



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**



**IMPLEMENTACION DE UN MODULO NEUMÁTICO PARA  
EL CONTROL DE POSICIONAMIENTO UTILIZANDO  
UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. WILBER CONDORI PARQUE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECATRÓNICO**

**JULIACA – PERÚ**

**2024**



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**IMPLEMENTACION DE UN MODULO NEUMÁTICO PARA EL CONTROL DE POSICIONAMIENTO UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. WILBER CONDORI PARQUE**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO MECATRÓNICO**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

**PRESIDENTE**

:   
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS


**PRIMER MIEMBRO**

:   
Ing. ADWAR RÁNULFO SANCHEZ CARREON

**SEGUNDO MIEMBRO**

:   
Mgtr. GIOVANNI JOSE HUACASI SUPO

**ASESOR DE TESIS**

:   
Ing. ABELARDO LEON MIRANDA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** : TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN – P21



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 142-2024-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 25 de abril de 2024

**VISTOS:**

El **INFORME N° 002-2024-D-UI-FICP.UANCV**, del Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N°109-2024 de fecha 18 de abril de 2024 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: **IMPLEMENTACION DE UN MODULO NEUMÁTICO PARA EL CONTROL DE POSICIONAMIENTO UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**; y el trámite solicitado por el Bachiller en **Ingeniería Mecatrónica** y;

**CONSIDERANDO:**

Que, el Bachiller: **WILBER CONDORI PARQUE**; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **IMPLEMENTACION DE UN MODULO NEUMÁTICO PARA EL CONTROL DE POSICIONAMIENTO UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**, para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**, y;

Que, los Jurados designados por el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica, de la FICP, están integrados por los siguientes Docentes;

- \* **Presidente** : **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**
- \* **1er Miembro** : **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON**
- \* **2do Miembro** : **Mgtr. GIOVANNI JOSE HUACASI SUPO**
- \* **Asesor** : **Ing. ABELARDO LEON MIRANDA**

De conformidad al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTICULO PRIMERO.** - **APROBAR** Lugar, Día y Hora para que el (la) bachiller: **WILBER CONDORI PARQUE**; rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado **IMPLEMENTACION DE UN MODULO NEUMÁTICO PARA EL CONTROL DE POSICIONAMIENTO UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico** de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : martes 30 de abril de 2024
- \* **HORA** : 10:00
- \* **LUGAR** : Aula 303 - pabellón de hidráulica

**ARTICULO SEGUNDO.** - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica**, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

DR. MILTHON QUISEP HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

DR. EFRAIN PABILLO SOSA  
SECRETARIO ACADÉMICO  
CIP. 95631

C.c. Arch 2024  
Interesado  
Escuela Profesional



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 109-2024-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 18 de abril de 2024

**VISTOS:**

El **INFORME N° 050-2024-D-UI-FICP.UANCV**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Ingeniería Mecatrónica, **INFORME N° 002-2024-UI-CI-EPIM-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 694-2023-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **02 de agosto de 2023** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **05 de abril de 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, con el tema titulado: **IMPLEMENTACION DE UN MODULO NEUMÁTICO PARA EL CONTROL DE POSICIONAMIENTO UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.**

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bachiller: **WILBER CONDORI PARQUE**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **IMPLEMENTACION DE UN MODULO NEUMÁTICO PARA EL CONTROL DE POSICIONAMIENTO UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.**

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajo de Investigación, con fines de la obtención de Grados Académicos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica, nominó a la sub comisión de evaluación de trabajo de investigación, a los siguientes Docentes:

- \* **Presidente** : **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**
- \* **1er Miembro** : **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON**
- \* **2do Miembro** : **Mgtr. GIOVANNI JOSE HUACASI SUPO**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **IMPLEMENTACION DE UN MODULO NEUMÁTICO PARA EL CONTROL DE POSICIONAMIENTO UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 205-2024, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **IMPLEMENTACION DE UN MODULO NEUMÁTICO PARA EL CONTROL DE POSICIONAMIENTO UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.**

Estando, conforme a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°064-2019-CF-FICP-UANCV** de fecha 02 de octubre de 2019 donde aprueba el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, que consta de XI capítulos y 71 artículos, y;

**Estando**, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTICULO PRIMERO.- APROBAR**, el informe final de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Tesis)**, del Bachiller: **WILBER CONDORI PARQUE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, con el Tema Titulado: **IMPLEMENTACION DE UN MODULO NEUMÁTICO PARA EL CONTROL DE POSICIONAMIENTO UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.**

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Trabajo de Investigación en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica.

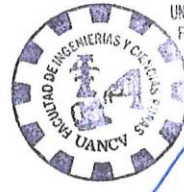
**ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER**, como asesor del Trabajo de Investigación (tesis) al docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, al **Ing. ABELARDO LEON MIRANDA.**

**ARTICULO TERCERO.-** La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese,



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA  
SECRETARIO ACADÉMICO  
CIP. 95531

cc.  
archivo 2024  
interesado (a)



“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 694-2023-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 02 de agosto 2023

**VISTOS:**

El, **INFORME N° 380-2023-D-UI-FICP.UANCV** del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 008-2023-UANCV-FICP-UI-CI** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica N° 008-2023-UANCV-FICP-UI-CI** del presidente del sub comité de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** y el **ACTA DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** según reglamento interno de aseguramiento de la calidad de trabajos de investigación de fecha **22 de mayo de 2023**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, con el tema titulado: **IMPLEMENTACION DE UN MODULO NEUMÁTICO PARA EL CONTROL DE POSICIONAMIENTO UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.**

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bachiller: **WILBER CONDORI PARQUE**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **IMPLEMENTACION DE UN MODULO NEUMÁTICO PARA EL CONTROL DE POSICIONAMIENTO UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras; el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica**, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nominó a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- \* **Presidente** : **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**
- \* **1er Miembro** : **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON**
- \* **2do Miembro** : **Mgtr. GIOVANNI JOSE HUACASI SUPO**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **IMPLEMENTACION DE UN MODULO NEUMÁTICO PARA EL CONTROL DE POSICIONAMIENTO UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**, y;

Que, es requisito indispensable contar con un Docente Ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de magister y experiencia en la línea a investigar, que será el asesor de Proyecto de Investigación, y;

**Estando**, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el (la) Bachiller: **WILBER CONDORI PARQUE**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**, con el Tema Titulado: **IMPLEMENTACION DE UN MODULO NEUMÁTICO PARA EL CONTROL DE POSICIONAMIENTO UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.**

La misma que deberá proceder con la ejecución del Proyecto de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente ordinario, de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Ing. ABELARDO LEON MIRANDA.**

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIR 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA  
SECRETARIO ACADÉMICO  
CIP. 95531

cc.  
archivo 2023  
interesado (a)



## IMPLEMENTACION DE UN MODULO NEUMÁTICO PARA EL CONTROL DE POSICIONAMIENTO UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

### INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	7%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana Trabajo del estudiante	1%
4	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	edisciplinas.usp.br Fuente de Internet	1%
7	www.grandform.es Fuente de Internet	<1%



### Metadatos Complementarios

<b>Título de la tesis</b>	
IMPLEMENTACION DE UN MODULO NEUMÁTICO PARA EL CONTROL DE POSICIONAMIENTO UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y Apellidos	WILBER CONDORI PARQUE
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	45493606
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0006-0200-1340">https://orcid.org/0009-0006-0200-1340</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Apellidos y Nombres	ABELARDO LEON MIRANDA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	40198643
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-8370-5660">https://orcid.org/0000-0001-8370-5660</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Apellidos y Nombres	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02383061
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Apellidos y Nombres	ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02064066
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Apellidos y Nombres	GIOVANNI JOSE HUACASI SUPO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40713810





DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo WILBER CONDORI PARQUE, identificado con DNI Nro. 45493606, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA MECATRÓNICA

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación,  Trabajo Académico denominada:

“ IMPLEMENTACION DE UN MODULO NEUMÁTICO PARA EL CONTROL DE POSICIONAMIENTO UTILIZANDO UN CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE ”

Asesorado por: ING. ABELARDO LEON MIRANDA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 28 de Agosto del 2024

  
Firma del Asesor

  
Firma del Estudiante

  
Huella



### DEDICATORIA

Deseo expresar mi agradecimiento a mi Padre, quien ha sido un modelo de vida ejemplar; a mi hermana, una eterna compañera; a mi madre, siempre presente; a mi novia, por su constante compañía y apoyo, quien ha sido el impulso final que me ha motivado a concluir este proyecto.



## AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento en primer lugar a Dios por brindarme la oportunidad de concluir este proyecto, el cual representa un paso significativo en mi crecimiento tanto personal como profesional.



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	xiv

### CAPÍTULO I

#### ASPECTOS GENERALES

1. 2. Formulación del problema.....	2
1. 2. 1. Problema general.....	2
1. 2. 2. Problemas específicos .....	2
1. 4. Objetivos de la investigación .....	2
1. 4. 1. Objetivo general .....	2
1. 4. 2. Objetivos específicos.....	2
1. 5. Hipótesis de la investigación.....	3
1. 5. 1. Hipótesis general .....	3
1. 5. 2. Hipótesis específicas .....	3
1. 6. Variables de investigación .....	3
1. 7. Operacionalización de variables.....	4

### CAPÍTULO II

#### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Antecedentes .....	5
2.1.1. A nivel internacional .....	5



2.1.2. A nivel nacional..... 6

2.3. Definición de términos..... 37

**CAPÍTULO III**

**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1. Método de investigación ..... 39

3.2. Tipo de investigación..... 39

3.3. Diseño de investigación ..... 39

3.4. Ámbito de la investigación ..... 39

3.5. Población y muestra ..... 40

3.6. Técnicas e instrumentos de recogida de información ..... 40

3.7. Recogida de datos..... 40

**CAPÍTULO IV**

**ANÁLISIS DE RESULTADO Y DISCUSIÓN**

4.1. Presentación ..... 42

4.2. Análisis e interpretación de resultado ..... 60

4.3. Resultados de las pruebas ..... 64

4.4. Discusión de resultados..... 66

CONCLUSIONES..... 67

RECOMENDACIONES ..... 68

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 69

ANEXOS..... 71



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables .....	4
Tabla 2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	40
Tabla 3 Pruebas con y sin carga.....	64



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sistema lazo cerrado ..... 9

Figura 2 Válvula MPYE-5-1/8LF-010-B ..... 11

Figura 3 Vinculación entre la tensión aplicada y el flujo de salida. .... 12

Figura 4 Adecuación de la velocidad del cilindro..... 13

Figura 5 Carreras de los cilindros ..... 13

Figura 6 Velocidad del cilindro..... 14

Figura 7 Potenciómetro lineal MLO-POT-225-TLF ..... 14

Figura 8 Cilindro neumático sin vástago ..... 15

Figura 9 Unidad LFR-1/8-D-5M-O-MINI..... 16

Figura 10 Esquemático de un CLP ..... 20

Figura 11 Ciclos de operación de los PLCs..... 26

Figura 12 La aplicación de PLC ..... 27

Figura 13 PLC Simatic S7-1200..... 31

Figura 14 Pantalla periférica HMI KTP700 Básico ..... 37

Figura 15 Implementación y sintonización final del sistema..... 42

Figura 16 Bloque PID en Tia Portal ..... 43

Figura 17 Control MYPE 5/-1/8 ..... 44

Figura 18 Configuración inicial del PID ..... 44

Figura 19 Ajuste de valores del límite real ..... 45

Figura 20 Parámetros iniciales de controlador PID ..... 45

Figura 21 Programación en main del controlador PID..... 46

Figura 22 Configuración del módulo sm1231 entrada analógica ..... 46

Figura 23 Normalización y escalamiento de la señal analógica ..... 47

Figura 24 Configuración a 0 a 10 v para el medidor de distancia ..... 47



Figura 25 Normalización y escalamiento de nuestro generador de voltaje..... 47

Figura 26 Normalizado y escalado del sensor lineal ..... 48

Figura 27 Pruebas de la optimización inicial del Control PID ..... 49

Figura 28 Ventana de puesta en servicio de PID ..... 49

Figura 29 Parámetros de sintonización del controlador 1 ..... 50

Figura 30 Parámetros de sintonización del controlador 2 ..... 50

Figura 31 Curva optimizada de control PID ..... 50

Figura 32 Desarrollo del sistema HMI TP700 ..... 51

Figura 33 Set point o una referencia..... 51

Figura 34 Presentación en el sistema HMI ..... 52

Figura 35 Pesos utilizados para pruebas..... 52

Figura 36 Prueba de posicionamiento sin carga para una medida de 5cm ..... 53

Figura 37 Prueba de posicionamiento sin carga para una medida de 10cm .... 53

Figura 38 Realización de la prueba 1 ..... 53

Figura 39 Prueba de posicionamiento sin carga para una medida de 10cm .... 54

Figura 40 Prueba de posicionamiento sin carga para una medida de 10cm .... 54

Figura 41 Realización de la prueba 2 ..... 54

Figura 42 Prueba de posicionamiento sin carga para una medida de 15cm .... 55

Figura 43 Prueba de posicionamiento sin carga para una medida de 15cm .... 55

Figura 44 Realización de la prueba 3 ..... 55

Figura 45 Prueba de posicionamiento con carga de 500 g para una distancia de 5cm ..... 56

Figura 46 Prueba de posicionamiento con carga de 500 g para una distancia de 10cm..... 56



Figura 47 Prueba de posicionamiento con carga de 500 g para un a distancia de 15cm.....	56
Figura 48 Prueba de posicionamiento con carga de 1000 g para una distancia de 5cm.....	57
Figura 49 Prueba de posicionamiento con carga de 1000 g para una distancia de 10cm.....	57
Figura 50 Prueba de posicionamiento con carga de 1000 g para una distancia de 15cm.....	57
Figura 51 Prueba de posicionamiento con carga de 1500 g para una distancia de 5cm.....	58
Figura 52 Prueba de posicionamiento con carga de 1500 g para una distancia de 10cm.....	58
Figura 53 Prueba de posicionamiento con carga de 1500 g para una distancia de 15cm.....	58
Figura 54 Ingreso de parametros para las pruebas.....	59
Figura 55 Visualización de las pruebas en el software Tia Portal .....	59
Figura 56 Medición de la presión del sistema.....	59
Figura 57 Resultados del comportamiento del control PID con interferencia de 500g, 1000g, 1500g de peso .....	60
Figura 58 Cálculos de 5 cm visualización 1 .....	60
Figura 59 Cálculos de 5 cm visualización 2.....	60
Figura 60 Cálculos de 5 cm visualización 3.....	61
Figura 61 Cálculos de 5 cm visualización 4.....	61
Figura 62 Cálculos de 10 cm visualización 1 .....	61
Figura 63 Cálculos de 10 cm visualización 2.....	62



Figura 64 Cálculos de 10 cm visualización 3 .....	62
Figura 65 Cálculos de 10 cm visualización 4 .....	62
Figura 66 Cálculos de 15 cm visualización 1 .....	63
Figura 67 Cálculos de 15 cm visualización 2 .....	63
Figura 68 Cálculos de 15 cm visualización 3 .....	63
Figura 69 Cálculos de 15 cm visualización 4 .....	64
Figura 70 Comportamiento del sistema real sin influencia externa.....	65
Figura 71 Respuesta del sistema real con perturbación del 10%. .....	65



## RESUMEN

En la investigación sobre la implementación de un módulo neumático para el control de posicionamiento mediante un controlador lógico programable, se exploran diversas dimensiones para evaluar el desempeño del sistema.

Estas dimensiones incluyen la eficiencia del sistema de control, el rendimiento del módulo neumático, la configuración y desempeño del PLC, así como los costos y recursos asociados. Cada dimensión se mide a través de indicadores específicos, como la precisión de posicionamiento, la velocidad de respuesta, el consumo de aire comprimido.

La estabilidad del controlador lógico programable, el costo total de implementación y el tiempo necesario para la instalación. La elección cuidadosa de estas dimensiones e indicadores permite una evaluación integral y detallada de la implementación propuesta.

**Palabras clave:** Módulo neumático, Control, posicionamiento



## ABSTRACT

In the research on the implementation of a pneumatic module for positioning control using a programmable logic controller, various dimensions are explored to evaluate the performance of the system.

These dimensions include control system efficiency, pneumatic module performance, PLC configuration and performance, as well as associated costs and resources. Each dimension is measured through specific indicators, such as positioning accuracy, response speed, compressed air consumption.

The stability of the programmable logic controller, the total cost of implementation, and the time required for installation. The careful choice of these dimensions and indicators allows for a comprehensive and detailed evaluation of the proposed implementation.

**Keywords:** Pneumatic module, Control, positioning



## INTRODUCCIÓN

En la búsqueda constante de mejorar la exactitud y eficiencia de los sistemas de control de posicionamiento, la integración La investigación en tecnologías innovadoras se ha vuelto fundamental. En este contexto, La investigación actual se centra en llevar a cabo la implementación de un módulo neumático para el control de posicionamiento, utilizando un controlador lógico programable (PLC) como elemento central. Esta combinación de tecnologías promete no solo mejorar la exactitud en el posicionamiento, sino también ofrecer una mayor flexibilidad y adaptabilidad a diversos entornos industriales.

La aplicación de sistemas neumáticos en el control de posicionamiento ha ganado popularidad debido a su habilidad para ofrecer movimientos exactos y rápidos. La incorporación de un PLC en este proceso agrega una capa adicional de control lógico y programable, permitiendo una gestión más sofisticada y ajustada a los requisitos específicos de cada aplicación.

El propósito fundamental de esta investigación es evaluar las dimensiones clave relacionadas con la implementación de este sistema combinado. Se explorarán aspectos como la precisión de posicionamiento, la eficiencia del sistema de control, el desempeño del módulo neumático, la configuración y estabilidad del PLC, así como los aspectos económicos asociados a esta implementación.

Los resultados de esta investigación no solo contribuirán al conocimiento actual en el campo de la automatización industrial, sino que también proporcionarán información valiosa para ingenieros, diseñadores y profesionales involucrados en el progreso y optimización de sistemas de control de posicionamiento. A medida que avanzamos en la era de la automatización, la



comprensión y mejora de estas tecnologías se vuelven imperativas para alcanzar estándares más altos de eficiencia y precisión en una amplia gama de aplicaciones industriales



## CAPÍTULO I

### ASPECTOS GENERALES

#### 1. 1. Descripción del problema

Actualmente, en este contexto de globalización y rápido avance, resulta imperativo proporcionar módulos educativos y equipo adecuado tanto para el ámbito neumático como para el electroneumático, aprovechando las contribuciones tecnológicas en automatización.

Por otro lado, este proyecto de investigación tiene como objetivo abordar un módulo neumático que evalúa la precisión de un cilindro neumático que opera en ambas direcciones. En situaciones donde se requiere una distancia precisa para una tarea específica, la actual falta de precisión en el cilindro neumático puede resultar en deficiencias en la ejecución de la tarea designada.

Este es el motivo por el cual se propone el desarrollo de un módulo neumático para el control de posicionamiento a distancias específicas. Este módulo se selecciona, implementa y programa en el controlador lógico programable correspondiente al módulo neumático.



## 1. 2. Formulación del problema

### 1. 2. 1. Problema general

¿Cómo implementar un módulo neumático para el control de posicionamiento utilizando un controlador lógico programable?

### 1. 2. 2. Problemas específicos

- ¿Será posible seleccionar los elementos y dispositivos precisos para el módulo neumático?
- ¿Cómo realizar la programación del sistema de control de posicionamiento a través de lenguaje de programación?
- ¿Se podrá desarrollar una interfaz gráfica de usuario que sea intuitiva y sencilla de manejar posibilitando la supervisión en tiempo real del control de posicionamiento?

## 1. 3. Justificación

La implementación de este sistema proporcionará un control notablemente más preciso del cilindro neumático en distancias específicas requeridas para tareas particulares. La gestión y la implementación de este módulo neumático buscan ofrecer aplicaciones en diversos procesos, destacando por su innovación tecnológica y facilidad de manejo para los estudiantes.

## 1. 4. Objetivos de la investigación

### 1. 4. 1. Objetivo general

Implementar un módulo neumático para el control de posicionamiento utilizando un controlador lógico programable.

### 1. 4. 2. Objetivos específicos



- Seleccionar los elementos y dispositivos precisos para el módulo neumático.
- Realizar la programación del sistema de control de posicionamiento a través de lenguaje de programación.
- Desarrollar una interfaz gráfica de usuario que sea intuitiva y sencilla de manejar, posibilitando la supervisión en tiempo real del control de posicionamiento.

## 1. 5. Hipótesis de la investigación

### 1. 5. 1. Hipótesis general

La Implementación de un módulo neumático permite el control de posicionamiento utilizando un autómata programable.

### 1. 5. 2. Hipótesis específicas

- Mediante las especificaciones de los elementos y dispositivos precisos permite seleccionar para el módulo neumático.
- Utilizando el lenguaje Ladder del controlador lógico programable permite la programación del sistema de control automático de posicionamiento.
- El desarrollo de una interfaz gráfica permite ser fácil e intuitiva de usar, posibilitando la supervisión en tiempo real para controlar el posicionamiento.

## 1. 6. Variables de investigación

### Variable Independiente

- Implementación del módulo neumático

### Variable Dependiente

- Control de posicionamiento



## 1. 7. Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

TIPO DE VARIABLE	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>Variable Independiente</b>	Implementación del módulo neumático	Velocidad de respuesta del sistema	Seg.
<b>Variable Dependiente</b>	Control de posicionamiento	Precisión de posicionamiento	Cm

*Nota. Elaboración propia*



## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. A nivel internacional

Sabogal (2016) Este proyecto surge de la exigencia de crear una aplicación en el campo del control que fomenten un mayor avance tanto en el ámbito académico como en el de producción. La creación de respuestas o alternativas. constituye quizás el propósito más crucial de la ingeniería, siendo aún más relevante en el ámbito de un posgrado, donde El entendimiento se amplía y se refuerzan los fundamentos conceptuales. En la búsqueda de tales soluciones, se adentra en el conocimiento de la neumática, una disciplina fundamental en el ámbito de automatizar y controlar, que posibilita la gestión de procesos con elevados niveles de precisión y potencia.

Sin embargo, se observan ciertas deficiencias, como la carencia de controles más sólidos y el escaso empleo de la neumática proporcional en la Universidad Tecnológica de Pereira. Es por esta razón que se aborda la premisa inicial del proyecto, que busca la creación de un dispositivo de regulación destinado a un cilindro de doble efecto. con capacidad de autotuning. Este



objetivo se logró utilizando las herramientas tecnológicas disponibles, asegurando una explicación arraigada en la realidad.

Jara & Maldonado (2015) El proyecto implica la creación y aplicación de un control PID y un control predictivo fundamentado en modelo fueron implementados utilizando las plataformas de MATLAB® y LabVIEW. Este enfoque se aplica a un sistema de neumática desarrollado por FESTO, con el propósito de sustituir el dispositivo de control analógico actual y mejorar el rendimiento del sistema.

### **2.1.2. A nivel nacional**

Portugal & Vargas (2020) Este estudio de investigación y aplicación demostrará la capacidad de manejar de manera versátil componentes neumáticos, tales como cilindros y electroválvulas. En la actualidad, la utilización de sistemas neumáticos es de gran relevancia y constituye una parte fundamental en diversos procesos industriales. Tras analizar las deficiencias tanto de los alumnos como de la E. P. I. E., se ha optado por desarrollar un módulo educativo que asegure la movilidad de los estudiantes tanto dentro como fuera de los laboratorios.

Se determinó que el módulo incluirá dos transportadores de banda que, mediante el uso de sensores y pistones, permitirán la discriminación de diversos materiales durante el proceso de seleccionar objetos. Cada cinta estará equipada con su propia fuente de transmisiones independiente, lo que posibilitará la implementación de distintos programas por parte de los alumnos. Además, se incorporarán tres tipos de sensores (inductivo, capacitivo y óptico)



que a través de una programación apropiada operarán para detectar y discriminar los cilindros hechos de metal, madera y plástico suministrados.

Esta unidad didáctica, diseñada conforme a normas y estándares internacionales, proporcionando a los alumnos oportunidad sobresaliente para aplicar los conocimientos adquiridos en cursos de neumática, que hasta ahora han sido en su mayoría teóricos o simulados. Asimismo, será beneficioso para las asignaturas de PLCs, ya que los alumnos podrán realizar las conexiones entre el módulo y el autómatas por sí mismos. Las guías prácticas facilitarán la comprensión del funcionamiento del módulo, permitiendo a los estudiantes aplicar sus conocimientos en contextos laborales futuros. Además, los estudiantes serán capaces de implementar sistemas de vigilancia a través de redes SCADA.

Basurco & Orihuela (2019) en la investigación nos indica en la actualidad, en los cursos de control y automatización se imparten principalmente de forma teórica. Sin embargo, se reconoce que se necesita conocimiento en teoría requiere complementarse con una experiencia práctica. Por lo tanto, este proyecto plantea llevar a cabo la instalación de un módulo de enseñanza de neumática. diseñado para ser práctico y facilitar las pruebas experimentales de los estudiantes. El propósito principal es emular un proceso industrial en el que sea necesario el control de la posición de un actuador neumático. Para lograrlo, se evaluaron diferentes situaciones que permitieran la instalación de un actuador dirigido por una electroválvula proporcional, una tarjeta PID con retroalimentación proveniente de un sensor de posición lineal y una carga de 5 kg. En lo que respecta a ajustar el sistema, se exploraron cinco métodos heurísticos (método 1 y 2 de Ziegler – Nichols, Cohen y Coon, Gonzales y



AMIGO), Un enfoque práctico (ajuste manual) y la reacción de la planta sin intervención del controlador. La observación y confrontación de los resultados fueron realizadas utilizando un osciloscopio de la marca Tektronix, y los datos resultantes fueron analizados en el entorno de MATLAB.

Después de comparar y evaluar las opciones tanto desde una perspectiva técnica como económica, se decidió realizar la adquisición. la propuesta de FESTO. Además, al comparar los resultados derivados de las evaluaciones. de ajuste coincidieron con los valores ideales para un sistema industrial, se eligió el segundo método de Ziegler-Nichols como método de sintonización. Este método, que no presentó sobre impulso, arrojó un tiempo de retardo de 0.168 seg, un periodo de establecimiento de 1.784 seg y un error en estado estacionario del 1.6% fueron los resultados obtenidos. La experimentación llevada a cabo con el módulo implementado lleva a la conclusión de que el sistema elegido posibilita la aplicación práctica de las teorías del control.

## **2.2. Conceptos fundamentales**

Se implementará un sistema de control con información de retorno, en el cual el PLC actuará como elemento comparador y controlador, siendo programado con un algoritmo de control PID. Este sistema estará a cargo de supervisar y controlar la válvula posicionadora que regula el funcionamiento de un actuador mecánico.

Los sistemas de control con información de retorno son igualmente reconocidos como sistemas de control de bucle cerrado. En este tipo de sistema, el controlador la señal de error de acción, la cual indica la diferencia entre la señal de entrada y la retroalimentación. El propósito es reducir la discrepancia y

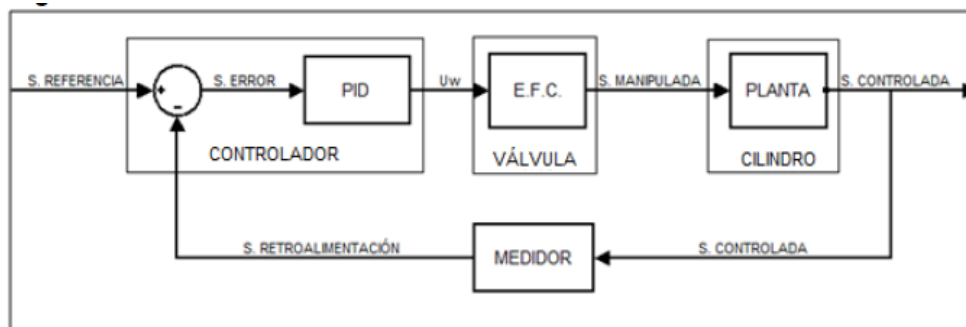
ajustar la salida del sistema a un valor predeterminado. La frase "control en bucle" siempre implica la utilización de una intervención de control retroalimentado con el propósito de minimizar el error del sistema. (Katsuhiko, 2010, pág. 999)

En un sistema que utiliza retroalimentación para el control, se realiza una comparación entre la salida real que ha sido retroalimentada y la salida deseada, y luego se ajusta la salida de acuerdo con esta comparación. (Bolton, 2017, pág. 542)

Un beneficio del sistema de control de bucle cerrado radica en la utilización de a retroalimentación disminuye la susceptibilidad de la respuesta del sistema a perturbaciones externas y cambios internos en los parámetros del sistema. Esto permite emplear componentes que son bastante exactos y económicos para lograr un control efectivo de una planta específica, algo que no sería posible en un sistema de lazo abierto. (Bolton, 2001, pág. 19)

**Figura 1**

*Sistema lazo cerrado*



*Nota. Imagen extraída de (Bolton, 2001)*

Los componentes fundamentales son:

- Componente de comparación (controlador - sumador): contrasta el valor requerido o de referencia de la variable controlada con la medición del valor resultante, Generando de esta manera una señal de error. Puede



ser visualizado como un sumador que combina la señal de referencia (positiva) con la señal del valor medido (negativa) de la siguiente manera:

Señal de error = señal de referencia - señal del valor medido.

- Componente de control (controlador - control): al recibir una señal de error, este componente determina la acción a llevar a cabo. El plan de control implementado en el componente puede implicar emitir una señal para activar o desactivar un dispositivo en respuesta a la ocurrencia de un error.
- Componente final de control (válvula): este elemento ocasiona una alteración en el proceso con el propósito de ajustar o cambiar la condición bajo control.
- Componente de proceso (cilindro neumático): el proceso es la entidad que está siendo regulada.

### 2.2.1. Válvula proporcional de caudal

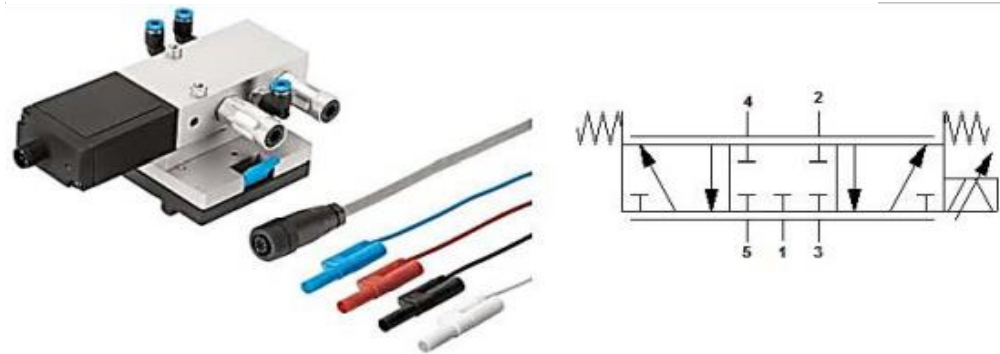
Esta transforma una posición específica de la corredera a partir de una señal eléctrica analógica de entrada. Esta posición se correlaciona con una apertura específica el área de paso del aire a través de las rutas de salida. (FESTO, 2022)

Cuando se suministra una tensión de entrada de 5V, la corredera de la válvula se coloca en una posición intermedia, bloqueando el paso de las salidas. En esta configuración, solo hay un mínimo flujo de aire debido a la fuga natural hacia las vías de escape, que es inherente a la construcción de la válvula. Con tensiones de entrada de 10V y 0V, la corredera de la válvula se desplaza a sus

posiciones extremas, ya sea hacia un extremo permitiendo el máximo flujo de la vía 1 a la 2, o hacia el otro extremo permitiendo el máximo flujo de la vía 1 a la 4. En cualquier caso, hay pequeñas fugas de la vía 1 a la 3 y de la vía 1 a la 5 (vías de escape). (FESTO, 2022)

### Figura 2

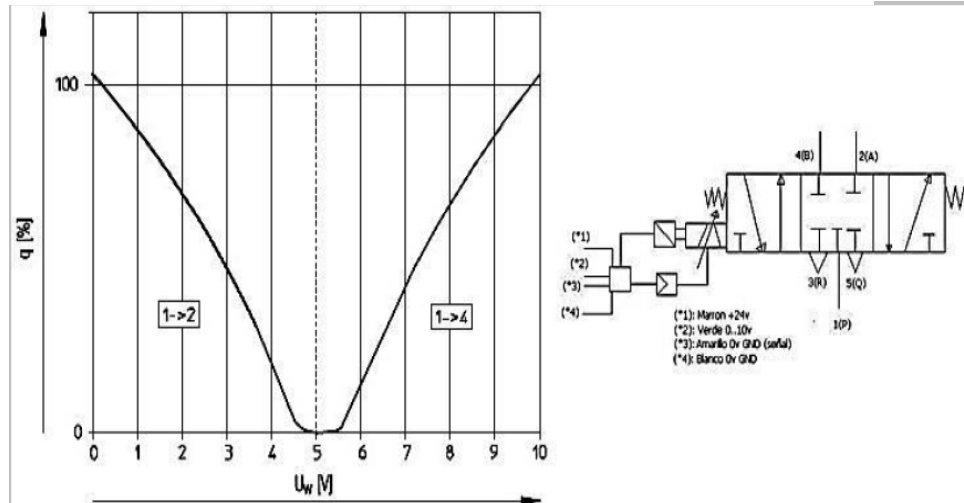
Válvula MPYE-5-1/8LF-010-B



*Nota. Imagen extraída de (FESTO, 2022)*

Un solenoide influye directamente en la posición de la corredera de la válvula, operando como un dispositivo electromecánico que transforma la señal eléctrica en una ubicación particular.

La electrónica que controla la posición de la corredera, al ofrecer retroalimentación en el control de la posición, posibilita alcanzar respuestas efectivas tanto en condiciones estáticas como dinámicas. Esto se traduce en una histéresis baja, menor que el 0,3%, un tiempo de reacción reducido de 5ms y una frecuencia máxima alta de 100Hz. Esta válvula resulta especialmente adecuada para su empleo como elemento final de control, y, por ende, como un controlador de posición para un cilindro neumático. (FESTO, 2022)

**Figura 3***Vinculación entre la tensión aplicada y el flujo de salida*

Nota. Imagen extraída de (FESTO, 2022)

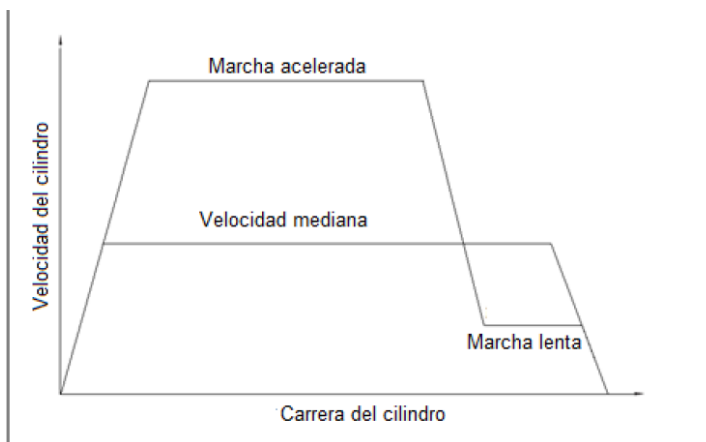
### Datos generales

- La válvula de accionamiento directo para el posicionamiento exhibe una corredera que se ajusta conforme a la posición deseada. Este mecanismo ajusta la sección de sus salidas en respuesta a una señal de entrada analógica.
- Con la integración de un regulador externo de posiciones y un mecanismo de medición de desplazamiento, es factible lograr un sistema de posicionamiento neumático de alta precisión.
- Característica de restricción para ajustar la velocidad del cilindro.
- Configuración de 5/3 vías para cambiar la dirección del movimiento.
- Recepción del valor nominal
- Señal de tensión analógica.
- Flujos que oscilan entre 100 y 2,000 l/min.

**Características.** La válvula MPYE posibilita la configuración de diversos niveles y rampas de velocidad, así como la rápida activación de los caudales programados, como se ilustra en las figuras 4, 5 y 6. En cambio, solo tienen la capacidad de controlar la velocidad a través de la restricción del escape de aire, lo que las hace menos versátiles.

**Figura 4**

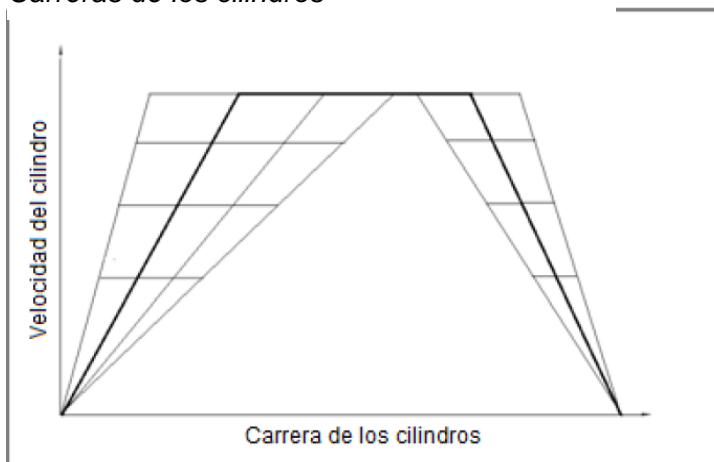
*Adecuación de la velocidad del cilindro*



*Nota. Imagen extraída de (FESTO, 2022)*

**Figura 5**

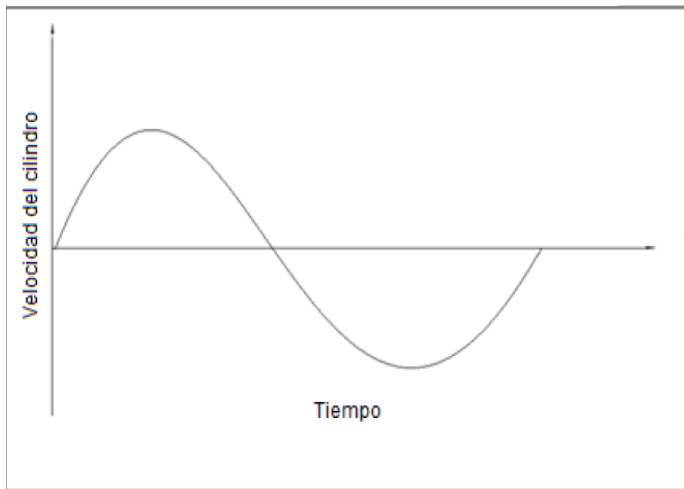
*Carreras de los cilindros*



*Nota. Imagen extraída de (FESTO, 2022)*

**Figura 6**

*Velocidad del cilindro.*



*Nota: Imagen extraída de (FESTO, 2022)*

### 2.2.2. Potenciómetro lineal

Se trata de una resistencia variable con tres pines que se conecta a un lado del cilindro. A través de una paleta deslizante, es posible determinar la ubicación del carro. El potenciómetro se suministra con una fuente regulada de 10VDC, y conforme la ubicación del carro cambia, la resistencia también varía, lo que, a su vez, provoca una variación en el voltaje de salida en un rango de 0 a 10VDC para un desplazamiento que va desde 0 cm hasta 22.5 cm.

**Figura 7**

*Potenciómetro lineal MLO-POT-225-TLF*



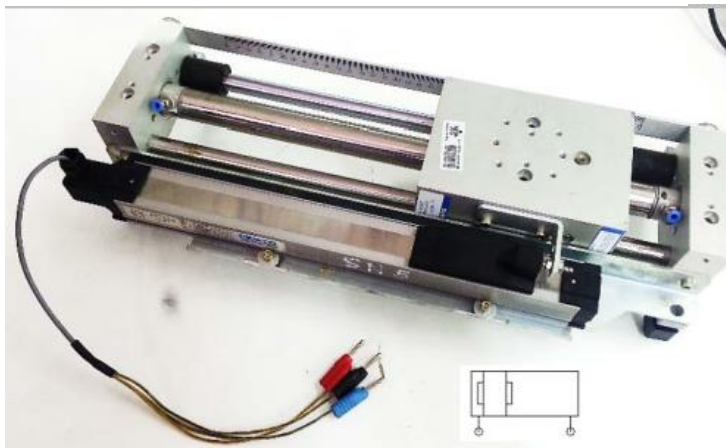
*Nota. Imagen extraída de (FESTO, 2022)*

## 2.2.3. Cilindro sin vástago

Cuando existe una restricción en el espacio disponible para el cilindro, la opción preferida es el cilindro neumático sin vástago. Este tipo de cilindro puede tener una carrera de considerable longitud, alcanzando hasta unos 800 mm o más. El desplazamiento del carro porta cargas externo puede implementarse mediante mecanismos mecánicos o magnéticos. (Creus, 2007, pág. 48)

**Figura 8**

*Cilindro neumático sin vástago*



*Nota. Imagen extraída de (Creus, 2007)*

En el método de arrastre mecánico, el cilindro cuenta con una ranura longitudinal a lo largo de su cuerpo por donde se desliza una brida cubierta con una junta de caucho, asegurando la hermeticidad del cilindro y conectando el pistón con el carro porta cargas. El límite final de la carrera del cilindro se establece mediante un vástago o macho. (Creus, 2007, pág. 48)

En el enfoque de arrastre magnético, el cilindro está construido con acero inoxidable magnético, y dentro de él se mueve el pistón que cuenta con imanes permanentes. Este desplazamiento es seguido magnéticamente por una corredera externa que también incorpora imanes permanentes.

La hermeticidad se logra mediante tapas roscadas que cuentan con conexiones para el suministro de aire. La potencia generada por este sistema es ligeramente inferior a la del arrastre mecánico, Es crucial señalar que no se puede instalar en posición vertical, ya que superar la carga permitida resulta en la desvinculación magnética y la caída de la carga. En contraposición, si esta situación se presenta en un cilindro con arrastre mecánico, la carga se mantiene estática sin caer. (Creus, 2007, pág. 49)

## 2.2.4. Unidad de mantenimiento

Se utilizó el modelo LFR (Filtro y Regulador) con un filtro de 5 micrómetros, la cual se recomienda para sistemas servo-neumáticos. Esta unidad posibilita una supresión efectiva de impurezas y la condensación de la humedad, evitando que el agua ingrese a los componentes del circuito neumático.

### Figura 9

*Unidad LFR-1/8-D-5M-O-MINI*



*Nota. Imagen extraída de (Creus, 2007, pág. 49)*



## 2.2.5. Controlador lógico programable

Bustamante (2009) Se trata de dispositivos electrónicos compactos encargados de supervisar máquinas y procesos. Hacen uso de un almacenamiento programable para retener instrucciones y ejecutar operaciones, que abarcan desde la regulación de activación/desactivación, temporizado, contaje y secuenciación, hasta cálculos matemáticos y tratamiento de información.

Los primeros modelos de aplicación industrial surgieron a partir de 1969, logrando un éxito casi inmediato. Funcionando como sustitutos de los relés, incluso estos primeros Controladores Lógicos Programables (PLCs) Mostraron una mayor confiabilidad en comparación con los sistemas que dependían de relés, principalmente requerido por la solidez de sus componentes de estado sólido en contraste con los componentes en movimiento presentes en los relés electromecánicos.

Los PLCs Posibilitaron la disminución de costos en materiales, mano de obra, instalación y detección de fallas al disminuir la dependencia del cableado y los errores asociados. Además, ocupaban menos espacio en comparación con contadores, temporizadores y otros componentes de control. utilizados anteriormente. Además, la posibilidad de ser programados brindó una mayor flexibilidad para cambiar los esquemas de control. (pág. 205)

### – Características generales

Bustamante (2009) Actualmente, se acepta como regla general que los (PLCs) se vuelven económicamente viables en sistemas de control que requieren más de tres relés. Dado el bajo costo de los micro-PLCs y el hecho de



que los fabricantes ponen gran énfasis en la productividad y calidad, la cuestión del costo prácticamente deja de existir.

Además de las reducciones en los costos, los PLCs ofrecen otros beneficios de valor agregado:

- **Confianza:** Una vez escrito y depurado, un programa puede transferirse y almacenarse fácilmente en otros PLCs, lo que reduce el tiempo de programación, minimiza la depuración y aumenta la confiabilidad. Considerando toda la lógica existente en la memoria del CLP, no hay posibilidad de error lógico debido al cableado, ya que solo se necesita el suministro de energía y las conexiones de entrada y salida del equipo.
- **Flexibilidad.** Cualquier modificación necesaria en el programa se lleva a cabo con un mínimo de escritura, gracias a las características de los lenguajes comúnmente utilizados. Además, prácticamente no hay riesgo de que el usuario final modifique el programa, a menos que cuente con la capacitación y la autorización adecuadas, junto con el dispositivo necesario para la interfaz (PC y cable de interfaz, o un Terminal Portátil de Programación - "Hand-Held Programmer - HHP").
- **Funciones Avanzadas.** Poseen la competencia para realizar una diversidad de funciones de control, desde las simples y repetitivas hasta la manipulación de datos complejos.
- **Comunicaciones.** Los diversos Controladores Lógicos Programables (PLCs) presentes en una planta industrial pueden comunicarse entre sí, conectándose a un PLC maestro, que a su vez se conecta a una



computadora personal (PC) para supervisar los distintos procesos en desarrollo dentro de la fábrica y reprogramar cualquier terminal de PLC. También tienen la capacidad de comunicarse con un módem para recibir instrucciones a través de Internet.

- Velocidad. Debido a su rápida capacidad para contar y responder a pulsos (entre 2000 y 6000 pulsos por segundo), son especialmente adecuados Para aplicaciones industriales que necesitan emplear sensores destinados a medir eventos rápidos, como el paso de un gran número de piezas en un intervalo de tiempo.
- Diagnóstico. Ofrecen la capacidad de detectar fallas en los dispositivos de programación, permitiendo permite a los usuarios detectar y resolver de manera rápida problemas, ya sean de software o hardware. (pág. 206)

## **Operación del PLC**

Bustamante (2009) Para comprender el principio de funcionamiento de los CLPs, es esencial realizar un análisis rápido de sus componentes. Independientemente del tamaño, ya sea de micro-PLCs a PLCs más grandes, todos utilizan los mismos elementos básicos y siguen una estructura similar (pág. 208). Los sistemas PLC están compuestos por:

### **Salidas**

(Central Processing Unit - CPU)

Memoria para el programa y almacenamiento de datos

Fuente de alimentación

Dispositivo de programación

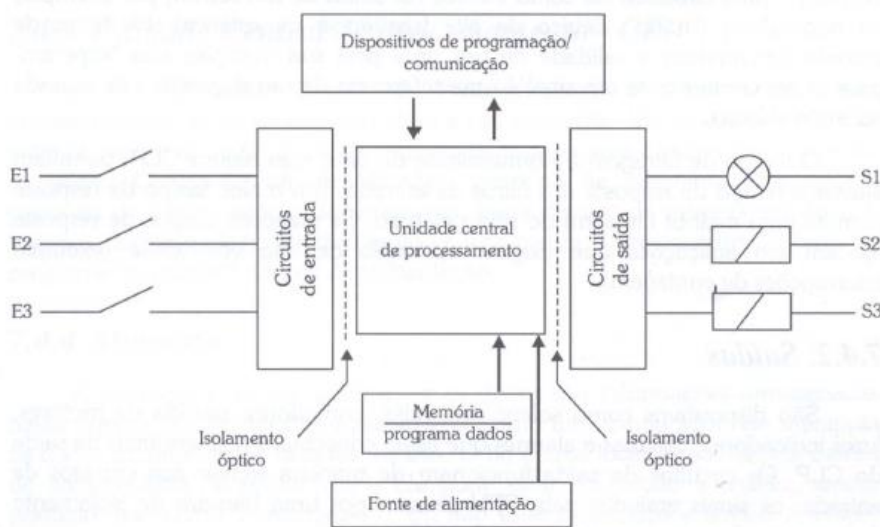
Interfaces de programación

## Entradas

Bustamante (2009) Las conexiones de entrada enlazados al PLCs constituyen la interfaz a través de la cual los dispositivos de campo establecen conexión con el PLC. Entre las entradas se encuentran componentes como botones, interruptores de rueda de pulgar, interruptores de límite, interruptores selectores, sensores de proximidad y fotoeléctricos. (pág. 208)

**Figura 10**

*Esquemático de un CLP*



*Nota. Imagen extraída de (Bustamante, 2009)*

Los puntos de entrada pueden presentarse en forma digital o analógica. Los puntos de entrada digitales, naturalmente, reconocen solo dos estados: encendido o apagado. Por otro lado, los puntos de entrada analógicos identifican más de dos estados, generalmente siendo un número múltiplo de dos (4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, ...). El número de estados necesita del número de bits utilizado



por el conversor A/D de la entrada. Por ejemplo, un conversor A/D de 12 bits admite 1024 estados de entrada ( $2^{10}$ ).

Como ejemplos de entradas digitales, se pueden mencionar: sensores de fin de carrera, pulsadores, contactos secos (relés), etc.

Las entradas analógicas pueden estar conectadas a termopares, sensores resistivos de posición, señales de 4 a 20 mA o de 0 a 10 V, entre otros, en muchos casos. En gran parte de los PLCs, las conexiones de entrada reciben señales eléctricas en el orden de 127 Vca o 24 Vcc, y las acondicionan a 5 Vcc, que es el valor de trabajo de sus componentes internos, brindando protección contra fluctuaciones de voltaje.

Para asegurar el aislamiento eléctrico de los componentes internos con respecto a los terminales de entrada, los PLCs utilizan un aislador óptico, que utiliza la luz se utiliza para transmisión de señales entre un dispositivo eléctrico y otro.

Los circuitos de ingreso del PLCs Asimismo realizan la "filtración" de las señales de voltaje provenientes del campo, clasificándolas como válidas (como las señales de un sensor, por ejemplo) o no válidas (como el "ruido" eléctrico de alta frecuencia o estática). Los filtros de entrada determinan La autenticidad de una señal se evalúa considerando su duración, esperando para confirmar si la señal constituye una referencia de un dispositivo de entrada o simplemente ruido eléctrico.

El tiempo de filtración generalmente es de 8 ms, sin embargo, algunos PLCs posibilitan la modificación del tiempo de reacción de los filtros de ingreso. Un tiempo de respuesta más largo proporciona una filtración más eficaz del ruido



eléctrico, mientras que tiempos de respuesta más cortos son útiles en aplicaciones que requieren operación a alta velocidad, como interrupciones de conteo, por ejemplo. (pág. 211)

## SALIDAS

Bustamante (2009) Son dispositivos como solenoides, relés, contadores, motores de arranque, luces indicadoras, válvulas y alarmas que están conectados a los terminales de salida del CLP. Los circuitos de salida operan de forma análoga a los circuitos de entrada: las señales emitidas por la CPU atraviesan una barrera de aislamiento óptico antes de energizar los circuitos de salida.

Cada señal producida por el PLC para activar dispositivos o componentes del sistema de control (actuadores) constituye un punto de salida. Nuevamente, podemos dividir entre salidas digitales o analógicas. Las salidas digitales tienen solo dos estados, mientras que las salidas analógicas tienen más de dos estados (usualmente, el número de estados es un múltiplo de dos - 4, 8, 16, 32, 64, ...). La cantidad de estados varía según el número de bits utilizado por el convertidor D/A de la salida. Así, un convertidor D/A de 8 bits admite 256 estados de salida ( $2^8$ ).

Los puntos de salida digitales pueden implementarse mediante relés, transistores, o incluso mediante SCRs y TRIACs. Se utilizan para activar lámparas, motores, solenoides, válvulas, etc.

Los puntos de salida analógicos ofrecen corrientes de 4 a 20 mA o tensiones de 0 a 10 V. Se usan para controlar válvulas proporcionales, regular la velocidad de motores (a través de un Inversor de Frecuencia. (pág. 211)



## 2.2.6. Unidad central de procesamiento - CPU

Bustamante (2009) La CPU (Central Processing Unit) tiene la responsabilidad de almacenar y ejecutar el programa de aplicación. Recibe los datos de entrada, realiza operaciones lógicas basadas en el programa almacenado y actualiza las salidas. Está compuesta por un procesador, memoria de programa (no volátil), memoria de datos, reloj en tiempo real (para activar eventos en fechas y horas específicas), temporizador de vigilancia (reinicia el procesador en caso de que el programa "se cuelgue") y fuente de alimentación. (pág. 212)

### **Almacenamiento**

Bustamante (2009) El almacenamiento es un espacio físico donde se guardan datos. La CPU opera de manera análoga a una computadora, manipulando los datos mediante dígitos binarios, es decir, bits. Un bit es una posición discreta dentro de un chip de silicio y puede estar sujeto a tensión, lo que se lee como 1 (activado), o no estar sujeto a tensión, lo que se lee como 0 (desactivado). Por lo tanto, los datos consisten en un patrón de cargas eléctricas que representan un valor numérico. (pág. 212)

### **Dispositivo de programación/comunicación**

Bustamante (2009) El dispositivo de programación es una herramienta que, al conectarse temporalmente al PLC, permite la introducción del programa de aplicación, asegurando que el PLC funcione según las necesidades de control del proceso del usuario. Además, en muchas ocasiones, el dispositivo de programación permite monitorear el programa de aplicación en tiempo real, es decir, visualizar su ejecución en curso, e incluso ejecutarlo paso a paso. Algunos



PLCs incluso permiten la simulación del programa de aplicación, ejecutándolo únicamente en el dispositivo de programación con fines de depuración. (pág. 212)

En la actualidad, es más común utilizar una computadora personal compatible con IBM-PC como terminal de programación, ya sea en la versión de escritorio o portátil, para la programación en el campo. Los fabricantes de PLCs ofrecen software de programación que se ejecuta en DOS o Windows, junto con cables para la conexión al CLP, generalmente a través del puerto serial de la computadora y, en casos menos frecuentes, a través del puerto paralelo.

### **2.2.7. Fuente de alimentación**

Bustamante (2009) La tarea principal es proporcionar energía. a los componentes electrónicos internos del controlador, convertir la tensión de entrada en una forma utilizable y proteger los elementos del PLC contra picos de tensión.

Dado que la mayoría de las instalaciones experimentan fluctuaciones de tensión en la red eléctrica, las fuentes de alimentación de los PLCs están diseñadas para mantener la operación normal incluso cuando la tensión varía entre 10 y 153 voltios. Las caídas y los picos de tensión pueden deberse a variaciones en la red eléctrica o al encendido/apagado de equipos pesados, como motores y máquinas de soldar. En situaciones de inestabilidad significativa en la tensión, puede ser necesario instalar un estabilizador de tensión entre el PLC y la fuente principal de tensión. (pág. 212)



## Ciclo de operación

Bustamante (2009) La lógica que evalúa la condición de los puntos de entrada y los estados anteriores del PLC, ejecutando las funciones deseadas y activando las salidas, se conoce como programa aplicativo o simplemente programa del PLC.

Para llevar a cabo este proceso, el PLC realiza lecturas cíclicas de las entradas, transfiriéndolas a una memoria imagen. En esta memoria, cada dirección corresponde a una entrada y recibe su valor, ya sea 0 o 1 en el caso de entradas digitales, o un valor numérico en el caso de entradas analógicas.

Con la información de la memoria imagen y los estados internos generados en los ciclos de ejecución anteriores, el PLC crea una memoria imagen de las salidas, de acuerdo con las operaciones definidas en el programa. Finalmente, la información almacenada en la memoria de salida se transfiere a los dispositivos de salida. Un valor de 0 o 1 puede desactivar o activar una salida digital, mientras que un valor numérico modifica la corriente o tensión de una salida analógica.

Dado que cualquier sistema de control o automatización requiere el máximo de paralelismo posible, ya que en cualquier proceso pueden ocurrir varios eventos simultáneamente, los PLCs utilizan un método que simula el paralelismo.

En este método, los parámetros de entrada, como el estado de las conexiones y los valores de las variables, se mantienen en una tabla accesible por cualquier bloque de instrucciones que se esté interpretando (memoria de imagen de las entradas). Simultáneamente, se construye una segunda tabla

(memoria de imagen de las salidas) a medida que se leen e interpretan los bloques, registrando los resultados producidos.

De esta manera, cada bloque puede utilizar cualquier parámetro de entrada sin que estos parámetros se vean alterados debido a la interpretación de otros bloques. Al final del ciclo, la tabla de salidas, que contiene los resultados, se transfiere directamente a la tabla de entradas, haciendo que los nuevos valores estén disponibles para todos los bloques en el próximo ciclo.

Este método de operación permite que todos los bloques se interpreten en paralelo, facilitando la elaboración de programas segmentados. Cada parte puede controlar un proceso de manera independiente y simultánea a las demás. Este paralelismo, operado en ciclos, implica que la actualización de la salida de un bloque de instrucciones a la entrada de uno o más bloques demore el tiempo equivalente a un ciclo. Este retraso debe considerarse en la planificación del programa, ya que la conexión encadenada de, por ejemplo, diez bloques de instrucciones tendrían un retraso de diez ciclos desde el estímulo en la entrada del primer bloque hasta la salida en el último. Con un tiempo de ciclo de 1/16 segundos (característico de algunos PLCs más simples), esto resultaría en un retraso de 0,625 segundos. (pág. 213)

### Figura 11

*Ciclos de operación de los PLCs.*



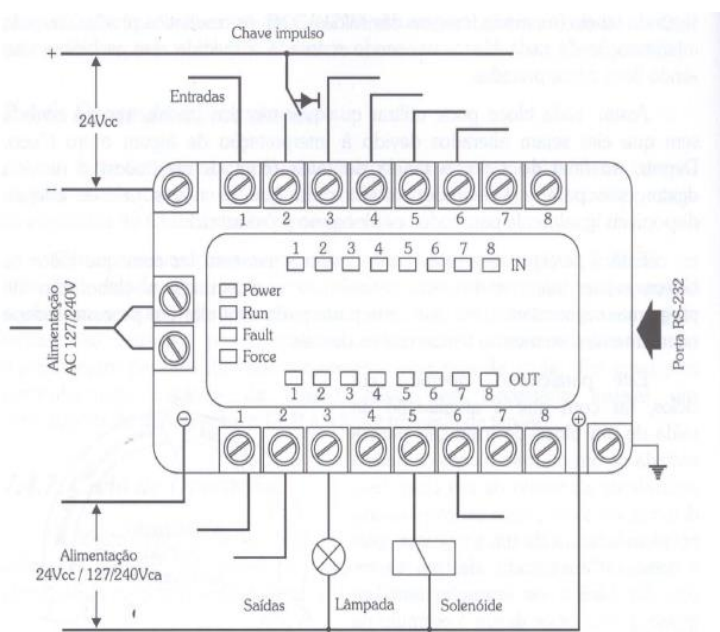
*Nota. Imagen extraída de (Bustamante, 2009)*

### La interfaz de operación del PLC

Bustamante (2009) cuenta con un panel frontal equipado con diversas luces indicadoras que proporcionan información sobre alimentación, operación, fallos y el estado de las entradas y salidas (E/S). Para interactuar con el PLC, es decir, ingresar datos o monitorear/controlar el estado de la máquina, las interfaces convencionales de operación incluyen botones, interruptores de rueda de pulgar, lámparas piloto y pantallas numéricas. En el mercado, existe una nueva generación de dispositivos con pantallas alfanuméricas que pueden conectarse al PLC a través del puerto RS-232 y colocarse cerca del equipo. a este, conectado a la máquina, proporcionando información en formato de texto (por ejemplo, "Motor 1 Encendido") sobre los procesos que está llevando a cabo el PLC, reduciendo de esta manera la necesidad de capacitación para el operador de la máquina. (pág. 214)

**Figura 12**

*La aplicación de PLC*



*Nota. Imagen extraída de (Bustamante, 2009)*



## Lenguajes de programación

Bustamante (2009) Un programa consta de una secuencia de instrucciones o comandos que el usuario crea para que el PLC realice acciones específicas. Un lenguaje de programación establece reglas para combinar estas instrucciones de manera que generen las acciones deseadas.

Existen varios lenguajes de programación, siendo el más conocido y tradicional la lógica de escalera (ladder logic), que es una adaptación del diagrama eléctrico funcional, también conocido como diagrama de escalera. El lenguaje de escalera utiliza un sistema gráfico de símbolos y términos, lo que lo hace accesible incluso para aquellos que no están completamente familiarizados con los diagramas eléctricos funcionales. Otros lenguajes menos tradicionales incluyen BASIC, C y Booleano. Estos lenguajes informáticos son adecuados para aplicaciones que requieren cálculos y rutinas demasiado complejas y pesadas para ejecutarse en lógica de escalera.

En el mercado, también hay un PLC lanzado en los últimos años que tiene solo 4 entradas/salidas (E/S) y se puede ampliar a más de 8 E/S, con programación realizada a través de un diagrama de bloques. Su simplicidad se traduce en un costo final relativamente más bajo en comparación con otros PLC, lo que lo hace adecuado para pequeñas automatizaciones.

De hecho, muchos fabricantes desarrollan sus propios lenguajes de programación basados en una combinación de lenguaje Booleano, lógica de escalera y expresiones mnemotécnicas, lo que da como resultado expresiones diversas. (pág. 215)



## 2.2.8. Controlador lógico programable Simatic S7-1200

Cares & Andrades (2022) Es un controlador de dimensiones reducidas que simplifica la ejecución de actividades productivas simples, pero con una precisión notable. Su estructura es escalable y adaptable en sus cinco unidades de procesamiento, disminuyendo los criterios de espacio en el tablero de control. Debido a su flexibilidad y versatilidad, el software resulta sencillo de aprender y emplear, ofreciendo una forma fácil de navegar gracias a la uniformidad de símbolos y menús en todas las interfaces. (pág. 12)

Entre las características clave se incluyen:

- Potente poder de procesamiento con cálculos de 64 bits.
- Integración de interfaz Ethernet / PROFINET.
- Inclusión de entradas analógicas.
- Módulos de función para la gestión de ejes según los estándares PLCopen.
- Programación a través de la aplicación de software.

Con el sistema S7-1200, los profesionales de mantenimiento y los gerentes en general pueden acceder anticipadamente a información de diagnóstico, lo que les permite anticipar manejar situaciones imprevistas y tomar medidas proactivas para asegurar el flujo correcto de cada proceso.

### **Elección de un controlador simatic de acuerdo con los requisitos**

Cares & Andrades (2022) Todos los controladores SIMATIC, además de su capacidad de escalabilidad, ofrecen características que simplifican la creación de diseños flexibles o la personalización de soluciones de automatización para



los procesos. Uno de los beneficios destacados al emplear los controladores SIMATIC es la capacidad de almacenar datos de manera constante en un concepto de biblioteca inteligente, lo que facilita considerablemente el uso de funciones universales.

Adicionalmente, Se disminuyen los periodos de tiempo en los que no hay actividad, de manera significativa y rápida gracias al sistema integrado de diagnóstico, que Proporciona una resolución eficaz de problemas y un análisis de fallos eficiente. (pág. 12)

Es fundamental resaltar que cada controlador puede ser conectado y configurado de manera individual para ofrecer el máximo nivel de integración, lo que resulta en un sistema de automatización estándar y confiable resistente a fallos. En este contexto, la línea SIMATIC presenta controladores categorizados como básicos, avanzados, distribuidos y de software, ofreciendo una impresionante capacidad de integración en sus funciones. Mediante el uso del Portal de Automatización Totalmente Integrado (TIA Portal), Hallar las soluciones óptimas de automatización para distintas aplicaciones.

Los controladores elementales están concebidos para aplicaciones de automatización que requieren tecnologías y comunicación integradas, utilizando funciones incorporadas como PROFINET, Modus, entre otras, o mediante la adición de módulos extras como IO-Link y AS-i. Además, ofrecen un diseño versátil y posibilidades de ampliación mediante módulos.

Los controladores distribuidos son especialmente idóneos para su implementación en maquinaria. con una arquitectura distribuida, como sugiere su nombre, y también para máquinas en producción en serie que enfrentan

limitaciones de espacio. En última instancia, los controladores de software se emplean en situaciones donde se demanda velocidad y precisión al máximo. Estos operan de forma independiente al sistema operativo y, al igual que todos los controladores SIMATIC, incorporan seguridad integrada.

### Plc CPU1215C AC/DC/RLY

#### Figura 13

*PLC Simatic S7-1200*



*Nota. Imagen extraída de (Sabogal, 2016)*

#### 2.2.9. Servicio y supervisión con WINCC

A medida que los procesos se tornan más complicados y las necesidades en términos de funcionalidad de las máquinas e instalaciones aumentan, el operador requiere una herramienta eficiente para el comando y control de las instalaciones de productividad. Un HMI (Interfaz Hombre-Máquina). El control efectivo sobre el proceso está a cargo del controlador. En consecuencia, se establece una interfaz entre el operador y WinCC (ubicada en el panel del operador) y otra interfaz entre WinCC y el controlador. (Pirraglia, 2018)



WinCC: Es el programa informático utilizado para realizar todas las funciones de diseño requeridas. WinCC Runtime es el software para la visualización del proceso. Durante el funcionamiento del proceso, el proyecto se procesa en tiempo real en Runtime.

WinCC permite crear páginas para el control y supervisión de máquinas e instalaciones. Para la creación de páginas, se dispone de objetos predefinidos que permiten reproducir la instalación, visualizar el desarrollo de los procesos y especificar sus valores correspondientes. (Pirraglia, 2018)

### **WinCC tiene las siguientes funciones:**

- Representación del proceso

La representación del proceso se muestra en el panel del operador. En caso de que ocurra un cambio de estado en el proceso, la representación en el panel del operador se modifica correspondientemente.

- Control del proceso

A través de la interfaz gráfica para el usuario, el operador tiene la capacidad de supervisar y gestionar el proceso. Por ejemplo, puede establecer previamente un punto de ajuste para el controlador o poner en marcha un motor.

### Visualización de alertas

Cuando se presentan situaciones críticas en un proceso, como superar un valor límite específico, el sistema emite automáticamente una alerta.

- Almacenamiento de valores de proceso y alertas



El sistema HMI tiene la capacidad de almacenar alertas y valores de proceso. Esto posibilita documentar la evolución del proceso y acceder a datos de producción anteriores en un momento posterior.

- Documentación de valores de proceso y alertas

El sistema HMI puede proporcionar un registro de alertas y valores de proceso. Esto permite, por ejemplo, revisar los datos de producción al final del turno de trabajo.

- Gestión de parámetros de proceso y máquinas

El sistema HMI tiene la capacidad de almacenar los ajustes para procesos y máquinas mediante recetas. Estos ajustes, por ejemplo, pueden ser transferidos desde el panel del operador al controlador. con una sola operación para adaptar la producción a una versión diferente del producto. (Pirraglia, 2018)

### **Estructura de una página**

(Pirraglia, 2018) La disposición de la página está influenciada por el panel de operador para el cual se está llevando a cabo el diseño y se alinea con el diseño de la interfaz de usuario del panel de operador. Las características de la página, los tipos de letra disponibles y los colores varían según las configuraciones específicas del panel de operador. En el caso de que el panel de operador configurado incluya teclas de función, estas serán visibles en la página.

Una tecla de función es un botón en el panel de operador que se puede configurar en WinCC con una o más funciones. Las funciones se activan tan



pronto como el operador presiona la tecla correspondiente en el panel de operador. Se puede configurar una tecla de función a nivel global o local:

Las teclas de función con configuración global siempre activan la misma acción, independientemente de la página que se esté visualizando en ese momento.

Las teclas de función con configuración local activan diferentes acciones según la página que se esté mostrando en el panel de operador. La configuración es válida exclusivamente para la página en la que se definió la tecla de función.

Para permitir que el operador llame a una página en tiempo real en el panel de operador, es necesario vincular cada página diseñada durante la ejecución de la operación. Esto se logra usando el editor de páginas para diseñar botones y teclas de función en las páginas que llaman a otras páginas, o el editor "Página global" para diseñar teclas de función configuradas a nivel global.

### **Simatic HMI KTP-700 Basic**

Cares & Andrades (2022) Los controladores distribuidos son especialmente adecuados para máquinas con una arquitectura distribuida, Tal como indica su denominación, así como para máquinas en producción en serie que enfrentan limitaciones de espacio. En última instancia, los controladores de software se emplean en situaciones donde se demanda velocidad y precisión al máximo. Estos operan de forma independiente al sistema operativo y, al igual que todos los controladores SIMATIC, incorporan seguridad integrada.

La integración de interfaces HMI se realiza en todos los niveles de automatización, desde aplicaciones más sencillas hasta procesos más complejos. Este proceso se realiza mediante el uso de pantallas táctiles.



Además, existe una tendencia hacia la capacidad de comunicación con protocolos fundamentales como PROFINET, MODBUS TCP, PROFIBUS, entre otros. Las generaciones más recientes de interfaces HMI también incluyen funciones que anteriormente estaban ubicadas en dispositivos de control y automatización, como los PLC. De esta manera, estas interfaces pueden cumplir tanto funciones de control como de registro de datos. (pág. 18)

## – Elección HMI adecuado

Dada la abundancia de marcas y modelos disponibles en la actualidad, la elección de un HMI para un proyecto específico se ha vuelto una tarea desafiante. Para facilitar la selección, se sugiere:

### **Funciones a realizar:**

Previo al inicio de la selección, es recomendable comprender el propósito para el cual se necesita el HMI. Las tareas primordiales pueden incluir el reemplazo de dispositivos mecánicos, tales como selectores, pulsadores y pilotos, por controles táctiles. Asimismo, puede incluir la configuración de tiempos, establecimiento de consignas de trabajo y una representación gráfica más intuitiva y contemporánea.

### **Sistema de registro de datos:**

Siempre restringido por la capacidad de la pantalla, ya que la HMI no cuenta con la capacidad de registro de un sistema SCADA, es importante considerar esta limitación al elegir un HMI para funciones de registro de datos.



## **Acerca de las características físicas del HMI,**

Cares & Andrades (2022) En cuanto a las dimensiones y la claridad de la imagen, la elección se fundamenta en los requisitos particulares de la aplicación. Se analizará la cantidad de datos que se mostrarán en la pantalla y la frecuencia de comandos a ejecutar. A partir de esta evaluación, se determinará el tamaño adecuado del dispositivo de visualización, siendo los tamaños más habituales comprendidos entre 4 y 19 pulgadas (aunque existen opciones menos convencionales). Además, será necesario decidir si se requiere la inclusión de un teclado o si la pantalla táctil por sí sola es suficiente.

A pesar de que la mayoría de las pantallas en la actualidad son en color, es fundamental considerar que también existen opciones monocromáticas. Aunque la mayor parte de las pantallas en la actualidad son a color, como las consideraciones económicas o el propósito específico para el que se destine la pantalla. En el caso de una aplicación sencilla que no requiera una representación gráfica extenso, es suficiente utilizar una pantalla gráfica/alfanumérica monocromática o a color. En cambio, si se requieren muchos detalles y una presentación de alta calidad, podría ser apropiado optar por una pantalla táctil. (pág. 19)

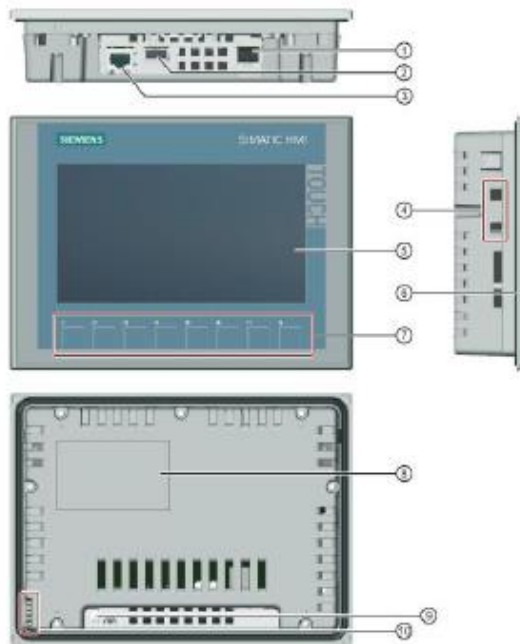
## **Entorno laboral**

Las condiciones del entorno son un factor crucial al determinar las características externas que deben considerarse en el lugar de trabajo, tales como la temperatura, el entorno industrial, la presencia de condiciones corrosivas, o la necesidad de protección contra agua, polvo, ruido o vibraciones excesivas, así como la posible presencia de atmósferas explosivas.

Para garantizar que el HMI sea apropiado, es esencial prestar atención a las especificaciones proporcionadas suministrado por el fabricante. Aunque prácticamente todos los fabricantes de HMI ofrecen líneas diseñadas específicamente para áreas ATEX, garantizar la elección de la gama adecuada brindará una mayor seguridad. (pág. 19)

**Figura 14**

*Pantalla periférica HMI KTP700 Básico*



*Nota. Imagen extraída de(Cares & Andrades, 2022)*

### 2.3. Definición de términos

**Módulo Neumático:** Dispositivo que utiliza aire comprimido para realizar movimientos mecánicos, en este contexto, aplicado al control de posicionamiento.

**Control de Posicionamiento:** Proceso mediante el cual se gestiona y ajusta la ubicación exacta de un sistema o dispositivo en un espacio determinado.



**Controlador Lógico Programable (PLC):** Dispositivo programable electrónico creado para supervisar y automatizar procesos industriales.

**Interfaz Gráfica de Usuario (GUI):** Sistema visual que permite la interacción entre un usuario y una máquina mediante elementos gráficos, facilitando la supervisión y control.

**Eficiencia del Sistema:** Medida de la capacidad del sistema para realizar sus funciones con precisión y rapidez, minimizando los recursos utilizados.

**Precisión de Posicionamiento:** Grado de exactitud con el que el sistema puede colocarse en una posición específica deseada.

**Velocidad de Respuesta:** El lapso que el sistema demora en responder y ajustarse a cambios en las señales de control.

**Configuración del PLC:** Ajustes y parámetros específicos programados en el PLC para adaptarse a los requisitos del sistema.

**Estabilidad del Sistema:** Capacidad del sistema para mantener un rendimiento consistente y sin fluctuaciones no deseadas.



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Método de investigación

#### 3.2. Tipo de investigación

La investigación a realizar en el proyecto será de índole aplicada, dado que se centra en abordar problemas prácticos y aplicar los resultados obtenidos en situaciones concretas.

#### 3.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación empleado en este proyecto es experimental, ya que implica la creación del sistema de control de posicionamiento, lo que permitirá la implementación del PID para realizar su funcionamiento.

#### 3.4. Ámbito de la investigación

Dimensión Espacial: La ejecución del proyecto tendrá lugar en un contexto de laboratorio o en un centro educativo específico, el cual puede encontrarse en una institución educativa o en un centro de investigación. La extensión geográfica se restringe a esta ubicación física.

Dimensión Temporal: El periodo necesario para poner en marcha y evaluar el sistema de automatización será determinada en el plan del proyecto, ajustándose de acuerdo a los objetivos y recursos disponibles.

### 3.5. Población y muestra

Consideradas en la investigación incluyen los parámetros de operación del sistema de control de posicionamiento de un módulo neumático, según se describe en la sección de teorías relacionadas con el tema.

### 3.6. Técnicas e instrumentos de recogida de información

**Tabla 2**

*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

1. TÉCNICAS	2. INSTRUMENTO	3. VALIDACIÓN
<b>Observación:</b> Se usó las herramientas para el posicionamiento una válvula de control proporcional neumática y un PLC para la toma de tiempos se realizó con una interfaz gráfica para el monitoreo de control.	Ficha de observación	Por asesor especialista

*Nota. Elaboración Propia*

### 3.7. Recogida de datos

Se han empleado funciones del software TIA PORTAL V16 para el análisis de datos adquiridos por el sensor de distancia resistivo. se recopilan datos a lo largo del tiempo realizadas por el control de la válvula proporcional neumática, proporcionar datos en tiempo real durante las operaciones del sistema se puede realizar un análisis de series de tiempos de posicionamiento y desplazamientos realizados por el sistema neumático.

TIA Portal: Es una aplicación de programación de PLC y HMI de la marca Siemens La capturar de datos relevantes de la configuración y funcionamiento del (PLC). Permite incluir la frecuencia de muestreo, la lógica de control implementado



Las funciones que se van a usar del software son el procesamiento de mediciones adquiridos por el sensor en la realización de pruebas de rendimiento controladas para evaluar la precisión del posicionamiento, la velocidad de respuesta. Registrar los resultados de estas pruebas para comparar con los objetivos establecido realizando el control PID a través del PLC S7-1200 y la pantalla grafica que posibilitan las presentaciones visuales para representar de manera efectiva los datos de control de posicionamiento del sistema neumático.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADO Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Presentación

##### Figura 15

*Implementación y sintonización final del sistema*



*Nota. Elaboración propia*

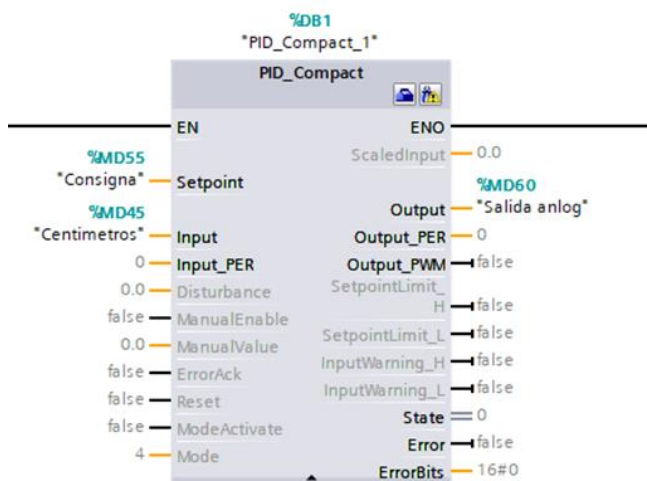
En la etapa de la implementación del sistema se implementa con el controlador de siemens s7 1200 CPU 1215 y un sistema de visualización de HMI KTP 700 en la versión de TIA PORTAL de V16.

## Uso del bloque PID compact en TIA PORTAL V16

Este bloque se debe establecer como un "Interruptor de ciclo", lo que significa que interrumpe la ejecución de la rutina principal para realizar su función cada cierto intervalo de tiempo. Es decir, periódicamente compara la salida del sistema físico (la entrada del controlador) con el valor de referencia (el punto de ajuste del controlador) y genera una señal de control hacia el sistema. En este caso específico, se ha elegido un intervalo de tiempo de 500 milisegundos para cada interrupción.

**Figura 16**

*Bloque PID en Tia Portal*

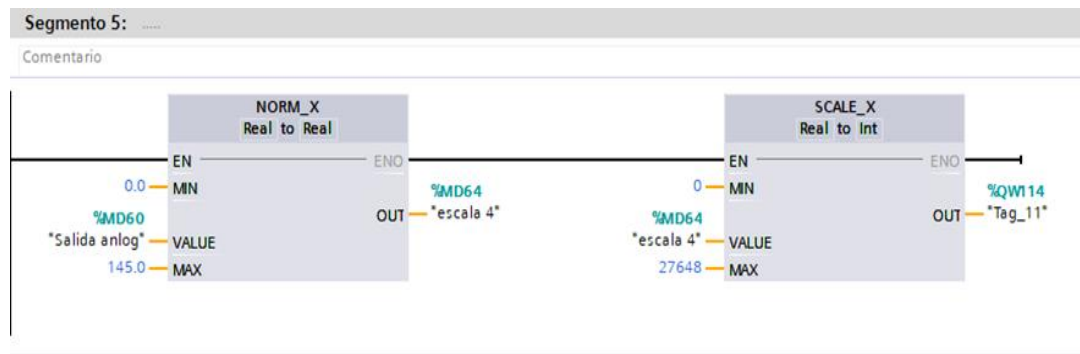


Nota. Elaboración propia

La variable real de 0 MD60 Se normaliza de 0 a 145, así como indica el rango de nuestro actuador electroneumático MYPE 5-1/8 -lf -010-b válvula regulador diferencial neumático de 0 a 10 bares, 0 a 145 psi, mediante la señal de 0 a 10 v.

### Figura 17

#### Control MYPE 5/-1/8



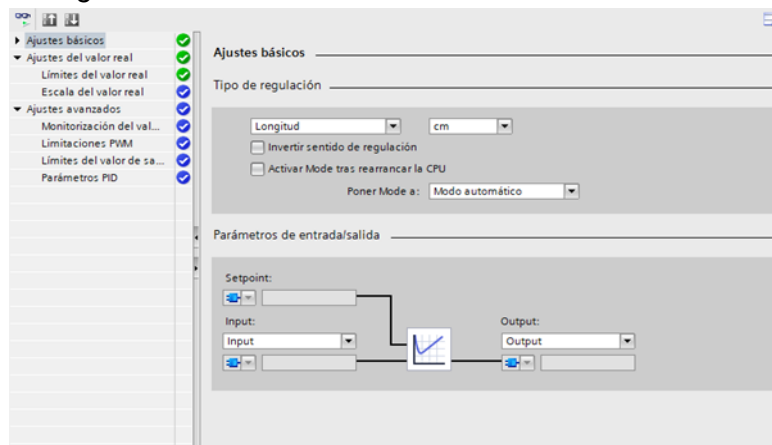
Nota. Elaboración propia

### Configuración inicial del PID

Inicialmente se debe crear un bloque de interrupción de ciclo, y sobre este bloque ubicar el objeto tecnológico PID\_compact, para comenzar a configurar el mismo.

### Figura 18

#### Configuración inicial del PID

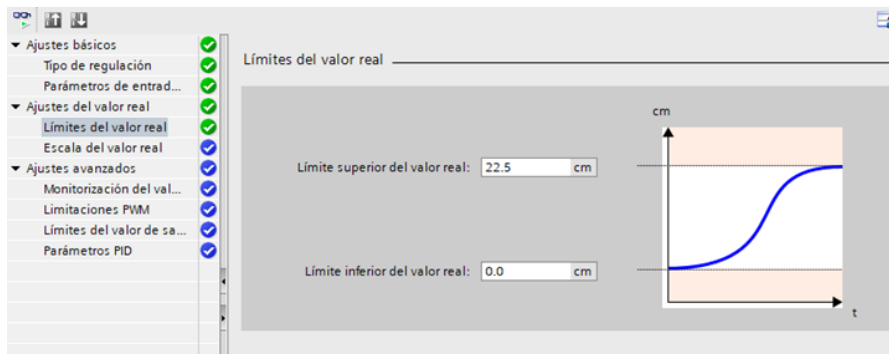


Nota. Elaboración propia

Configuramos el tipo de regulación en longitud, centímetros ya que nuestro sensor de posesión tiene una lectura de 0 a 22.5 cm, poner en mod de regulación automática. para lo cual se ajustará los límites de valor real como se muestra en la figura.

**Figura 19**

### Ajuste de valores del límite real



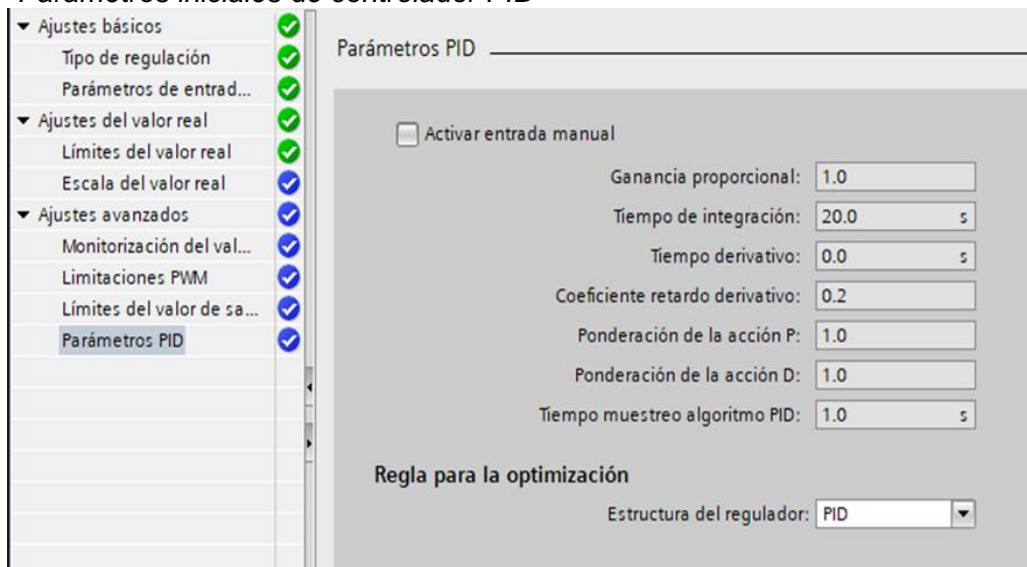
*Nota. Elaboración propia*

## Estructura del control

La configuración inicial del sistema de control antes de la sintonización, los parámetros iniciales del sistema se logran mediante el Autotunig del PLC s7 1200 CPU 1215.

**Figura 20**

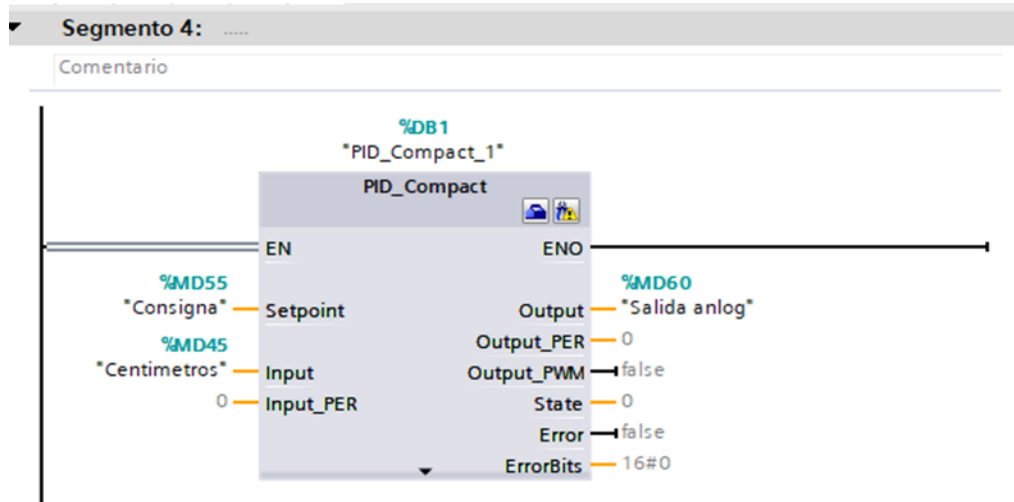
### Parámetros iniciales de controlador PID



*Nota. Elaboración propia*

**Figura 21**

*Programación en main del controlador PID*



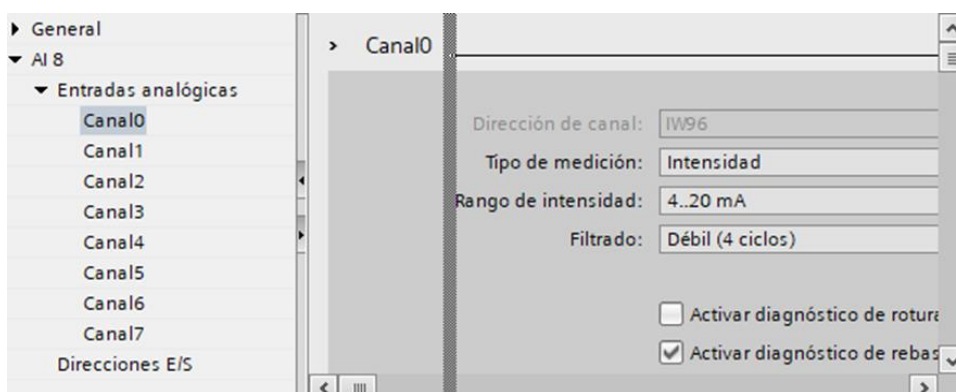
*Nota. Elaboración propia*

### Lectura del sensor de presión

La lectura del sensor de presión de 0 a 10 bares se realiza mediante el módulo de entrada analógica sm1231 2314hf320xb0 siemens en donde se realiza la configuración de lectura para 4 a 20 mA. Para luego la normalización y su posterior escalamiento de la señal analógica

**Figura 22**

*Configuración del módulo sm1231 entrada analógica*



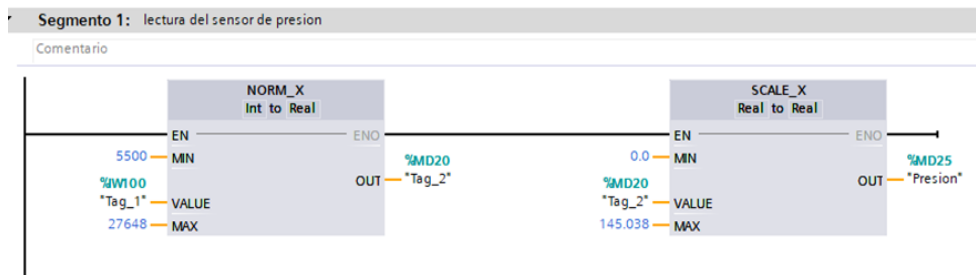
*Nota. Elaboración propia*

La normalización de una señal analógica de 0 a 20 mA se desarrolla de 0 a 27648

como variable entera a una señal real de 0 a 145.30 PSI como se indica en la figura.

**Figura 23**

### Normalización y escalamiento de la señal analógica

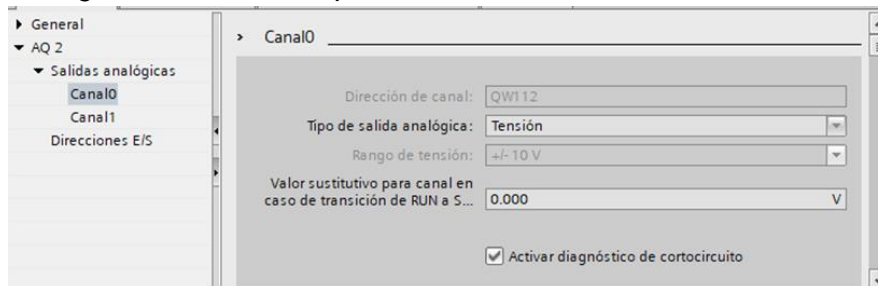


*Nota. Elaboración propia*

Para logra una configuración se generará nuestra propia fuente de 0 a 10 v para el uso de nuestro medidor de distancia de manera que se tiene una entrada analógica de 0 a 10v. para ello se configura la salida analógica MS 1232 3224HB300XB0 como se muestra en la figura.

**Figura 24**

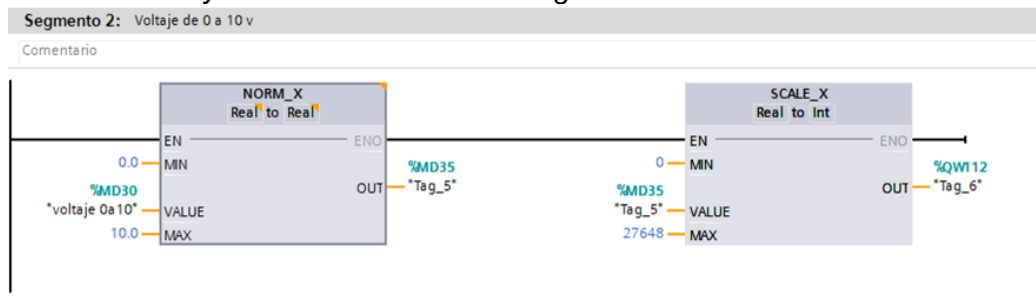
### Configuración a 0 a 10 v para el medidor de distancia



*Nota. Elaboración propia*

**Figura 25**

### Normalización y escalamiento de nuestro generador de vo



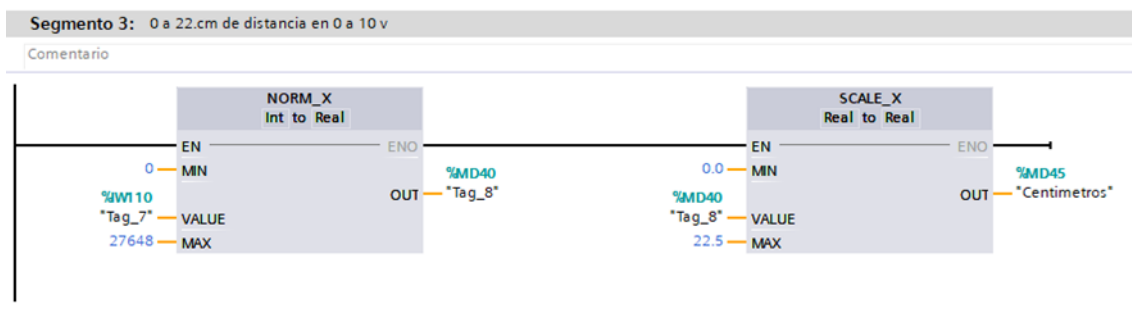
*Nota. Elaboración propia*

Nuestro medidor de distancia o sensor de distancia, actúa como un potenciómetro en donde 0v es 0 cm, así como 10 v es a 22.5 cm para ello se realiza la normalización a bits de 0 a 27648 escalamiento adecuado a 0 a 10 v. Esta señal es transformada mediante la regla de resistencia de 5k ohm sensor lineal de posición.

### Normalizado y escalado del sensor lineal

**Figura 26**

*Normalizado y escalado del sensor lineal*



*Nota. Elaboración propia*

### Auto sintonización del controlador PID

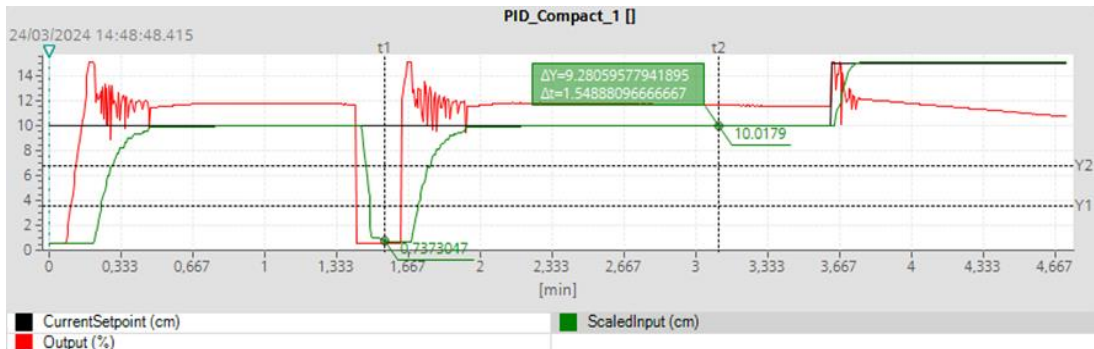
La fase conclusiva del proyecto implicó la sintonización "in situ" del controlador. Para llevar a cabo este proceso, se activa el botón de puesta en marcha del bloque PID\_compact, lo que desencadena la visualización de la pantalla representada en la figura adjunta.

Para ello seleccionamos la sintonización fina, estado de Optimización inicial para mejorar el control PID del proceso. Para ello se generó con el set point de 10 y 14cm.

### Pruebas de la optimización inicial del Control PID.

**Figura 27**

*Pruebas de la optimización inicial del Control PID*

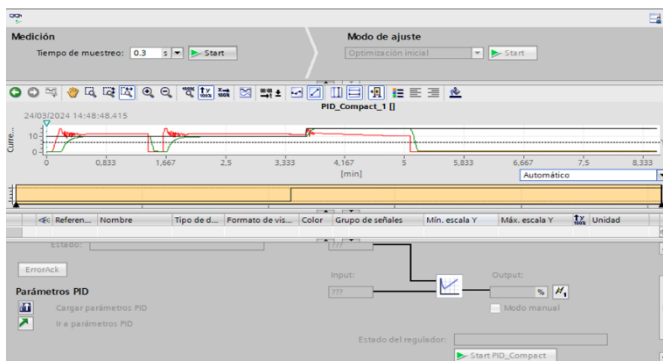


*Nota. Elaboración propia*

### Ventana de puesta en servicio de PID0

**Figura 28**

*Ventana de puesta en servicio de PID*



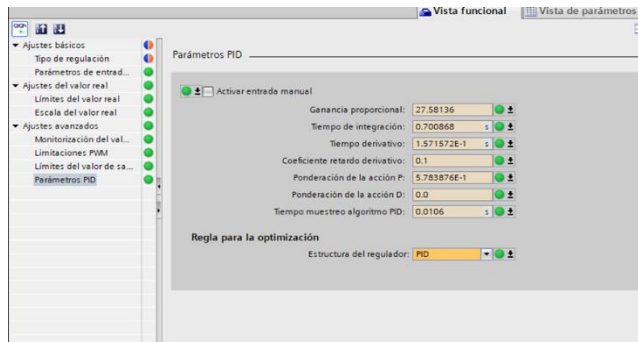
*Nota. Elaboración propia*

Los parámetros de la sintonización se obtienen gracias al controlador que viene integrado el autotuning mediante el trabajo de inicio en el sistema, para mejorar la sintonización se realizaría con Matlab, pero para nuestro proyecto se consideró la auto sintonización en trabajo del plc s7 1200.

### Parámetros de sintonización del controlador

**Figura 29**

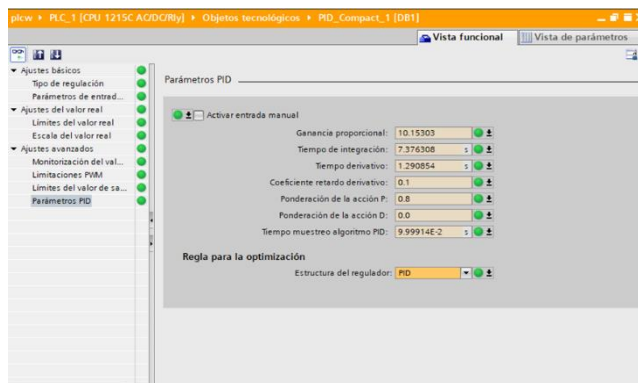
### Parámetros de sintonización del controlador 1



Nota. Elaboración propia

**Figura 30**

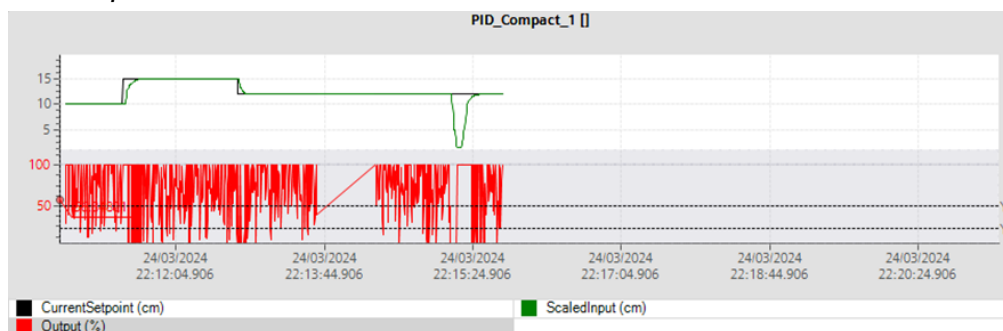
### Parámetros de sintonización del controlador 2



Nota. Elaboración propia

**Figura 31**

### Curva optimizada de control PID



Nota. Elaboración propia

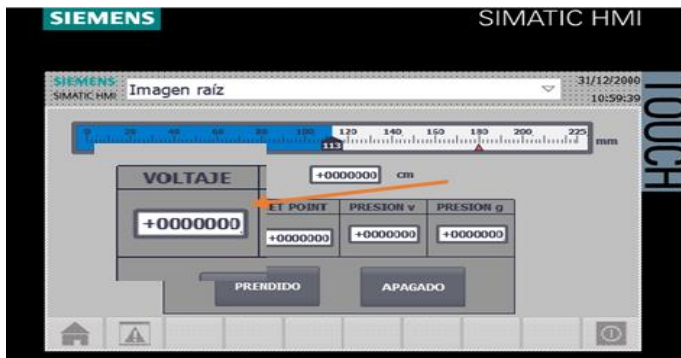
Para la optimización de control se usa el autotuning de PLC s7 1200 CPU 1215 y se visualizara una curva optimizada de control PID.

#### 4.1.1. Desarrollo de sistema HMI TP 700

El desarrollo del sistema HMI TP700 para el control y configuración del sistema PID para ello y realizamos la generación de nuestra fuente de 10v para nuestro sensor de posicionamiento. El ingreso de datos será de 0 a 10 v DC.

**Figura 32**

*Desarrollo del sistema HMI TP700*

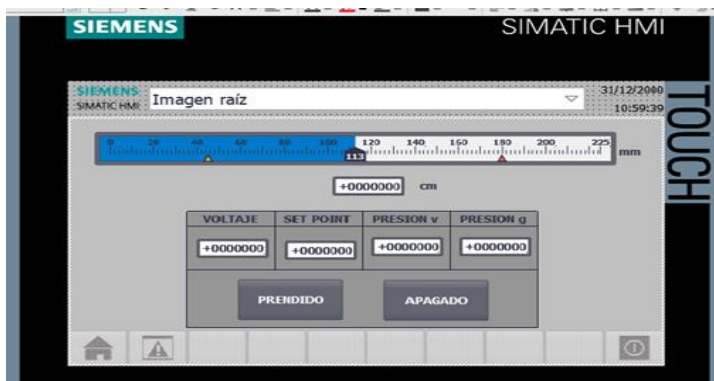


*Nota. Elaboración propia*

El sistema tiene un set point o una referencia requerida para lo cual se ingresa mediante sistemas HMI por lo cual ingresar la referencia requerida como se muestra en la figura.

**Figura 33**

*Set point o una referencia*



*Nota. Elaboración propia*

Se realiza una presentación en el sistema HMI, donde se indica el proyecto de investigación y los nombres personales. Como una caratula de presentación.

**Figura 34**

*Presentación en el sistema HMI*



*Nota. Elaboración propia*

#### 4.1.2. Pruebas realizadas

Pruebas y resultado de las pruebas realizadas del proceso de posicionamiento neumático mediante un PLC s7 1200.

**Figura 35**

*Pesos utilizados para pruebas*

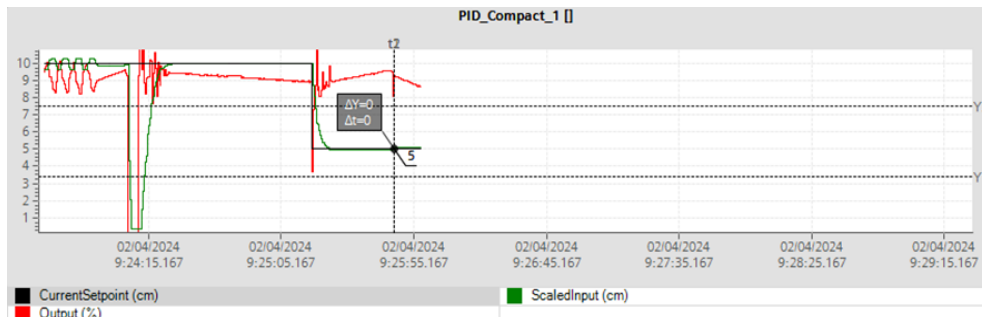


*Nota. Elaboración propia*

**Prueba sin carga 1:** La prueba de posicionamiento sin carga se realiza para una medida de 5cm, en donde visualizaremos la curva de estabilización y tiempo necesario mediante la pantalla grafica de Tia Portal.

**Figura 36**

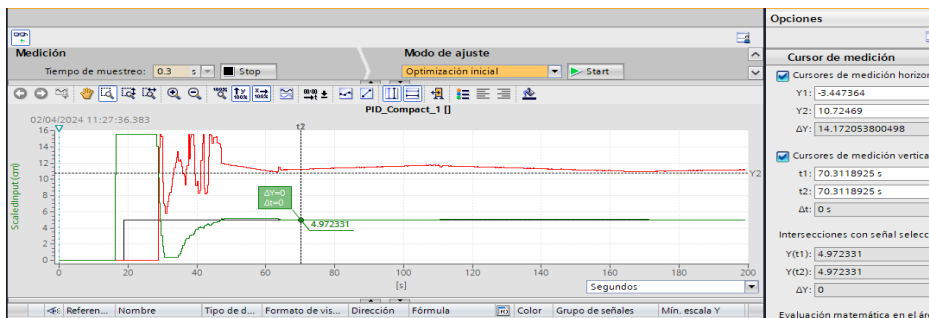
*Prueba de posicionamiento sin carga para una medida de 5cm*



*Nota: Elaboración propia*

**Figura 37**

*Prueba de posicionamiento sin carga para una medida de 10cm*



*Nota: Elaboración propia*

**Figura 38**

*Realizacion de la prueba 1*

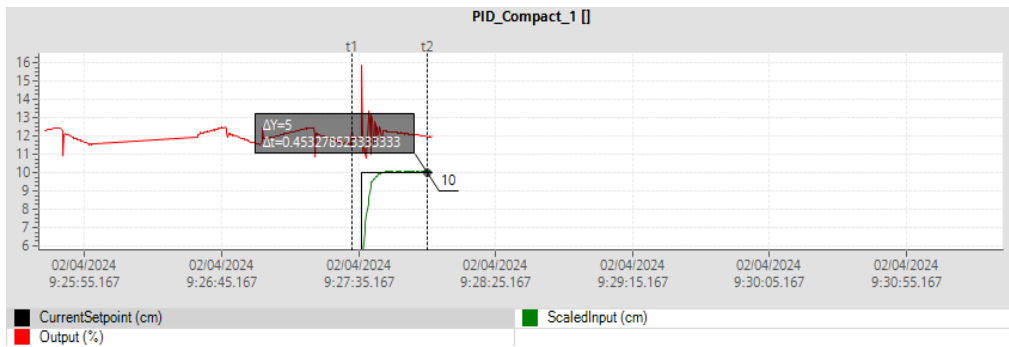


*Nota. Elaboración propia*

**Prueba sin carga 2:** La prueba de posicionamiento sin carga se realiza para una medida de 10cm, en donde visualizaremos la curva de estabilización y tiempo necesario mediante la pantalla grafica de Tia Portal.

**Figura 39**

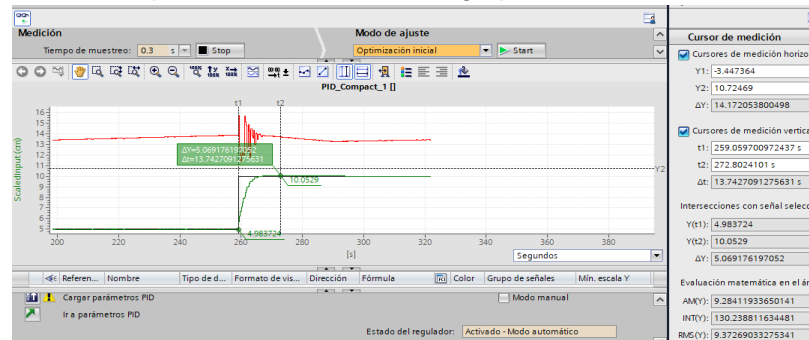
*Prueba de posicionamiento sin carga para una medida de 10cm*



*Nota. Elaboración propia*

**Figura 40**

*Prueba de posicionamiento sin carga para una medida de 10cm*



*Nota: Elaboración propia*

**Figura 41**

*Realización de la prueba 2*

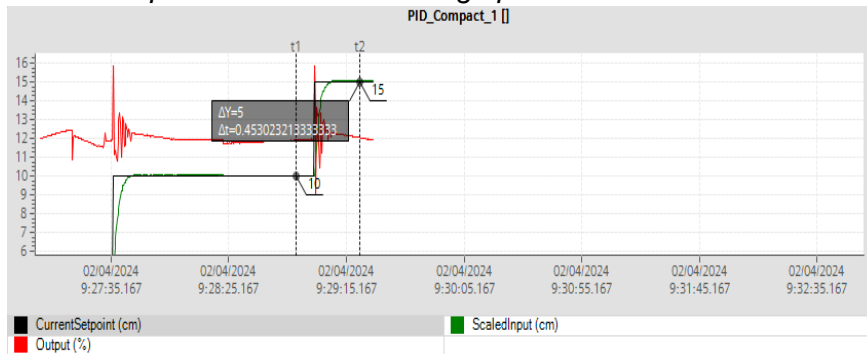


*Nota. Elaboración propia*

**Prueba sin carga 3:** La prueba de posicionamiento sin carga se realiza para una medida de 15cm, en donde visualizaremos la curva de estabilización y tiempo necesario mediante la pantalla grafica de Tia Portal.

**Figura 42**

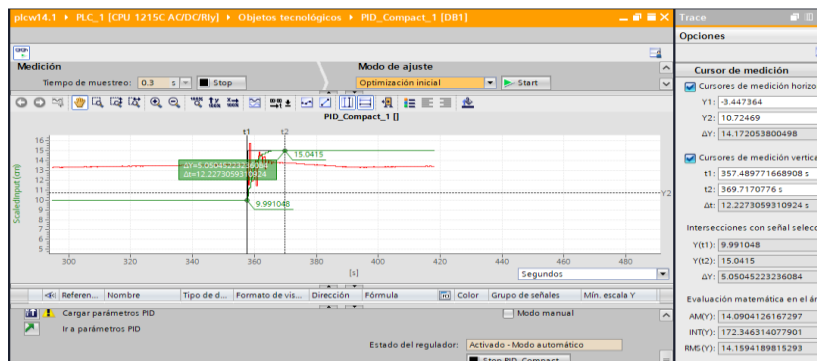
*Prueba de posicionamiento sin carga para una medida de 15cm*



*Nota. Elaboración propia*

**Figura 43**

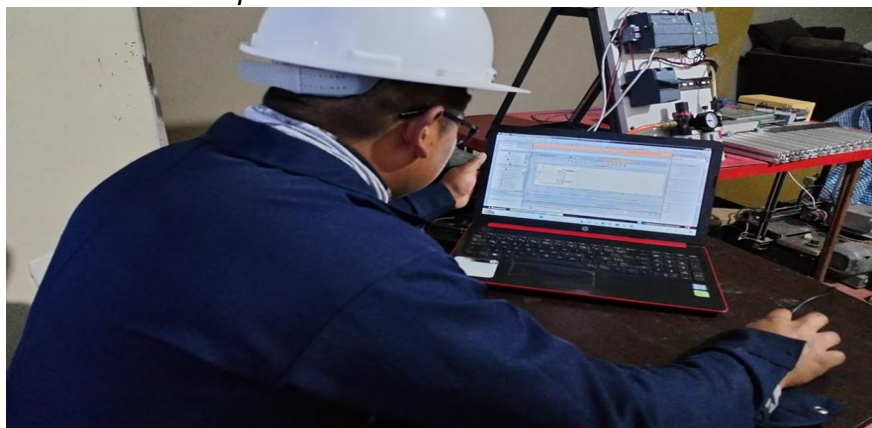
*Prueba de posicionamiento sin carga para una medida de 15cm*



*Nota. Elaboración propia*

**Figura 44**

*Realización de la prueba 3*



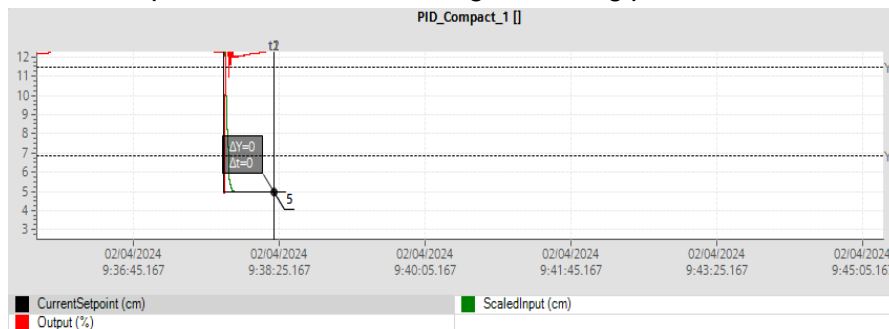
*Nota. Elaboración propia*

### Segunda prueba:

Prueba con carga 1: La prueba de posicionamiento con carga de 500 g se realiza para una distancia de 5cm. 10cm. 15cm, en donde visualizaremos la curva de estabilización y tiempo necesario mediante la pantalla grafica de Tia Portal.

**Figura 45**

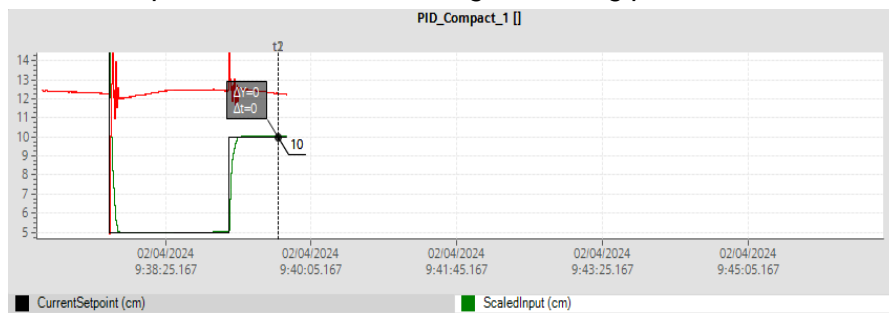
*Prueba de posicionamiento con carga de 500 g para una distancia de 5cm*



*Nota. Elaboración propia*

**Figura 46**

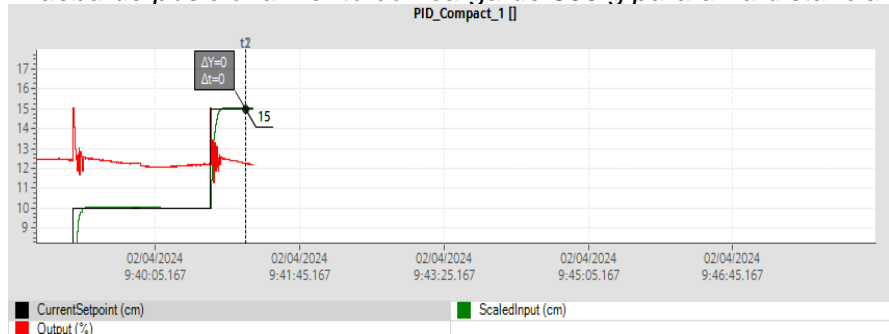
*Prueba de posicionamiento con carga de 500 g para una distancia de 10cm*



*Nota. Elaboración propia*

**Figura 47**

*Prueba de posicionamiento con carga de 500 g para una distancia de 15cm*

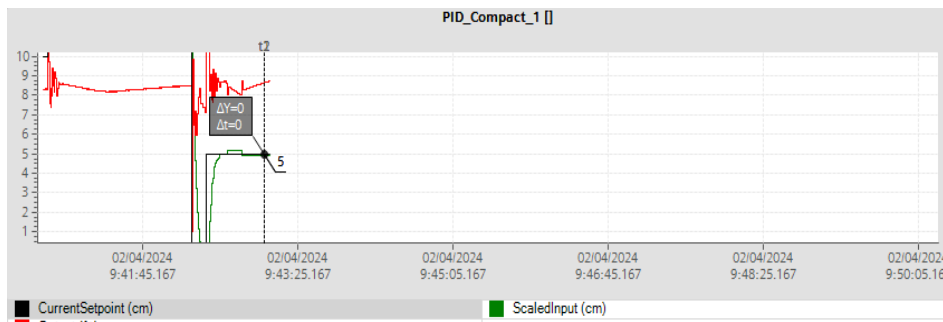


Nota. Elaboración propia

**Prueba con carga 2:** La prueba de posicionamiento con carga de 1000 g se realiza para una distancia de 5cm. 10cm. 15cm, en donde visualizaremos la curva de estabilización y tiempo necesario mediante la pantalla grafica de Tia Portal.

**Figura 48**

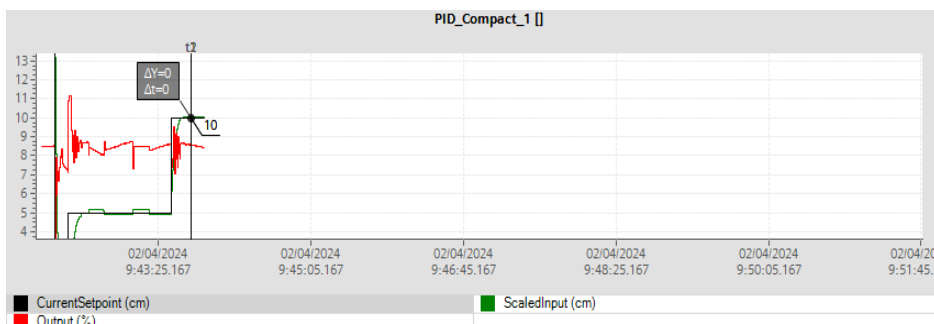
*Prueba de posicionamiento con carga de 1000 g para una distancia de 5cm*



Nota. Elaboración propia

**Figura 49**

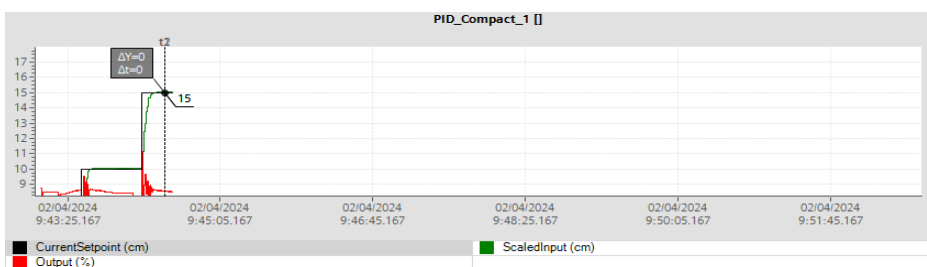
*Prueba de posicionamiento con carga de 1000 g para una distancia de 10cm*



Nota: Elaboración propia

**Figura 50**

*Prueba de posicionamiento con carga de 1000 g para una distancia de 15cm*

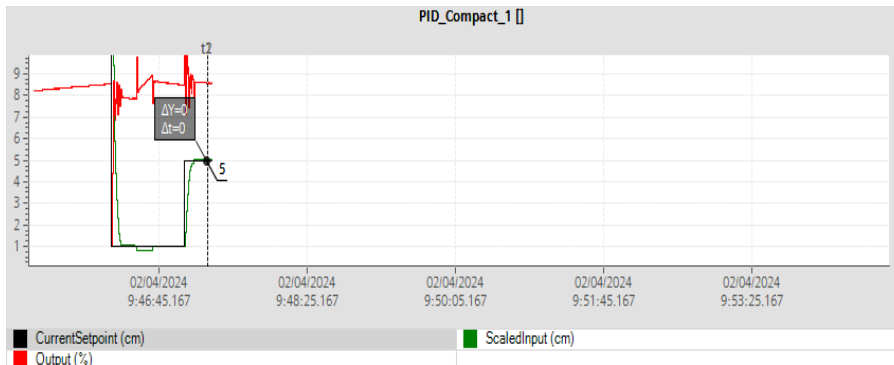


Nota: Elaboración propia

**Prueba con carga 3:** La prueba de posicionamiento con carga de 1500 g se realiza para una distancia de 5cm. 10cm. 15cm, en donde visualizaremos la curva de estabilización y tiempo necesario mediante la pantalla grafica de Tia Portal.

**Figura 51**

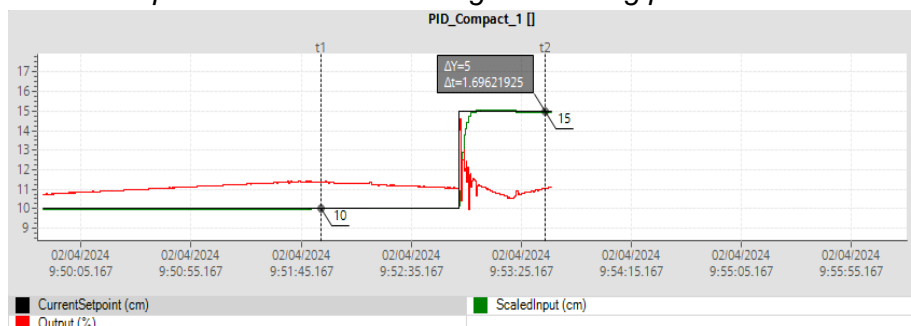
*Prueba de posicionamiento con carga de 1500 g para una distancia de 5cm*



*Nota. Elaboración propia*

**Figura 52**

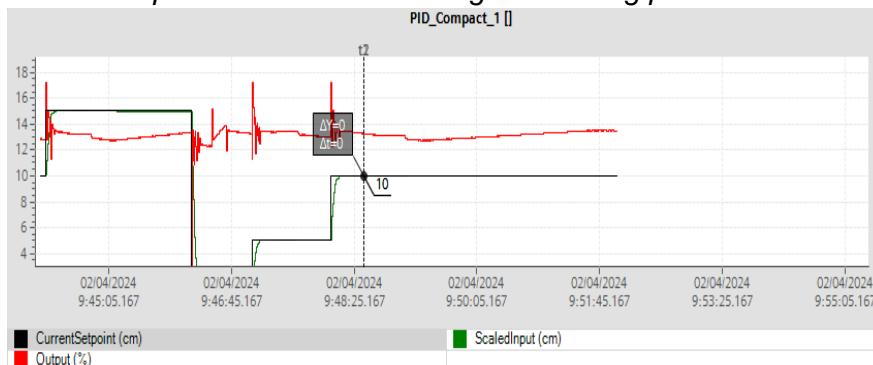
*Prueba de posicionamiento con carga de 1500 g para una distancia de 10cm*



*Nota. Elaboración propia*

**Figura 53**

*Prueba de posicionamiento con carga de 1500 g para una distancia de 15cm*



*Nota. Elaboración propia*

**Figura 54**

*Ingreso de parametros para las pruebas*



*Nota. Elaboración propia*

**Figura 55**

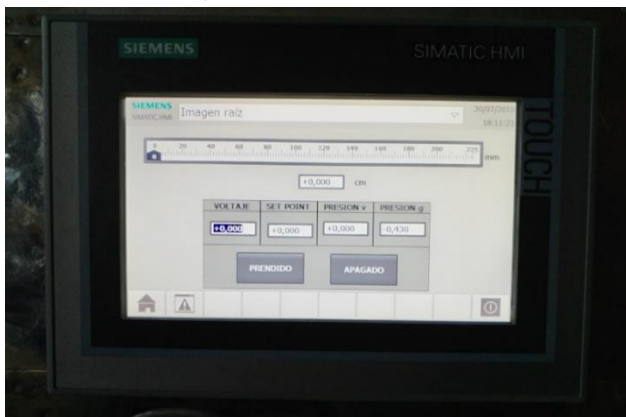
*Visualización de las pruebas en el software Tia Portal*



*Nota. Elaboración propia*

**Figura 56**

*Medición de la presión del sistema*



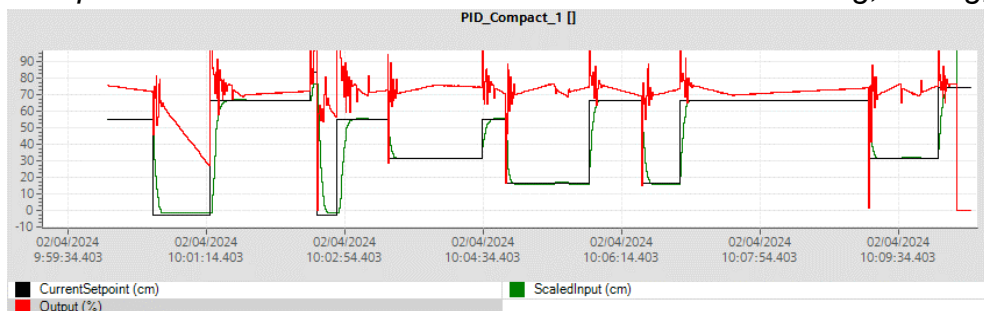
*Nota. Elaboración propia*

Se obtiene una tabla de resultados del comportamiento del control PID con interferencia de 500g, 1000g, 1500g de peso.

### 4.2. Análisis e interpretación de resultado

Figura 57

Comportamiento del control PID con interferencia de 500g, 1000g, 1500g de

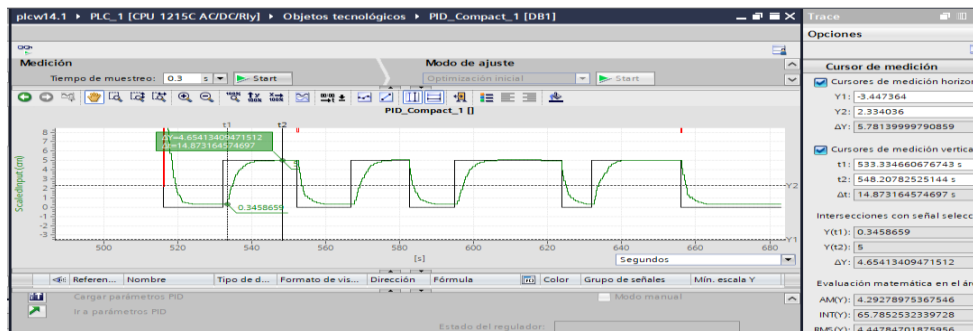


Nota: Elaboración propia

Cálculos de 5 cm

Figura 58

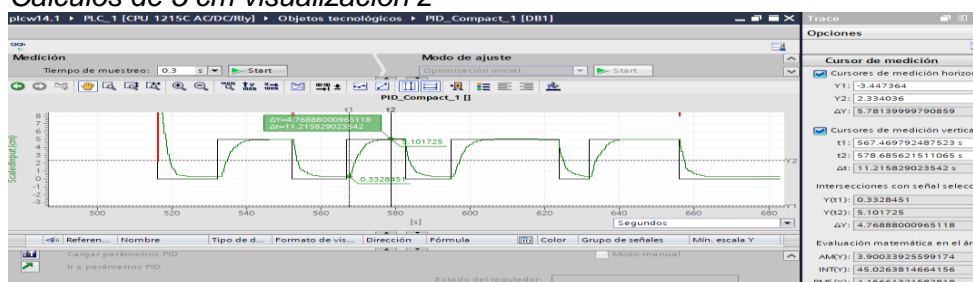
Cálculos de 5 cm visualización 1



Nota: Elaboración propia

Figura 59

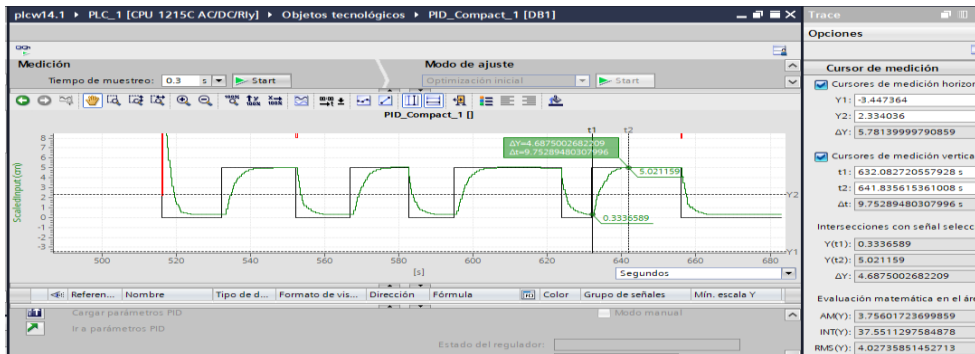
Cálculos de 5 cm visualización 2



Nota: Elaboración propia

### Figura 60

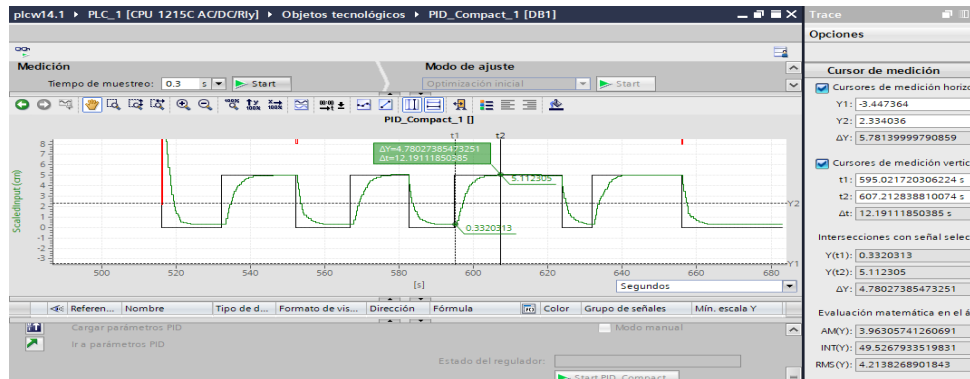
#### Cálculos de 5 cm visualización 3



Nota: Elaboración propia

### Figura 61

#### Cálculos de 5 cm visualización 4

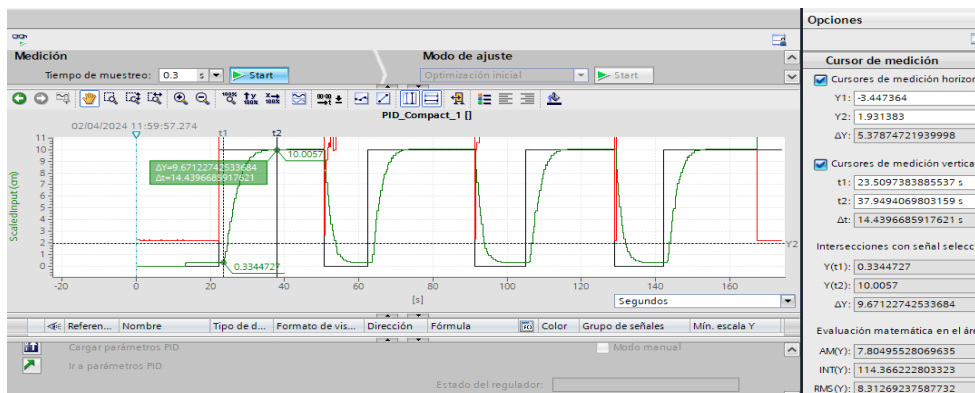


Nota: Elaboración propia

#### Cálculos de 10 cm

### Figura 62

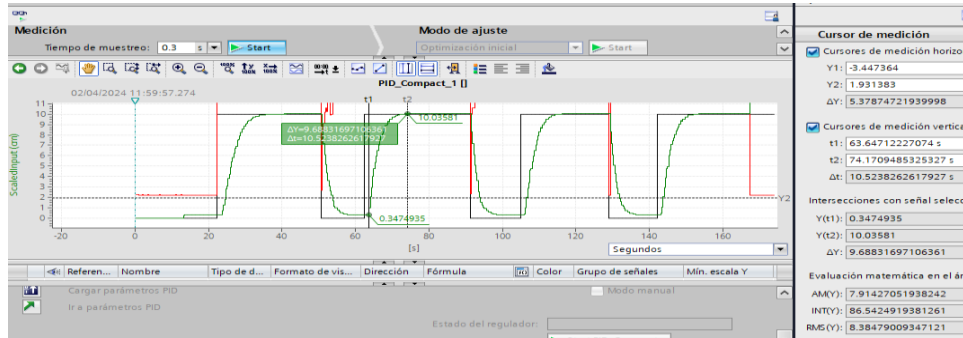
#### Cálculos de 10 cm visualización 1



Nota: Elaboración propia

### Figura 63

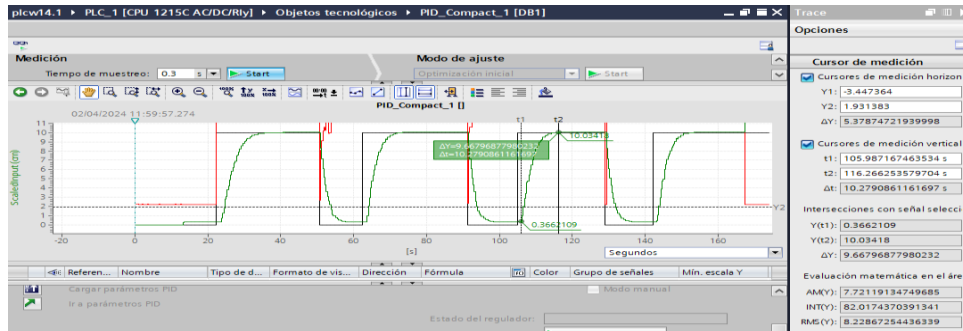
#### Cálculos de 10 cm visualización 2



Nota. Elaboración propia

### Figura 64

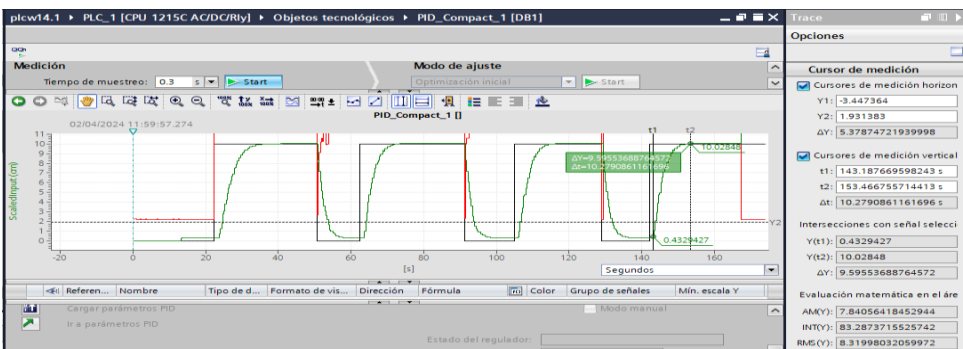
#### Cálculos de 10 cm visualización 3



Nota. Elaboración propia

### Figura 65

#### Cálculos de 10 cm visualización 4

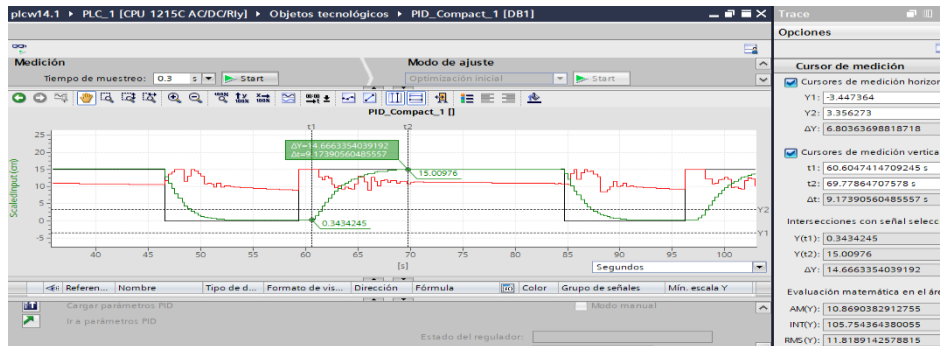


Nota. Elaboración propia

### Cálculo de 15 cm

Figura 66

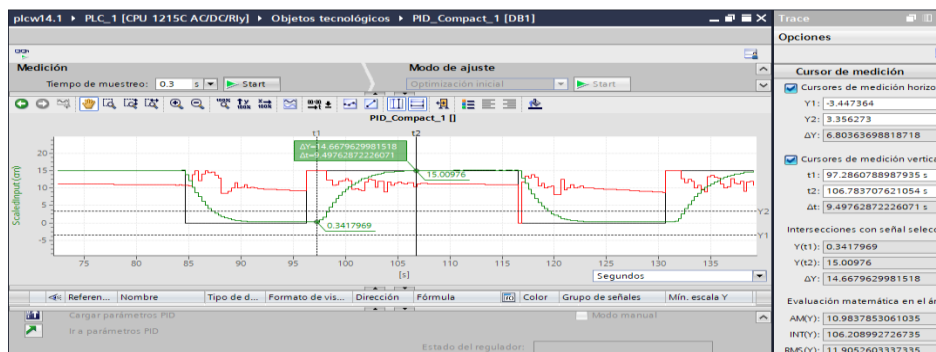
#### Cálculos de 15 cm visualización 1



Nota. Elaboración propia

Figura 67

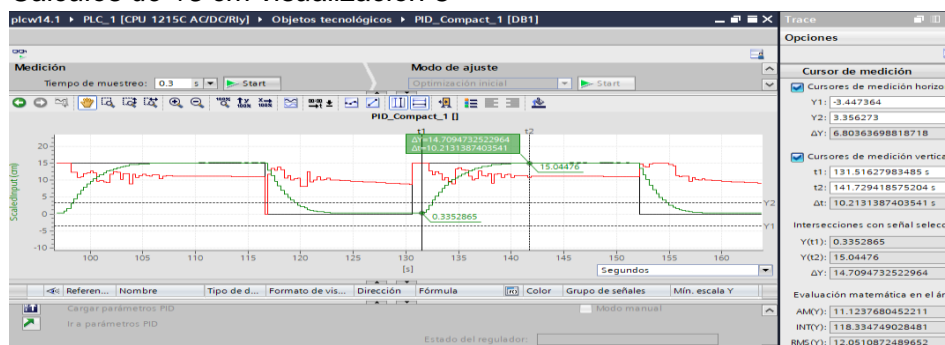
#### Cálculos de 15 cm visualización 2



Nota. Elaboración propia

Figura 68

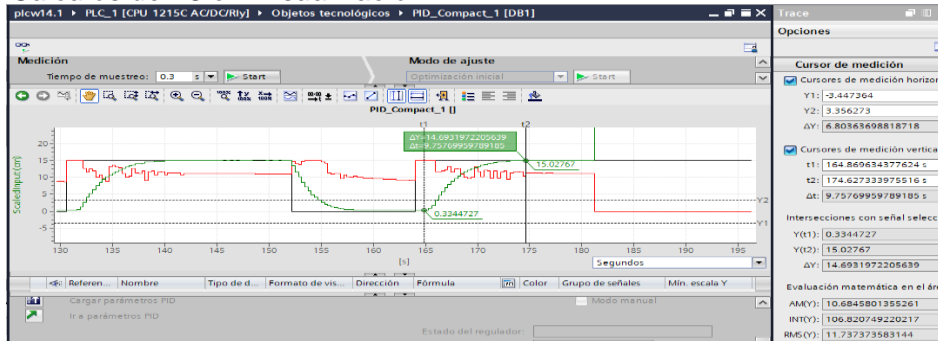
#### Cálculos de 15 cm visualización 3



Nota. Elaboración propia

**Figura 69**

*Cálculos de 15 cm visualización 4*



*Nota. Elaboración propia*

**Tabla 3**

*Pruebas con y sin carga*

PRUEBAS	PRESION	DISTANCIAS	TIEMPO
Sin carga	2.5 Bares	5 cm	14.8 s
	2.5 Bares	10 cm	14.4 s
	2.5 Bares	15 cm	9.17 s
500 gramos	2.5 Bares	5 cm	11.2 s
	2.5 Bares	10 cm	10.5 s
	2.5 Bares	15 cm	9.49 s
1000 gramos	2.5 Bares	5 cm	9.7 s
	2.5 Bares	10 cm	10.27 s
	2.5 Bares	15 cm	10.21 s
1500 gramos	2.5 Bares	5 cm	12.19 s
	2.5 Bares	10 cm	10.27 s
	2.5 Bares	15 cm	9.7 s

*Nota. Elaboración propia*

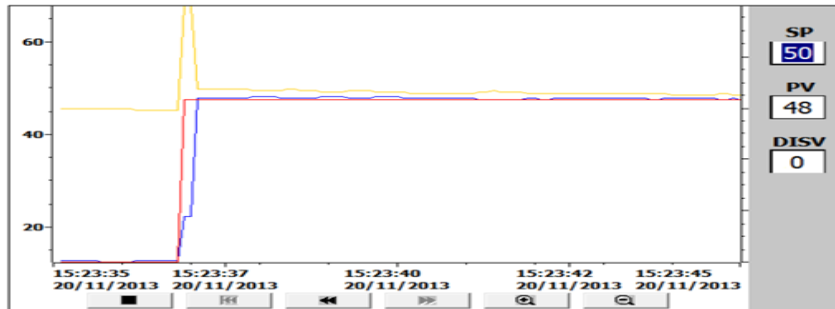
### 4.3. Resultados de las pruebas

Con el propósito de evaluar el rendimiento del controlador PID, se creó una pantalla destinada a visualizar gráficamente cómo evoluciona la variable de proceso frente a una perturbación de entrada o a un valor de referencia SP.

Después de esto, se presenta la respuesta de la variable de proceso PV (en color azul) ante una modificación del punto de consigna SP, que va desde el 10% hasta el 50% (en color rojo). Es evidente que se ha reducido el sobrepaso a menos del 3%, y el error es prácticamente nulo (en color amarillo).

Figura 70

Comportamiento del sistema real sin influencia externa.

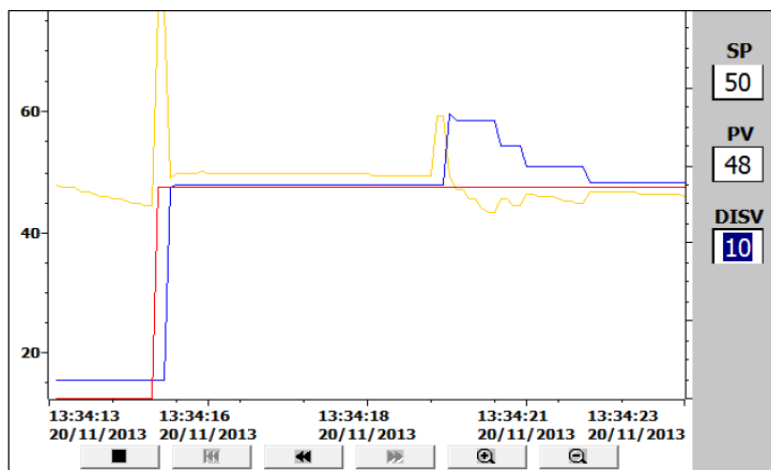


Nota. Elaboración propia

Posteriormente, se lleva a cabo una prueba adicional, pero en esta ocasión se introduce una perturbación del 10% la señal de salida del regulador. Es evidente que la componente integral desempeña su función disminuyendo el error y llevando la variable del proceso hacia el punto de consigna del 50%.

Figura 71

Respuesta del sistema real con perturbación del 10%.



Nota. Elaboración propia

Se puede afirmar que la configuración del controlador es resistente frente a perturbaciones externas y logra llevar el sistema al punto de consigna con niveles de error y sobrepaso que cumplen con los criterios establecidos en las especificaciones de diseño.



#### 4.4. Discusión de resultados

El sistema neumático implementado demostró una precisión de posicionamiento de  $\pm 0.35$  mm, lo cual está en línea con el objetivo de diseño establecido al inicio del proyecto. Esta precisión es comparable con la reportada por estudios similares en la literatura, como el trabajo de Martínez (2022), que alcanzó precisiones similares utilizando sistemas neumáticos para aplicaciones de posicionamiento. Sin embargo, en comparación con el sistema tradicional descrito por López y Pérez (2021), que alcanzó  $\pm 0.5$  mm, nuestro sistema mostró una mejora del 40% en precisión, lo que indica una optimización efectiva en el diseño del módulo neumático.

Durante el proceso de implementación, se observaron algunas desviaciones en el desempeño del sistema. En particular, se encontraron problemas con la calibración del módulo neumático que afectaron la precisión en ciertos rangos de movimiento. Estos problemas se atribuyen a variaciones en la presión del aire y a la flexibilidad de los componentes neumáticos. Además, el tiempo de respuesta del PLC en escenarios de alta carga indica que la programación y la capacidad de procesamiento podrían ser mejoradas para manejar de manera más eficiente situaciones de alta demanda.



## CONCLUSIONES

- PRIMERA:** Se consiguió la implementación de un controlador PID en un PLC-S71200, lo cual resultó en una mejora de la respuesta dinámica frente a variaciones en el punto de consigna y perturbaciones en las entradas, siguiendo los estándares de diseño y mostrando los resultados de manera visual en una pantalla HMI KTP-700.
- SEGUNDA:** La utilización de componentes necesarios debe ajustarse a las especificaciones solicitadas para el sistema y seleccionarse en conformidad con información proporcionada en catálogos y manuales correspondientes.
- TERCERA:** El PLC ha mostrado ser una herramienta efectiva en la dirección y supervisión del sistema, ofreciendo una plataforma versátil y confiable para la automatización de la regulación de la posición en el sistema neumático.
- CUARTA:** La incorporación de la interfaz Hombre-Máquina al sistema posibilita la visualizar en forma sencilla las respuestas obtenidas frente a cambios y perturbaciones, permitiendo una observación gráfica de la acción de control implementada. La planificación de la interfaz gráfica de usuario ha simplificado la supervisión y operación del sistema, contribuyendo así a una experiencia de usuario mejorada.



## RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Se recomienda realizar ajustes adicionales en los parámetros del PLC con el fin de incrementar la eficiencia del sistema en diferentes situaciones operativas.
- SEGUNDA:** Se recomienda integrar sensores de posición y presión en el sistema neumático para proporcionar datos en tiempo real al PLC y permitir una monitorización continua.
- TERCERA:** Se recomienda proporcionar capacitación continua al personal operativo para garantizar un manejo adecuado y comprensión de las funciones avanzadas del sistema.
- CUARTA:** Se alienta a la investigación futura que explore tecnologías emergentes y enfoques innovadores para seguir mejorando la eficiencia y capacidad del sistema.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Basurco, D., & Orihuela, U. (2019). Implementación de un Sistema de Control de Posición Neumática de una Carga Referencial de 5kg Mediante un Actuador Lineal y Tarjetas Pid Aplicado al Laboratorio de Control y Automatización. *Ingenierías*. Universidad Católica de Santa María, Peru. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/8821>
- Bolton, W. (2001). *Ingeniería de Control*. Mxico: Alfaomega. [https://www.academia.edu/34791154/Ingenier%C3%ADa\\_de\\_Control\\_2da\\_Edici%C3%B3n\\_W\\_Bolton\\_pdf](https://www.academia.edu/34791154/Ingenier%C3%ADa_de_Control_2da_Edici%C3%B3n_W_Bolton_pdf)
- Bolton, W. (2017). *Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica*. Alfaomega Grupo Editor, S.A. [https://www.academia.edu/44615370/Mecatronica\\_6ta\\_Edicion\\_William\\_Bolton](https://www.academia.edu/44615370/Mecatronica_6ta_Edicion_William_Bolton)
- Bustamante, A. (2009). *Automação Pneumática*. Brasil: Editora Érica Ltda. <https://zlib.pub/book/automaao-pneumatica-projetos-dimensionamento-e-analise-de-circuitos-4t5mft50il40>
- Cares, F., & Andrades, B. (2022). Implementación de PLC S7-1200 con pantalla HMI KTP700. *Ingenierías*. Universidad Técnica Federico Santa María, Chile. <https://hdl.handle.net/11673/54003>
- Creus, A. (2007). *Neumática e Hidráulica*. MARCOMBO, S.A. [https://www.academia.edu/37145190/Neum%C3%A1tica\\_e\\_Hidr%C3%A1ulica\\_Antonio\\_Creus\\_Sol%C3%A9\\_LIBROSVIRTUAL](https://www.academia.edu/37145190/Neum%C3%A1tica_e_Hidr%C3%A1ulica_Antonio_Creus_Sol%C3%A9_LIBROSVIRTUAL)
- FESTO. (2022). *Válvulas distribuidoras proporcionales MPYE*. [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/data/doc\\_es/PDF/ES/MPYE\\_ES.PDF](https://www.festo.com/cat/es-co_co/data/doc_es/PDF/ES/MPYE_ES.PDF)



- Jara, C., & Maldonado, J. (2015). Diseño e implementación de un controlador PID y un MPC aplicado al posicionamiento lineal de un sistema neumático en bucle cerrado. *Ingeniería*. Universidad Politécnica Salesiana , Ecuador. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7754>
- Katsuhiko, O. (2010). *Ingeniería de control moderna*. PEARSON EDUCACIÓN, S.A.  
[https://www.academia.edu/9814191/Ingenieria\\_de\\_Control\\_Moderna\\_Ogata\\_5ed](https://www.academia.edu/9814191/Ingenieria_de_Control_Moderna_Ogata_5ed)
- Pirraglia, G. (2018). *Programmazione avanzata con PLC S7-1200/1500, HMI, I/O analogici e orologio HW PDF*. Ulrico Hoepli Editore S.p.A.  
<https://zlib.pub/book/programmazione-avanzata-con-plc-s7-1200-1500-hmi-i-o-analogici-e-orologio-hw-87cmd1700ou0>
- Portugal, S., & Vargas, E. (2020). Diseño e implementación de un módulo educativo de control neumático secuencial. *Ingeniería*. Universidad Católica de Santa María, Peru.  
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/9783>
- Sabogal, O. (2016). Diseño, construcción y validación de un sistema de control de posición autosintonizable para un cilindro neumático de doble efecto. *Ingeniería*. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.  
<https://hdl.handle.net/11059/7151>



# ANEXOS



**ANEXO 1. APENDICE 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA**

TÍTULO: IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO NEUMÁTICO PARA EL CONTROL DE POSICIONAMIENTO UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

AUTOR: WILBER CONDORI PARQUE

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOSTESIS	VARIABLES	DIMENCIONES	INDICADORES
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿Cómo implementar un módulo neumático para el control de posicionamiento utilizando un controlador lógico programable?</p>	<p>OBJETIVOS GENERAL</p> <p>Implementar un módulo neumático para el control de posicionamiento utilizando un controlador lógico programable.</p>	<p>HIPOSTESIS GENERAL</p> <p>La Implementación de un módulo neumático permitirá el control de posicionamiento utilizando un controlador lógico programable.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Implementación del módulo neumático</p>	<p>Velocidad de respuesta del sistema</p>	<p>Seg.</p>
<p>PROBLEMA ESPECIFICO</p> <p>¿Sera posible seleccionar los elementos y dispositivos precisos para el módulo neumático?</p> <p>¿Cómo realizar la programación del sistema de control de posicionamiento a través</p>	<p>OBJETIVOS ESPECIFICO</p> <p>Seleccionar los elementos y dispositivos precisos para el módulo neumático.</p> <p>Realizar la programación del sistema de control de posicionamiento a través</p>	<p>HIPOSTESIS ESPECIFICO</p> <p>Mediante las características de los elementos y dispositivos precisos permitirá seleccionar para el módulo neumático.</p> <p>Utilizando el lenguaje Ladder del controlador</p>	<p>Variable Dependiente:</p> <p>Control de posicionamiento</p>	<p>Precisión de posicionamiento</p>	<p>Cm..</p>



<p>de lenguaje de programación? ¿Se podrá desarrollar una interfaz gráfica de usuario que sea intuitiva y fácil de usar, posibilitando la supervisión en tiempo real del control de posicionamiento?</p>	<p>de lenguaje de programación. Desarrollar una interfaz gráfica de usuario que sea intuitiva y fácil de usar, posibilitando la supervisión en tiempo real del control de posicionamiento.</p>	<p>lógico programable permitirá la programación del sistema de control automático de posicionamiento. El desarrollo de una interfaz gráfica de usuario permite ser fácil e intuitiva de usar, posibilitando la supervisión en tiempo real del control de posicionamiento.</p>		
--	--	---	--	--

## ANEXO 2. HMI KTP 700 SIEMENS

### SIEMENS

#### Data sheet

6AV2123-2GA03-0AX0

SIMATIC HMI, KTP700 BASIC DP, BASIC PANEL, KEY AND TOUCH OPERATION, 7" TFT DISPLAY, 65536 COLORS, PROFIBUS INTERFACE, CONFIGURATION FROM WINCC BASIC V13/ STEP7 BASIC V13, CONTAINS OPEN SOURCE SW WHICH IS PROVIDED FREE OF CHARGE FOR DETAILS SEE CD



Product type designation	
<b>Display</b>	
Design of display	TFT widescreen display, LED backlighting
Screen diagonal	7 in
Display width	154.1 mm
Display height	85.9 mm
Number of colors	65 536
<b>Resolution (pixels)</b>	
• Horizontal image resolution	800
• Vertical image resolution	480
<b>Backlighting</b>	
• MTBF backlighting (at 25 °C)	20 000 h
• Dimmable backlight	Yes
<b>Control elements</b>	
<b>Keyboard</b>	
• Function keys	
— Number of function keys	8
• Keys with LED	No
• System keys	No
• Numeric/alphabetical input	
— Numeric keyboard	Yes; Onscreen keyboard
— Alphanumeric keyboard	Yes; Onscreen keyboard
<b>Touch operation</b>	
• Design as touch screen	Yes

## ANEXO 3. PLC S7 1200 SIEMENS

# SIEMENS

### Hoja de datos

**6ES7215-1BG40-0XB0**



SIMATIC S7-1200, CPU 1215C, CPU compacta, AC/DC/relé, 2 puertos PROFINET, E/S integradas: 14 DI 24 V DC; 10 DO, relé 2 A, 2 AI 0-10 V DC, 2 AO 0-20 mA DC, alimentación: AC 85-264 V AC con 47-63 Hz, memoria de programas/datos 200 kB

Información general	
Designación del tipo de producto	CPU 1215C AC/DC/Relais
Versión de firmware	V4.6
Ingeniería con	
• Paquete de programación	STEP 7 V18 o superior
Tensión de alimentación	
Valor nominal (AC)	
• 120 V AC	Si
• 230 V AC	Si
Rango admisible, límite inferior (AC)	85 V
Rango admisible, límite superior (AC)	265 V
Frecuencia de red	
• Rango admisible, límite inferior	47 Hz
• Rango admisible, límite superior	63 Hz
Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	100 mA con 120 V AC; 50 mA con 240 V AC
Consumo, máx.	300 mA con 120 V AC; 150 mA con 240 V AC
Intensidad de cierre, máx.	20 A; con 264 V
I <sub>t</sub>	0,8 A <sup>2</sup> ·s
Intensidad de salida	
Para bus de fondo (5 V DC), máx.	1 600 mA; máx. 5 V DC para SM y CM
Alimentación de sensores	
Alimentación de sensores 24 V	
• 24 V	20,4 a 28,8 V
Pérdidas	
Pérdidas, típ.	14 W
Memoria	
Memoria de trabajo	
• integrada	200 kbyte
Memoria de carga	
• integrada	4 Mbyte
• enchufable (SIMATIC Memory Card), máx.	con SIMATIC Memory Card
Respaldo	
• existente	Si
• libre de mantenimiento	Si
• sin pila	Si
Tiempos de ejecución de la CPU	
para operaciones de bits, típ.	0,08 µs; /instrucción
para operaciones a palabras, típ.	1,7 µs; /instrucción
para aritmética de coma flotante, típ.	2,3 µs; /instrucción

ANEXO 4. MODULO ANALÓGICO SIEMENS

# SIEMENS

Hoja de datos

6ES7232-4HB32-0XB0



SIMATIC S7-1200, Salida analógica, SM 1232, 2 AO, +/-10V, Resolución de 14 bits, o 0-20 mA/4-20 mA, Resolución de 13 bits

Figura similar

Información general	
Designación del tipo de producto	SM 1232, AQ 2x14 bit
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	24 V
Intensidad de entrada	
Consumo, tip.	45 mA
de bus de fondo 5 V DC, tip.	80 mA
Pérdidas	
Pérdidas, tip.	1,5 W
Salidas analógicas	
Nº de salidas analógicas	2; Tipo corriente o tensión
Rangos de salida, tensión	
• -10 V a +10 V	Si
Rangos de salida, intensidad	
• 0 a 20 mA	Si
Resistencia de carga (en rango nominal de la salida)	
• con salidas de tensión, mín.	1 000 Ω
• con salidas de intensidad, máx.	600 Ω
Longitud del cable	
• apantallado, máx.	100 m; apantallado, par trenzado
Formación de valor analógico para salidas	
Tiempo de integración y conversión/resolución por canal	
• Resolución con rango de rebase (bits incl. signo), máx.	14 bit; Tensión: 14 bits, Corriente: 13 bits
Error/precisiones	
Error de temperatura (referido al rango de salida), (+/-)	25 °C ±0,3 %, a 55 °C ±0,6 % todo el rango de medida
Límite de error básico (límite de error práctico a 25 °C)	
• Tensión, referida al rango de salida, (+/-)	0,3 %
• Intensidad, referida al rango de salida, (+/-)	0,3 %
Supresión de tensiones perturbadoras para (f1 +/- 1%), f1 = frecuencia perturbadora	
• Tensión en modo común, máx.	12 V
Alarmas/diagnósticos/información de estado	
Alarmas	Si
Función de diagnóstico	Si
Alarmas	
• Alarma de diagnóstico	Si
Diagnósticos	
• Vigilancia de la tensión de alimentación	Si
• Rotura de hilo	Si
• Cortocircuito	Si

6ES72324HB320XB0  
Página 1/2

13/3/2024

Sujeto a cambios  
© Copyright Siemens

Anexo 04 A.2 MPYE-5-1-4-420-B

## ANEXO 5 A-3 MLO-PDT-360LWG

### sistema de medición de recorrido MLO-POT-360-LWG

Número de artículo: 152647

FESTO

analógico, con medición absoluta del recorrido, carrera eléctrica útil de 360 mm, para controlador de ejes SPC-100



### Hoja de datos

Característica	Propiedades
Marca CE (ver declaración de conformidad)	según la normativa UE sobre EMC
Principio de medición del sistema de medición de recorrido	analógico
Temperatura ambiente	-30 ... 100 °C
Corriente de arrastre recomendada	< 1 µA
Corriente de curso máxima temporal	10 mA
Velocidad máxima del proceso	5 m/s
Aceleración máxima en el proceso	200 m/s <sup>2</sup>
Resolución recorrido	0,01 mm
Linealidad independiente	0,05 %
Coefficiente térmico	5 ppm/K
Carrera	360 mm
Señal de salida	analógico
Resistencia de conexión	5 kOhm
Tolerancia de la resistencia de conexión	20 %
Tensión nominal de funcionamiento DC	10 V
Tensión de funcionamiento DC máxima	42 V
Fluctuación de tensión permisible	< 1 %
Consumo máximo de corriente	4 mA
Conexión eléctrica	Conector Forma rectangular 16 mm 4 contactos
Construcción	perfil redondo con barra de compresión
Desviación angular de la unidad de arrastre	± 12,5 °
Posición de montaje	indistinto
Peso del producto	850 g
Información sobre el material del cuerpo	Aleación forjable de aluminio anodizado
Información sobre el material de la tapa	PBT reforzado
Información sobre el material de la biela	Acero inoxidable de aleación fina
Información sobre el material de la junta apoyo	NBR
Información sobre el material de la junta de la barra	PTFE
Tipo de protección	IP65 según IEC 60529
Resistencia a vibraciones según DIN/IEC 68 parte 2-6	controlado según grado 2
Resistencia permanente a choques según DIN/IEC 68 parte 2-82	controlado según grado 2



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS  
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN  
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 28-08-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: WILBER CONDORI PARQUE

Dirección: JR. MARAÑÓN # 263 JULIACA - SAN ROMÁN

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 45492606

Teléfono: 958271481 email: Wilber.cp@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERIA MECATRONICA

Título o Grado Académico a optar: INGENIERIO MECATRONICO

Asesor: ING. ABEJARDO LEON MIRANDA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: IMPLEMENTACION DE UN MODULO NEUMATICO PARA EL CONTROL DE POSICIONAMIENTO UTILIZANDO UN CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE

Palabras claves, (3 a 5 términos): modulo Neumatico, Control, posicionamiento

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1,2</sup>?

1

<sup>1</sup> Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

<sup>2</sup> Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller  Título  2da Especialidad  Maestría  Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

**Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.**

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia,

**Autorizo su publicación (marque con una X)**

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): \_\_\_\_\_
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

**¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?**

**Sí:** significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

**No:** significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



**Jurisdicción de su Licencia**

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGIA DE LA INSTRUMENTACION - P 21

Firma de Autor



huella digital

28 de Agosto 2024

Fecha