



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA PID  
PARA MOLDEADORA DE PLÁSTICO PARA LA  
EMPRESA ENLIVEN, C.A**

Autor:  
Kevin Uzcategui

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA PID PARA MOLDEADORA DE  
PLÁSTICO PARA LA EMPRESA ENLIVEN, C.A**

Proyecto del Informe de Pasantías para optar al título de  
**INGENIERO ELECTRÓNICO**

Autor:

Kevin Uzcategui

C.I - 30.118.261

Tutor:

Msc. José Pérez Colón

C.I – 8.829.908

San Diego, Noviembre de 2023



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

### ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado: Sistema de Control de Temperatura PID para moldeadora de plástico para la empresa ENLIVEN C.A.

Realizado por el (la) Br.<sup>a</sup> Kevin J. Uzcátegui M.

C.I. N° 30118261 cursante de la carrera de Ing. Electrónica

hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

APROBADO

NO APROBADO

El Jurado

[Signature]  
Tutor Académico (Coordinador)  
Nombre: Wilmal Sanz  
C.I.: 7130496

[Signature]  
Jurado  
Nombre: Yndira Rodríguez  
C.I.: 11547002



16/11/23

[Signature]  
Jurado  
Nombre: Juan Ameglio  
C.I.: 19809202

Fecha 13 / 11 / 2023



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA

FI E 001 2023-ICR IP

Valencia, 04 de agosto de 2023

Ciudadano:  
UZCATEGUI MORENO, KEVIN JOSUE  
30.118.261  
Presente -

Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 11-2023 de fecha 13/06/2023 aprobó el proyecto de grado tipo informe de pasantías titulado:

**Sistema de control de temperatura PID para moldeadora de plástico para la empresa ENLIVEN, C.A,**

Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero en Electrónica.

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a:  
Ing. José Ramon Pérez Colon, titular de la cédula de identidad V- 8.829.908

Atentamente



  
**Dra. Laura Aurora Sáenz Palencia**  
Decana de la Facultad de Ingeniería

e.e. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN PÚBLICA  
DEL TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe, MSC. JOSE PEREZ COLÓN, portador de la cédula de identidad N° C.I - 8.829.908, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano KEVIN UZCATEGUI, portador de la cédula de identidad N° CI- 30.118.261 , titulado **SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA PID PARA MOLDEADORA DE PLÁSTICO PARA LA EMPRESA ENLIVEN, C.A** , presentado como requisito parcial para optar al título de INGENIERO ELECTRÓNICO, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 19 días del mes de Octubre del año dos mil veintitrés.

MSC. JOSÉ PÉREZ COLÓN

C.I:8.829.908

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente, tengo que agradecerle a Dios por permitirme llegar a cumplir esta meta, su tiempo es perfecto y le doy gracias por acompañarme en todo este trayecto y doy gracias por ello.

Agradezco a mi madre Odalys Moreno por ser un apoyo incondicional en este trayecto siendo ella mi pilar por ayudarme a levantarme cada vez que caía, por ser esa voz de fuerza y esa madre ejemplar, luchadora y trabajadora; por motivarme a ser mejor y nunca rendirme gracias Mamá.

A mi padre, Lewis Uzcategui por apoyarme a pesar de la distancia estando al tanto de mi progreso y ayudándome a poder cumplir con esta meta, gracias Papá.

A mi segundo padre, Ricardo Murcia por siempre estar allí orientándome y guiándome en este camino, por ser esa persona que me ha enseñado tanto en este trayecto para cumplir esta meta, por ayudarme y apoyarme en todo momento, gracias Papá.

Agradezco al profesor Ing. Wilmer Sanz por ser tan incondicional con sus estudiantes, por ser un gran guía en este trayecto y siempre estar allí cada vez que lo necesitamos, siendo el mejor director que la escuela de ingeniería electrónica y telecomunicaciones pudieran tener, gracias profesor.

A el profesor Ing. Wilfredo Mendoza por todos esos consejos y aprendizajes, por todas esas clases tan asertivas que imparte, por todos esos laboratorios tan interesantes, gracias por ser un gran profesor.

A el profesor Ing. Juan Ameglio por ser esa persona que me ha guiado en este mundo tan bonito de la automatización, por todas sus enseñanzas y consejos, gracias por ser ese gran profesor incondicional dispuesto ayudar en este trayecto.

A todos esos grandes profesores que se transformaron en un reto en algún punto a lo largo de este trayecto ya que me hicieron crecer en el ámbito de estudio y ser cada vez mejor y al no conformarme con lo que se, si no, ir más allá y nunca rendirme. ¡Gracias!

Agradezco a todas esas personas que estuvieron a lo largo de este camino apoyándome y siendo de gran motivación a seguir luchando por esta gran meta.

Por último, agradecerme el no rendirme a pesar de las adversidades, por levantarme de esas caídas que pensaba que no podía dar más, por ser fuerte, por ser paciente y por confiar en el proceso.

## **DEDICATORIA**

Primeramente, dedico este trabajo a Dios por ser el guía y acompañante en este camino.

Dedico este trabajo a mis padres por estar cada uno de ellos apoyándome en todo momento y asegurándose de poder lograr esta meta tan apreciada.

A todos mis familiares y amigos cercanos que estuvieron allí confiando en mi en todo el trayecto a lograr la meta.

## ÍNDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	<b>PP.</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>RESUMEN</b> .....	x
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
 <b>CAPÍTULO</b>	
<b>I. LA EMPRESA</b>	<b>2</b>
1.1 Descripción de la Empresa.....	2
1.1.1 Ubicación de la Empresa.....	2
1.1.2 Estructura Organizativa.....	3
1.1.3 Misión.....	3
1.2.4 Visión.....	3
1.2.5 Política de calidad.....	4
1.2 Descripción del departamento de confiabilidad de procesos.....	4
1.2.1 Estructura Organizativa del Departamento Confiabilidad de Procesos.	5
1.2.2 Objetivos del departamento de confiabilidad de procesos.....	5
1.2.3 Importancia del departamento de confiabilidad de procesos.....	6
<b>II. EL PROBLEMA</b>	<b>7</b>
2.1 Planteamiento del Problema.....	7
2.2 Formulación del Problema.....	8
2.3 Objetivos de la Investigación.....	8
2.3.1 Objetivo General.....	8

2.3.2	Objetivos Específicos.....	9
2.4	Justificación.....	9
2.5	Alcance .....	9
2.6	Limitaciones y/o Delimitaciones.....	9
<b>III.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>10</b>
3.1	Antecedentes.....	10
3.2	Teoría Central de la Investigación.....	12
3.3	Bases Teóricas.....	12
3.3.1.	Controlador de Temperatura.....	12
3.3.2.	Control de Temperatura.....	12
3.3.3.	Tipos de Controladores de Temperatura.....	12
3.3.4.	Molde de Inyección de Plástico.....	14
3.3.5.	Partes del molde.....	15
3.3.6.	Resistencia Eléctrica.....	15
3.3.7.	Sensor de Temperatura.....	15
3.3.8	Teoría del efecto termoelectrico.....	15
3.3.9	Termocupla tipo J.....	17
3.3.10	Controlador lógico programable (PLC).....	18
3.3.11	Interfaz-Hombre máquina (HMI).....	19
3.4	Bases Legales.....	20
3.4.1.	Código Eléctrico Nacional.....	20
3.4.2.	Normas.....	20
3.5	Definición de Términos.....	21

<b>IV. MARCO METODOLÓGICO</b>	22
4.1 Paradigma de la investigación.....	22
4.2 Tipo de Investigación.....	22
4.3 Diseño de la Investigación.....	23
4.4 Nivel de la investigación.....	23
4.5 Población y muestra.....	23
4.5.1 Población	23
4.5.2 Muestra	23
4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	23
4.6.1. Revisión Documental.....	24
4.6.2. Revisión bibliográfica.....	24
4.6.3 Observación directa.....	24
4.6.4 Fichas técnicas.....	25
4.6.5 Lista de Cotejo.....	25
4.7 Técnicas de análisis de resultados.....	25
4.8. Fases metodológicas.....	25
<b>V. RESULTADOS</b>	
5.1 Fase I “Diagnosticar el funcionamiento de control de temperatura que tenía la moldeadora de plástico anteriormente”.....	27
5.1.1 Control de temperatura.....	27
5.2. Fase II “Estudiar el proceso de moldeo y el comportamiento de la temperatura en el mismo”.....	31
5.2.1. Moldeadoras de plástico.....	31

5.2.2. Proceso de moldeo.....	31
5.2.3. Moldeo por Inyección.....	32
5.2.3.1. El Molde de Inyección.....	35
5.2.3.2. Co-Inyección y Bi-Inyección.....	36
5.2.3.3. Sobre-Moldeo.....	37
5.2.3.4. Moldeo por Compresión.....	37
5.2.3.5. Moldeo Rotacional.....	38
5.3. Fase III “Diseñar un control de temperatura para una moldeadora de plástico”.....	38
5.3.1. Selección del Controlador Lógico Programable.....	39
5.3.1.1. PLC FBS-24MCT.....	41
5.3.1.2. Tamaño del PLC FBS-24MCT.....	43
5.3.1.3. Ventajas del PLC FBS-24MCT.....	43
5.3.2. Módulos de expansión.....	43
5.3.2.1. Tarjeta de comunicación FBs-CBS5.....	44
5.3.2.2. Módulo de salidas analógicas FBS-4DA.....	45
5.3.2.3. Módulo de entradas analógicas FBs-6AD.....	47
5.3.2.4. Módulo de termocuplas FBs-16TC.....	49
5.3.3. Descripción de la programación.....	56
5.3.3.1. Como crear un proyecto en Winproladder.....	57
5.3.3.2. Configuración de hardware.....	58
5.3.3.3. Programación del control de temperatura PID para moldeadora de plástico para la empresa ENLIVEN, C.A....	66
5.3.3.4. Programación del HMI.....	82

5.4. Fase IV “Evaluación de la viabilidad económica, técnica y operativa de la propuesta” .....	86
5.4.1. Factibilidad económica.....	86
5.4.1.1. Costos.....	86
5.4.1.2. Presupuesto de personal.....	87
5.4.1.3. Viabilidad económica.....	88
5.4.2 Factibilidad operativa.....	89
5.4.3 Factibilidad técnica.....	89
CONCLUSIONES.....	90

**REFERENCIAS.....**

### ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>pp.</b>
---------------	--------------------	------------

1	Cronograma de Actividades.....	28
---	--------------------------------	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	DESCRIPCIÓN	pp.
1	Ubicación de la empresa ENLIVEN, C.A.....	2
2	Estructura Organizativa de la Empresa.....	3
3	Estructura Organizativa del Departamento.....	5
4	Controlador de PID.....	14
5	Termocupla tipo J.....	18
6	PLC.....	18
7	Placa del equipo anterior GAMMAFLUX.....	27
8	Vista frontal del equipo GAMMAFLUX.....	28
9	Botones de las diferentes zonas a controlar.....	28
10	Vista posterior del equipo GAMMAFLUX.....	29
11	Vista interna del equipo GAMMAFLUX.....	30
12	Moldeadora de plástico.....	31
13	Inyección del material.....	33
14	Sostenimiento.....	34
15	Enfriamiento.....	34
16	Expulsión.....	35
17	Diagrama molde de inyección.....	35

<b>18</b>	Co-inyección.....	36
<b>19</b>	Bi-inyección.....	36
<b>20</b>	Sobre-Moldeo.....	37
<b>21</b>	Esquema de moldeo por compresión.....	37
<b>22</b>	Esquema de Rotomoldeo.....	38
<b>23</b>	PLC FATEK.....	42
<b>24</b>	Tabla comparativa de PLC´s FATEK.....	42
<b>15</b>	Entradas y salidas del PLC FBS-24MCT.....	42
<b>26</b>	Medidas del PLC FBS-24MCT.....	43
<b>27</b>	Tarjeta de comunicación FBS-CBS5.....	44
<b>28</b>	Tabla de datos del Módulo de salidas analógicas FBS-4DA.....	46
<b>29</b>	Partes del módulo FBS-4DA.....	46
<b>30</b>	Conexiones del módulo FBS-4DA.....	47
<b>31</b>	Módulo FBS-6AD.....	48
<b>32</b>	Tabla de datos módulo FBS-6AD.....	48
<b>33</b>	Conexiones del módulo FBS-6AD.....	49
<b>34</b>	Vistas del módulo FBS-6AD.....	49
<b>35</b>	Tabla de datos módulo FBS-16TC.....	50
<b>36</b>	Módulo FBS-16TC.....	51
<b>37</b>	Conexiones del Módulo FBS-16TC.....	51
<b>38</b>	Añadir módulo.....	52
<b>39</b>	Añadir módulo FBS-16TC.....	52
<b>40</b>	Configuración de Modulo FBS-16TC.....	53
<b>41</b>	Tabla de configuración de temperatura.....	55

<b>42</b>	Registros de trabajo del módulo FBS-16TC.....	55
<b>43</b>	Creación de proyecto en Winproladder.....	57
<b>44</b>	Selección del PLC a trabajar.....	58
<b>45</b>	Pantalla inicial en Winproladder.....	58
<b>46</b>	Añadir módulos de expansión.....	59
<b>47</b>	Selección del módulo de expansión FBS-6AD.....	60
<b>48</b>	Configuración del módulo FBS-6AD.....	61
<b>49</b>	Tabla de señales de entradas para el FBS-6AD.....	62
<b>50</b>	Tabla de configuración de jumpers FBS-6AD.....	62
<b>51</b>	Tabla de configuración de jumpers FBS-6AD.....	63
<b>52</b>	Selección del módulo de expansión FBS-4DA.....	64
<b>53</b>	Tabla de configuración de jumpers FBS-4DA.....	65
<b>54</b>	Tabla de configuración de jumpers FBS-4DA.....	65
<b>55</b>	FUN86.....	66
<b>56</b>	Expresión matemática PID digitalizada de FUN86.....	67
<b>57</b>	Respuesta del sistema.....	73
<b>58</b>	Función de transferencia.....	74
<b>59</b>	Respuesta a lazo cerrado PID.....	75
<b>60</b>	Start de automático y manual.....	76
<b>61</b>	FUN86 de resistencias de bebedero.....	77
<b>62</b>	FUN86 de resistencias de trisetas.....	77
<b>63</b>	FUN86 de resistencias de cavidades.....	77
<b>64</b>	Encendido leds de advertencia.....	78
<b>65</b>	Control de zonas que necesiten PID.....	79

<b>66</b>	Configuración de temperatura más alta permitida.....	79
<b>67</b>	Configuración Error permitido de zona 1 a zona 4.....	80
<b>68</b>	Configuración Error permitido de zona 5 a zona 12.....	80
<b>69</b>	Adición de tabla de registro.....	81
<b>70</b>	Configuración tabla de registros.....	82
<b>71</b>	Nuevo proyecto EasyBuilder.....	83
<b>72</b>	Configuración de pantalla.....	84
<b>73</b>	Pantalla de inicio.....	84
<b>74</b>	Pantalla principal del HMI del proceso.....	85
<b>75</b>	Pantalla de control de la zonas.....	86
<b>76</b>	Cotización GAMMAFLUX LEC 12 zonas.....	88



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA PID PARA MOLDEADORA DE  
PLÁSTICO PARA LA EMPRESA ENLIVEN, C.A**

Autor: Kevin Uzcategui  
Tutor: Msc. José Pérez Colón  
**Fecha:** junio 2023

**RESUMEN**

Los sistemas de control de temperatura han sido de suma importancia desde que aparecieron los procesos industriales, ya que con estos se pretende optimizar el proceso y tener un control de calidad más grande. A medida que pasa el tiempo estas tecnologías mejoran con nuevos métodos y nuevas técnicas que integran todo lo necesario para tener un buen control de temperatura y llegar a la máxima calidad del proceso. Por ende, en la presente investigación se enfocará en diseño de un sistema de control de temperatura para una máquina moldeadora para la empresa ENLIVEN, C.A, donde se estarán realizando diagnósticos al sistema anterior y se evaluarán todos los puntos necesarios del funcionamiento al momento de moldear el producto, evaluaremos cada fase del proceso y cómo se comporta la temperatura en el mismo. Este diseño será una propuesta para que la empresa ENLIVEN, C.A pueda recuperar un sistema de control temperatura, el cual se usa en ciertos moldes y así tener una actualización del mismo para tener una mejor calidad de sus productos al tener un control de la temperatura al momento de moldeo. Metodológicamente la tesis está enmarcada en un tipo de proyecto factible sustentado en un diseño de campo y documental con un nivel descriptivo. Asimismo, está inscrita dentro de la línea de investigación ciencias cognitivas y tecnológicas.

**Descriptor:** Control, temperatura, calidad, PID

## INTRODUCCIÓN

Un sistema de control de temperatura PID permite mantener una temperatura constante en los diferentes puntos críticos del proceso de moldeo, lo cual garantiza la calidad y la eficiencia en la producción. Además, el control de temperatura es crucial en la industria del plástico ya que una temperatura inadecuada puede generar defectos en los productos, aumentar el tiempo de producción e incluso llegar a afectar la maquinaria utilizada en el proceso. Con un sistema de control de temperatura PID, se pueden evitar estos problemas y lograr una producción más eficiente y de mayor calidad.

La industria del plástico debe mantener una temperatura adecuada para garantizar la calidad y la eficiencia en la producción. En este contexto, surge la necesidad de implementar un sistema de control de temperatura que permita optimizar el proceso de moldeo en la empresa ENLIVEN, C.A. La presente tesis tiene como objetivo desarrollar un sistema de control de temperatura PID para la moldeadora de plástico de la empresa ENLIVEN, C.A. Este sistema permitirá controlar y mantener la temperatura en los diferentes puntos críticos del proceso de moldeo, mejorando tanto la calidad del producto final como la eficiencia en la producción.

El presente proyecto, se desenvuelve en los siguientes capítulos:

- ✓ Capítulo I: En este capítulo se describe las funciones de la empresa, su nivel organizativo, mencionando sus políticas de calidad, misión, visión y su forma de trabajo.
- ✓ Capítulo II: Esta es la pregunta principal para el desarrollo del proyecto, además del enunciado que define los objetivos generales y otros objetivos específicos que definirán la investigación, y finalmente la justificación de la solución indicada, sus limitaciones y la actualidad. alcance.
- ✓ Capítulo III: Esta sección es una introducción al estudio, también contiene el marco teórico del proyecto, la definición legal de la propuesta de implementación y la terminología básica que se utilizará a lo largo del proceso de desarrollo.
- ✓ Capítulo IV: Este capítulo define métodos en términos de tipo de investigación, diseño, paradigma y nivel de investigación, además de comprender la población y el diseño de muestreo, métodos y herramientas de recopilación y análisis de datos, las fases del método a desarrollar y las variables a utilizar.
- ✓ Capítulo V: Finalmente, se conocerán los recursos humanos a utilizar, los recursos institucionales y materiales y las actividades previstas en el plan

# CAPÍTULO I

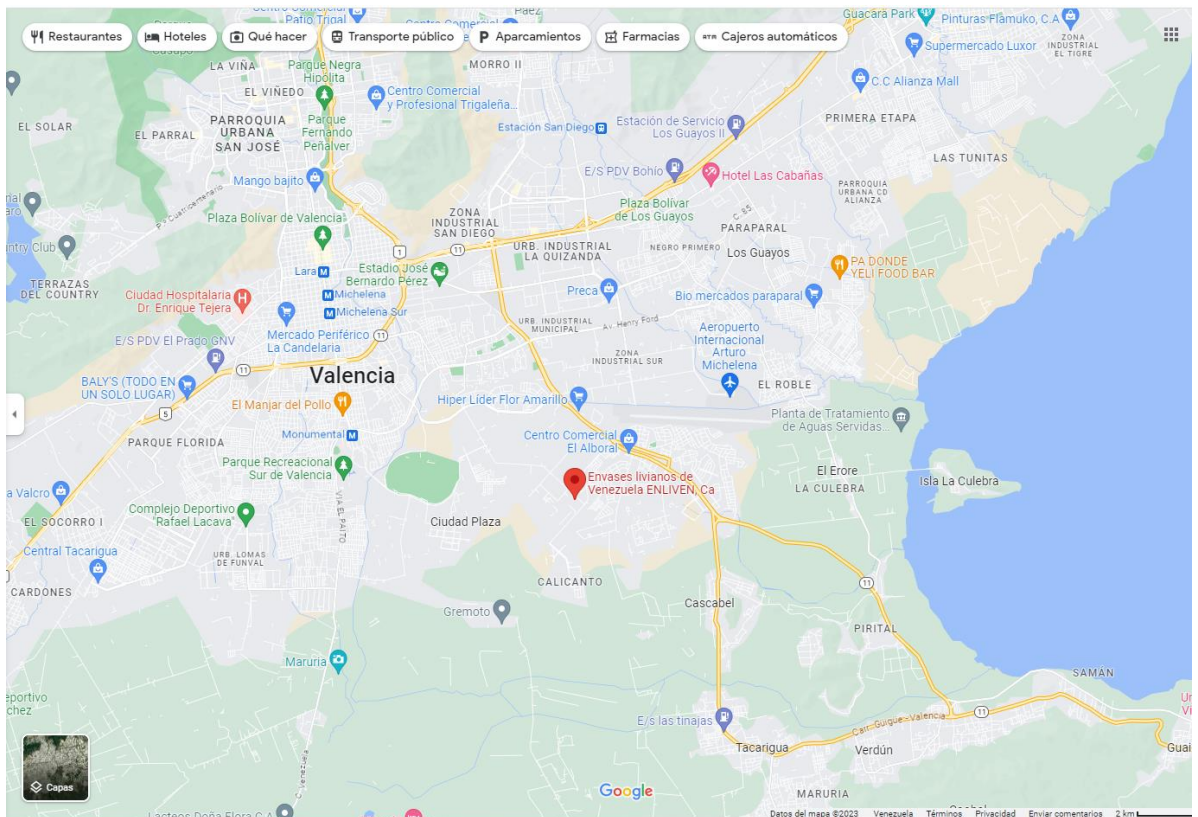
## LA EMPRESA

### 1.1. Descripción de la empresa

Envases livianos de Venezuela, ENLIVEN, C.A. es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de productos plásticos mediante inyección e impresión con un alto nivel de tecnología, servicios y calidad, comprometidos a:

#### 1.1.1. Ubicación

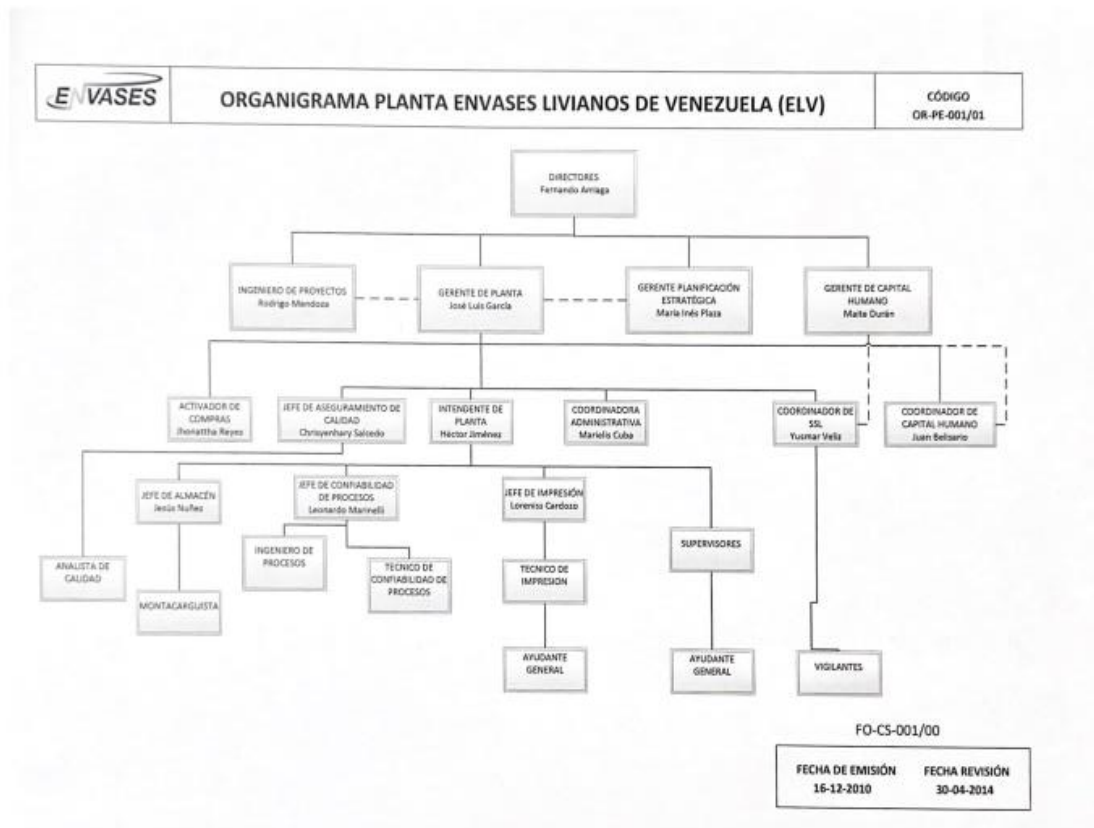
La Empresa ENLIVEN, C.A. Se encuentra ubicada en la Urb. Industrial El Recreo, calle C con D, Galpón I-113, Sector Flor Amarillo, Valencia, estado Carabobo.



**Figura 1.** Ubicación de la empresa ENLIVEN, C.A

Fuente: Google Maps

## 1.1.2. Estructura Organizativa de la empresa



**Figura 2.** Estructura Organizativa de la Empresa

Fuente: ENLIVEN, C.A.

## 1.1.3. Misión

Servir a nuestros clientes con soluciones integrales de empaques, superando sus expectativas, las de nuestro personal y accionistas; a través de un proceso de mejoramiento continuo, innovación y tecnología.

## 1.1.4. Visión

Consolidados y reconocidos por la variedad de productos confiables en los mercados que atendemos, logrado a través de un excelente servicio al cliente.

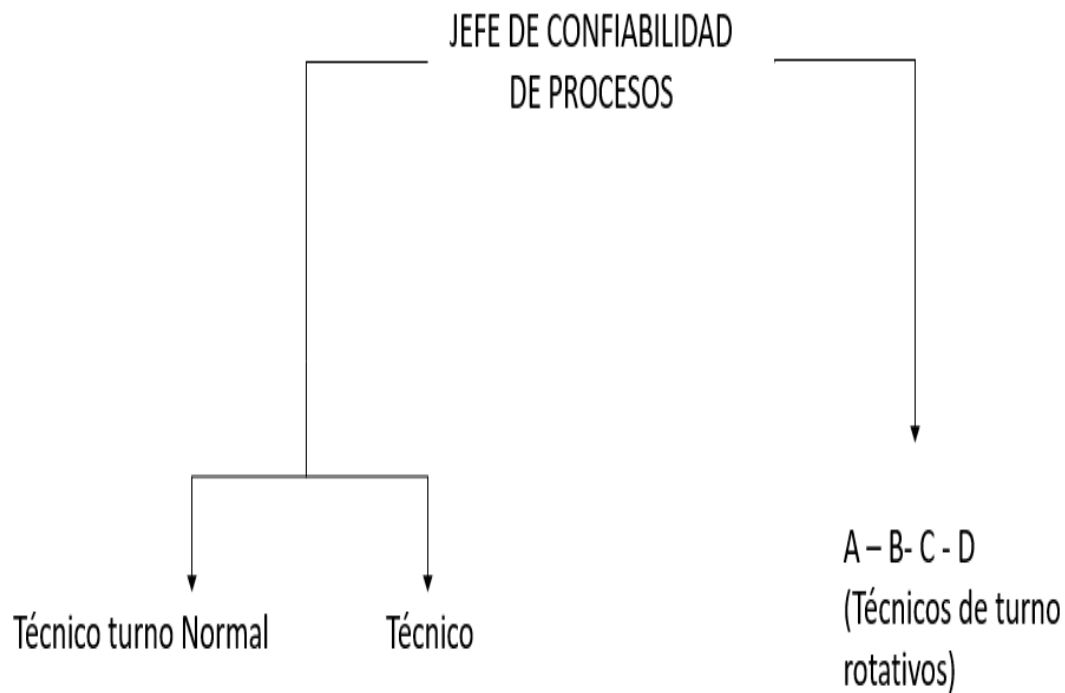
### **1.1.5. Política de Calidad**

- Prevenir accidentes de trabajo, enfermedades ocupacionales e incidentes relacionados a la naturaleza de los peligros y riesgos de sus operaciones y servicios.
- Eliminar los Peligros y reducir los riesgos que pueden afectar la salud de los trabajadores o trabajadoras.
- Asegurar el estricto cumplimiento de leyes, reglamentos, normas y procedimientos relacionados con la Seguridad y Salud en el trabajo.
- Garantizar que las trabajadoras y a los trabajadores, Delegadas y Delegados de Prevención y Sindicato, sean consultados y participen activamente en la Gestión de Seguridad y Salud.
- Asegurar que los recursos necesarios para establecer, mantener, y mejorar la Gestión de Seguridad y Salud estén disponibles.
- Mejorar continuamente la Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo para garantizar condiciones de trabajo seguras y saludables.
- Revisar periódicamente esta política, comunicarla y mantenerla disponible a todas las partes interesadas.

### **1.2. Procesos Descripción del Departamento Confabilidad de**

Este departamento se encarga del cuidado y mantenimiento de todos los equipos involucrados en los procesos de producción, igualmente todos los equipos que se utilizan para los distintos servicios como lo son agua, aire y electricidad.

### 1.2.1. Estructura Organizativa del Departamento Confiabilidad de Procesos



**Figura 3.** Estructura Organizativa del Departamento

Fuente: Empresa ENLIVEN, C.A.

### 1.2.2 Objetivos del departamento de confiabilidad de procesos

- Cumplimiento de todos los problemas que se puedan presentar en planta
- Asegurarse que todos los equipos estén con su mantenimiento al día
- Llevar un control de los cambios que se realizan a los moldes a medida de su uso
- Realizar inventario de los equipos y materiales que se tienen en el departamento
- Tener todos los datos técnicos de los equipos y moldes que se tienen en uso
- Realizar un seguimiento de todos los equipos para que estén en buen funcionamiento

### **1.2.2 Importancia del departamento de confiabilidad de procesos**

Este departamento es esencial para el funcionamiento de todas las actividades realizadas en la empresa ya que se encarga de mantener al día todos los equipos y servicios necesarios para llevar a cabo los procesos de producción de envases de plásticos que se realizan.

En el departamento se gestionan por diferentes turnos ya que este está activo las 24 horas del día, debido a que su producción no para este tendrá que resolver cualquier inconveniente que se presente a lo largo de la jornada, por eso la importancia tan grande del mismo de no tener fallas al momento de actuar y ser los más eficaces posibles al resolver los problemas.

## **CAPÍTULO II**

### **EL PROBLEMA**

Tal como lo expresa Bauce (2007) el problema de toda investigación deberá consistir en la narración de una situación previamente observada, sumándole una descripción detallada de los distintos factores que están interviniendo en dicha situación y, finalmente terminar en una o varias interrogantes a las cuales se trata de dar respuesta una vez finalizada la investigación y se obtengan los resultados que, serán provistos por los elementos que conforman una muestra o grupo de estudio. Dicho de otra forma, el planteamiento del problema debe tratar el fenómeno en cuestión, abordando desde una perspectiva universal o general, luego en un plano particular, y finalmente ubicarlo en el plano específico; así se logrará incorporar todos los aspectos que se suponen están afectando o produciendo la situación planteada.

#### **2.1. Planteamiento del problema**

Los sistemas de control de temperatura han sido imprescindibles en muchos procesos en la industria, ya que estos dan un mejor manejo, control y calidad al proceso que se esté llevando a cabo. Este control de temperatura se puede realizar de diferentes maneras ya que a medida que avanza la tecnología se encuentran nuevas formas de controlar dichas temperaturas donde dependiendo el proceso en el que se encuentre resultara más conveniente una u otra, ya que estas tienen diferente precisión y manera de ajustar la temperatura.

Un control de temperatura se caracteriza por tener como entrada una señal proveniente de una termocupla, pt100, entre otras; y a su vez de tener una salida conectada a un instrumento de control. Estos controladores se basan en un sistema de control el cual se escoge dependiendo del proceso que se esté sometiendo ya que a partir de allí es que se va a determinar el sistema de control a utilizar ya que su participación constante y continua es necesaria.

En América Latina a lo largo del tiempo se han implementado más y más moldeadoras de plástico donde su funcionamiento se basa en controles de temperaturas como los que mencionamos anteriormente y estos se volvieron indispensables para las empresas que trabajan con plástico ya que estas se dieron cuenta la efectividad que trae este sistema a nivel de producción ya que al poder tener el control de la temperatura en todo momento del proceso se puede ajustar para que este lo más eficiente posible y la máquina trabaje sin ningún inconveniente pudiendo observar en el controlador todos los cambios de temperatura que ocurren en el molde y modificarlos en cualquier momento.

En Venezuela se podido ver el incremento de empresas con este sistema de moldes de plástico con control de temperatura, como en empresas que llevan años en el mercado y van renovando su tecnologías, como también otras nuevas que están entrando y usan este sistema, ya que se ven beneficiados por su gran calidad de control y su eficiencia al momento de producción se refiere y esto solo se consigue si se tiene un buen control de temperatura al momento de realizar el producto ya que no todos los productos requieren de la misma temperatura, estos varían si su viscosidad y peso dependiendo a qué temperatura se encuentre por eso es importante tener en este tipo de industria un controlador en el que se pueda manipular con bastante facilidad y nos de la libertad de hacer esas correcciones que se puedan presentar en el proceso.

Al analizar la problemática que trae un control de temperatura vemos que en la empresa Enliven, C.A es una empresa encargada de producir diferentes envases plásticos los cuales se realizan por máquinas de inyección de plásticos que entran a una moldeadora, donde en ella está el diseño del producto a realizar, todas estas máquinas de inyección de plástico tienen diferentes moldes donde cada uno es un producto distinto. Este proceso de moldeo del producto funciona a través de un control de temperatura que se tiene que llevar a cabo dentro del molde ya que dentro de él hay diferentes resistencias que se calientan para que el plástico pueda tomar la forma que se desea.

Conociendo el funcionamiento de las máquinas se llegó al punto de lo importante que es tener un buen control de temperatura al momento de realizar este proceso ya que es lo más indispensable para que salga todo correcto y sin ningún tipo de detalle los productos. Por lo que la empresa nos comentó que quieren reactivar un molde el cual no estaba en funcionamiento porque se les había dañado el sistema de control de temperatura del mismo, lo cual ocasionó una parada de dicho producto.

## **2.2. Formulación del problema**

Siguiendo lo antes expuesto, se ha considerado la siguiente interrogante: ¿Cuál sería una propuesta viable para un sistema de control de temperatura para una moldeadora de plástico para la empresa Enliven, C.A.?

## **2.3. Objetivos de la Investigación**

### **2.3.1. Objetivo General**

Proponer un sistema de control de temperatura PID para una moldeadora de plástico para la empresa Enliven, C.A.

### **2.3.2. Objetivos Específicos**

- Diagnosticar el funcionamiento de control de temperatura que tenía la moldeadora de plástico anteriormente.
- Estudiar el proceso de moldeo y el comportamiento de la temperatura en el mismo.
- Diseñar un control de temperatura para una moldeadora de plástico.
- Evaluar la viabilidad económica, técnica, y operativa de la propuesta.

### **2.4. Justificación de la investigación**

La propuesta que se desea realizar es para solucionarle a un problema que tiene la empresa Enliven, C.A ya que tienen un producto parado a la falta de un control de temperatura para su moldeadora, lo cual es importante ya que sin el control adecuado no se tendrán márgenes de calidad del producto y no será lo más eficiente posible.

Tomando en cuenta que la precisión que tienen que tener este tipo de procesos tiene que ser muy buena para que pueda ser totalmente óptimo el proceso, se observaría que una propuesta de diseño de control de temperatura podría solucionar esos inconvenientes y se tendría una mejora en la calidad de productos ya que estaríamos contando con un sistema el cual controla la temperatura y se ajuste cada vez que esta varíe de nuestro setpoint y así poder disminuir la cantidad de desperdicios no deseados y teniendo uniformidad en todo el proceso.

### **2.5. Alcance**

Se realizará una propuesta para la empresa ENLIVEN, C.A, donde se tendrá un control de temperatura para un molde de inyección de plástico el cual tendrá un nuevo diseño reemplazando el controlador anterior. Teniendo un mejor manejo del control de temperatura del proceso de inyectado se le dará un mejor uso llevando mejor calidad y teniendo un control intuitivo del equipo.

### **2.6. Limitaciones**

Una de las mayores limitantes es el hecho de que si se llegara a implementar la propuesta sería necesaria la compra de ciertos dispositivos necesarios para hacer el sistema de control el cual se tendría que importar del exterior, lo que alargaría el tiempo de aplicación de proyecto a desarrollar. Por otra parte, se tomará tiempo el capacitar al personal designado a manejar y controlar el equipo.

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO

Tal como lo expresa Daros W. (2002), así como el marco encuadra una pintura, la ubica, la contiene, le da un centro, la hace relevante, de manera similar el marco teórico es lo que encuadra, contiene, ubica y hace relevante el sentido del problema. Una teoría, en cuanto permite describir, comprender, explicar e interpretar los problemas, les da a los mismos un marco. Para atender las exigencias antes descritas, el marco teórico debe facilitar la descripción del problema, y si se encuentra bien estructurado, será capaz de explicar problemas similares, suponiendo el hecho de que estos posean las mismas leyes, principios o causas.

#### **3.1. Antecedentes**

El presente capítulo hace referencia al marco teórico, donde se realiza la recopilación de una serie de autores que guardan relación con la temática que se emplea ejecutar, enfocado en los siguientes aspectos: antecedentes de la investigación, bases teóricas bases legales, y definición de términos. teniendo como finalidad, destacar el contenido teórico que soporta esta dicha temática. Conllevando así, a una identificación de fuentes primarias y secundarias, mediante el cual, se podrá investigar y diseñar la propuesta.

Primeramente, se cuenta con el trabajo de grado presentado por Kamal y León (2021) que lleva por título **“Diseño de un prototipo electrónico para la medición de las variables de temperatura de hornos de fundición, y velocidad e intensidad de los cilindros en la línea iv de colada continua en cvg alucasa.”**. Elaborado en la Universidad José Antonio Páez de San Diego, estado Carabobo, para optar al título de Ingeniero Electrónico. Teniendo como objetivo principal Diseñar un prototipo electrónico para la medición de las variables de temperatura de los hornos de fundición, y velocidad e intensidad de los cilindros en la línea IV de colada continua en CVG Alucasa.

Mediante el diseño de un prototipo electrónico para medición de las variables de temperatura de hornos de fundición y retención, y de la velocidad de rotación e intensidad de línea de los motores de los dos cilindros de laminación, y el del enrollador en la línea IV de colada continua, se busca encontrar una solución al problema que afronta la línea de producción en CVG Alucasa, con la finalidad de sustituir los equipos actuales de monitoreo de las variables mencionadas, al ser obsoletos.

Por otra parte; Reyes (2022) en su trabajo de grado elaborado en la Universidad José Antonio Páez, para optar al título de Ingeniero Electrónico denominado **“Propuesta de diseño de un sistema de control de temperatura para hornos industriales de resistencia”**, el cual

se basa en proponer el diseño de un sistema de control de temperatura para hornos industriales de resistencia. Esta investigación tiene como propósito aportar fundamentos teóricos que permitan diseñar un sistema de control de temperatura para hornos industriales de resistencia, debido a que estos equipos permitirán el control de la temperatura a través de un modelo matemático PID.

Desde el punto de vista técnico el diseño se realizó para un sistema de control y automatización de horno industrial de resistencia que consta con sensores de temperatura y un PLC Siemens S7-300. El diseño del sistema aprovecha todas las ventajas de la tecnología disponible con el fin de optimizar los niveles de producción del horno según sea los parámetros de calidad del producto.

Ahora bien; Arellano y Gómez (2018) en su tesis hablan de **“Diseño de un sistema de control de temperatura y humedad relativa, basado en pid en un ambiente cerrado con fines agrícolas”**, elaborado en la Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú. El objetivo general es diseñar un sistema de control PID para generar y mantener condiciones de temperatura y humedad relativa para un ambiente cerrado para el proceso de germinación de productos agrícolas.

El diseño del controlador permitirá otorgar condiciones de temperatura y humedad permitiendo un mejor desempeño del producto agrícola sin la intervención del usuario en el control de estas condiciones; poner a prueba la nueva tecnología aplicada sobre los productos agrícolas, otorgando mediante el control un ambiente adecuado que propicie las condiciones necesarias para el desarrollo de las semillas y también se pretende ofrecer un aporte tecnológico fácil de implementar para el levantamiento de información de un adecuado desarrollo de productos.

Allí mismo en Perú también se tiene que; Herrera (2019) donde el trabajo de investigación se realizó en la Universidad Tecnológica del Perú que lleva por nombre **“Diseño de un sistema automático de control y registro de temperatura para el proceso de pasteurización de la industria alimentaria”**. Tiene como objeto principal diseñar un sistema de control y registro de temperatura, para el proceso de fabricación de alimentos líquidos, que permita optimizar la producción para cumplir con los estándares de comercialización.

Existe la necesidad de automatizar los procesos como la pasteurización mediante un sistema de registro y monitoreo. La información se obtendrá en tiempo real y en históricos del estado en que el producto se encuentra en la etapa final y crítico del proceso. Es por esto por

lo que se da énfasis al correcto registro y control del proceso, y así tener datos auditables para la certificación, confiabilidad y comercialización del producto final.

## **3.2. Teoría Central de la Investigación: Teoría de Control**

### **3.3. Bases teóricas**

#### **3.3.1. Controlador de temperatura:**

Un controlador de temperatura es un instrumento usado para el control de la temperatura. El controlador de temperatura tiene una entrada procedente de un sensor de temperatura y tiene una salida que está conectada a un elemento de control tal como un calentador o ventilador.

#### **3.3.2. Control de temperatura:**

El control de temperatura es un proceso en el cual el cambio de temperatura de un espacio, o de una sustancia, se mide o se detecta de otra manera, y el paso de energía térmica dentro o fuera del espacio o sustancia se ajusta para lograr una temperatura deseada.

#### **3.3.3. Controladores de temperatura:**

##### **✓ Regulación de encendido y apagado**

Un controlador de encendido y apagado es la forma más sencilla de un dispositivo de control de temperatura. La salida del dispositivo está ya sea encendida o apagada, sin estado intermedio. Un controlador de encendido y apagado conmutará la salida sólo cuando la temperatura cruce el punto de ajuste. Para la regulación de calentamiento la salida está encendida cuando la temperatura está por debajo del punto de ajuste, y apagada por encima del punto de ajuste.

Puesto que la temperatura cruza el punto de ajuste para cambiar el estado de la salida, la temperatura de proceso estará en un ciclo continuo e irá de debajo del punto de ajuste hacia arriba, y volverá a estar debajo. En casos en los que esté ciclado ocurra rápidamente, y para evitar daños a contactores y válvulas, se agrega a las operaciones del controlador un diferencial de encendido-apagado, o "histéresis". Este diferencial requiere que la temperatura se aleje del punto de ajuste en una cierta cantidad antes de que la salida se encienda o se apague otra vez.

El diferencial de encendido y apagado impide que la salida haga "alharaca" o haga conmutaciones rápidas y continuas si los ciclos por encima y debajo del punto de ajuste ocurren muy rápidamente. La regulación de encendido y apagado normalmente se usa cuando no es necesaria una regulación precisa, en sistemas que no pueden manejar que la energía se encienda y apague frecuentemente, en los que la masa del sistema es tan grande que las temperaturas cambian de manera extremadamente lenta, o para una alarma de temperatura.

### ✓ **Control Proporcional**

Los controles proporcionales están diseñados para eliminar los ciclos relacionados con la regulación de encendido y apagado. Un controlador proporcional disminuye la potencia promedio que se suministra al calentador a medida que la temperatura se aproxima al punto de ajuste. Esto tiene el efecto de frenar el calentador de modo que no tenga un sobre impulso más allá del punto de ajuste, sino que se aproximaba al punto de ajuste y mantendrá una temperatura estable.

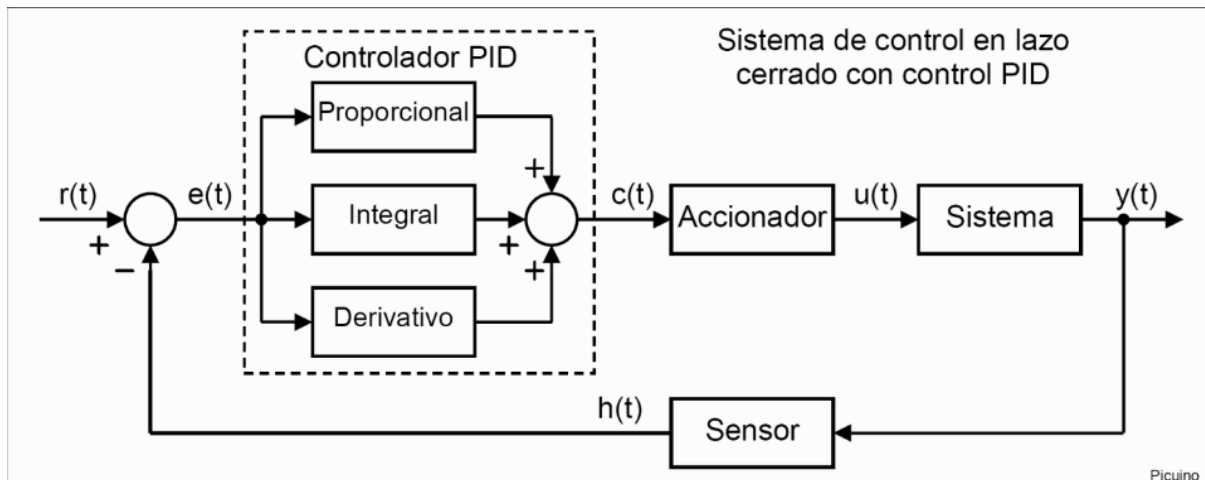
Esta acción de proporcionamiento se puede lograr al encender y apagar la salida por intervalos cortos. Este "proporcionamiento de tiempo" varía la relación tiempo "encendido" a tiempo "apagado" para regular la temperatura. La acción de proporcionamiento ocurre dentro de una "banda de proporcionamiento" alrededor de la temperatura del punto de ajuste. Fuera de esta banda, el controlador funciona como una unidad de encendido y apagado, con la salida bien en completamente encendido (debajo de la banda) o completamente apagado (encima de la banda). Sin embargo, dentro de la banda, la salida se enciende y apaga en la relación de la diferencia de medida de la banda.

### ✓ **Controlador de temperatura PID:**

Este ofrece una combinación del proporcional con control integral y derivativo. De hecho, las siglas PID hacen referencia a un control Proporcional Integral Derivativo. Un controlador de temperatura PID combina el control proporcional con dos ajustes adicionales, que ayuda a la unidad automáticamente a compensar los cambios en el sistema. Estos ajustes, integral y derivativo, se expresan en unidades basadas en el tiempo, también se les nombra por sus recíprocos, RATE y RESET, respectivamente. Los términos proporcional, integral y derivativo se deben ajustar de manera individual mediante el método prueba y error. (Ver Figura 3)

El regulador proporciona el control más preciso y estable de los tres tipos de controladores, y se utiliza comúnmente en sistemas que tienen una masa relativamente pequeña, que son aquellos que reaccionan rápidamente a cambios en la energía añadida al proceso. Se recomienda en sistemas en los que la carga cambia a menudo y no se espera que el controlador lo compense automáticamente, debido a los frecuentes cambios en el punto de referencia, la cantidad de energía disponible, o la masa a controlar. El control PID es un sistema de control de retroalimentación que se basa en el error entre el punto de ajuste y el valor del proceso. Cuando ocurre una perturbación externa que aumenta el error, el controlador PID

interviene e intenta llevar el error a cero. Esto funciona bien para perturbaciones en magnitudes más altas.



**Figura 4.** Controlador PID

Fuente: Controlador PID (s.f.)

### 3.3.4. Molde de inyección de plástico:

Uno de los ejes principales de la industria del plástico a nivel global es el uso de un molde de inyección, el cual, permite que el producto final sea estandarizado y fácil de producir en masa. El moldeo por inyección es un proceso de fabricación utilizando moldes. Los materiales como las resinas sintéticas (plásticos) se calientan y se funden, y luego se envían al molde, donde se enfrían para formar la forma diseñada.

Debido al parecido con el proceso de inyectar fluidos con una jeringa, este proceso se denomina moldeo por inyección. El moldeo por inyección es perfecto para la elaboración de altos volúmenes de producción con una excelente calidad. Para lograr esto, es indispensable un molde de buenas cualidades, con una elaboración muy precisa, y duración aceptable. Los dos pasos más importantes en la producción de una pieza plástica son el diseño de la pieza y el diseño del molde.

El tipo de molde a elegir, para una pieza viene determinado esencialmente por consideraciones sobre el diseño del mismo. Con el moldeo por inyección, las piezas de formas diversas, incluidas aquellas con formas complejas, se pueden fabricar de forma continua y rápida, en grandes volúmenes. Por lo tanto, el moldeo por inyección se utiliza para fabricar materias primas y productos en una amplia gama de industrias. La principal tarea del molde de inyección es recibir y distribuir el material plástico fundido, para ser formado, enfriado y posteriormente expulsar la parte moldeada.

### **3.3.5. Partes del molde:**

#### **✓ Bebedero**

Es la primera parte por donde entra el plástico inyectado, esta cumple la función de calentar a cierta temperatura el plástico para la siguiente etapa.

#### **✓ Crucetas**

Es la segunda parte por donde pasa el plástico inyectado y esta tiene una forma de x el cual va en el medio del molde.

#### **✓ Boquilla**

Es la última etapa por donde pasa el plástico donde se calienta para finalmente pasar al molde y dar forma final al producto a elaborar.

### **3.3.6. Resistencia eléctrica**

La resistencia es una medida de la oposición al flujo de corriente en un circuito eléctrico. Esta se mide en ohmios, que se simbolizan con la letra griega omega ( $\Omega$ ). Cuanto mayor sea la resistencia, menor será el flujo de corriente. Todos los conductores emiten cierto grado de calor, por lo que el sobrecalentamiento es un problema que a menudo se asocia con la resistencia. Cuanto menor sea la resistencia, mayor será el flujo de corriente. Causas posibles: aisladores dañados por la humedad o un sobrecalentamiento.

### **3.3.7. Sensor de Temperatura**

Los sensores de temperatura pueden adoptar muchas formas. En la mayoría de las aplicaciones industriales y comerciales el actual elemento sensor está dentro de una funda sellada de acero inoxidable unido a una cabeza ensamblada con forma de tornillos para unir con cable el sensor al aparato a medir. La cabeza del sensor puede también contener electrónica para interconectar el sensor al sistema de medida, por ejemplo, un transmisor de 4-20mA.

Para algunas aplicaciones es más práctico el uso de sensores sin funda. Esto se aplica particularmente para sensores muy robustos tales como los termopares. Las ventajas que incluyen son una respuesta más rápida, menor tamaño y menor coste. Cuando se están midiendo temperaturas muy altas por encima de 600°C, a menudo el material de la funda empieza a ser crítico. Este se elige para su tolerancia química en el medio que se está midiendo y sus efectos contaminantes sobre el elemento sensor.

### **3.3.8 Teoría del efecto termoelectrico**

El efecto termoelectrico es la conversión directa de la diferencia de temperatura a voltaje eléctrico y viceversa. Un dispositivo termoelectrico crea un voltaje cuando dos metales unidos en dos lugares poseen una diferencia de temperatura entre las uniones.

El efecto termoeléctrico se puede usar para generar electricidad, medir temperatura, enfriar, calentar o cocinar objetos. Dispositivos termoeléctricos producen controladores de temperatura muy convenientes ya que la dirección de calentamiento o enfriamiento es determinada por el signo del voltaje aplicado. Tradicionalmente, el término efecto termoeléctrico abarca tres efectos identificados separadamente, el efecto Seebeck, el efecto Peltier, y el efecto Thomson.

- **EFEECTO SEEBECK**

El efecto Seebeck es la conversión de diferencias de temperatura directamente a electricidad. El efecto Seebeck se usa comúnmente en dispositivos llamados termopar que están hechos de un acople o unión de materiales, generalmente metales, con la función de medir una diferencia de temperatura directamente o una temperatura absoluta colocando un extremo a una temperatura conocida. Una sonda metálica mantenida a una temperatura constante en contacto con un segundo metal de composición desconocida puede clasificarse por este efecto termoeléctrico.

- **EFEECTO PELTIER**

El efecto Peltier es una propiedad termoeléctrica descubierta en 1834 por Jean Peltier. El efecto Peltier hace referencia a la creación de una diferencia de temperatura debida a un voltaje eléctrico. Sucede cuando una corriente se hace pasar por dos metales o semiconductores conectados por dos “junturas de Peltier”. La corriente propicia una transferencia de calor de una juntura a la otra: una se enfría en tanto que otra se calienta. Este efecto es utilizado para la refrigeración termoeléctrica.

Una manera para entender cómo es que este efecto enfría una juntura es notar que cuando los electrones fluyen de una región de alta densidad a una de baja densidad, se expanden (de la manera en que lo hace un gas ideal) y se enfría la región.

Un aspecto interesante de este efecto es que la dirección de transferencia de calor es controlada por la polaridad de la corriente; invertir la polaridad cambiará la dirección de transferencia y así el signo del calor absorbido/producido.

- **EFEECTO THOMSON**

El efecto Thomson fue predicho y luego observado experimentalmente por William Thomson (Lord Kelvin) en 1851. Describe el calentamiento o enfriamiento de un conductor portador de corriente con un gradiente de temperatura.

Algún conductor portador de corriente (excepto para superconductor), con una diferencia de temperatura en dos puntos, o bien absorberá o emitirá calor, según el material.

En metales como zinc y cobre, que tienen un extremo caliente a mayor potencial y un extremo frío a menor potencial, cuando la corriente se mueve de un extremo caliente al extremo frío, se mueve de un alto a un bajo potencial, hay una producción de calor. A esto se le llama EFECTO THOMSON POSITIVO. Por el contrario, en metales como cobalto, níquel y hierro, que tienen un extremo frío a mayor potencial y un extremo caliente a menor potencial, cuando la corriente se mueve de un bajo a un alto potencial, hay una absorción de calor. A esto se le conoce como EFECTO THOMSON NEGATIVO.

### **3.3.9. Termocupla tipo J**

El termocupla (también llamado termocupla) es uno de los sensores más importantes utilizados en la medición de temperatura en los más variados segmentos industriales. Son sensores de temperatura simples, robustos y de bajo costo utilizados en los más variados procesos, ya que su capacidad de medición se puede aplicar a un amplio rango de temperatura. Las termocuplas son los sensores más adecuados para medir temperaturas de unas pocas decenas negativas a miles de grados Celsius. Son los sensores de temperatura más utilizados en el mundo. (Ver Figura 4)

Consiste en dos metales distintos, unidos en sus extremos y conectados a un termómetro termopar u otro dispositivo capaz de termopar, forman un circuito cerrado que genera una fuerza electromotriz cuando las dos juntas ( $T_1$  y  $T_2$ ) se mantienen a diferentes temperaturas. La termocupla tipo J se puede utilizar en atmósferas reductoras, neutrales u oxidantes. Sin embargo, no se recomienda en atmósferas con alto contenido de humedad y también a bajas temperaturas, ya que el termoelemento JP puede llegar a ser frágil.



**Figura 5.** Termocupla tipo J

Fuente: Ingecom Eléctricos SAS (s.f.)

### 3.3.10. Controlador lógico programable (PLC)

Un controlador lógico programable (PLC), también conocido como controlador programable, es el nombre dado a un tipo de ordenador de uso común en el control comercial e industrial. Los PLC se diferencian de las computadoras de oficina en las características de trabajo que hace tanto el hardware y el software que demandan para realizar estas acciones. En tanto que las utilizaciones determinadas difieren ampliamente, todos los PLC controlan las entradas y otros valores de variables, asumen decisiones establecidas en un programa almacenado, y regulan salidas para automatizar una planta o proceso. (Ver Figura 5)



**Figura 6.** PLC

Fuente: Nerokas Online

### ✓ **Funcionamiento**

Las unidades principales de un PLC comprenden de ingreso, de procesamiento central (CPU), de salida, y un elemento de programación. El tipo de unidad de entrada o de los lugares utilizados por un PLC va depender de los módulos de entrada manejados. Ciertos equipos de entrada responden a las entradas digitales, que son encendidos o apagados. Otros requieren de señales analógicas. Estas señales analógicas representan las señales de una planta o proceso que se desean controlar los cuales pueden ser señales eléctricas (tensiones o corrientes).

El trabajo más importante del medio de entrada de un PLC es la de cambiar las señales entregadas por diversos interruptores y sensores en señales digitales los cuales admiten ser usados por la unidad central de proceso. La unidad central de proceso (CPU) considera el estado de las entradas, salidas y otras variables, que opera el programa almacenado, después la CPU envía señales para actualizar el estado de las salidas. Los módulos de salida convierten señales de control de la CPU en valores digitales o analógicos que sirven para controlar distintos dispositivos de salida.

El módulo de programación se utiliza para realizar o reemplazar el programa del controlador lógico programable o para regular o variar los programas guardados. Una vez cargado el programa y las variables asociadas se depositan en la unidad central de proceso. Además, también puede admitir un módulo de interfaz de operador para facilitar el monitoreo de la planta o proceso.

#### **3.3.11. Interfaz hombre – Máquina (HMI)**

Tal como lo define Cetina (2016), las HMI son dispositivos que permiten la comunicación entre la máquina y el operador. Una de las principales ventajas es la visualización en tiempo real del estado del proceso y del estado de la máquina mientras lo lleva a cabo, incluso puede plasmar en su panel de visión de variables del proceso deseadas. Este complemento para la automatización, como lo son los HMIs permiten ahorrar espacio y facilita la integración.

El uso de pantallas HMI abre un abanico muy grande en el diseño de este tipo de sistemas de interfaz. Pues este permite reflejar en pantalla cualquier información requerida y admitida, ya sea por botones o pantallas táctiles, y de esta forma variar parámetros o indicar valores de entrada al sistema. Por otro lado, un sistema automatizado puede exigir programas complejos de ejecución, los cuales deben ser realizados por técnicos cualificados. No pese a la proposición antes mencionada, al realizar la implantación de una HMI, esta debe ser amigable

y fácil de manejar para que el operador pueda interactuar con el sistema y poder controlarlo sin ningún problema.

### **3.4. Bases legales**

Según expresa Carrero, E. (2019) las bases legales son leyes del país de residencia del investigador, que sustentan legalmente hablando, el desarrollo del proyecto, aunado a esto resalta que las bases legales son leyes, reglamentos y normas necesarias en algunas investigaciones para su correcto desarrollo y ejecución.

#### **3.4.1. Código Eléctrico Nacional**

Consiste en el estándar estadounidense, pero con alcance internacional (en concordancia con normas internacionales relacionadas con la protección para la seguridad de la corriente eléctrica, como la Comisión Electrotécnica Internacional), que define todas las consideraciones necesarias a tomar en cuenta al realizar cualquier instalación eléctrica de forma segura y confiable.

- Secciones aplicadas del Código Eléctrico Nacional
  - SECCIÓN 720 Circuitos y Equipos Operando a Menos de 50 Voltios.
  - SECCIÓN 725 Circuitos de Control Remoto, Señalización y de Potencia Limitada Clase 1, Clase 2 y Clase 3.

#### **3.4.2. Normas**

Al diseñar proyectos donde estén envueltos equipos electrónicos, ha de asegurar la confiabilidad de los mismos, y de sus componentes; de ahí que la norma 0601:1972 de la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), actual FONDONORMA, establezca dentro de sus líneas algunos conceptos pertinentes a la confiabilidad de equipos electrónicos y de sus componentes.

Esto facilita a quienes desarrollan proyectos con estos equipos, a tener presentes todos los factores que pueden incidir en la vida útil de tal obra de diseño. También, en consonancia con lo antes mencionado la norma 2731:1990 de la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), actual FONDONORMA, establece cuales son los requisitos mínimos que debe cumplir los fusibles de baja tensión. Con la intención de brindar protección al conexionado eléctrico de potencia de los equipos, conviene prestarle la debida atención a tal normativa.

Por último, la norma 2267:2001 de la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), actual FONDONORMA, estipula dentro de sus líneas el uso de guardas para proteger tanto al operador, como a las instalaciones de incendios provocados por chispas

emanadas por la acción de soldar. No obstante, aunque el proceso de soldadura que se lleva a cabo dentro de la presente investigación, no emite chispa alguna que pueda generar incendios, si hay un riesgo presente que consiste en el atrapamiento de miembros del cuerpo (manos, dedos, entre otros), por lo que resulta oportuno el uso de dichas guardas a fin de evitar posibles accidentes de este tipo.

### 3.5. Definición de Términos

- **Electrónica:** La es una disciplina técnica y científica que se ocupa del estudio y el control del movimiento de los electrones a través de diferentes medios, como el vacío, el gas y los materiales conductores.
- **Lazo Cerrado:** Un lazo cerrado es un sistema de control que utiliza una retroalimentación o realimentación para ajustar y mantener una variable de salida en un valor deseado.
- **Molde:** molde permite dar forma y solidificar el material utilizado en la fabricación de los componentes electrónicos, como por ejemplo plásticos y metales.
- **Plástico:** El plástico es un material compuesto por compuestos orgánicos o sintéticos que tienen la propiedad de ser moldeables y por lo tanto pueden ser moldeados en diferentes formas y tamaños.
- **PLC Logo V8:** es un mini controlador lógico programable de la marca Siemens que permite automatizar tareas en el ámbito de la instalación y el hogar.
- **Polipropileno:** Es un polímero termoplástico que se obtiene a partir de la polimerización del propileno. Es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones, como en la fabricación de envases, textiles, piezas de automóviles, tuberías, juguetes, entre otros.
- **Sensor:** Un sensor es un dispositivo que detecta o mide una magnitud física o química, como la temperatura, la humedad, la presión o la posición, y transforma esa información en una señal eléctrica para su posterior procesamiento y/o control.

## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO METODOLÓGICO**

El marco metodológico de la investigación se puede definir como la explicación de los mecanismos que se utilizan para analizar la problemática que se presente en una investigación. Arias, F. (2012), según el marco metodológico expresa que: “La metodología del proyecto incluye el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los instrumentos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación. Es el “cómo” se realizará el estudio para responder al problema planteado.” (pág. 110).

#### **4.1. Paradigma de la Investigación**

Según Arias, F. (2012), un paradigma de investigación “Los paradigmas orientan la elección de los métodos y técnicas de investigación, así como la forma de recolección y análisis de los datos.”. El Paradigma que se utilizó en el presente proyecto es de enfoque tecnológico debido a que es una investigación que tiene forma de ver y abordar la tecnología desde un punto de vista particular. En general, un paradigma tecnológico se basa en ciertas suposiciones, creencias y convenciones que configuran la forma en que se entiende, se desarrolla y se utiliza la tecnología. El enfoque tecnológico puede estar influenciado por diferentes teorías de la tecnología y puede ser aplicado en diferentes campos

#### **4.2 Tipo de Investigación**

La naturaleza propia del proyecto, hace que la investigación entre en la clasificación de proyecto factible, puesto que se desarrollará un plan de trabajo para el diseño de un sistema de control de temperatura para hornos industriales de resistencia, con el fin de solventar el control de temperatura de estos hornos por la realización de modelos matemáticos PID. Al aplicar modelos matemáticos PID permite que estos controles sean más eficientes y pueden ser controlados mediante la variable Set point, esto quiere decir que puede funcionar en rangos de temperaturas modificables por los operadores según los materiales a utilizar en los procesos industriales. Basado en lo anteriormente descrito Mijares y García (2007) definen como proyecto factible a:

“... la investigación elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organización o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas tecnologías, métodos o procesos. El proyecto factible debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades...” (p5).

### **4.3. Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación en el presente proyecto será documental y de campo el cual por definición; es el conjunto de directrices que toma el investigador con el fin de observar, analizar y plantear una solución de ser posible a la problemática objeto de la investigación. Según Palella y Martins (2012) definen como investigación bibliográfica: cuando los datos ya han sido recolectados en otras investigaciones y son conocidos a través de los informes o textos correspondientes se llaman datos secundarios (pag.88).

### **4.4. Nivel de la Investigación**

Para Arias (2012), “El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno. Aquí se indicará si se trata de una investigación exploratoria, descriptiva o explicativa”. A continuación, según Arias (2012) El nivel de investigación descriptivo son “los miden de forma independiente las variables, y aun cuando no se formulen hipótesis, las primeras aparecerán enunciadas en los objetivos de investigación.”. Donde se puede decir que el presente proyecto posee el nivel de investigación descriptivo debido a que consiste en estudiar y realizar conclusiones sobre un sistema de control de temperatura PID para una moldeadora de plástico.

### **4.5. Población y Muestra**

#### **4.5.1. Población**

Para Arias (2012), “población se refiere al grupo completo de personas, objetos, eventos o cualquier otro fenómeno que se está estudiando en una investigación.”. Ahora bien, se puede establecer que la población del presente proyecto es finita porque se enfoca en el estudio de los tipos de control de temperatura existentes, como lo son: ON/OFF, proporcional y PID

#### **4.5.2. Muestra**

Por consiguiente, se tiene que para Palella y Martins (2012) una muestra “no es más que la escogencia de una parte representativa de una población, cuyas características reproduce de la manera más exacta posible”. Para el presente proyecto la muestra será conformada por el estudio de los sistemas de control de temperatura PID, el cual se enfocará en la sintonización de las variables proporcionales, integrativas y derivativas.

### **4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos de investigación son parte fundamental de la misma ya que son los medios por los cuales el investigador puede recolectar datos sobre la problemática en la que está trabajando, Según Arias (2012), las técnicas de recolección de datos son las distintas

formas o maneras de obtener información, mientras que los instrumentos de recolección de datos son los recursos que utiliza el investigador para aproximarse a los fenómenos en estudio y obtener la información necesaria

#### **4.6.1. Revisión Documental**

La revisión documental es hacer una recopilación de información sobre textos e investigaciones generados por otros investigadores que tienen relación directa o indirecta con la problemática que es razón de estudio. Hurtado (2010) define este concepto como:

“... es una técnica en la cual se recurre a información escrita, ya sea bajo la toma de datos que pueden haber sido producto de 40 mediciones hechas por otros como texto en sí mismo constituyen los eventos de estudio” (p.427).

En el presente trabajo de investigación se llevará a cabo realizando una revisión de los artículos publicados durante los últimos cinco años (desde el 2016 hasta el 2021) en directorios de acceso abierto (Open Access) tales como: SciELO (Scientific Electronic Library Online), DOAJ (Directory of Open Access Journals), Redalyc (Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal), e-Revistas (Plataforma Open Access de Revistas Científicas Electrónicas Españolas y Latinoamericanas) y Dialnet (Portal bibliográfico de acceso libre de la Universidad de la Rioja, España), así como repositorios universitarios de acceso abierto. Se usarán como palabras claves: automatización de hornos industriales, sistemas de control de temperaturas, controlador proporcional, integral y derivativo.

#### **4.6.2. Revisión bibliográfica**

Según Arias, la revisión bibliográfica se refiere a la búsqueda, selección, análisis y síntesis de la literatura existente sobre un tema específico de investigación, con el objetivo de conocer y comprender los marcos teóricos y conceptuales previos, y las metodologías, resultados y conclusiones principales de las investigaciones realizadas anteriormente. La revisión bibliográfica es una herramienta esencial para el desarrollo de la investigación científica, ya que permite identificar el estado del arte, las controversias y posibles vacíos en el conocimiento, para así plantear las hipótesis y objetivos de la propia investigación.

#### **4.6.3 Observación directa**

Se tiene como uno de los objetivos de la investigación el diagnóstico de todos los sistemas que involucran el control de temperatura de la maquina moldeadora de plástico de la empresa ENLIVEN, C.A; es allí donde se aplicará la observación directa para comprobar el estado en el cual se encuentra dichos sistemas actualmente, según Palella y Martins (2012) “la

observación es directa cuando el investigador se pone en contacto personalmente con el hecho o fenómeno que trata de investigar”.

#### **4.6.4 Fichas Técnicas**

Para Arias (2012), “las fichas técnicas son herramientas útiles para recopilar información en una investigación. Son tarjetas o formularios que contienen información relevante de las fuentes bibliográficas consultadas, y permiten organizar y clasificar dicha información de manera sistemática”

#### **4.6.5 Lista de Cotejo**

Ahora bien, según Palella y Martins (2012) “La lista de cotejo es una técnica estructurada de observación directa, en la cual el investigador utiliza un formulario o cuadro con una serie de elementos o aspectos que desea evaluar y marca con una cruz o una señal cuando se presenta cada uno de ellos”

#### **4.7. Técnicas de análisis de datos**

El análisis de datos, es la técnica que examina datos en bruto con el propósito de sacar conclusiones sobre la información. El análisis de datos se centra en la inferencia, el proceso de derivar una conclusión basándose solamente en lo que conoce el investigador (15). Para este estudio, se realizará la técnica de análisis de contenidos con referencia al aspecto cuantitativo, es la que Abarca et al (2013) se refiere como “la descripción objetiva, sistemática y cuantitativa del contenido manifiesto del documento” (p.194). En esta investigación se clasificará la información recolectada según los objetivos planteados en la investigación, permitiendo clasificar el contenido por temáticas y datos cuantitativos manejados.

#### **4.8. Fases metodológicas**

Para los objetivos expuestos en el presente proyecto de investigación que es un sistema de control de temperatura PID para moldeadora de plástico para la empresa ENLIVEN, C.A. Siendo este un conjunto del tipo de diseño de la investigación, desarrollándose una serie de fases que funcionen como las directrices a seguir para llevar a cabo el proyecto planteado.

- **Fase I Diagnóstico del funcionamiento de control de temperatura que tenía la moldeadora de plástico anteriormente.**

En esta primera parte, se procedió a realizar una recopilación de información de todo lo referente a lo que involucra el molde y el control de temperatura que se utilizaba anteriormente, en específico, como se reciben las señales de las termocuplas, cómo se envían las señales a las resistencias, como se procesa la información y como es el manejo del equipo. Todo esto se llevará a cabo haciendo uso de las técnicas y

herramientas de recolección de datos pertinentes. En esta fase, se busca familiarizarse con el sistema de control de la máquina, siendo una de los principales puntos de interés, pues es allí donde se aloja la raíz del problema en cuestión.

- **Fase II Estudiar el proceso de moldeo y el comportamiento de la temperatura en el mismo.**

Aquí se conocerán todas las funciones que se realizan para llevar a cabo el proceso de moldeo, se conocerán lo que es la máquina de moldeo y todo el proceso que realiza antes de llegar al molde, al igual que se estará interactuando con el molde para conocer sus partes y todo lo que lo integran, para así poder entender el control que se realiza al momento de fabricar el producto.

- **Fase III Diseño de un control de temperatura para una moldeadora de plástico**

Esta fase se enfocará en hacer un diseño de control de temperatura el cual se adapte de la mejor manera al proceso, esto conlleva a la elección de los distintos dispositivos que se utilizaran los cuales tienen que estar capacitados para el ambiente en el que van a operar y poder soportar todas las instrucciones asignadas.

- **Fase IV Evaluación de la viabilidad económica, técnica y operativa de la propuesta.**

Una vez realizado todo el trabajo envuelto en la solución del problema, se estudiarán las ventajas y aportes a la producción, la implicación de este nuevo sistema de control de temperatura, así como también la relación costo-ganancia del mismo. En base a los resultados obtenidos, además se verá la comparación económica del diseño de este equipo al de la adquisición de uno nuevo, de allí se emitirán las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

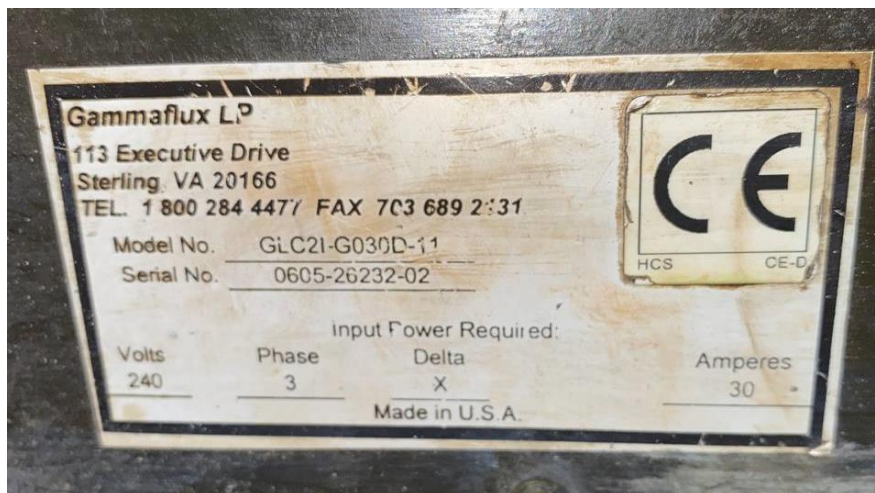
## CAPÍTULO V

### 5.1. Fase I “Diagnosticar el funcionamiento de control de temperatura que tenía la moldeadora de plástico anteriormente.”

#### 5.1.1 Control de temperatura

El control de temperatura que estaba utilizando la moldeadora de plástico era uno de la marca GAMMAFLUX, el cual estuvo funcionando hasta que el mismo se dañó. Este equipo contaba con diferentes características de control para las distintas resistencias que se encuentran en la moldeadora. Sus distintas características son las siguientes:

- Tiene 12 pares de entrada que reciben la señal de las termocuplas, de las cuales se usan 11.
- Igualmente tiene 12 pares de salida de potencia los cuales se usan 11.
- Dejan una entrada y una salida libre por cualquier inconveniente que pueda surgir.



**Figura 7.** Placa del equipo anterior GAMMAFLUX

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)



**Figura 8.** Vista frontal del equipo GAMMAFLUX

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)



**Figura 9.** Botones de las diferentes zonas a controlar

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)

El control de temperatura se hace independiente de cada resistencia, las cuales las conforman por las siguientes:

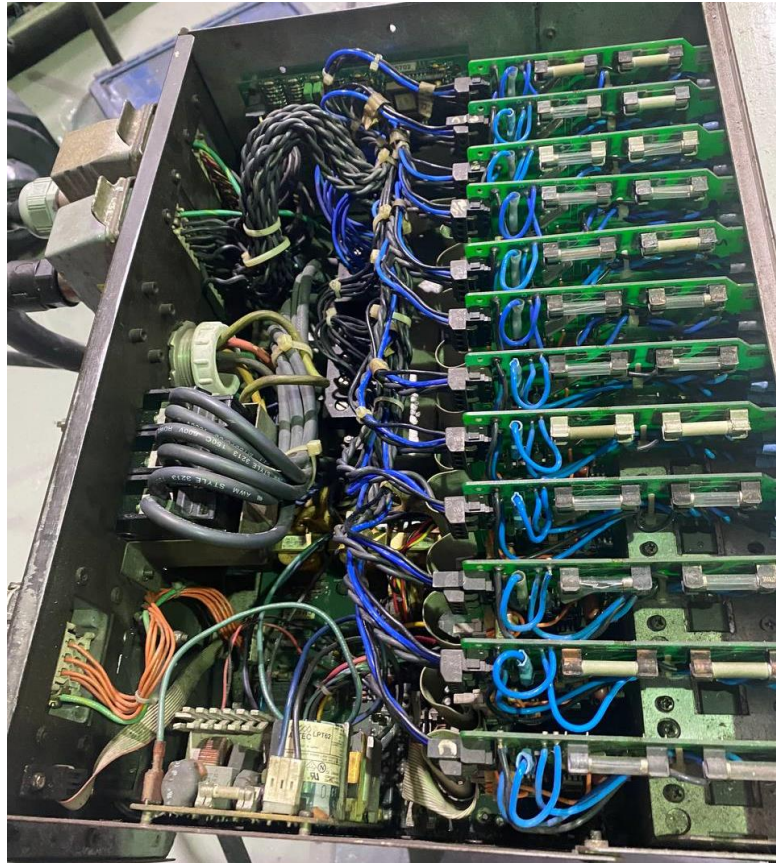
- ❖ 2 Resistencias del bebedero que van entre los 1100w - 1500w / 50  $\Omega$  - 40  $\Omega$
- ❖ 2 Resistencias llamadas crucetas donde van de los 1700w - 2600w
- ❖ 8 Resistencias de cavidad que van a partir de los 125w - 250w / 400  $\Omega$  - 200  $\Omega$ .

Dichas resistencias antes mencionadas trabajan con un voltaje de 220 V con un nivel de error de 5 °C.



**Figura 10. Vista posterior del equipo GAMMAFLUX**

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)



**Figura 11.** Vista interna del equipo GAMMAFLUX

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)

Dicho controlador de temperatura es muy antiguo el cual no estaba totalmente optimizado, claro está cumplía con su trabajo pero, pero fallaba mucho al momento de ver las temperaturas de cada una de las resistencias y la manera en la cual se ajustaba misma al realizar un cambio en ella.

El controlador se basaba en módulos de control independiente ya que cada una tenía su propia tarjeta, lo cual es conveniente al momento de tener un fallo el control se llegaba a dañar una o por simple mantenimiento, solamente se tenía que reemplazar o sacar dicha tarjeta y no todas por lo que tiene un concepto modular para poder sustituirla cuando se requiera.

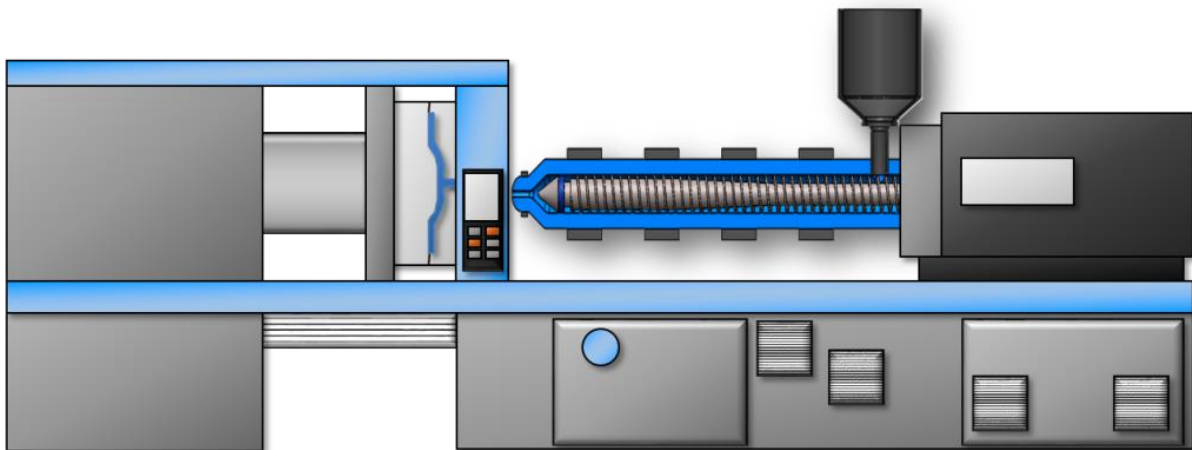
La empresa lo estaba utilizando con dos modos solamente el manual el cual se ajustaba por porcentaje y el automático el cual se ajustaba mediante el algoritmo de control. El manual se llegaba a utilizar mucho ya que habían ciertos momentos el cual la termocupla se dañaba y no se podía saber la temperatura la cual estaba la resistencia, por ende utilizaban a medida de porcentaje ya que estaba calculado a que temperatura se encontraba a cierto porcentaje.

## 5.2. Fase II “Estudiar el proceso de moldeo y el comportamiento de la temperatura en el mismo”

Para el desarrollo de esta fase estaremos usando la técnica de revisión documental, la cual a través de ella podemos estudiar qué son las moldeadoras de plástico y cómo se pueden clasificar, así como también sus sistemas de control de temperatura, y realizar una investigación más profunda sobre el estudio del funcionamiento y características del mismo.

### 5.2.1. Moldeadoras de plástico

Maquinaria industrial que se utiliza para la creación de piezas poliméricas por medio del proceso de moldeo, este proceso se puede llevar a cabo de distintas maneras.



**Figura 12.** Moldeadora de plástico

Fuente: Todo en Polímeros (s.f.)

### 5.2.2. PROCESOS DE MOLDEO

En forma general los procesos de transformación de los polímeros son los que participan en la conversión de los gránulos o polvos a productos de uso práctico. Existen diferentes procesos de transformación por moldeo, aquí se mencionan los más utilizados o comunes:

- Moldeo por Inyección
- Co-Inyección y Bi-Inyección
- Sobremoldeo
- Moldeo por Compresión

- Moldeo Rotacional o Rotomoldeo

Para Inyección, el moldeo por inyección soplado (IBM) y la inyección de moldeo por estirado-soplado (ISBM) son procesos adaptados a los materiales plásticos del molde en partes huecas (por ejemplo, botellas), con paredes capaces de resistir la presión interna y externa. Para la transformación de gránulos o polvos a productos terminados se requiere energía térmica y cinética (fricción y presión). Todos los procesos de transformación observan tres fases:

1. **Plastificación:** Es el proceso por el cual el material pasa del estado sólido al estado plástico utilizando para ello energía calorífica.

La temperatura a la cual se funde el polímero se le llama punto de fusión y su desarrollo es diferente entre los polímeros amorfos y los cristalinos.

La plastificación ocurre dentro de un equipo llamado unidad de plastificación la cual en general está formada por un cañón o cilindro con un tornillo interno encargado de la fricción y presión.

Un buen proceso de plastificación se basa en la calidad de la masa fundida la cual es fundamental para formar una pieza.

2. **Formado:** Es la etapa del proceso en la cual la masa fundida pasa de la unidad de plastificación hacia el espacio geométrico definido por la herramienta de formación la cual puede ser un molde o un dado dependiendo del proceso.

3. **Solidificación:** Es la etapa del proceso en la cual la masa fundida y formada pierde energía calorífica por conducción a través de la herramienta solidificándose como producto final.

### **5.2.3. Moldeo por Inyección**

El moldeo por inyección es un proceso de fabricación para la producción de piezas mediante la inyección de material en un molde.

La resina en forma de gránulos se alimenta por medio de una tolva a un cilindro (cañón) calentado con un tornillo (husillo) interno que funde y plastifica el plástico por medio de calor y fricción para luego inyectar a presión en las cavidades de un molde, donde se enfría y se solidifica a la configuración de las cavidades del molde.

El moldeo por inyección consiste en la inyección de alta presión de la materia prima en un molde que da forma al polímero en la forma deseada. Los moldes pueden ser de una sola cavidad o múltiples cavidades. En moldes de cavidades múltiples, cada cavidad de preferencia

debe ser idéntica para que esté balanceado pero también los hay con múltiples geometrías para formar un set durante un solo ciclo. Los moldes se hacen generalmente de aceros para herramientas, pero los aceros inoxidables y moldes de aluminio son adecuados para ciertas aplicaciones.

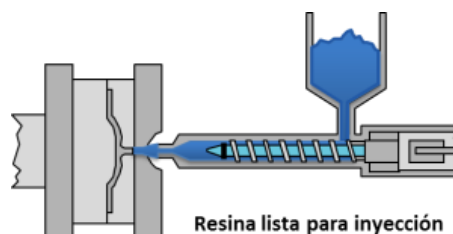
Cuando se moldean termoplásticos, la materia prima en forma de gránulos se alimenta a través de una tolva a un cilindro o cañón calentado con un tornillo rotatorio interno. A la entrada al cañón la energía calorífica aumenta fundiendo la resina disminuyendo su viscosidad y permitiendo que el polímero fluye con la fuerza y movimiento de la unidad de inyección. El tornillo manda el material hacia adelante homogeneizando tanto su viscosidad como su temperatura y reduce su tiempo de calentamiento con la fricción mecánica del tornillo sumando calentamiento por fricción al polímero.

Por rotación del tornillo el material fundido se mueve hacia adelante y se acumula en la parte delantera del tornillo por medio de una válvula check en un volumen conocido como un disparo. Un disparo es el volumen de material que se utiliza para llenar la cavidad del molde, compensar la contracción y proporcionar un colchón para transferir la presión desde el tornillo a la cavidad del molde. Cuando se ha reunido suficiente material, éste es forzado a alta presión y velocidad en la cavidad para formar una pieza.

El colchón es de aproximadamente 10% del volumen total de disparo y permanece en el cañón al término del disparo para evitar que el tornillo pegue con el frente del cañón.

El proceso se divide en varias etapas:

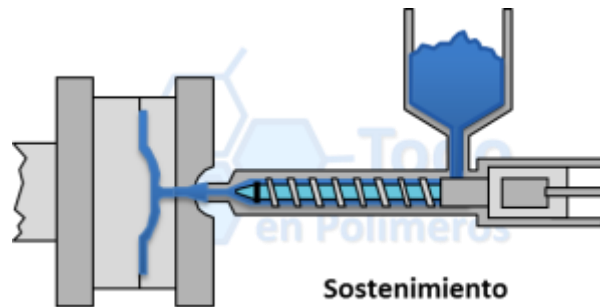
1. **Inyección del material:** en el cual el tornillo avanza al frente inyectando el material fundido al molde a través de la boquilla del cañón.



**Figura 13. Inyección del material**

Fuente: Todo en Polímeros (s.f.)

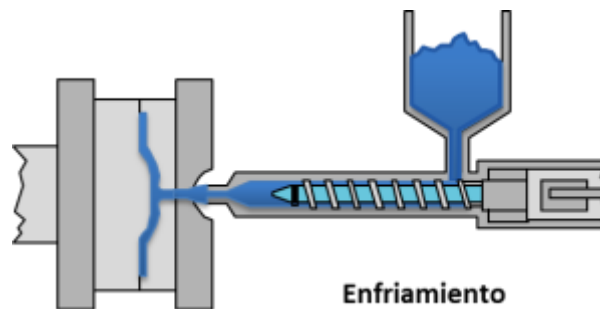
2. **Sostenimiento:** una vez que llega el tornillo al frente se mantiene estático en esta posición por varios segundos oponiendo presión a la resina en las cavidades del molde mientras esta se enfría.



**Figura 14.** Sostenimiento

Fuente: Todo en Polímeros (s.f.)

3. **Enfriamiento:** una vez que el punto de inyección de las cavidades ha solidificado el tornillo puede retraerse. El enfriamiento está compuesto de dos partes: el tiempo de retracción del tornillo también conocido como tiempo de carga o dosificación ya que el tornillo jala más material de la tolva para prepararlo y un tiempo extra también conocido como tiempo de seguridad con el que el moldeo se asegura de que el material esté lo suficientemente solidificado para abrir el molde.

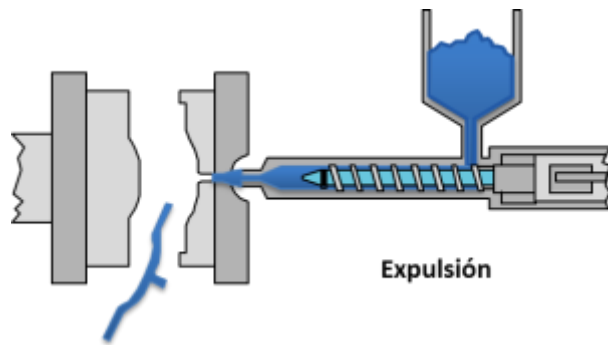


**Figura 15.** Enfriamiento

Fuente: Todo en Polímeros (s.f.)

### Apertura del molde

4. **Expulsión:** una vez que el molde se abre las piezas son expulsadas del mismo por acción mecánica (expulsores) o por aire.



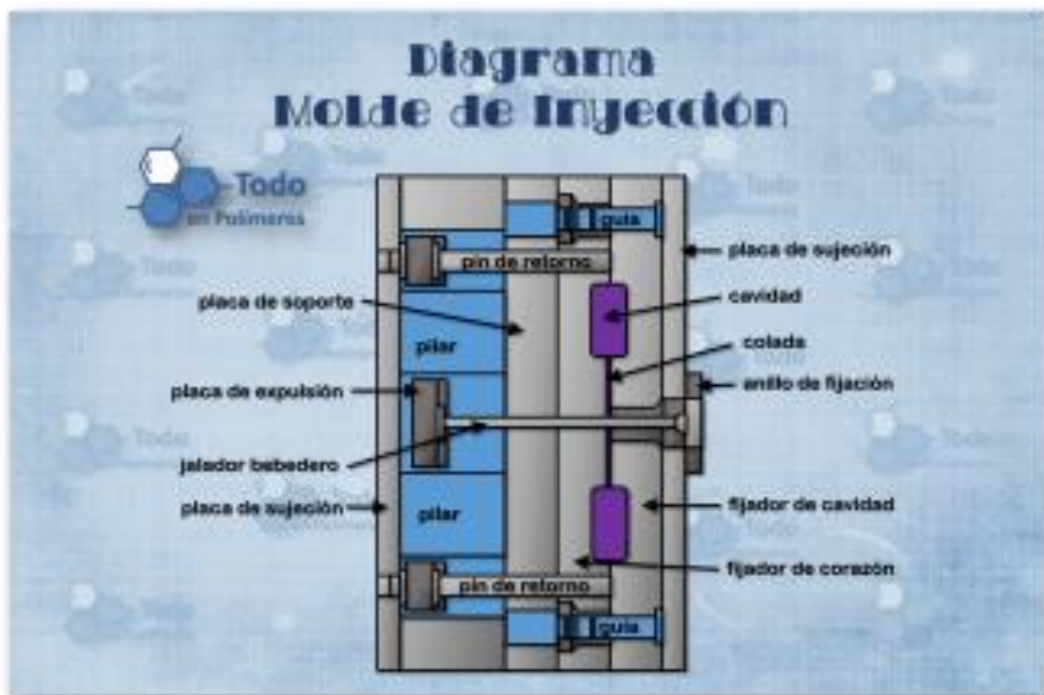
**Figura 16.** Expulsión

Fuente: Todo en Polímeros (s.f.)

5. **Cerrado del molde:** en este momento vuelve a comenzar el ciclo con la inyección del material.

### 5.2.3.1. El Molde de Inyección

El molde es la herramienta fundamental en el moldeo por inyección, es en donde el plástico entra fundido en la cavidad con la forma que tomará una vez que se enfríe, y se conforma de una serie de elementos importantes, como la cavidad para la colada (canal de plástico que se forma al llenar la cavidad de la pieza), los pines expulsores de las piezas, la colada y el bebedero (parte de plástico que se forma posterior a la nariz de la unidad de inyección, a la entrada del molde), así como partes de sujeción y otras de expulsión, aquí un diagrama:



## Figura 17. Diagrama molde de inyección

Fuente: Todo en Polímeros (s.f.)

### 5.1.3.2. Co-Inyección y Bi-Inyección

Estos dos procesos de moldeo implican la inyección de dos o tres materiales diferentes en el mismo molde. En la co-inyección los materiales se inyectan utilizando el mismo punto de inyección; mientras que en bi-inyección se inyectan dos materiales en puntos de inyección separados que tienen controles de proceso independientes.

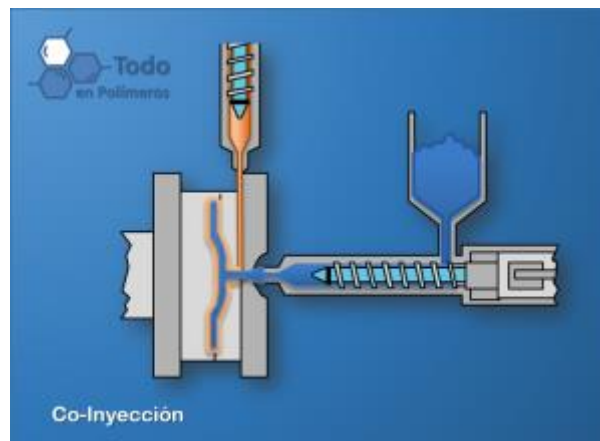


Figura 18. Co-inyección

Fuente: Todo en Polímeros (s.f.)

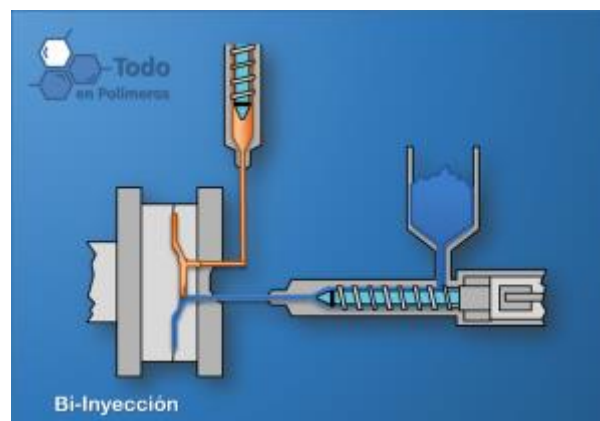
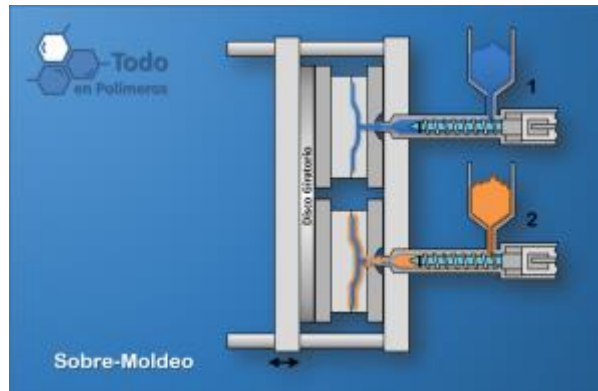


Figura 19. Bi-inyección

Fuente: Todo en Polímeros (s.f.)

### 5.2.3.3. Sobre-Moldeo

Es el moldeo por inyección donde un material se inyecta sobre una pieza o inserto del mismo u otro material. El sobre-moldeo puede darse en la misma máquina con un carrusel giratorio o en una segunda máquina. Dos procesos de moldeo por inyección dominan la fabricación de productos sobre-moldeados: sobre-moldeo de inserto y moldeo multi-disparo.



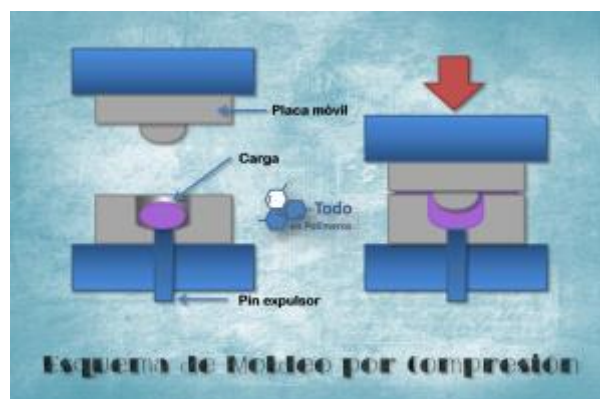
**Figura 20.** Sobre-Moldeo

Fuente: Todo en Polímeros (s.f.)

### 5.2.3.4. Moldeo por Compresión

El moldeo por compresión es un proceso de formado de piezas en el que el polímero, en polvo o masilla, es introducido en un molde abierto y caliente al que luego se le aplica presión para que el material adopte la forma del molde y con el calor reticule.

El molde se cierra aplicando fuerza por la parte de arriba, se aplica presión para forzar el material a estar en contacto con todas las áreas del molde, mientras que el calor y la presión se mantienen hasta que la resina se ha curado (reticulado).



**Figura 21.** Esquema de moldeo por compresión

Fuente: Todo en Polímeros (s.f.)

### 5.2.3.5. Moldeo Rotacional

El Moldeo Rotacional o Rotomoldeo es un proceso para resinas termoplásticas para producir partes huecas que consiste en un molde hueco y caliente que se llena con una carga o peso de material en polvo o líquido que posteriormente se le hace girar lentamente (por lo general en torno a dos ejes perpendiculares) en un horno haciendo que el material reblandecido se disperse y se adhiera a las paredes del molde.



**Figura 22.** Esquema de Rotomoldeo

Fuente: Todo en Polímeros (s.f.)

### 5.3. Fase III “Diseñar un control de temperatura para una moldeadora de plástico”.

Es importante explicar que el diseño del control de temperaturas para una moldeadora de plástico se llevó a cabo en ciertas condiciones, que pueden ser aplicadas a la industria aparte de solamente controlar la temperatura de moldeadoras de plástico, es por esto que se establecieron los siguientes parámetros:

- Tener representado en pantalla todas las temperaturas a controlar.
- Control de diferentes zonas de temperaturas
- Control para diferentes tipos de termocupla (TIPO J, K, R,S, entre otras).
- Diferentes modos de uso: control manual y control automático.
- Control manual mediante porcentaje .
- Control automático mediante sistema de control de temperatura PID .

- Mantener el valor de la temperatura de las diferentes resistencias en el valor de set point a través del control PID.

### 5.3.1. Selección del Controlador Lógico Programable

Para la selección del Controlador Lógico Programable (PLC) que resulte en un desempeño eficiente de la máquina, que mejore la calidad del producto y a su vez reduzca los costos de mantenimiento. Por lo que para este estudio de selección se realizó un costo-desempeño comparando un PLC marca Fatek modelo FBS-24MCT, PLC Siemens simatic S7 300 y un PLC Allen Bradley Micrologix1200.

Controlador (PLC)	Costo
S7 300	850\$
FBS-24MCT	320\$
Micrologix1200	2500\$

Entorno al diagnóstico anterior de cual es el PLC más adecuado para el proyecto, siendo el costo menor es el FBS-24MCT de la marca FATEK. Este PLC es capaz de cubrir las necesidades de la aplicación (número de entradas y salidas, etc.), como también tiene la capacidad de conectar a él módulos de expansión los cuales nos beneficiaran a tener un mejor control del proceso.

Dicho PLC tiene un costo de 320\$ y sus módulos están a partir de 200\$, siendo estos costos por debajo de los PLC's como Siemens y Allen-Bradley son una muy buena opción para la industria, este a su vez se encuentra en venezuela y también reduce el tiempo de implementación de comunicación e integración.

Sin embargo, también se deben considerar ciertas variables las cuales intervienen a lo largo de todo el proceso, dichas variables son de diferentes características ya que algunas de ellas son variables provenientes de señales digitales las cuales representan una variación discontinua con el tiempo y que sólo pueden tomar ciertos valores discretos. Su forma característica es ampliamente conocida, en donde, la señal básica es una onda cuadrada (pulsos) y las representaciones se realizan en el dominio del tiempo. Por su parte, también existen las señales analógicas las cuales tienen una gran diferencia de las señales digitales ya que este tipo de señal no es generada con la intervención del ser humano, sino que están representadas por magnitudes físicas tales como temperatura, luminosidad, humedad, fuerza, entre otros. Este tipo de señal son aquellas señales las cuales varían de forma continua a lo largo del tiempo y

toman valores infinitos en un intervalo de tiempo finito. Este tipo de señal es muy utilizado para realizar el control de las diferentes magnitudes físicas mencionadas anteriormente.

Entonces se procede a evaluar la cantidad de variables de cada tipo, que son necesarias controlar para poder realizar la automatización diseño de un sistema de control de temperatura para una moldeadora de plástico.

A continuación, se enumeran la cantidad de variables digitales que intervienen a lo largo de todo el sistema de control de temperatura del proceso de moldeo de plástico.

- 1 Entrada digital proveniente del sistema de parada de emergencia.
- 1 Salida digital para indicar que el sistema se encuentra en funcionamiento.
- 1 Salida digital para indicar que el sistema se ha detenido.
- 1 Salida digital para activar una alarma.

Atendiendo a estas consideraciones, se concluye que en el sistema planteado existen un total de una entrada digital y 3 salidas digitales, ahora se procede a conocer la cantidad de variables analógicas que se deben controlar en el sistema planteado, las cuales se enumeran a continuación.

- 12 Entradas analógica proveniente de un sensor de temperatura en este caso las termocuplas principales que regulan el funcionamiento.
- 12 Salidas analógicas para encender las resistencias del horno que regularán el funcionamiento del sistema de fuerza de las resistencias.
- 12 Entradas analogicas de corriente

Con respecto a la numeración de las señales analógicas que se deben controlar a lo largo de todo el proceso, se tiene un total de 3 entradas analógicas las cuales son de suma importancia ya que estas señales analógicas serán las encargadas de llevar el control diseño de un sistema de control de temperatura para hornos industriales de resistencia.

Una vez ya es conocido el número exacto de variables de entrada y de salida, tanto digital como analógicas, es posible diagnosticar cual es el PLC, más a adecuado para el sistema ha automatizar, y la opción más viable a utilizar es el Fatek FBS-24MCT, ya que este PLC ofrece una gran cantidad de funciones útiles que será requeridas en el sistema ha automatizar.

### **5.3.1.1. PLC FBS-24MCT**

El diseño del FBS-PLC incorpora un “System on Chip” (SoC) desarrollado internamente por Fatek Corporation. El chip BGA consta de más de 120.000 puertas que integran funciones potentes como un procesamiento central Unidad (CPU), memoria, solucionador lógico de hardware (HLS), 5 puertos de comunicación de alta velocidad, 4 juegos de hardware contadores/temporizadores de alta velocidad, 4 ejes de salidas de pulsos de alta velocidad para control de posicionamiento NC (con lineal interpolación), 16 interrupciones de alta velocidad y entradas capturadas. El FBS-PLC representa una alta funcionalidad y confiabilidad con un valor excepcional en comparación con otros PLC de su clase.

El FBS-PLC tiene más de 300 instrucciones que adopta un sistema fácil de usar y estructura de función legible de múltiples entradas/salidas múltiples. Con esta entrada múltiple estructura de instrucciones, el usuario puede derivar muchos tipos de funcionalidades que otros Las marcas de PLC pueden requerir el uso de muchas instrucciones para lograr esto. También el resultado de la operación se puede enviar directamente a salidas internas o externas. Para aumentar el legibilidad del programa, las entradas o salidas para cada instrucción de función tienen sus También se muestra su propio símbolo nemotécnico adjunto y el contenido de cada operando. Para aplicaciones de alta gama, como redes de PLC (LINK), control PID y NC posicionamiento, etc., el FBS-PLC proporciona instrucciones convenientes dedicadas para ayudar en el desarrollo del programa.


Además de más de 200 modelos de CPU principales, el FBS-PLC también ofrece alrededor de 100 modelos de E/S de expansión para elegir. Los módulos de E/S de expansión Incluye DI/O básico, AI/O y otros módulos de comunicación, también incluye Módulo de entrada de interruptor de rueda, módulo de pantalla LED de 16/7 segmentos, 8 tipos (J, K, R, S, E, T, B, N) termopar, Pt100, Pt1000 Temperatura RTD módulos de medición.



**Figura 23.** PLC FATEK

Fuente: Manual FBS-24MCT

Advanced Main Units

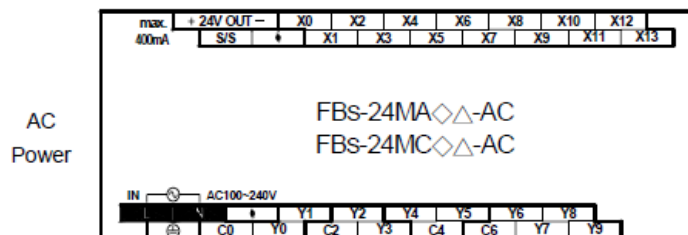


Specification	Model	FBS-10MCR	FBS-10MCT/J	FBS-14MCR	FBS-14MCT/J	FBS-20MCR	FBS-20MCT/J	FBS-24MCR	FBS-24MCT/J	
Digital input	24VDC	High speed (200KHz)	2 points				4 points			
		Medium speed (20KHz)	2 points				2 points		4 points	
		Medium speed (Total 5KHz)	2 points		4 points		6 points			
Digital output	Transistor	Relay	4 points	—	6 points	—	8 points	—	10 points	—
		High speed (200KHz)	—	2 points	—	2 points	—	4 points	—	4 points
		Medium speed (20KHz)	—	2 points	—	4 points	—	4 points	—	4 points
	Low speed	—	—	—	—	—	—	—	2 points	
Communication Port	Built-in	1 port (Port0, USB or RS232)								
	Expandable	4 ports (Port1-4, RS485 or RS232 or Ethernet or GSM or ZigBee)								
Calendar		Built-in								
Built-in power supply		SPW14-AC/D12/D24				SPW24-AC/D12/D24				
Wiring mechanism		7.62mm fixed terminal block				7.62mm detachable terminal block				
Dimension		Figure 2				Figure 1				

**Figura 24.** Tabla comparativa de PLC's FATEK

Fuente: Manual FBS-24MCT

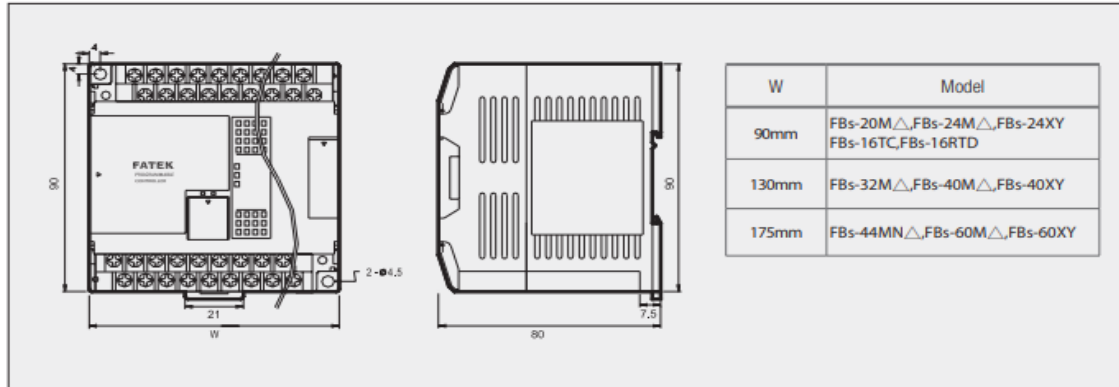
- 24 point digital I/O main unit (14 points IN, 10 points OUT)



## Figura 25. Entradas y salidas del PLC FBS-24MCT

Fuente: Manual FBS-24MCT

### 5.3.1.2. Tamaño del PLC FBS-24MCT



## Figura 26. Medidas del PLC FBS-24MCT

Fuente: Manual FBS-24MCT

### 5.3.1.3. Ventajas del PLC FBS-24MCT

- Poco espacio de ocupación.
- Elaboración de proyectos en menor tiempo.
- Economía en su mantenimiento.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo PLC.
- Instalación rápida y sencilla para el cliente.
- Conexión de equipo.
- FBs-PLC también ofrece alrededor de 100 modelos de E/S de expansión para elegir.

### 5.3.2. Módulos de expansión

Los módulos de expansión permiten ampliar el número de entradas y salidas que posee el PLC, cuando la capacidad de éste no cumple con los requerimientos de una aplicación de automatización. Algunas de las características técnicas de los módulos de expansión son:

- Entradas y salidas digitales.

- Entradas y salidas análogas tipo 4 a 20 miliamperios.
- Entradas y salidas análogas tipo 0-10 voltios.
- Expansión de memoria.
- Conexión a redes de datos industriales (buses de campo)

Cuando el PLC se encuentra conformando un conjunto con los módulos de expansión recibe el nombre de Unidad Principal.

### 5.3.2.1. Tarjeta de comunicación FBs-CBS5

Características:

- Eléctrico: especificación estándar EIA RS485
- Método de comunicación: receptor/transmisor asíncrono universal (semidúplex)
- Bit de datos: 8 bits
- Bit de parada: 1 bit
- Longitud de comunicación: 35 bytes
- Port1 connector- For SD3 Servo RS485 signal.
- Port2 connector- For RS485 signal.
- Temperatura de funcionamiento: 0 °C ~ 60 °C
- Temperatura de almacenamiento: -20 °C ~ 80 °C



## **Figura 27.** Tarjeta de comunicación FBs-CBS5

Fuente: Manual FBs-CBS5

### **5.3.2.2. Modulo de salidas analogicas FBS-4DA**

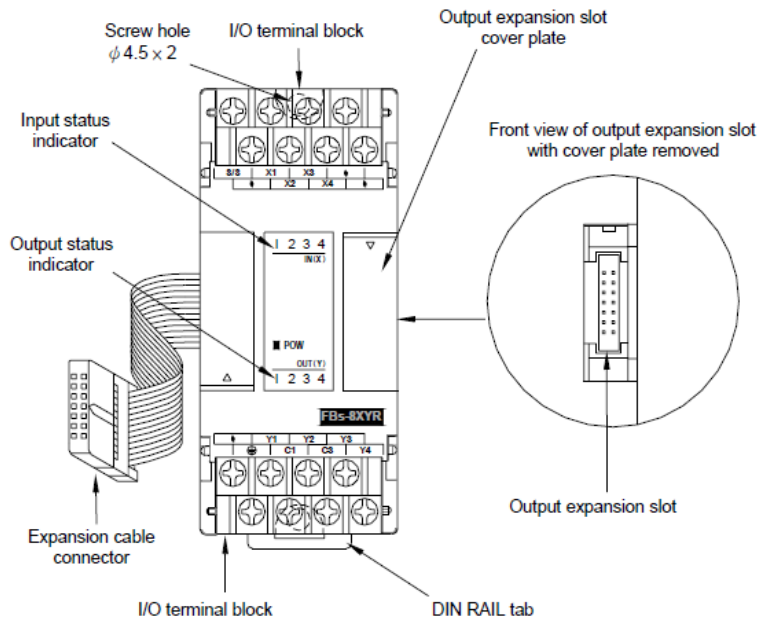
FBs-4DA es un módulo de salida analógica del PLC de la serie FBs de FATEK. Proporciona 4 canales. Salida D/A de 14 bits respectivamente. Basado en las diferentes configuraciones de puente, puede proporcionar variedades de salida de señal corriente o señal voltaje. El código de salida se puede configurar como unipolar o bipolar, lo que hace que la relación entre el código de salida y la señal de salida sea real y más intuitiva. Por seguridad, la señal de salida se forzará automáticamente a cero (0 V o 0 mA) cuando el módulo no esté atendido por la CPU durante 0,5 segundos.

Los usuarios pueden seleccionar entre códigos unipolares y bipolares. El rango de salida de códigos unipolares y códigos bipolares es 0~16383 y -8192~8191, respectivamente. Los dos valores extremos de estos formatos corresponden al más bajo y al más alto valor de señal de salida, respectivamente. En general, el formato del código de salida se selecciona de acuerdo con el formulario de señales de salida; es decir, códigos unipolares para señales de salida unipolares; y códigos bipolares para señales de salida bipolares. Al hacerlo, sus correlaciones se volverán más heurísticas. Sin embargo, como el formato del código de salida en todos los canales se selecciona desde JP1, la elección del usuario de seleccionar códigos unipolares o bipolares si ambos se utilizan en diferentes canales. Consulte el diagrama de arriba para conocer la ubicación de JP.

Item		Specifications		Remark
Total Channel		4 Channel ( FBS-4DA ) · 2 Channel ( FBS-2DA )		
Digital Output Value		-8192~+8191(Bipolar) or 0~16383(Unipolar)		
Span Or Analog output	Bipolar*	*10V	*1. Voltage : -10~10V 5. Current : -20~20mA	* : It means the default setting
		5V	2. Voltage : -5~5V 6. Current : -10~10mA	
	Unipolar	10V	3. Voltage : 0~10V 7. Current : 0~20mA	
		5V	4. Voltage : 0~5V 8. Current : 0~10mA	
Resolution		14 bits		
Finest resolution		0.3mV(Voltage) · 0.61μA(Current)		
I/O Points Occupied		4(4DA) or 2(2DA) OR(Output register)		
Accuracy		Within ±1% of full scale		
Conversion Time		Updated each scan		
Maximum accommodation for resistance loading		Voltage : 500Ω~1MΩ Current : 0Ω~500Ω		The deviation will be enlarged if exceeding this range
Isolation		Transformer(Power) and photocouple(Signal)		
Indicator(s)		5V PWR LED		
Internal Power Consumption		5V · 20mA		
Operating Temperature		0~60 °C		
Storage Temperature		-20~80 °C		
External power supply		24V-15%/+20% · 120mA(4DA) · 70mA(2DA)		
Dimensions		40(W)x90(H)x80(D) mm		

**Figura 28.** Tabla de datos del Módulo de salidas analógicas FBS-4DA

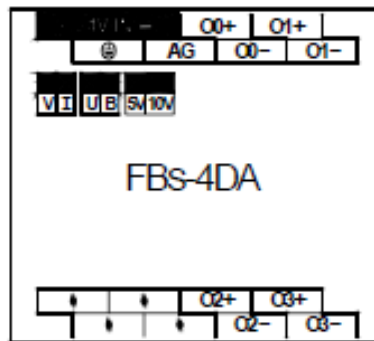
Fuente: Manual chapter 18



**Figura 29.** Partes del módulo FBS-4DA

Fuente: Manual chapter 18

- 4 channel D/A output module



**Figura 30.** Conexiones del módulo FBS-4DA

Fuente: Manual chapter 18

### 5.3.2.3. Módulo de entradas analógicas FBS-6AD

FBS-6AD es uno de los módulos de entrada analógica del PLC de la serie FATEK FBS. Proporciona 6 canales de entrada A/D con 12 o 14 bits de resolución efectiva. Basado en las diferentes configuraciones de puente, puede medir las variedades de corriente o voltaje.

señal. El valor de lectura está representado por un valor de 14 bits sin importar que la resolución efectiva esté establecida en 12 o 14 bits. Para filtrar el ruido de campo impuesto a la señal, también proporciona la función de entrada promedio de muestra.

Los usuarios pueden seleccionar entre códigos unipolares y bipolares. El rango de entrada de códigos unipolares y códigos bipolares es 0~16383 y -8192~8191, respectivamente. Los dos valores extremos de estos formatos corresponden al más bajo y al más alto de los valores de señal de entrada. Por ejemplo, si el tipo de señal de entrada se establece en -10 V ~ +10 V, el tipo de señal unipolar donde el código correspondiente a la entrada es 8192 y el código bipolar correspondiente a la entrada es 0 para entrada de 0V. Si la entrada es 10V, el código unipolar correspondiente a la entrada es 16383 y el código bipolar correspondiente a la entrada es 8191. En general, el formato del código de entrada se selecciona según la forma de las señales de entrada; es decir, códigos unipolares para entrada unipolar de señales; y códigos bipolares para señales de entrada bipolares. Al hacerlo, sus correlaciones se volverán más heurísticas. El formato de los códigos de entrada de todos los canales se selecciona desde JP1. La

configuración del tipo de corriente o voltaje de cada canal se puede configurar individualmente, mientras que la configuración de rango y polaridad comparte los mismos puentes.



**Figura 31.** Módulo FBS-6AD

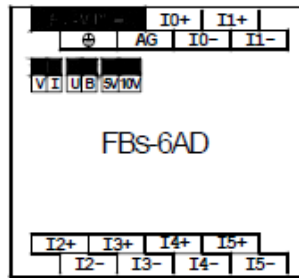
Fuente: Manual FBS-6AD

Item		Specifications		Remark
Total Channel		6 Channel		
Digital Input Value		-8192~+8191 or 0~16383(14 bits) -2048~+2047 or 0~4095(12 bits)		
Span Of Analog input	Bipolar*	10V*	*1.Voltage : -10~10V 5.Current : -20~20mA	* : It means the default setting
		5V	2. Voltage : -5~5V 6. Current : -10~10mA	
	Unipolar	10V	3. Voltage : 0~10V 7. Current : 0~20mA	
		5V	4. Voltage : 0~5V 8. Current : 0~10mA	
Resolution		14 or 12 bits		
Finest resolution		Voltage : 0.3mV Current : 0.61μA		= Analog input signal / 16383
I/O Points Occupied		6 IR(Input Register)		
Accuracy		Within ±1% of full scale		
Conversion Time		Updated each scan		
Maximum absolute input signal		Voltage : ±15V ( max ) Current : ±30mA ( max )		It may cause the destruction to hardware if exceeds this value.
Input resistance		63.2KΩ ( Voltage input ) 、 250Ω ( Current input )		
Isolation		Transformer(Power) and photocouple(Signal)		
Indicator(s)		5V PWR LED		
Supply Power		24V-15%/+20% 、 2VA		
Internal Power Consumption		5V 、 100mA		
Operating Temperature		0 ~ 60 °C		
Storage Temperature		-20 ~ 80 °C		
Dimensions		40(W)x90(H)x80(D) mm		

**Figura 32.** Tabla de datos módulo FBS-6AD

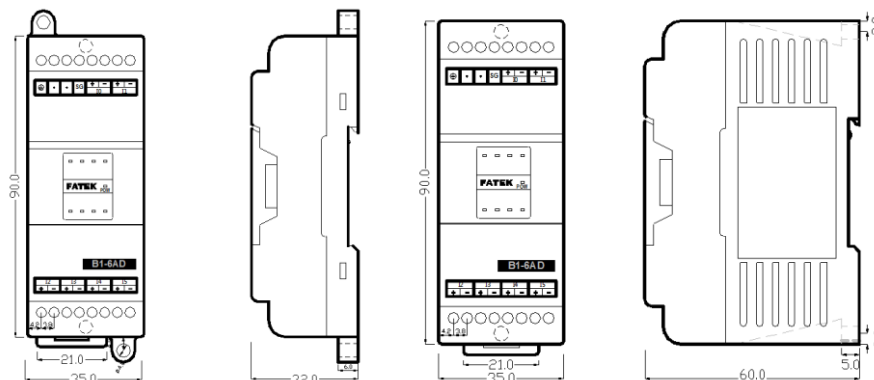
Fuente: Manual chapter 18

- 6 channel A/D analog input module



**Figura 33.** Conexiones del módulo FBS-6AD

Fuente: Manual chapter 18



**Figura 34.** Vistas del módulo FBS-6AD

Fuente: Manual chapter 18

#### 5.3.2.4. Módulo de termocuplas FBs-16TC

FBs-PLC proporciona dos tipos de módulos de temperatura para satisfacer las excelentes aplicaciones de medición de temperatura. Los módulos FBs-2TC/FBs-6TC/FBs-16TC admiten 2/6/16 canales de temperatura correspondientemente para conectar el tipo de termopar J,K,T,E,N,B,R,S. Las entradas de temperatura total se pueden ampliar hasta a 32 canales como máximo.

Según el método de diseño de multiplexación en el dominio del tiempo, cada módulo de temperatura ocupa 1 punto de entrada de registro y 8 puntos de salida digital para direccionamiento de E/S. La velocidad de actualización del valor de lectura de temperatura se

puede configurar como normal (Actualizar el tiempo de actualización es de 4 segundos, la resolución es de 0,1°) o rápido (el tiempo de actualización es de 2 segundos, la resolución es de 1°).

WinProladder proporciona una interfaz de operación de edición de tablas muy fácil de usar para configurar la temperatura. medición, por ejemplo, seleccionando el módulo de temperatura, tipo de sensor y asignar los registros para almacenar los valores de lectura... En cuanto al control de temperatura, cuenta con la conveniente instrucción FUN86(TPCTL) para realizar el PID operación para controlar el calentamiento o enfriamiento del proceso de temperatura.

Specifications Items	Module		
	FBS-2TC	FBS-6TC	FBS-16TC
Number of input points	2 Points	6 Points	16 Points
Thermocouple type and temperature measurement range	J(-200 ~ 900°C) K(-190 ~ 1300°C) R(0 ~ 1800°C) S(0 ~ 1700°C)	E(-190 ~ 1000°C) T(-190 ~ 380°C) B(350 ~ 1800°C) N(-200 ~ 1000°C)	
I/O Points Occupied	1 IR(Input Register) · 8 DO(Discrete Output)		
Software Filter	Moving Average		
Average Samples	NO 1 · 2 · 4 · 8 Configurable		
Compensation	Built-in cold junction compensation		
Resolution	0.1°C		
Conversion Time	1 or 2 Sec.	2 or 4 Sec.	3 or 6 Sec.
Overall Precision	±(1%+1°C)		
Isolation	Transformer(Power) and photocouple(Signal) isolation (per-channel isolation)		
Internal Power Consumption	5V · 32mA		5V · 35mA
Power Input	24VDC-15%/+20% · 2VA max		
Indicator(s)	5V PWR LED		
Operating Temperature	0 ~ 60 °C		
Storage Temperature	-20 ~ 80°C		
Dimensions	40(W)x90(H)x80(D) mm		90(W) x90(H) x80(D) mm

**Figura 35.** Tabla de datos módulo FBS-16TC

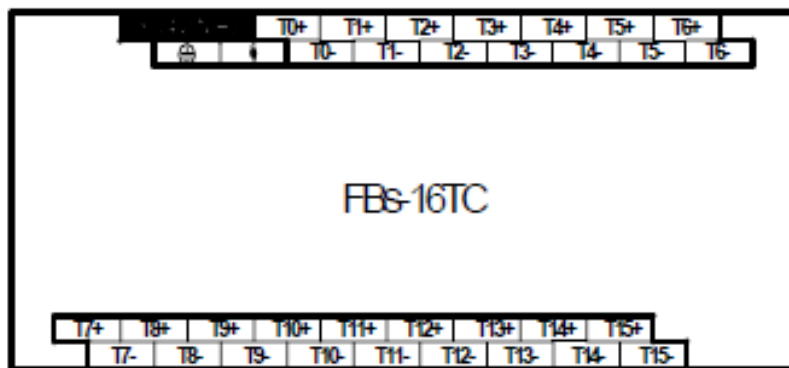
Fuente: Manual chapter 20



**Figura 36.** Módulo FBS-16TC

Fuente: Manual chapter 20

- 16 channel thermocouple input module



**Figura 37.** Conexiones del Módulo FBS-16TC

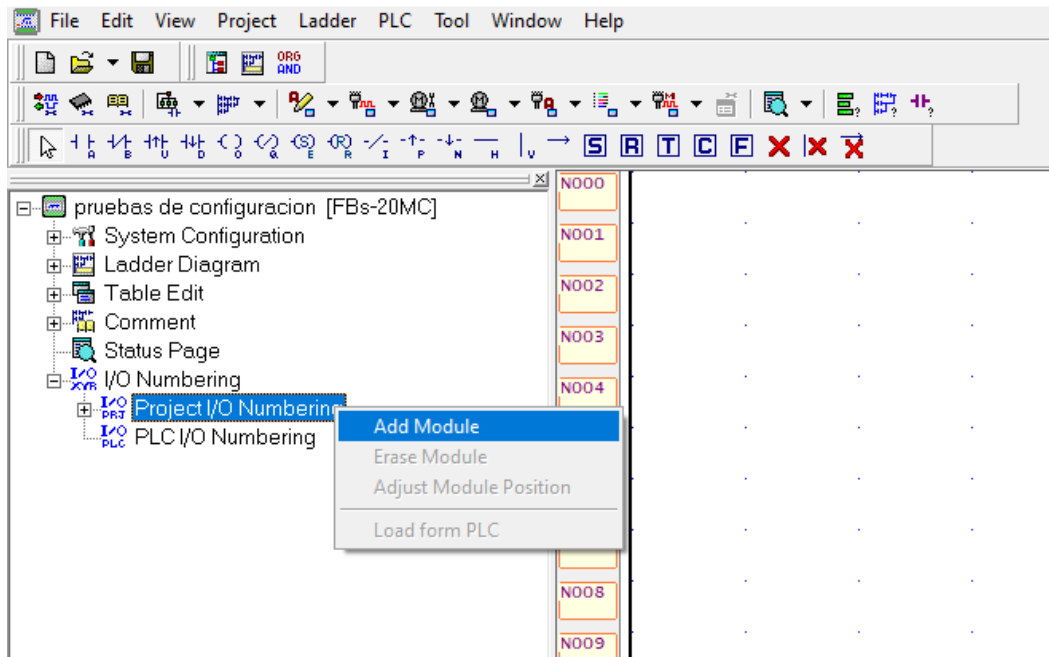
Fuente: Manual chapter 20

### Configuración módulo de termocuplas FBs-16TC

Este módulo tiene una configuración mediante el programa de winproladder el cual podemos configurar diferentes parámetros que nos facilitaran la toma de datos de temperatura de cada una de las zonas a controlar. Se tiene que seguir el siguiente procedimiento para configurar la medición de la temperatura.

Una vez estando en la interfaz de winproladder, nos dirigimos donde dice “*I/O numbering*” en la parte izquierda, una vez le hayamos dado click izquierdo allí, procederemos a darle click

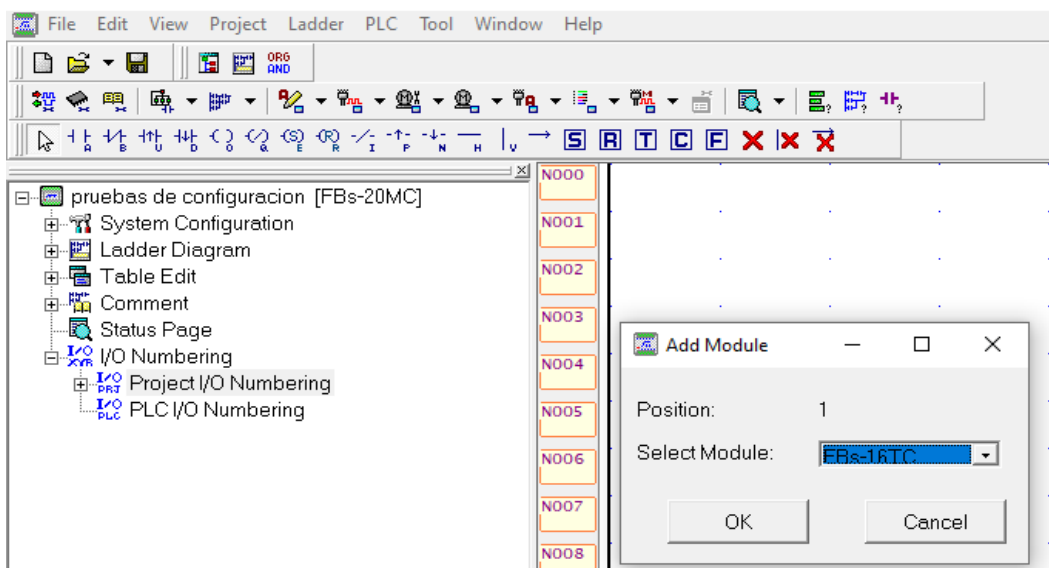
derecho en “Project I/O numbering” y allí le daremos click en la opción de añadir módulo en la ventana emergente que nos aparecerá.



**Figura 38.** Añadir módulo

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)

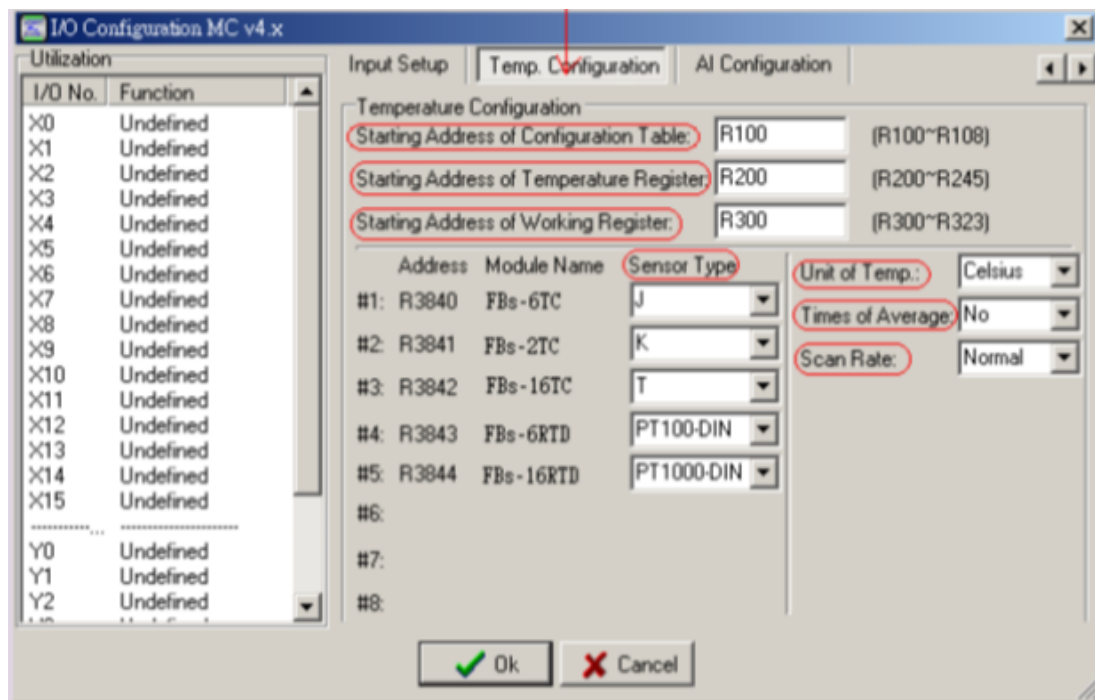
Al seleccionar añadir módulo nos aparecerá una ventana donde indicaremos el tipo de módulo que queremos utilizar en este caso será el módulo FBs-16TC que dicho módulo es el que se utilizará para medir la temperatura de las termocupas y también en la ventana nos mostrará la posición en la que estará el mismo.



**Figura 39.** Añadir módulo FBS-16TC

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)

Una vez tengamos el módulo añadido tenemos que configurar los parámetros de entradas y salidas donde el usuario debe asignar un registro inicial de un área de registro contigua para mantener el valor de lectura de la temperatura y áreas para almacenar la tabla de configuración y el bloc de notas de trabajo y definir el tipo de sensor, la unidad de temperatura, la velocidad de exploración y las muestras para el promedio. Para realizar esto nos vamos en la parte donde dice “*System Configuration*” le damos click allí y luego procedemos a darle click a “*I/O configuration*” donde nos saldrá una ventana emergente la cual seleccionaremos la parte de configuración de temperatura, donde nos saldrá todos los parámetros a configurar.



**Figura 40.** Configuración de Modulo FBS-16TC

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)

En dicha pestaña se configuran los parámetros relacionados al módulo FBs-16TC que son tipo de sensor, unidad de temperatura, tiempo promedio, velocidad de escaneo; también allí colocaremos las direcciones de registro pertinentes, como lo son, dirección de registro de la tabla de configuración, dirección de registros de temperatura y dirección de registros de trabajo, con estas direcciones de registros configuradas el módulo de termocuplas podrá trabajar en

ellos y darnos un valor de medición. Una vez realizando todos los pasos anteriores ya tendríamos configurado el módulo y podríamos obtener las temperaturas medidas por las termocuplas y a partir de allí podríamos realizar un debido control de las mismas.

- Dirección de registro de la tabla de configuración: configuración: Asigne el inicio de registros para almacenar la tabla de configuración de temperatura, allí permitirá las siguientes entradas: Rxxxx o Dxxxxx , la tabla de configuración ocupará 4+N de registros, donde N es el número de módulos.
- Dirección de registros de temperatura: Asigne el inicio de registros para almacenar los valores de lectura de temperatura actuales, allí permitirá las siguientes entradas, Rxxxx o Dxxxxx ; 1 canal de temperatura ocupa 1 registro.
- Dirección de registros de trabajo: Asigne el inicio de registros para reservar los registros de trabajo, allí permitirá las siguientes entradas Rxxxx o Dxxxxx.
- El campo Tipo de sensor se utiliza para asignar y mostrar el tipo de sensor.
- Unidad de temperatura: Celsius y Fahrenheit.
- Tiempos de Promedio: Asigne los tiempos de promedio para la medición de la temperatura, hay las siguientes selecciones, No / 2 / 4 / 8.
- Velocidad de escaneo: Asigne la velocidad de actualización del valor de lectura de la temperatura, habrá las siguientes selecciones : Normal (el tiempo de actualización es de 4 segundos, la resolución de la medición es de 0,1°), Rápido (el tiempo de actualización es de 2 segundos, la resolución de la medición es de 1°). La resolución del valor de lectura es siempre 0,1°.
- ❖ Formato interno de la tabla de configuración de la temperatura: Esta introducción es para la resolución de problemas o usuarios de HMI o SCADA, ya que pueden modificar a través de registros. El usuario de Winproladder puede ignorar esta introducción. Al configurar la tabla de configuración de temperatura con Winproladder, estos valores de registros se finalizarán. Cuando SR+0 = A556h, significa tabla de configuración de temperatura válida. Pero si SR+0 = otros valores, significa una tabla de configuración de temperatura no válida. La tabla de configuración de temperatura ocupa (4+N) registros en total ; donde N es la cantidad de módulos.

Dirección	Byte alto	Byte bajo
SR+0	A5H	56 HORAS
SR+1	Cantidad de módulos de temperatura (1 ~ 8)	
SR+2	Dirección inicial de lectura de valores	
SR+3	Dirección inicial de los registros de trabajo	
SR+4	Tipo de sensor (#1)	Nombre del módulo (#1)
SR+5	Tipo de sensor (#2)	Nombre del módulo (#2)
SR+6	Tipo de sensor (#3)	Nombre del módulo (#3)
SR+7	Tipo de sensor (#4)	Nombre del módulo (#4)
SR+8	Tipo de sensor (#5)	Nombre del módulo (#5)
SR+9	Tipo de sensor (#6)	Nombre del módulo (#6)
No. No. No.	No. No. No.	No. No. No.

**Figura 41. Tabla de configuración de temperatura**

Fuente: Manual chapter 20

- ❖ Formato interno de los registros de trabajo: Suponiendo que la dirección de inicio es WR. La mesa de trabajo ocupa  $(N \times 4) + 4$  registros en total ; donde N es la cantidad de módulos.

Dirección	Byte alto	Byte bajo
WR+0	Ejecutar código	XXXXH
WR+1	Indicador de sensor anormal (Sensor 0 ~ Sensor 15)	
WR+2	Indicador de sensor anormal (Sensor 16 ~ Sensor 31)	
WR+3	Cantidad total de canal TP	Cantidad de módulo de temperatura
WR+4	Tipo de sensor del módulo 1	D.O. del módulo TP n.º 1
WR+5	Nº de canal del módulo 1	I.A. del módulo TP n.º 1
WR+6	Inicio de lectura del módulo de temperatura #1	
WR+7	Canal actual del módulo de temperatura #1	
No. No. No.	No. No. No.	No. No. No.
WR+(N×4)+0	Sensor del módulo #N	D.O. del módulo TP #N
WR+(N×4)+1	Nº de canal del módulo #N	I.A. del módulo TP #N
WR+(N×4)+2	Inicio de la lectura del Módulo de la temperatura #N	
WR+(N×4)+3	Canal de corriente del módulo de temperatura #N	

**Figura 42. Registros de trabajo del módulo FBS-16TC**

Fuente: Manual chapter 20

- ❖ Descripción de los registros especiales conexos para la medición de la temperatura: Estado de instalación del sensor.

R4010 : Cada bit de R4010 para indicar el estado de la instalación del sensor. Bit0=1 significa que está instalado el 1er punto del sensor de temperatura. Bit1=1 significa que está instalado el 2 ° sensor de temperatura. Bit 15=1 significa que el sensor de temperatura del 16° punto está instalado. (El valor predeterminado de R4010 es (FFFFFFH)).

R4011 : Cada bit de R4011 para indicar el estado de la instalación del sensor. Bit 0=1 significa que el sensor de temperatura del punto 17 está instalado. Bit1=1 significa que el sensor de temperatura del punto 18 está instalado. Bit 15=1 significa que el sensor de temperatura del punto 32 está instalado. (El valor predeterminado de R4011 es (FFFFFFH)).

Cuando se instala el sensor de temperatura (la broca correspondiente de R4010 o R4011 debe ser 1), el sistema realizará la detección de roturas de línea en el sensor. Si se ha producido un salto de línea en el sensor, aparecerá un mensaje de aviso y se mostrará el valor de salto de línea.

Cuando el sensor de temperatura no está instalado (la broca correspondiente de R4010 o R4011 debe ser 0), el sistema no realizará la detección de líneas rotas en el sensor y no habrá aviso; el valor de temperatura se mostrará como 0.

Dependiendo de la instalación del sensor, el programa escalera puede controlar la broca correspondiente de R4010 y R4011 para realizar o no la detección de rotura de línea.

### **5.3.3. Descripción de la programación**

La programación, es la acción de ordenar y estructurar una serie acciones de forma cronológica para cumplir un objetivo, en el caso de un proyecto de automatización, la programación es la cargada de controlar todos los procesos que se requieran, para realizar esto existen una gran variedad de lenguajes de programación, sin embargo, debido a su simplicidad para entender e interpretar sus instrucciones, el lenguaje de programación más utilizado para realizar la acción de automatizar un proceso es Ladder (KOP), también llamado diagrama de escalera o diagrama de contactos, este lenguaje de programación gráfico es muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos.

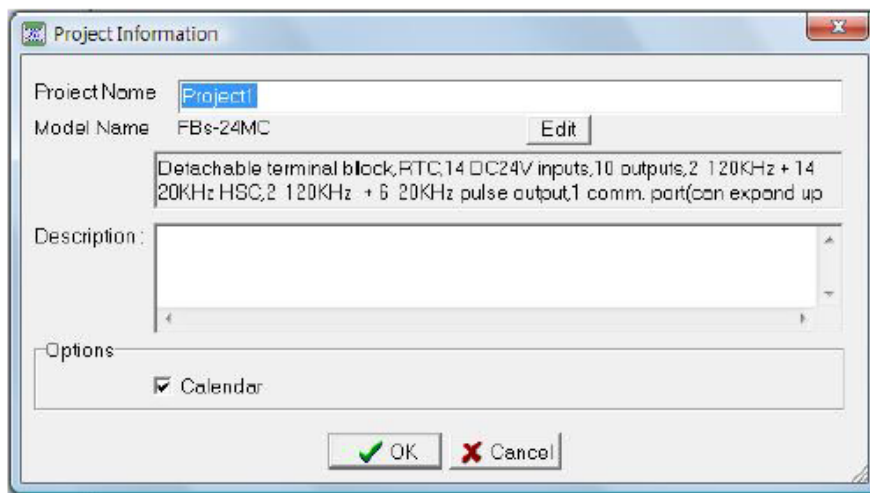
Por lo tanto, la propuesta de automatización consiste en la elaboración de un programa en ambiente escalera en Winproladder que es el programa que utiliza la marca de PLC fatek que permitirá controlar el proceso del diseño de un sistema de control de temperatura para moldeadora de plástico para la empresa ENLIVEN, C.A.

### 5.3.3.1. Como crear un proyecto en Winproladder

WinProladder es un software de programación orientado al proyecto, que presenta el contenido del desarrollo del programa de aplicación visualmente utilizando un método de visualización de diagrama de escalera.

Ahora se procederá a ver los pasos necesarios para crear un nuevo proyecto en Winproladder donde allí se realizarán los programas para hacer los controles de diferentes procesos.

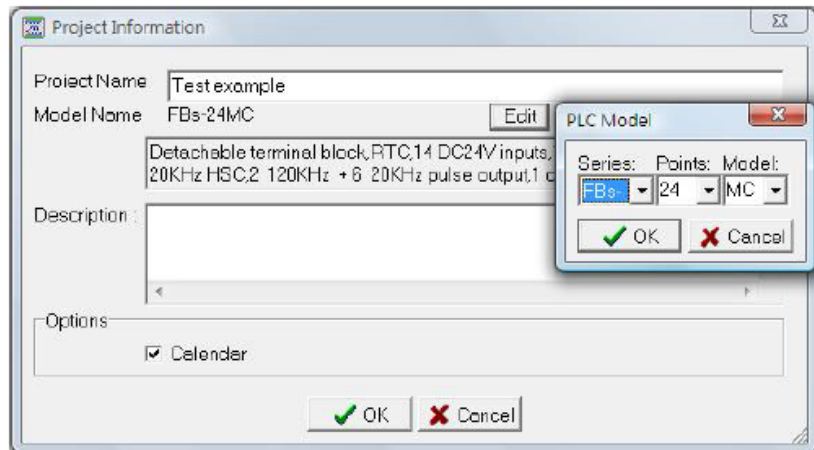
1. Ejecuta el programa WinProlad.exe.
2. Seleccione [Archivo] luego [Nuevo proyecto] en la barra de herramientas de funciones usando el mouse, o presione “Ctrl” + “N” en su teclado y aparecerá la ventana [Nuevo proyecto], como se muestra a continuación:



**Figura 43. Creación de proyecto en Winproladder**

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)

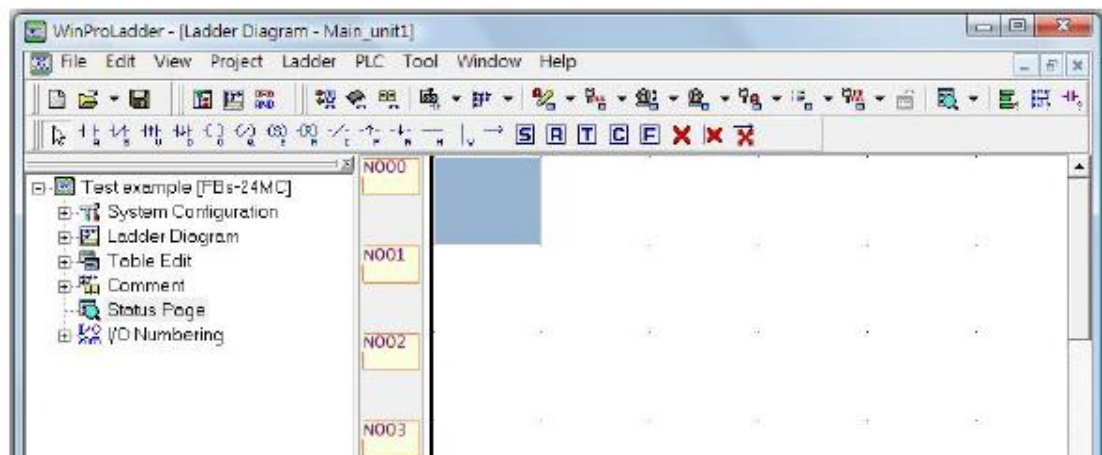
3. Ingrese el nombre del programa en el campo [Nombre del proyecto].
4. Haga clic en el botón “Edit” para ingresar a la pantalla de selección del tipo de modelo de PLC.



**Figura 44.** Selección del PLC a trabajar

Fuente: Kevin Uzcatogui (2023)

5. Seleccione el tipo de modelo correspondiente según la máquina de prueba real.
6. Haga clic en el botón “ok” y aparecerá la siguiente pantalla:



**Figura 45.** Pantalla inicial en Winproladder

Fuente: Kevin Uzcatogui (2023)

### 5.3.3.2. Configuración de hardware

En el apartado anterior 6.3.2.4.1 vimos cómo era la configuración del módulo FBS-16TC que es el módulo de termocuplas el cual nos permitirá saber la temperatura de las distintas zonas a controlar. Así como ese módulo, se tienen que configurar los diferentes módulos de expansión que se le requiera colocar al PLC para cierto control que se desee realizar a un proceso. Aquí se verán los pasos necesarios para dicha configuración, en este caso que verán, se realizará para

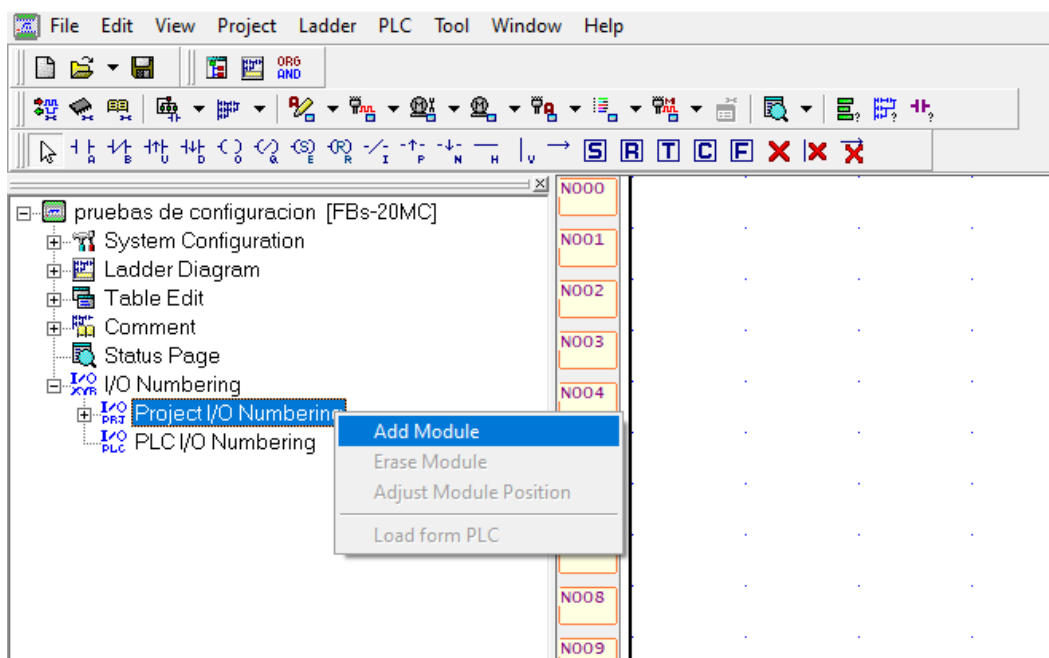
los módulos FBS-4DA y FBS-6AD que son los módulos necesarios para hacer el control de temperatura para moldeadora de plástico para la empresa ENLIVEN, C.A.

Para la lectura de entradas analógicas de los PLC de la serie FB, se utilizan 3 tipos de formatos de datos para representar la lectura. valor en función de la variación de las entradas analógicas externas. Además, admite el método promedio para mejorar la desviación del valor de lectura lejos de la interferencia de ruido o la señal analógica original inestable.

WinProLadder proporciona una interfaz de operación amigable y conveniente para la configuración de entrada analógica. Hay "formato de datos de entrada analógica", "bits válidos" y "número de promedio" para las configuraciones.

Para la configuración del módulo de entradas analógicas FBS-6AD se tienen que realizar los siguientes pasos:

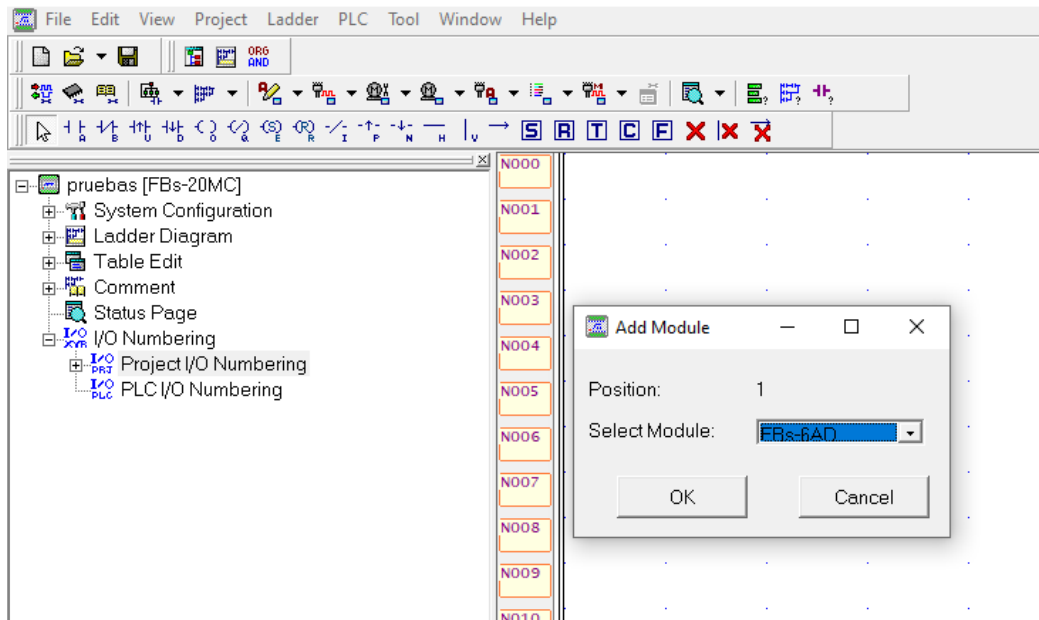
1. Insertar el módulo FBS-6AD. Una vez estando en la interfaz de winproladder, nos dirigimos donde dice "I/O numbering" en la parte izquierda, una vez le hayamos dado click izquierdo allí, procederemos a darle click derecho en "Project I/O numbering" y allí le daremos click en la opción de añadir modulo en la ventana emergente que nos aparecerá.



**Figura 46.** Añadir módulos de expansión

Fuente: Kevin Uzcatogui (2023)

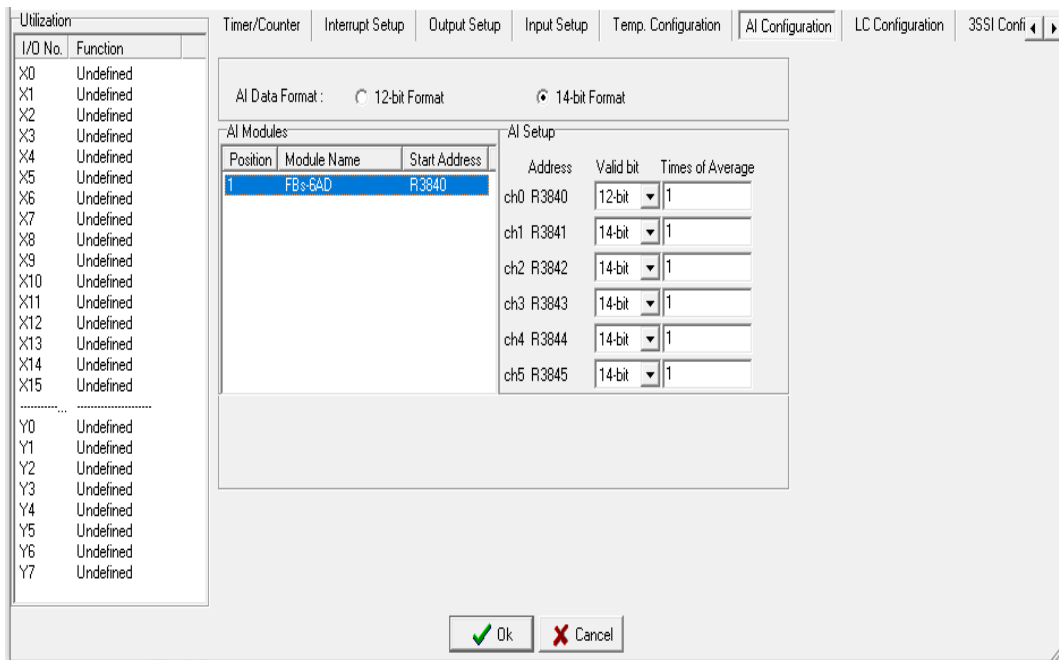
Al seleccionar añadir módulo nos aparecerá una ventana donde indicaremos el tipo de módulo que queramos utilizar en este caso será el módulo FBS-6AD que dicho módulo es el que se utilizará para las entradas analógicas y también en la ventana nos mostrará la posición en la que estará el mismo.



**Figura 47.** Selección del módulo de expansión FBS-6AD

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)

2. Si la unidad principal de FB se conecta con el módulo de expansión AD, detectará automáticamente y asignará el recurso del sistema (IR).
3. Para hacer la configuración del módulo nos dirigimos hacia la parte izquierda donde dice “*System configuration*” y damos click izquierdo luego nos aparecerá “*I/O Configuration*” el cual lo seleccionaremos y nos aparecerá una ventana emergente la cual en ella nos aparecerán diferentes opciones pero nos dirigimos a la parte donde dice “*AI Configuration*”.



**Figura 48.** Configuración del módulo FBS-6AD

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)



Descripción de la pantalla de configuración:

- “*AI Data Format*”: Todas las entradas analógicas se pueden asignar con una resolución de formato de datos de 12 o 14 bits.
- “*AI Modules*”: Esta ventana muestra la información de los módulos de entradas analógicas instalados; haga clic en el módulo selectivo trae la ventana de configuración para bits válidos y tiempos de promedio.
- “*AI Setup*”: Cuando el formato de datos tiene una resolución de 12 bits, se puede permitir que cada canal de entrada analógica establezca los tiempos de promedio, cuando el formato de datos tiene una resolución de 14 bits, se puede permitir que cada canal de entrada analógica establezca los bits válidos y los tiempos de promedio.

#### 4. Selección del formato del código de entrada:

Los usuarios pueden seleccionar entre códigos unipolares y bipolares. El rango de entrada de códigos unipolares y códigos bipolares es 0~16383 y -8192~8191, respectivamente. Los dos valores extremos de estos formatos corresponden al más bajo y al más alto, valores de señal de entrada, respectivamente (consulte la tabla a continuación). Por ejemplo, si el tipo de señal de entrada se establece en -10 V ~ +10 V, el tipo de señal es unipolar el código correspondiente a

la entrada es 8192 y el código bipolar correspondiente a la entrada es 0 para entrada de 0V. Si la entrada es 10V, el código unipolar correspondiente a la entrada es 16383 y el código bipolar correspondiente a la entrada es 8191. En general, el formato del código de entrada se selecciona según la forma de las señales de entrada; es decir, códigos unipolares para entrada unipolar señales; y códigos bipolares para señales de entrada bipolares. Al hacerlo, sus correlaciones se volverán más heurísticas. El formato de los códigos de entrada de todos los canales se selecciona desde JP1.

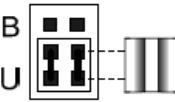


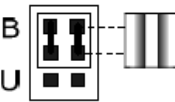


Input Code Format	JP1 Setting	Input Value Range	Corresponding Input Signals
Bipolar	JP1 	-8192 ~ 8191	-10V ~ 10V (-20mA ~ 20mA) -5V ~ 5V (-20mA ~ 20mA)
Unipolar	JP1 	0 ~ 16383	0V ~ 10V (0mA ~ 20mA) 0V ~ 5V (0mA ~ 10mA)

**Figura 49.** Tabla de señales de entradas para el FBS-6AD

Fuente: Manual chapter 18

Configuración del formulario de señal de entrada (JP2 y JP3):

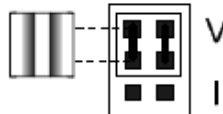
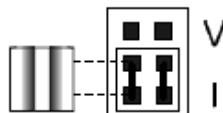
Los usuarios pueden configurar la forma de la señal de entrada (voltaje/corriente) de canales individuales; excepto la polaridad y amplitud que son comunes. La ubicación de los saltadores se tabula a continuación.

Signal Form	JP3 Setting	JP2 Setting
0 ~ 10V or 0 ~ 20mA		 5V 10V
0 ~ 5V or 0 ~ 10mA		 5V 10V
-10 ~ +10V or -20 ~ +20mA		 5V 10V
-5 ~ +5V or -10mA ~ +10mA		 5V 10V

**Figura 50.** Tabla de configuración de jumpers FBS-6AD

Fuente: Manual chapter 18

### Configuración de voltaje o corriente (JP4~JP9):

Signal Type	JP4(CH0) ~ JP9(CH5) Setting
Voltage	
Current	

**Figura 51.** Tabla de configuración de jumpers FBS-6AD

Fuente: Manual chapter 18

La configuración predeterminada de fábrica del módulo de entrada analógica B1-6AD es:

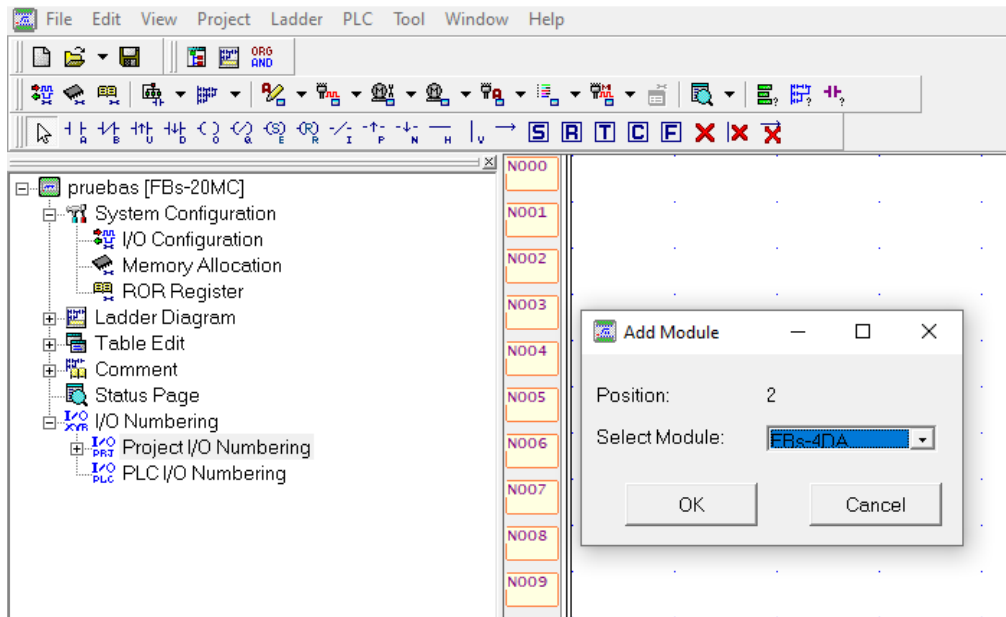
Formato de código de entrada – Bipolar (-2048~+2047)

Tipo y rango de señal de entrada: bipolar (-10 V ~ +10 V)

Todos estos datos se facilitan para una configuración más específica para aquellas aplicaciones que requieren una configuración diferente a la configuración predeterminada anterior, se deben realizar algunas modificaciones de la posición del puente según las tablas anteriores. Con esto último se tendría configurado en su totalidad el módulo FBS-6AD.

Ahora procedemos a ver como es la configuración del módulo de salidas analógicas FBS-4DA donde se tienen que realizar los siguientes pasos:

1. Repetimos el primer paso que seguimos en la configuración del módulo FBS-6AD pero en esta ocasión añadiremos el módulo FBS-4DA.





**Figura 52.** Selección del módulo de expansión FBS-4DA

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)

2. En este caso no se tiene que configurar ningún parámetro en el programa winproladder si no que se tiene que hacer la configuración de los puentes (si lo amerita).
3. Selección de formato de código de salida.

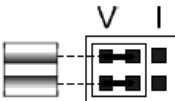
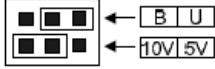
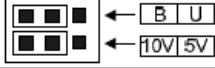
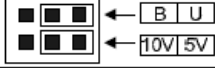
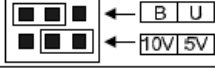
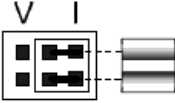
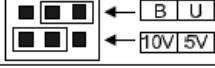



Los usuarios pueden seleccionar entre códigos unipolares y bipolares. El rango de salida de códigos unipolares y códigos bipolares es 0~16383 y –8192~8191, respectivamente. Los dos valores extremos de estos formatos corresponden al más bajo y al más alto. valores de señal de salida, respectivamente. En general, el formato del código de salida se selecciona de acuerdo con el formulario de señales de salida; es decir, códigos unipolares para señales de salida unipolares; y códigos bipolares para señales de salida bipolares. Al hacerlo, sus correlaciones se volverán más heurísticas. Sin embargo, como el formato del código de salida en todos los canales se selecciona desde JP1, es la elección del usuario de seleccionar códigos unipolares o bipolares si ambos se utilizan en diferentes canales.

Output Code Format	JP1 Setting	Output Value Range	Corresponding Input Signals
Bipolar	JP1 	-8192 ~ 8191	-10V ~ 10V(-20mA ~ 20mA) -5V ~ 5V(-10mA ~ 10mA)
Unipolar	JP1 	0 ~ 16383	0V ~ 10V(0mA ~ 20mA) 0V ~ 5V(0mA ~ 10mA)

**Figura 53.** Tabla de configuración de jumpers FBS-4DA

Fuente: Manual chapter 18

Configuración del formulario de señal de salida (JPA y JPB): Los usuarios pueden configurar la forma de la señal de salida (voltaje/corriente) de canales individuales; excepto la polaridad y amplitud que son comunes. Hay dos puentes para cada canal para controlar el tipo de señal de salida.

Signal Form	JPA (voltage/current) Setting	JPB (polarity/amplitude) Setting
0V ~ 10V		
-10V ~ 10V		
0V ~ 5V		
-5V ~ 5V		
0mA ~ 20mA		
-20mA ~ 20mA		
0mA ~ 10mA		
-10mA ~ 10mA		

**Figura 54.** Tabla de configuración de jumpers FBS-4DA

Fuente: Manual chapter 18

La configuración predeterminada de fábrica del módulo de salidas analógicas FBs-4DA es:

Formato de código de salida: bipolar (-8192 ~ +8191).

Tipo y rango de señal de salida: bipolar (-10 V ~ +10 V).

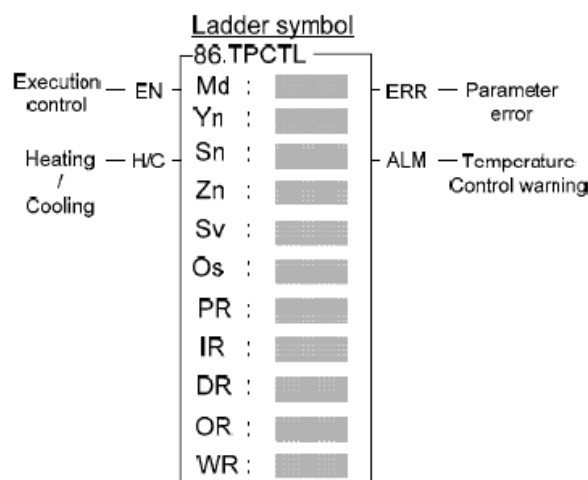
Para aquellas aplicaciones que requieren una configuración diferente a la configuración predeterminada anterior, se deben realizar algunas modificaciones según las tablas enumeradas anteriormente. Todos estos datos se facilitan para el caso que no se desee utilizar la configuración predeterminada. Una vez realizados estos pasos ya tendríamos configurado el módulo FBS-4DA.

### 5.3.3.3. Programación del control de temperatura PID para moldeadora de plástico para la empresa ENLIVEN, C.A

Para el programa de automatización se creó un proyecto llamado “Control de temperatura”, el cual está en un Main principal, donde se verá la automatización para el sistema de control de temperatura PID para moldeadora de plástico para la empresa ENLIVEN, C.A.

En este Proyecto se realizó la configuración del hardware de los módulos que se mencionaron anteriormente que son el FBS-16TC, FBS-6AD y el FBS-4DA, una vez realizada la configuración se procedió a realizar el programa que se muestra a continuación.

Primeramente, se presenta la función FUN86, esta es la encargada de realizar el control PID en nuestro programa y es de suma importancia conocer cómo trabaja ya que de allí se realizan los ajustes necesarios para tener un mejor control del proceso. A continuación, se verá la función y todos los parámetros a configurar. Esta función trabaja en conjunto con el módulo FBS-16TC para realizar el control PID, ya que este módulo toma las medidas de temperatura de cada una de las termocuplas y realiza los debidos ajustes para tener la resolución adecuada, y estas medidas las utiliza la función FUN86 para realizar dicho control.



**Figura 55.** FUN86

Fuente: Manual chapter 20

- Md : Selección del método PID, cuando es =0 utiliza Método de rebasamiento mínimo modificado; cuando es =1 utiliza Método PID universal.
- Yn : Dirección de inicio de la salida PID ON/OFF; toma puntos Zn.
- Sn : Punto inicial del control PID de esta instrucción; Sn = 0~31.
- Zn : Número del control PID de esta instrucción;  $1 \leq Zn \leq 32$  y  $1 \leq Sn+Zn \leq 32$
- Sv : Registro inicial del punto de ajuste (set point); toma registros Zn. (Unidad en  $0,1^\circ$ )
- Os: Registro inicial del desvío en zona; toma registros Zn. (Unidad en  $0,1^\circ$ )
- PR: Registro inicial de la ganancia (Kc); toma registros Zn.
- IR: Registro inicial de la constante de sintonización integral (Ki); toma registros Zn.
- DR : Registro inicial de la constante de sintonización derivada (Td); toma registros Zn.
- OR: Registro inicial de la salida analógica PID; toma registros Zn.
- WR : Inicio del registro de trabajo para esta instrucción. Se necesitan 9 registros y no se puede repetir en el uso.

Todos estos son los parámetros que debemos ingresar en FUN86 para su funcionamiento, la mayoría de estos los trabajamos con registros del PLC, aquí se trabajó específicamente con los registros R los cuales se identificaron cada uno de ellos para llevar un orden y control a medida de que fuera creciendo el programa.

Esta función realiza un control PID el cual este viene dado por la siguiente expresión digitalizada.

$$M_n = [K_c \times E_n] + \sum_0^n [K_c \times K_i \times T_s \times E_n] + [K_c \times T_d \times (P V_n - P V_{n-1}) / T_s]$$

**Figura 56.** Expresión matemática PID digitalizada de FUN86

Fuente: Manual chapter 20

M n : Salida en el tiempo “n”.

Kc : Ganancia (Rango: 1~9999;  $P_b=1000 / K_c \times 0,1\%$ , Unidad en 0,1%)

Ki : Constante de ajuste integral (rango:0~9999, equivalente a 0,00~99,99 Repeat/Minute)

T d : Constante de ajuste de derivación (rango:0~9999, equivalente a 0,00~99,99 minutos)

PVn : Variable de proceso en el tiempo “n”

PVn - 1: Variable de proceso cuando se resolvió el bucle por última vez

En : Error en el tiempo “n” ;  $E= SP - PVn$

T s: Intervalo de solución para el cálculo de PID (los valores válidos son 10, 20, 40, 80, 160, 320; la unidad está en 0,1 seg.).

La expresión nos muestra con más exactitud cómo trabaja FUN86 para realizar el control PID y lo que involucra ello. Modificando los valores proporcional, integral y derivativo realizamos los ajustes necesarios hasta que estén en un punto adecuado a nuestro proceso de control de temperatura para moldeadora de plástico para la empresa ENLIVEN,C.A.

- Ajustar correctamente los parámetros PID puede obtener un resultado excelente para el control de la temperatura.
- El intervalo de solución predeterminado para el cálculo de PID es de 4 segundos ( $T_s=40$ ).
- El valor predeterminado de ganancia (Kc) es 110, donde  $P_b=1000/110 \times 0.1\% \approx 0.91\%$ ; el rango completo del sistema es  $1638^\circ$ , significa que el valor  $SP-14.8^\circ$  ( $1638 \times 0.91 \approx 14.8$ ) permitirá que la operación PID entre en control de banda proporcional.
- El valor predeterminado de la constante de ajuste integral es 17.
- El valor predeterminado de la constante de ajuste derivada es 50, lo que significa que el tiempo de velocidad es de 0,5 minutos ( $T_d=50$ ).
- Al cambiar el intervalo de la solución PID, puede volver a ajustar los parámetros Kc, Ki, Td.

Esta función tiene una configuración y unos pasos a seguir para su funcionamiento como también tiene bits especiales que podemos utilizar para un mejor control, como determinar temperaturas elevadas, cortocircuitos, activar alarmas, entre otros. Se presentan a continuación:

- FUN86 se habilitará después de leer todos los canales de temperatura.
- Cuando el control de ejecución “EN” = 1, depende del estado de entrada de H/C para que el funcionamiento PID realice el control de calefacción (H/C=1) o refrigeración (H/C=0). Los valores actuales de la temperatura medida se obtienen a través del módulo de temperatura de multiplexación ; los puntos de ajuste de la temperatura deseada se almacenan en los registros a partir de Sv. Con el cálculo de la expresión PID del software, responderá el error con una señal de salida de acuerdo con el ajuste del punto de ajuste, la integral del error y la tasa de cambio de la variable de proceso. Convertir la salida del cálculo PID en la salida de encendido/apagado proporcional al tiempo (PWM), y a través de la salida del transistor para controlar el SSR para el proceso de calefacción o refrigeración; donde hay un buen rendimiento y una solución de muy bajo costo. También puede aplicar la salida del cálculo PID (almacenada en registros a partir de OR), mediante el módulo de salida analógica D/A, para controlar el SCR o la válvula proporcional, a fin de obtener un control del proceso más preciso, esta fue la salida que se utilizó para este proceso.
- Cuando el ajuste de Sn, Zn (0 U Sn U 31 y 1 U Zn U 32, así como 1 U Sn + Zn U 32) viene error, esta instrucción no se ejecutará y la salida de instrucción “ERR” estará ON.
- Esta instrucción compara el valor actual con el punto de ajuste para comprobar si la temperatura actual se encuentra dentro del rango de desviación (almacenado en el registro a partir de Os). Si cae en el rango de desviación, establecerá el bit en la zona de ese punto en ON; si no, borre el bit en la zona de ese punto para que esté OFF y haga que la salida de instrucción “ALM” esté en ON.
- Mientras tanto, esta instrucción también comprobará si la advertencia de temperatura es más alta. Cuando se escanea sucesivamente durante diez veces los valores actuales de la temperatura medida son todos superiores o iguales al punto de ajuste de advertencia más alto, el bit de advertencia se establecerá en ON y la salida de instrucción “ALM” estará en ON. Esto puede evitar el problema de seguridad

provocado por temperatura fuera de control, en el caso de que se produzca un cortocircuito en el circuito del SRS o de la calefacción.

- Esta instrucción también puede detectar el problema de no poder calentar resultante del SSR o del circuito de calefacción abierto, o de la banda de calefacción obsoleta. Cuando la salida del control de temperatura pasa a ser de gran potencia sucesivamente en un tiempo determinado, y no puede hacer que la temperatura actual caiga en el rango deseado, el bit de advertencia estará en ON y la salida de instrucción “ALM” estará en ON.
- WR: Inicio del registro de trabajo para esta instrucción. Se necesitan 9 registros y no se puede repetir en el uso. El contenido de los dos registros WR+0 y WR+1 que indica si la temperatura actual está dentro del intervalo de desviación (almacenado en registros a partir de Os). Si cae en el rango de desviación, el bit de la zona de ese punto se establecerá en ON; si no, el bit de la zona de ese punto se borrará OFF. El contenido de los dos registros WR+2 y WR+3 son los registros de bits de advertencia, que indican que si existe la advertencia de temperatura más alta o circuito de calefacción abierto. Los registros de WR+4 ~ WR+8 se utilizan en esta instrucción.

FUN86 tiene registros específicos del PLC que están relacionados con la función y tienen ciertas características.

- R4003 = A55AH, la dirección inicial del valor de lectura de la temperatura está definida por R4004.

= Otros valores, la dirección inicial del valor de lectura de temperatura se define en la pantalla de configuración de temperatura.

- R4004 = 10000~13839, se define R0~R3839 es la dirección inicial del valor de lectura de temperatura como las variables de proceso para el control PID.

= 20000~23999, define D0~D3999 como la dirección de inicio del valor de lectura de temperatura como las variables de proceso para el control PID.

= Otros valores, la dirección inicial del valor de lectura de temperatura se define en la pantalla de configuración de temperatura.

- R4005 : Contenido de byte bajo para definir el intervalo de solución entre el cálculo de PID

=0, realice el cálculo de PID cada 1 segundo.

=1, realice el cálculo de PID cada 2 segundos.

=2, realice el cálculo de PID cada 4 segundos. (Sistema predeterminado)

=3, realice el cálculo de PID cada 8 segundos.

=4, realice el cálculo de PID cada 16 segundos.

≥5, realice el cálculo de PID cada 32 segundos.

- R4006: El punto de ajuste de la detección de gran potencia de salida para SSR o circuito de calefacción abierto, o banda de calefacción obsoleta. La unidad está en % y el rango de ajuste cae en 80~100(%); el valor predeterminado del sistema es 90(%)

- R4007: El tiempo de ajuste para detectar la duración continua de una gran salida de potencia mientras el SSR o el circuito de calefacción están abiertos, o la banda de calefacción está obsoleta. La unidad está en segundo lugar y el rango de ajuste cae en 60~65535 (segundos); el valor predeterminado del sistema es 600 (segundos).

- R4008: El punto de ajuste de la advertencia de temperatura más alta para SSR, o la detección de cortocircuito del circuito de calefacción. La unidad está en 0,1 grados y el rango de ajuste cae en 100~65535; el valor predeterminado del sistema es 3500 (Unidad en 0,1°).

- R4012: Cada bit de R4012 para indicar la necesidad de control de temperatura PID.

Bit0=1 significa que el primer punto necesita control de temperatura PID.

Bit1=1 significa que el punto 2 ° necesita control de temperatura PID.

.

.

Bit15=1 significa que el punto 16 necesita control de temperatura PID.

(El valor predeterminado de R4012 es FFFFFFFH)

- Mientras que el control de ejecución “EN”=1 y el bit correspondiente del control PID de ese punto es ON (el bit correspondiente de R4012), la instrucción FUN86 realizará la operación PID y responderá al cálculo con la señal de salida.
- Mientras el control de ejecución “EN”=1 y el bit correspondiente del control PID de ese punto esté OFF (el bit correspondiente de R4012), el FUN86 no realizará la operación PID y la salida de ese punto estará OFF.
- El programa escalera puede controlar el bit correspondiente de R4012 para decirle al FUN86 que realice o no el control PID, y solo necesita una instrucción FUN86.

Teniendo ya el conocimiento de cómo FUN86 realiza el control PID, cuales son los parámetros a modificar y cuales son sus valores predeterminados, colaremos todos los valores que nuestro sistema de control de temperatura para moldeadora de plástico para la empresa ENLIVEN, C.A necesita. Estos valores son específicos del proceso donde los más importantes son los valores de ganancia proporcional (Kc), el ajuste integral (Ki) y el ajuste derivativo (Td), los cuales variando estos parámetros nos dará la respuesta más adecuada para el sistema.

Para ello se utilizó la función de transferencia del proceso la cual fue simulada con el programa MATLAB, el cual permite hacer la simulación de la planta con una respuesta escalón en lazo abierto, donde la respuesta a dicho escalón nos dará una curva característica.

$$\frac{C(S)}{U(S)} = \frac{15.12}{\tau S + 1.35}$$

Si puede representar la función de transferencia del sistema aproximando por una función de primer orden con una ganancia estática K y una constante de tiempo T con un tiempo de retraso L, de la forma:

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{ke^{-Ls}}{\tau s + 1}$$

Para lo cual realizamos un programa en MATLAB, aplicando un escalón unitario a la planta. A continuación, presentamos el programa desarrollado en MATLAB:

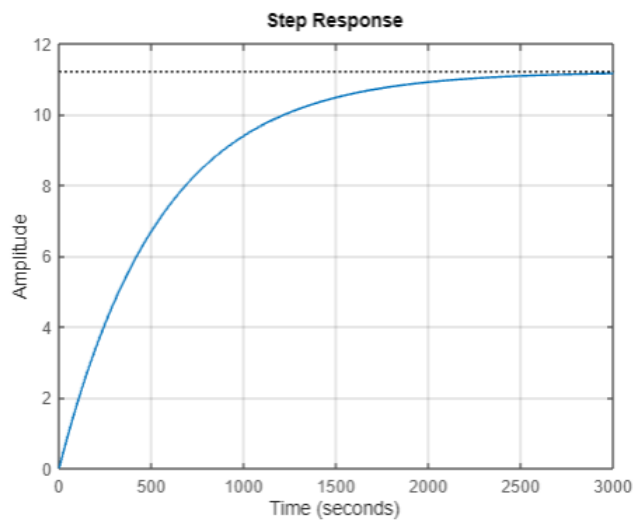
```
n=[15.12];
```

```
d=[740 1.35];
```

```
t=0:15:3000;
```

```
step(n,d,t), grid
```

Simulando este código en MATLAB obtenemos lo siguiente:



**Figura 57.** Respuesta del sistema

Fuente: Matlab online

Luego de haber realizado la simulación de la función de transferencia buscamos la constante de tiempo y el valor del tiempo de retraso, para lo cual planteamos la siguiente programación en MATLAB:

```
% Definir la función de transferencia
```

```
num = [15.12]; % Numerador
```

```
den = [740, 1.35]; % Denominador
```

```
G = tf(num, den); % Función de transferencia
```

```
% Calcular la constante de tiempo
```

```
tau = 1 / abs(pole(G)); % Constante de tiempo
```

```
% Calcular el valor del tiempo de retraso
```

```
delay = -real(pole(G)); % Tiempo de retraso
```

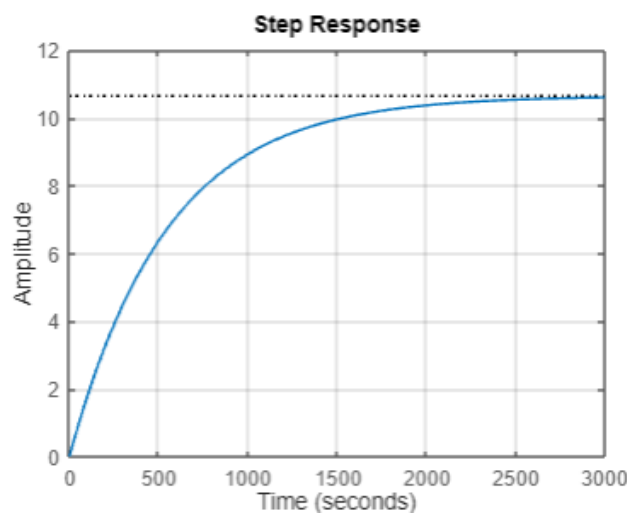
% Mostrar los resultados

```
disp(['La constante de tiempo es: ', num2str(tau)]);
```

```
disp(['El tiempo de retraso es: ', num2str(delay)]);
```

De la siguiente simulación se puede obtener los siguientes valores: La constante de tiempo es: 548.14; El tiempo de retraso es: 0.0018243. Finalmente, la planta se representa por la siguiente relación:

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{10.65}{548.14S + 1}$$



**Figura 58.** Función de transferencia

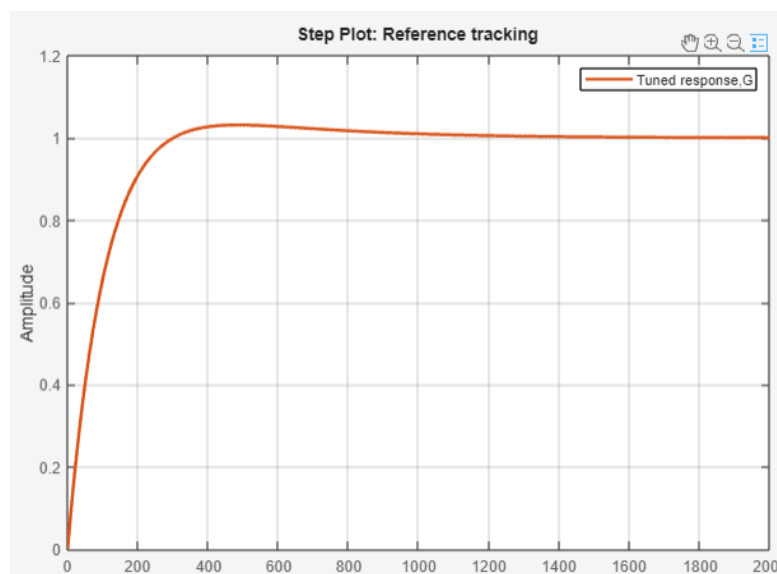
Fuente: Matlab online

Podemos observar cómo evoluciona las resistencias eléctricas; en el cual se ha usado la relación, tomando  $q(s)$  como una entrada paso y la constante de tiempo igual a 548.14 segundos, en el cual se aprecia que es el tiempo en que el las resistencias alcanzan el 62.42% de su valor en estado estacionario.

Ahora se pasó a realizar el cálculo de los parámetros del controlador PID. Es importante destacar que para realizar el cálculo de los parámetros del controlador PID es necesario tomar en cuenta un sensor de temperatura para poder realizar un sistema de control cerrado. El controlador PID como así también el sensor al cual consideramos como una constante e idealmente con ganancia unitaria. Para calcular los parámetros del controlador PID del sistema es bajo ciertas especificaciones que tiene que cumplir el sistema de lazo cerrado.

Es importante destacar que para realizar el cálculo de los parámetros del controlador PID es necesario tomar en cuenta un sensor de temperatura para poder realizar un sistema de control cerrado. El controlador PID como así también el sensor al cual consideramos como una constante e idealmente con ganancia unitaria. Para calcular los parámetros del controlador PID del sistema es bajo ciertas especificaciones que tiene que cumplir el sistema de lazo cerrado.

Para esto utilizaremos la aplicación de MATLAB PID tuner la cual esta nos ayudará a configurar los parámetros  $K_p$ ,  $T_i$  y  $T_d$  de nuestra función de transferencia para nuestro control PID, esta la podremos variar mediante deslizadores la cual nos permite variar la respuesta en el tiempo y la transición de dicha curva. Realizando estos ajustes tenemos la siguiente gráfica:



**Figura 59.** Respuesta a lazo cerrado PID

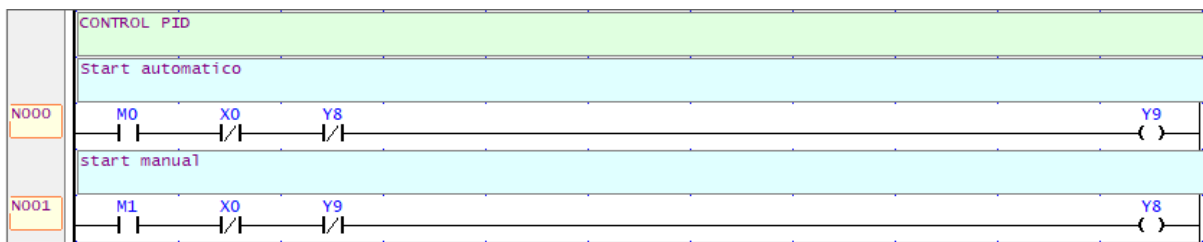
Fuente: Matlab online

Aquí apreciamos la respuesta al control PID de la función de transferencia que representa el sistema de control de temperatura para moldeadora de plástico para la empresa ENLIVEN, C.A la cual se le ajustaron los parámetros para que la salida fuera tuviera la respuesta deseada.

Para un control mucho más exacto se puede realizar el ensayo de Ziegler-Nichols para que el sistema tenga una mejor respuesta, así se tendrán valores con más exactitud, ya que este ensayo es de prueba y error por lo que iremos ajustando los parámetros  $K_p$ ,  $T_i$  y  $T_d$  dependiendo de cómo responda el sistema a dichos cambios se irán variando o no, para tener una respuesta acorde a lo que estemos buscando.

Una vez terminado de sacar los parámetros PID estamos listos para ver cómo funciona el programa para el sistema de control de temperatura PID para la empresa ENLIVEN, C.A y analizar su código que se encuentra en un “*Main\_unit1*” en un archivo llamado “*control de temperatura*”.

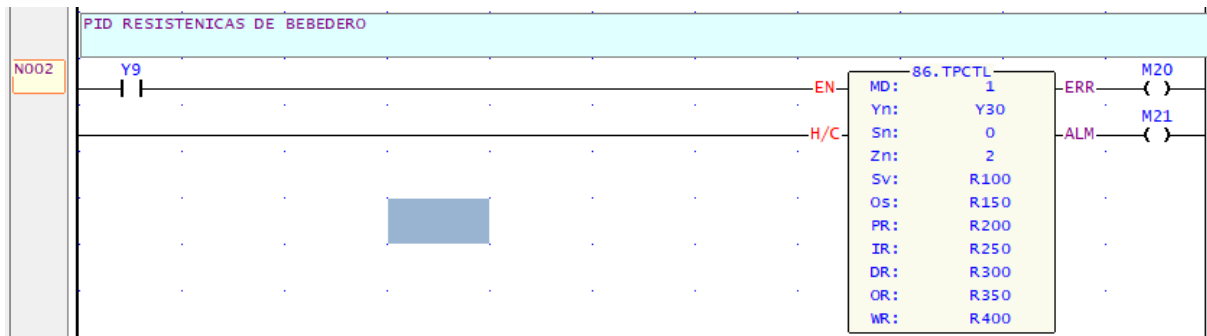
En primera instancia en “*Main\_unit1*” vamos a encontrarnos con el inicio del programa el cual tiene como primera línea de programación el “*start automático*”, donde esté nos va a encender una salida digital Y9 la cual su propósito es encender un led indicándonos que se ha activado el control automático del sistema. El encendido de Y9 viene restringido por dos contactos normalmente cerrados los cuales se abren al activarse, Y8 que es el led de “*start manual*” ya que este no permitirá estar activado los dos modos al mismo tiempo, X0 es una parada de emergencia del sistema. En su segunda línea de programación nos encontraremos con el start manual este nos activará un led Y8 el cual nos indica que el control manual está activado así mismo este está gobernado por la parada de emergencia y un contacto normalmente cerrado que se abre si está activado el control automático.



**Figura 60.** Start de automático y manual

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)

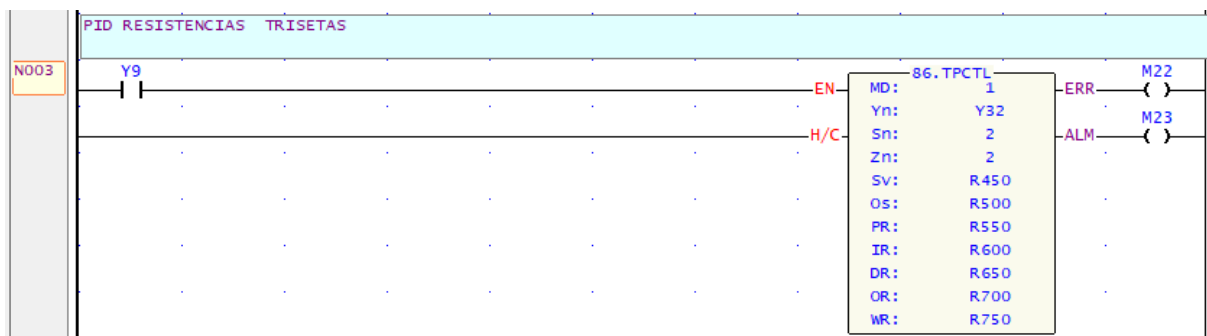
En la figura siguiente se verá el primer módulo PID de FUN86 el cual nos hará el control de temperatura para las resistencias del bebedero, allí se muestran las direcciones de cada uno de los parámetros a configurar. Esta función se activará en el momento en que Y9 se active ya que está asociado un contacto normalmente abierto a la entrada “*EN*” de FUN86. La función nos da dos salidas las cuales están asociadas a marcas de memoria, dichas salidas son de error y de alarma donde este se activará si la temperatura llegará a pasarse del límite puesto o si ocurriera un cortocircuito en el sistema.



**Figura 61.** FUN86 de resistencias de bebedero

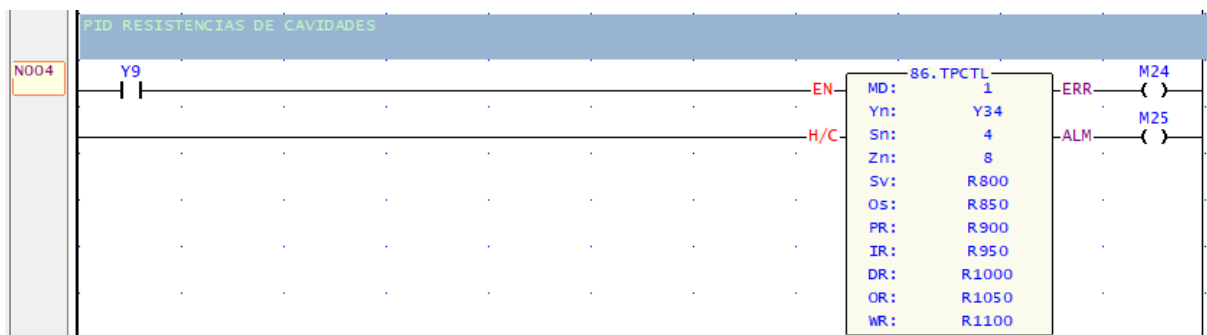
Fuente: Kevin Uzcategui (2023)

Las figuras siguientes son los dos módulos PID de FUN86 restantes que respectivamente son de las resistencias de trisetas y las resistencias de las cavidades. En estos módulos encontraremos lo mismo del módulo anterior, se activan mediante Y9 y tendrán sus salidas de error y de alarma.



**Figura 62.** FUN86 de resistencias de trisetas

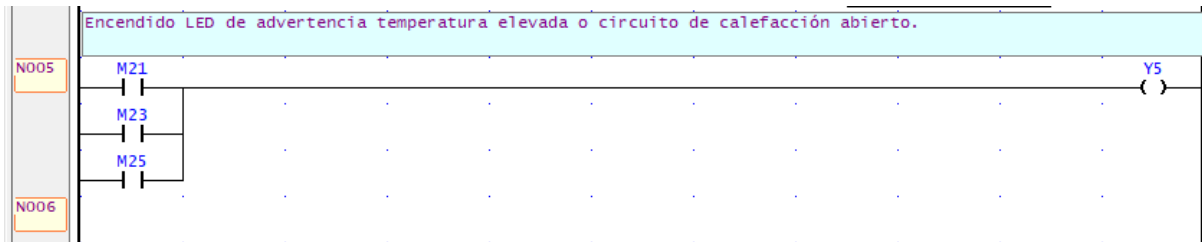
Fuente: Kevin Uzcategui (2023)



**Figura 63.** FUN86 de resistencias de cavidades

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)

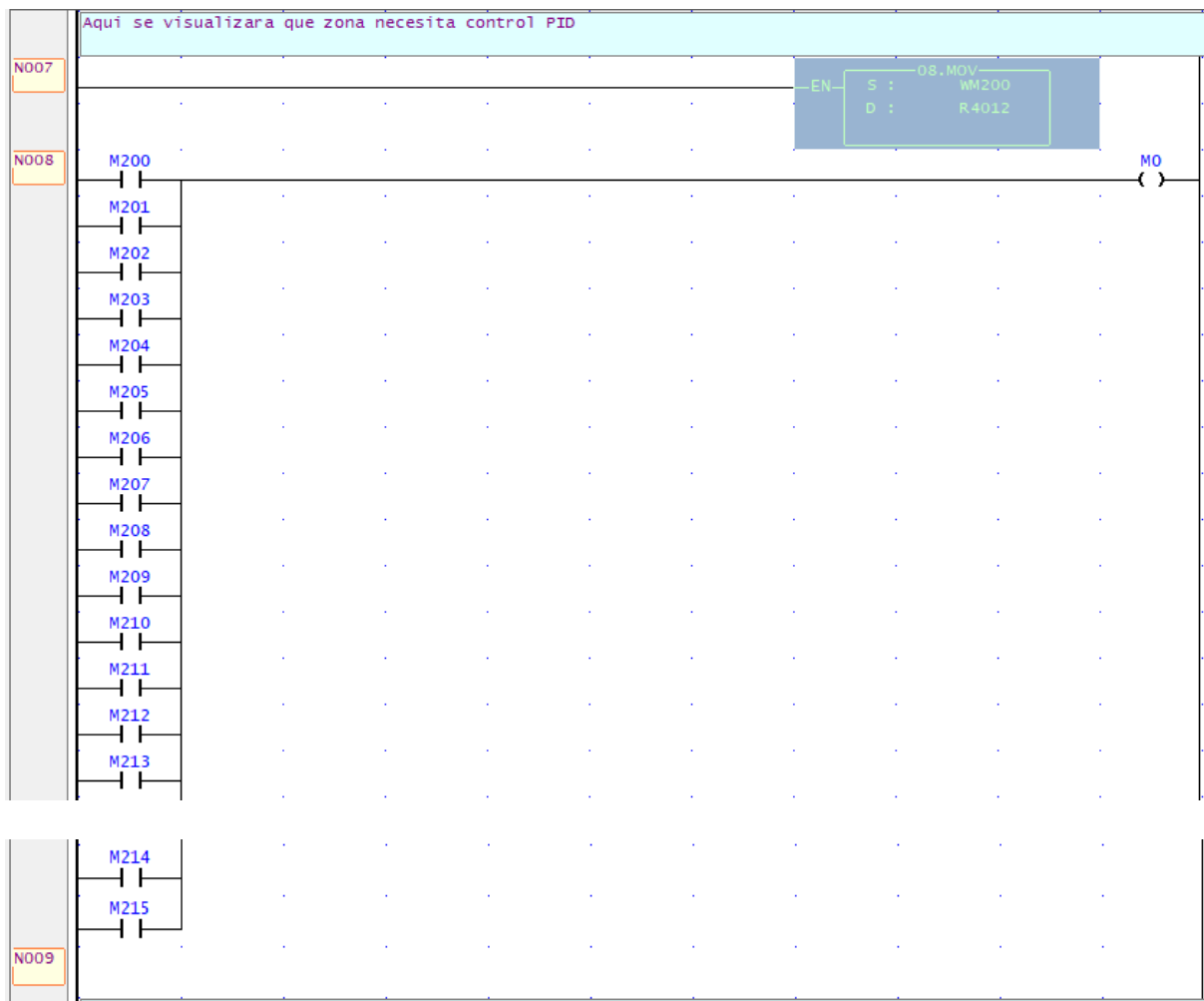
En la línea de programa siguiente se verá el encendido de un led emergencia el cual vendrá dado en el momento en el que una de las salidas de emergencia de cualquiera de los tres módulos PID FUN86 se active.



**Figura 64.** Encendido leds de advertencia

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)

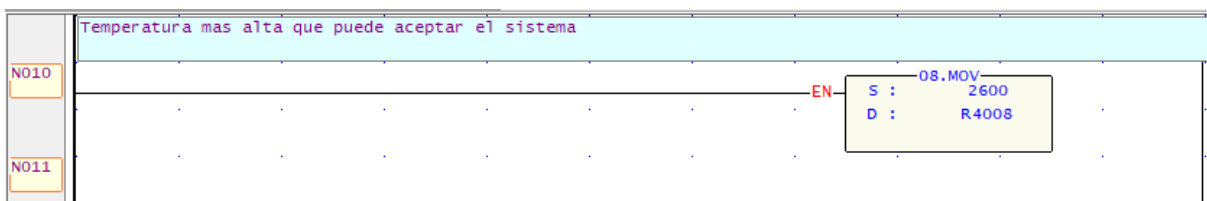
En la siguiente figura se verá la activación de cada uno de las zonas, la cual estará solicitando el control PID de FUN86 si su contacto está activado, si el contacto no está activado dicha zona no se le estará realizando el control PID, lo que quiere decir que podemos manipular cual zona recibirá un control PID y cual zona no de manera independiente. Esto lo podemos hacer gracias al registro especial R4012 el cual se habló anteriormente donde cada bit de dicho registro representa una zona de 1 a 16.



**Figura 65.** Control de zonas que necesiten PID

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)

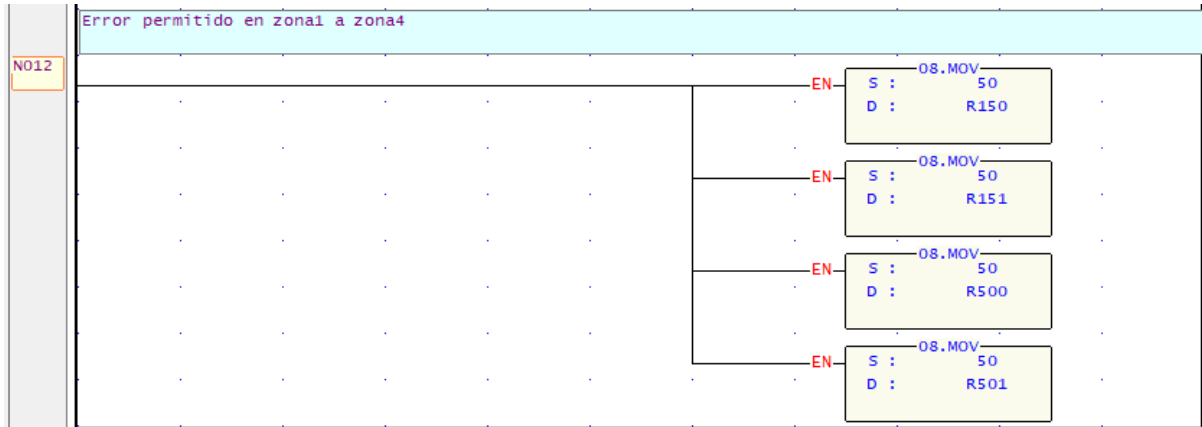
A continuación veremos cómo con una función MOV fijamos el valor de la temperatura más alta que puede aceptar el sistema, esta fue de 260°C pero en la función aparece 2600 ya que los registros que estamos trabajando de temperatura están con una resolución de 0.1°C.



**Figura 66.** Configuración de temperatura más alta permitida

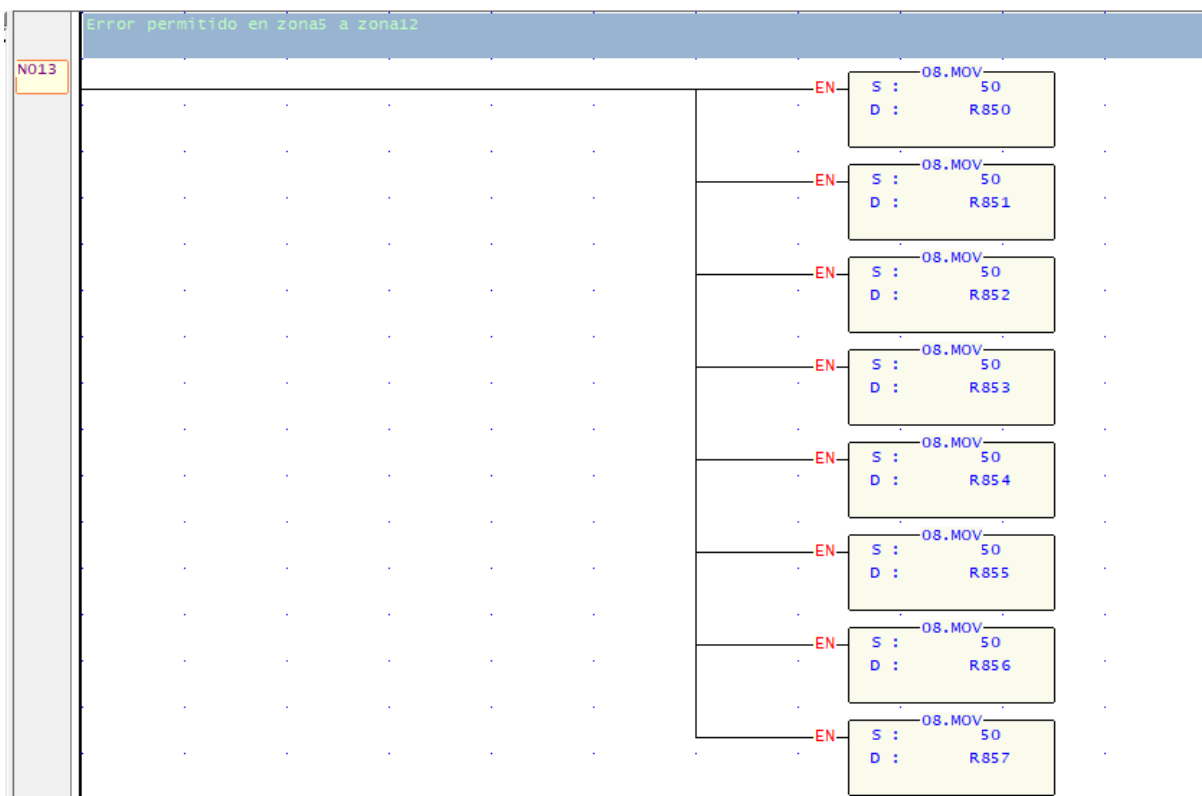
Fuente: Kevin Uzcategui (2023)

Las figuras que se mostrarán son las líneas de programación de los errores permitidos (Os) en cada una de las zonas a controlar, esto se realizó con una función MOV dirigiendo el valor a cada uno de los registros. El error permitido para todas las zonas es de 5°C.



**Figura 67.** Configuración Error permitido de zona 1 a zona 4

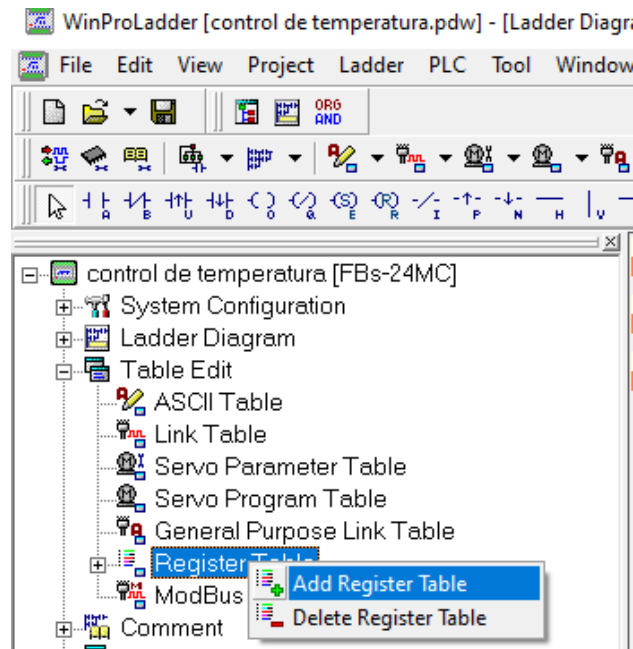
Fuente: Kevin Uzcategui (2023)



**Figura 68.** Configuración Error permitido de zona 5 a zona 12

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)

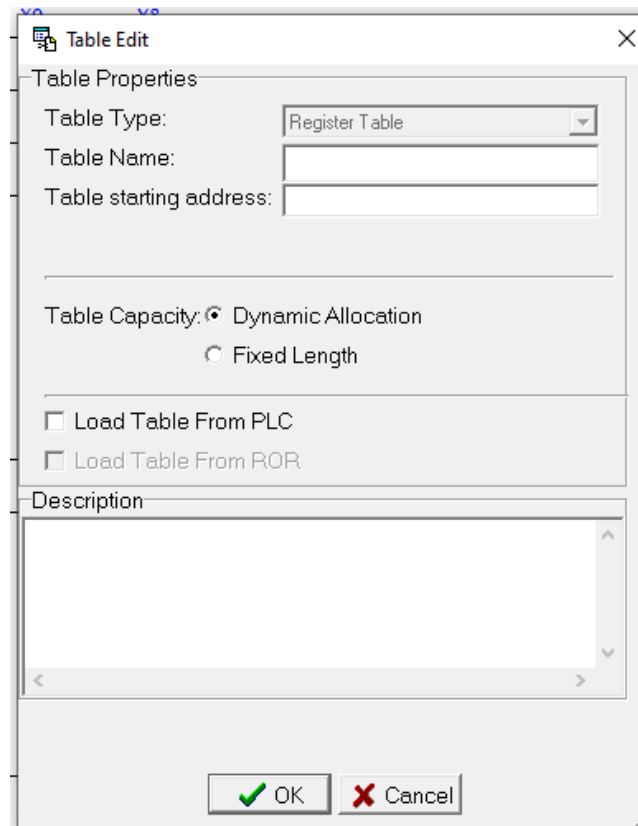
Los Parámetros del PID se ingresaron mediante tablas que se pueden cargar al PLC, para ello nos dirigimos a la parte izquierda del programa y nos dirigimos donde dice “*Table Edit*” y luego seleccionamos con click derecho “*Register Table*” donde nos saldrá una ventana que seleccionaremos allí añadir tabla.



**Figura 69.** Adición de tabla de registro

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)

Luego nos mostrará una ventana emergente en la cual colocaremos nombre de la tabla inicio de registro y la capacidad de la misma. Una vez configuremos esto iremos agregando los registros que vayamos a utilizar con su respectivo valor y hecho esto, ya tendríamos los valores guardados y listos para subir al PLC.



**Figura 70.** Configuración tabla de registros

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)

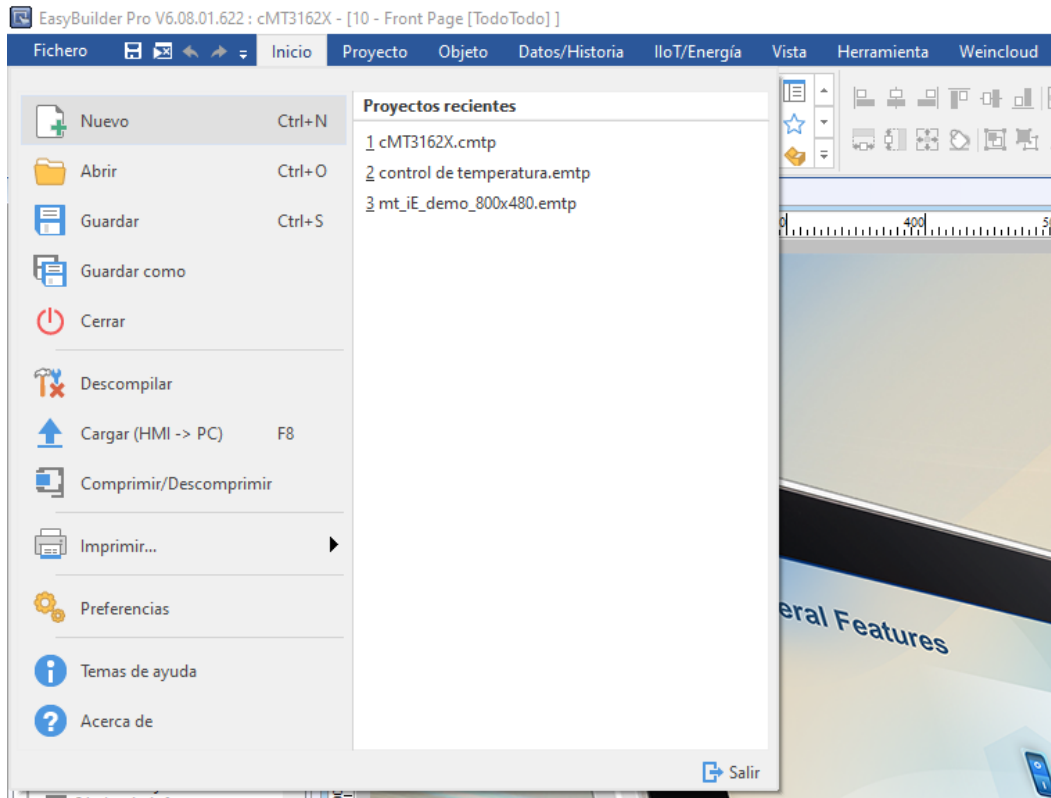
Realizado todo esto tendríamos listo nuestro programa para un sistema de control de temperatura PID para una moldeadora de plástico para la empresa ENLIVEN, C.A.

#### **5.3.3.4. Programación del HMI**

Para este proyecto se utilizara un HMI de la marca WEINTEK modelo mt8071ip weinview, el cual se utilizara para controlar todo el proceso, como también para ver la temperatura de cada una de las zonas a controlar, permitiéndonos tener una vista clara de cómo varía la temperatura en el proceso y un control más sencillo al ser la pantalla táctil.

Estas pantallas de la marca WEINTEK se programan y se configuran mediante el software “*Easy Builder Pro*”, estas pantallas son muy amigables con el usuario ya que tiene una compatibilidad muy amplia con gran variedad de PLC’s lo que la hace una opción muy buena.

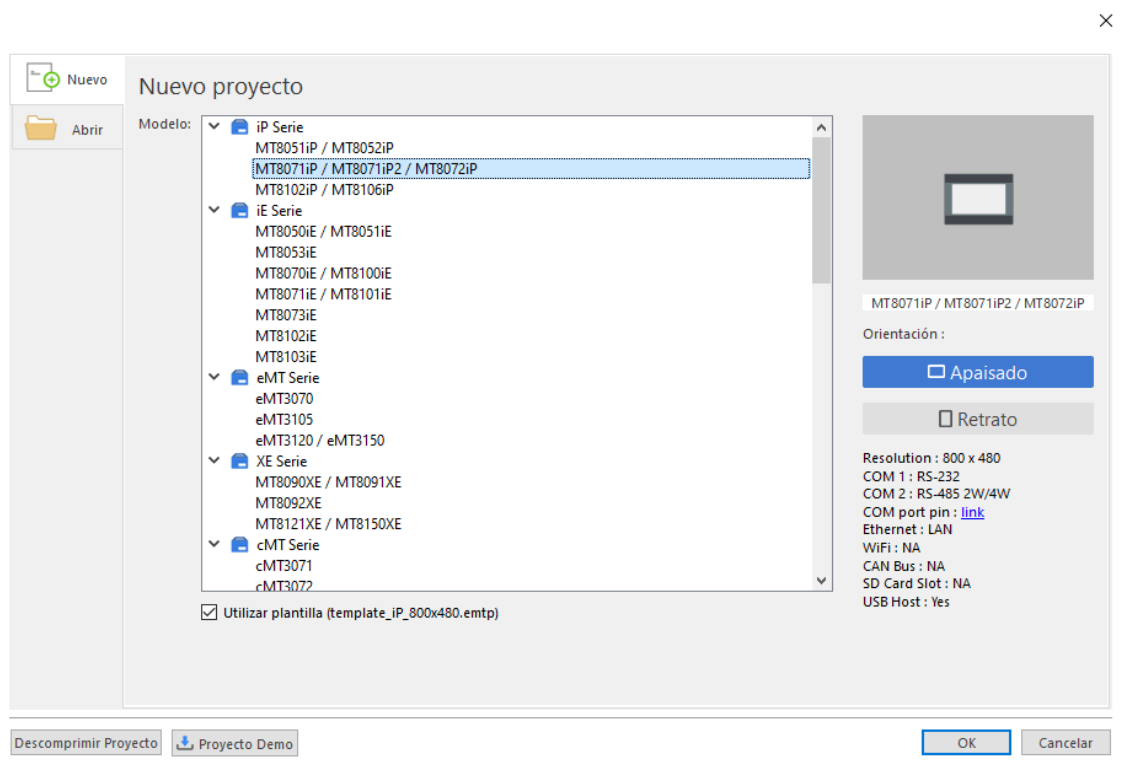
Para crear un proyecto en este software debemos iniciarlo y una vez estando en la pantalla de inicio, nos dirigimos hacia la parte superior izquierda donde dice “Fichero” seleccionamos y luego le damos click en donde dice “Nuevo” .



**Figura 71.** Nuevo proyecto EasyBuilder

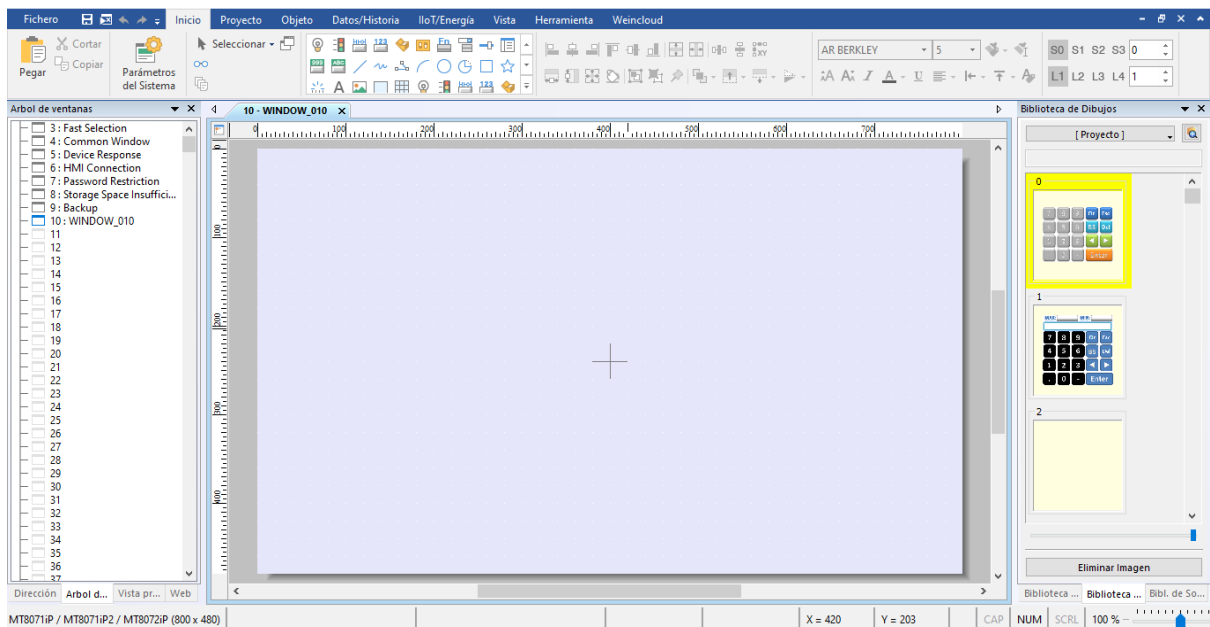
Fuente: Kevin Uzcategui (2023)

Nos aparece una ventana emergente donde tendremos que seleccionar la pantalla a utilizar en nuestro caso buscamos la antes mencionada que es mt8071ip la seleccionamos y le damos aceptar allí aparecera otra ventana emergente la que le daremos aceptar igualmente ya que no tendremos que cambiar ningun parametro.



**Figura 72.** Configuración de pantalla

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)



**Figura 73.** Pantalla de inicio

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)

Hecho los pasos anteriores estaríamos listos para empezar a configurar nuestra pantalla. En este proyecto se realizó el diseño de esta pantalla de manera que se pudiera ir cambiando de zona en zona, pero teniendo opción de poder tener una pantalla principal en la cual se encontrarán todas las zonas a controlar y poder seleccionar entre ellas.

A continuación se mostrará la pantalla principal del HMI para el sistema de control de temperatura para una moldeadora de plástico para la empresa ENLIVEN,C.A ; la cual cuenta con doce cuadros que dirigen a las doce zonas diferentes a controlar.

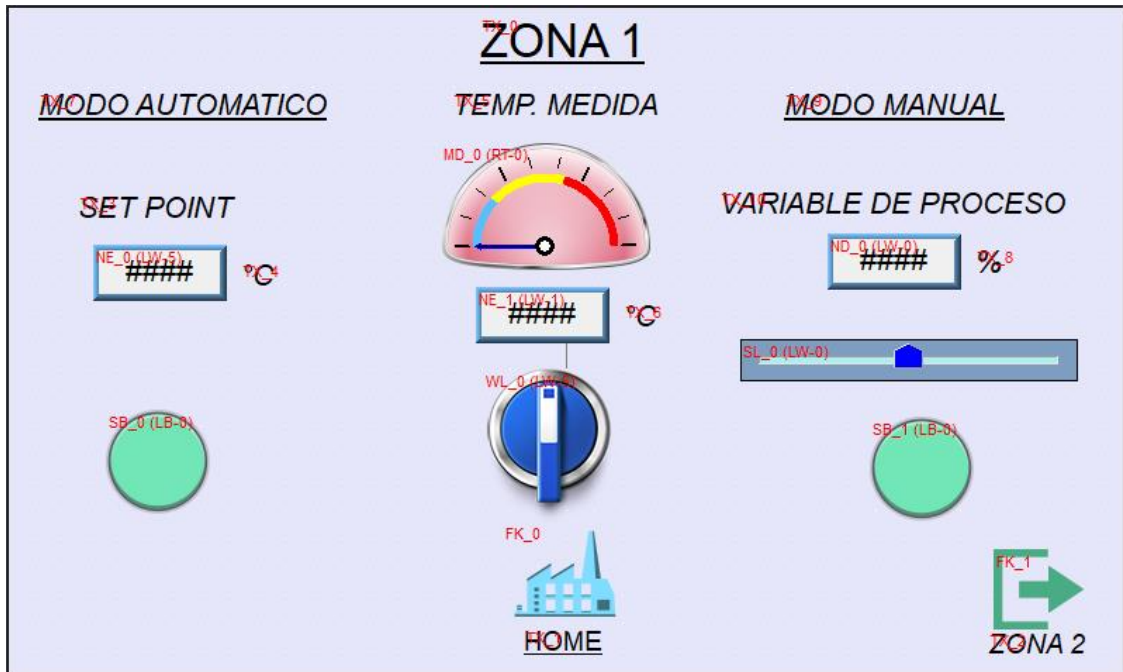


**Figura 74.** Pantalla principal del HMI del proceso

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)

Al hacer touch en uno de los recuadros de las zonas, este redirigirá a otra pantalla la cual nos mostrará una visión diferente ya que esta será la que haga el control a la zona seleccionada. En la siguiente figura nos encontraremos con todos los elementos que constituyen esa pantalla de control, que consta de un selector el cual el cual nos permite seleccionar si el control será automático o manual a su vez tenemos un botón de start para cada uno de ellos el cual empezará el control una vez presionado. En la parte de control automático tenemos un texto que nos dice “*SET POINT*”, en ese recuadro que tenemos allí colocaremos el valor que deseamos que alcance la temperatura en la zona a controlar y así pueda realizar el control PID. Nos encontramos en la parte manual con un deslizador el cual está en porcentaje donde podremos

variar la potencia que le estamos suministrando a la resistencia y podremos verla en la parte de arriba. En el centro encontraremos un recuadro y un medidor el cual nos dirá la temperatura en la que se encuentra dicha zona. Tendremos también botones en la parte inferior para desplazarnos en la zona siguiente o la zona anterior, como también un botón de home el cual nos dirige a la pantalla principal donde se encuentran todas las zonas a seleccionar.



**Figura 75.** Pantalla de control de las zonas

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)

Realizado todo este diseño tenemos nuestro sistema de control de temperatura para una moldeadora de plástico para la empresa ENLIVEN, C.A.

#### **5.4. Fase IV “Evaluación de la viabilidad económica, técnica y operativa de la propuesta”**

A continuación, se definen los recursos monetarios necesarios para la adquisición de activos fijos tangibles e intangibles requeridos para el desarrollo y la puesta en marcha el proyecto.

##### **5.4.1. Factibilidad económica**

###### **5.4.1.1. Costos**

Se requiere de una inversión inicial para conseguir los recursos necesarios para que el sistema pueda empezar a funcionar. Se detalla el costo de los equipos para el diseño de un sistema de

control de temperatura para hornos industriales de resistencia y el costo del personal necesario para el desarrollo del sistema, cabe destacar que los precios referenciales mencionados se tomaron de distintos proveedores, la mayoría de los precios presentados fueron obtenidos mediante pedidos de presupuestos en páginas web especializadas en la venta de equipos electrónicos y eléctricos industriales, algunas de ellas son nacionales y otras extranjeras. Se utilizaron presupuestos de Mercado Libre, Amazon, Ebay y otros. A continuación, se resumen estos diferentes gastos, clasificados en distintas categorías.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	PLC FBS-24MCT	1	320\$	320\$
2	Modulo FBS-16TC	1	690\$	690\$
3	Modulo FBS-4DA	3	205\$	615\$
4	Modulo FBS-6AD	2	210\$	420\$
5	Tarjeta FBS-CB5	1	60\$	60\$
6	HMI mt8071ip	1	350\$	350\$
7	Fuente de alimentación	1	100\$	100\$
8	SSR	12	65\$	780\$
<b>TOTAL</b>				<b>3.335\$</b>

#### 5.4.1.2. Presupuesto de personal

El proyecto se llevará a cabo por dos ingenieros, uno de control y uno en electrónica; un asistente técnico y un ayudante para la instalación eléctrica. Trabajando 5 días hábiles, 8 horas diarias. En la siguiente tabla se mostrará el costo del personal.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Ing. Electrónico	Horas	40	8	320\$
2	TSU en instrumentación	Horas	40	5	200\$
<b>TOTAL</b>					<b>520\$</b>

A continuación, se muestra en la siguiente tabla el costo total del proyecto.

Costo total materiales	I.V.A (16%)	Costo total de mano de obra	Costo total del proyecto
3.335\$	533.6\$	520\$	4.388.6\$

### 5.4.1.3. Viabilidad económica

Para realizar el estudio de la factibilidad económica y poder guiar el diseño del sistema de control de temperatura PID para una moldeadora de plástico para la empresa ENLIVEN, C.A en una modalidad de factible, se hace la comparación en cuanto a las funcionalidades del diseño de un sistema de control de temperatura comercial y los indicadores financieros tomando en cuenta los costos operativos. En este caso se realizó la comparación con el costo del equipo de control de temperatura que se estaba utilizando en el molde y se daño que es el GAMMAFLUX LP el cual se cotizo con la empresa GAMMAFLUX la versión nueva de dicho equipo que es la LEC el cual tiene un costo de 6.569\$ ya con el envío a Venezuela. A continuación, se anexa la cotización antes mencionada.



Synventive  
molding solutions  
A business of BARNES

Synventive Molding Solutions - North Amer  
10 Centennial Drive  
Peabody, MA 01960  
US  
5852315645 phone



**LEC**  
Temperature Controller

---

<b>Bill To (If Ordered):</b>	<b>End Contact:</b>	<b>Ship To:</b>
Kevin Uzcategui Moreno Premin, C.A. Zona Industrial la quizanda avenida circunvalacion galpon 115 Carabobo, 111 111 58 4144 1750 31 (phone)  kevinjuzmo@gmail.com	Kevin Uzcategui Moreno Premin, C.A. Zona Industrial la quizanda avenida circunvalacion galpon 115 Carabobo, 111 111 58 4144 1750 31 (phone)  kevinjuzmo@gmail.com	Kevin Uzcategui Moreno Premin, C.A. Zona Industrial la quizanda avenida circunvalacion galpon 115 Carabobo, 111 111 58 4144 1750 31 (phone)  kevinjuzmo@gmail.com

---

<b>Quote No.:</b> LEC091123TQ8	<b>Price Per Controller:</b> \$6,569.00
<b>Customer No.:</b> 3050	<b>Number of Controllers:</b> 1
<b>Quote Date:</b> 09/11/2023	<b>Quote Total:</b> \$6,569.00
<b>Delivery:</b> TBD	<b>Terms:</b> net30
<b>Project Engineer:</b>	
<b>Project Number:</b> Venezuela	
<b>Prepared By:</b> Roman Gamble	
<b>Customer Reference:</b>	

---

<b>Quote Type:</b> Temperature control <b>Zones:</b> 12 <b>TIC Type:</b> J <b>Breaker Type:</b> Delta <b>Amperage:</b> 50 <b>Maximum Watts:</b> 16627 <b>Control:</b>	
---	--

**Figura 76. Cotización GAMMAFLUX LEC 12 zonas**

Fuente: Kevin Uzcategui (2023)

#### **5.4.2 Factibilidad operativa**

La viabilidad operativa de este trabajo de grado, consiste en el diseño de un sistema de control de temperatura PID para una moldeadora de plástico para la empresa ENLIVEN, C.A el cual este diseño mejora la calidad y control del producto terminado y mejora los tiempos de cocción para la creación de producto, y por otro lado disminuirá la tasa de error para el producto final ya que las temperaturas son más exactos y precisas. El trabajo de grado cumple con la viabilidad operativa, ya que habrá mayor seguridad para el operario del sistema siendo este completamente automatizado.

#### **5.4.3 Factibilidad técnica**

La factibilidad técnica consiste en el funcionamiento del sistema, proyecto o idea, atendiendo a sus características tecnológicas y a las leyes de la naturaleza involucradas. La factibilidad técnica del presente trabajo del diseño de un sistema de control de temperatura para hornos industriales de resistencia para el proceso de inyección es viable ya que consta con PLC S7-300 y el sistema queda completamente automatizado, por lo que este es mucho más óptimo y eficiente del actual para cualquier empresa que lo solicite.

## CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones más resaltantes del estudio realizado, así como las recomendaciones para futuras investigaciones, con el propósito de mejorar el diseño de un sistema de control de temperatura para una moldeadora de plástico.

El desarrollo de este trabajo de grado se aplicaron los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Electrónica mención control y automatización, siendo esta carrera unos de los pilares más importantes en el campo industrial.

- El trabajo de grado realizado, cumple con el objetivo principal planteado, el cual es proponer el diseño de un sistema de control de temperatura para una moldeadora de plástico para la empresa ENLIVEN,C.A, sustituyendo el sistema de control anterior dañado.
- El sistema planteado en este proyecto de investigación ofrece un sistema más eficiente para realizar los procesos del sistema de control para el proceso control de temperatura ya que cumplen con las especificaciones para mejorar la calidad de producto con un control PID, por otro lado, es eficiencia controlar la temperatura para los productos.
- Se utilizó un controlador lógico programable que cumple con las necesidades del proyecto desarrollado, gracias a los diferentes dispositivos que conforman toda la familia del FATEK FBS-24MCT y todos los módulos de expansión.
- Se desarrolló el controlador PID a través de la función de transferencia ejecutada en el programa MATLAB se hicieron las simulaciones y se obtuvieron todos los parámetros de los controladores.
- Se realizó el diseño con la intención de que si algún componente se daña se pueda realizar su respectivo cambio sin muchas limitaciones ya que se escogieron equipos fáciles de conseguir con buena relación calidad-precio.

## REFERENCIAS

- Arellano y Gomez (2018). **Diseño de un sistema de control de temperatura y humedad relativa, basado en pid en un ambiente cerrado con fines agrícolas.** [Tesis de Pregrado]. Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú
- Arias, F. (2012). El proyecto de investigación – **Guía para su elaboración. Tercera edición.** [https://www.researchgate.net/publication/27288131\\_El\\_Proyecto\\_de\\_Investigacion\\_Guia\\_para\\_su\\_Elaboracion](https://www.researchgate.net/publication/27288131_El_Proyecto_de_Investigacion_Guia_para_su_Elaboracion)
- colaboradores de Wikipedia. (2021). **Control de temperatura.** Wikipedia, la enciclopedia libre. [https://es.wikipedia.org/wiki/Control\\_de\\_temperatura](https://es.wikipedia.org/wiki/Control_de_temperatura)
- Colorplastic. (2021). **¿Qué es un molde de inyección de plástico? ¿Cómo funciona?** ColorPlastic. <https://colorplasticcolombia.com/2021/06/11/que-es-un-molde-de-inyeccion-de-plastico-como-funciona/>
- Equipos y Laboratorio de Colombia S.A.S. (s.f.). **EL EFECTO TERMOELÉCTRICO.** <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/el-efecto-termoelEctrico#:~:text=El%20efecto%20termoel%C3%A9ctrico%20es%20la,de%20temperatura%20entre%20las%20uniones.>
- Herrera (2019). **Diseño de un sistema automático de control y registro de temperatura para el proceso de pasteurización de la industria alimentaria.** [Tesis de Pregrado]. Universidad Tecnológica del Perú
- Ingecom Eléctricos. **Termocupla Tipo J, Rosca de 3/8" NPT – Bulbo de 5mm x 2" –** Ingecom Eléctricos SAS. (s. f.). <https://ingecomsas.com/producto/termocupla-tipo-j-rosca-de-3-8-npt-bulbo-de-5mm-x-2/>
- Kamal, A y León, E. (2021, septiembre). **Diseño de un prototipo electrónico para la medición de las variables de temperatura de hornos de fundición, y velocidad e intensidad de los cilindros en la línea iv de colada continua en cvg alucasa** [Tesis de Pregrado]. Universidad José Antonio Páez, Carabobo, Venezuela. Repositorio de tesis pregrado la Escuela de Ingeniería de Electrónica y Telecomunicaciones.
- Mind Design - <https://www.mind.art.br>. (s. f.). **Termocupla, cómo funciona, tipos, consejos y modelos.** | Alutal. Copyright © - <https://www.alutal.com.br>. <https://www.alutal.com.br/es/termopar#tipos-de-termopar>

- Nerokas Online. **Siemens LOGO!8 12/24 RCE - 6ED1052-1MD00-0BA8.** (s. f.).  
[https://store.nerokas.co.ke/index.php?route=product/product&product\\_id=1279](https://store.nerokas.co.ke/index.php?route=product/product&product_id=1279)
- OMEGA. **Control de temperatura** (s. f.). <https://es.omega.com/prodinfo/controladores-de-temperatura.html>
- OMEGA. **Equipos y Controlador PID.** (s. f.). <https://mx.omega.com/prodinfo/control-de-temperatura.html>
- Palella, S y Martins, F. (2012). **Metodología de la investigación cuantitativa.** Tercera edición. <https://metodologiaecs.wordpress.com/2015/09/06/metodologia-de-la-investigacion-cuantitativa-3ra-ed-2012-santa-palella-stracuzzi-y-feliberto-martins-pestana-2/>
- Picuino. **Control Automático** - Picuino. (s. f.). <https://www.picuino.com/es/control-pid.html>
- Reyes, M (2022, enero). **Propuesta de diseño de un sistema de control de temperatura para hornos industriales de resistencia.** [Tesis de Pregrado]. Universidad José Antonio Páez, Carabobo, Venezuela. Repositorio de tesis pregrado la Escuela de Ingeniería de Electrónica y Telecomunicaciones.