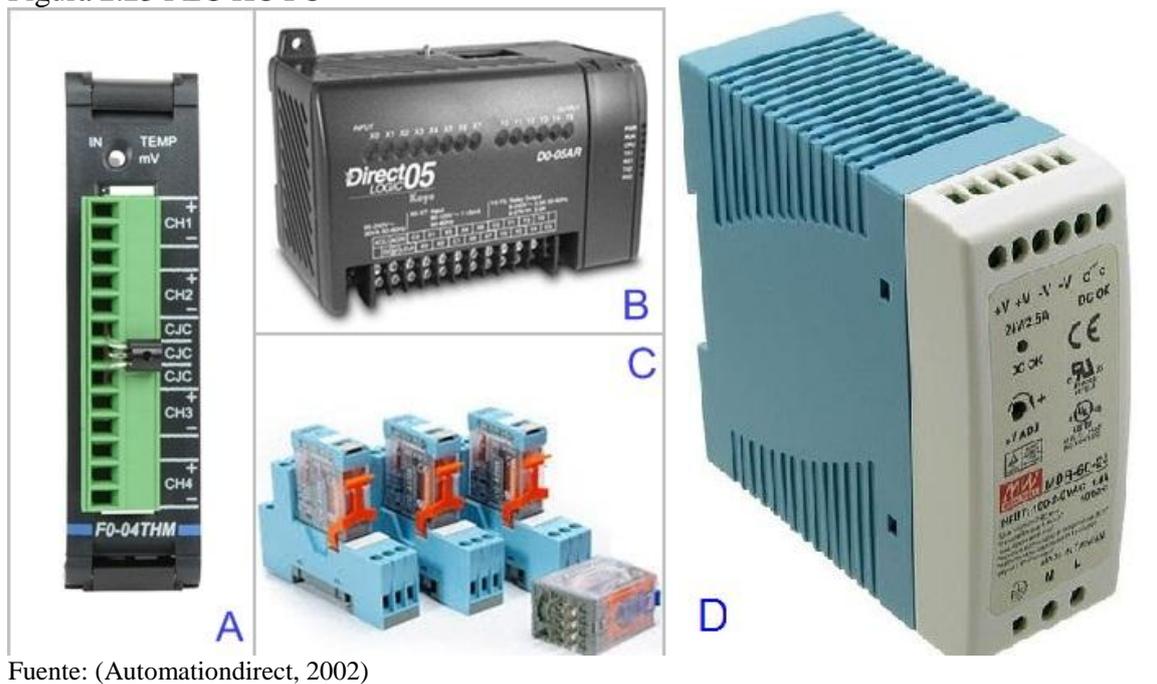
El PLC consta de un módulo de expansión F0-04THM como se muestra en la parte A de la figura 16, que servirá para la conexión de las termocuplas, se puede conectar hasta 4

sensores. Se eligen sensor de temperatura tipo J cuyo rango es de -190 a 760 °C siendo óptimo para este control.

Se utilizara mini relés externos a la salida del controlador como se observa en la figura 16 parte C, que sirve para conectar a los actuadores finales, estos puede sobrellevar una corriente hasta de 10 A, y proveer energía de 110VAC siendo muy robustos para el proceso. Tienen tres contactos en la salida: normalmente abierto, normalmente cerrado y un común.

En la Figura 2.23 parte D, se muestra una fuente de 24 VDC que alimentara a los dispositivos electrónicos que requiera este voltaje. La fuente puede recibir un voltaje de 120-240Vac para su encendido, tiene dos salidas de voltaje V+ y V- de 24VDC y soporta una corriente de 2.5 A. (meanwell, 2017)

Figura 2.23 PLC KOYO



En la Figura 2.24, se observa el HMI es una pantalla TouchWin, modelo TG765-ET, se alimenta para su encendido con un voltaje de 24 VDC y consume una corriente de 10 m A, tiene la capacidad de conectar con Ethernet para lo cual tiene una entrada RJ-45, además tienen dos entradas seriales para descarga y conexión con el PLC RMS-232.v posee dos entradas UBS tipo A y otra USB tipo B, teniendo la posibilidad de almacenar

información desplegada en la pantalla y la tipo B que sirve para descargar los programas en este dispositivo. (WUXI XINJE ELECTRONIC CO., 2010)

Figura 2.24 HMI TouchWin



Fuente : (WUXI XINJE ELECTRONIC CO., 2010)

Se elige este dispositivo debido a que permite trabajar en entorno industrial y la facilidad al desplegar los gráficos a tiempo real, realizando un adecuado monitoreo del proceso.

Figura 2.25 Relé de estado solido



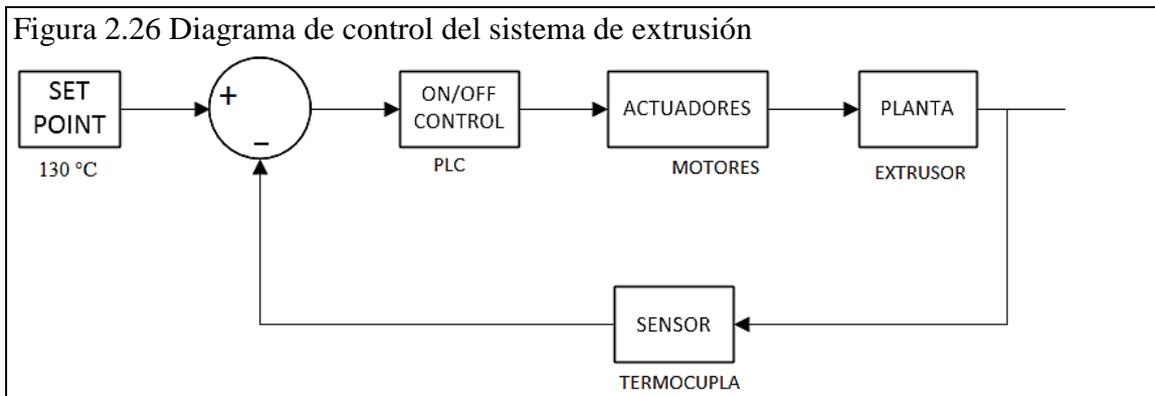
Fuente: (Automation, 2017)

En la Figura 2.25, se observa los relés de estado sólido a utilizarse para el control de suministro de energía en las niquelinas, estos dispositivos se alimentan con DC 3~32V lo cual ayuda a trabajar directamente con el PLC. Soporta un amperaje de hasta 50 A. y controla una carga de AC 24~660V. (Automation, 2017)

Se escoge este tipo de relés debido a que son dispositivos de rápida conmutación por lo cual evita su desgaste físico y favorece el control más preciso.

2.8 Control de la Máquina Extrusora

Para la automatización de la máquina extrusora se realiza un control on/off por histéresis. Se conoce como histéresis también llamado control todo o nada al flujo oscilatorio de una variable dentro de una franja de tolerancia, que ayude a estabilizar para realizar un control deseado. (Bolton, 2006)



En la Figura 2.26, se observa el diagrama de control que se diseñó para el sistema de extrusión, en donde se tiene un set point de 130 °C que ingresa a un sumador, el control on/off pasa hacia los actuadores que ejercen una acción en la planta. El sensor recepta los valores de la variable medida y los envía al nodo sumador para que se realice una retroalimentación y el controlador pueda tomar una decisión respecto al funcionamiento del proceso.

CAPÍTULO 3

DISEÑO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

En el presente capítulo se realizará el diseño de protección de todo el sistema de extrusión así mismo se llevara a cabo el diseño tanto electrónico como del HMI a implementarse a la máquina extrusora. Para efectuar este cometido es preciso revisar aspectos tanto físicos como mecánicos del mecanismo para poder acoplar adecuadamente las mejoras deseadas.

Los cálculos realizados en este proyecto se encuentran en el Anexo 10.0

3.1 Características de la máquina extrusora

De acuerdo al análisis realizado en el capítulo anterior, la máquina extrusora realizará vinil 26 -12 para fijar vidrio de 6 mm, para ello se recicla el husillo, el calentador, el motor, la tolva, el sistema de refrigeración, la estructura de soporte y caja de control; cuyas características se describen en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Elementos y características físicas de la maquina extrusora

| Elemento | Características | | |
|-----------------------|-----------------------|---------------------|------------|
| Tolva | Flujo másico: | 1kg x min | |
| | capacidad | 0.025m ³ | |
| | Dimensiones | Superior | 30*30*11.3 |
| | | Región trapezoidal | 12*30*4.1 |
| | | Embudo | Ø 4.1*6.5 |
| Tipo de material | Hierro | | |
| Motor | Dimensiones | 50*29*20 cm | |
| | Voltaje de conexión | 220Vac | |
| | Tipo de conexión | Δ Delta | |
| | Nro. De revoluciones | | |
| Etapa de enfriamiento | Tipo de material | Galvanizado | |
| | Dimensiones | 5*10*38.5 cm | |
| | Material Extra | Manguera | |
| Husillo | Material | Acero k100 | |
| | Longitud | 87 cm | |
| | Separación de espiras | 3.27cm | |
| | Espesor de la espira | 0.44 cm | |
| | Longitud del mango | 26 | |

Continuación de la Tabla 3.1 Elementos y Características

| Elemento | Características | | |
|-------------------|----------------------------|----------------------------------|--------|
| Calentador | Material | Acero K100 | |
| | Componentes del calentador | 3 abrazaderas (niquelinas) | |
| | | 2 puntos de calor | |
| | | 2 soportes cuadrados de acero | |
| | Dimensiones | Longitud | 53 cm |
| | | Ø tambor | 6.3 cm |
| Ø interno | | 3.81 cm | |
| Ø externo extremo | | 9.71 cm | |
| Estructura | Material | Ángulos de hierro de 1 in y 2 in | |
| | Dimensiones | 0.91*105*109.5 cm | |

Con estos parámetros se procede al diseño del extrusor.

3.2 Diseño Eléctrico

3.2.1 Diseño del calentador

El calentador está compuesto por tres partes fundamentales: Tambor, niquelinas y sensor en donde se extraía el material. Estas partes son detalladas a mayor profundidad a continuación.

El tambor es un perfil cilíndrico ahuecado de acero K 100 cuyas características físicas se basa principalmente en la dureza de su componente, es capaz de soportar temperaturas mayores de los 200°C, con una adecuada resistencia al desgaste y contra presiones de impacto. (grupo voestalpine, 2009)

Las niquelinas son elementos en forma de abrazaderas que están distribuidas a lo largo del tambor y calientan el barril para que llegue a la temperatura adecuada o programada para el tratamiento del PVC. Las niquelinas están conectas en serie y cada una tiene una potencia de 900 W, así como también posee una niquelina alrededor de la matriz que mantendrá a una temperatura homogénea el material procesado, haciendo flexible y maleable el vinil para un correcto moldeo. Están alimentadas con un voltaje de 220 V. El breaker recomendado es de 16 A que energizará a los relés de estado sólido.

La variable a controlar es la temperatura la cual debe medir los puntos de fusión del material para que sea maleable y fácil de extruir, por lo que los sensores deber ser aptos para estos valores y puedan controlar todo el proceso. Estos sensores van conectados a un módulo de expansión de temperatura, el mismo que va conectado al PLC's que

recibirá los datos enviados por los sensores y podrá ejecutar acciones respecto al proceso.

El control de temperatura se lo realizará mediante histéresis en un rango determinado por el cambio de estado del PVC que ira desde los 125°C a 145°C siendo 130°C la temperatura ideal necesaria para maniobrabilidad de este material. Fuera de este rango de temperatura el material no es apto para trabajar.

En la parte del cilindro cabe mencionar la existencia de pequeños orificios a lo largo del calentador que están destinados para evacuar los gases que se desprenden del material que estará siendo tratado y al homogenizar hace liberar dichos gases, así se evitara porosidad o burbujas en el producto final del PVC.

La máquina puede estar expuesta a fallos debido al deterioro de sus partes o los diferentes sistemas mecánico para lo cual debe estar diseñada por el debido sistema de aislamiento adecuado con el fin de proteger tanto al personal como la los dispositivos.

Según la reglamentación de seguridad cuando se trabaja con corriente eléctrica se dictamina que toda estructura debe de estar debidamente aislada con conexión a tierra así como también conexión de equipos especiales. (Salud, 2013). A continuación se detallará las características físicas, mecánicas y eléctricas de esta parte del barril calentador del extrusor:

Tabla 3.2
Características del barril

| Componente | Características | |
|------------|------------------|---|
| Niquelinas | Dimensiones | Longitud:158.5 mm Ø:72 mm |
| | | Longitud:100mm Ø:72 mm |
| | Tipo de material | Alambre de tungsteno forrado con láminas de acero común |
| | Cantidad | 4 niquelinas 2 de 158mm 2 de 100mm |

Continuación de la Tabla 3.2

Características del barril

| Componente | Características | |
|------------|------------------|------------------------------------|
| Sensores | Tipo de sensor | temperatura |
| | Serie de sensor | Termocuplas |
| | Dimensiones | 1/8"x1" pulg. |
| | Cantidad | 1sensores |
| Conexión | Tipo de cable | Siliconado calibre 8 |
| | Número de puntos | 8 |
| Protección | Tipo de breaker | 3P de 10Amp. 3p breaker 20 Amp. |

3.2.2 Diseño de la protección de la máquina extrusora

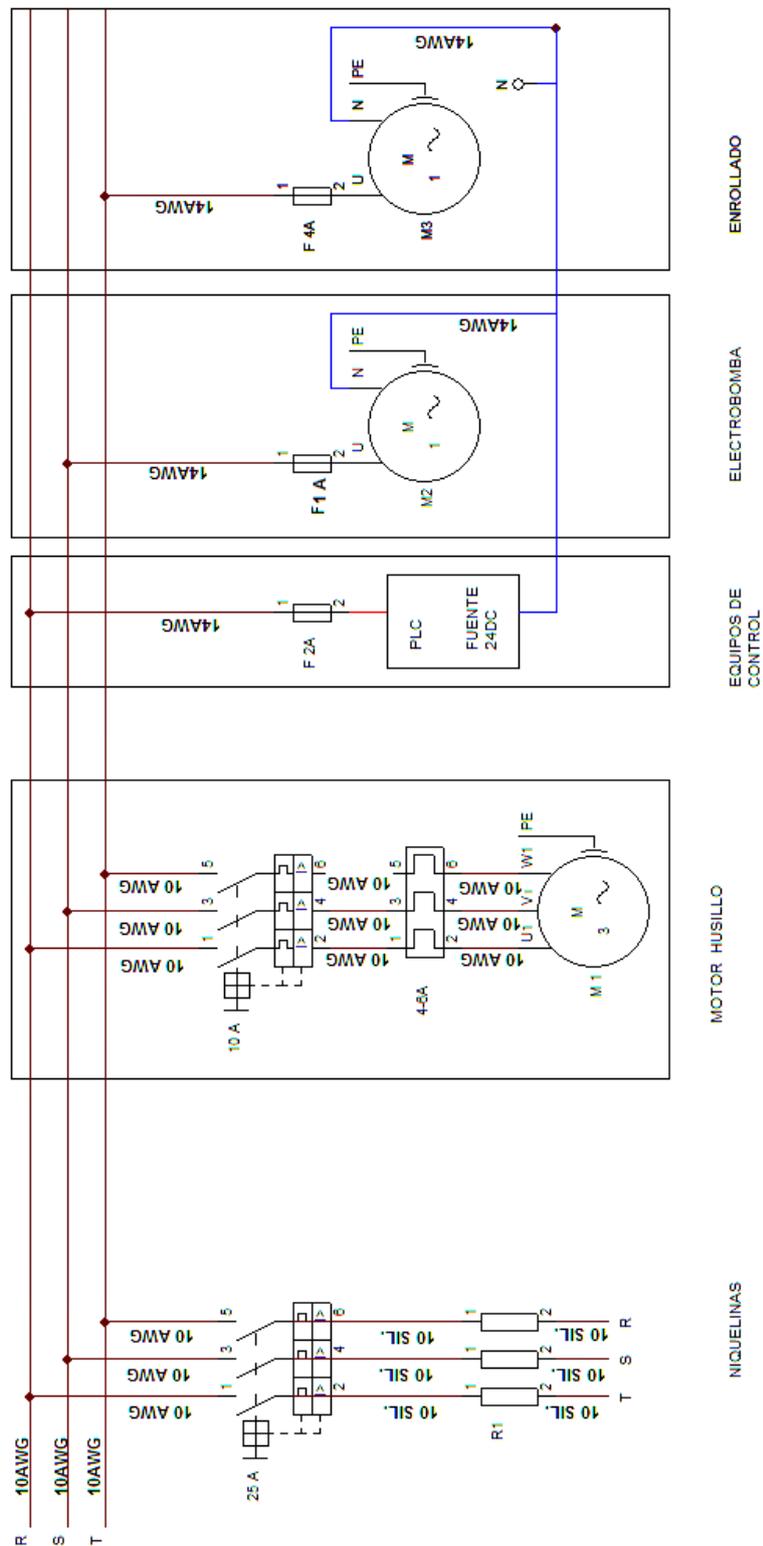
En la Figura 3.1, se detalla el sistema de protección para el extrusor, la seguridad del usuario y la máquina. Se observa el diseño del sistema de todo el sistema y de la acometida realizada desde la red pública hasta la máquina de extrusión.

Cabe mencionar que se ha tomado en cuenta todas las instalaciones eléctricas del lugar de ubicación de este elemento, se colocaran dos protecciones, uno trifásico de 20 A para las acometidas eléctricas civiles del domicilio y uno bifásico de 25 A siendo este último modificado para la ducha eléctrica disminuyendo el consumo de corriente eléctrica.

Para el extrusor se dimensiono un breaker trifásico general de 32 A, que protegerá todo el sistema, desde este ahí se abastecerá de energía eléctrica, una protección trifásica de 10 A para el motor que maneja el husillo, y un relé térmico trifásico de rango variable entre 2.5 a 4 A.

Es necesario resguardar los elementos como el motor de enrollado, el PLC, la fuente de voltaje DC y la electrobomba, cada uno de los dispositivos antes mencionados se protegerá con fusibles debido a que el consumo de potencias es bajo entonces se usa este tipo de protecciones.

Figura 3.1 Diagrama multifilar de dimensionamiento de protección del sistema extrusor



El motor de enrollado se protege con un fusible de 4 A, la electrobomba con uno de 1 A. y el PLC junto con la fuente se protegerá con uno de 2 A., todas las protecciones se basan en la hoja de datos de cada uno de los elementos implementados.

El dimensionamiento del cableado de la maquina está dado por la capacidad de corriente q puede soportar los equipos es así que entonces a toda la parte de extrusión se colocó cable 10 AWG para el motor trifásico, para los demás elementos se dispuso del cable 14 AWG(electrobomba, enrollado y equipos de control). Se dispuso el criterio de colocar este calibre de cable basándose en la tabla de valores conductores. (Conejo, Arroyo, & Milano, 2007)

Para el cableado de la parte de control del tablero, se realizó con cable 18AGW, ya que se maneja corrientes menores a un amperio y voltaje de 24 VDC.

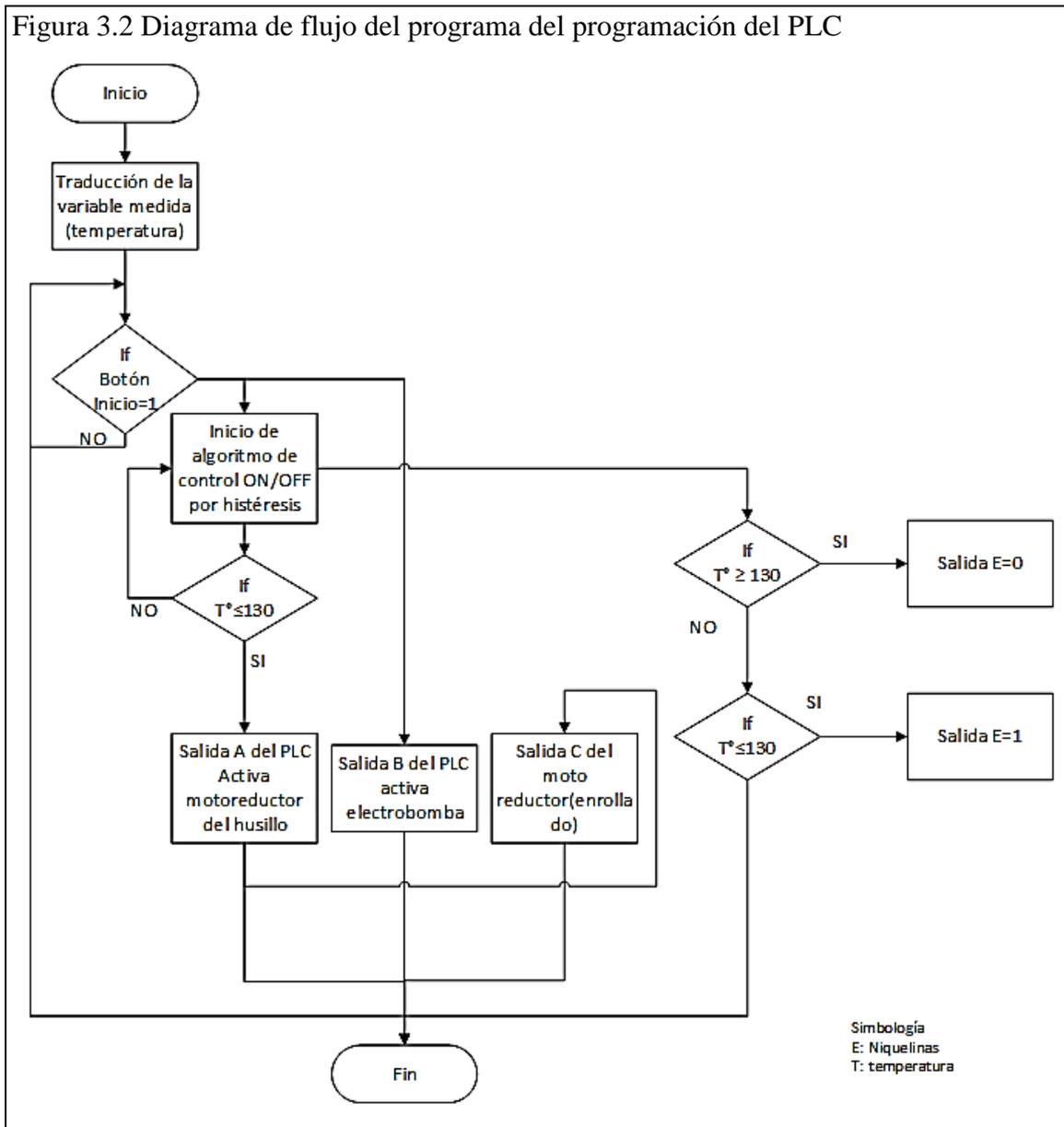
3.2.3 Diseño electrónico del PLC

En la figura 3.2, se encuentra el diagrama de programación diseñado para el controlador, el cual comanda todas las órdenes dispuestas de forma automática y secuencial de acuerdo con las necesidades de usuario.

En el esquema se observa que el control se realiza por histéresis empleando la variable de temperatura en el rango adecuado para que el PVC sea óptimo. El motor que opera el husillo se encenderá si la temperatura alcanza los 140°C de manera similar se controlara las niquelinas accionándolas o apagándolas según la temperatura obtenida.

El resto de motores de cada una de las etapas del sistema serán comandados individualmente por el controlador del sistema para que realice su respectiva función.

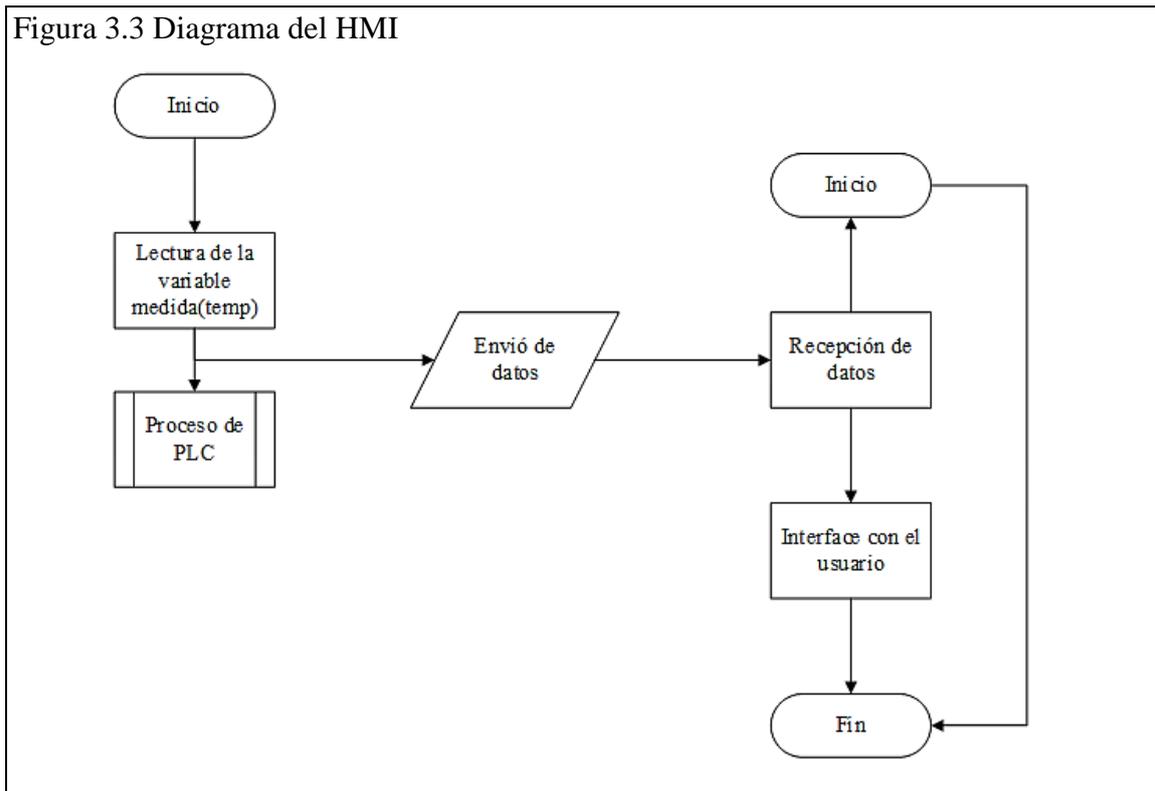
Figura 3.2 Diagrama de flujo del programa de programación del PLC



3.2.4 Diseño del HMI

En la Figura 3.3, se puede observar el diseño realizado para el HMI que ayudara a controlar el proceso enviando datos para que sean ejecutadas, así como también visualizara y control de la variable temperatura accediendo a la comunicación entre el operador y la máquina.

Figura 3.3 Diagrama del HMI



En la interface desarrollada en el dispositivo HMI se puede ordenar a la máquina a que haga operaciones básicas tales como inicio, stop, reset. Se podrá visualizar la temperatura a la cual se encuentran las niquelinas del sistema realizando correcciones de ser necesario.

3.2.5. Diseño de instrumentación del proceso

En la Figura 3.4, se puede visualizar el plano de instrumentación para el desarrollo del sistema. Se encuentran 3 lazos de control; dos lazos abiertos (10 y 20) y un lazo cerrado de control (40). Todos tienen un controlador común pero con diferente numeración debido al proceso que representa. El lazo 40 es donde su funcionamiento depende de la retroalimentación de la señal que envía el sensor de temperatura, haciendo que el motor del husillo comience a trabajar cuando llegue a una temperatura determinada y de la misma forma la activación y desactivación de las niquelinas de la máquina. El lazo 10 y 20 son comandados por el controlador activando y desactivando motores sin depender de ninguna variable que lo manipule.

Figura 3.4 Diagrama de instrumentación

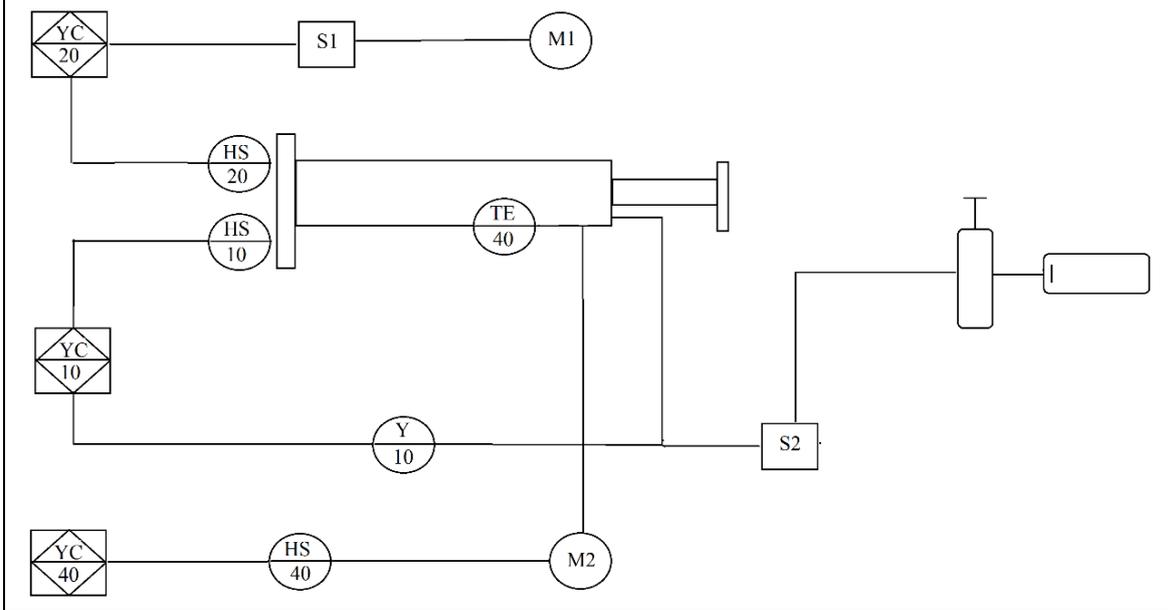


Tabla 3.3 Simbología del diagrama de instrumentación

| Símbolo | Descripción |
|---------|--------------------------------|
| YC | Controlador lógico programable |
| HS | Interruptor manual |
| TE | Sensor de temperatura |
| Y | Relé |
| M | Motor |
| S | Interruptor |

En la Tabla 3.3, se muestra la simbología empleada en el diagrama de instrumentación para la implementación del lazo de control del proceso. (Rivera, 2015)

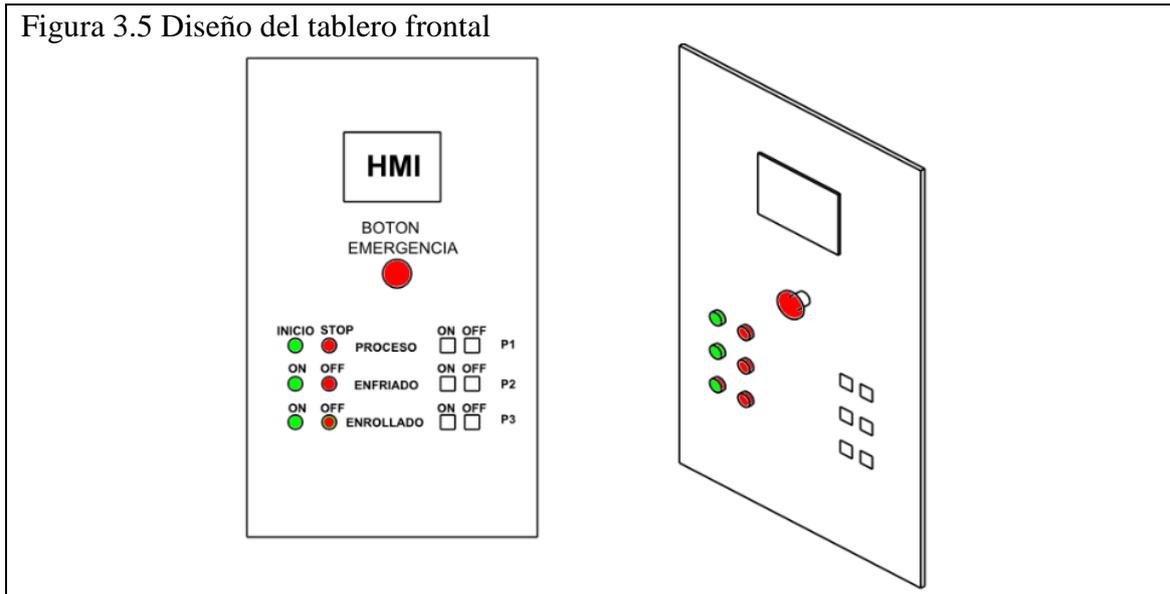
3.2.6. Caja de Control del sistema

Con el diagrama de instrumentación mencionado se procede al diseño eléctrico y electrónico que controlara la máquina extrusora basándose en el funcionamiento del proceso de extrusión estudiado.

3.2.6.1. Tablero frontal

En la Figura 3.5, se visualiza la parte frontal del tablero principal que controlara la máquina, donde se encuentran el grupo de comandos que manejara el sistema. En este panel se localizará el HMI que servirá para monitorear y controlar del procedimiento del mecanismo.

Figura 3.5 Diseño del tablero frontal



Existen los indicadores de encendido y apagado del extrusor así como también de cada uno de los motores pertenecientes al proceso. El control manual se ha diseñado con el fin de maniobrar cada uno de los elementos correspondientes al extrusor, lo cual será una alternativa análoga y emergente como son: La etapa de extrusión, enfriamiento y enrollado; ofreciendo una alternativa de control al operador en caso de tener algún percance con el HMI. Se ha colocado un botón de emergencia para suspender el proceso en caso de algún tipo de fallo, reseteando todas las marcas del procesador apagando todo el equipo.

3.2.6.2 Tablero Interior

En la Figura 3.6, se observa el diseño del tablero de control en donde se encuentra toda la parte eléctrica y electrónica tanto de control como de potencia que permitirá la operación del mecanismo. Contiene un sistema de protección tanto para los motores como para los dispositivos electrónicos siendo estos: Una fuente DC y un PLC. Los relés de estado sólido son elementos de rápida conmutación para un suministro de energía más eficaz, estos dispositivos maneja corriente relativamente alta con respecto a los demás elementos del sistema produciendo calor en los mismos, para esta eventualidad están adaptados a disipadores de calor y ventiladores a los costados para poder desvanecer el calor generado

Figura 3.6 Diseño del interior del tablero de control

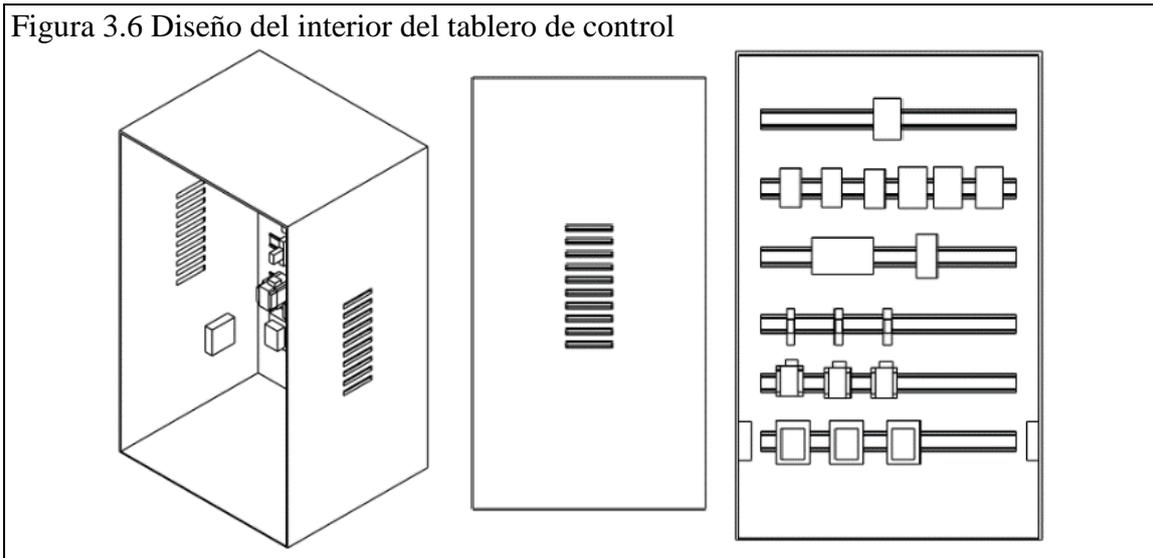
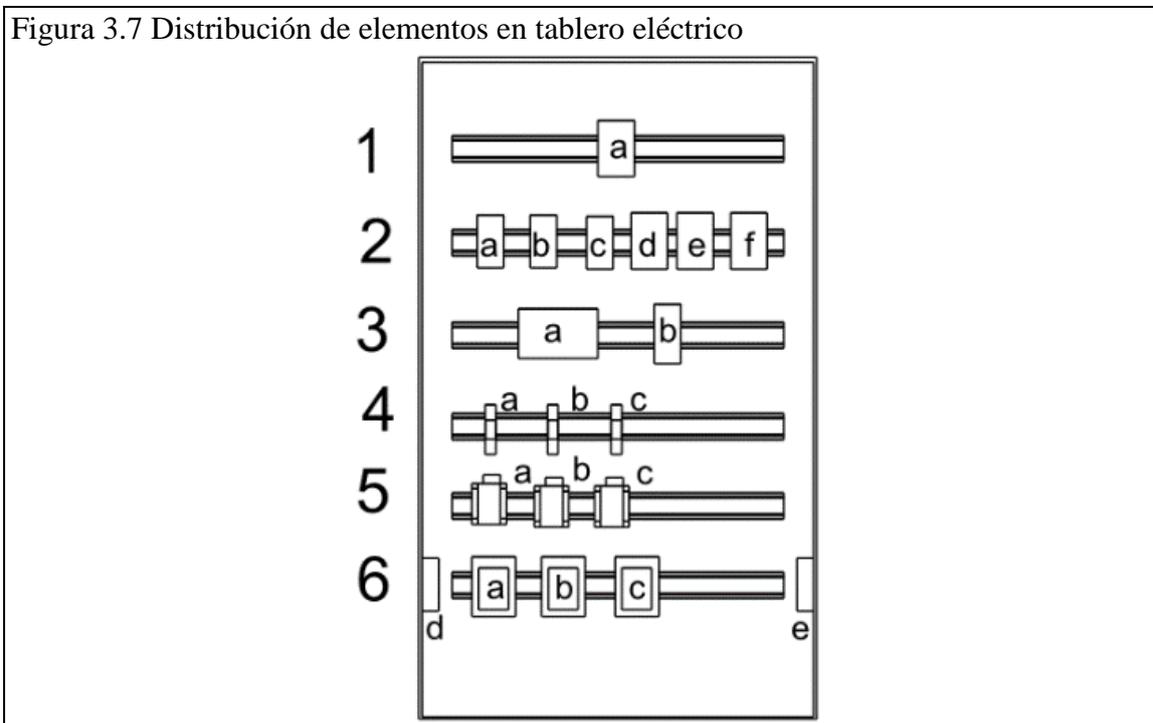


Figura 3.7 Distribución de elementos en tablero eléctrico



En la Figura 3.7 se visualiza cada uno de los elementos antes mencionados que se utilizara en este proyecto, en donde existen elementos eléctricos y electrónicos distribuidos pertinentemente para una adecuada conexión. En la Tabla 3.4 se detalla cada uno de los dispositivos según la numeración asignada repartido por el número de riel existente en el tablero.

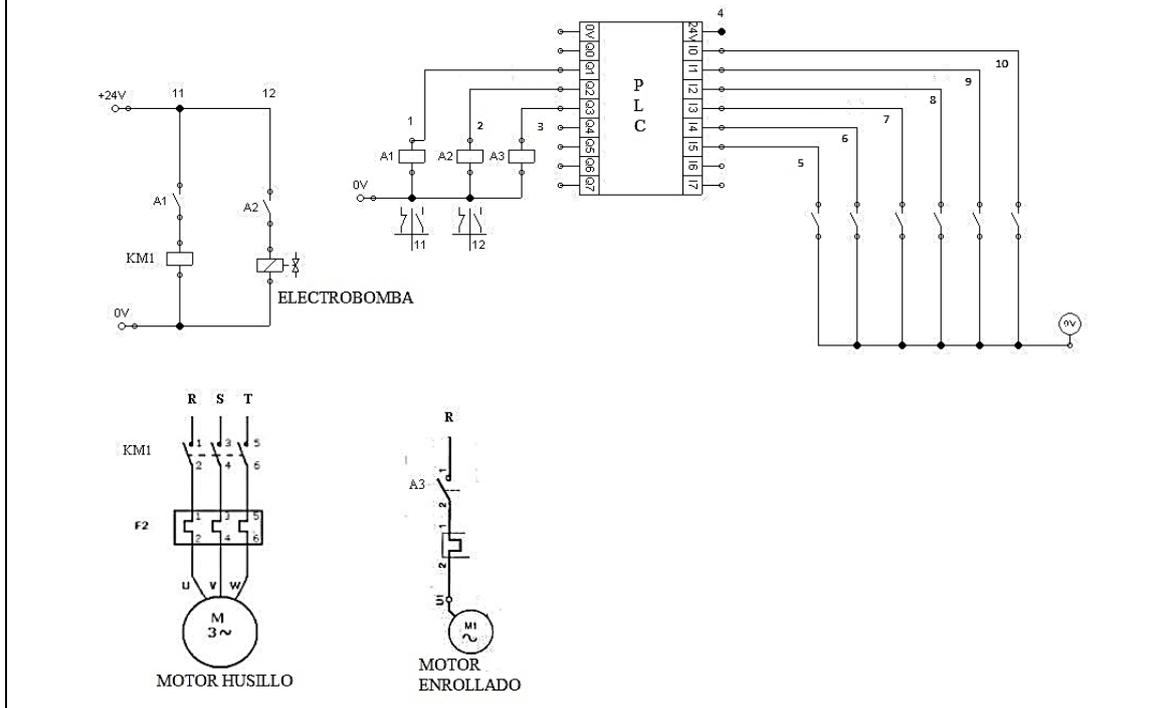
Tabla 3.4
Elementos del tablero de control

| Riel | Denominación | Elemento | Descripción |
|------|--------------|----------------------------|---|
| 1 | a | Breaker 3Ø-32A | Protección del sistema |
| 2 | a | Fusible 1A | Protección PLC |
| | b | Fusible 1A | Protección fuente |
| | c | Fusible 2A | Protección electrobomba |
| | d | Breaker 3Ø-4A | Protección motor husillo |
| | e | Breaker 1Ø-6A | Protección motor enrollado |
| | f | Breaker 3Ø-6A | Protección resistencias |
| 3 | a | Fuente | Fuente de alimentación de 24Vdc |
| | b | PLC | Controlador lógico programable |
| 4 | a | Mini relé | Control de bobina de contactor motor husillo |
| | b | Mini relé | Control de bobina de contactor motor electrobomba |
| | c | Mini relé | Control de bobina de contactor motor enrollado |
| 5 | a | Contactador 7A | Control de motor husillo |
| | b | Contactador 7A | Control motor electrobomba |
| | c | Contactador 7A | Control motor enrollado |
| 6 | a | Relé de estado sólido 50-A | Control de niquelina tambor |
| | b | Relé de estado sólido 50-A | Control de niquelina homogeneizador |
| | c | Relé de estado sólido 50-A | Control de niquelina matriz |
| | d | Ventilador | Ventilador para relés de estado sólido |
| | e | Ventilador | Ventilador para relés de estado sólido |

3.3 Diagrama de control electromecánico

En la Figura 3.8 se visualiza el diagrama electromecánico del sistema de extrusión implementado. En el diagrama se verifica la conexión de los actuadores y los elementos de mando con respecto al controlador. Los pulsadores están conectados a las entradas del PLC, estos darán la orden para que se ejecute las acciones en los elementos finales.

Figura 3.8 Diagrama electromecánico



En la salida del PLC se conectan los mini relés, se activan a 24VDC y en el terminal de estos dispositivos abastecen de 110 VAC suficiente para accionar cada actuador.

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN, PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo se revisara la implementación del sistema diseñado tanto eléctrico como electrónico para verificar la mejora del funcionamiento de la máquina extrusora de PVC según los estudios realizados, esto ayudará al tratamiento del producto realizado.

Los cálculos realizados en el presente capítulo se encuentran realizados en el Anexo 10.

4.1 Implementación de accesorios para mejoras del extrusor

En la estructura metálica se realizó cambios físicos añadiéndole nuevas etapas tales como enfriado y enrollado para complementar el proceso. Se le adicionó nuevas piezas a la máquina mejorando el funcionamiento favoreciendo el procesamiento del material.

La parte mecánica del proceso de enfriado y enrollado lo diseña la empresa Indestal para mejorar la eficiencia de la máquina complementando el sistema, estas etapas se controlaran mediante el PLC's de dos maneras: De forma manual que se efectúa por medio de pulsadores externos localizados en el tablero o de forma digital mediante la interface gráfica desplegada en el HMI

En la etapa de enrollado comprende de un canal donde se adaptara el sistema de refrigeración ayudando al enfriamiento del material extruido y de una electrobomba que permitirá la circulación continua del agua por toda esta etapa.

El enrollado es una etapa que se adiciona para envolver el vinil una vez extruido. Para esto se coloca un motor que revolucionara hasta enrollar una longitud determinada por el usuario y concluido el proceso.

Figura 4.1 Extrusor final



En la Figura , se observa el extrusor total ya finalizado, con todas las etapas adicionadas (extrusión, enfriado enrollado) y el tablero de control que comandara a todo este sistema, tanto mecánico eléctrico y electrónico para tener un óptimo funcionamiento en la extrusión de vinil. El cableado se encuentra estéticamente colocado y distribuido a lo largo de la máquina sin obstaculizar el proceso; y los equipos eléctricos y electrónicos están aptos para la correcta ejecución del trabajo estipulado.

4.1.1 Homogeneizador

Figura 4.2 Homogenizado



En la Figura 4.2, se puede observar un elemento implementado en la máquina extrusora que se lo conoce como homogeneizador, es un filtro que recibe todo el material extruido y lo tamiza para posteriormente pasarlo por la boquilla de la matriz, esta pieza se encuentra entre el tambor que contiene el husillo y la matriz para moldear el vinil.

La necesidad de adición de este objeto radica en la uniformidad del material una vez pasado el proceso de tratamiento por mezcla efectuado por el husillo en el tambor.

4.1.2 Base de extrusor

Figura 4.3 Base del extrusor

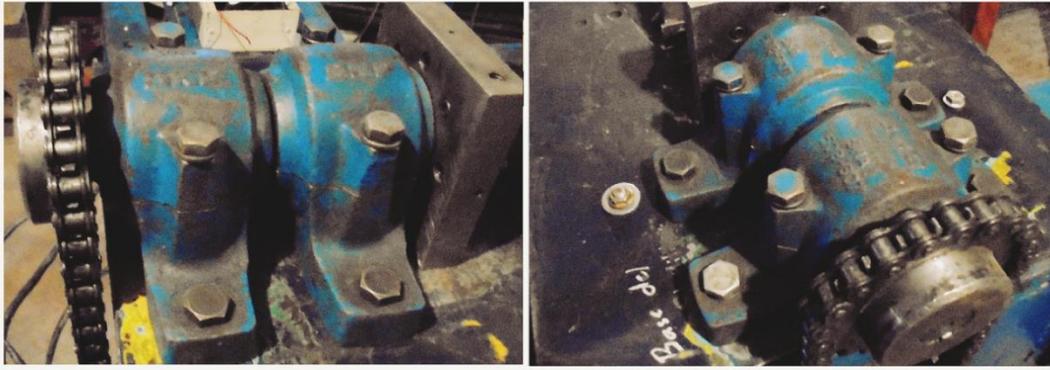


Se añadió una base a toda la etapa de extrusión, desde la alimentación hasta la matriz, permitiendo la uniformidad y rectitud del husillo con respecto al tambor, fue necesario incrementar la longitud de la cadena para poder sincronizar con el motor que moverá este tornillo.

4.1.3 Chumaceras

Se adiciona 2 chumaceras como se muestra en la Figuran 4.4, que servirá para mantener la estabilidad del husillo, conservando un estado erguido, rígido y no genere presión sobre el cilindro, esto evitara riesgos para algún elemento del extrusor y el operador.

Figuran 4.4 Chumaceras



4.1.4 Etapa de Enfriado

Figura 4.5 Estructura de enfriado



En la figura 4.5, se visualiza la etapa de enfriado la cual está compuesto de una canaleta donde se almacena el líquido que refrigerara el vinil extruido, una electrobomba que cumplirá la función de recircular el agua, este dispositivo se encuentra conectado a una estructura ranurada por donde goteara el fluido para enfriar el material restante. Es necesario que la estructura tenga una ligera inclinación para mantener al motor cebado y evitar daños en este elemento.

4.1.5 Etapa de enrollado

Figura 4.6 Estructura de etapa de enrollado



En la Figura 4.6, se visualiza la estructura de la etapa de enrollado la cual comprende de un carrete desmontable para poder retirar el vinil y se encuentra acoplado un motoreductor que ayudara a envolver el material extruido para terminar el proceso de extrusión

4.1.6 Tablero de Control

En el tablero se encuentran tanto sistema eléctricos como electrónicos diseñados para el control del mecanismo, los elementos de mando están en la parte frontal que comandará a toda la máquina y en la parte interna del tablero se encuentra los elementos que realizaran los procesos respectivos a la distribución de energía y alimentación a cada dispositivo así como la protección de cada uno de los elementos: Motor, controlador, fuente de alimentación. Se ha seguido el diseño realizado en el capítulo anterior obviando los ventiladores debido a que la corriente manejada no es alta y con los disipadores de calor es suficiente para cumplir esta función.

4.1.6.1 Tablero frontal

En la Figura 4.7, se observa el tablero en la parte exterior, donde se hallan dispositivos de control como el HMI en la parte superior, un botón de emergencia que para todo el proceso desactivando la máquina por completo. Se localizan indicadores de cada una de la etapas del proceso tanto de activación como de apagado siendo un juego de 3 pares de luces piloto, en la parte derecha esta los controles de mando manuales a cada etapa del

proceso por lo cual hay 6 botones que accederán los procedimientos respectivos de la misma forma que los luces antes mencionadas.

Figura 4.7 Tablero Frontal

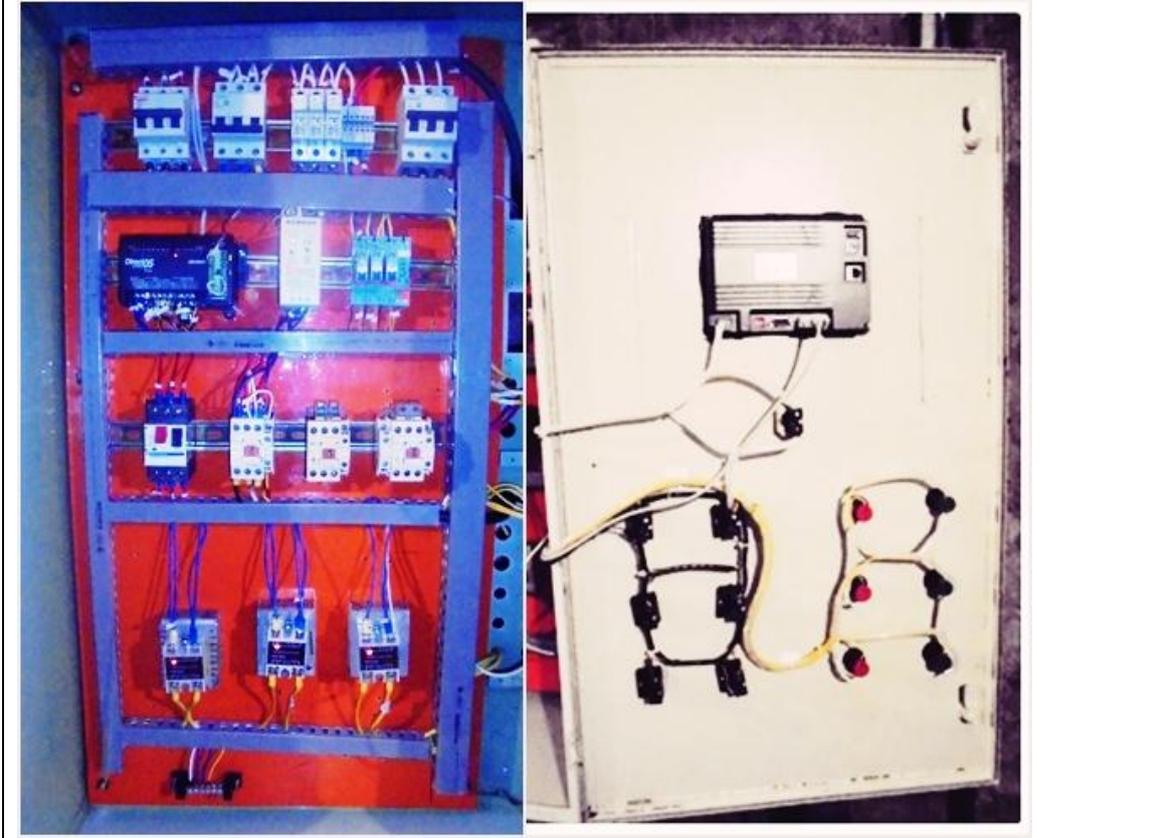


A través del HMI se podrá revisar los gráficos que despliega la temperatura del extrusor así como las botoneras de cada etapa y un panel de alarmas desplegadas que se explicará de mejor manera en el ítem 4.1.9.

4.1.6.2 Tablero Interno (distribución del tablero principal)

En la Figura 4.8, se puede revisar cada uno de los elementos eléctricos y electrónicos que ejercerá el dominio del equipo extrusor. En la primera regleta se hallan elementos de protección como un breaker general de 32 A que se encarga de la protección y distribución de energía eléctrica a todo el sistema, porta fusibles con sus respectivas protecciones los elementos electrónicos como la fuente de alimentación DC y un controlador lógico programable (PLC). El motor cuenta con un disyuntor de 10 A Trifásico y una protección para las niquelinas de 25 A., también se aprecia borneras que sirven para las salidas de los motores como son la electrobomba y el motor de enrollado y el neutro de todo el equipo alimenta desde este punto hacia unas borneras que se encuentran en la parte interior del tablero.

Figura 4.8 Tablero Interno



En la segunda riel están los elementos de control que permiten la automatización del sistema, entre estos se tiene al PLC y la fuente de alimentación de 24 Vdc y unos mini relés que se conectan a las salidas del PLC y activaran los motores.

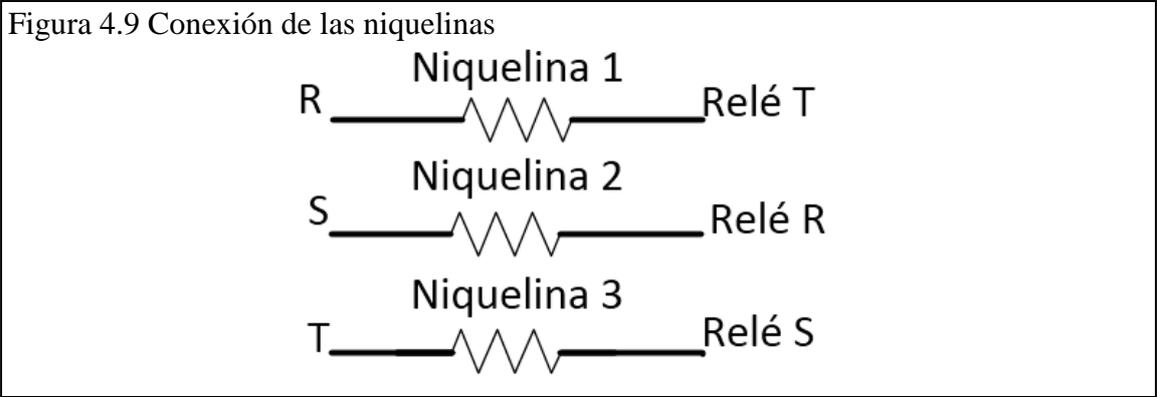
En la tercera riel esta los elementos de control eléctricos, se tiene un relé térmico para protección del motor, un contactor de 9 A que activara al motor al momento de su activación y dos contactores monofásicos en caso de requerirlos para una posterior aumento de elementos.

En la parte final del tablero están los relés de estado sólido con su respectivo disipador de calor que van conectados a las niquelinas, estos elementos permiten hacer el control de energía para suministrar la temperatura adecuada teniendo una activación mucho más cercana de la temperatura de seteo.

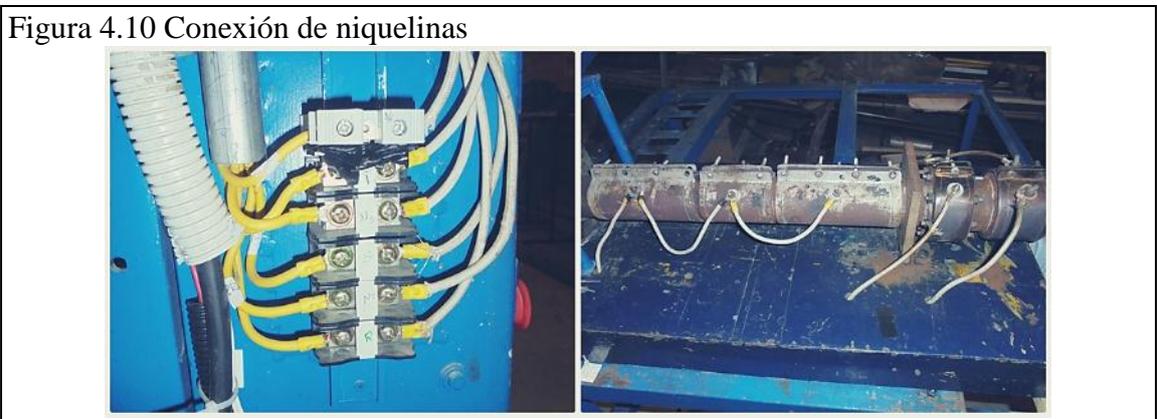
4.1.7 Niquelinas

Las niquelinas son los elementos que calentaran al tambor para moldear el material ha extruirse. Estas resistencias están protegidas por un breaker de 25 A. Tres conductores

parten directamente a las niquelinas y tres cables más van hacia los relés de estado sólido que realizaran el control suministrando la energía de acuerdo a la temperatura que se vaya dosificando.



En la Figura 4.9, se visualiza como están conectadas las niquelinas para abastecer de 220 Vac al extrusor. En un extremo van conectadas directamente cada uno de las fases y en el otro punto de las resistencias va energizado por las líneas que controlan los relés de estado sólido. Se puede mencionar que la forma correcta de conexión es intercalar las líneas para una adecuada actividad de estos dispositivos.



En la Figura 4.10, se puede visualizar la conexión de los cables que van hacia las niquelinas. Se utilizó conductor # 10 en toda esta parte del proceso, debido a que la corriente máxima que circulará de 11 Amperios, van desde el tablero de control hasta unas borneras ubicadas en el extrusor. Desde el otro extremo de las borneras parten cables siliconados para alta temperatura que se conectarán a los puntos de las niquelinas.

4.1.8 Materia prima

Figura 4.11 PVC utilizado



En la Figura 4.11 se puede observar el PVC que se utilizara para la extrusión.

En la parte a de la figura se visualiza el PVC granulado en pequeñas pepas color negras y en la parte b se tiene el PVC en polvo color blanco. La experimentación se las realizo con ambos tipos de materiales obteniendo diferentes resultados en cada uno de ellos.

4.1.9 HMI

El HMI se lo configura según el modelo del PLC, para que pueda haber comunicación entre los dispositivos, y se lo conectará con un cable serial con comunicación RS-232, así como también los mandos del extrusor que en cada una de las pantallas estará orientadas para una función en especial que de detalla a continuación.

En la Figura 4.12 se visualiza la primera pantalla del HMI. Se visualiza una presentación del proyecto de titulación, suministrando información acerca del mismo. En esta pantalla se derivan botones que dan paso a campos tales como: Botonera, Gráfico e Alarmas.

Figura 4.12 primera pantalla HMI: Presentación

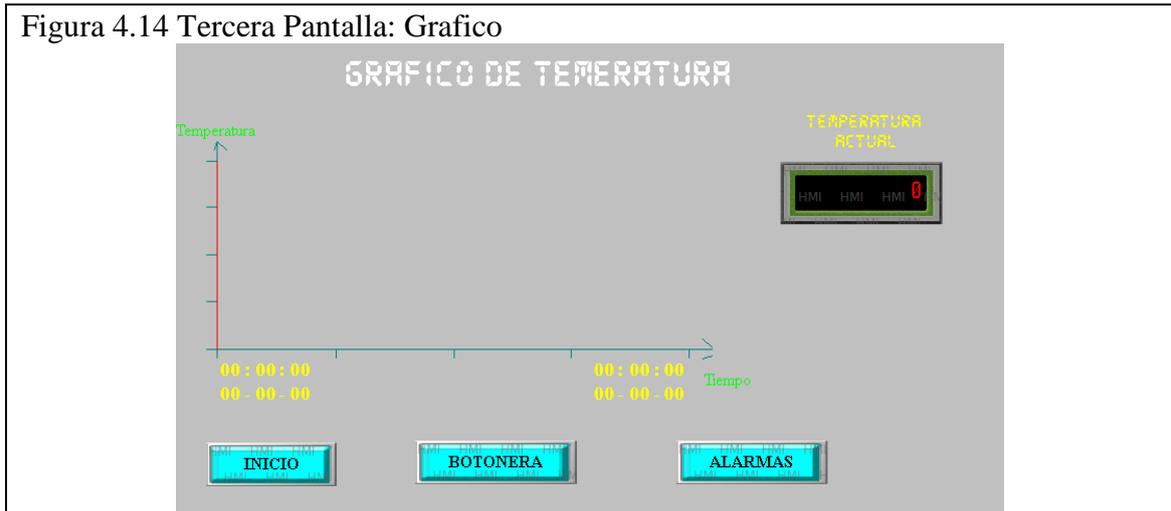


Figura 4.13 Pantalla 2: Botonera



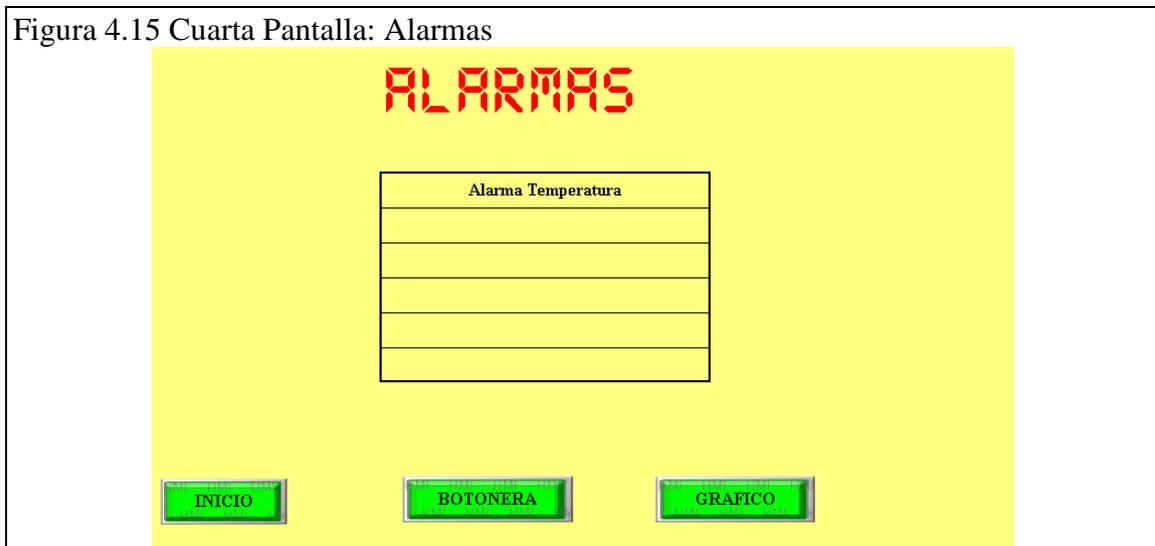
La Figura 4.13 muestra segunda pantalla que visualizara los pulsadores que controlan la máquina, tienen mandos de encendido y desactivado con sus respectivos indicadores. El botón de emergencia detendrá todos los procesos del extrusor por lo cual tiene mayor tamaño. Se encuentra un indicador para las niquelinas, su encendido depende de la temperatura proporcionada en el tambor.

Figura 4.14 Tercera Pantalla: Grafico



En la figura 4.14 se observa la pantalla donde se despliegan el gráfico Temperatura vs. Tiempo, al igual que el valor medido de la temperatura medida por el sensor. La gráfica toma muestras en un periodo de dos segundos para trazar las líneas del boceto, más la medida de la temperatura, este periodo se escogió debido a que permite verificar la temperatura de forma adecuada.

Figura 4.15 Cuarta Pantalla: Alarmas



En Figura 4.15 se representa a las alarmas emitidas por el extrusor. Las alarmas se activaran cuando exista desborde de temperatura, es decir que este fuera del rango establecido. Si existe algún tipo de desperfecto se emitirá un mensaje en estos recuadros.

4.2 PRUEBAS Y RESULTADOS DEL SISTEMA ELÉCTRICOS

En las pruebas eléctricas se realizó el análisis de corriente de cada uno de los mecanismos comparando valores calculados con las corrientes medidas en cada motor. También se realizó la medición de corriente en las niquelinas suministrando la energía necesaria para su funcionamiento.

4.2.1 Etapa de extrusión

Figura 4.16 Etapa de extrusión: pruebas



En la etapa de extrusión se realizó las pruebas de funcionamiento del motor que hace girar al husillo por medio de una transmisión, la corriente nominal es de 3.94 A y la corriente medida es de 2.60 A. Para proteger al motor se incorpora un relé térmico regulable (rango de 2.5 a 4 A), se calibra al relé en 4 A.

El husillo empieza a girar cuando la temperatura llegue al valor de referencia y se apagara de forma automática cuando esté por debajo de una temperatura establecida, el motor del husillo también funciona en modo manual y automático.

4.2.2 Etapa de enfriado

En la figura 4.17, se visualiza la etapa de enfriado. Esta etapa es controlada por una electrobomba que tiene un caudal de 700 litros por hora y que satisface la necesidad requerida permitiendo la recirculación del líquido refrigerante, dando la fuerza necesaria para este que fluya el agua. La corriente nominal es de 0.12 A y la corriente medida en este elemento fue de 0.1 A lo cual se protegerá con un fusible de 150mA.

Figura 4.17 Etapa de Enfriado



Esta electrobomba ayuda la recirculación de agua que hay en el canal, cumpliendo dos funciones principales que son enfriar el material extruido y refrescar el líquido.

4.2.3 Etapa de enrollado

Figura 4.18 Enrollado en funcionamiento



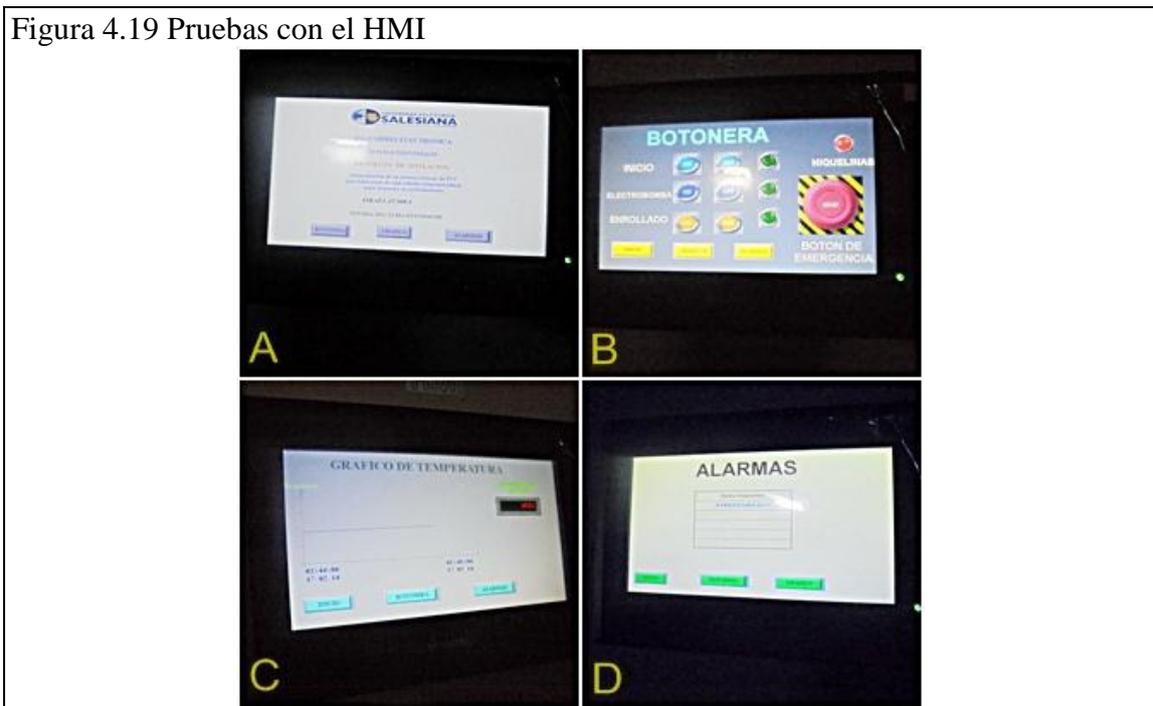
En la etapa de enrollado se tiene un moto reductor que trabaja a 110 V y tiene una corriente nominal de 3 A, tiene una reducción de 1425 a 95 revoluciones por minuto, y la corriente medida en este motor es de 2.50 A. Se enrolla el vinil una vez terminado de extruir guiando el producto para evitar que se enrede en este proceso, sujetando un

extremo al carrete de la estructura. Se utiliza un vinil adquirido previamente para realizar las respectivas pruebas

4.2.4 Pruebas con HMI

El HMI como muestra la Figura se encuentra ubicado en la parte frontal del tablero de control y alimenta con 24 Vdc desde la fuente de alimentación que está en el interior del mismo tablero, comienza a funcionar una vez que se enciende el breaker general del extrusor. En la Figura .19, en la pantalla A, se puede observar la presentación del trabajo de titulación y además tres botones que direccionaran a las siguientes pantallas.

Figura 4.19 Pruebas con el HMI



En la pantalla B esta todos los botones de encendido de la máquina con sus respectivos indicadores el cual funcionan con pulsadores de encendido y apagado de cada etapa, también se tiene un pulsador de emergencia y un indicador que permite la visualización cuando las niquelinas estén encendidas

En la pantalla C se puede observar el desplazamiento de la gráfica de la temperatura medida en un tiempo de muestreo de 2 segundos por valor tomado desplegando una curva que indicara la actividad de temperatura en este mecanismo, también e tiene un indicador donde se despliega la temperatura actual en el sistema

En la pantalla D se tiene las alarmas emitidas por la máquina en la cual dará aviso cuando la temperatura sobrepase o esté por debajo del valor establecido. Emitiendo una lista de alarmas que ayudara a un mejor control del sistema.

4.2.5 Pruebas con las niquelinas

Figura 4.20 Pruebas con las niquelinas



En la Figura .20, se puede visualizar las niquelinas ya conectadas. Las tres resistencias que se hallan en el tambor están conectadas en serie y se alimentan de un solo punto del cual se despliega una corriente de 11.2 A y la corriente calculada es de 10.9A. La niquelina del Homogeneizador me despliega una corriente de 2.5 A. asemejándose a la corriente hallada que es de 2.57 A. en la matriz se calcula una corriente de 3.21 A. y la medida tomada en este punto es de 3 A lo cual es un valor aproximado lo cual quiere decir q están funcionando correctamente. Sumando las corrientes finales de cada uno de estos elementos da una corriente de 16 A, lo cual se protegerá con un breaker de 25 A.

4.2.6 Pruebas finales con Materia prima

En las pruebas realizadas al marial extruido se pudo establecer un rango de temperatura adecuada para este proceso. Tambien se pudo determinar que se necesita un tratamiento al husillo y a las paredes interiores del tambor, este proceso se le denomina cromo duro que sirve para alisar el contorno de estas estructuras y permitir una fluides al momento de extruir. Asi como tambien se necesita un anillo mecanico de separacion entre el tambor y el homogeneizador para que pueda pasar el material por la ultima estructura , sin embargo se pudieron realizar las siguientes pruebas de extrusión.

Figura 2.21 Prueba 1: material extruido



En la Figura 2, se observa el material extruido sometido a una temperatura de entre 160°C a 180° , en donde se carbonizó el PVC emanando una nube de gases tóxicos hacia el medio ambiente siendo inservible este producto resultante. Las pruebas se realizaron con el PVC granulado y en con el PVC en polvo obteniendo similares resultados.

Figura 4.22 Prueba 2 con material extruido



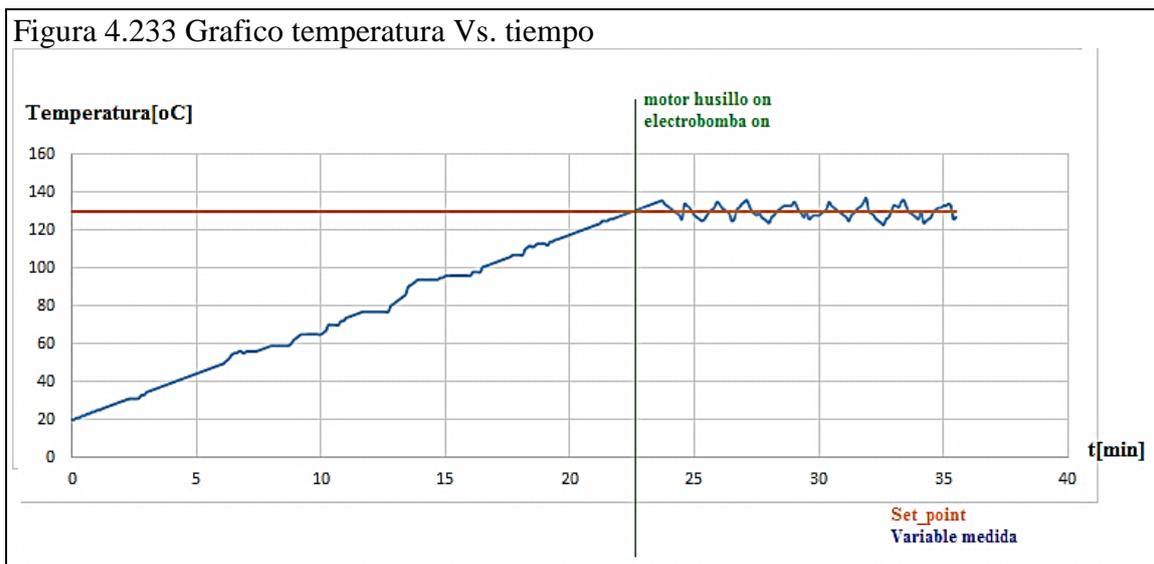
En la Figura .22, se observa la materia prima extruida en un rango de 130°C y 140°C de temperatura, se visualiza una materia prima más compacta y con una mejor textura, estas pruebas se las realizo sin matriz ni homogeneizador por problemas mecánicos, lo cual no tiene la forma final de la matriz pero se logra hallar la temperatura adecuada para la extrusión.

4.3 Funcionamiento

El sistema extrusión necesita de una alta temperatura fundir el material para adaptarlo a su nueva forma, esta temperatura oscila entre 120°C y 150°C dependiendo de las características mecánicas y físicas del sistema. Se define un set point de 130°C para obtener el producto final.

Si la temperatura es menor al set point establecido el material se mantiene entre sólido-líquido lo que podría estancar o trabar el husillo y por tanto dañar la estructura mecánica. Al cumplirse una temperatura que ese bajo este valor el PLC apaga automáticamente el motor, adicionalmente existe un relé térmico que abrirá el circuito en estos casos.

En caso de que la temperatura sea mayor al set point el material tiende a carbonizarse y emanar gases tóxicos, tapando los conductos de salida del extrusor



En la Figura 4.2334.23, se puede observar una muestra de los valores de temperatura tomados por el sensor y visualizados también en el HMI. El set point establecido de temperatura es de 130°C que tardara un tiempo estimado de 22 a 24 minutos en alcanzar este valor. Una vez alcanzada la temperatura establecida se encenderá el motor del husillo y la electrobomba iniciando el proceso de extrusión, desde este punto la temperatura comienza a entrar en histéresis manteniendo un rango de 10 grados aproximadamente.

El error calculado se determina cuando sale de la franja de histéresis, si la franja es de 125°C a 135°C entonces se tiene un error de 3.84% y respecto al set point es de 7.69%, lo cual son valores aceptables y el material extruido puede trabajar dentro de estos valores de temperatura.

4.3.1 Pasos de operación

El operador de la máquina debe recibir una capacitación para el correcto uso de la máquina, advirtiéndolo de los múltiples peligros existentes: Superficies calientes, alto voltaje, gases tóxicos. Es indispensable que el operador tenga el correcto equipo de trabajo: overol, gafas, mascarilla, casco. Para manipular este equipo es necesario seguir los siguientes pasos:

- Verificar que las protecciones habiliten a los elementos eléctricos y electrónicos.
- Colocar el material PVC granulado en la tolva para que sea extruido,
- Pulsar el botón de inicio dejar que las niquelinas comiencen a calentar hasta la temperatura seteada.
- El motor se encenderá cuando las niquelinas alcancen 120°C.
- La etapa de enfriado se inicia al comenzar la extrusión en forma automática, pero es posible realizar esta operación en forma manual,
- El producto extruido pasa por el canal de enfriamiento, donde hay que colocarlo en el carrete, esta operación se la realiza en forma manual, así empieza el enrollado activando la última etapa
- Una vez terminada la extrusión, se debe apagar el motor del husillo y las niquelinas, para que se enfríen.
- Retirar un extremo del carrete para poder sacar el vinil enrollado y que entre a ser almacenado para su posterior distribución y venta.
- Se puede observar el proceso y verificación del valor de la temperatura en el HMI implementado en todo momento, al igual que las alarmas que se han activado.

Para una mejor explicación del proceso y de sus elementos con sus respectivos datos, se encuentran registrados en el anexo 8 que es la guía de usuario del operador

CONCLUSIONES

Al caracterizar la máquina extrusora se pudo observar que sus elementos mecánicos y eléctricos se encuentran obsoletos y en mal estado por lo que en el diseño fue necesario cambiar a elementos más actuales para que cumpla los requerimientos de funcionamiento.

El proceso de control cumple satisfactoriamente con la curva de temperatura, la cual es el tratamiento de un polímero a elevadas temperatura para moldear la masa resultante.

Se diseñó las diferentes partes del sistema acorde a los requerimientos de un producto de alta calidad, considerando sus limitaciones y funcionalidades en el proceso de control.

La lógica de programación complementa el algoritmo para responder a las necesidades del usuario manteniendo las variables medidas del sistema dentro del rango óptimo de operación.

Aunque la máquina cumple con los requerimientos necesarios para la extrusión, el PVC no sale bien procesado por lo cual se determinó que hace falta un tratamiento térmico llamado cromo duro para alisar las paredes del interior del extrusor mejorándola superficie de fricción entre el material y la estructura, solo permitiendo realizar las pruebas eléctricas en vacío.

Mediante las pruebas realizadas se obtiene la gráfica de control respecto a la temperatura, cumpliendo los requisitos necesarios para la extrusión del material, al probar diferentes materiales para la extrusión se observa que la temperatura idónea es variable.

Se verifico que el sistema trabaje óptimamente con el control de Histéresis on/off haciéndolo funcional y práctico sin necesidad de ocupar sistemas complejos como PID,

favoreciendo al tiempo de procesamiento del material optimo los resultados esperados por la máquina.

La pantalla HMI permite la visualización e interactuar con el sistema facilitando al operador cuantificar y cualificar las variables del sistema, presentando la curva de temperatura para supervisar el proceso.

RECOMENDACIONES

Se recomienda recubrir el tambor del extrusor con un armazón metálico rectangular, forrado de lana de vidrio para aislar la concentración de calor en el interior de la máquina, esto ayudara a evitar pérdidas de energía que se disipa en el medioambiente. Esta estructura debe permitir a la maniobrabilidad en el tambor y todos los elementos que se hallan en esta parte del mecanismo.

Se recomienda utilizar ropa y accesorios industriales de protección para evitar daños en la salud al maniobrar la máquina extrusora, protegiendo la integridad física del usuario.

Para el procesamiento de otro tipo de materiales, se recomienda realizar pruebas preliminares de calibración del set point en el extrusor, ya que no toda la materia prima tiene el mismo punto de fusión para el tratamiento en este proceso.

Es recomendable colocar la máquina extrusora en un espacio abierto para evacuación de gases tóxicos que pueden ser inhalados por el personal responsable de la manipulación del extrusor, o a su vez colocar un sistema de extracción.

Para la manipulación del mecanismo es necesario estar bien capacitado y haber leído el manual de operaciones para no tener problemas en daños tanto en el usuario como en el mecanismo.

BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

Automation, I. E. (01 de Febrero de 2017). *Ibest Electronic & Automation*. Obtenido de <http://www.ibestchina.com/english/ViewProduct.asp?ID=424>

Automationdirect. (2002). *DL05 User Manual*. Automationdirect.com.

Bolton, W. (2006). *Sistemas de control electronico en ingenieria mecanica y electrica*. Barcelona: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR.

Boylestad, R. (2004). *Introduccion al analisis de circuitos*. Mexico: PEARSON EDUCACIÓN.

Catalán Izquierdo, S. (2014.). *Electrotecnia: instalaciones eléctricas*. . Valencia: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.

Cinetificos, T. (23 de 28 de 2005). *textoscientificos.com*. Recuperado el 15 de 01 de 2016, de <http://www.textoscientificos.com/polimeros/pvc>

Conejo, A. J., Arroyo, J. M., & Milano, F. (2007). *Instalaciones eléctricas*. Madrid: McGraw-Hill España.

Española, R. A. (Enero de 2016). *Real Academia de la Lengua Española*. Recuperado el 25 de 01 de 2016, de <http://dle.rae.es/?id=HQEyZSI>

Frailé Mora, J. (2008). *Máquinas eléctricas (6a. ed.)*. España: McGraw-Hill.

Gradusol. (2015). *GRADUSOL*. Recuperado el 15 de 01 de 2016, de <http://www.gradusol.es/pvc/pvc-aislante-termico-acustico/>

grupo voestalpine, M. 4. (2009). *ACEROS BOEHLER UDDEHOLM S.A.* Obtenido de <http://www.acerosboehler.com.ar/english/280.php>

Kömmerling. (2016). *Kömmerling.com.mx*. Recuperado el 17 de 01 de 2016, de <http://www.kommerling.com.mx/aislamiento-termico.php>

Kuo, B. C. (2010). *Sistemas de control automatico*. México DF: Prentice Hall.

Mariano. (15 de 03 de 2011). *Tecnología de los Plásticos*. Recuperado el 19 de 01 de 2016, de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>

meanwell. (01 de febrero de 2017). *meanwell*. Obtenido de <http://www.meanwell.com/>

Montes, J. R., Castro Martínez, L., & del Real Romer, J. C. (2006). *Procesos industriales para materiales metálicos*. Madrid: Editorial Visión Libros.

Montúfar Navarro, M. A., Ortiz Hernández, F. E., & Ávalos Arzate, G. (2010). *Teoría de control, ajuste de controladores industriales*. México, D.F.: nstituto Politécnico Nacional,.

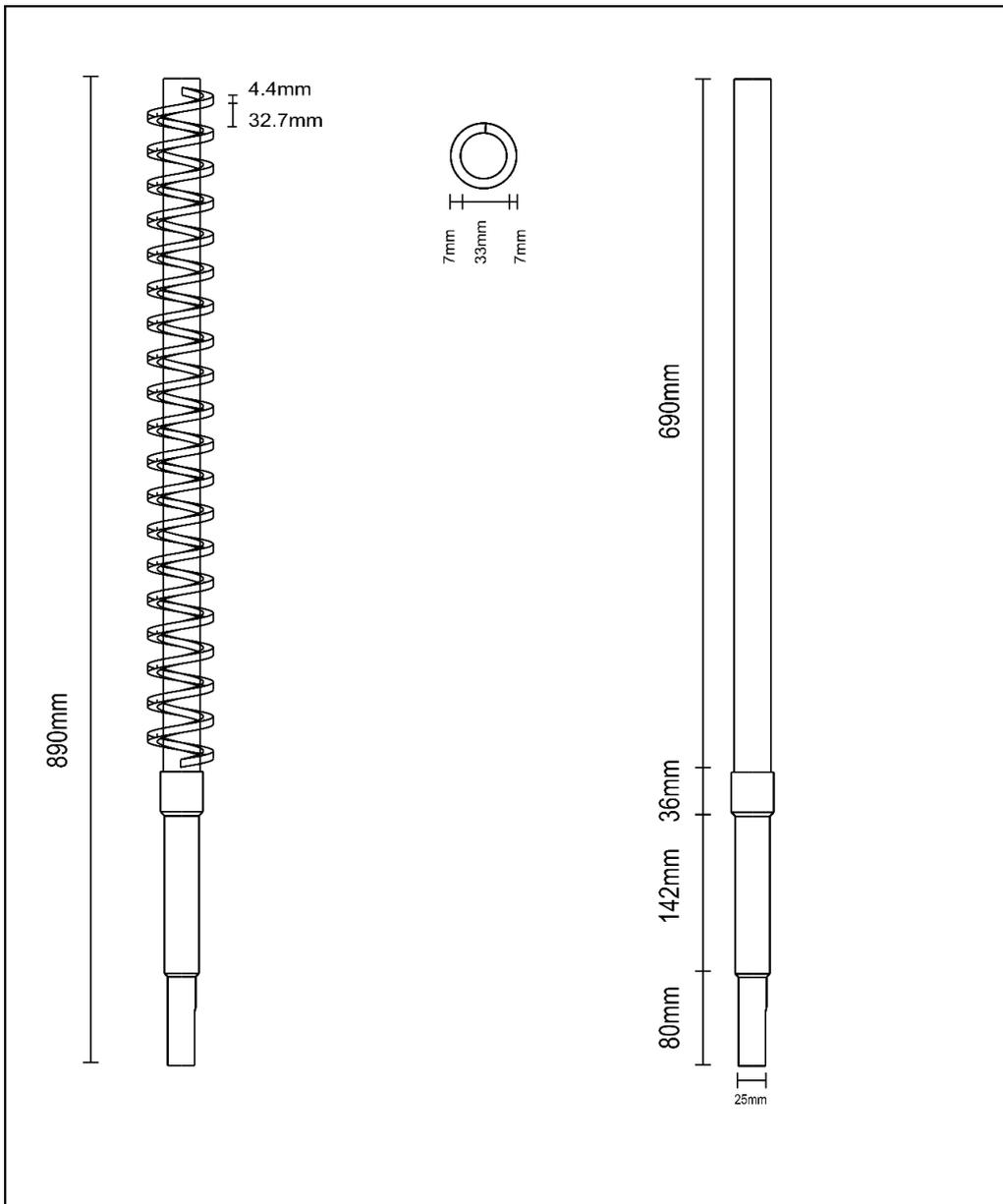
Nicolás, D. M. (s.f.). *www.eis.uva.es*. Recuperado el 19 de 01 de 2016, de <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/pvc/procesamiento.html>

Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.

- Paucar, D. F. (2013). *ANÁLISIS TÉRMICO EN EL CABEZAL DE LA MÁQUINA DE MAQUINA EXTRUSORA DE PVC Y SU EFECTO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE PROBETAS NORMALIZADAS DE TUBERIA DE DESAGÛR 110MM SEGUN NORMA NTE 1347 EN LA EMPRESA TUMILSA S.A.* Ambato.
- Rivera, O. P. (2015). *SIMBOLOGÍA Y DIAGRAMAS DE INSTRUMENTACIÓN NORMAS ISA.* Santiago de Chile: Universidad de Santiago de Chile.
- Salud, D. d. (25 de 09 de 2013). *EL MINISTRO DE TRABAJO Y RECURSOS HUMANOS.* Obtenido de REGLAMENTO DE SEGURIDAD DEL TRABAJO CONTRA RIESGOS EN INSTALACIONES DE ENERGÍA ELÉCTRICA (Acuerdo No. 013)
- TISALEMA, A. J. (2012). *REPOTENCIACION Y MANTENIMIENTO MEJORATIVO DE LA MAQUINA EXTRUSORA DE POLIETILENO DE LA EMPRESA ENDUPLASTIC DE LA CIUDAD DE LATACUNGA.* RIOBAMBA.
- Torres, O. J., & Pérez, W. (2006). *Tecnología de extrusión en alimentos. Ciencia y Tecnología de Alimentos.* Cuba: Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria.
- WUXI XINJE ELECTRONIC CO., L. (2010). *TP/TH/TG/TE series HMI manual.* Seúl: Spectra Technologies.

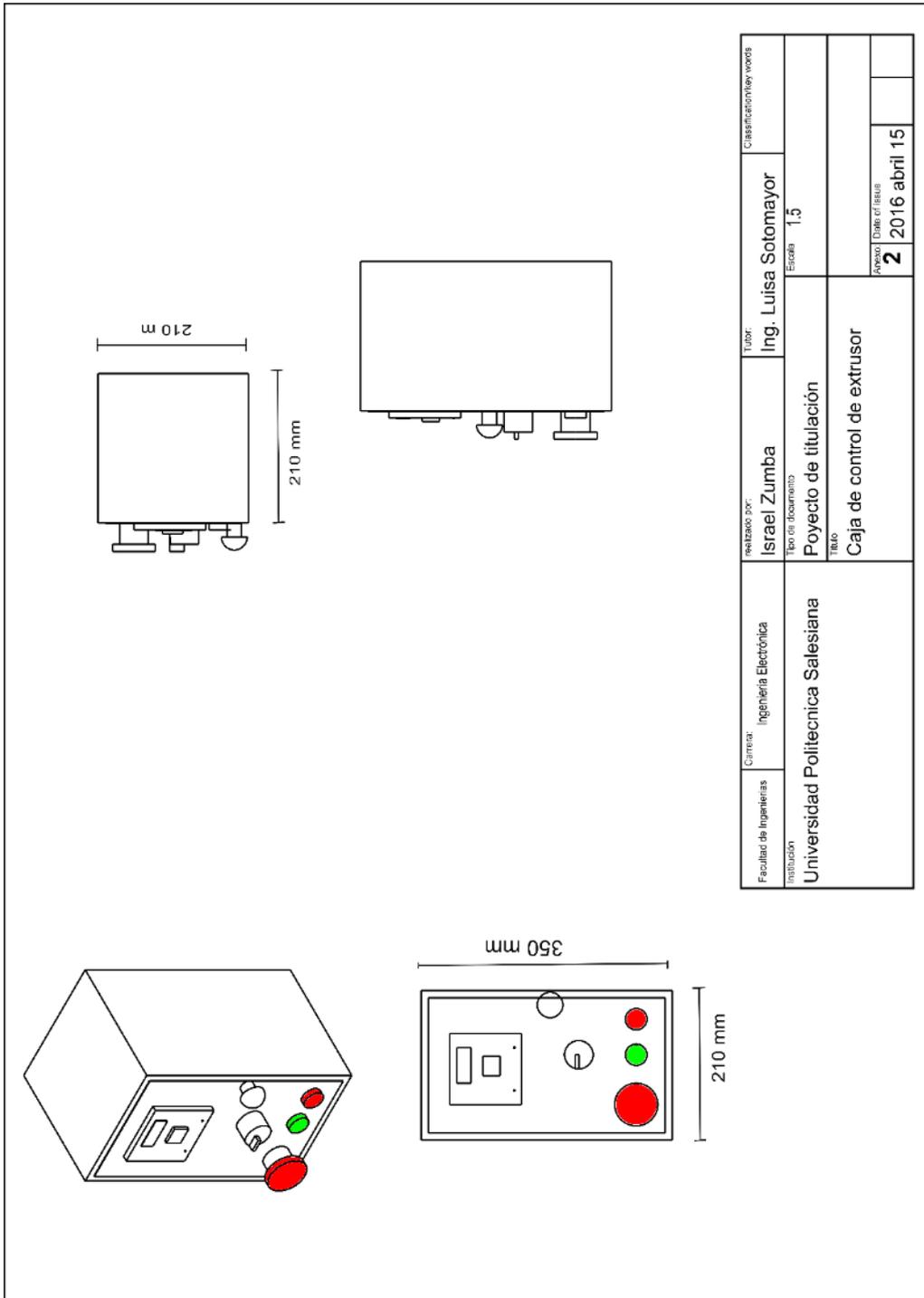
ANEXOS

Anexo 1 Husillo



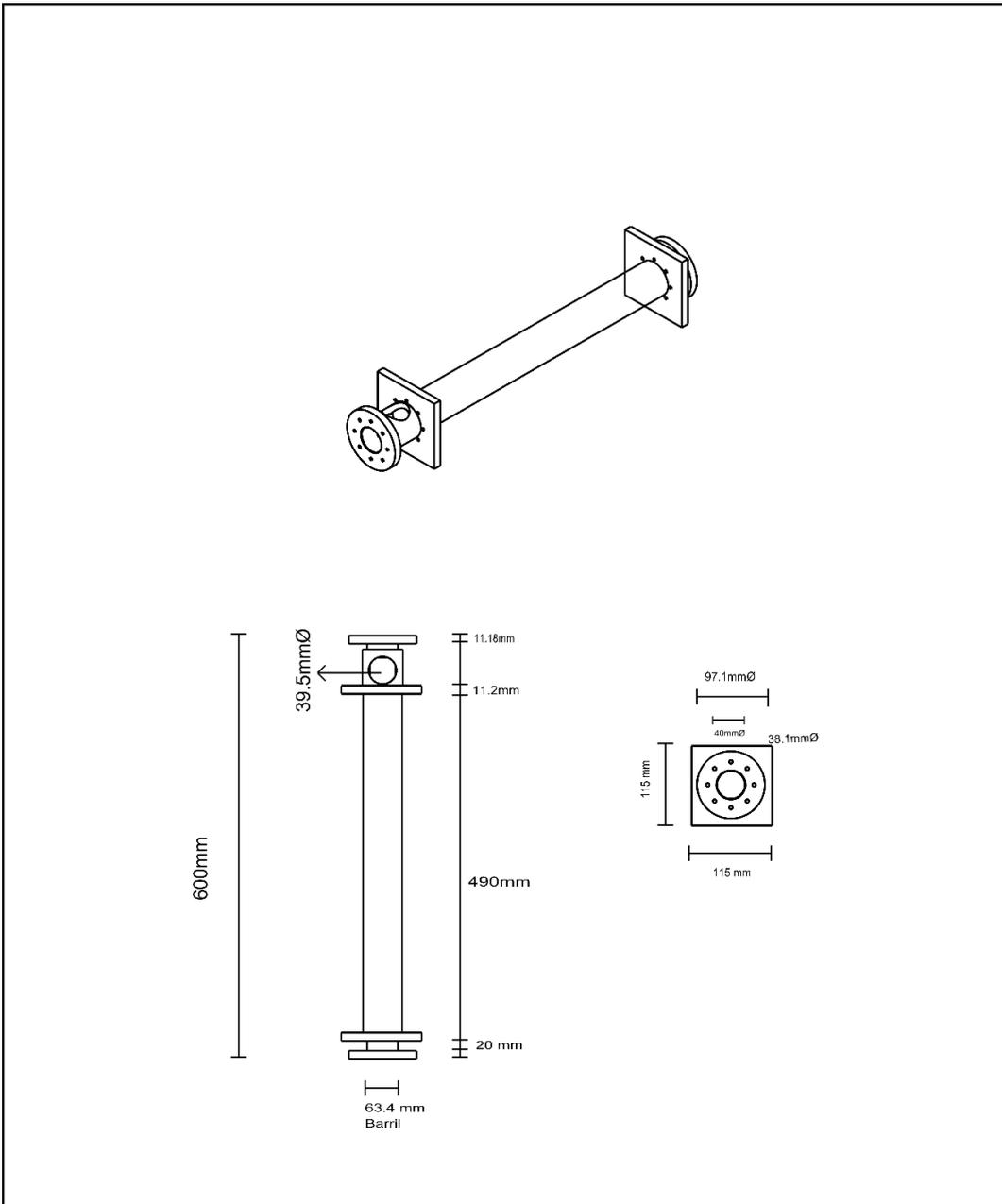
| | | | |
|--|---------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| Realizado por: Israel Zumba | Titulo Husillo del Extrusor | | |
| Institucion : Univeridad Politecnica Salesiana | Formato: A4 | Plano: X / Y | Scale: 10:1 |
| | Tutor: Ing.Luisa Sotomayor | | |
| | fecha: 2016-04-21 | Anexo: 1 | |

Anexo 2 Caja de Control



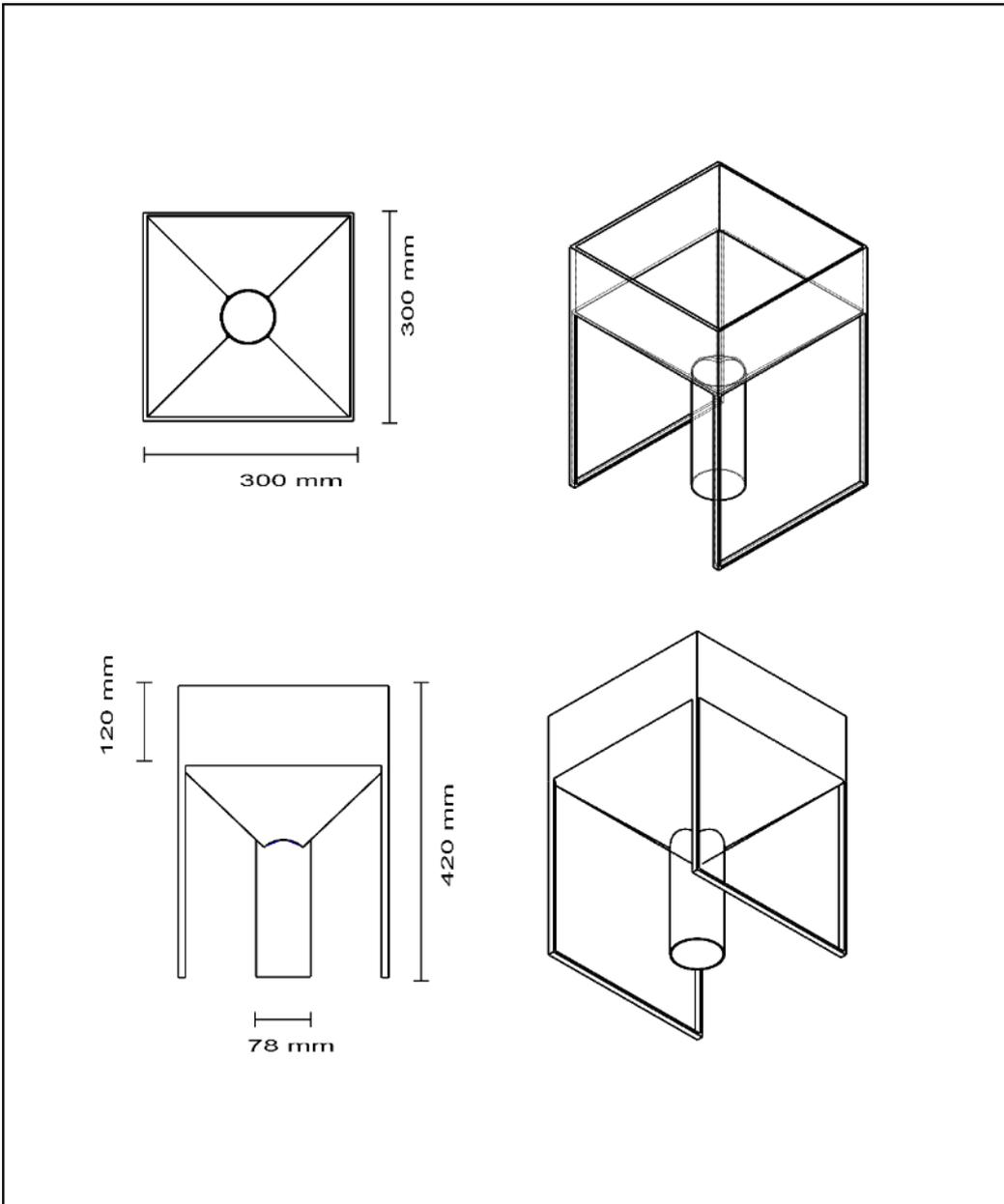
| | | | | |
|--|------------------------------------|--|--------------------------------|-------------------------|
| Facultad de Ingenierías Institución | Carrera: Ingeniería Electrónica | Realizado por: Israel Zumba | Tutor: Ing. Luisa Sotomayor | Clasificación/Key words |
| Universidad Politécnica Salesiana | | Tipo de documento: Proyecto de titulación | Escala: 1,5 | |
| | | Título: Caja de control de extrusor | | |
| | | | Año: 2016 | Fecha: abril 15 |

Anexo 3 Barril del extrusor



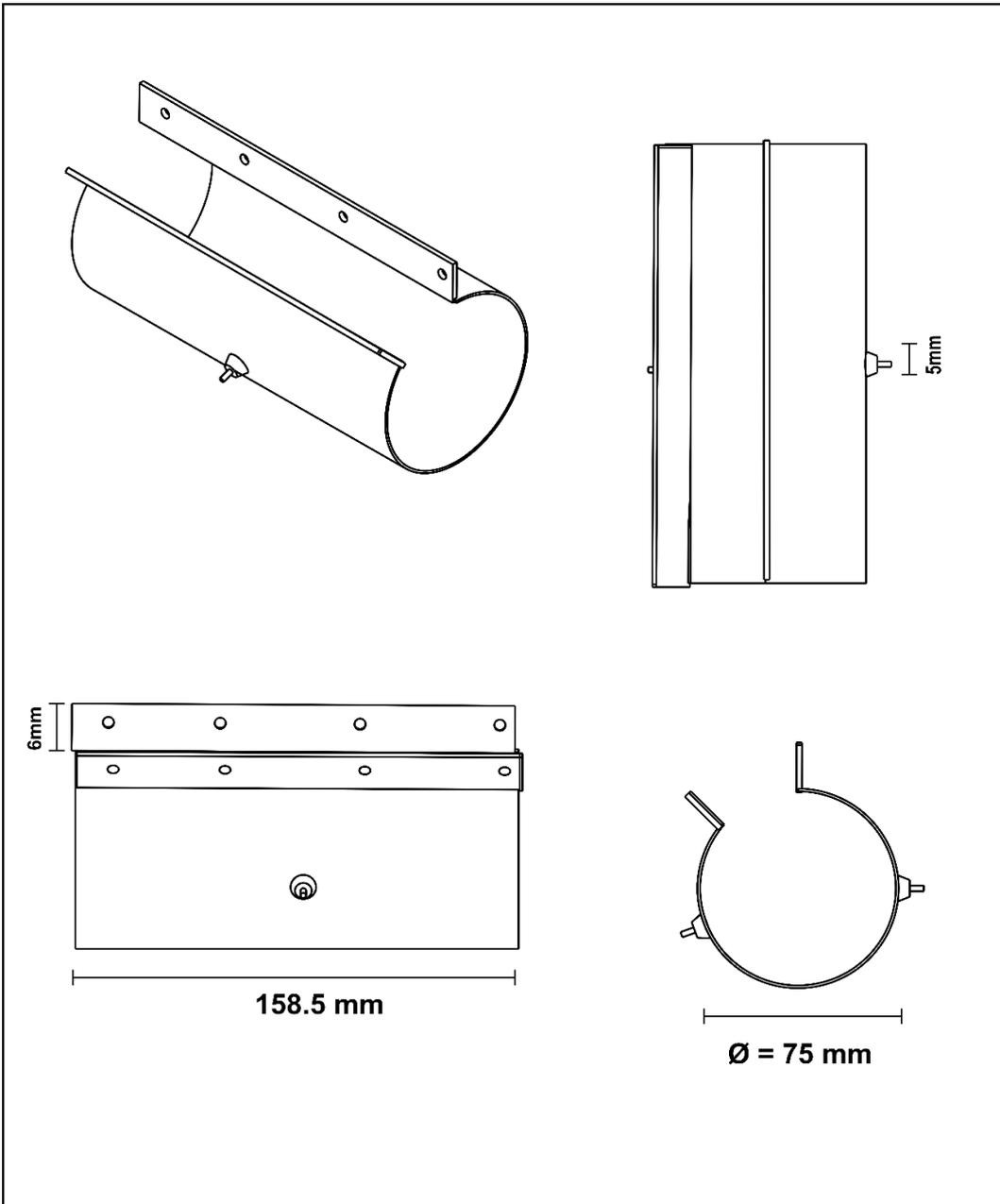
| | | | |
|--|---------------------------------------|-------------------------|--|
| Realizado por: Israel Zumba | Titulo: Barril del extrusor | | |
| Institución: Universidad Politecnica Salesiana | Formato: A4 | Escala: 0.125 | |
| | Tutor: Ing.Luisa Sotomayor | | |
| | fecha: 2016-04-21 | Anexo: 3 | |

Anexo 4 Tolva



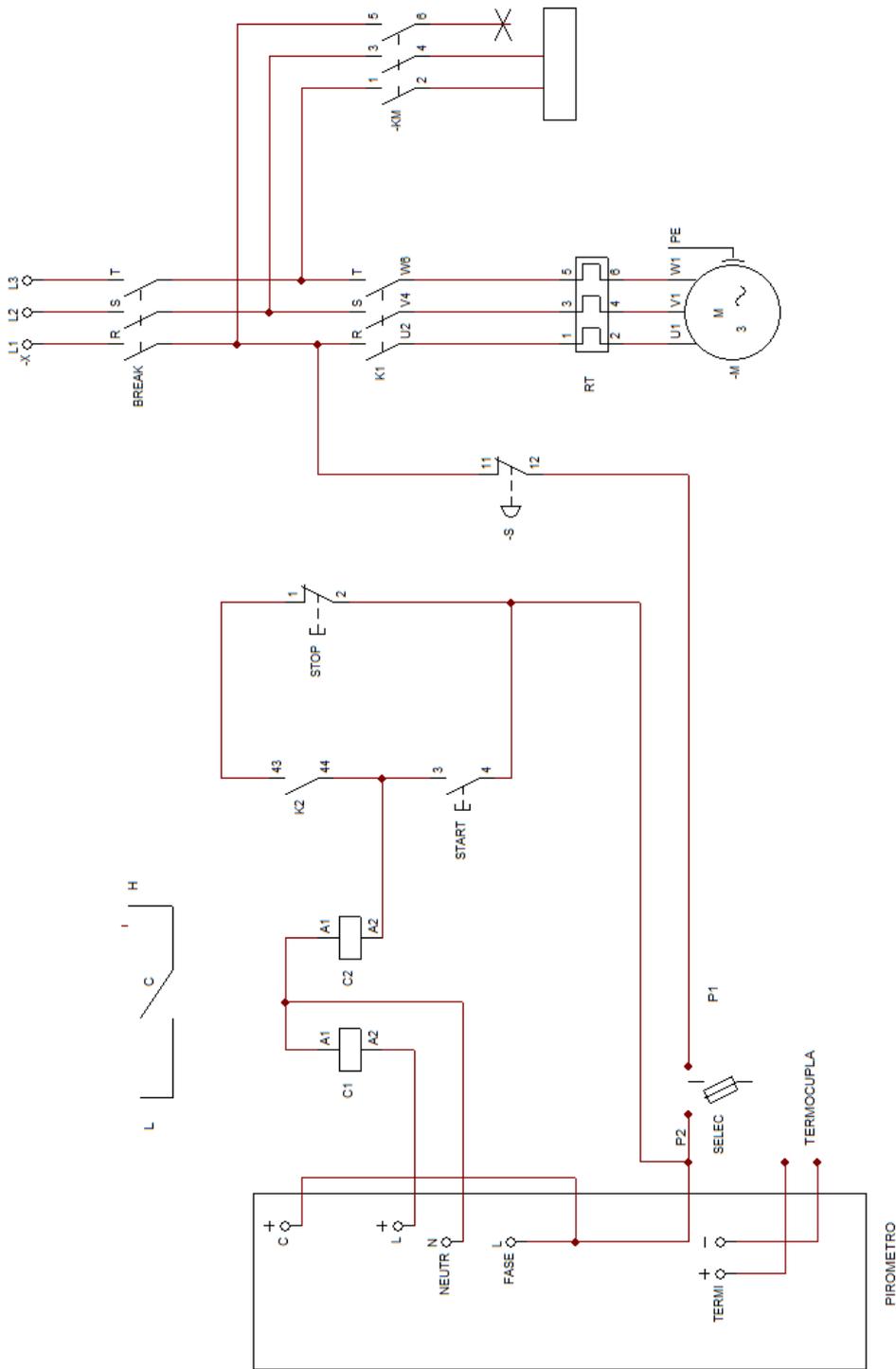
| | | | |
|--|--------------------------------------|-------------------------|--|
| Realizado por: Israel Zumba | Titulo: Tolva de extrusor | | |
| institucion: Universidad Politecnica Salesiana | Formato: A4 | Escala: 0,125 | |
| | Tutor: Ing.Luisa Sotomayor | | |
| | Fecha: 2016-04-16 | Anexo: 4 | |

Anexo 5 Niquelinas

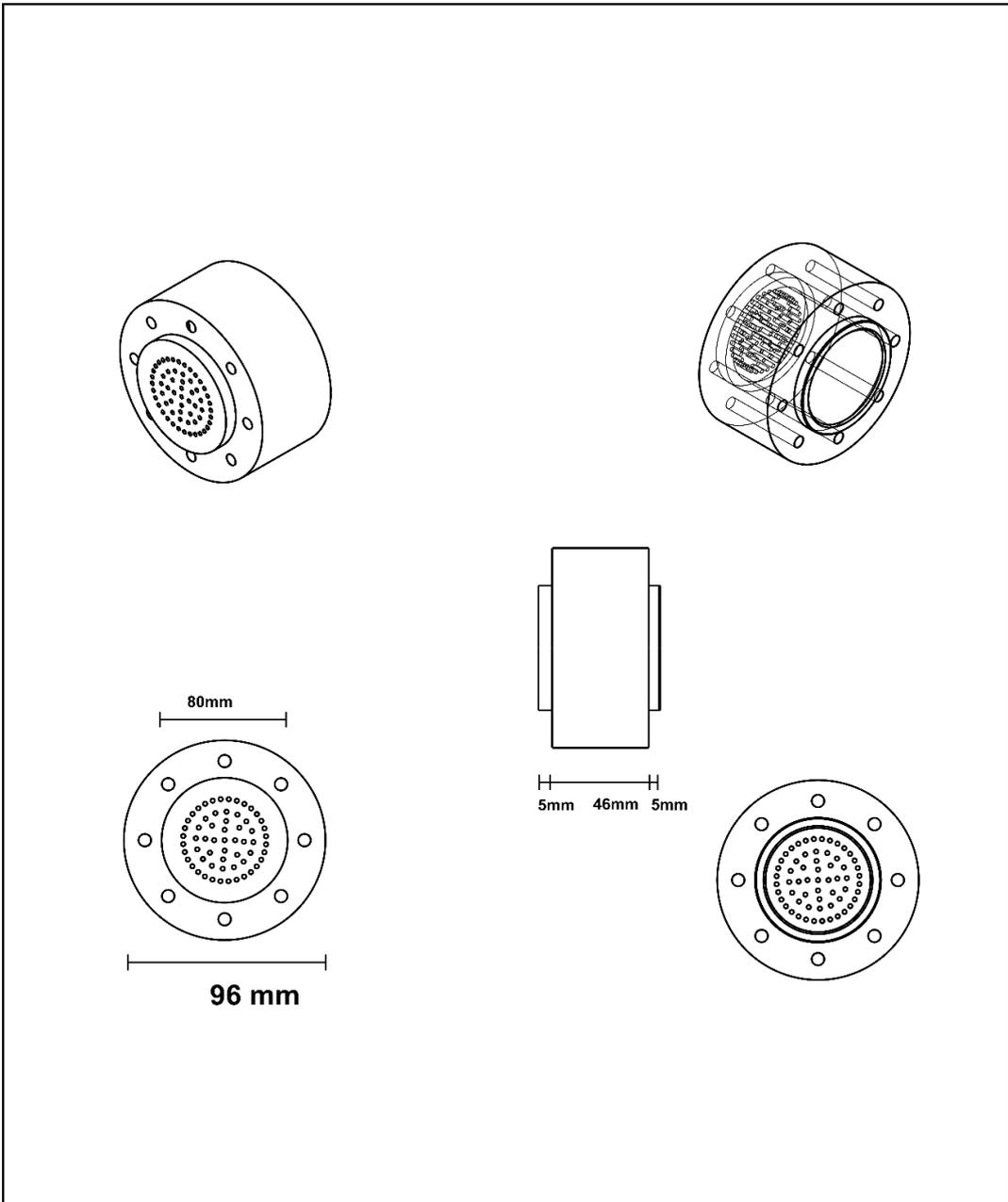


| | | | |
|---|--------------------------------------|------------------------|------------------------|
| Realizado por: Israel Zumba | Titulo: Niquelina grande | | |
| Institucion: Univeridad Politecnica Salesiana | Formato: A4 | Sheet: X / Y | Escala: 0.25 |
| | Tutor: Ing.Luisa Sotomayor | | |
| | Date: 2016-09-05 | Anexo: 5 | |

Anexo 6 Diagrama eléctrico anterior



Anexo 7 Homogenizador



| | | | |
|--|--|--------------------|------------------------|
| Realizado por: Israel Zumba | Titulo: Homogenizador | | |
| institucion: Universidad Politecnica Salesiana | Formato: A4 | | Escala: 0.04 |
| | Tutora: Ing. Luisa Sotomayor | | |
| | Date: 2016-11-28 | Anexo: 7 | |

Manual de operaciones del extrusor de PVC

Anexo 8



Funcionamiento

El proceso de extrusión de PVC consiste en introducir la materia prima (Policloruro de vinilo) en una cámara donde cambia de textura sólida a semilíquido al elevar a una temperatura determinada. Un tornillo sin fin lleva el material a una matriz que da la forma característica del producto concluido, luego el material obtenido pasa por una etapa de enfriamiento y es enrollado por un motor para culminar el proceso,

Características Generales.

| Elemento | Especificaciones técnicas |
|-------------------------------|---|
| Motor de husillo | Motor trifásico, Amperaje 4A, Voltaje 220Vac, 1725rpm_n , 30 rpm_red, temperatura de trabajo 45oC, 60hz |
| Electrobomba | marca: JAD, SP-1800, Vin:110 Vac, 13 W,700L/h, 0,5 A. |
| Motor de enrollado | Motor monofásico, Amperaje 3A, temperatura de trabajo 45oC, 1425rpm_n, 85 rpm_red, 50Hz. |
| Niquelinas | Vin: 220Vac, 2 niquelinas 900W, 1 niquelina 400W, 1 niquelina 500W, 1 niquelina :600 |
| Termocuplas | tipo J, tipo bulbo |
| Relés de estado solido | Vin 4-30 Vdc, Vout 80-380 Vac, Amperaje 50 A |
| contactor | contactor, bobina de 220Vac, amperaje de 10A |
| PLC | Marca Koyo, DL05, 110-220 Vac, 2 A,50-60 Hz |

| | |
|---------------------|---|
| Pantalla HMI | Marca: TouchWin modelo: TG765-ET, Vin 24 Vdc, comunicación: serial RS-323 para descargar y comunicación con PLC, comunicación USB_tipo B, amperaje: 1,5 A |
| Mini relés | Vin: 24 Vdc, Vout 120Vdc, Puertos: 12 : abierto 13 : cerrado 14 : común |
| Breaker | breaker general: 32 A. Breaker motor de husillo: 10 A, breaker niquelinas: 20 A. |
| Fuente Vdc | Vin: 110Vdc, 1,5 A, Vout: 24Vdc |

Pasos de operación

El operador de la máquina extrusora de vinil debe seguir tener conocimiento básico del proceso para un adecuado funcionamiento, tomando en cuenta las protecciones tanto del usuario como del mecanismo para evitar daños posteriores. Para manipular este equipo es necesario seguir los siguientes pasos:

- 1.- Verificar que las protecciones habiliten a los elementos eléctricos y electrónicos.
2. colocar el material PVC granulado en la tolva para que sea extruido,
- 3.- Pulsar el botón de inicio dejar que las niquelinas comiencen a calentar hasta la temperatura seteada.
- 4.- El motor se encenderá cuando las niquelinas alcancen 120°C.
- 5.- La etapa de enfriado se inicia al comenzar la extrusión en forma automática, pero es posible realizar esta operación en forma manual,
- 6.- El producto extruido pasa por el canal de enfriamiento, donde hay que colocarlo en el carrete, esta operación se la realiza en forma manual, así empieza el enrollado activando la última etapa
- 7.- Una vez terminada la extrusión, se debe apagar el motor del husillo y las niquelinas, para que se enfríen.

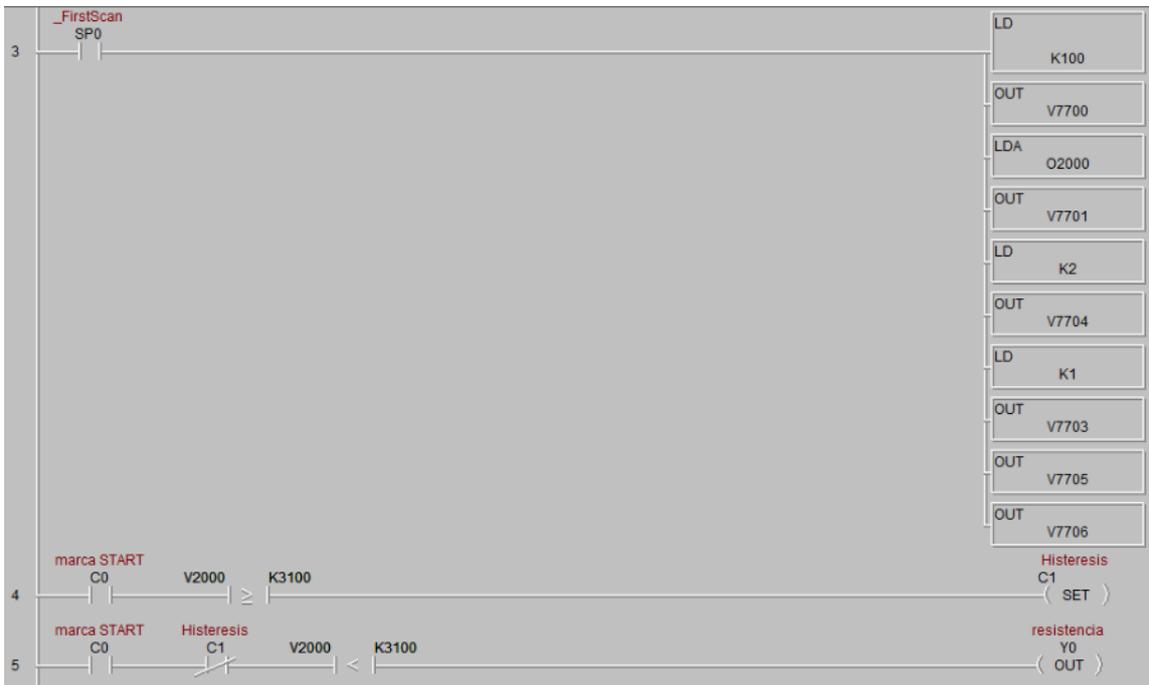
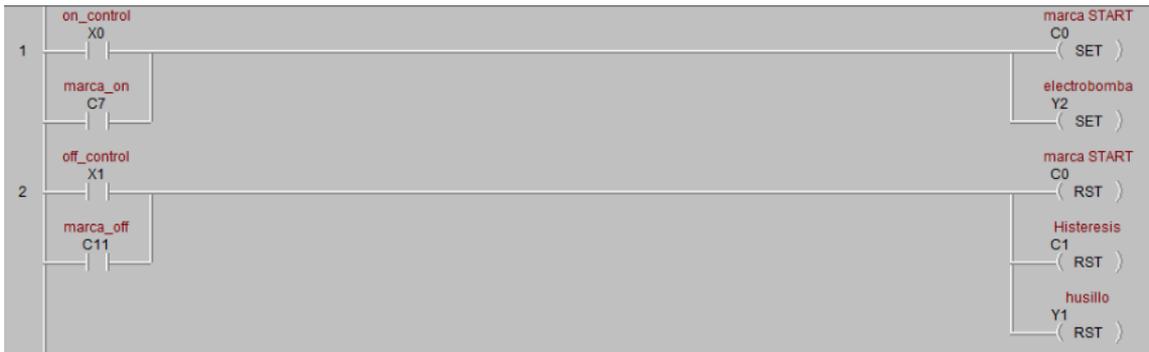
8.- retirar un extremo del carrete para poder sacar el vinil enrollado y que entre a ser almacenado para su posterior distribución y venta.

9.- Se puede observar el proceso y verificación del valor de la temperatura en el HMI implementado en todo momento, al igual que las alarmas que se han activado.

Instrucciones y Prevención

- Es indispensable que siempre exista material en la tolva, caso contrario si el husillo trabaja en vacío podría desnivelarse.
- El proceso de control tiene una luz piloto que indica cuando el sistema ha alcanzado la temperatura ideal para el proceso. En caso de no cumplir o enfriarse el extrusor automáticamente el extrusor se apagará.
- En caso de algún problema electromecánico se recomienda pulsar inmediatamente el botón de emergencia que detendrá todo el sistema y comunicar al técnico.
- En la operación debe de usar el correcto equipo para trabajar con el extrusor: casco, mascarilla, guantes y overol.
- No colocar elementos metálicos entre las niquelinas debido a que puede producir un cortocircuito.
- No colocar el sensor fuera del lugar establecido ya que puede dar datos erróneos y puede alterar el producto resultante.
- En caso de que se queme el material y empiece a emanar gases tóxicos, desconectar el equipo, evacuar el lugar y comunicar con el desperfecto al técnico.

Anexo 9 Programación





Anexo 10 Cálculos realizados presentes en el proyecto.

Corriente de Niquelinas:

Niquelinas del tambor:

Potencia de Resistencia 1: 900 W

Potencia de Resistencia 2: 600 W

Potencia de Resistencia 3: 900 W

Potencia Total = Potencia R1+ Potencia R2+ Potencia R3

Potencia Total = 900 W +600 W + 900 W

Potencia Total = 2400 W

$$I = \frac{\text{Potencia Total}}{V} = \frac{2400}{220} = 10.90 \text{ A.}$$

Niquelinas del Homogenizador:

Resistencia Homogenizador: 400 W

$$I = \frac{\text{Potencia homogenizador}}{V} = \frac{400}{220} = 1.81 \text{ A.}$$

Niquelinas de la Matriz:

Resistencia Matriz: 400 W

$$I = \frac{\text{Potencia homogenizador}}{V} = \frac{500}{220} = 2.27 \text{ A. (Boylestad, 2004)}$$

Corriente de la electrobomba:

Potencia= 13 W

V= 120 V

P= V * I

$$I = \frac{P}{V} = \frac{13}{110} = 0.118 \text{ A.}$$

Corriente de la motoreductor de enrollado:

Potencia = 13 W

V= 120 V

P= V * I

$$I = \frac{P}{V} = \frac{13}{110} = 0.118 \text{ A.}$$

Corriente del motor del husillo:

Potencias = 1492 W

V = 330 V

$P = V * I * \sqrt{3}$

$$I = \frac{P}{V\sqrt{3}} = \frac{1492}{330\sqrt{3}} = 2.61 \text{ A.}$$