

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Proyecto de Titulación previo a la obtención del Título de

INGENIERO ELECTRÓNICO

TÍTULO:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE DOSIFICACIÓN
DE PRODUCTOS A GRANEL PARA PRÁCTICAS DE AUTOMATISMO
INDUSTRIAL**

AUTORES:

DIEGO ENRIQUE VELOZ VARGAS

REYNALDO DAVID VELOZ VARGAS

DIRECTOR:

Ing. RICARDO CAJO

GUAYAQUIL, ABRIL 2015

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones expuestas en el presente proyecto, son de exclusiva responsabilidad de los autores

Guayaquil, Abril del 2015

(f) _____

Diego Veloz Vargas

(f) _____

Reynaldo Veloz Vargas

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a mis padres, David Veloz López y Mery Vargas del Salto que siempre me han apoyado, guiado y brindado los recursos necesarios para alcanzar mi meta. Les doy gracias por su amor desinteresado y sus enseñanzas.

Dedico a mis abuelos, quienes siempre serán para mí un motivo de inspiración. Gracias por su apoyo incondicional y cariño.

Diego Veloz Vargas

DEDICATORIA

Se lo dedico al forjador de mi camino, a mi padre celestial el que me acompaña y siempre me levanta de mi continuo tropiezo, al creador de mis padres y de las personas que más amo, con mi más sincero amor.

Reynaldo Veloz Vargas

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios, que me brindo la sabiduría y paciencia en los momentos difíciles y por ponerme a las personas indicadas en mi vida, permitiéndome ser mejor persona.

A toda mi familia, mis tíos, primos que me ayudaron con sus palabras y buenos deseos.

A mis compañeros de curso con los que siempre nos apoyamos para cumplir nuestro objetivo de ser profesionales a los mismo que les deseo éxito en su vida profesional.

Y a la Universidad Politécnica Salesiana y sus docentes por permitir cumplir mis metas.

Diego Veloz Vargas

AGRADECIMIENTO

Agradezco la confianza y el apoyo brindado por parte de mi madre y de mi padre, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos

Reynaldo Veloz Vargas

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT	XVI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
EL PROBLEMA.....	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Delimitación del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
1.4 Justificación	3
1.5 Variables e Indicadores	4
1.6 Metodología.....	4
1.6.1 Métodos	4
1.6.1.1 Método Experimental.....	4
1.6.1.2 Método Deductivo	4
1.6.2 Técnicas	5
1.6.2.1 Técnica de observación	5
1.6.2.2 Técnica de documentación	5
1.7 Población y Muestra.....	5
1.7.1 Población.....	5
1.7.2 Muestra	5
1.8 Descripción de la propuesta	5
1.8.1 Beneficiarios	8
1.8.2 Impacto	8
CAPÍTULO II.....	9
MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Sistema de llenado de sólidos	9
2.2 Tipos de dosificadores	9

2.2.1. Dosificación volumétrica	9
2.2.2 Dosificador con canales vibratorios.....	10
2.2.3 Dosificación por peso	10
2.2.4 Dosificación por pistón	11
2.2.5 Dosificación por tornillo sin fin	12
2.3 Estructura de un sistema de control.....	12
2.3.1 Sistema de control lazo abierto	13
2.3.2 Sistema de control lazo cerrado.....	14
2.4 Control PID.....	14
2.4.1 Estructura del PID	15
2.4.2 Métodos clásicos de ajuste de Ziegler y Nichols.....	18
2.4.2.1 Método de respuesta al escalón	18
2.5 Codificador rotatorio	21
2.5.1 Principio de operación	21
2.5.2 Tipos de codificadores ópticos	22
2.5.2.1 Codificador rotatorio incremental.....	22
2.5.2.2 Codificador rotatorio absoluto.....	23
2.5.3 Parámetros del codificador rotatorio.....	24
2.6 Variador de frecuencia	25
2.6.1 Principio de funcionamiento	26
2.7 Sensores de proximidad.....	27
2.7.1 Sensor inductivo	27
2.7.1 Sensor capacitivo.....	28
2.8 Controlador lógico programable (PLC).....	29
CAPÍTULO III.....	30
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN	30
3.1 Descripción general del diseño del proyecto	30
3.2 Diseño del módulo didáctico del PLC	30
3.2.1 Estructura del módulo.....	30
3.2.1.1 Dimensiones de la estructura.....	31
3.2.1.2 Diseño de la estructura	31
3.2.2 Implementación	33
3.2.3 Selección del PLC	36
3.2.4 Selección del CPU.....	37
3.2.5 Montaje e instalación de equipos y dispositivos eléctricos	38
3.3 Conexiones del PLC	41

3.4 Diseño e implementación del módulo de dosificación	43
3.4.1 Tolva.....	46
3.4.2 Banda transportadora	47
3.4.3 Tornillo sin fin.....	48
3.4.4 Sensores	49
3.4.5 Codificador rotatorio	50
3.4.6 Motor	51
3.4.7 Variador de frecuencia.....	53
3.5 Sistema de dosificación	53
3.6 Esquema eléctrico	54
3.7 Direcciones asignadas	55
CAPÍTULO IV	56
PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO.....	56
4.1 Software TIA PORTAL.....	56
4.1.1 Lenguaje de programación Ladder.	56
4.2 Creación del proyecto en el software TIA PORTAL	57
4.3 Bloques de programa.....	61
4.4 Configurar contadores rápidos “HSC”	69
4.4 Configurar PID.....	72
4.5 Configurar HMI	77
4.6 Pruebas del sistema	82
RECOMENDACIÓN.....	89
CRONOGRAMAS.....	90
PRESUPUESTO.....	91
REFERENCIAS.....	92
ANEXOS.....	94
ANEXOS 1: PRÁCTICAS.....	94
Práctica # 1	94
Práctica # 2	97
Práctica # 3	101
Práctica # 4	106
Práctica # 5	113
Práctica # 6	119
ANEXOS 2: DIAGRAMAS	128
ANEXOS 3: PLANOS	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Estación de dosificación	6
Figura 1. 2 Esquema general de la estación de dosificación	7
Figura 1. 3 Diagrama de bloque de la planta.....	8
Figura 2. 1 Dosificador volumétrico	10
Figura 2. 2 Dosificador por pesaje.....	11
Figura 2. 3 Dosificador de pistón	11
Figura 2. 4 Dosificación a tornillo sin fin	12
Figura 2. 5 Representación de un proceso o sistema de control.....	13
Figura 2. 6 Diagrama de un control en lazo abierto	13
Figura 2. 7 Diagrama de un control en lazo cerrado.....	14
Figura 2. 8 Diagrama en bloques	15
Figura 2. 9 Diagrama en bloques de un control PID	18
Figura 2. 10 Sistema de control que responde a una señal escalón	19
Figura 2. 11 Respuesta al escalón de la planta	19
Figura 2. 12 Cálculo de los parámetros de t_1 y t_2	20
Figura 2. 13. Codificador rotatorio	21
Figura 2. 14 Encoder compuesto por disco y fotoacoplador.....	22
Figura 2. 15 Representación Gráfica De Las Señales Incrementales A, B	23
Figura 2. 16 Funcionamiento del codificador absoluto	24
Figura 2. 17 Encoder incremental con la descripción de parámetros	25
Figura 2. 18 Variador de frecuencia	25
Figura 2. 19. Diagrama de bloque de un variador de frecuencia.....	26
Figura 2. 20 Sensor de proximidad.....	27
Figura 2. 21 Principio de funcionamiento de un sensor inductivo	28
Figura 2. 22 Principio de funcionamiento de un sensor capacitivo	29
Figura 2. 23 Controlador lógico programable	29
Figura 3. 1 Diseño de la vista frontal de la estructura	32
Figura 3. 2 Diseño de la vista lateral derecha.....	32
Figura 3. 3 Diseño de la vista posterior de la estructura.....	33
Figura 3. 4 Estructura del módulo vista frontal.....	34
Figura 3. 5 Estructura del módulo vista lateral.....	34
Figura 3. 6 Taladrado para el puerto de comunicación.....	35
Figura 3. 7 Estructura del módulo vista posterior	35
Figura 3. 8 Memoria de programación	36
Figura 3. 9 Diagramas del de CPU 1214C AC/DC/RELÉ.....	38
Figura 3. 10 Riel DIN para montaje horizontal.....	39
Figura 3. 11 Montaje de los equipos en el riel DIN.....	39
Figura 3. 12 Tarjeta de control	40
Figura 3. 13 Los elementos del módulo a través del visor.....	40
Figura 3. 14 Vista lateral derecha del módulo PLC.....	41
Figura 3. 15 Cableado del PLC	41
Figura 3. 16 Diagrama de conexiones del PLC	42
Figura 3. 17 Conexiones del PLC.....	42
Figura 3. 18 Diseño de la base de dosificación	43
Figura 3. 19 Base de la estructura.....	43
Figura 3. 20 Base para el codificador rotatorio	44
Figura 3. 21 Estructura del módulo de dosificación	44

Figura 3. 22 Ubicación para el panel de operación	45
Figura 3. 23 Panel de operación	45
Figura 3. 24 Cableado de panel de operación	46
Figura 3. 25 Soldadura en los pines db25	46
Figura 3. 26 Tolva de dosificación	47
Figura 3. 27 Ajuste de los rodillos.....	48
Figura 3. 28 Banda transportadora del módulo	48
Figura 3. 29 Tornillo sin fin	49
Figura 3. 30 Sensor inductivo.....	49
Figura 3. 31 Sensor capacitivo	50
Figura 3. 32 Encoder incremental acoplado al motor.....	50
Figura 3. 33 Motor para la dosificación	52
Figura 3. 34 Motor para la banda transportadora.	52
Figura 3. 35 Variador de frecuencia para dosificación.....	53
Figura 3. 36 Módulo de dosificación	54
Figura 3. 37 Diagrama eléctrico	54
Figura 4. 1 Software TIA PORTAL	56
Figura 4. 2 Simbología de lenguaje ladder.....	57
Figura 4. 3 Inicialización de software TIA PORTAL	58
Figura 4. 4 Vista portal del TIA	59
Figura 4. 5 Configurar dispositivo.....	59
Figura 4. 6 Selección del CPU	60
Figura 4. 7 Vista principal del proyecto.....	60
Figura 4. 8 Bloque Main	61
Figura 4. 9 Agregar nuevo bloque	62
Figura 4. 10 Bloque de datos.....	62
Figura 4. 11 Variables de datos memorizados	63
Figura 4. 12 Bloque de función paro y reset	63
Figura 4. 13 Segmento del paro y reset.....	64
Figura 4. 14 Segmento bloqueo.....	64
Figura 4. 15 Segmento manual – automático	65
Figura 4. 16 Segmento condición de bloqueo	65
Figura 4. 17 Modo control local	66
Figura 4. 18 Habilitar PID modo local.....	66
Figura 4. 19 Seteo del contador remoto	67
Figura 4. 20 Modo control remoto.....	67
Figura 4. 21 Encendido de la banda modo remoto	68
Figura 4. 22 Habilitar PID modo local.....	68
Figura 4. 23 Bloque de conteo.....	68
Figura 4. 24 Main principal.....	69
Figura 4. 25 Bloque del contador rápido.....	69
Figura 4. 26 Configurar HSC	70
Figura 4. 27 Habilitar contador rápido.....	70
Figura 4. 28 Parámetros del encoder.....	71
Figura 4. 29 Restablecer valores iniciales.....	71
Figura 4. 30 Configuración de hardware.....	72
Figura 4. 31 Creación bloque cíclico	72
Figura 4. 32 Añadir un bloque tecnológico.....	73
Figura 4. 33 Crear DB de instancia asociado	73
Figura 4. 34 Instrucción PID	74

Figura 4. 35 Ventana de configuración PID.....	75
Figura 4. 36 Conversión de una variable	75
Figura 4. 37 Linealización de una variable	76
Figura 4. 38 Bloque de instrucción PID.....	76
Figura 4. 39 Configurar HMI	77
Figura 4. 40 Configurar conexión con PLC	77
Figura 4. 41 Formato de imagen.....	78
Figura 4. 42 Configurar avisos	78
Figura 4. 43 Imágenes del sistema.....	78
Figura 4. 44 Plantilla del HMI.....	79
Figura 4. 45 Elementos del HMI	79
Figura 4. 46 Configurar elementos	80
Figura 4. 47 Configurar luz piloto	80
Figura 4. 48 Visor de curva.....	81
Figura 4. 49 Propiedades de visor de curva	81
Figura 4. 50 Propiedades de visor de gráficos.....	81
Figura 4. 51 Simulación HMI.....	82
Figura 4. 52 Bloques de programa.....	82
Figura 4. 53 Optimización Inicial.....	83
Figura 4. 54 Resultados de parámetros	83
Figura 4. 55 Obtención de los parámetros por el método escalón.....	84
Figura 4. 56 Resultado de la primera prueba.....	85
Figura 4. 57 Grafica PID de la primera prueba	85
Figura 4. 58 Resultado de la segunda prueba.....	86
Figura 4. 59 Grafica PID de la segunda prueba.....	86
Figura 4. 60 Resultado de la tercera prueba	87
Figura 4. 61 Grafica PID de la segunda prueba.....	87

ANEXOS

Figura 1 Entradas y salidas práctica 1.....	94
Figura 2 Segmento de puesta en marcha.....	95
Figura 3 Segmento de paro.....	96
Figura 4 Segmento de banda transportadora.....	96
Figura 5 Entradas y salidas práctica 2.....	97
Figura 6 Puesta en marcha práctica 2	98
Figura 7 Variación de velocidad.....	99
Figura 8 Salida analógica	99
Figura 9 Escalar señal analógica	100
Figura 10 Escalar el valor de la frecuencia	100
Figura 11 Entradas y salidas práctica 3.....	101
Figura 1 Esquema de la planta para la práctica 3	102
Figura 13 Habilitar contador rápido para la práctica 3	103
Figura 14 Cargar configuración hardware	103
Figura 15 Segmento de puesta en marcha.....	104
Figura 16 Segmento de activación del motor dosificador.....	104
Figura 17 Activación y desactivación del led Q0.2	104
Figura 18 Bloques de contactos para el led Q0.2	105
Figura 19 Entradas y salidas práctica 4.....	106

Figura 2 Esquema de la planta.....	107
Figura 21 Propiedades del PLC	108
Figura 3 Activar contador rápido.....	108
Figura 23 Puesta en servicio práctica 4.....	109
Figura 24 Activar banda práctica 4.....	109
Figura 25 Segmento de motor y reset	109
Figura 26 Configuración para eventos HSC	110
Figura 27 Bloque del HSC1	110
Figura 28 Establecer variables del HSC 1.....	111
Figura 29 Bloque de interrupción	111
Figura 30 Resetear y nuevo contaje.....	111
Figura 31 Reseteo de contactos	112
Figura 32 Entradas y salidas práctica 5.....	113
Figura 33 Venta de herramientas del HMI.....	114
Figura 34 Plantilla HMI para practica 5.....	115
Figura 35 Activar Bit	115
Figura 36 Desactivar Bit	115
Figura 36 Puesta en servicio de la banda y motor.	123
Figura 37 Configurar eventos de paro	116
Figura 38 Animar led encendido	116
Figura 39 Animar led apagado	116
Figura 40 Campo de entradas y salidas.....	117
Figura 41 Asociar variables.....	117
Figura 42 Variables del HMI.....	117
Figura 44 Ingreso de números de tanda	118
Figura 45 Entradas y salidas práctica 6.....	119
Figura 46 Diagrama de bloques de la planta	120
Figura 47 Agregar bloque cyclic interrupt	121
Figura 48 Segmento de relación vuelta-peso	121
Figura 52 Segmento de marcha de la práctica 6.....	123
Figura 53 Segmento de activación de la banda	123
Figura 54 Activación de motor dosificador.....	124
Figura 55 Reset del encoder	124
Figura 56 Reset de final de proceso.....	124
Figura 57 Bloque PID práctica 6	125
Figura 58 Pantalla del HMI	125
Figura 59 Optimización inicial	126
Figura 60Parámetros PID práctica 6.....	126
Figura 61 Gráfica de la repuesta del sistema.....	127
Figura 62 Diseño de tarjeta simulador de entradas y salidas	128
Figura 63 Diseño de la pista de la tarjeta de simulación de entradas y salidas	129
Figura 64 Conexiones entradas y salidas analógicas del PLC	130
Figura 65 Plano de la tarjeta de simulación de entradas y salidas.....	131

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II

Tabla 2. 1 Parámetros de ajuste método de repuesta a escalón.....	21
---	----

CAPÍTULO III

Tabla 3. 1 Elementos del módulo PLC.....	31
--	----

Tabla 3. 2 Dimensiones de la estructura.....	31
--	----

Tabla 3. 3 Características de diferentes modelos de CPUs.....	37
---	----

Tabla 3. 4 Dimesiones de la banda.....	47
--	----

Tabla 3. 5 Datos del codificador rotatorio.....	51
---	----

Tabla 3. 6 Direcciones de la estación de dosificación.....	55
--	----

CAPÍTULO IV

Tabla 4. 1 Tabla de relación vuelta-peso.....	58
---	----

Tabla 4. 2 Parámetros de entrada PID_compact.....	74
---	----

Tabla 4. 3 Tabla del método escalón.....	84
--	----

Tabla 4. 4 Tabla con los resultados de los parámetros.....	84
--	----

RESUMEN

AÑO	TÍTULO	ALUMNO/S	DIRECTOR DE TESIS	TEMA TESIS
2015	INGENIERO ELECTRÓNICO	<ul style="list-style-type: none">• VELOZ VARGAS DIEGO ENRIQUE• VELOZ VARGAS REYNALDO DAVID	ING. RICARDO CAJO	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE DOSIFICACIÓN DE PRODUCTOS A GRANEL PARA PRÁCTICAS DE AUTOMATISMO INDUSTRIAL

El presente proyecto de titulación: " **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE DOSIFICACIÓN DE PRODUCTOS A GRANEL PARA PRÁCTICAS DE AUTOMATISMO INDUSTRIAL**", se basa en procesos y aplicaciones reales en la industria.

El proyecto de titulación realizado tuvo como finalidad diseñar e implementar una estación de dosificación de prototipo industrial en que los estudiantes puedan interactuar, realizar ejercicios y despejar dudas referentes al ámbito, técnico, profesional. Los elementos principales que lo componen son dos módulos, el módulo de entrenamiento PLC 1200 el cual consta de una CPU 1214C AC/DC/RELAY con sus respectivas entradas y salidas digitales, un módulo analógico, con las cuales se pueden realizar varias prácticas de diferentes procesos industriales. Y el módulo de dosificación que consta con sensores de tipo inductivo y capacitivo, un codificador rotatorio, variadores de frecuencia, motores, banda de transporte.

El funcionamiento de la máquina de dosificación es mediante un control de lazo cerrado, la acción de control se calcula en función del error medido entre la variable controlada y la consigna deseada. De esta manera el estudiante puede realizar prácticas industriales a pequeñas escalas.

PALABRAS CLAVES

Diseño, laboratorio, automatismo, industrial, tecnología, desarrollo, conocimiento, dosificación, tornillo sin fin, tolva, módulo, PLC, prácticas.

ABSTRACT

YEAR	TITLE	STUDENT/S	THESIS TUTOR	THESIS TOPIC
2015	ENGINEER ELECTRONIC	<ul style="list-style-type: none"> • VELOZ VARGAS DIEGO ENRIQUE • VELOZ VARGAS REYNALDO DAVID 	ING. RICARDO CAJO	DESING AND IMPLEMENTATION OF A STATION OF DOSING OF GRAIN PRODUCTS FOR PRACTICES OF INDUSTRIAL AUOTOMATION

This thesis Project: “**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A DOSING STATION OF GRAIN PRODUCTS FOR PRACTICES OF INDUSTRIAL AUTOMATION** ”, it is based on actual processes and applications in industry.

The thesis project performed was aimed design and implements a dosing station industrial prototype in that students can interact, perform exercises and dispel doubts regarding the field, technical, professional. The main elements that compose it are two modules, the 1200 PLC training module which consists of a CPU 1214C AC / DC / RELAY with their respective digital inputs and outputs, an analog module with which you can perform various practices of different industrial processes. And the dosing module which consists sensors inductive and capacitive type, a rotary encoder, frequency converters, motors, transport band and an endless screw.

The operation of the dosing machine is by using a closed loop control, the control action is calculated based on the measured between the controlled variable and the set point error. In this way the student can perform industrial practices at small scales.

KEYWORDS

Design, laboratory automation, industrial, technology, development, knowledge, dosing, screw, chute, module, PLC, practice

INTRODUCCIÓN

Actualmente los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, han venido mejorando en aspecto de infraestructura, en adquisición de nuevos equipos con nueva tecnología y software de control y monitoreo.

Es por eso que el presente trabajo propone el diseño e implementación de una estación de dosificación, para promover e impulsar la manera de emplear técnicas de un correcto control en procesos de dosificación. Debemos tener en cuenta que en la actualidad todo gira rumbo a la tecnología y aspectos de carácter innovador y esto ocasiona cambios en el funcionamiento de las máquinas, estas requieren cada vez más precisión para mejorar la calidad de los productos y disminuir riesgos físicos.

El control de la dosificación se da a través de un lazo control cerrado, que mantendrá una exactitud en la respuesta con el valor de referencia. Los resultados que se proporcionan servirán para determinar el desempeño del sistema propuesto.

El proyecto de titulación consta de 4 capítulos, el primero de ellos se menciona cuáles son los objetivos generales y específicos posteriormente se mencionó también tanto el planteamiento del problema como la delimitación del mismo, en el segundo capítulo se desarrolló el marco teórico en donde se detallan los conceptos generales acerca del proyecto, como los sistemas de dosificación, sistemas de control, variadores de frecuencia, encoder, sensores, en el tercer capítulo se muestra los pasos que se realizaron para el desarrollo y la implementación de la estructura de los módulos y en el cuarto capítulo se indica como iniciar la programación en el software TIA portal y como se utilizó los bloques de instrucciones para la programación del proyecto. En la sección de anexos se pueden encontrar las prácticas que se van a desarrollar para los alumnos que cursen la materia de automatización industrial.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

En el tiempo actual la competencia es grande a nivel técnico y profesional, por lo cual las industrias buscan mejorar su nivel de producción y sus costos lo cual ha llevado a implementar nuevos equipos. Es por esto la importancia que los sistemas de dosificación sean cada vez más autónomos y que tenga base en la tecnología actual y sean capaces de trabajar con una mayor precisión.

Actualmente existen muchos de estos equipos que realizan el mismo proceso, pero tienen alguna complejidad por lo cual son de costos elevados, por lo tanto es necesario implementar un diseño que cumpla el mismo fin y con un menor costo de inversión.

Hay muchas maneras de realizar la automatización de los sistemas de dosificación, para este proyecto se utilizó la automatización en base a dosificación mediante tornillo sin fin, ya que este sistema se utiliza para las industrias que se dedican a la producción de productos a granel.

1.2 Delimitación del problema

El proyecto se implementó en el laboratorio de automatización industrial del bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana sede de Guayaquil, en un tiempo no mayor a seis meses de trabajo.

Se utilizaron los lazos de control cerrado para poder controlar la velocidad del motor y obtener la dosificación requerida.

En lo académico el proyecto ha contribuido a que los alumnos se capaciten de manera práctica y adquieran un mejor conocimiento en las materias de automatización industrial.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar e Implementar una estación de dosificación de productos a granel el cual se conectaría a un módulo de PLC S7_ 1200 para las prácticas de automatismo industrial.

1.3.2 Objetivos Específicos

Diseñar e implementar un prototipo de planta industrial con fines educativos e investigativos

Seleccionar los diferentes dispositivos necesarios para el diseño y construcción de los circuitos eléctricos de los módulos de automatización.

Realizar las instalaciones de los sistemas de alimentación, mando, potencia y seguridad para los módulos.

Realizar pruebas de funcionamiento que muestren un correcto desempeño de la máquina.

Elaborar un manual de prácticas para el laboratorio.

Desarrollar de manera práctica los conocimientos de los estudiantes en las diversas materias relacionadas a la automatización Industrial.

1.4 Justificación

El fin de esta tesis es implementar una estación de dosificación de productos a granel para para el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana, para que se pueda fomentar el desarrollo y la investigación en esta área de automatización.

El diseño y construcción de los módulos de automatización en el laboratorio, permitirá brindar a los estudiantes una mejor formación académica y profesional. El presente proyecto ayudará a tener un conocimiento más amplio acerca de los sistemas que se utilizan para la dosificación de productos a granel.

Se llegó a complementar el proyecto con unas hojas guías, esto permitirá al estudiante realizar diversas practicas donde podrá interactuar con sensores, variadores de frecuencia, motores, PLC, lazos de control, etc.

Los resultados obtenidos con la investigación servirán de base para futuros trabajos enfocados en profundizar y/o complementar en el área de dosificación.

1.5 Variables e Indicadores

Las variables a controlar y medir son:

- Controlar velocidad del motor.
- Medir números de vueltas.
- Controlar la posición de los envases.
- Medir Peso.

1.6 Metodología

1.6.1 Métodos

1.6.1.1 Método Experimental

Para el estudio de la dosificación se realizaron varias pruebas para conocer la cantidad de granos en una vuelta del tornillo sin fin, también para el desarrollo de pruebas a implementar con el módulo del controlador lógico programable, el cual se conecta por un cable DB25 hacia el módulo de prototipo de planta industrial, que se implementara en el laboratorio de automatización.

1.6.1.2 Método Deductivo

Al realizar un diseño de control de automatización se puede deducir conocimientos básicos y avanzados establecidos en la Ingeniería Industrial y poner conceptos de teoría generales ya establecidas en nuestra rama. Debido a esto se puede sacar conclusiones sobres las diferentes pruebas realizadas en la estación de dosificación, como las prácticas de marcha - paro, control local o remoto, manual o automático, sistemas de interfaz hombre máquina, etc.

1.6.2 Técnicas

Las técnicas que se utilizaron para el desarrollo del proyecto fueron las siguientes:

1.6.2.1 Técnica de observación

Esta técnica fue utilizada para observar los comportamientos de los equipos en un lazo de control cerrado y visualizar su tipo de repuesta.

1.6.2.2 Técnica de documentación

El marco teórico fue realizado a partir de los conceptos que relacionan lo teórico con lo práctico en base a los principios de dosificación por tornillo sin fin.

1.7 Población y Muestra

1.7.1 Población

Estudiantes de las carreras de Ingenierías de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

1.7.2 Muestra

Estudiantes de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electrónica que se encuentren cursando la asignatura de Automatización Industrial.

1.8 Descripción de la propuesta

Se diseñó e implementó un banco didáctico para los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana, para que realicen prácticas de prototipo Industrial. Con este módulo didáctico los estudiantes pueden realizar trabajos a pequeñas escalas, como controlar la velocidad de la banda transportadora, dosificación de granulados, se puede realizar sistemas Scada. El módulo está compuesto de un Controlador Programable Lógico, un módulo analógico, un sistema de dosificación y una banda de transporte como se puede observar en la figura 1.1.

La estación de dosificación está compuesta en dos partes:

- Módulo PLC: Aquí el estudiante podrá realizar la programación.
- Módulo de dosificación: Terminado el programa se conectara con el módulo de prototipo industrial para realizar la práctica y ejecutar el control del sistema automatizado.

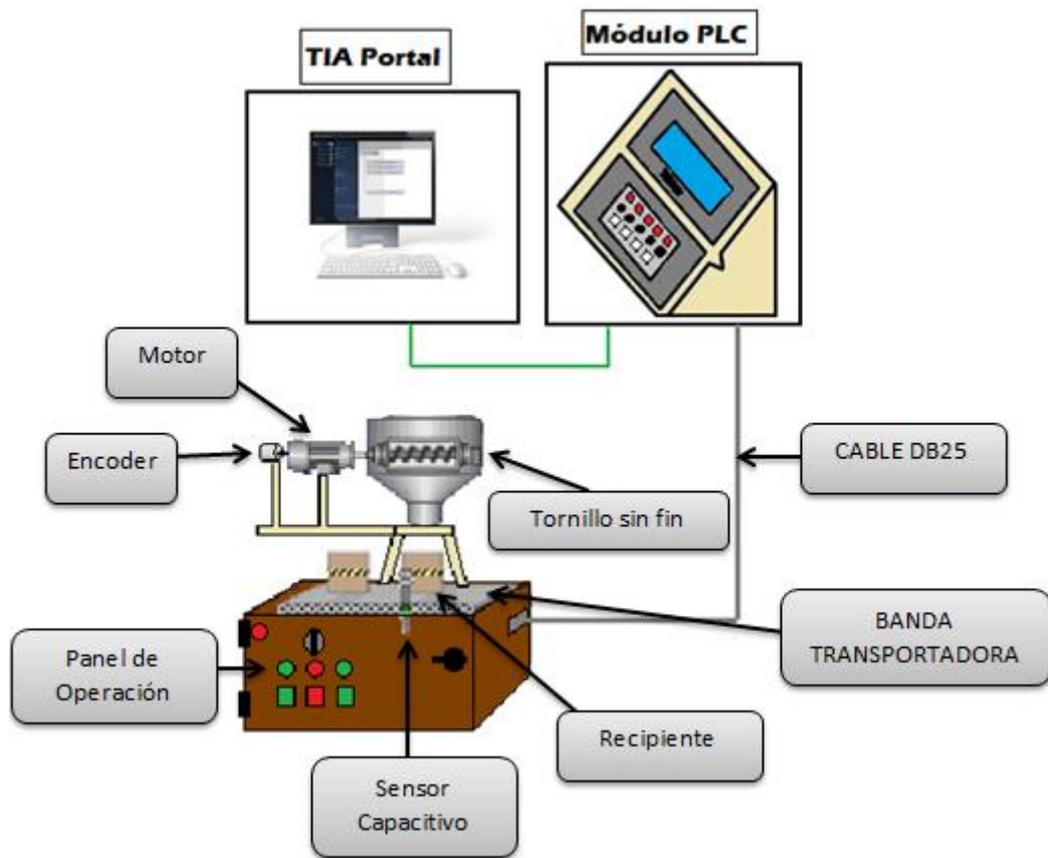


Figura 1. 1 Estación de dosificación. La estación de dosificación que cuenta con dos módulos didácticos para prácticas industriales.

El sistema que se va a desarrollar (figura 1.2) consiste en la dosificación de productos a granos que se encuentran ubicados en la tolva, cuando el sistema esté en marcha se activará la banda transportadora que lleva el recipiente hasta la salida de la tolva, la detección del recipiente es por medio de un sensor capacitivo, cuando este se detenga se activará el motor dosificador que hará girar el tornillo sin fin y comenzará a dosificar según la cantidad que se haya requerido, cuando termine la dosificación la banda se activará para llevar el recipiente hacia el final de esta, donde luego será pesado con una balanza para comparar el resultado. La cantidad a dosificar dependerá del valor establecido en la programación y está basado en la relación vuelta-peso, para determinar el número de giros que debe realizar el tornillo sin fin esta acoplado un codificador rotatorio esto nos indicará la cantidad de giros que está realizando.

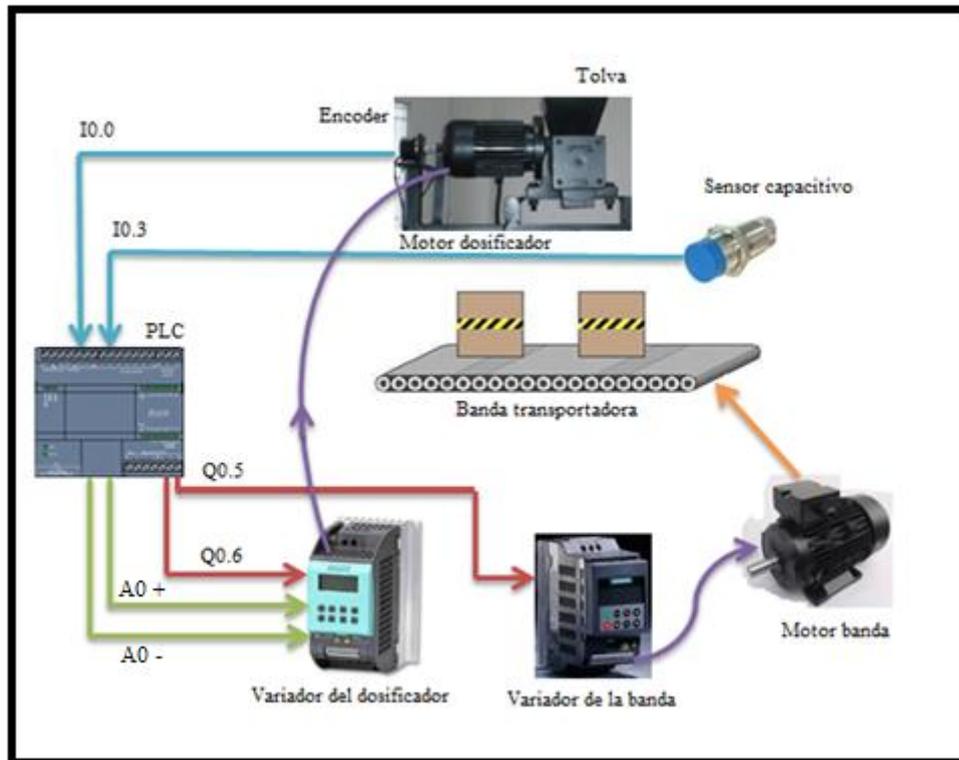


Figura 1. 2 Esquema general de la estación de dosificación. Se relacionan las entradas y salidas que actúan en el proceso de dosificación.

Para el proyecto se usó un lazo de control cerrado como vemos en la figura 1.3, su funcionamiento se basa en comparar dos señales, la de referencia que es la que nosotros deseamos y la de retroalimentación. La diferencia entre ambas es la señal de error, aquí entra el controlador para reducir la diferencia y llevar a la salida el valor deseado.

Las características de este sistema son:

- La salida es comparada con la entrada y es modificada para controlar el sistema.
- Este sistema de control posee la propiedad de retroalimentación.
- Tiene estabilidad ante variaciones y perturbaciones internas.
- Ser complejos, pero amplios en cantidad de parámetros

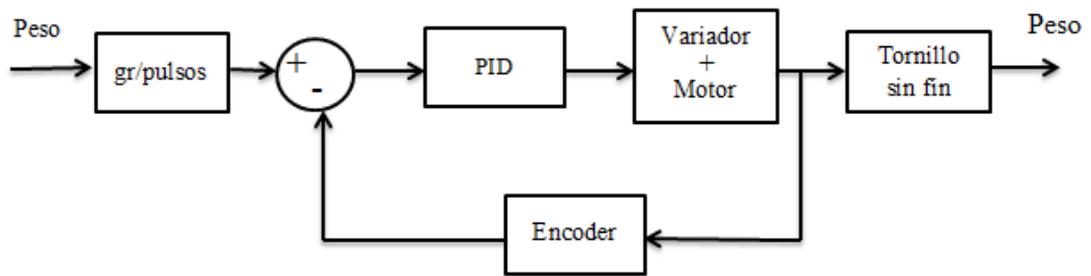


Figura 1. 3 Diagrama de bloque de la planta. Es el diagrama de bloque utilizado en el proyecto. Ogata, (1998). Recuperado de <http://www.iesmossenalcover.es/joomla/Documents/Departaments/Tecnologia/control1.pdf>

El sistema se lo implemento con el controlador lógico programable (PLC) S7-1200 ya que ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización

1.8.1 Beneficiarios

Los principales beneficiados de este proyecto son los estudiantes la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, siempre y cuando cursen las materias relacionadas al área de automatización Industrial. Con este proyecto el estudiante adquiere conocimientos en los diferentes procesos industriales, y puede resolver eventos dentro de una empresa y fuera de la misma.

1.8.2 Impacto

Añadir una estación de dosificación en el laboratorio de automatismo industrial del bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana, desarrollará de manera práctica los conocimientos de los estudiantes en las diversas materias relacionadas a la automatización industrial, promoverá e impulsara la manera de emplear técnicas de un correcto control en procesos de dosificación, además fomentara el desarrollo para futuros proyectos relacionados a este tema.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Sistema de llenado de sólidos

El llenado de sólidos es de mucha importancia dentro de las industrias como las farmacéuticas, químicas, alimenticia, etc. En las que se trata de optimizar este proceso, una de las soluciones es utilizar máquinas dosificadoras.

La dosificación debe ser mediante equipos que permitan obtener una dosis exacta del producto final que deseamos lograr. Estos equipos disponen de controles que nos permiten fijar la cantidad deseada de acuerdo a nuestras necesidades, dentro del límite establecidos por su capacidad.

2.2 Tipos de dosificadores

La función del dosificador es descargar la materia prima en cantidades prefijadas por el operador. Se utilizan distintas clases de dosificadores dependiendo del material que se vaya a utilizar, cada dispositivo de dosificación está diseñado para manipular tipos específicos de materiales y afrontar los retos que presentan.

2.2.1. Dosificación volumétrica

El producto a granel se acumula en una tolva y es dosificado constantemente en un proceso por unidad de tiempo. Se puede inferir una velocidad de dosificación gravimétrica mediante un proceso de calibración donde se toma y se pesa una muestra sincronizada y se ajusta una velocidad de tornillo en consecuencia. Si bien no cuenta con una retroalimentación de peso para garantizar la precisión de dosificación en el tiempo, es posible que esto no represente problema alguno para materiales con una densidad a granel homogénea (K-TRON, 2013).

Este tipo de dosificador como se observa en la figura 2.1 es muy recomendable para productos sólidos homogéneos y para procesos con polvos de fácil deslizamiento tales como fréjol, lentejas, maíz, café, azúcar, sal, etc.



Figura 2. 1 Dosificador volumétrico. Equipo especialmente diseñado para envasar productos de granulometría uniforme. Mecalux, (2013). Recuperado de <http://www.logismarket.com.mx/equipenvas/dosificador-volumetrico/3014156838-1233087939-p.html>.

2.2.2 Dosificador con canales vibratorios

Está compuesto por una tolva giratoria de acero inoxidable y por canales vibratorios grandes y pequeños que van continuamente dosificando el producto a una balanza, sincronizados automáticamente con cada ciclo de la máquina. La intensidad de la vibración se adecua a las características de cada producto. La cantidad de conjuntos canales y balanzas depende del producto y la producción buscada (VESCOVO, 2009).

2.2.3 Dosificación por peso

La dosificación por el método de pesaje se lo realiza utilizando celdas de cargas. Ya que posee un alimentador de carga de forma vibratoria que evita la rotura del producto, el control del peso es realizado en forma digital un algoritmo computacional realiza los cálculos de los pesos y va liberando el producto de las celdas cuyo peso combinado sea aproximado al valor establecido (Moreno, 2010).

Este tipo de dosificador como es ilustrado en la figura 2.2 es ideal para productos sólidos, nueces, maní, frutas secas, semillas o productos de formas irregulares.

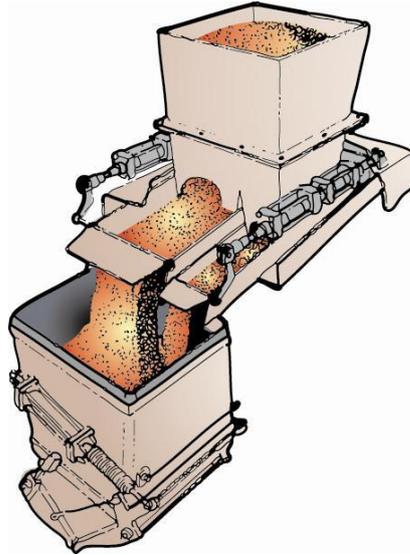


Figura 2. 2 Dosificador por pesaje. Dosificador de pesaje de la serie PN-CGV/CV. Payper, (2011). Recuperado de <http://www.payper.com/dosificaciones-pesaje-ensado>

2.2.4 Dosificación por pistón

Este consiste en uno o más recipientes herméticos donde se ubica el líquido, para medir la cantidad a llenar la válvula giratoria vertical abre el trayecto entre la tolva y el cilindro siendo este llenado mediante la carrera del pistón. Cuando el pistón alcanza cierto punto se conmuta la válvula y cierra el paso hacia la tolva abriendo simultáneamente el paso para el llenado (KRONES, 2013).



Figura 2. 2 Dosificador de pistón. Para productos densos o viscosos. Tecnoflex, (2009). Recuperado de <http://www.tecnoflex.com.mx/piston.html>.

2.2.5 Dosificación por tornillo sin fin

Dentro de la tolva se encuentra un tornillo sin fin que forzara a llevar el producto hasta el final del mismo. Dependiendo del tipo de producto a dosificar se ajustara la cantidad de vueltas que el tornillo girará (VESCOVO, 2009).

El tornillo sin fin como se muestra en la figura 2.4 es un removedor de giro independiente que se encarga de la dosificación evitando la aglomeración del producto. Se construyen en acero inoxidable y son ideales para dosificar polvos de difícil deslizamiento.

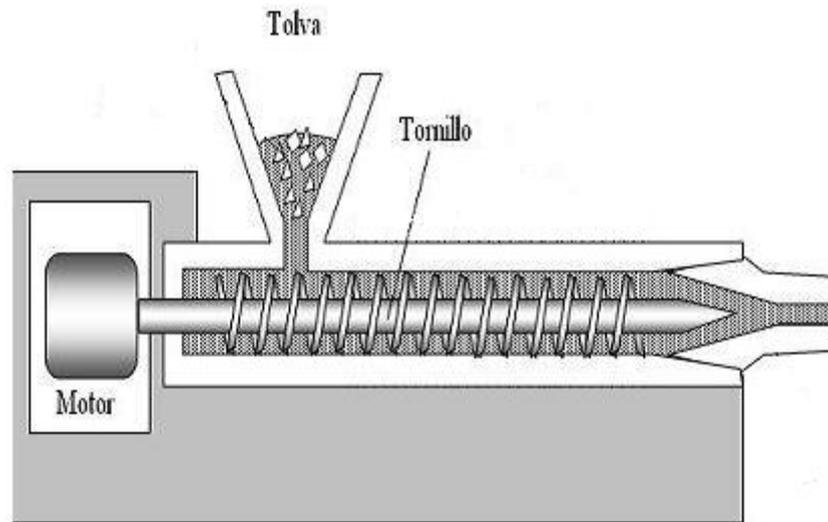


Figura 2. 4 Dosificación a tornillo sin fin. Cuando se active el motor el tornillo girara y el producto avanzara. Vallina, (2014). Recuperado de <http://manuelvallina.blogspot.com/2014/01/materiales-sinteticos.html>

2.3 Estructura de un sistema de control

Un sistema de control (figura 2.5) es cualquier interconexión de componentes que cumplan una función dada. Para el estudio de los sistemas de control se supone que los componentes del sistema forman conjuntos que reciben una entrada u orden y producen una salida o repuesta. Estos conjuntos se representan en forma de rectángulos o bloques con las entradas y salidas en forma de flechas (Ogata, 1998).

La finalidad del sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un control sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados.

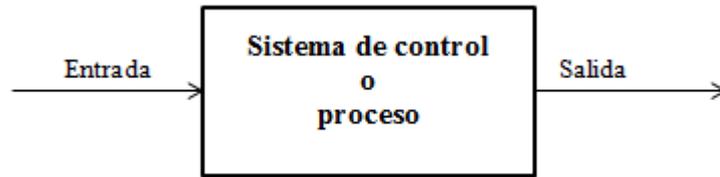


Figura 2. 5 Representación de un proceso o sistema de control. Representación de un sistema de control. Ogata (1998). Recuperado de <http://www.iesmossenalconver.es/joomla/Documents/Departaments/Tecnologia/control1.pdf>

2.3.1 Sistema de control lazo abierto

Se denominan sistema de control en lazo abierto los sistemas en los cuales las salidas no tienen un efecto sobre la acción de control. En otras palabras en un sistema de lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada.

En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Así a cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fija, esto quiere decir que el resultado de la precisión dependerá de la calibración del sistema. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. En la práctica el control de lazo abierto no se utiliza si se desconoce la relación entre la entrada y la salida y si existen perturbaciones internas o externas (Ogata, 1998).

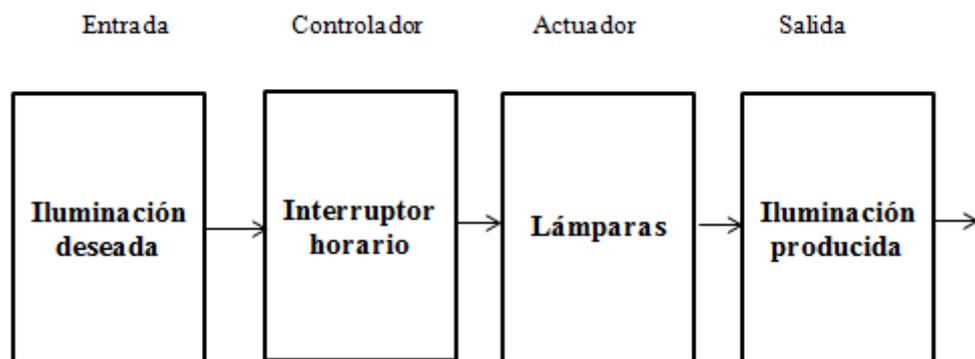


Figura 2. 6 Diagrama de un control en lazo abierto. Ejemplo de un control en lazo abierto. Ogata, (1998). Recuperado de <http://www.iesmossenalconver.es/joomla/Documents/Departaments/Tecnologia/control1.pdf>

2.3.2 Sistema de control lazo cerrado

Según Ogata los sistemas de control en lazo cerrado, también denominados sistemas de control realimentados la acción de control depende tanto de la entrada de referencia como del valor que toma la variable de salida.

En otras palabras, un sistema de control en lazo cerrado implica hacer uso del efecto de realimentación de la variable de salida a la entrada del sistema, con el fin de reducir el error y llevar al valor deseado. El término control en lazo cerrado siempre implica el uso una acción de control realimentado para reducir el error del sistema.

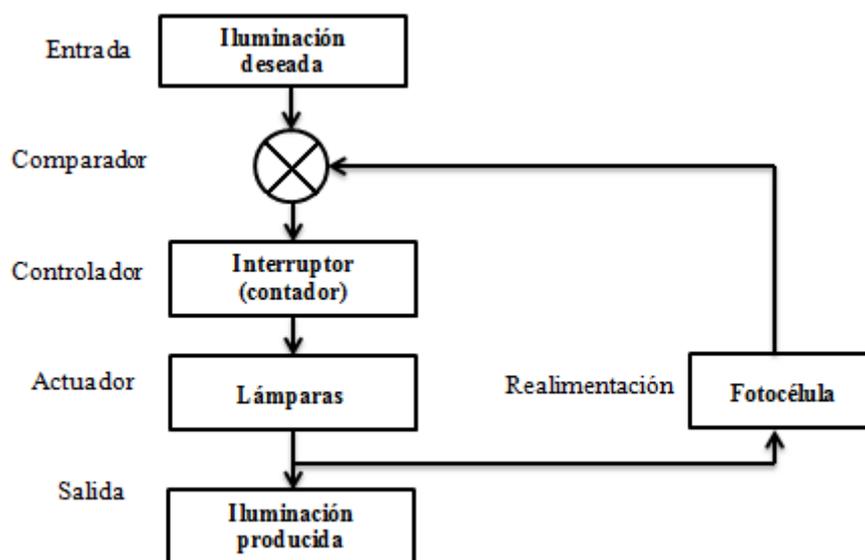


Figura 2. 7 Diagrama de un control en lazo cerrado. Ejemplo de control en lazo cerrado para una iluminación. Ogata, (1998). Recuperado de <http://www.iesmossenalcover.es/joomla/Documents/Departaments/Tecnologia/control1.pdf>

2.4 Control PID

El controlador PID es una implementación simple de la idea de realimentación, la idea de realimentación puede resultar engañosamente simple y sin embargo extremadamente potente. La realimentación puede reducir los efectos de las perturbaciones, puede lograr que un sistema siga fielmente a la señal de entrada y que el sistema se insensible a las variaciones del proceso.

Tiene la capacidad de eliminar errores en estado estacionario mediante la acción integral, y puede anticipar el futuro con la acción derivativa. Los controladores PID, o incluso los controladores PI, son suficientes para muchos problemas de control, particularmente cuando las dinámicas del proceso son benignas y los requisitos de comportamiento modestos (Aström & Hägglund, 2009).

2.4.1 Estructura del PID

Consideremos un lazo de control de una entrada y una salida.

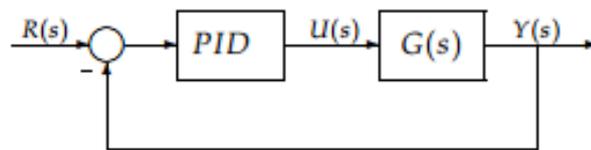


Figura 2. 8 Diagrama en bloques. Diagrama de bloque con un controlador PID.

Mazzone, (2002). Recuperado de

<http://www.eng.newcastle.edu.au/~jhb519/teaching/caut1/Apuntes/PID.pdf>

Los miembros de la familia de controladores PID, tienen tres acciones: proporcional (P), integral (I) y derivativa (D). Estos controladores son denominados P, I, PI, PD y PID (Mazzone, 2002).

P: acción de control proporcional, Según Mazzone, consiste en el producto entre la señal de error y la constante proporcional para lograr que el error en estado estacionario se aproxime a cero.

La fórmula del proporcional está dada por:

$$P = K_p \cdot e(t) \quad (1)$$

Donde K_p es una ganancia proporcional ajustable. Un controlador proporcional puede controlar una planta estable, pero tiene un desempeño limitado y error en régimen permanente.

I: acción de control integral, tiene el propósito de disminuir y eliminar el error de estado estacionario, provocado por el modo proporcional, actúa cuando hay una

desviación entre la variable y el punto de consigna, integrando esta desviación en el tiempo y sumándola a la acción proporcional.

El error es integrado, lo cual tiene la función de promediarlo o sumarlo por un período determinado; Luego es multiplicado por una constante K_i . Posteriormente, la respuesta integral es adicionada al modo Proporcional para formar el control P + I con el propósito de obtener una respuesta estable del sistema sin error estacionario (Mazzone, 2002).

La fórmula del integral está dada por:

$$I = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (2)$$

D: acción de control derivativa, Como indica Mazzone la acción derivativa se manifiesta cuando hay una variación en el valor absoluto del error.

El error es la desviación existente entre el punto de medida y el valor consigna, o "Set Point".

La función de la acción derivativa es mantener el error al mínimo corrigiéndolo proporcionalmente con la misma velocidad que se produce; de esta manera evita que el error se incremente.

Se deriva con respecto al tiempo y se multiplica por una constante **D** y luego se suma a las señales anteriores (P+I). Es importante adaptar la respuesta de control a los cambios en el sistema ya que una mayor derivativa corresponde a un cambio más rápido y el controlador puede responder acordeamente.

La fórmula del derivativo está dada por:

$$D = K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (3)$$

PI: acción de control proporcional- integral, Para Mazzone (2002) en el control proporcional para que tenga una acción de control distinta de cero es necesario que exista error. Con acción integral, un error positivo nos dará una acción de control creciente y en el caso de ser negativo nos dará una acción de control decreciente. Con esta observación nos muestra que el error en régimen permanente será siempre cero.

Se define mediante:

$$PI = Kp \cdot e(t) + \frac{Kp}{Ti} \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (4)$$

Donde T_i se denomina tiempo integral y es quien ajusta la acción integral.

PD: acción de control proporcional-derivativa, Mazzone (2002) manifiesta que este control tiene función de previsión por lo que hace más rápida la acción de control, la desventaja que tiene es que amplifica las señales de ruido y puede provocar saturación en el actuador. La acción de control derivativa no se utiliza por sí sola, debido a que solo es eficaz durante periodos transitorios.

Se define mediante:

$$PD = Kp \cdot e(t) + Kp \cdot Td \frac{de(t)}{dt} \quad (5)$$

Donde T_d es una constante denominada tiempo derivativo.

PID: acción de control proporcional-integral-derivativa, Es un sistema de control que mediante un elemento final de control, es capaz de mantener una variable o proceso en un punto deseado dentro del rango de medición del sensor que la mide.

El controlador lee una señal externa que representa el valor que desea conseguir, esta señal es conocida como señal de referencia, la cual es de la misma naturaleza y tiene el mismo principio rango de valores que la señal que proporciona el sensor.

El controlador resta la señal de punto actual a la señal de punto de consigna, obteniendo así la señal de error, que representa la diferencia entre el valor deseado y el valor actual. La señal de error es utilizada para cada una de las tres componentes del controlador, para generar 3 señales que sumadas componen la señal que el controlador va a utilizar para controlar al actuador.

La señal resultante de la suma de estas tres señales se la conoce como variable manipulada y no se aplica directamente sobre el actuador, sino que debe ser transformada para ser compatible con el actuador usado (Mires, 2012).

Se define mediante:

$$PID = K_p \cdot e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (6)$$

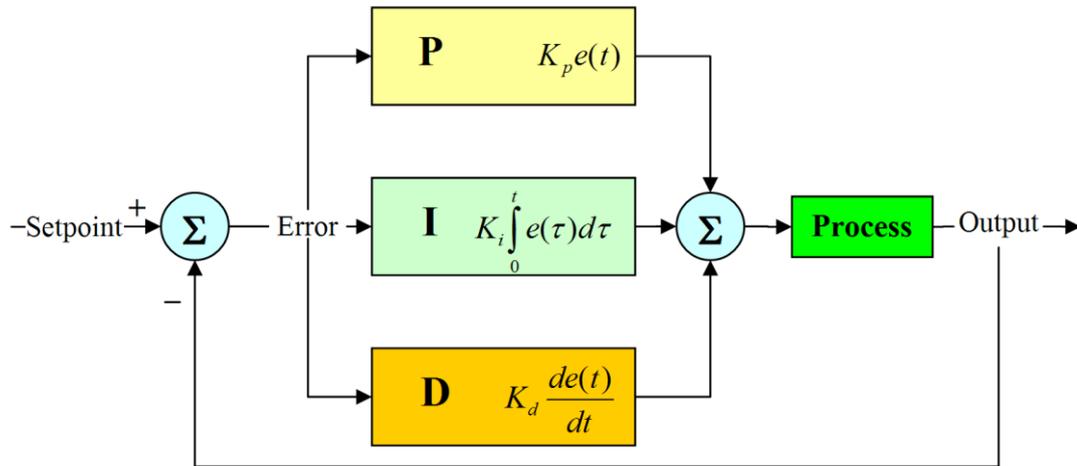


Figura 2. 9 Diagrama en bloques de un control PID. Diagrama de bloque de la acción de control proporcional-integral-derivativa. ProgramaciónSiemens, (2013).

Recuperado de <http://programacionsiemens.com/pid-en-step7/>

2.4.2 Métodos clásicos de ajuste de Ziegler y Nichols

El método de Ziegler-Nichols nos permite ajustar o "sintonizar" un regulador PID, sin la necesidad de conocer las ecuaciones de la planta o sistema controlado. Estas reglas de ajuste fueron publicadas en el año 1942 por Ziegler y Nichols, desde entonces es uno de los métodos más difundidos y utilizados.

El método de sintonización de reguladores PID de Ziegler-Nichols permite definir las ganancias proporcional, integral y derivativa a partir de la respuesta del sistema en lazo abierto o a partir de la respuesta del sistema en lazo cerrado. Cada uno de los dos ensayos se ajusta mejor a un tipo de sistema (Picuino, 2013).

2.4.2.1 Método de respuesta al escalón

Este método de sintonización se adapta bien a los sistemas estables en lazo abierto y que tienen un tiempo de retardo desde que reciben la señal de control hasta que comienzan a actuar. Para poder determinar la respuesta al escalón de la planta o sistema controlado, se debe retirar el controlador PID y sustituirlo por una señal escalón aplicada al accionador.

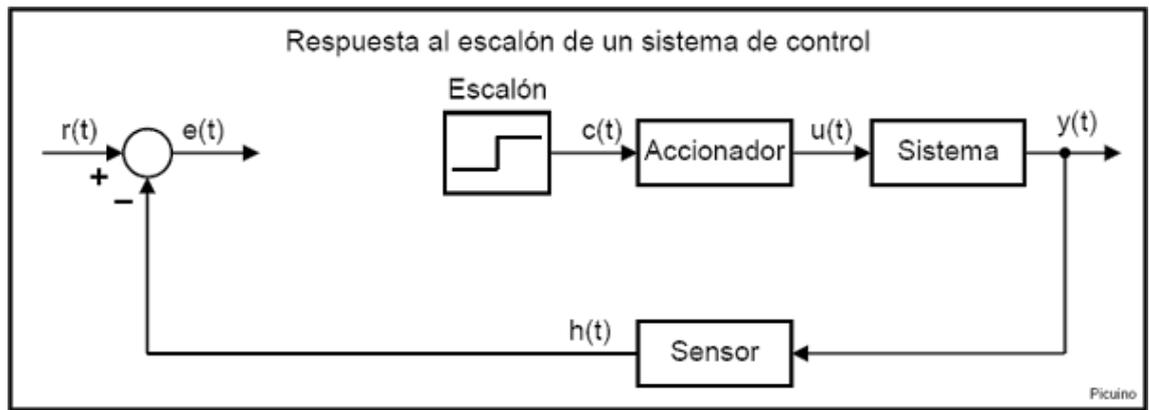


Figura 2. 10 Sistema de control que responde a una señal escalón. Se debe retirar el controlador PID y sustituirlo por una señal escalón. Picuino, (2012). Recuperado de <https://sites.google.com/site/picuino/ziegler-nichols>.

Con la planta a lazo abierto, llevar la planta a un punto de operación normal. Si la planta no presenta en su función de transferencia integradores o polos dominantes complejos conjugados, su respuesta al escalón tendrá forma de S, tal como se muestra en la figura 2.10. En ella, trazando la tangente en el punto de inflexión, podrán medirse las constantes T_v y T_a (Barrientos, Sanz, Matía, & Gambao, 1996).

Como se puede observar, la respuesta del sistema presenta un retardo, también llamado tiempo muerto, representado por T_v .

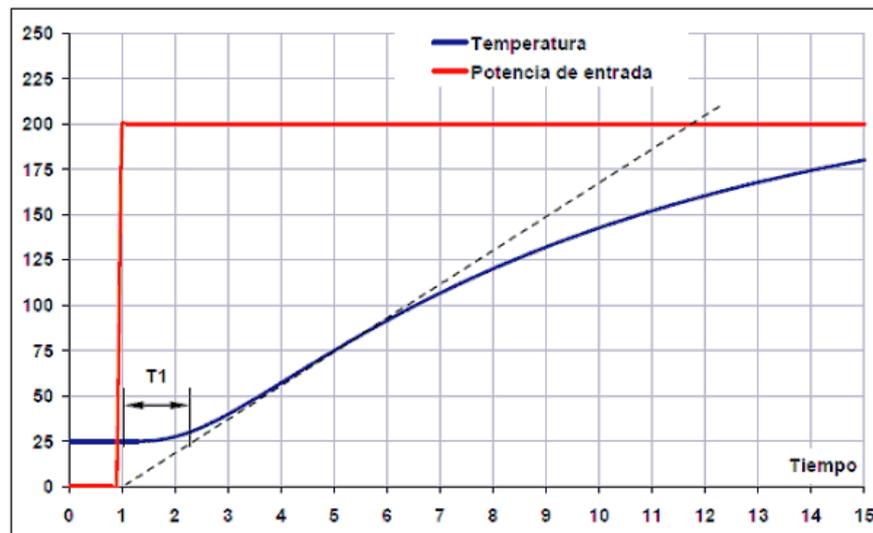


Figura 2. 11 Respuesta al escalón de la planta. En rojo representa la entrada escalón al accionador, el azul la salida medida por el sensor. Picuino, (2012). Recuperado de <https://sites.google.com/site/picuino/ziegler-nichols>.

Para el cálculo de los parámetros se comienza por trazar una línea recta tangente a la señal de salida del sistema. El tiempo T1 corresponde al tiempo que tarda el sistema en comenzar a responder. Este intervalo se mide desde que la señal escalón sube, hasta el punto de corte de la recta tangente con el valor inicial del sistema. El tiempo Ta es el tiempo de subida. Este tiempo se calcula desde el punto en el que la recta tangente corta al valor inicial del sistema hasta el punto en el que la recta tangente llega al valor final del sistema (Picuino, 2013).

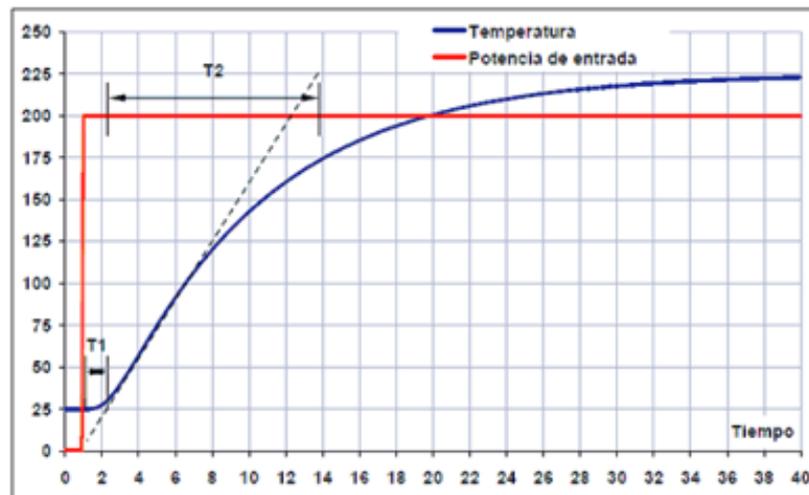


Figura 2. 12 Cálculo de los parámetros de t1 y t2. Se debe trazar una línea recta tangente a la señal de salida del sistema. Picuino, (2012). Recuperado de <https://sites.google.com/site/picuino/ziegler-nichols>.

Además de estos dos tiempos característicos también hay que calcular la variación de la señal escalón dX y la variación de la respuesta del sistema dY.

A partir de estos valores se puede calcular la constante del sistema Ko:

$$k_o = (dX * T2) / (dY * T1) \quad (7)$$

Y a partir de la constante Ko se pueden calcular los parámetros de la tabla 2.1 del controlador PID con acción solo proporcional (P), proporcional e integral (PI) o proporcional integral y derivativa (PID):

obtener la medida final (Taberner, 2010). Tal como podemos observar en la figura 2.14.

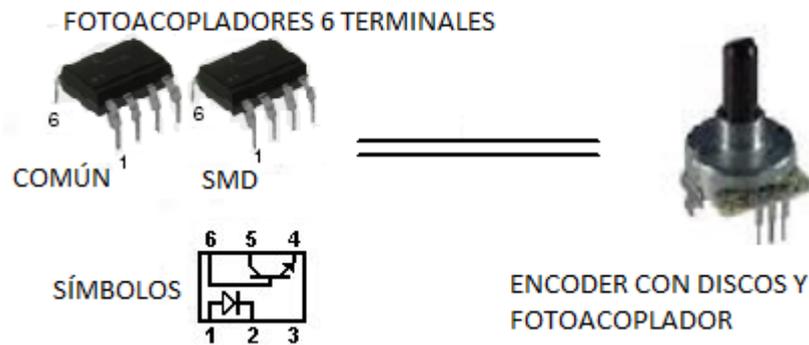


Figura 2. 14 Encoder compuesto por disco y fotoacoplador. Se muestra el principio de operación de los encoders. Taberner, (2010). Recuperado de http://www.infopl.net/files/documentacion/instrumentacion_deteccion/infoPLC_net_ENCODERS_OPTICOS.pdf

2.5.2 Tipos de codificadores ópticos

Los codificadores rotativos poseen diferentes salidas, uno de ellos es el codificador rotatorio incremental, que genera pulsos mientras está en movimiento, se lo utiliza para para medir velocidad o la trayectoria de posición. El otro tipo es el codificador rotatorio absoluto que generan multi-bits digitales, que indican su posición directamente.

2.5.2.1 Codificador rotatorio incremental

Los codificadores de incremento tienen un número específico de pulsos equitativamente espaciados por revolución (PPR). Para los casos en que el sentido de la dirección de movimiento no es importante (unidireccional), se utiliza solo un canal. Donde es necesario el sentido de dirección, se utiliza la salida de cuadratura (bidireccional), con 2 canales desfasados entre sí en 90°; la dirección del movimiento es determinada en base a la fase de relación entre los canales. Esto es útil para procesos que se pueden revertir (WEST, 2009).

Una salida de un encoder incremental indica movimiento. Para determinar la posición, sus pulsos deben ser acumulados por un contador. La cuenta está sujeta a pérdida durante una interrupción de energía o corrupción por transistores eléctricos

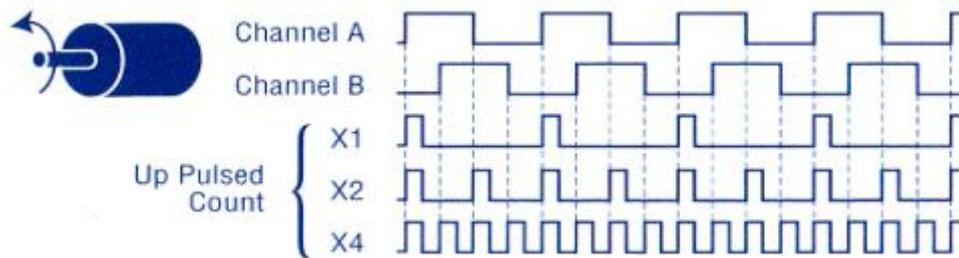


Figura 2. 15 Representación Gráfica De Las Señales Incrementales A, B. Para tener más resolución se puede computar los márgenes de dirección (x2) o (x4). West, (2009). Recuperado <http://www.westmexico.com.mx/pfd/dynapar/catalogos/4.-Manual%20de%20Aplicacion%20de%20Encoders.pdf>

Cuando se requiere más resolución, para el contador es posible computar los márgenes de dirección y rastreo de la serie de pulsos de un canal, el cual duplica (x2) el número de pulsos contados para una rotación o pulgada de movimiento. Al contar ambos márgenes de dirección y de rastreo de ambos canales darán una resolución x4 como se ve en la figura 2.15.

2.5.2.2 Codificador rotatorio absoluto

Un codificador absoluto genera mensajes digitales lo cual indica su posición actual, así como su velocidad y dirección de movimiento. Si ocurre una pérdida de energía, su salida será corregida cada vez que la energía se restablezca. A diferencia de los codificadores tipo incremental no es necesario ir a una posición referencial. Los transistores eléctricos pueden producir únicamente errores de datos transitorios, usualmente muy breve como para afectar la dinámica de un control de sistema (WEST, 2009).

La resolución de un codificador absoluto es definida como el número de bits por mensaje de salida. Esta salida puede ser directamente en código binario o Gray, el cual produce un cambio de un solo bit en cada paso para reducir errores.

Según la posición del disco, la luz emitida por cada emisor se enfrentará a un sector opaco o transparente, si se enfrenta a un sector opaco, la luz se refleja y el receptor recibe la señal, si se enfrenta a un sector transparente, la luz no se refleja y el receptor no recibe la señal (Barcojo, 2010).

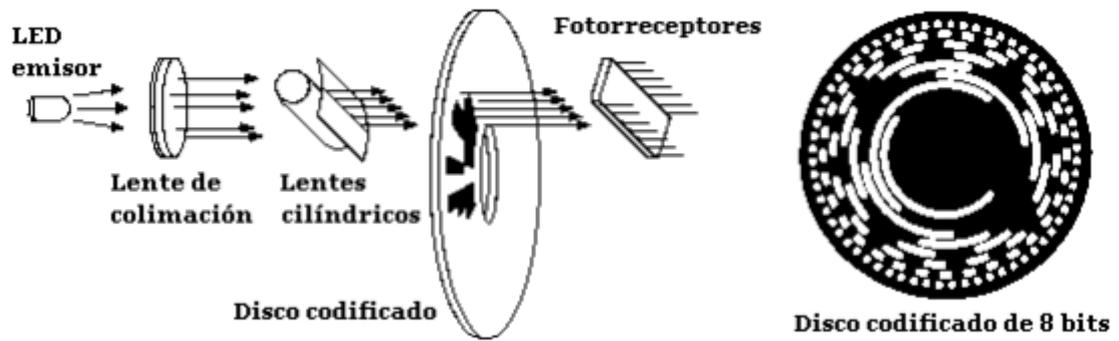


Figura 2. 16 Funcionamiento del codificador absoluto. Determina su posición contando el número de pulso cuando su disco es atravesado por una luz. Barcojo, (2010). Recuperado de <http://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1H2F1807L-JP0SG2-J1J/encoder.pdf>

2.5.3 Parámetros del codificador rotatorio

Resolución: Es el número de pulsos que nos da el encoder por cada revolución del eje. Valores típicos de resolución serían: 10, 60, 100, 200, 300, 360, 500, 600, 1000 y 2000 pulsos.

Respuesta máxima en frecuencia: Se refiere a la frecuencia máxima a la cual el encoder puede responder eléctricamente, para garantizar su correcto funcionamiento. En los encoders incrementales es el máximo número de pulsos de salida que se pueden emitir por segundo.

Diámetro del eje: Diámetro del eje del encoder sobre el que vamos a medir. Valores típicos de diámetro: 6, 7, 10, 12 mm.

Par de arranque: Es la fuerza necesaria medida en N/cm para conseguir que el eje comience a dar vueltas. Valores típicos: 1, 1.5, 2 N/cm.

Velocidad máxima de rotación: El número máximo de revoluciones que el encoder puede soportar mecánicamente. La velocidad del eje encoder debe respetar la velocidad máxima de rotación y la frecuencia máxima de respuesta.

$$Frecuencia > rpm/60 * resolución$$

Valores típicos de respuesta: 3000, 5000, 6000 rpm.

Momento de inercia: Es el momento de inercia de rotación del eje. Cuanto menor sea más sencillo es de parar.

■ Serie 20



No of pulses	1...2,048 pulses
Shaft diameter (mm)	6 mm
Body (mm)	Ø58 mm
Max. no of revs (rpm)	6,000 rpm
Protection	

Figura 2. 17 Encoder incremental con la descripción de parámetros. Encoder Incremental de la serie 20. Taberner, (2010). Recuperado de http://www.infopl.net/files/documentacion/instrumentacion_deteccion/infoPLC_net_ENCODERS_OPTICOS.pdf

2.6 Variador de frecuencia

Un variador de frecuencia es un dispositivo destinado a modificar la frecuencia y por lo tanto la velocidad de un motor de inducción asíncrono, es decir que produce una corriente alterna con la frecuencia y la tensión necesarias para accionar a dicho motor de corriente alterna.

El variador de frecuencia permite modificar el valor de la frecuencia para lograr que el motor gire a más o menos velocidad, independientemente de la frecuencia de que disponga la red de alimentación (Álvarez, 2000).



Figura 2. 18 Variador de frecuencia. Un variador de frecuencia de la marca siemens. Valladolid, (2010). Recuperado de <http://www.ventilacion.uva.es/variadordefrec.html>

2.6.1 Principio de funcionamiento

Las señales trifásicas proporcionadas por la compañía eléctrica son de una frecuencia y un voltaje estable, el cual no puede ser alterado por el usuario. Para muchos de los equipos utilizados en las industrias, es imprescindible contar con un sistema de control de frecuencia y voltaje variable, para poder así proporcionar un control al equipo. De aquí nace la necesidad de disponer de un sistema de control el cual realice estas tareas (Lagos, 2010).

En la gran mayoría de los variadores de frecuencia, todos trabajan con etapas básicas como se muestra en la figura 2.19.

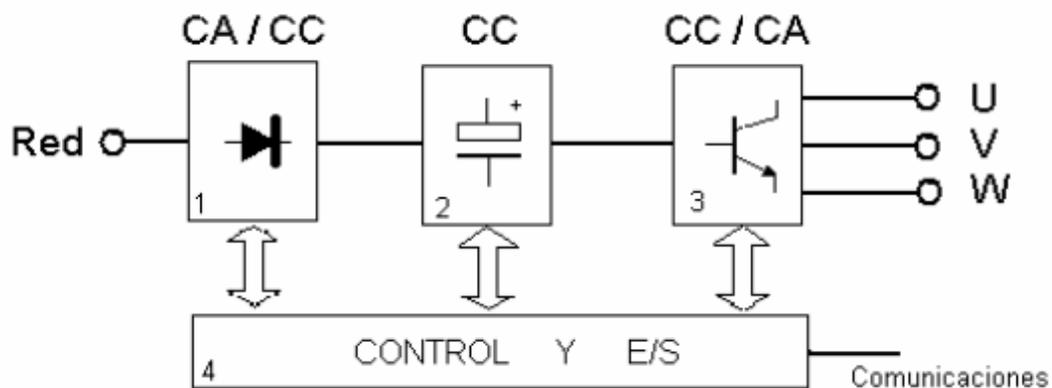


Figura 2. 19. Diagrama de bloque de un variador de frecuencia. Etapas del variador de frecuencia. Sevillano, (2010). Recuperado de http://ingenieros.es/files/proyectos/Variadores_de_frecuencia.pdf

Según Lagos las etapas básicas son:

- 1.- Circuito Rectificador.** Recibe la tensión alterna y la convierte en continua por medio de un puente rectificador de diodos o tiristores.
- 2.- Circuito intermedio (filtros).** Consiste en un circuito LC (condensadores y bobinas) cuya función principal es suavizar el rizado de la tensión rectificada.
- 3.- Inversor.** Convierte el voltaje continuo del circuito intermedio, en uno de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos. Los variadores modernos emplean IGBT (transistor bipolar gate aislado) para generar los pulsos de voltaje de manera controlada.

4.- Circuito de control. El circuito de control enciende y apaga los IGBT para generar los pulsos de tensión y frecuencia variables. Además, realiza las funciones de supervisión de funcionamiento monitoreando la corriente, voltaje, temperatura, etc. con teclados e interfaces amigables de fácil empleo.

2.7 Sensores de proximidad

Los sensores de proximidad proporcionan una información de “Si” o “No” dependiendo de la posición del objeto, es decir si ha alcanzado la posición requerida. Estos sensores indican solamente dos estados, se los conocen también como sensores binarios.

En algunos sistemas de producción, se utilizan interruptores mecánicos de posición para la detección de objetos, otros términos también utilizados para referirse a ellos son los finales de carrera, válvulas limitadoras, etc. Puesto que los movimientos se detectan por medio de contacto, se debe cumplir ciertas condiciones. Además estos componentes están sometidos a desgaste en contra de los sensores de proximidad que funcionan electrónicamente y sin contacto (Ebel & Nestel, 1993).

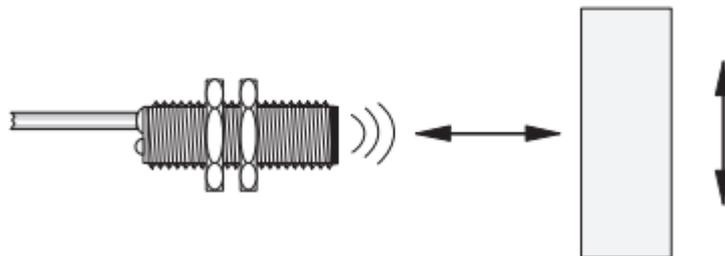


Figura 2. 20 Sensor de proximidad. Ejemplo de una aplicación para sensores de proximidad. (Ebel & Nestel, 1993). *Sensores para la técnica de procesos y manipulación*

2.7.1 Sensor inductivo

Los componentes más importantes de un sensor de proximidad inductivo son un oscilador (circuito resonante LC), un rectificador demodulador, un amplificador biestable y una etapa de salida.

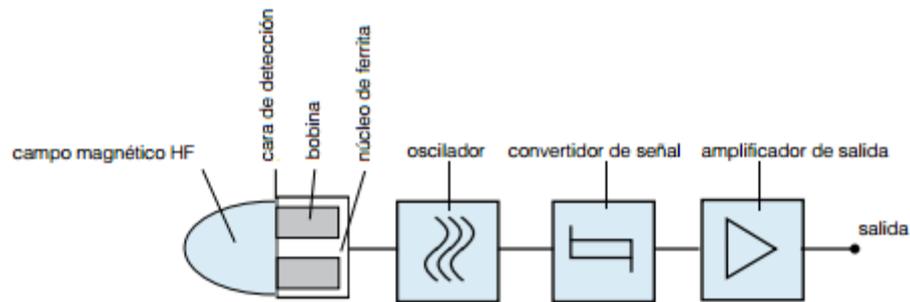


Figura 2. 21 Principio de funcionamiento de un sensor inductivo. Etapas básicas de un sensor inductivo. Contrinex, (2010). Recuperado de http://www.sisdevices.com/sitio/images/SENSORES%20900_006_005_CATALOGO_GENERAL_ES.pdf

La bobina de un circuito oscilador de un detector genera un campo magnético de alta frecuencia, emitido por la cara de detección. Cualquier tipo de objeto metálico situado cerca de este campo que absorba algo de energía, podrá ser evaluado electrónicamente y se detectado.

Los metales ferromagnéticos como el níquel, acero y cobalto, absorben más energía. Por la tanto la distancia de trabajo logable es más grande con esto metales. Los metales no ferromagnéticos con buena conductividad, tal como el aluminio absorben menos energía, como resultado la distancia operativa es significativamente baja (CONTRINEX, 2010).

2.7.1 Sensor capacitivo

Su principio de funcionamiento está basado en la medición de los cambio de capacitancia eléctrica de un condensador en un circuito resonante RC, ante la aproximación de cualquier material.

En un sensor de proximidad capacitivo, entre un electro “activo” y uno puesto a tierra, se crea un campo electrostático disperso. Generalmente también se halla presente un tercer electrodo para compensación de las influencias que pueda ocasionar la humedad en el sensor de proximidad (Ebel & Nestel, 1993).

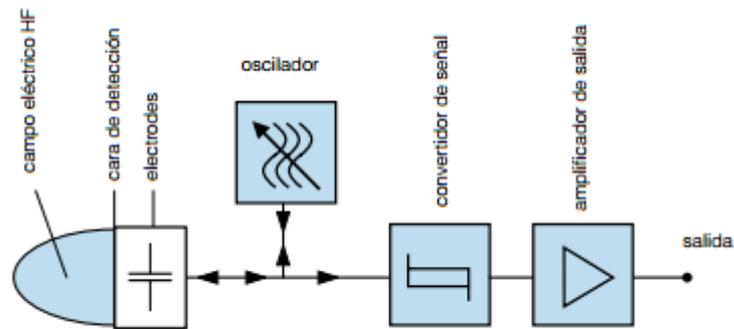


Figura 2. 22 Principio de funcionamiento de un sensor capacitivo. Etapas básicas de un sensor capacitivo. Contrinex, (2010). Recuperado de http://www.sisdevices.com/sitio/images/SENSORES%20900_006_005_CATALOGO_GENERAL_ES.pdf

2.8 Controlador lógico programable (PLC)

Un controlador lógico programable (PLC) es un ordenador digital que se utiliza en las industrias de automatización, tales como el control de maquinarias de la línea de montaje de la fábrica. El PLC está diseñado para múltiples entradas y múltiples salidas a disposición. Los PLCs han ido ganando popularidad en la fábrica y probablemente pueden seguir siendo predominantes durante algún tiempo en el futuro. La mayor parte de esto es debido a los beneficios que puede ofrecer a los PLC: efectivo en costo, flexible, fiable, etc (Burhan, Talib, & A Azman, 2012).

Un PLC nos permite controlar o proteger procesos industriales, además podemos llevar un control de monitoreo y diagnóstico de condiciones, presentándolas en un HMI (Human-Machine Interface).



Figura 2. 23 Controlador lógico programable. PLC de la marca siemens con módulos de expansión. Zonaindustrial, (2010). Recuperado de <http://www.zonaindustrial.cl/page/automatizacion>

CAPÍTULO III

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN

3.1 Descripción general del diseño del proyecto

Para el diseño de la estación de dosificación se debe tener las especificaciones correctas de su funcionamiento, por lo tanto se debe desarrollar una definición exacta de las funciones que el sistema debe realizar, de ese modo tener resultados beneficiosos en términos económicos y de tiempo. Por la tanto tendremos un diseño del sistema más confiable.

La estación cuenta con dos módulos, uno es el módulo didáctico del PLC que contiene los componentes básicos y necesarios para mejorar el aprendizaje y el desarrollo de los proyectos de automatización industrial, permitiendo una mejor comprensión y visualización de los conocimientos impartidos en la materia. Y el otro es el módulo de dosificación en que los estudiantes podrán realizar trabajos a pequeñas escalas, y de ese modo obtienen conocimientos de manera práctica y profundizan temas en el área de dosificación.

3.2 Diseño del módulo didáctico del PLC

3.2.1 Estructura del módulo

La estructura será el componente que sostiene al PLC, la fuente de alimentación de 24v, el voltímetro, el switch de comunicación y a los elementos que simulan las entradas y salidas del PLC.

Para la instalación, ubicación y conexión de los componentes en el módulo didáctico (ver tabla 3.1), fue dimensionado considerando los elementos que intervienen el proyecto para satisfacer la aplicación y asegurar un correcto funcionamiento. Para ello se analizaron las dimensiones generales de la tarjeta de simulación y los otros dispositivos.

Además será diseñado de tal manera que se permitirá realizar modificaciones, o de ser necesario corregir o implementar otros elementos en vista de las necesidades y alcances que se requieran para realizar prácticas.

Tabla 3. 1

Elementos del módulo PLC

ELEMENTOS DEL MÓDULO
PLC S7-1200, CPU 1214C, AC/DC/RLY.
Fuente de Poder.
Switch Module.
Tarjeta de control.
Accesorios: Galvanómetro, borneras, breakers, switch, etc.

Nota: Los elementos del módulo fueron escogido con similitud a los del laboratorio de automatismo industrial, para su compatibilidad.

3.2.1.1 Dimensiones de la estructura

Las dimensiones de la estructura son determinadas a partir de las medidas de los equipos y dispositivos a implementarse y la distribución física de los mismos teniendo en cuenta la ergonomía y la estética.

La estructura se construirá de acuerdo a las siguientes medidas en la tabla 3.2.

Tabla 3. 2

Dimensiones de la estructura

Dimensiones	Medida (mm)
Altura	300 mm
Longitud	320 mm
Anchura	320 mm

Nota: Para el diseño de la estructura se evitó usar partes móviles, para prevenir daños.

3.2.1.2 Diseño de la estructura

Por ser un módulo de entrenamiento para prácticas de automatismo, se tomó como principal atributo la ergonomía del diseño y se decidió que el modulo tendrá una forma tipo rampa como se observa en la figura 3.2, ya que dicha forma se ajusta a los requerimientos didácticos.

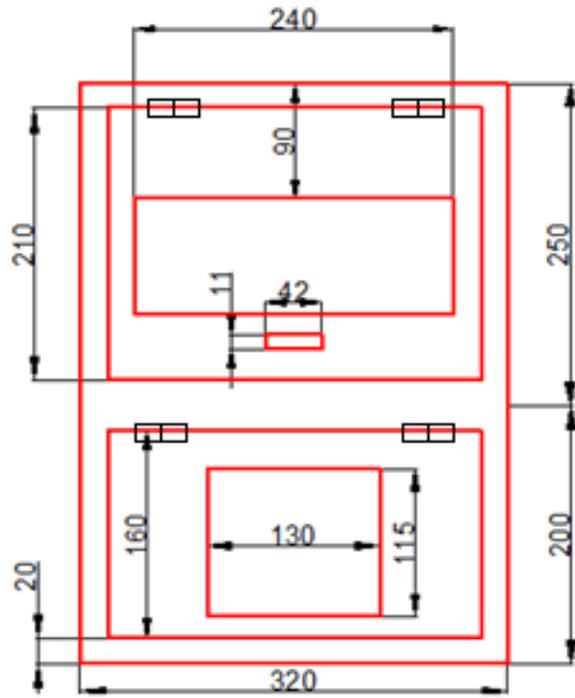


Figura 3. 1 Diseño de la vista frontal de la estructura. Diseño en AutoCAD de la vista frontal del módulo PLC

La parte frontal del módulo como indica la figura 3.1 consta con dos puertas, para la fácil manipulación de los elementos que lo componen. En la puerta superior tiene un visor para poder observar la activación de las entradas y el estado de la salida por medio del galvanómetro.

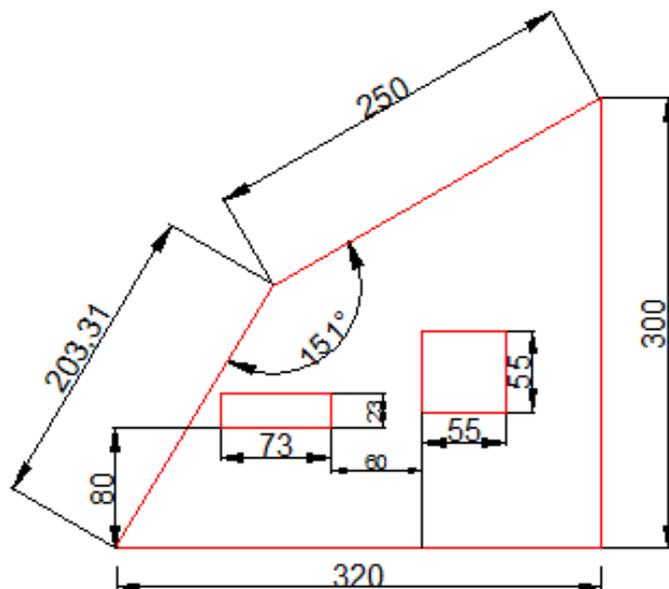


Figura 3. 2 Diseño de la vista lateral derecha. Diseño en AutoCAD de la vista frontal del módulo PLC

En la parte lateral derecha del módulo PLC, está ubicado los puertos para la comunicación Ethernet, y la salida analógica.

En la parte posterior del módulo como se ilustra en la figura 3.3, está el conector para la alimentación del módulo, y también está colocada una puerta para facilitar el montaje e instalación de los componentes, además para facilitar el acceso para localización de fallos o averías.

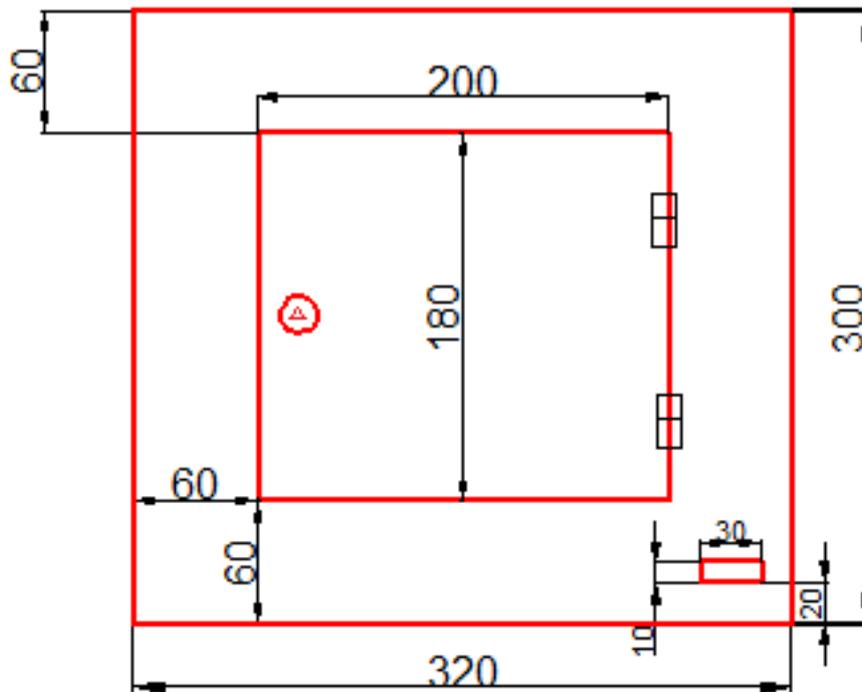


Figura 3. 3 Diseño de la vista posterior de la estructura. Diseño en AutoCAD de la vista posterior del módulo PLC

3.2.2 Implementación

La estructura metálica como se muestra en la figura 3.4 está construido de acero negro, porque presenta una resistencia hacia la oxidación y corrosión, además que nos brindara una superficie lisa. Para el pintado de la estructura se usó un procedimiento llamado pintura al horno, que nos dará un acabado perfecto y muy duradero.

Una vez terminada la estructura se analizó la ubicación de los elementos, el PLC y el voltímetro como elementos principales de visualización están ubicados de tal manera que puedan ser observados a través del visor.



Figura 3. 4 Estructura del módulo vista frontal. Las puertas del módulo se encuentran atornilladas para que se evite su manipulación.

Para la estación de dosificación se utiliza las salidas analógicas del PLC, y como se usaron todos los pines del puerto DB25, se colocaron borneras en la parte lateral (figura 3.5), para obtener las salidas que van hacia el variador de frecuencia.



Figura 3. 5 Estructura del módulo vista lateral. Se muestra los espacios en donde se ubicara el puerto de conexión Ethernet y la salida analógica.

Estos puertos serán de gran utilidad ya que se evitara la manipulación directa del PLC.

Se realizó las perforaciones para las bases del conector de red y para la salida del módulo analógico.



Figura 3. 6 Taladrado para el puerto de comunicación. Se realizó el taladrado para los tornillos del puerto Ethernet.

En la parte posterior esta la ranura para la alimentación del módulo de PLC, que va hacia la fuente de 24V.



Figura 3. 7 Estructura del módulo vista posterior. En la parte posterior tiene una puerta para poder acceder al cableado del PLC

3.2.3 Selección del PLC

Saber elegir el autómata adecuado para cada ocasión es un aspecto fundamental, para que el proyecto tenga excelentes resultados. Se debe conseguir un dimensionamiento correcto para que la aplicación no se quede corto en prestaciones ni que tenga funcionalidades que no serán necesarias para el proyecto.

Para el proyecto se utilizó el controlador lógico programable (PLC) S7-1200, que ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7- 1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.

Puntos que se tuvo a elegir el autómata:

Entradas / Salidas (E/S)

En base a las entradas y salidas, tanto a nivel digital como analógicas que tiene la estación de dosificación se escogió el autómata. Se dimensionó con un margen de seguridad ya que es probable que luego se añadan alguna E/S, ya que es posible que en la puesta en marcha aparezcan entradas y salidas que no estaban previstas.

Capacidad de programa y memoria

Un punto a considerar fue la capacidad de programa y memoria, ya que si el programa es muy extenso, es posible que salte la alarma de que se ha quedado sin memoria o que el programa es demasiado grande.

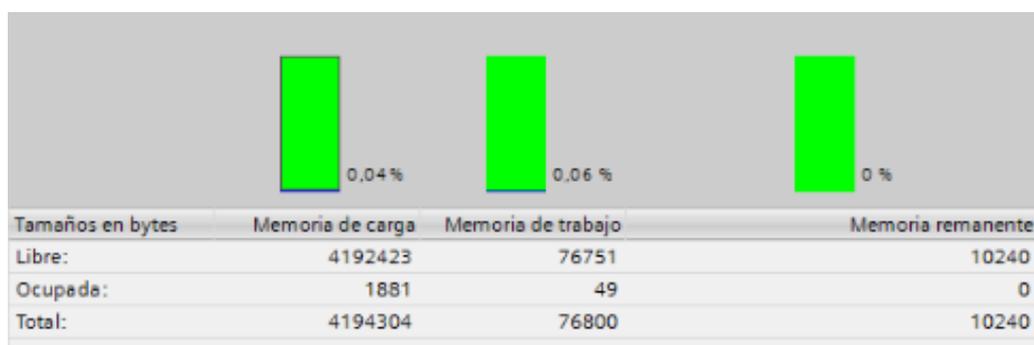


Figura 3. 8 Memoria de programación. En las propiedades del PLC se puede ver la cantidad de memoria para la programación.

3.2.4 Selección del CPU

Los diferentes modelos de CPUs como se observa en la tabla 3.3, ofrecen una gran variedad de funciones y prestaciones que permiten crear soluciones efectivas destinadas a numerosas aplicaciones.

Tabla 3. 3

Características de diferentes modelos de CPUs.

Función	CPU 1212C	CPU 1214C
Dimensiones físicas (mm)	90 x 100 x 75	110 x 100 x 75
<input type="checkbox"/> Memoria de trabajo	2 MB	50 KB
<input type="checkbox"/> Memoria de carga	1 MB	2 MB
<input type="checkbox"/> Memoria remanente	2 KB	2 KB
E/S integradas locales	8 entradas/6 salidas	14 entradas/10 salidas
<input type="checkbox"/> Digitales	2 entradas	2 entradas
<input type="checkbox"/> Analógicas		
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes para entradas (I) y 1024 bytes para salidas (Q)	
Área de marcas (M)	4096 bytes	8192 bytes
Ampliación con módulos de señales	2	8
Signal Board	1	
Módulos de comunicación	3 (ampliación en el lado izquierdo)	
Contadores rápidos	4	6
<input type="checkbox"/> Fase simple	3 a 100 kHz	3 a 100 kHz
		3 a 30 kHz
	1 a 30 kHz	
<input type="checkbox"/> Fase en cuadratura	3 a 80 kHz	3 a 80 kHz
	1 a 20 kHz	3 a 20 kHz
Salidas de impulsos	2	
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)	
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real	Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40 °C	
PROFINET	1 puerto de comunicación Ethernet	
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción	
Velocidad de ejecución booleana	0,1 µs/instrucción	

Nota: En base a la tabla 3.3 el CPU que escogimos fue 1214C que va acorde a nuestras necesidades. Siemens, (2009). Recuperado de <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

El CPU que fue seleccionado es el 1214C AC/DC relé, ya que cuenta con las E/S necesarias. Posee 14 entradas digitales y 10 salidas digitales, y 2 entradas analógicas.

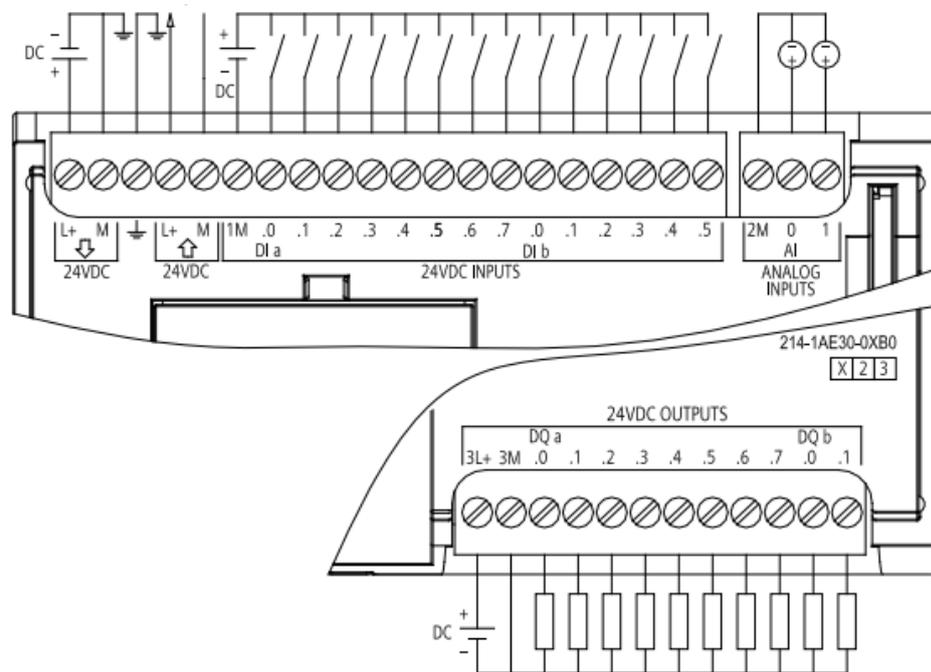


Figura 3. 9 Diagramas del de CPU 1214C AC/DC/RELÉ. Diagrama de cableado del CPU 1214C, se observa las entradas y salidas digitales, y sus entradas analógicas.

Siemens, (2009). Recuperado de

<https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

3.2.5 Montaje e instalación de equipos y dispositivos eléctricos

El montaje del equipo S7-1200 no es nada complicado, ya que son diseñados para ser puesto en un riel DIN (figura 3.9), bien sea horizontal o verticalmente. El tamaño pequeño del S7-1200 permite ahorrar espacio.

Lo que se debe tener en cuenta al momento de montar el equipo, es que se debe alejar los dispositivos S71200 de fuentes de calor, alta tensión e interferencias.

La refrigeración de los dispositivos S71200 se realiza por convección natural. Para la refrigeración correcta es preciso dejar un espacio mínimo de 25 mm por encima y por debajo de los dispositivos. Asimismo, se deben prever como mínimo 25 mm de profundidad entre el frente de los módulos y el interior de la carcasa.



Figura 3. 10 Riel DIN para montaje horizontal. Para el riel de la fuente de 24v se lo realizo diferente a la medida estándar de riel DIN.

Se montaron los equipos a riel horizontal.



Figura 3. 11 Montaje de los equipos en el riel DIN. En el riel se ubica la fuente de 24v, el PLC, y el breaker.

La tarjeta de control como se muestra en la figura 3.12, está montada en la tapa inferior del módulo, su función es simular las entradas y salidas. La tarjeta de control cuenta 12 entradas digitales, seis con pulsantes y seis con switch y 8 leds que representan las salidas digitales, además cuenta con 2 potenciómetros que son las entradas analógicas.

Para la simulación de entradas y salidas del módulo de PLC, se elaboró una tarjeta electrónica que representara elementos como sensores y actuadores de procesos industriales.



Figura 3. 12 Tarjeta de control. La tarjeta de control nos permite simular entradas y salidas.

El galvanómetro está ubicado en la tapa superior del módulo como se observa en la figura 3.13, donde se encuentra un visor para que los estudiantes puedan observar los niveles de voltajes de las entradas y de la salida.



Figura 3. 13 Los elementos del módulo a través del visor. Se puede observar el galvanómetro a través del visor y también la activación de entradas y salidas del PLC.

En la parte lateral derecha del módulo (figura 3.14), se encuentra los puertos para los conectores RJ45 y la bornera para la salida analógica.



Figura 3. 14 Vista lateral derecha del módulo PLC. En la parte lateral se encuentra el puerto para la comunicación del módulo y la bornera para la salida analógica.

3.3 Conexiones del PLC

Para el cableado del PLC se usó un cable #16, la comunicación entre el PLC y la tarjeta de control es por medio del cable DB25.



Figura 3. 15 Cableado del PLC. Para el cableado del PLC se usa un destornillador tipo bornera.

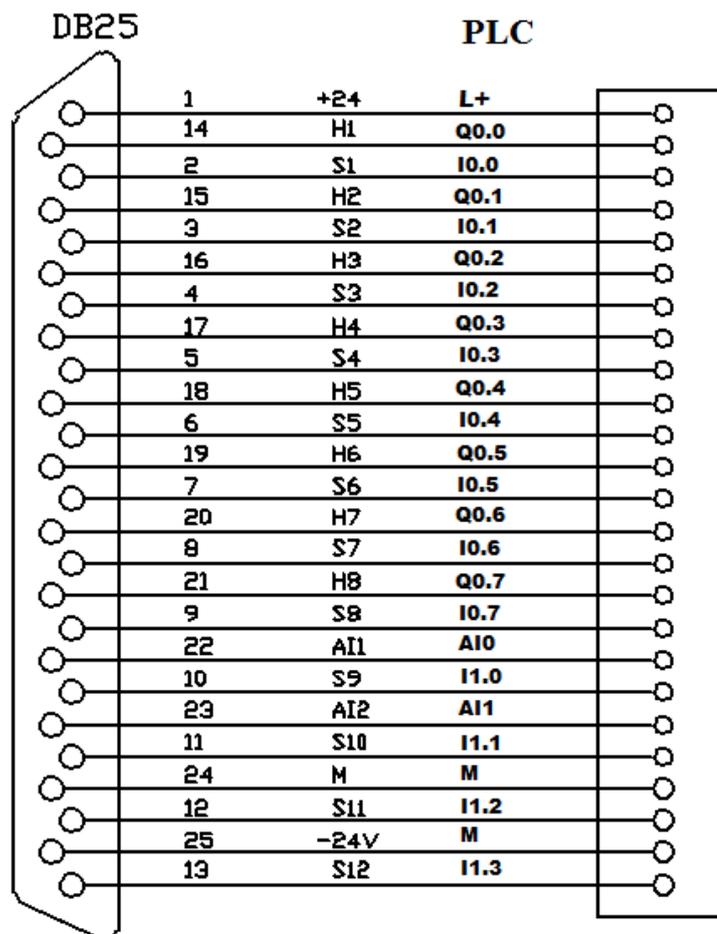


Figura 3. 16 Diagrama de conexiones del PLC. Podemos ver la conexión de los pines del cable DB25 hacia las direcciones del PLC.

El cableado se lo realizó como se muestra en el diagrama de conexiones de la figura 3.16.



Figura 3. 17 Conexiones del PLC. Para la identificación de las direcciones se colocan marquillas enumeradas.

3.4 Diseño e implementación del módulo de dosificación

El modelo que se plantea para la base del módulo es como se muestra en la figura 3.18. Las placas laterales y la placa posterior de la base son desmontables, con el fin de facilitar el montaje e instalación de los componentes, además para facilitar la localización de fallos en los componentes.

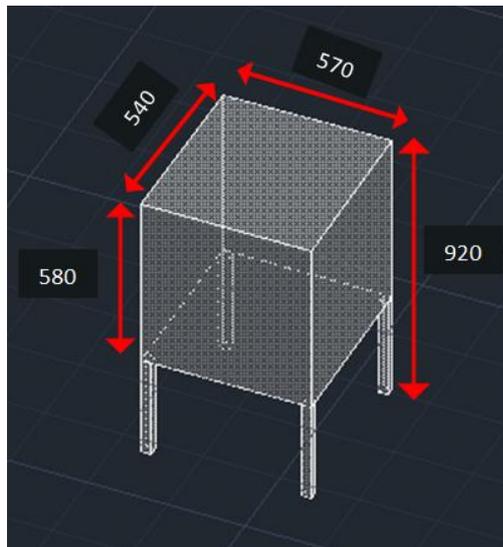


Figura 3. 18 Diseño de la base de dosificación. Diseño en AutoCAD de la base de la estructura de dosificación.



Figura 3. 19 Base de la estructura. La tolva de dosificación está soldada a la base de la estructura.

Para acoplar el codificador rotatorio al motor se colocaron unas bases para dejarlo al mismo nivel.



Figura 3. 20 Base para el codificador rotatorio. Se colocan las bases para el codificador rotatorio que va acoplado al motor.

El material de la estructura es de hierro a excepción de la puerta que es de material galvanizado (ver figura 3.21).



Figura 3. 21 Estructura del módulo de dosificación. Dentro de la estructura están ubicados los actuadores, relés, breaker, etc.

Se realizó las perforaciones para los respectivos pulsadores y luces indicadoras, el paro general se colocó en la superficie de la estructura como precaución para tener un mejor acceso ante cualquier emergencia.



Figura 3. 22 Ubicación para el panel de operación. Se ubicó la posición de los elementos para el panel de operación.

Para el panel de operación se tiene 2 pulsante NO que representa la marcha y el reset, un pulsante NC para el paro, un selector de 3 posiciones, un pulsante tipo hongo para el paro de emergencia, y 4 luces indicadoras.



Figura 3. 23 Panel de operación. Panel de operación del módulo de dosificación, donde están los pulsantes de paro, marcha, reset.

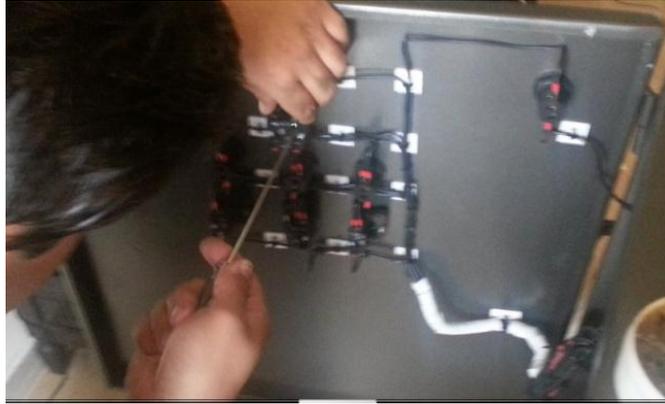


Figura 3. 24 Cableado de panel de operación. Se utilizaron bases adhesivas y amarras para mejorar la estética del cableado

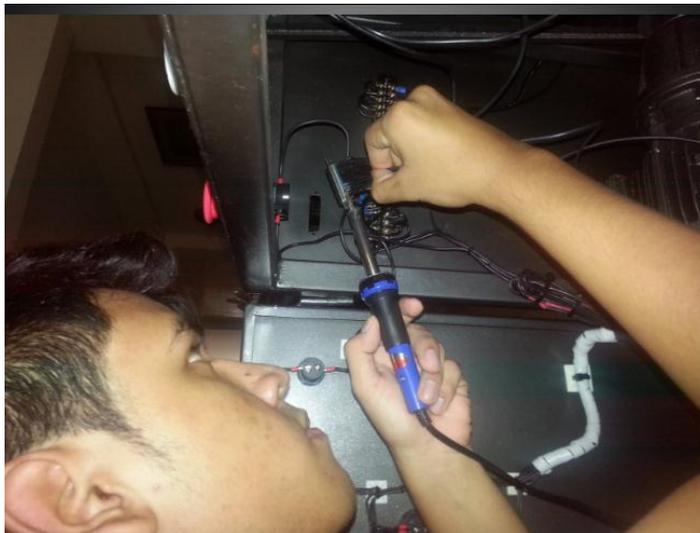


Figura 3. 25 Soldadura en los pines db25. Se soldó los elementos en sus respectivas direcciones hacia los pines del DB25.

3.4.1 Tolva

Es un dispositivo similar a un embudo de gran tamaño destinado al depósito y canalización de materiales granulares o pulverizados, entre otros. Generalmente es de forma cónica y siempre es de paredes inclinadas como las de un gran cono, de tal forma que la carga se efectúa por la parte superior y forma un cono, la descarga se realiza por una compuerta inferior. Para el módulo escogimos la forma de un cono truncado como se muestra en la figura 3.27 y el material utilizado de hierro.



Figura 3. 26 Tolva de dosificación. Tolva de dosificación en forma de cono truncado

3.4.2 Banda transportadora

Es un sistema de transporte continuo formado básicamente por una banda continua que se mueve entre dos rodillos. La banda es arrastrada por la fricción por uno de los rodillos, que a su vez es accionado por un motor.

La banda transportadora se usa principalmente para transportar materiales granulados, agrícolas e industriales, tales como cereales, carbón, minerales, etc.

Las dimensiones a utilizarse son:

Tabla 3. 4

Dimensiones de la banda

Dimensiones	Medida (cm)
Altura	4 cm
Longitud	43 cm
Anchura	10 cm

Nota: El material de los rodillos es nylon y el de la banda felpa.

La velocidad de la banda transportadora será constante y estará operando a una frecuencia de 20 Hz.



Figura 3. 27 Ajuste de los rodillos. Se ajusta con una llave allen los rodillos, para que queden fijos en la chumacera.



Figura 3. 28 Banda transportadora del módulo. Se deja la banda templada para que no existan rodamientos del recipiente.

3.4.3 Tornillo sin fin

El tornillo sin fin está colocado dentro de la tolva, consiste en un mecanismo que tiene cuatro dientes de rosca, su función consiste en llevar el material ingresado en la tolva hasta la salida de la misma. La longitud del tornillo sin fin es de 15 cm y cada vez que este da una vuelta completa, el engranaje avanza un diente.



Figura 3. 29 Tornillo sin fin. Cuando el tornillo sin fin empiece a girar el producto que este dentro de la tolva empezará a salir.

3.4.4 Sensores

En el módulo de dosificación se encuentra dos sensores, uno inductivo y el otro capacitivo.

La vuelta completa del codificador rotativo es sensado por el sensor inductivo ubicado en la parte lateral de la tolva. Este sensor es de la marca HANYOUNG NUX y posee 9 mm de diámetro, como se muestra en la figura 3.19. El sensor de proximidad es de tipo PNP, la distancia máxima para la detección es de 1.5 mm.



Figura 3. 30 Sensor inductivo. La función del sensor inductivo es el reseteo al codificador rotatorio.

Para la detección del recipiente usamos un sensor de proximidad capacitivo de la marca HANYOUNG NUX de 30 mm de diámetro, que está ubicado debajo de la salida de la tolva como se muestra en la figura 3.20. El sensor de proximidad es de tipo PNP, la distancia máxima para la detección es de 15 mm.

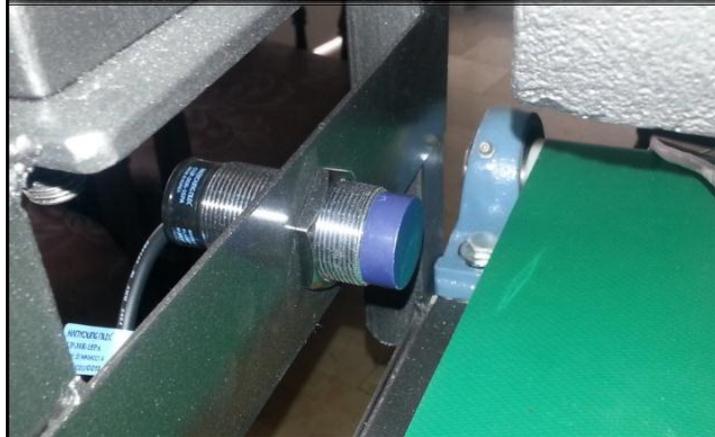


Figura 3. 31 Sensor capacitivo. La función del sensor capacitivo es la detección del recipiente.

3.4.5 Codificador rotatorio

El codificador que utilizamos para el proyecto, es un codificador fabricado por la empresa HANYOUNG NUX y que responde a la referencia HE50B, el cual es un encoder óptico incremental, como se muestra en la figura 3.21.



Figura 3. 32 Encoder incremental acoplado al motor. El codificador rotatorio nos indica el número de giros que se está realizando.

Este dispositivo entrega 1024 pulsos por vuelta y puede trabajar a una velocidad máxima de hasta 5000 RPM, tiene una frecuencia de respuesta de 300 KHz. Posee 3

terminales de salida, los cuales están representados en diferentes colores de cables, tres de ellos corresponden a las salidas de pulsos A, B y Z de color negro, blanco, naranja respectivamente, dos de las líneas de alimentación de los cuales corresponde a la entrada de alimentación que puede ir de 12 VDC a 24 VDC de color café y la otra de 0 V de color azul, y el último es de conexión de tierra general GND de color plateado, en la tabla 3.6 se puede observar los datos del codificador.

Tabla 3. 5

Datos del codificador rotatorio

Tipo	Incremental
Pulsos por Revolución	1024 PPR
Fases de Salida	A, B, Z
Tipo de Salida	Tótem Pole
Alimentación	12-24VDC
Diámetro eje	8mm

Nota: Esto son los parámetros del codificador rotatorio.

3.4.6 Motor

En el módulo de dosificación se encuentra 2 motores trifásicos. Uno es para la dosificación y el otro corresponde a la banda transportadora. Este motor fue seleccionado gracias a su gran aplicación dentro de la industria, su robustez, escaso mantenimiento, y por su tipo de alimentación.

Para mover el tornillo sin fin utilizamos un motor trifásico de 0.25 HP a 220V como se muestra en la figura 3.22, el cual es controlado por un variador de frecuencia para que trabaje en forma intermitente, según sea la dosificación deseada.

Datos de la placa:

- Potencia nominal: 0.25 HP
- Voltaje nominal: 210V
- Corriente nominal: 2.07
- Velocidad nominal: 1630 RPM
- Frecuencia: 60 Hz



Figura 3. 33 Motor para la dosificación. Este motor se encuentra acoplado a un motor reductor para disminuir la velocidad del tornillo sin fin.

El motor para accionar la banda transportadora es de 0.10 HP a 220v como se muestra en la figura 3.35. Se utiliza un variador de frecuencia para darle una velocidad constante.



Figura 3. 34 Motor para la banda transportadora. Al igual que el motor de dosificación este va acoplado a un motor reductor para disminuir la velocidad de la banda transportadora.

Toda máquina cuyo movimiento sea generado por un motor necesita que la velocidad de dicho motor se adapte a la velocidad necesaria para el buen funcionamiento de la máquina, es por eso el uso de un motor reductor.

3.4.7 Variador de frecuencia

Debido a que la dosificación de productos a granel no es constante, ya que va a depender de la señal emitida por el codificador rotatorio que va a ser proporcional al número de vueltas, esto quiere decir que la cantidad de granos que se deben dosificar va a depender de la velocidad del motor y del tornillo sin fin, dado que la velocidad de los mismos van a variar continuamente se utilizó variadores de frecuencia para controlar el sistema.

Para el control de la dosificación de productos a granel, se seleccionó un variador de frecuencia de la familia SIEMENS como se muestra en la figura 3.24, ya que este se ajusta a las características técnicas del motor reductor que utilizamos para el movimiento del transportador de tornillo sin fin.



Figura 3. 35 Variador de frecuencia para dosificación. Este es un variador de frecuencia de la marca siemens.

3.5 Sistema de dosificación

Este es uno de los métodos más sencillos y más antiguos para dosificación de materiales a granos. El material es colocado en el cuerpo del tornillo sin fin, y cuando este empiece a girar el producto se moverá a lo largo en un suave movimiento en espiral por la rotación del tornillo.



Figura 3.36 Módulo de dosificación. En este módulo los estudiantes podrán realizar prácticas de dosificación de granos.

3.6 Esquema eléctrico

El esquema eléctrico muestra las conexiones que se realizó para la estación de dosificación.

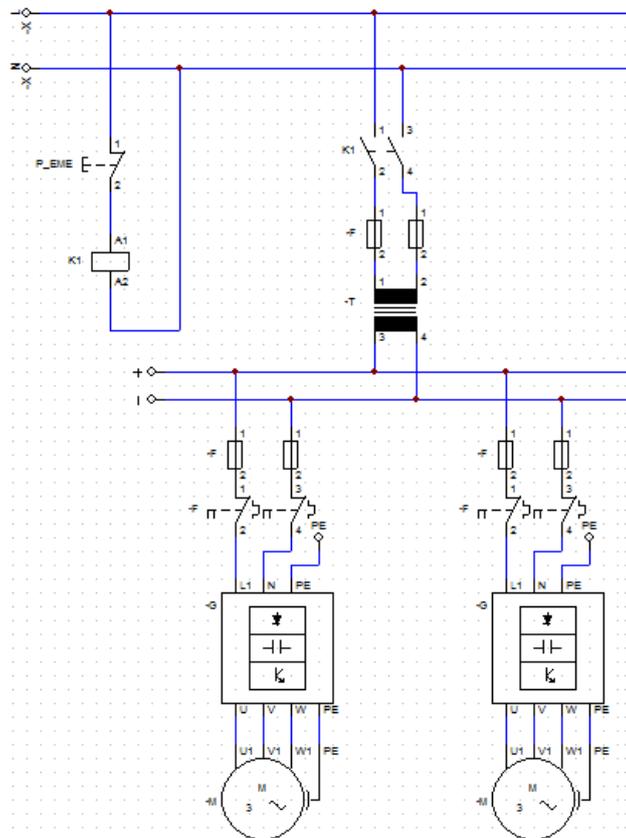


Figura 3. 37 Diagrama eléctrico. Se usó un transformador de 110v a 220v.

3.7 Direcciones asignadas

Tabla 3. 6

Direcciones de la estación de dosificación.

Dirección	Descripción
I0.0	Señal A del encoder
I0.1	Señal B del encoder
I0.3	Sensor Capacitivo
I0.4	Marcha
I0.5	Paro
I0.6	Reset
I0.7	Manual
I1.0	Automático
I1.3	Sensor Inductivo
Q0.0	Led de marcha
Q0.1	Led de paro
Q0.2	Led de reset
Q0.5	Banda transportadora
Q0.6	Motor dosificador

Nota: El paro de emergencia no tiene ninguna dirección ya que su conexión es eléctrica

CAPÍTULO IV

PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO

4.1 Software TIA PORTAL

Para la programación del proyecto se usó el software TIA PORTAL (Totally Integrated Automation), ya que es un proyecto de software único para todas las tareas de automatización. Este es un innovador sistema de ingeniería que permite configurar de forma intuitiva y eficiente todos los procesos de automatización.

Conveniente por su funcionalidad probada y por ofrecer un entorno de ingeniería unificado para todas las tareas de control, visualización y accionamiento.



Figura 4. 1 Software TIA PORTAL. Este fue el software usado para la programación del proyecto. Siemens, (2009). Recuperado de https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/eventos/TIAPortalcompeticion/competicion_tia_escuelas/IAdirectrices/Pages/Default.aspx

4.1.1 Lenguaje de programación Ladder.

Hay diferentes tipos de lenguaje de programación de un PLC, el que fue usado para el proyecto es el tipo de programación en escalera o ladder, también denominado lenguaje de contactos o en escalera.

Este es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. Mediante símbolos se representa contactos, bobinas, etc. Sus símbolos

básicos están normalizados según el estándar IEC y son empleados por todos los fabricantes.

De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje.

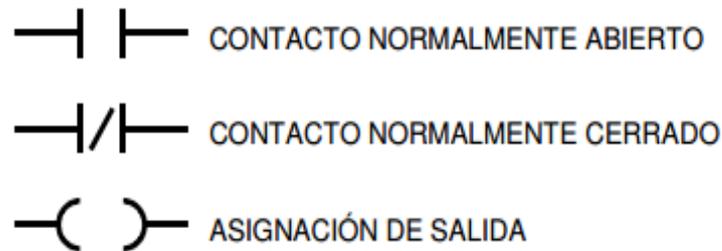


Figura 4. 2 Simbología de lenguaje ladder. Simbología de contactos y relé en lenguaje ladder. Recuperado de <http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/Diagrama%20Escalera.pdf>

4.2 Creación del proyecto en el software TIA PORTAL

El programa que realizaremos constará con 2 modos, con el selector en posición automática será un control local para realizar una dosificación con un valor de peso fijado en la programación y cuando el selector este en posición manual será un control remoto utilizando la pantalla virtual del HMI en donde se podrá ingresar el valor de peso deseado y el número de tandas a realizarse. El sistema constara con un botón de marcha y paro del proceso con su respectiva luz piloto, en caso de que se presione el botón de paro el sistema quedara en stop con su luz indicadora hasta que se presione el botón de reset y se termine todo el proceso. En caso de que se cambie de posición el selector sin que termine el proceso en el que se encuentre el sistema, se pondrá en stop hasta que se presione reset.

Antes de empezar la programación debemos conocer la relación de vuelta-peso, para eso debemos girar manualmente el tornillo sin fin de tal manera que dé una vuelta completa y los datos se deben registrar en la dirección ID1000 que corresponde a la señal A del encoder, para esto debemos tener habilitado el contador rápido “HSC1”.

Se determinó que una vuelta completa del tornillo sin fin genera 41663 pulsos, a continuación se debe realizar un programa sencillo para que el tornillo de una vuelta

completa con el producto introducido en la tolva, para determinar la cantidad de peso dosificado.

Una vez haya terminado el proceso pesamos la cantidad que arrojó la tolva en una vuelta, la cantidad que fue dosificada para granos de garbanzo fue un promedio de 39g. Con este resultado podemos sacar la siguiente tabla con la relación vuelta-peso.

Tabla 4. 1

Tabla de relación vuelta-peso.

Vuelta	Peso [g]	Nº Pulsos
1	39	41663
2	78	83326
3	117	124989
4	156	166652
5	195	208315

Nota: En base a esta relación se realizará la dosificación

Para la creación del proyecto, seguiremos los siguientes pasos:

Ir al menú Inicio e iniciar la aplicación TIA PORTAL.

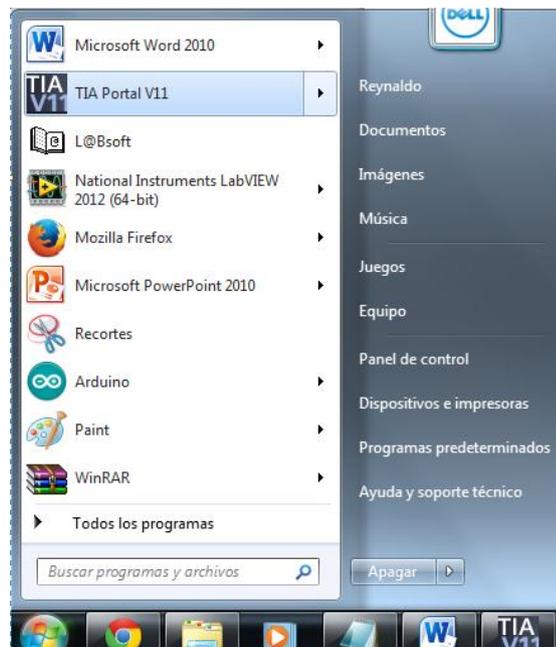


Figura 4. 3 Inicialización de software TIA PORTAL. Damos click en el icono del software para iniciar.

A continuación se abre se abre una vista del portal. Se pone en “crear proyecto”, luego en la ventana que aparece tiene las opciones de agregar nombre, una ruta, autor y agregar comentarios. En este caso lo nombraremos “proyecto de titulación” y luego apretamos el botón crear.

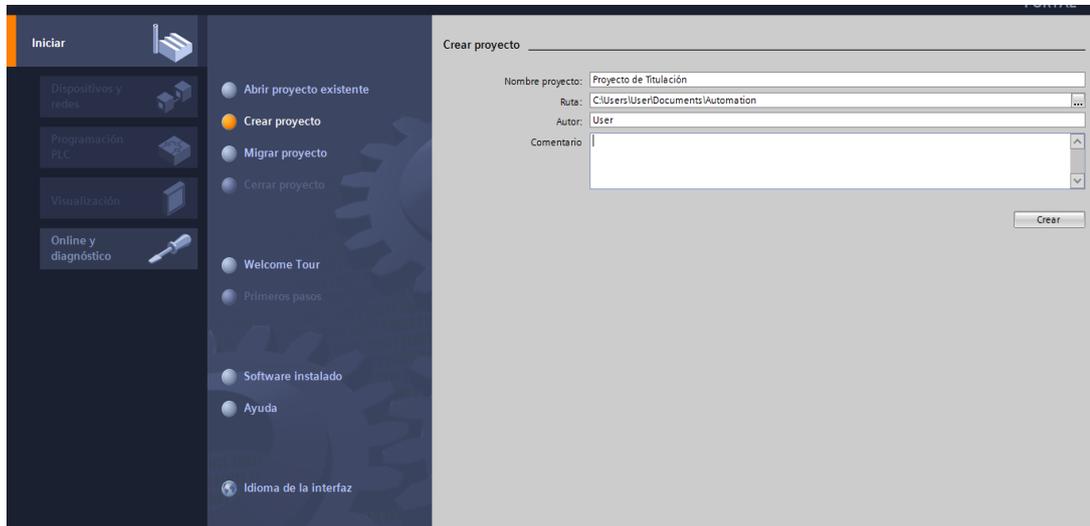


Figura 4. 4 Vista portal del TIA. En la ventana que aparece se llena los datos, como el nombre del proyecto.

El siguiente paso se nos presentara un ventana e iremos a dispositivos y redes, le daremos click a la opción de “configurar un dispositivo”.

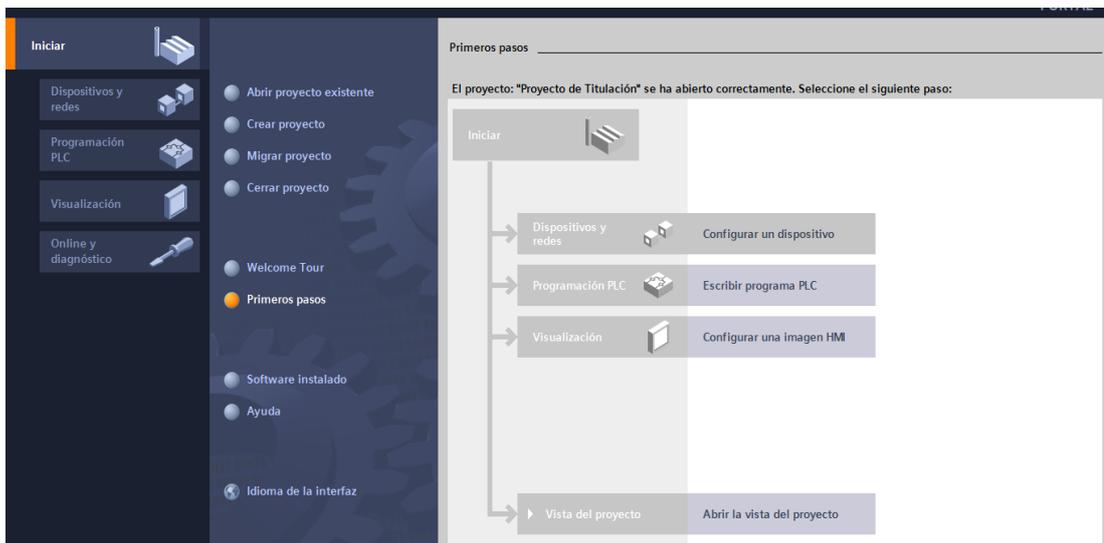


Figura 4. 5 Configurar dispositivo. En la ventana de primeros paso daremos click a configurar dispositivo.

En la siguiente ventana escogemos la opción agregar dispositivos, y a continuación en la ventana derecha nos aparece un listado de CPU del PLC, y buscamos el 1214C AC/DC/Relay y agregamos el modelo que tenemos y también la versión de firmware que disponemos.

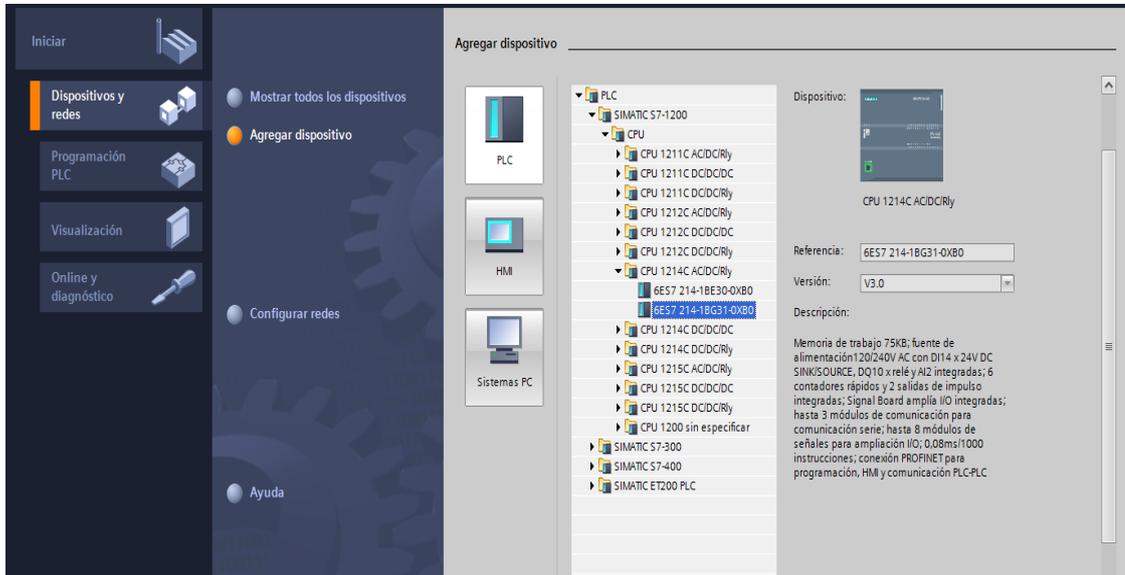


Figura 4. 6 Selección del CPU. En esta ventana escogeremos el CPU que disponemos y la versión.

Luego nos aparece una ventana principal con el dispositivo que hemos agregado, y en la ventana de catálogo de hardware agregamos la signal board que tengamos.

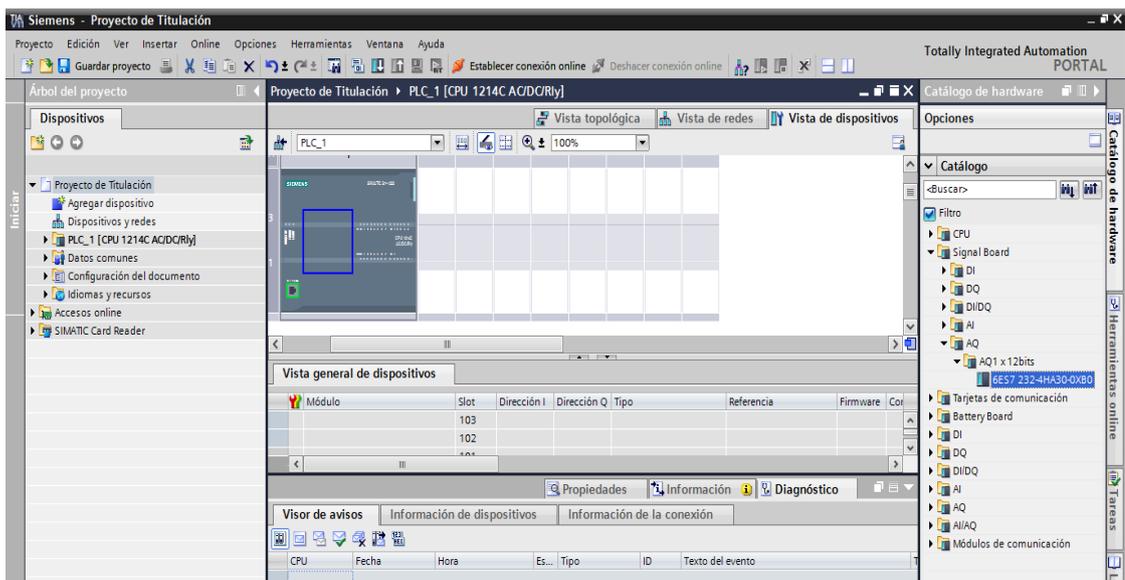


Figura 4. 7 Vista principal del proyecto. En esta ventana podremos ver el dispositivo que seleccionamos y en la ventana de catálogo se añade el modulo analógico.

En la ventana de árbol de proyecto abrimos la carpeta PLC, y buscamos la carpeta bloques de programa, dentro de esta carpeta se encuentra el main que es donde empezaremos a programar.

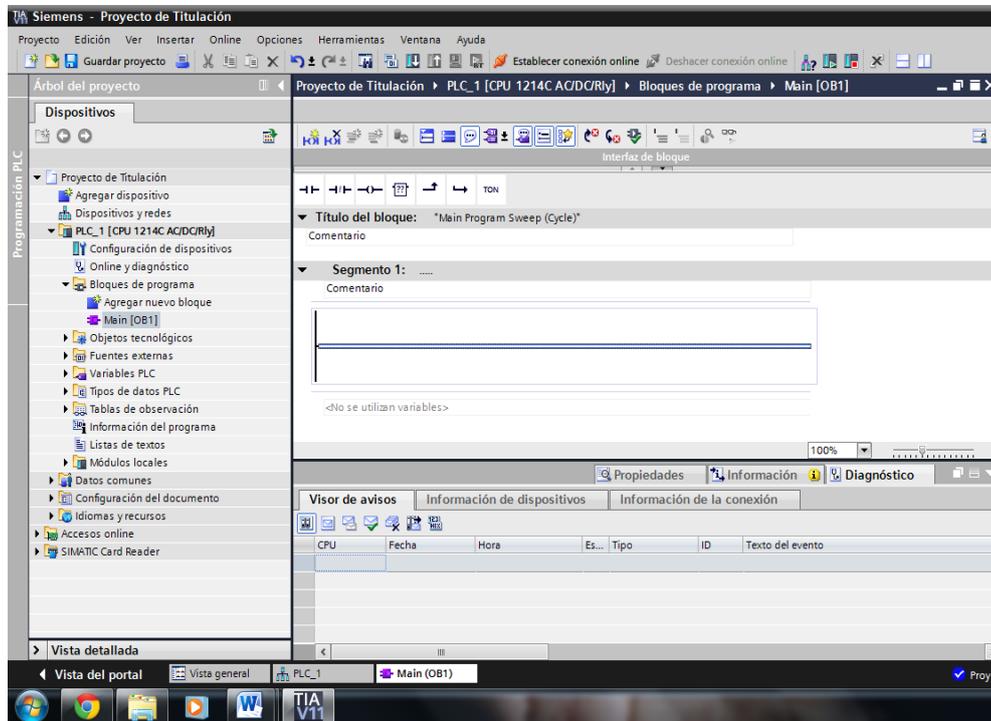


Figura 4. 8 Bloque Main. En este bloque es donde va la programación principal.

4.3 Bloques de programa

El programa se escribe en los denominados bloques de organización “Main [OB1]”. En el caso de tareas de control amplias, se subdivide el programa en bloques de programa más pequeños, abarcables y ordenados por funciones.

Estos bloques son llamados desde los bloques de organización. Al llegar al fin de bloque se vuelve a saltar al bloque de organización que llama.

Como el programa que vamos a realizar es un poco extenso usaremos bloques de programa para reducir la memoria de programación y el programa se nos pueda compilar y cargar rápido al equipo.

Además que trabajar de esta manera permite realizar cambios sin mayores modificaciones y también se puede localizar errores de manera rápida.

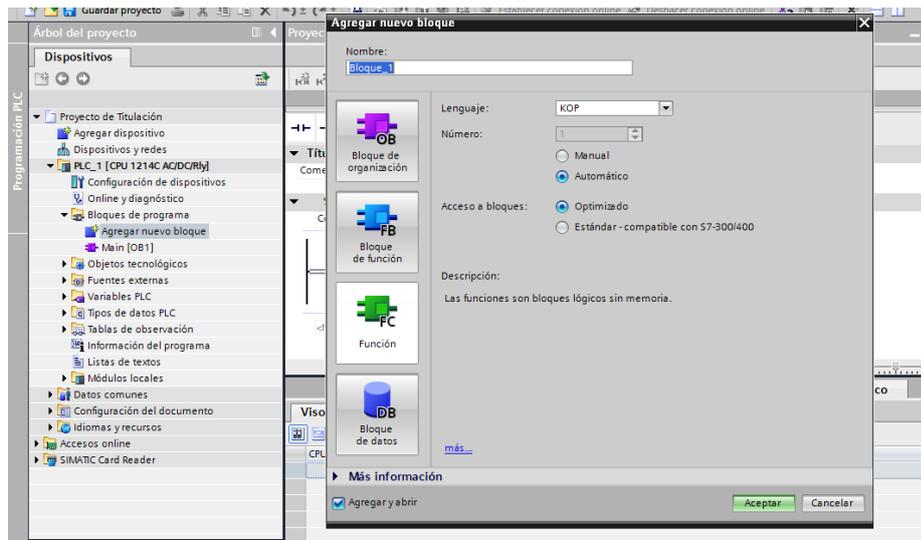


Figura 4. 9 Agregar nuevo bloque. En el arbol de proyecto se puede agregar un nuevo bloque sea de de organización, función o de datos.

El primer bloque que utilizaremos sera el bloque de datos, que sirven para almacenar datos de usuario. Lo nombraremos “Datos_Memorizados”, en las opciones pondremos tipo de dato global ya que almacenara datos y podremos llamarlos desde lo demás bloques.

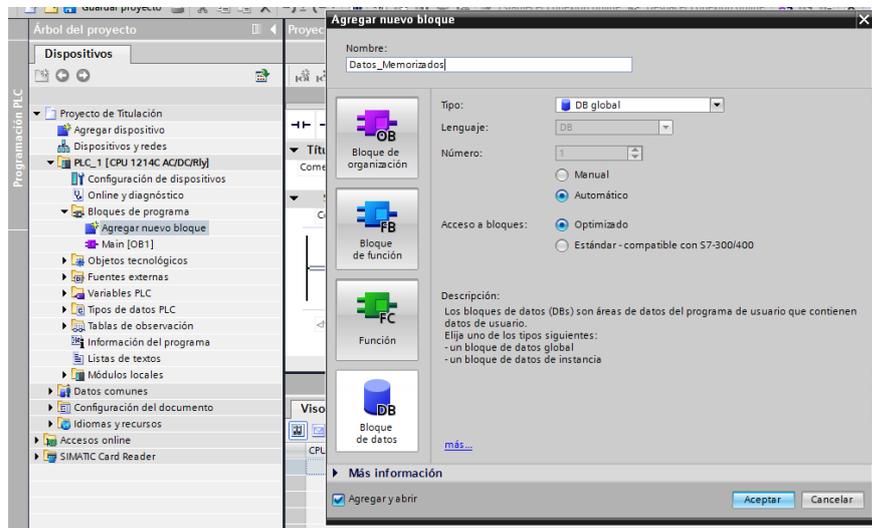


Figura 4. 10 Bloque de datos. En el bloque de datos podemos almacenar datos de usuarios para poder llamarlos.

En el bloque de datos memorizados colocaremos las variables que necesitaremos llamar, estas variables no tienen direcciones.

	Nombre	Tipo de datos	Valor de arranqu	Remanen...	Visible en ..	Comentario
1	<OB> ▼ Static					
2	<OB> ■ Paro	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	<OB> ■ Reset	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	<OB> ■ Manual	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	<OB> ■ Automatico	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	<OB> ■ Bloqueo_1	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	<OB> ■ Bloqueo_2	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	■ <agregar>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figura 4. 11 Variables de datos memorizados. En este bloque de datos se encuentran datos almacenados listos para ser llamados.

Agregaremos un nuevo bloque de función, en este bloque programaremos el paro y reset de la máquina. Una función contiene un programa que se ejecuta cada vez que la función es llamada por otro bloque lógico.

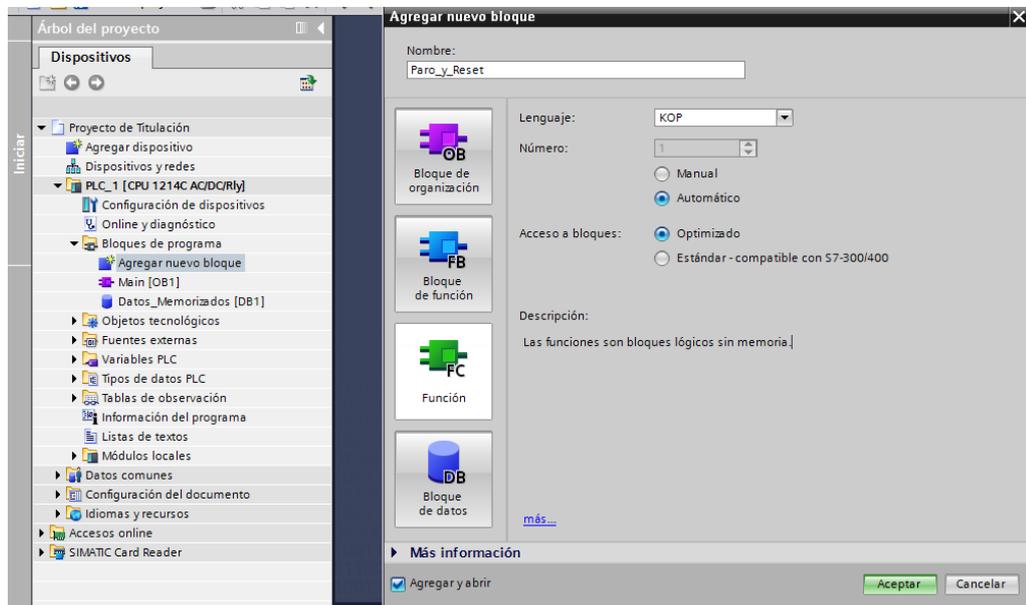


Figura 4. 12 Bloque de función paro y reset. Creamos un nuevo bloque de función y lo nombramos “paro y reset”.

Desde el bloque principal podemos llamar a este bloque de función lógica.

En el segmento 1 programamos el paro y reset del programa, cuando pulsemos el botón de paro el sistema quedara en stop y no se podrá volver en marcha hasta que se pulse reset.

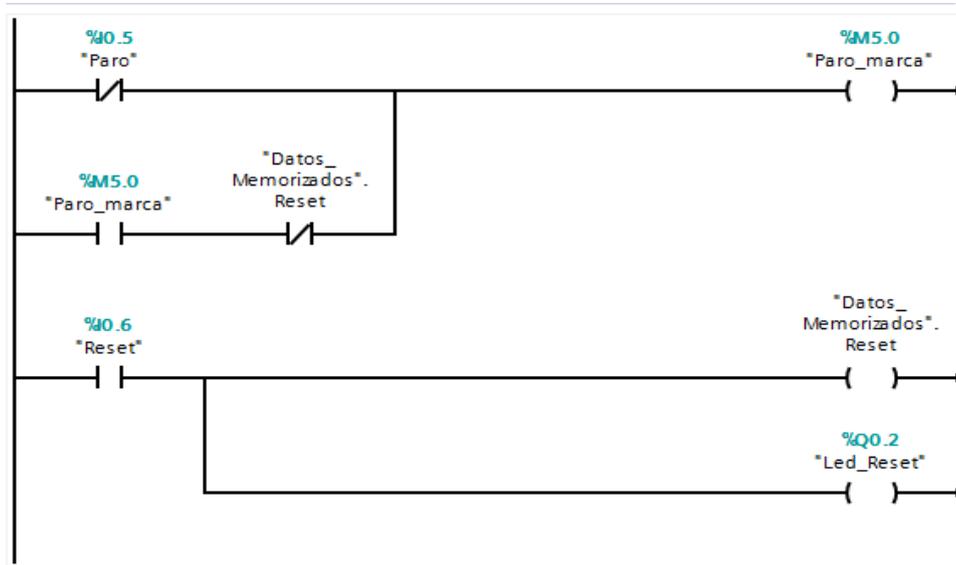


Figura 4. 13 Segmento del paro y reset. En este segmento está programado el paro y reset del sistema, se usó marcas y datos de bloque.

En el segmento 2 haremos el programa para los bloqueos, en caso de que el sistema aun esté en marcha y pase de manual a automático o viceversa, el proceso se quedara en stop hasta que se pulse reset.

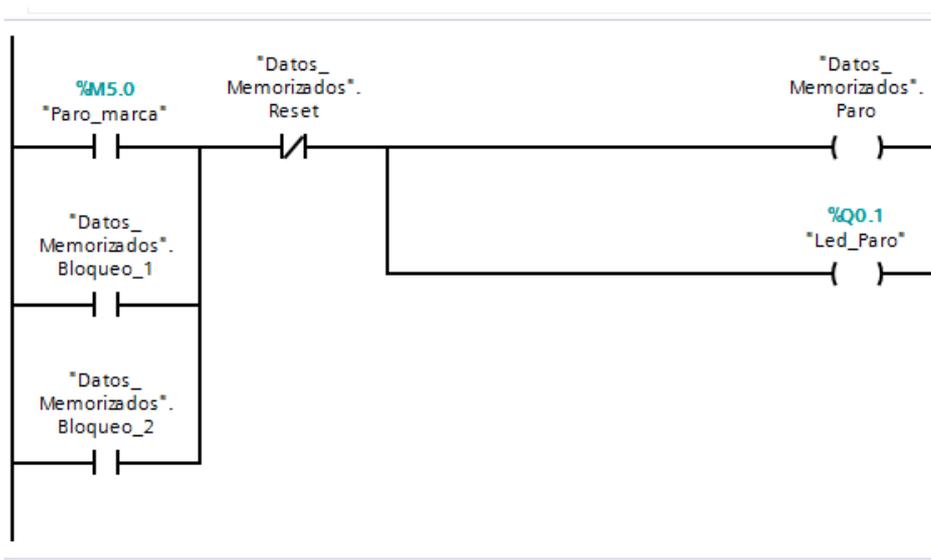


Figura 4. 14 Segmento bloqueo. En este segmento es de precaución para que no se activen los 2 modos al mismo tiempo.

Se crea un nuevo bloque de función, y se programa para la selección de manual y automático.

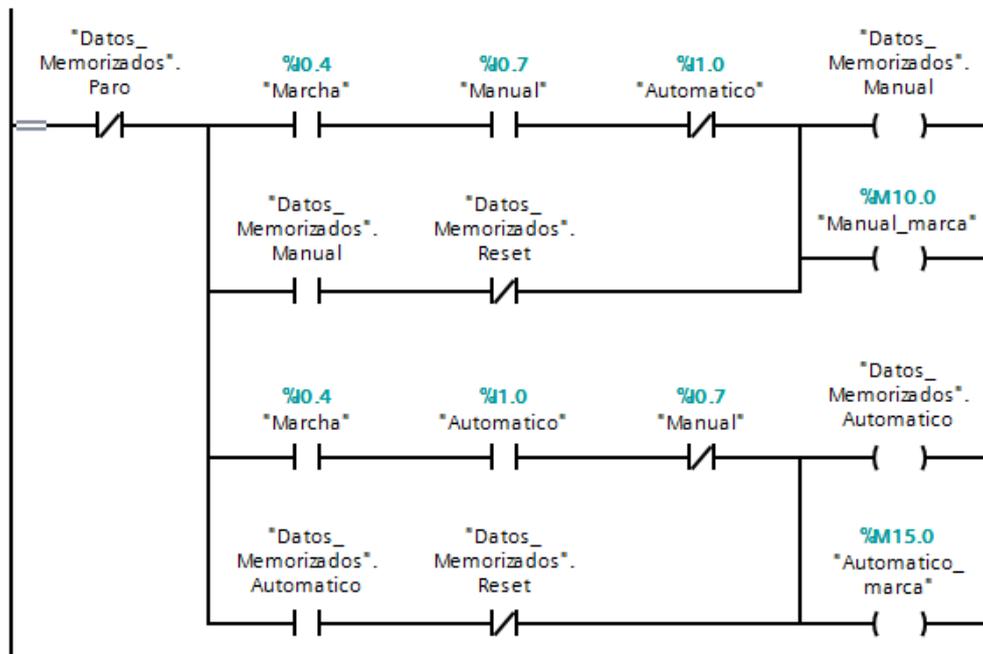


Figura 4. 15 Segmento manual – automático. En este segmento se activa el modo manual o automático

El bloqueo 1 se activa cuando está en automático y se intenta cambiar a marcha, el bloqueo 2 cuando se está en manual y se intenta cambiar a automático.



Figura 4. 16 Segmento condición de bloqueo. Segmento de bloqueo, cuando se active uno de los 2 relés el sistema se quedara en stop.

Cuando el selector este en posición 2 se seleccionara el modo automático que funciona como un control local. Cuando se pulse marcha la banda comenzará a desplazarse hasta que el recipiente se detectado por el sensor, cuando esto sucede se detiene la banda y comienza el proceso de dosificación en un valor fijado en la programación, cuando termine la dosificación la banda se activa nuevamente y llevara el recipiente al final de la banda para ser pesado y comprobar la dosificación, este proceso se repite hasta que se presione paro.

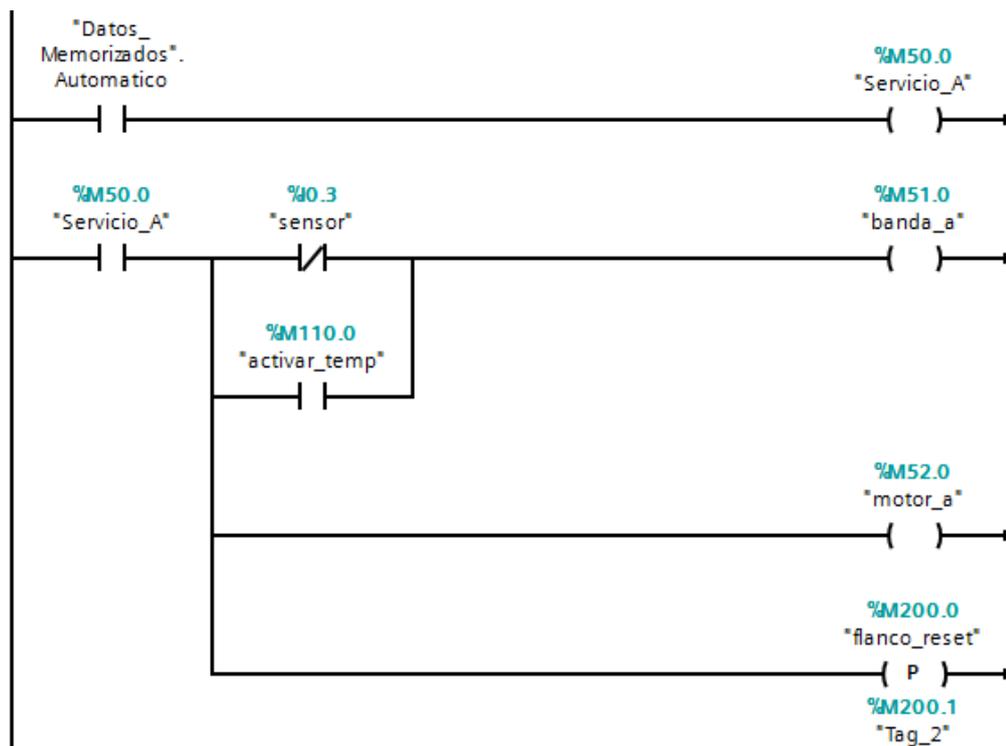


Figura 4. 17 Modo control local. Al poner el selector en posición 2 se activará el modo local.

Cuando el sensor detecte el recipiente activará el bloque de instrucción PID y comenzará la dosificación

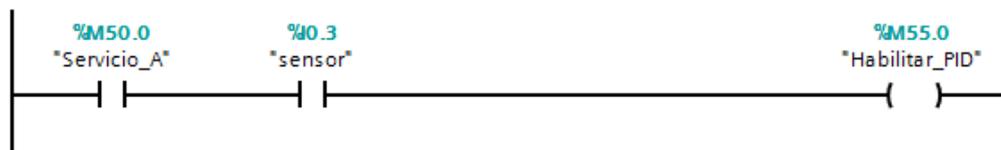


Figura 4. 18 Habilitar PID modo local. Al activarse el relé se habilitara el bloque PID.

Una vez dosificado el producto después de un corto tiempo se seteara los valores del HSC

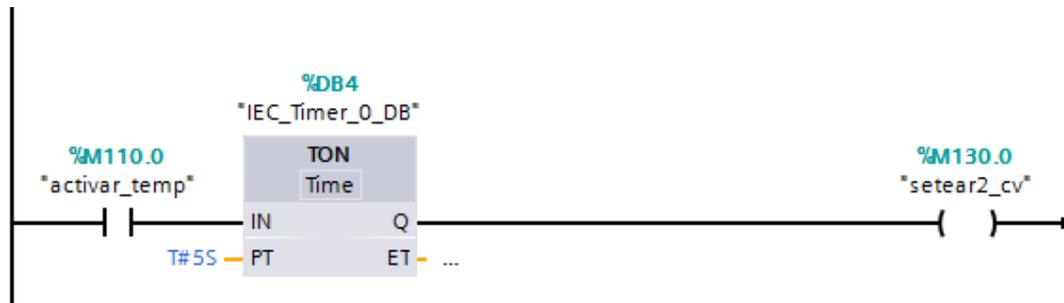


Figura 4. 19 Seteo del contador remoto. Se debe de reiniciar los valores del encoder para poder empezar una nueva dosificación de productos.

Cuando el selector este en la posición manual, se activará el modo manual, que es un control remoto en donde solo se podrá controlar desde la simulación del HMI virtual. En la pantalla del HMI esta los botones y luces pilotos del panel de control, además de poder ingresar el dato de peso deseado y la cantidad de tandas.

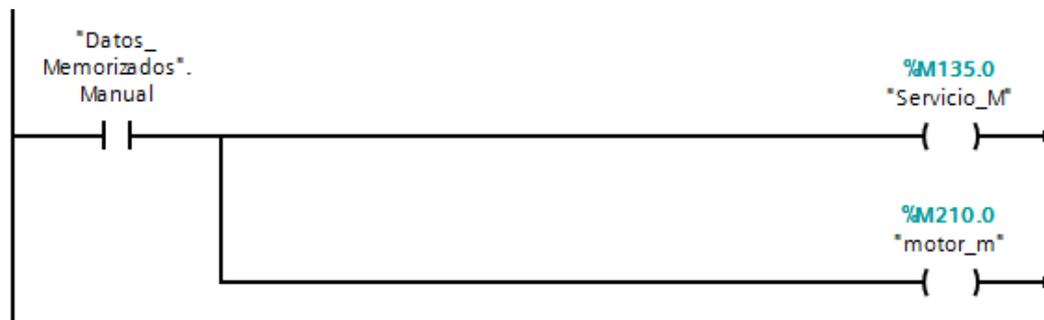


Figura 4. 20 Modo control remoto. Al poner el selector en posición manual se activará el modo remoto.

Cuando se dé marcha desde la simulación virtual del HMI, se encenderá la banda y realizara el mismo proceso del modo local. En el modo remoto se puede ingresar el valor del peso a ser dosificado y el número de tandas que desea realizar, una vez terminado las tandas el proceso terminara.

Además de poder ingresar los valores de dosificación se puede observar la curva de regulación a través de un visor de curvas en la pantalla de simulación del HMI.

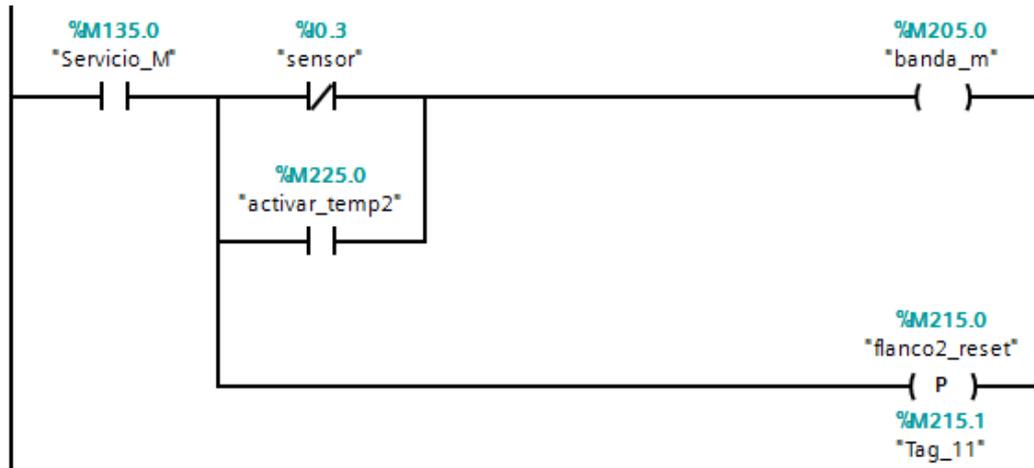


Figura 4. 21 Encendido de la banda modo remoto. Al dar marcha se enciende la banda y se resetea los valores del encoder.

Cuando el sensor detecte el recipiente activará el bloque de instrucción PID y comenzará la dosificación.

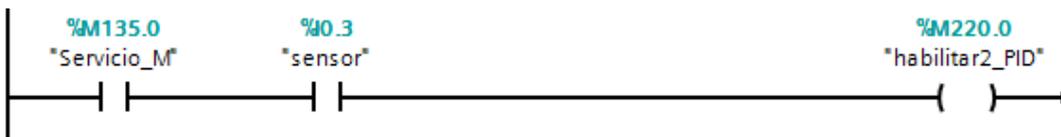


Figura 4. 22 Habilitar PID modo local. Al activarse el relé se habilitara el bloque PID.

En este segmento es para detener el proceso una vez cumplida la condición de número de tanda del operador.

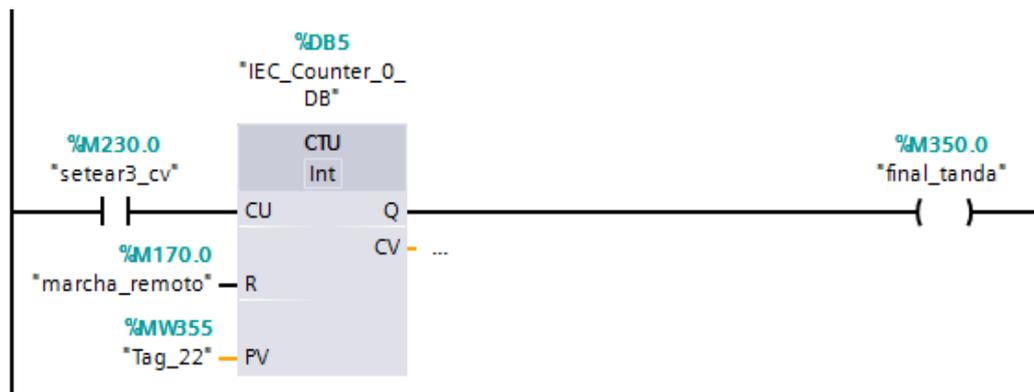


Figura 4. 23 Bloque de conteo. Este bloque sirve para detener el proceso una vez cumplido el número de tandas propuesto.

Luego en el bloque principal podemos llamar los bloques de funciones, solo arrastramos el bloque de función al main.



Figura 4. 24 Main principal. Se llaman a los bloques de funciones “paro y reset” y “manual-automático”, ”S_Automatico”, ”S_Manual”.

4.4 Configurar contadores rápidos “HSC”

Para el proyecto es necesario conocer el número de giros que está realizando el tornillo sin fin, para eso usamos un codificador rotatorio que contara 1024 pulsos cada que el realice un giro completo.

Para el contaje de los pulsos, se deben realizar mediante las instrucciones adecuadas y en este caso las instrucciones que deben tenerse en cuenta son las de lectura rápida, como el bloque de contadores rápidos “CTRL_HSC”.

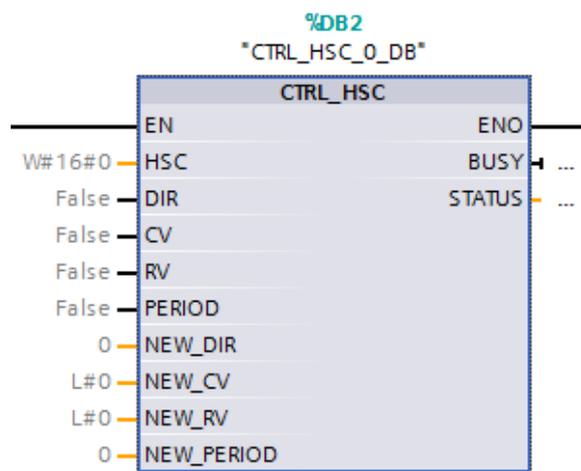


Figura 4. 25 Bloque del contador rápido. Bloque de contadores rápidos “CTRL_HSC_0_DB”

Se dispone de 6 contadores rápidos pero por defecto no se encuentran habilitados, así que para habilitarlos daremos click derecho en el PLC_1 y entraremos a las propiedades.

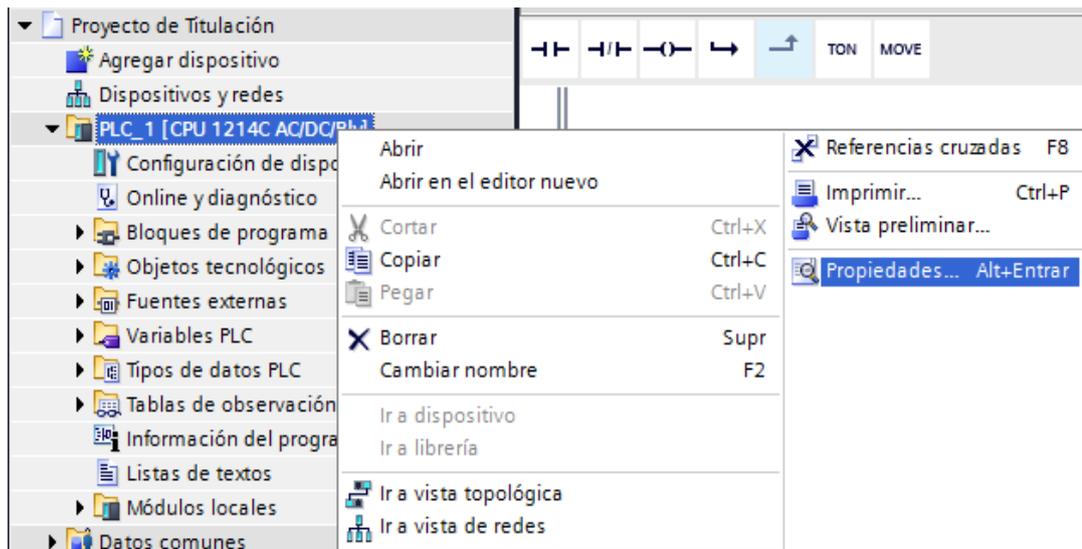


Figura 4. 26 Configurar HSC. Para configurar el HSC debemos acceder a las propiedades del PLC.

Desde la ventana que nos aparece buscaremos “Contadores rápidos (HSC)1” y activamos la opción que nos aparece.

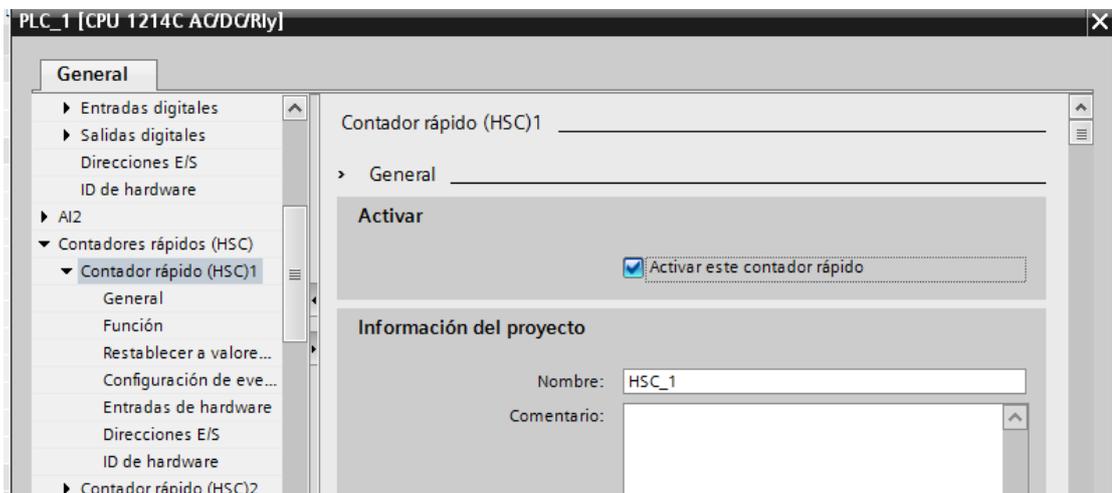


Figura 4. 27 Habilitar contador rápido. Se selecciona la opción “activar este contador rápido”.

En la sección función indicamos los siguientes parámetros, en modo de contaje seleccionamos contaje que contara los pulsos cuadrados en la dirección I0.0 y en fase de servicio pondremos contador A/B 4X.

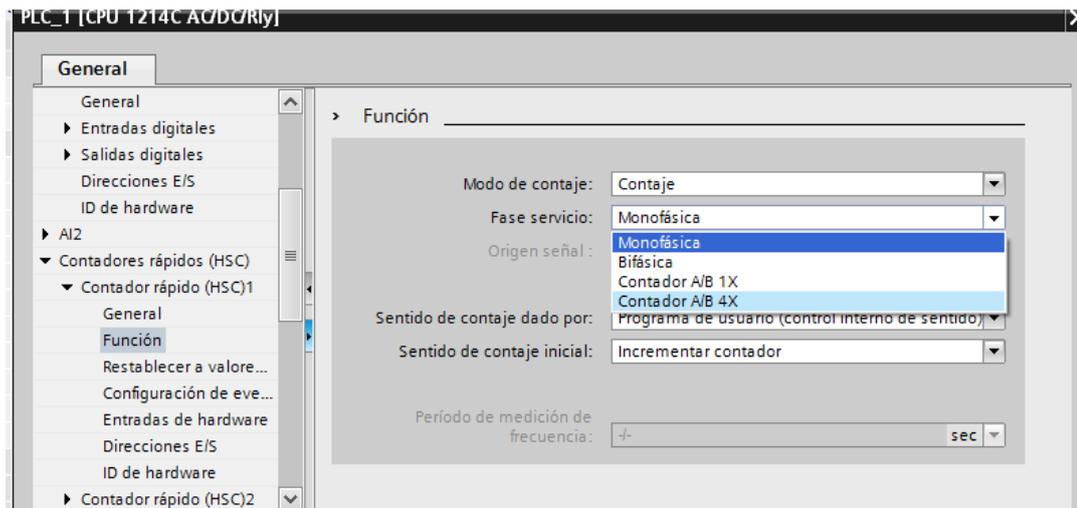


Figura 4. 28 Parámetros del encoder. Se selecciona los parámetros del contador rápido según la aplicación.

En “restablecer a valores iniciales” podemos pre fijar uno valores iniciales del contador y del valor de referencia, también podremos habilitar la función de realizar el reset externo del contador.

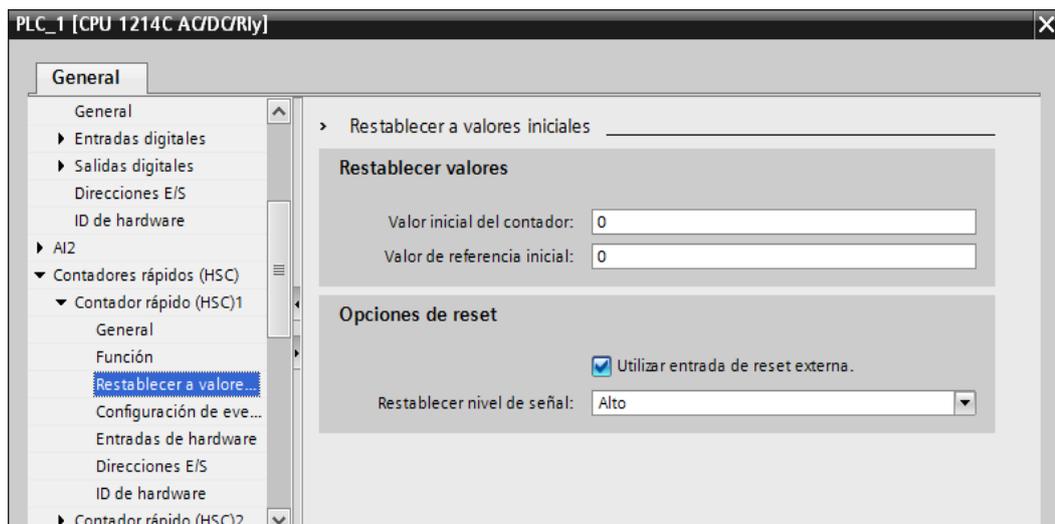


Figura 4. 29 Restablecer valores iniciales. El reset externo está dado por la entrada I0.3.

En configuración de eventos podemos usar llamadas de interrupción cíclicas, cuando el valor de contaje que este en el bloque del HSC 1 sea igual al valor de referencia se ejecutara todo lo que este programado dentro del bloque de “cycle interrupt”.

En la dirección de entradas podemos ver cuáles son las entradas asignadas para las señales del codificador rotatorio.

Al finalizar para que la configuración del contador rápido sea reconocida por el PLC, debemos cargar al dispositivo la configuración de hardware.

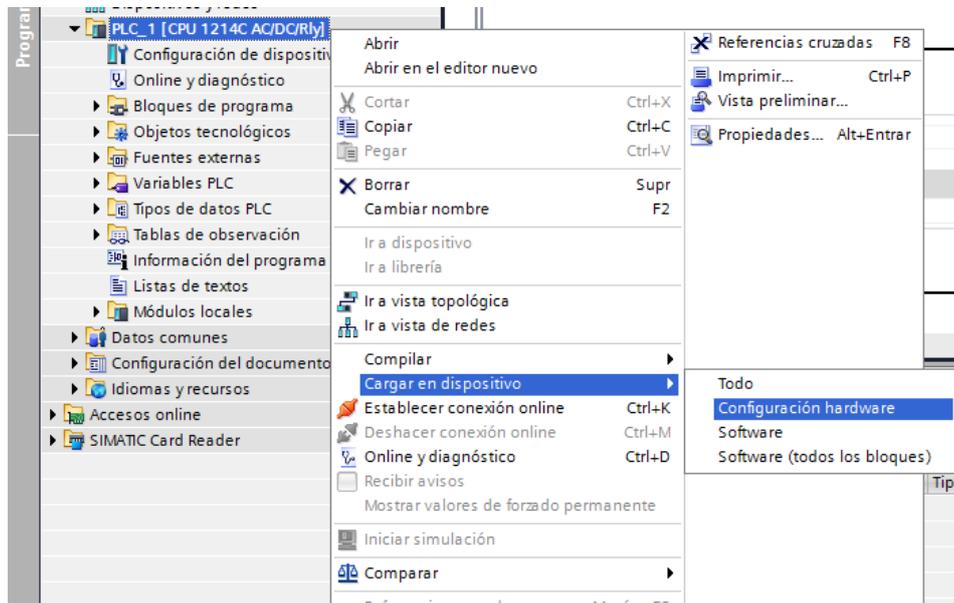


Figura 4. 30 Configuración de hardware. Pare que se realice los cambios se debe cargar el hardware al dispositivo.

4.4 Configurar PID

Para realizar el control PID, debemos crear un bloque de interrupción cíclica debido a que la instrucción PID necesita ejecutarse a intervalos regulares.

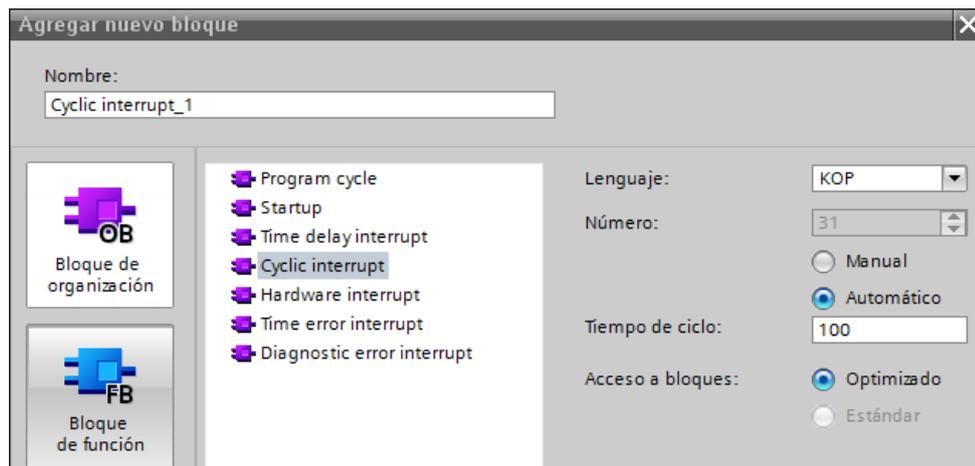


Figura 4. 31 Creación bloque cíclico. Desde el árbol de proyecto creamos un bloque cíclico

Luego desde la ventana de instrucciones tecnológicas añadimos el bloque PID_Compat al bloque de interrupción cíclica.

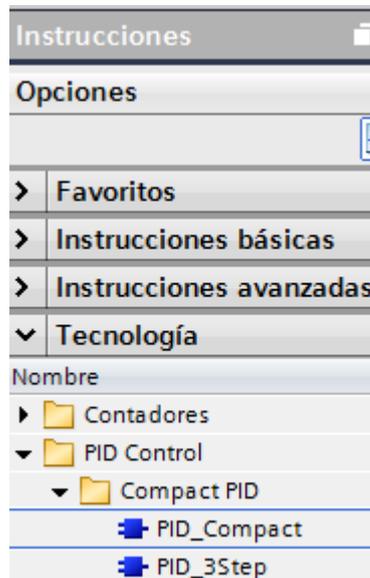


Figura 4. 32 Añadir un bloque tecnológico. Se añade el OB30 el bloque PID_Compat.

Cuando insertamos la instrucción PID se crea automáticamente un objeto tecnológico y un DB de instancia para los parámetros y cálculos internos.

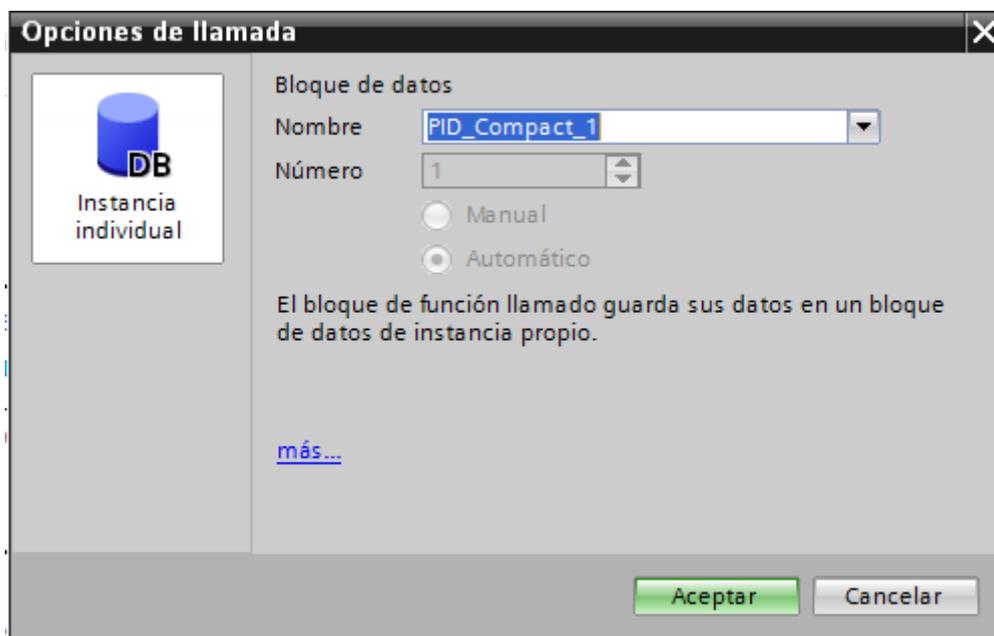


Figura 4. 33 Crear DB de instancia asociado. El DB sólo será accesible desde la instrucción PID.

Para poder realizar el ajuste de la instrucción PID es necesario conocer, los parámetros de E/S de la instrucción sobre el bloque de programa y conocer la configuración de la misma desde la ventana de configuración de la instrucción.

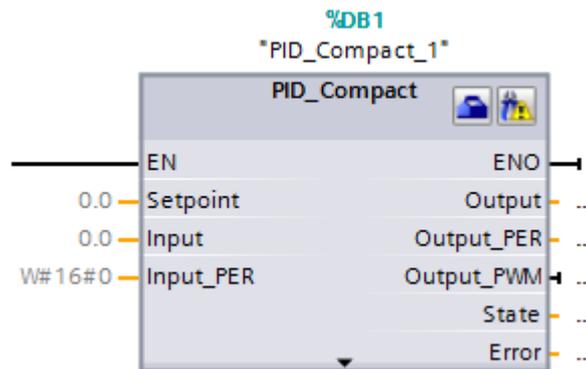


Figura 4. 34 Instrucción PID. Se debe ajustar los parámetros en base a las variables.

Las señales que se encuentran en el controlador son las siguientes:

Tabla 4. 2

Parámetros de entrada PID_Compact

Señal	Tipo	Comentario
Setpoint	Double Word	Señal de setpoint del controlador.
Input	Double Word	El valor de la variable del proceso es real, mediante operaciones previa se ha linealizado.
Input_PER	Word	El valor de la variable del proceso ingresa directamente desde la entrada análoga. El controlador linealiza internamente el valor.
Ouput	Double Word	El valor de la variable de salida es real.
Output_PER	Word	El valor de la variable de salida se puede llevar directamente a la salida análoga.
Output_PWM	Bool	La salida análoga se codifica e pulsos tipo PWM.
Error	Word	Genera un código error.

Nota: La instrucción PID consta con otros parámetros a parte de los mostrados en la tabla. *TIA PORTAL*

Una vez configurados los parámetros de entradas y salidas, deben especificarse las variables de la instrucción. Y realizar el ajuste de la instrucción PID desde el icono de “ventana de configuración”.



Figura 4. 35 Ventana de configuración PID. Desde esta ventana podemos realizar los ajustes básicos de la instrucción PID.

Para utilizar la variable de entrada input debemos linealizar ese valor, ya que el valor que nos lee es en base al número de pulso que muestra el encoder.

Debemos mover el valor del HSC a una marca doble para poder linealizarla, a esa marca la vamos a convertir en un valor de dato de tipo real para poder tener valores en decimales y de esa manera tener un mejor de muestreo.

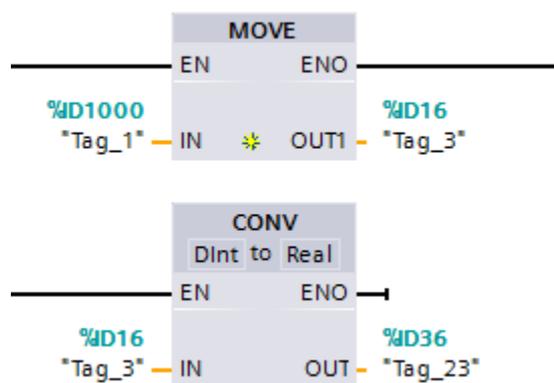


Figura 4. 36 Conversión de una variable. Se convierte en un dato de tipo real la dirección de ID1000 que corresponde al valor de pulsos del encoder.

Para tener valores de lectura pequeños en una escala menor, vamos a linealizar el dato del encoder de tipo real dividiéndolo para 10000.

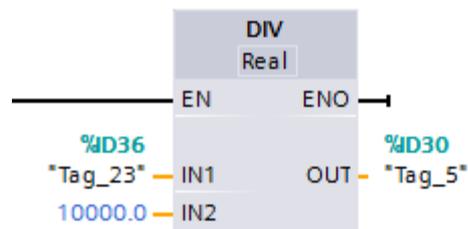


Figura 4. 37 Linealización de una variable. Dividimos para 10000 para tener un valor de lectura en un pequeño rango.

Se completa las variables del PID, en “Outpt_PER” está la salida analógica que controla la velocidad del motor dosificador, en la variable “Input” se ingresa el valor del encoder para indicar el número de vuelta, en “Setpoint” se ingresa el valor que se desea obtener, y el “ManualEnable” para la activación del controlador PID.

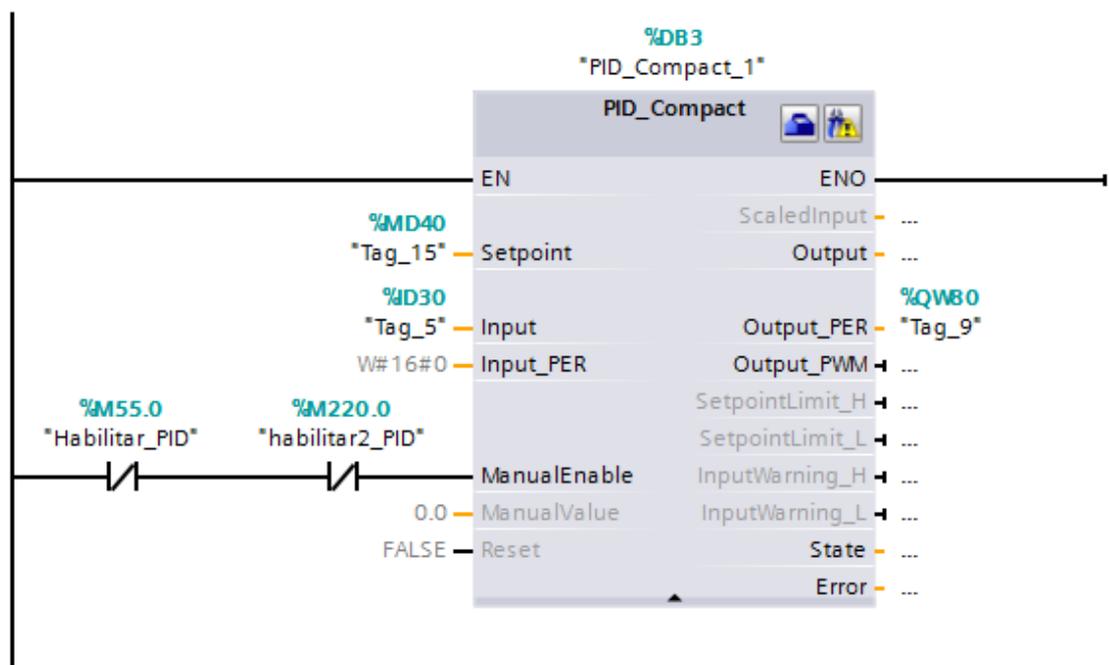


Figura 4. 38 Bloque de instrucción PID. Se ponen las variables de setpoint, input y outout para realizar el control PID.

4.5 Configurar HMI

Para configurar el HMI nos vamos a la ventana de árbol de proyecto y ponemos agregar nuevo dispositivo, luego buscamos HMI la KTP600 BASIC PN.

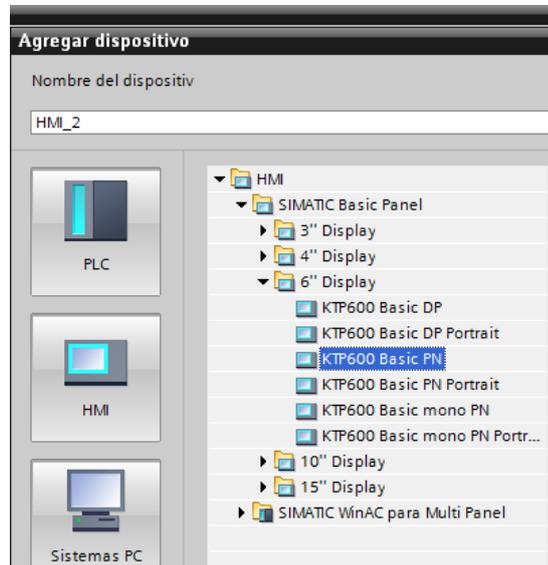


Figura 4. 39 Configurar HMI. Desde la ventana de agregar dispositivo seleccionamos el HMI que queremos utilizar.

Luego nos aparecerá un asistente para configurar la pantalla HMI y la estructura de esta

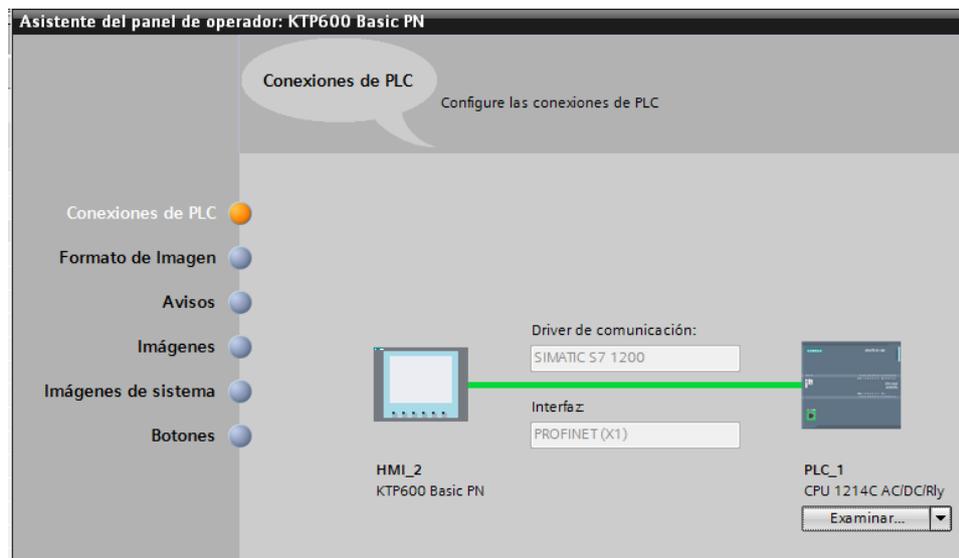


Figura 4. 40 Configurar conexión con PLC. Debemos establecer una comunicación con el PLC.

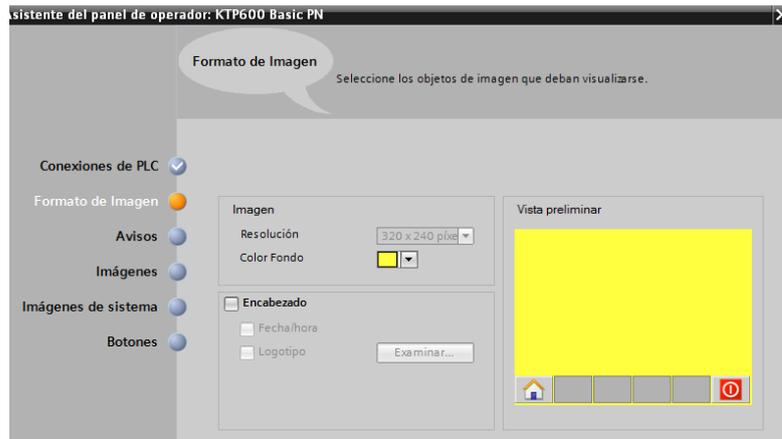


Figura 4. 41 Formato de imagen. Podemos definir los parámetros de nuestra pantalla.

En el siguiente paso podemos configurar algunas ventanas de avisos.



Figura 4. 42 Configurar avisos. Para poder poner parámetros de alarmas.



Figura 4. 43 Imágenes del sistema. Podemos seleccionar las imágenes que tendrá el HMI.

Después de haber terminado la configuración los parámetros de la pantalla HMI, se muestra la pantalla y podemos comenzar a programar en ella.

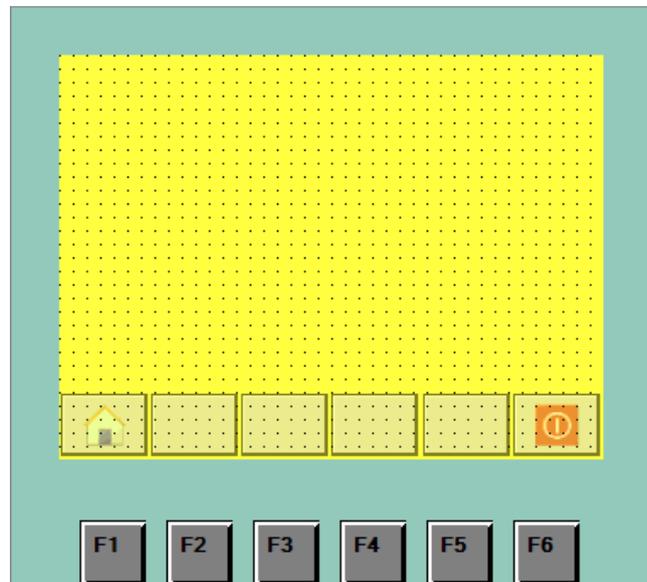


Figura 4. 44 Plantilla del HMI. En la plantilla predeterminada podemos colocar los elementos que queremos.

Colocamos las botoneras y los indicadores del panel de control, y el campo de entradas/salidas

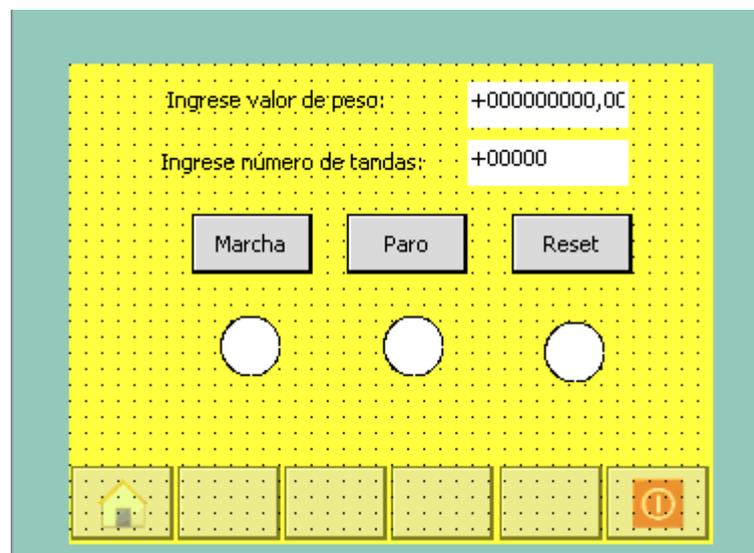


Figura 4. 45 Elementos del HMI. Dentro de la pantalla de HMI se colocan los elementos desde la ventana de herramientas.

Luego seleccionamos los botones y configuramos según las variables que vamos a utilizar



Figura 4. 46 Configurar elementos. En las propiedades de elementos vamos asociar a las variables del PLC.

Lo mismo para las luces piloto, entramos a propiedades y cambiamos la apariencia luego la asociamos a la variable que deseemos.

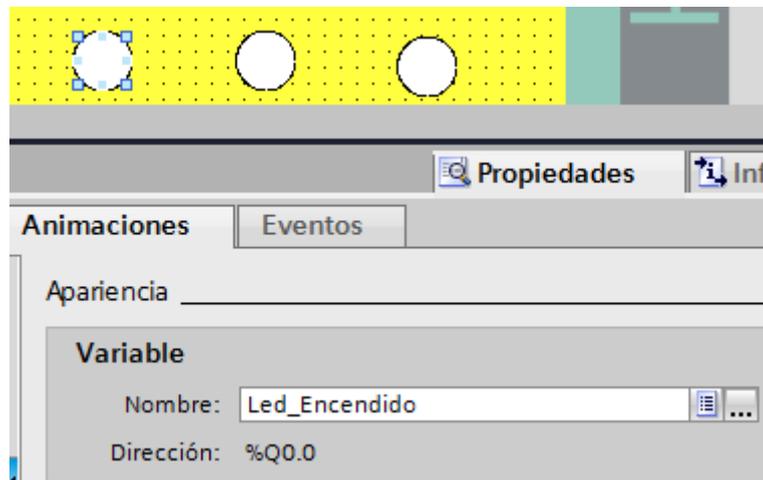


Figura 4. 47 Configurar luz piloto. En las propiedades podemos cambiar el color de estado cuando esta ON u OFF.

Si queremos graficar algunos datos al HMI, dentro de la ventanas de herramientas en la sección de controles tenemos el visor de curvas que nos mostrara las señales que ingresemos.

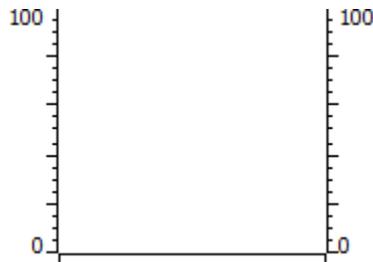


Figura 4. 48 Visor de curva. Con esta herramienta podemos visualizar la gráfica del PID

Desde las propiedades de curva de imagen entramos a “curva” e ingresamos los valores que deseamos mostrar en configuración.

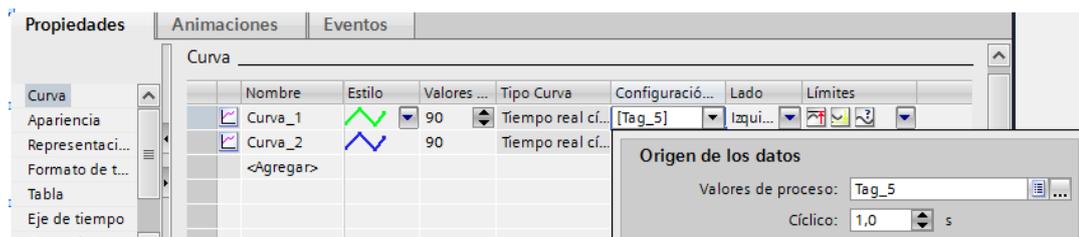


Figura 4. 49 Propiedades de visor de curva. Aquí ingresamos la señal de entrada y la señal de salida del bloque PID.

Si queremos ingresar alguna imagen para mejorar la apariencia del HMI, podemos agregar un visor de imagen y seleccionar alguna imagen o importar.

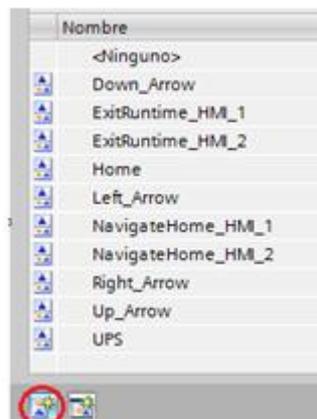


Figura 4. 50 Propiedades de visor de gráficos. Ponemos crear imagen a partir de archivo

Una vez terminado de configurar el panel HMI, compilamos y le daremos click a la opción de iniciar simulación

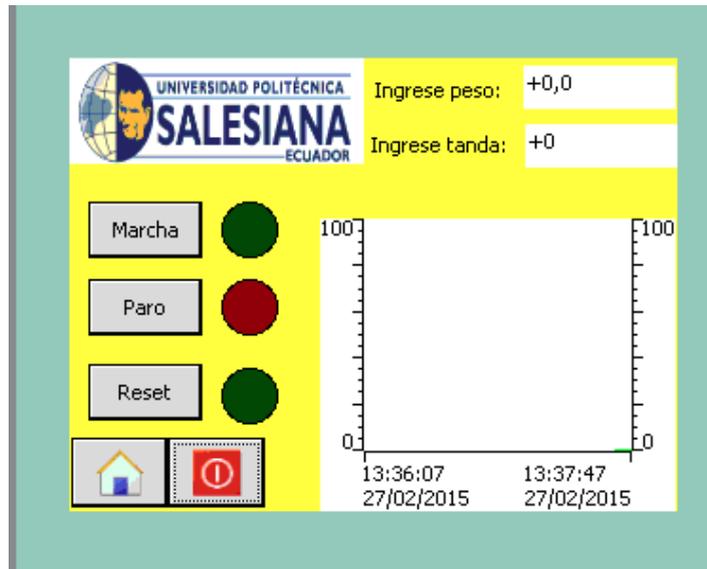


Figura 4. 51 Simulación HMI. Podemos simular la visualización de la pantalla HMI.

4.6 Pruebas del sistema

Una vez terminado todo el programa cargamos los datos al PLC. Y procedemos a realizar pruebas del proceso de dosificación

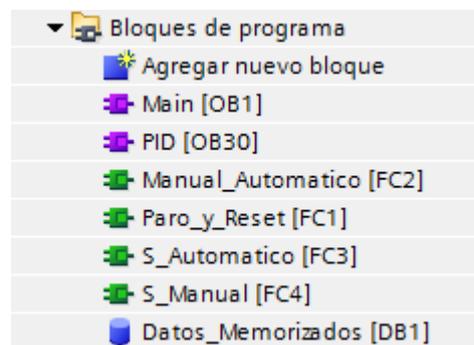


Figura 4. 52 Bloques de programa. Estos son todos los bloques utilizados en el proyecto.

Una vez cargado el programa se realizaron pruebas de funcionamiento para determinar el comportamiento de la estación y sus componentes principales como son los actuadores: motores, sensores: capacitivo e inductivo, controlador: PLC para ello se realizaron varias pruebas en el modo automático del proceso PID.

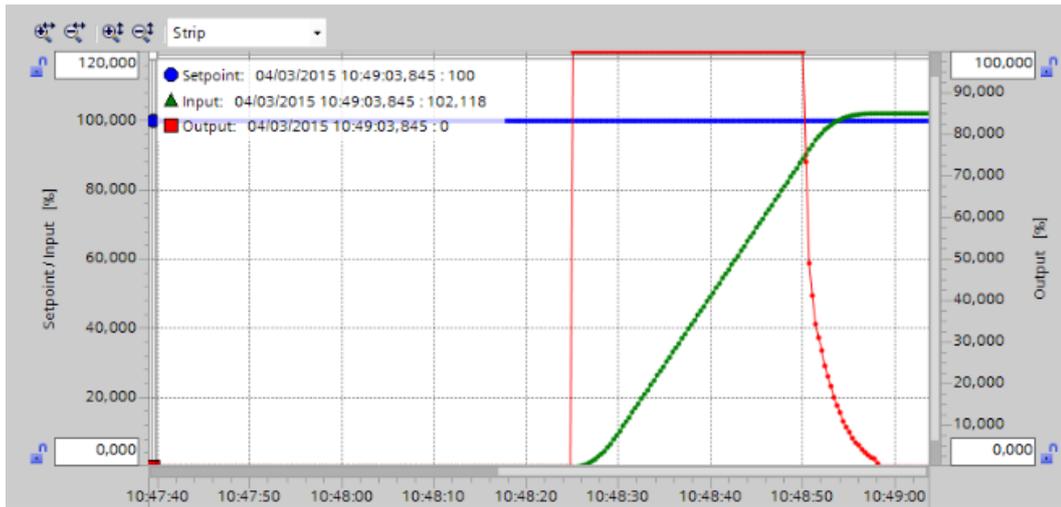


Figura 4. 53 Optimización Inicial. El bloque PID realiza una optimización para calcular los parámetros del controlador.

Con la optimización inicial podemos determinar la respuesta a un escalón de consigna y buscar el punto de inflexión, a partir de la inclinación máxima y del tiempo muerto del sistema regulado

Parámetros PID

Activar entrada manual

Ganancia proporcional:

Tiempo de integración: s

Tiempo derivativo: s

Coefficiente retardo derivativo:

Ponderación de la acción P:

Ponderación de la acción D:

Tiempo muestreo algoritmo PID: s

Regla para la optimización

Estructura del regulador:

Figura 4. 54 Resultados de parámetros. Una vez terminada la optimización inicial se cargan los parámetros PID.

Cuando más estable es el valor real, con mayor facilidad se puede calcular los parámetros PID. Una perturbación del valor real es aceptable siempre que la subida del valor real sea considerablemente mayor que el ruido.

Ahora vamos a sacar los parámetros utilizando el método de Ziegler–Nichols

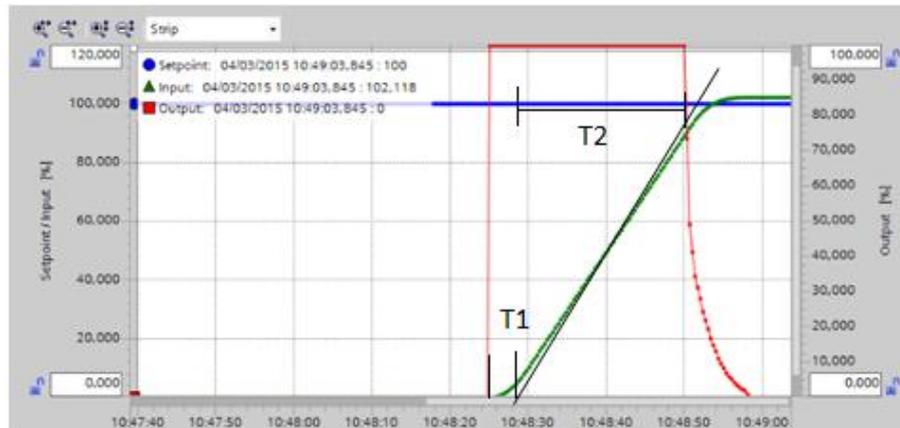


Figura 4. 55 Obtención de los parámetros por el método escalón. Se debe obtener los tiempos T1 y T2.

El tiempo T1 corresponde al tiempo de retardo, tiene un valor de 3.3 segundos y el tiempo T2 corresponde al tiempo de subida con un valor de 23.4 segundos.

Tabla 4. 3

Tabla del método escalón.

PID	Kp	Ti	Td
P	T2/T1	∞	0
PI	0.9 (T2/T1)	T1/0.3	0
PID	1.2 (T2/T1)	2 T1	0.5 T1

Reemplazando los valores en la tabla 4.2 tenemos los siguientes resultados:

Tabla 4. 4

Tabla con los resultados de los parámetros.

PID	Kp	Ti	Td
P	7.09		0
PI	6.28	11	0
PID	8.50	6.6	1.65

Podemos observar que los parámetros obtenido en la optimización inicial son similares obtenidos en la tabla 4.3.

Con los parámetros obtenidos con la optimización inicial se realizó una prueba con el valor de referencia de 200g.

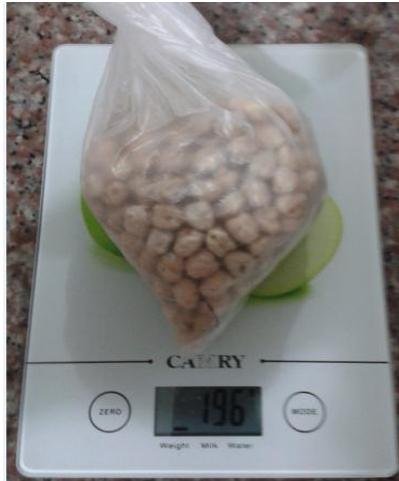


Figura 4. 56 Resultado de la primera prueba. Se usa una balanza para comprobar el peso dosificado.

Para poder ver la gráfica que realiza el control PID, ingresamos al icono de puesta en servicio luego ponemos en modo online y desde la ventana de puesta en marcha se habilita con el botón "Medición on".

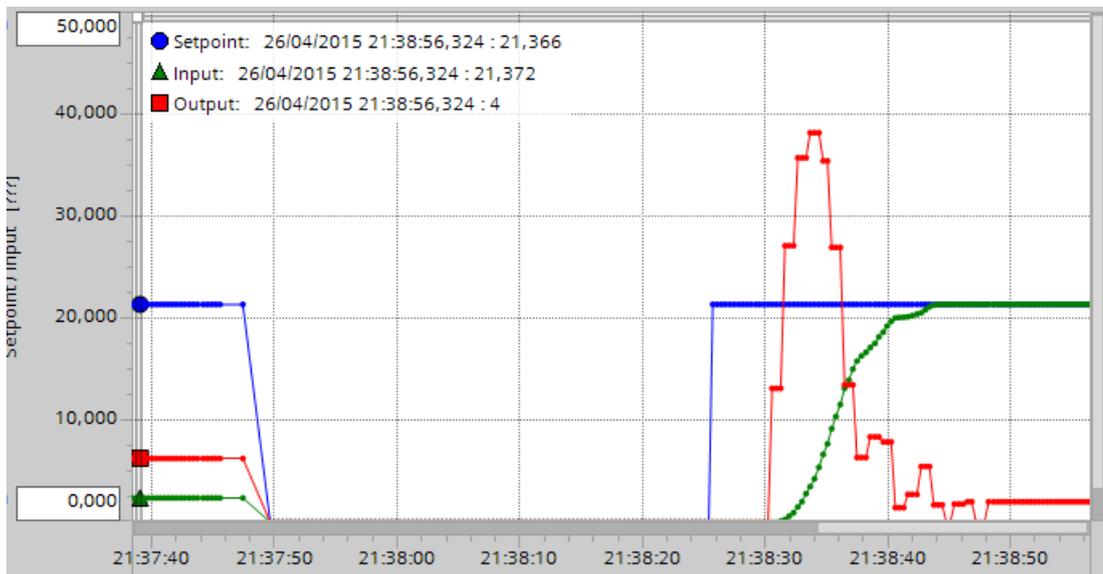


Figura 4. 57 Grafica PID de la primera prueba. Para esta prueba el valor de set point es 21.366 que corresponde al valor de 200 g.

Para la segunda prueba el valor de referencia a ser considerado es de 250g.



Figura 4. 58 Resultado de la segunda prueba. El valor medido de la segunda muestra para 250g.

En la gráfica de PID podemos establecer el rango de los ejes, en lado izquierdo se encuentra los valores del set point y a la derecha los valores del output.

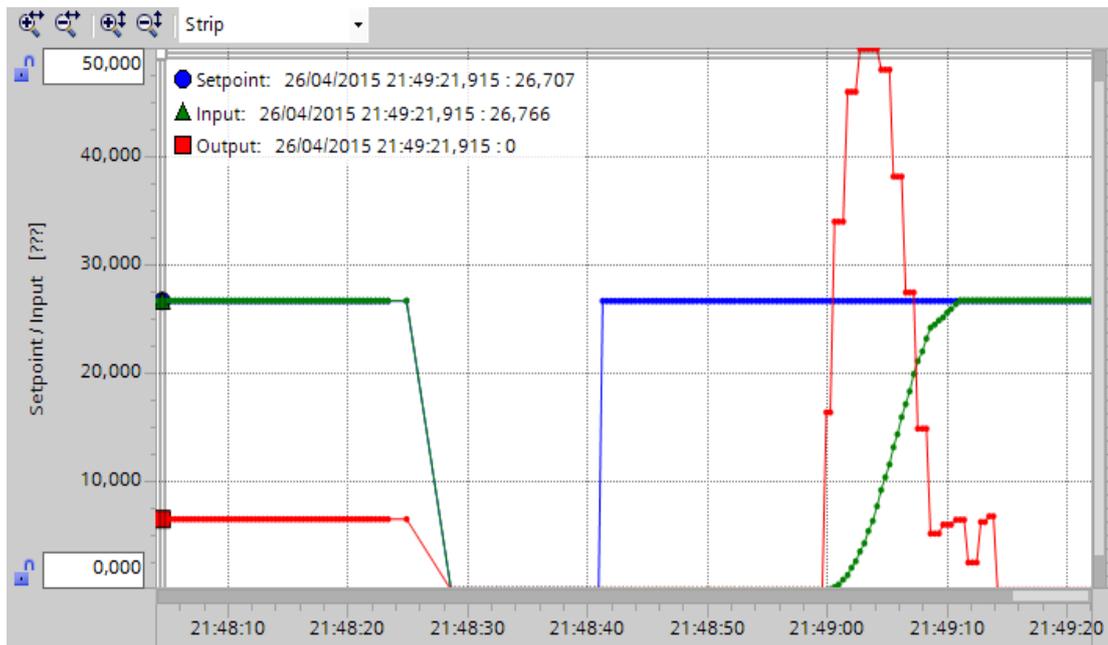


Figura 4. 59 Grafica PID de la segunda prueba. Para esta prueba el valor de set point es 26.707 que corresponde al valor de 250 g.

Para la tercera prueba el valor de referencia a ser considerado es de 350g.

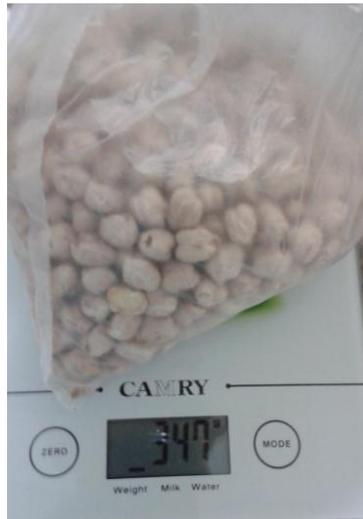


Figura 4. 60 Resultado de la tercera prueba. Para esta prueba el valor marcado fue de 347g

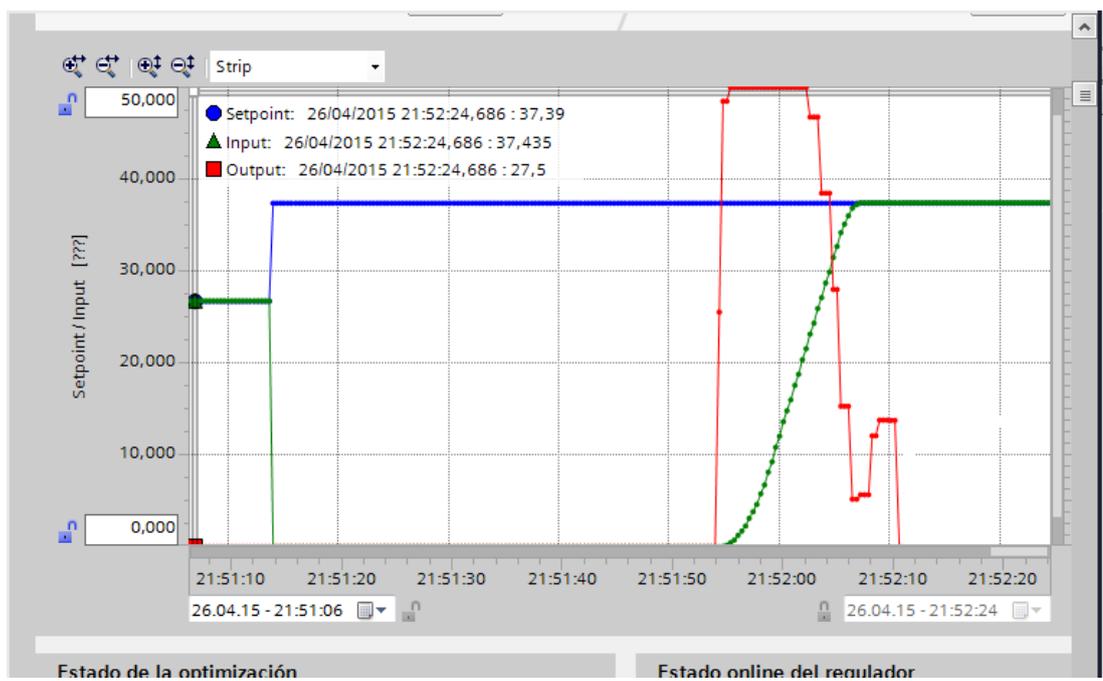


Figura 4. 61 Grafica PID de la segunda prueba. Para esta prueba el valor de set point es 37.39 que corresponde al valor de 350 g.

CONCLUSIÓN

Se determinó que existen diferentes tipos de sistemas para la dosificación de un producto, y estos están basados bajo las necesidades que necesite el proceso. Esto quiere decir que la elección del dosificador dependerá de los parámetros que se requieran aplicar en un proceso determinado.

Para el diseño y construcción de la estación de dosificación se emplearon los conocimientos impartidos en la etapa de formación. Como las materias de automatización, electiva, instalaciones civiles, informática, instrumentación, teoría de control, sensores y transductores.

Del presente proyecto se determinó que el sistema automatizado de dosificación mediante tornillo sin fin es una buena opción para optimizar el proceso de dosificación de productos a granel.

Se ejecutó de forma satisfactoria el sistema de control en lazo cerrado y se verificó las ventajas del control PID como, el mejoramiento de la respuesta del sistema y la disminución del error residual.

RECOMENDACIÓN

Al momento de realizar un mantenimiento a la estación de dosificación se recomienda tener precaución, en especial al momento de manipular el tornillo sin fin ya que este objeto es cortante y puede provocar lesiones.

Para la parada de emergencia se debe realizar de manera eléctrica, en caso de que haiga un mal direccionamiento de esta en las practicas estudiantiles. De esta manera al existir un error se puede quitar toda la alimentación de la planta.

Para la parte eléctrica se debe tomar todas las precauciones debidas, es por eso que cuenta con sus respectivos breakers y guardamotors, para proteger a los elementos de la planta.

Al momento de poner en marcha la estación de dosificación se debe revisar todos los dispositivos para que se encuentren funcionando de manera correcta, lo que quiere decir que la banda se encuentre templada y alineada, que no existan objetos obstaculizando el tornillo sin fin, cables en buen estado, etc.

Se debe linealizar correctamente las variables ingresadas al control PID para que se tenga un mejor muestreo en la señal.

En caso de fallos en los componentes eléctricos se debe probar individualmente antes de estar en funcionamiento, para cerciorase de cuál es el equipo que presenta inconvenientes.

PRESUPUESTO

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Fuente de Poder PS 307- 24V/5A	1	250.00	250.00
PLC S7-1200, CPU 1214C, AC/DC/RLY.	1	640.00	640.00
Breaker Schneider	1	8.00	8.00
Voltmetro Camsco	1	12.00	12.00
Tarjeta de Control	1	120.00	120.00
Conector DB 25	3	1.00	3.00
Bloques de terminales con tapa 5A - TB250	1	4.00	4.00
Cable #16 (10metros)	1	3.50	3.50
Cable #22 (5metros)	1	2.50	2.50
Cable de poder negro 110VAC	1	5.00	5.00
Terminales en U (14 – 16 Awg)	50	0.25	12.50
Cable de red Ethernet RJ 45	2	15.00	30.00
Estructura del Modulo	1	180.00	180.00
Switch de Comunicación	1	24.00	24.00
Motor Reductor Carpanelli	1	450.00	450.00
Motor Reductor Bauer	1	500.00	500.00
Variadores Frecuencia Siemens	2	190	380.00
Guardamotor Telemecanique	2	60.00	120.00
Breaker Schneider 2P /6A	3	19.00	57.00
Rele Interfaz	2	20.00	40.00
Codificador Rotatorio	1	150.00	150.00
Sensor Capacitivo	1	50.00	50.00
Sensor Inductivo	1	50.00	50.00
Banda transportadora	1	150.00	150.00
Estructura semiplanta	1	250.00	250.00
Transformador 1KVA	1	250.00	250.00
Botoneras de control	7	2.50	17.50
Total			3759

REFERENCIAS

LIBROS:

- Álvarez, M. (2000). *Convertidores de Frecuencia, Controladores de Motores y SSR*. Barcelona: Marcombo.
- Aström, K., & Hägglund, T. (2009). *Control PID avanzado*. Madrid: Pearson Prentice-Hall.
- Barrientos, A., Sanz, R., Matía, F., & Gambao, E. (1996). *Control de Sistemas Continuos*. Madrid: McGraw-Hill.
- Ebel, F., & Nestel, S. (1993). *Sensores para la Técnica de Procesos y Manipulación*. Festo Didatic.
- Ogata, K. (1998). *Ingeniería de Control Moderna*. México: Pearson Prentice-Hall.

PÁGINAS WEB:

- CONTRINEX. (2010). *Sensores inductivos, fotoeléctricos, capacitivos y ultrasonidos*.
Obtenido de http://www.sisdevices.com/sitio/images/SENSORES%20900_006_005_CATALOGO_GENERAL_ES.pdf
- InfoPLC. (2014). *10 aspectos para elegir un autómat PLC*. Obtenido de <http://www.infopl.net/blogs-automatizacion/item/101501-10-aspectos-para-elegir-automata-plc>
- KRONES. (2013). *Los sistemas dosificadores de pistón para alimentos exigentes*. Obtenido de http://www.krones.com/downloads/Viscofill_es.pdf
- K-TRON. (2013). *Cómo seleccionar el mejor dosificador volumétrico para sus procesos*. Obtenido de <http://www.ktron.es/process-equipment/feeders/technology/volumetric-feeders-overview.cfm>
- Mazzone, V. (2002). *Controladores PID*. Obtenido de <http://www.eng.newcastle.edu.au/~jhb519/teaching/caut1/Apuntes/PID.pdf>
- Mires, J. (2006). *Exposición de tema Controladores PID con ejemplos en Matlab/Simulink*. Obtenido de <https://jmirezcontrol.wordpress.com/2012/01/26/c039-exposicion-de-tema-controladores-pid-con-ejemplos-en-matlab-simulink/>
- Piscuino. (2013). *Método de Ziegler-Nichols*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/piscuino/ziegler-nichols>
- SIEMENS. (2009). *SIMATIC S7 Controlador programable S7-1200*. Obtenido de <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

Taberner, R. (2010). *Encoders Óptico*. Obtenido de http://www.infoplcn.net/files/documentacion/instrumentacion_deteccion/infoPLC_net_ENCODERS_OPTICOS.pdf

VESCOVO. (2009). *Tipos de Dosificadores de uso más común*. Obtenido de <http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>

WEST. (2009). *Manual de aplicación de encoders*. Obtenido de <http://www.westmexico.com.mx/pfd/dynapar/catalogos/4.-Manual%20de%20Aplicacion%20de%20Encoders.pdf>

TESIS:

Moreno, E. (2010). *Diseño de una maquina empacadora y selladora de fundas de arroz*. Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.

ARTÍCULOS:

Burhan, I., Talib, S., & A Azman, A. (2012). Design and fabrication of Programmable Logic Controller Kit with multiple output module for teaching and learning purposes. *Signal Processing and its Applications (CSPA)*, 14-18.

ANEXOS

ANEXOS 1: PRÁCTICAS

Práctica # 1

TEMA: “Puesta en marcha de la estación”

Objetivos.-

- Familiarizar a los estudiantes con los equipos que conforma la estación de dosificación.
- Identificar las entradas y salidas del módulo y su puesta en marcha.
- Asociar las salidas con los actuadores y elementos de campo.

Materiales.-

- PC con software TIA PORTAL.
- Módulo de entrenamiento PLC 1200.
- Módulo de dosificación.
- Cable DB25.
- Cable de red.

Descripción.-

Realice un programa con las siguientes características:



Figura 4 Entradas y salidas práctica 1. Se describe las entradas y salidas utilizadas.

El sistema debe de constar con un pulsador de marcha y un pulsador de paro para el control de encendido, una luz piloto debe indicar cuando el sistema esté en marcha. Tendremos un recipiente al inicio de la banda transportadora la cual se activará en cuanto el sistema esté en marcha, la banda se detendrá cuando el recipiente sea

detectado por el sensor de proximidad y al cabo de un tiempo de 4 segundos se encenderá la banda hasta que llegue a su extremo. El proceso se podrá repetir hasta que se presione el botón de paro.

Variables.-

Las variables a controlar y medir son:

- Controlar la posición de los envases.

Direcciones a utilizar:

Tabla 1

Direcciones asignadas al PLC.

Direcciones	Descripción
I0.3	Sensor Capacitivo
I0.4	Marcha (NA)
I0.5	Paro (NC)
Q0.0	Led Marcha
Q0.1	Led Paro
Q0.5	Motor de la banda transportadora

Nota: Estas son las direcciones que se usaron para la primera práctica.

Procedimiento.-

En el primer segmento programaremos la marcha del proceso y la activación de la luz indicadora. Colocamos un contacto abierto con la dirección I0.4 que activará al relé set con la marca M10.0 y el contacto de este activará la salida Q0.0.

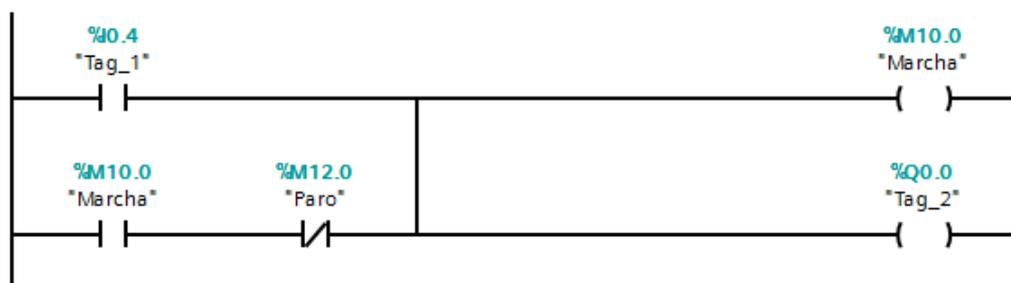


Figura 5 Segmento de puesta en marcha. En este segmento cuando se pulse marcha se encenderá la banda transportadora.

En el segundo segmento programaremos el paro del proceso. Colocamos un contacto cerrado de I0.5 ya que este es un pulsante normalmente cerrado, cuando se presiones se activará el relé reset que estará desenergizando al contactor. Y también activará la salida Q0.1

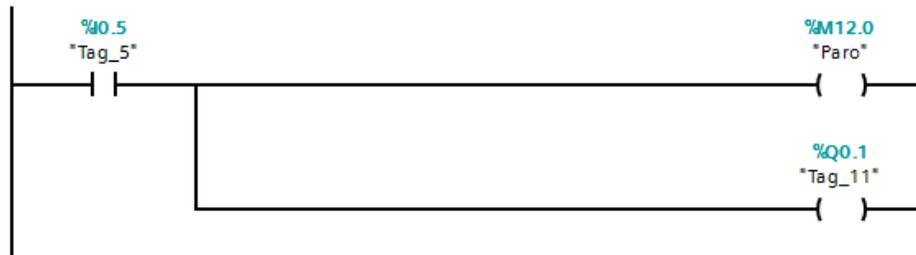


Figura 6 Segmento de paro. Este segmento es para detener todo el proceso.

Cuando el sensor detecta el recipiente detiene la banda, luego de un tiempo de 4 segundos se pone nuevamente en marcha a la espera del siguiente recipiente

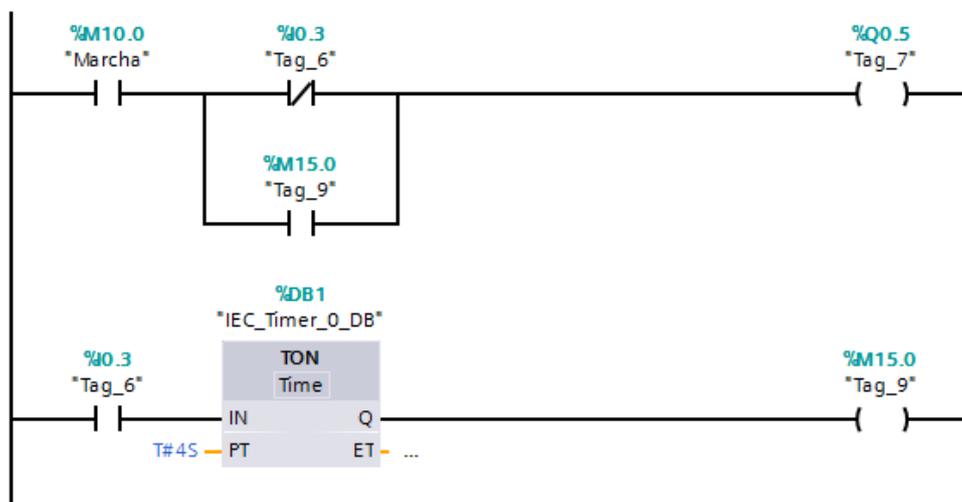


Figura 7 Segmento de banda transportadora. En este segmento esta la puesta en marcha de la banda y su desactivación.

Conclusiones.-

Con esta práctica se pudo reconocer algunas de las entradas y salidas de la estación de dosificación y los contactos básicos para la programación de una puesta en marcha como son los contactos de set y reset, también se pudo aplicar un temporizador con retardo a la conexión.

Práctica # 2

TEMA: “Control de velocidad”

Objetivos.-

- Aprender el funcionamiento básico de la planta industrial de granulados.
- Controlar la velocidad del variador de frecuencia.

Materiales.-

- PC con software TIA PORTAL.
- Módulo de entrenamiento PLC 1200.
- Módulo de dosificación.
- Cable DB25
- Conector plus banana
- Cable de red

Descripción.-

Realice un programa con las siguientes características:

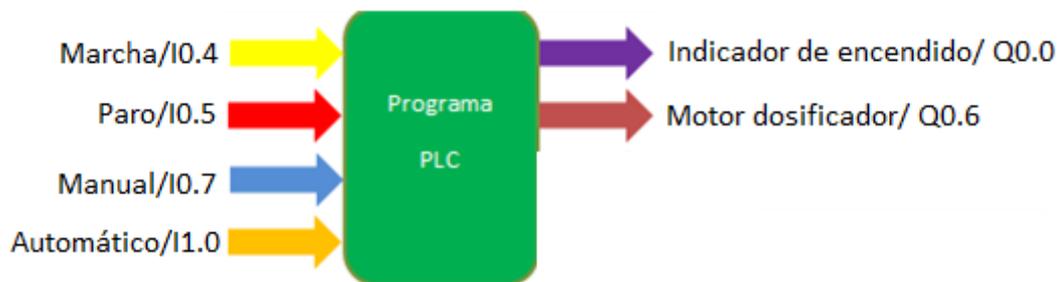


Figura 8 Entradas y salidas práctica 2. Se describe las entradas y salidas utilizadas.

Realizar el control de la velocidad del variador de frecuencia, el programa constara con un botón de marcha para la puesta en servicio, luego con el selector en manual se debe incrementar la velocidad del motor y con el selector en automático se debe disminuir la velocidad, el incremento o decremento deberá ser de 5 en 5 (Hz), también se deberá ingresar en los parámetros del variador de frecuencia y colocar en “frecuencia mínima” el valor de 10 Hz y en “frecuencia máxima” el valor de 60 Hz.

Variables.-

Las variables a controlar y medir son:

- Controlar velocidad del motor.

Direcciones a utilizar:

Tabla 2

Direcciones asignadas al PLC.

Direcciones	Descripción
I0.0	Señal A del contador rápido
I0.3	Sensor Capacitivo
I0.4	Marcha
I0.5	Paro
Q0.0	Led Marcha
Q0.1	Led Paro
Q0.5	Motor de la banda transportadora
Q0.6	Motor dosificador
QW80	Salida analógica

Nota: Se usaron algunas marcas para la segunda práctica.

Procedimiento.-

En el segundo segmento programaremos la activación del motor dosificador y un indicador de luz piloto. La desactivación está dada por el botón de paro.

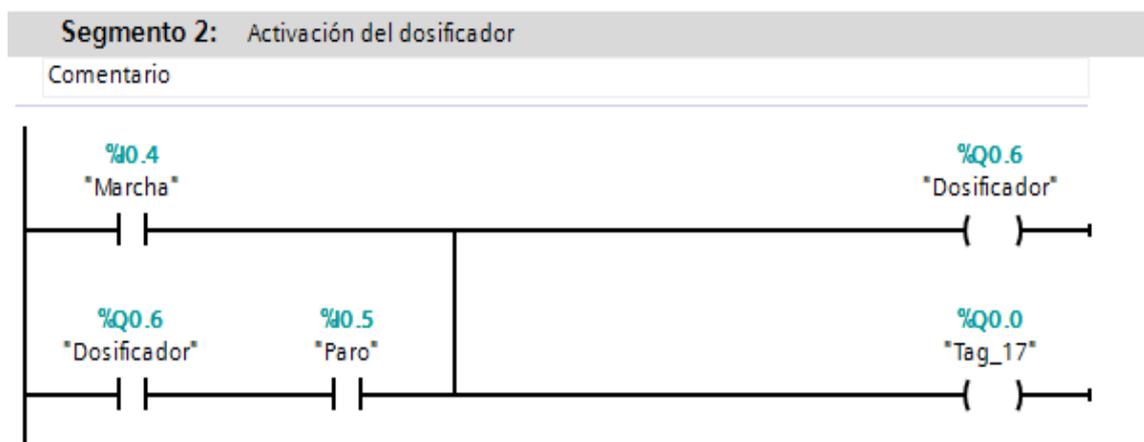


Figura 9 Puesta en marcha práctica 2. En este segmento también se encuentra el paro del servicio

En este segmento está programado el control de velocidad, cuando el selector este en posición automático se irá aumentando la señal analógica de 2304 en 2304, y si el selector se encuentra en la posición manual se irá disminuyendo igualmente de 2304 en 2304.

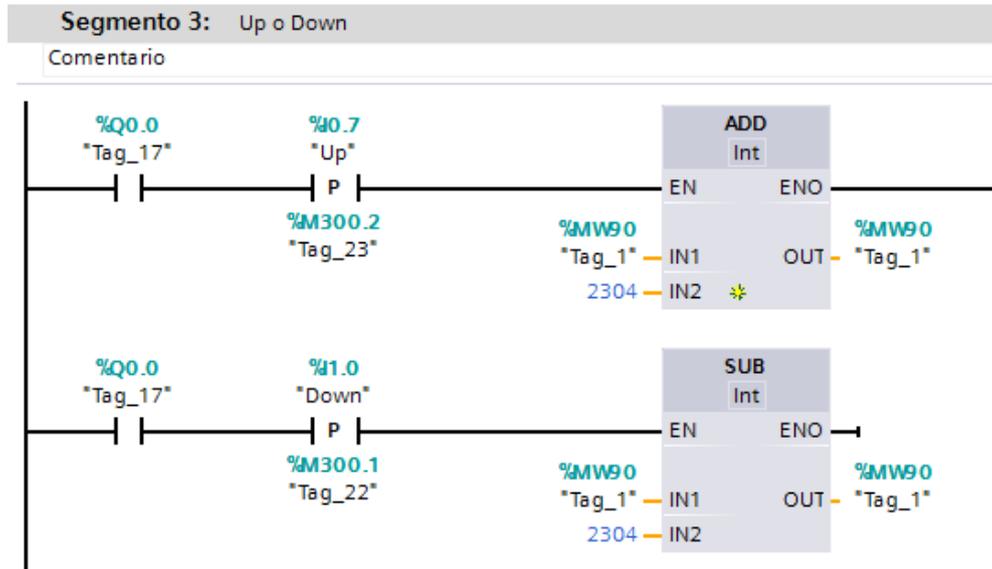


Figura 10 Variación de velocidad. En este segmento podemos controlar la velocidad del motor dosificador.

Se usa un bloque move para tener el valor de MW90 en la salida analógica QW80.

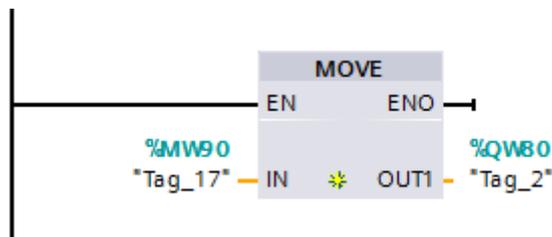


Figura 11 Salida analógica. Se usa un bloque move para tener el valor de MW90 en la salida analógica QW80.

Se utiliza el bloque normalizar y el de escalar para que la señal analógica la podamos tener en un rango de 0 a 10v.



Figura 12 Escalar señal analógica. El valor de la señal analógica estará en un rango de 0 a 10.

Ahora esa señal de 0V a 10V la llevaremos al rango de 10 a 60 que representa la frecuencia del variador y la podremos visualizar en la marca MD70.

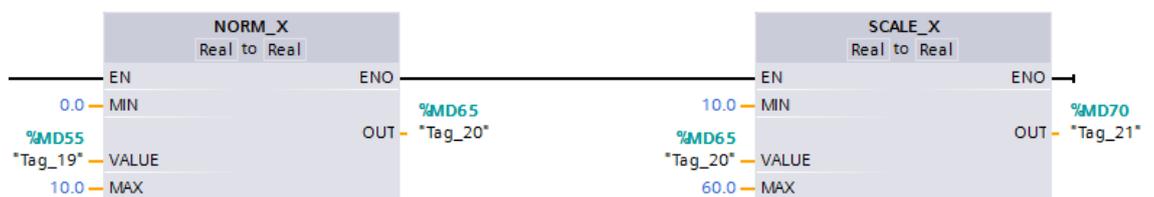


Figura 13 Escalar el valor de la frecuencia. El valor de 0 a 10 representa el valor de la frecuencia del variador.

Conclusiones.-

Para controlar la velocidad del motor a los variadores de frecuencia se le debe mandar una señal digital de activación y con la salida analógica se va regulando su velocidad.

Los variadores de frecuencia constan con una lista de parámetros para ser configurados según sea la aplicación.

Práctica # 3

TEMA: “Comparadores”

Objetivos.-

- Aprender la relación de pulsos -vuelta del tornillo sin fin.
- Configurar hardware del dispositivo.
- Aprender el funcionamiento del bloque de contadores.

Materiales.-

- PC con software TIA PORTAL.
- Módulo de entrenamiento PLC 1200.
- Módulo de dosificación.
- Cable DB25
- Conector plus banana
- Cable de red
- Recipiente

Descripción.-

Realizar un programa que constará con un botón de marcha para dar el servicio al sistema, en ese instante se encenderá el motor dosificador cuando haya realizado la primera vuelta se encenderá la luz del piloto reset, en la segunda vuelta se apagará cuando se encuentre en la tercera se encenderá nuevamente y en la cuarta vuelta se apagara el sistema debe constar con un botón de paro.



Figura 14 Entradas y salidas práctica 3. Se describe las entradas y salidas utilizadas.

Esquema de la planta

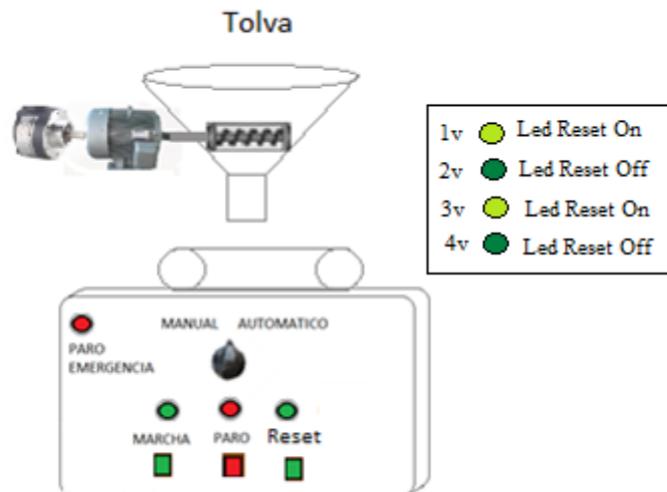


Figura 15 Esquema de la planta para la práctica 3. La estación de dosificación

Variables.-

Las variables a controlar y medir son:

- Controlar velocidad del motor.
- Medir números de vueltas

Direcciones a utilizar:

Tabla 3

Direcciones asignadas al PLC.

Direcciones	Descripción
I0.0	Señal A del contador rápido
I0.4	Marcha
I0.5	Paro
Q0.0	Led Marcha
Q0.1	Led Paro
Q0.2	Led Reset
Q0.6	Motor dosificador
QW80	Salida analógica

Procedimiento.-

Debemos activar el contador rápido HSC 1 en las propiedades del PLC

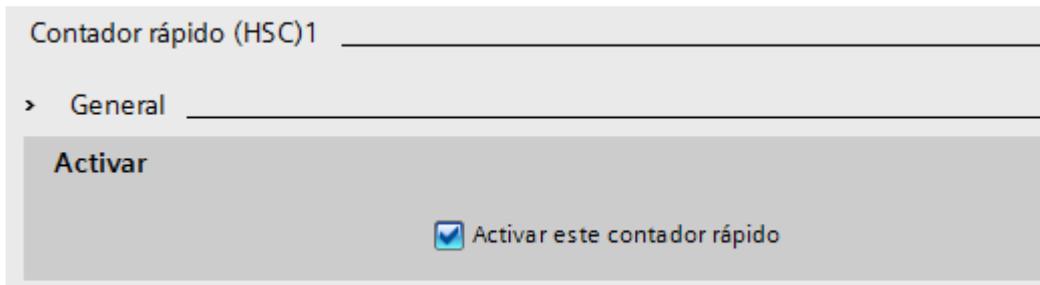


Figura 16 Habilitar contador rápido para la práctica 3. En propiedades del PLC buscamos la sección de contadores.

Cargamos la configuración del hardware al PLC

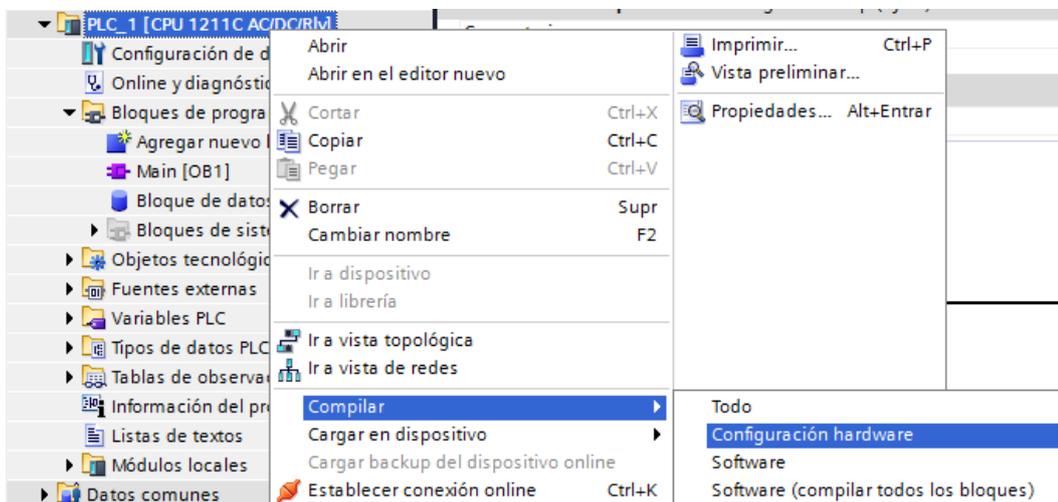


Figura 17 Cargar configuración hardware. Se realiza esto para que el PLC reconozca la señal del encoder.

En este segmento se programa la puesta en servicio y el paro del sistema.

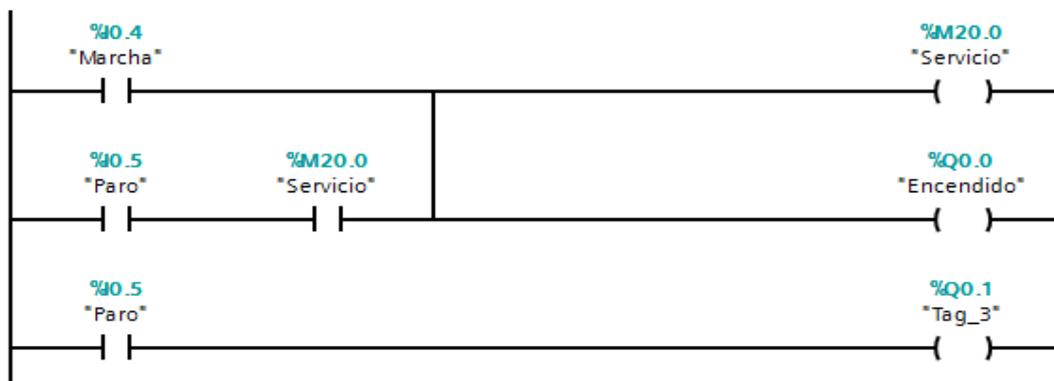


Figura 18 Segmento de puesta en marcha. Cuando se presiona marcha se activa la marca de servicio y se realimenta el circuito.

Al momento de dar marcha se encenderá el motor dosificador, para esto debemos mandar la señal digital de activación y un valor analógico para que encienda.

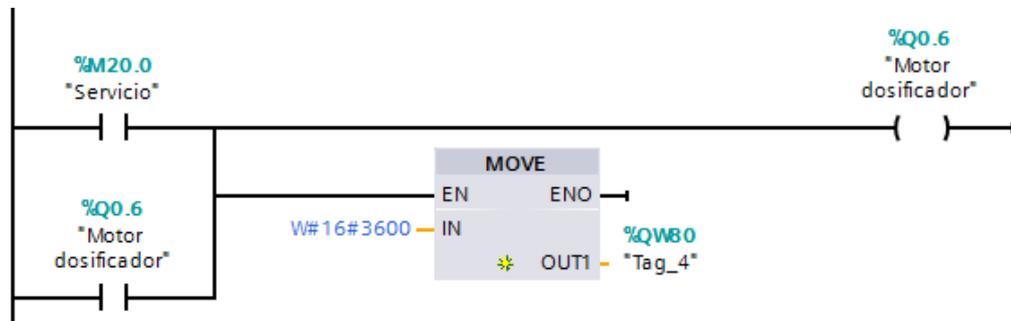


Figura 19 Segmento de activación del motor dosificador. Es necesario mandar una señal analógica.

Se crea los bloques comparadores y se compara señal del encoder con un valor de referencia en este caso las vueltas que deseamos, estos valores corresponde a la relación entre los pulsos que se genera en una vuelta.

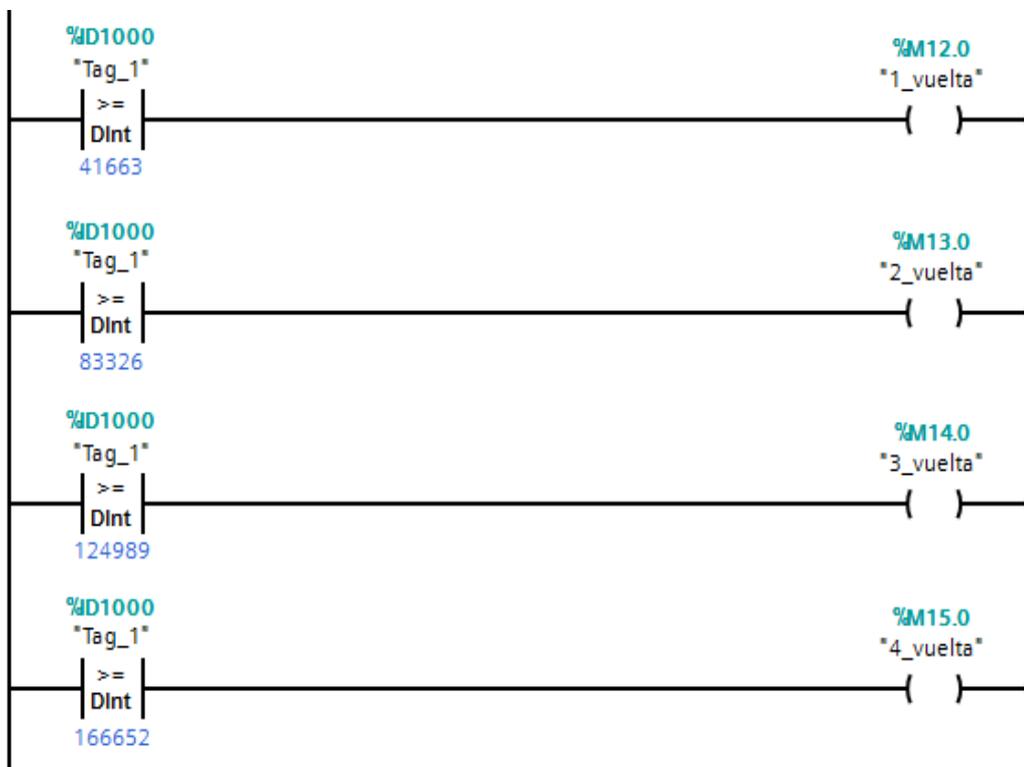


Figura 20 Activación y desactivación del led Q0.2. El led del Q0.2 se va a encender o apagar dependiendo en la vuelta que se encuentre.

Luego se realiza un juego de contactos para la activación o desactivación del led Q0.2 dependiendo en la vuelta que se encuentre.

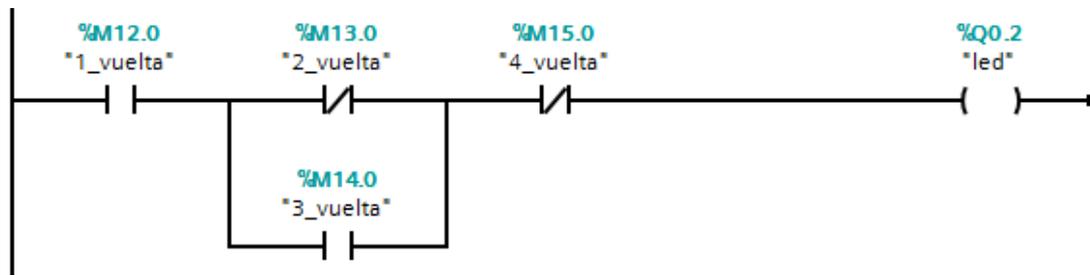


Figura 21 Bloques de contactos para el led Q0.2. Con esto se cumple la condición dada en la descripción

Conclusión.-

Con esta práctica pudimos determinar la relación de los pulsos con las vueltas que realiza el tornillo sin fin, también pudimos utilizar el bloque de comparadores y la señal A del encoder.

Práctica # 4

TEMA: “Contadores rápidos HSC”

Objetivo.-

- Aprender el funcionamiento del bloque de contadores rápidos.
- Configurar hardware del dispositivo.
- Aprender el funcionamiento de los bloques de interrupción.

Materiales.-

- PC con software TIA PORTAL.
- Módulo de entrenamiento PLC 1200.
- Módulo de dosificación.
- Cable DB25
- Conector plus banana
- Cable de red
- Recipiente

Descripción.-

Realizar la dosificación del producto mediante el bloque de contadores rápidos utilizando una interrupción de llamada. El sistema se pondrá en funcionamiento al pulsar el botón marcha, en ese momento se activará la banda transportadora llevando el recipiente hasta que sea sensado, luego se iniciara la dosificación para un peso de 200g, cuando termine la dosificación se deberá encender nuevamente la banda transportadora, este proceso se debe realizar para 3 tandas.



Figura 22 Entradas y salidas práctica 4. Se describe las entradas y salidas utilizadas.

Esquema de la planta

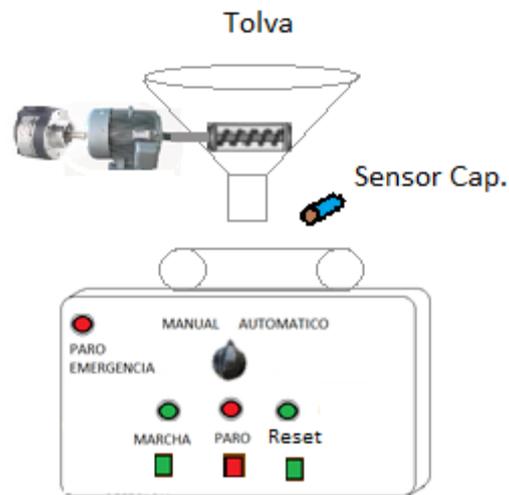


Figura 23 Esquema de la planta. Se observa los elementos de la estación de dosificación

Variables.-

Las variables a controlar y medir son:

- Medir números de vueltas.
- Controlar la posición de los envases.
- Controlar velocidad del motor.

Direcciones a utilizar:

Tabla 4

Direcciones asignadas al PLC.

Direcciones	Descripción
I0.0	Señal A encoder
I0.3	Sensor capacitivo
I0.4	Marcha (NA)
I0.5	Paro (NC)
Q0.0	Led Marcha
Q0.5	Banda transportadora
Q0.6	Motor dosificador
QW80	Señal analógica

Procedimiento.-

Para el conteo de los pulsos, se deben realizar mediante las instrucciones adecuadas y en este caso las instrucciones que deben tenerse en cuenta son las de lectura rápida, como el bloque de contadores rápidos “CTRL_HSC”.

Se dispone de 6 contadores rápidos pero por defecto no se encuentran habilitados, así que para habilitarlos daremos click derecho en el PLC_1 y entraremos a las propiedades

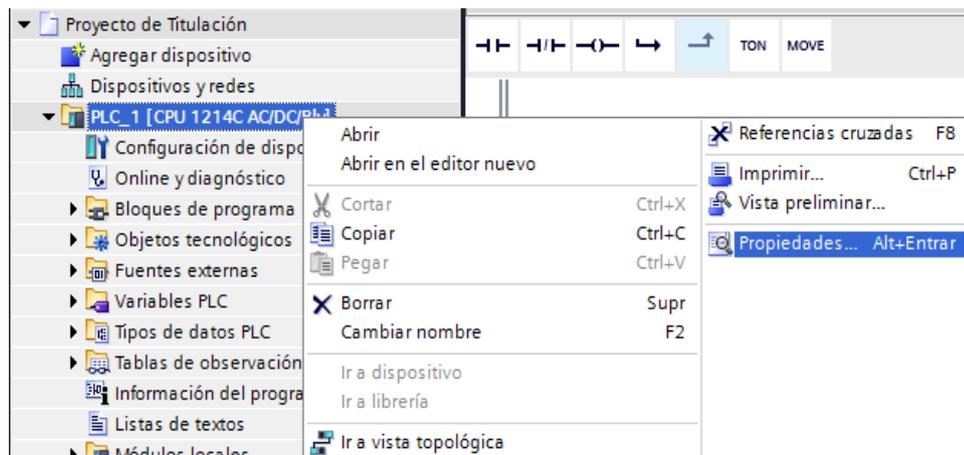


Figura 24 Propiedades del PLC. Entramos a las propiedades para habilitar los HSC

Desde la ventana que nos aparece buscaremos “Contadores rápidos (HSC)1” y activamos la opción que nos aparece.

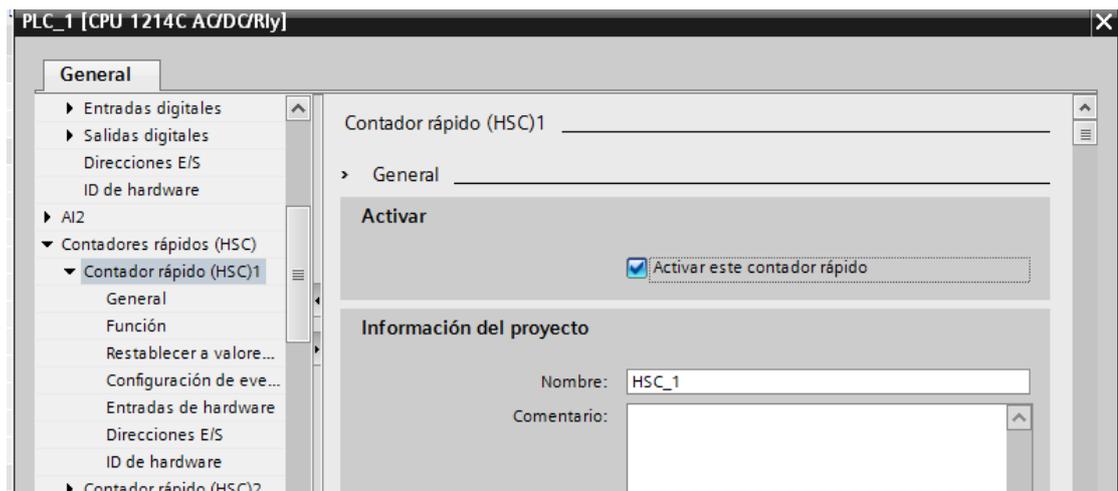


Figura 25 Activar contador rápido. Activamos la opción de habilitar el HSC1

Al pulsar el botón de marcha se enciende la luz indicadora de puesta en servicio y con ellos se enciende la banda.

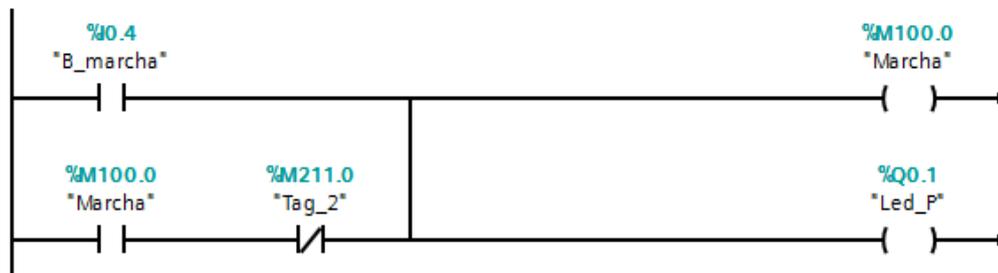


Figura 26 Puesta en servicio práctica 5 Este segmento es para poner el proceso en funcionamiento

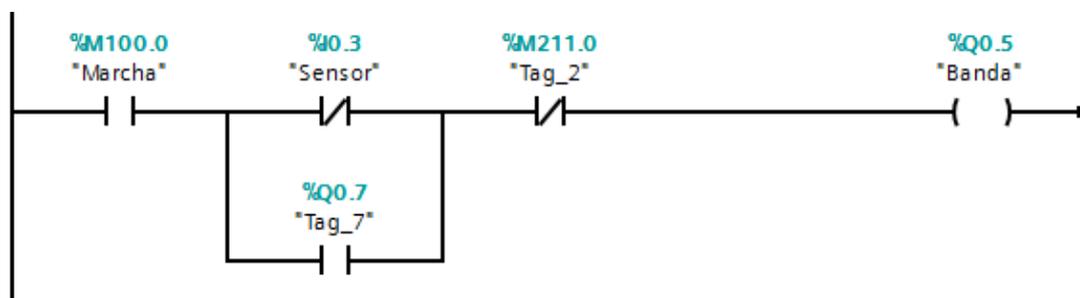


Figura 27 Activar banda práctica 5. En este segmento se enciende la banda luego de haber pulsado marcha.

El motor dosificador se activará cuando el sensor detecte el recipiente.

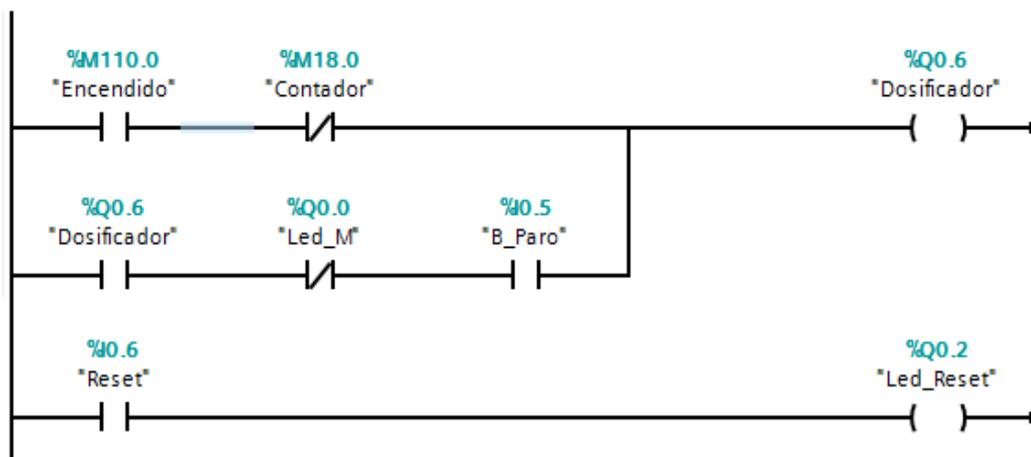


Figura 28 Segmento de motor y reset. En este segmento esta la activación del motor dosificador y del reset del proceso.

En las propiedades del dispositivo entramos a la sección de configuración de eventos de los contadores rápidos y activaremos la opción de general alarma y crearemos un bloque de interrupción cíclica

Este bloque se habilitara cuando el valor de conteo del encoder es igual al valor de referencia

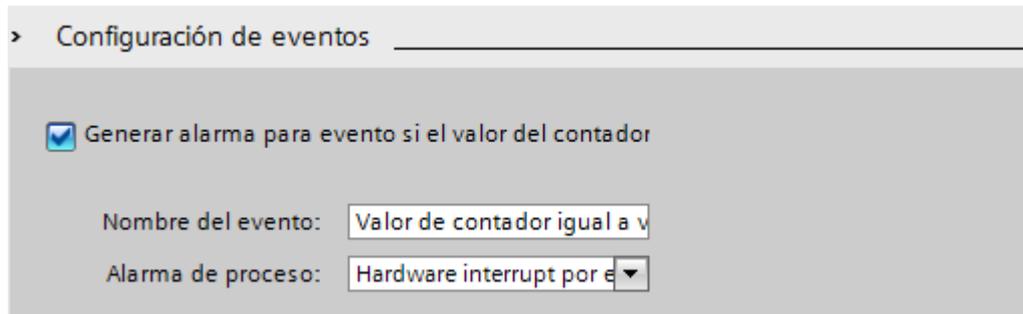


Figura 29 Configuración para eventos HSC. En alarma de proceso activamos Hardware interrupt por encoder.

Luego llamamos al bloque de los contadores rápidos, y lo configuramos.

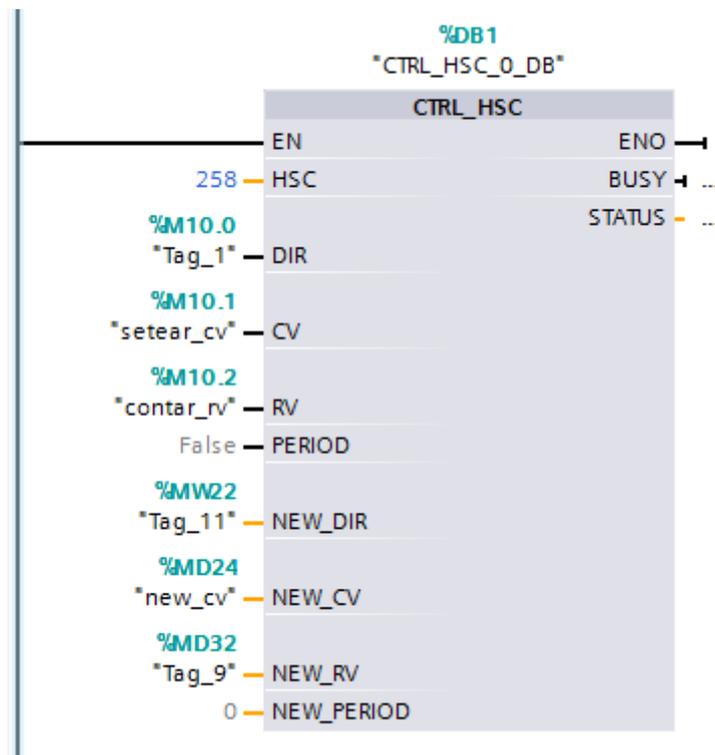


Figura 30 Bloque del HSC1. En el menú de ayuda podemos ver de qué trata cada variable.

En la marca MD24 se coloca el nuevo valor inicial del encoder, se le mueve un 0 a esa dirección para poder iniciar de nuevo el proceso, en la marca MD28 está el valor de referencia es decir el valor que deseamos llegar.

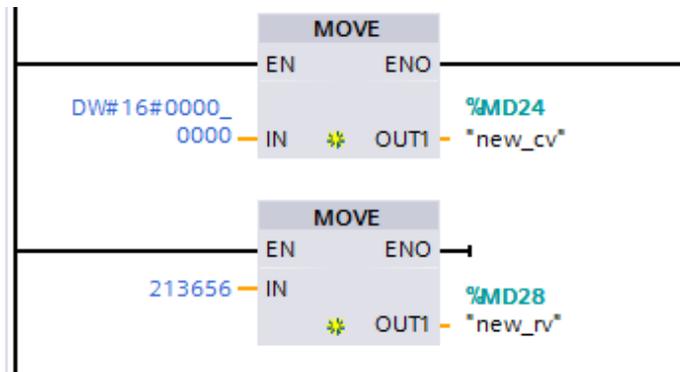


Figura 31 Establecer variables del HSC 1. Usamos move para mover los datos que queramos a una marca.

Cuando el valor del encoder alcanzo al de referencia se habilitara el main de interrupción.

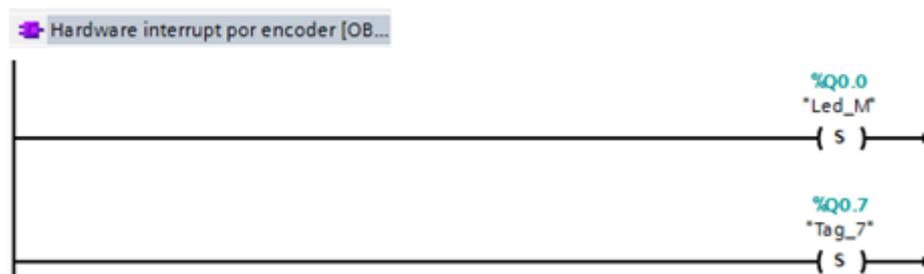


Figura 32 Bloque de interrupción. En el bloque de interrupción cíclica los elementos quedaran seteados.

Para resetear el valor actual del encoder y empezar un nuevo conteo, debemos activar CV y RV.

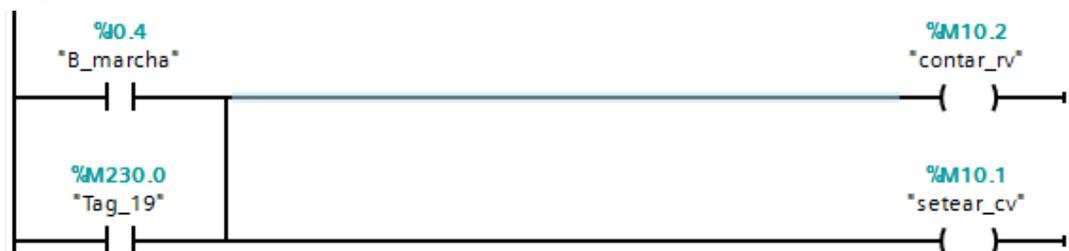


Figura 33 Resetear y nuevo contaje. En este segmento se resetean los valores al dar marcha y al termina la dosificación.

Como los valores dentro del bloque de interrupción están seteados en el main principal debemos de resetearlos.

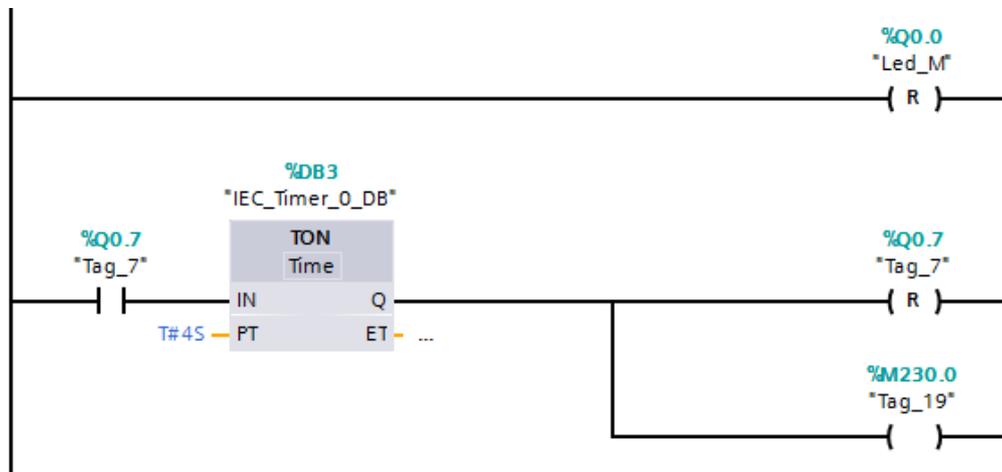


Figura 34 Reseteo de contactos. En este segmento está un temporizador para después de que luego de la dosificación el recipiente llegue hasta el final de la banda y se apague

Resultados.-

Tabla 5

Resultado de la dosificación con el HSC1.

Cantidad [g]	Prueba1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
200 g	191 g	185 g	187 g	187,66 g

Conclusiones.-

En ocasiones en los procesos de automatización se necesita trabajar con entradas rápidas, entradas que actúen al margen del ciclo de SCAN. Estas entradas han de desencadenar una acción en el preciso instante en que se activan.

Este tipo de entradas se les denomina entradas de interrupción y hacen que al activarse es ejecute un sub-programa o rutina de interrupción que para el ciclo de SCAN y ejecuta el sub-programa de manera inmediata.

Práctica # 5

TEMA: “HMI virtual del TIA PORTAL”

Objetivos.-

- Realizar un control de monitoreo.
- Reconocer las distintas herramientas del software de monitoreo.
- Visualizar el proceso mediante el HMI del TIA PORTAL

Materiales.-

- PC con software TIA PORTAL.
- Módulo de entrenamiento PLC 1200.
- Módulo de dosificación.
- Cable DB25
- Conector plus banana
- Cable de red
- Recipiente

Descripción.-

Realizar un control del dosificador a través de una interfaz HMI virtual, en la cual se podrá ingresar la cantidad de peso deseada y fija la cantidad de tandas a dosificar, este resultado se debe visualizar en la pantalla y se realizara utilizando el bloque de contadores rápidos con la interrupción de llamada además el sistema debe contar con un botón de paro y marcha.



Figura 35 Entradas y salidas práctica 5. Se describe las entradas y salidas utilizadas.

Variables.-

Las variables a controlar y medir son:

- Medir números de vueltas.

- Controlar la posición de los envases.
- Controlar velocidad del motor.

Direcciones a utilizar:

Direcciones asignadas al PLC.

Direcciones	Descripción
I0.0	Señal A encoder
I0.3	Sensor capacitivo
I0.4	Marcha (NA)
I0.5	Paro (NC)
Q0.0	Led Marcha
Q0.1	Led Paro
Q0.5	Banda transportadora
Q0.6	Motor dosificador
QW80	Señal analógica

Procedimiento.-

Desde la ventana de árbol de proyecto abrimos “agregar redes y dispositivos”, luego buscamos el HMI que vamos a utilizar y seguimos los pasos que nos indica el asistente de configuración del HMI. Una vez terminado nos saldrá la plantilla en la que comenzaremos a programar.

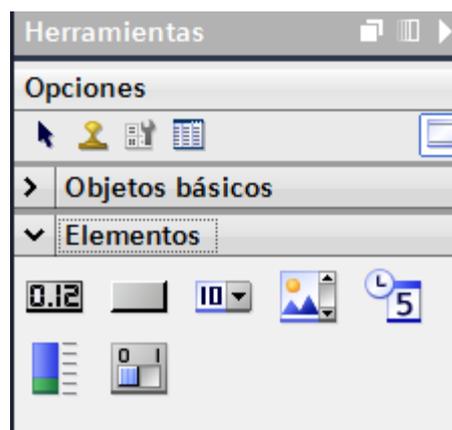


Figura 36 Venta de herramientas del HMI. Desde esta ventana escogeremos

Escogemos los botones en la sección de elementos y los indicadores en la sección de objetos básicos.



Figura 37 Plantilla HMI para practica 5. Escogemos los elementos necesarios para operar desde la simulación virtual.

Luego comenzamos asociando los elementos a las variables que están en el main, entremos a las propiedades de los botones y vamos a la sección de eventos. En pulsar pondremos “ActivarBit” y seleccionamos la marca que queremos asociar.

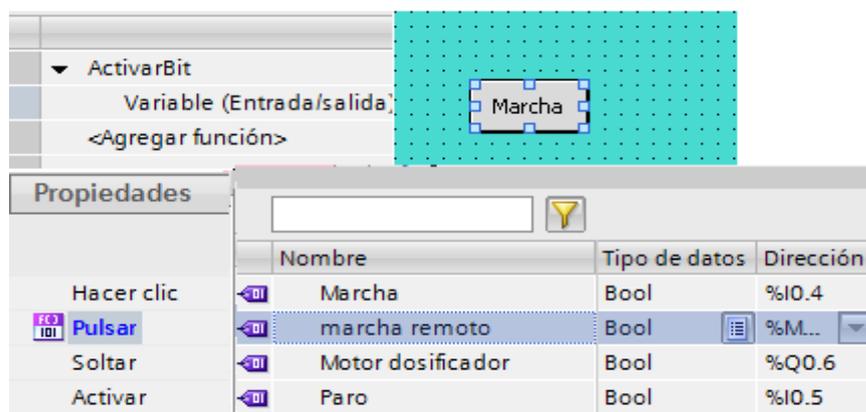


Figura 38 Activar Bit. Cuando pulsemos el botón activaremos la marca asociada.

El mismo procedimiento para soltar, pero pondremos “DesactivarBit”

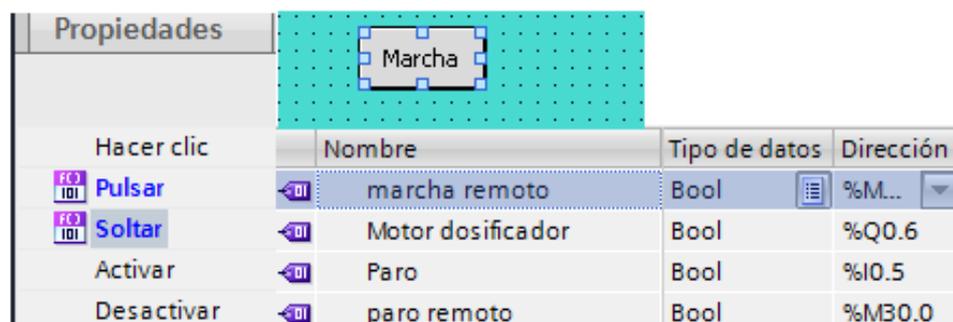


Figura 39 Desactivar Bit. Cuando soltemos el botón se desactivara la marca “marcha remoto”

Para el botón de paro realizamos lo mismo pasos del marcha pero asociando a la marca correspondiente.

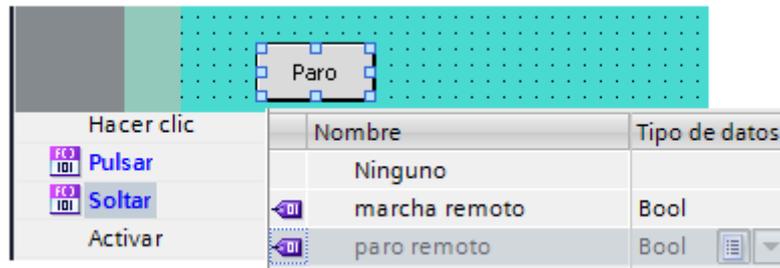


Figura 40 Configurar eventos de paro. Asociamos la variable de “paro remoto”.

Para los indicadores de luz piloto, entraremos a las propiedades e iremos a animaciones y en apariencia podemos asociar el elemento a la variable en este caso la Q0.0. Además debemos establecer los rango “0” para cuando el Q0.0 este off y “1” cuando este on.

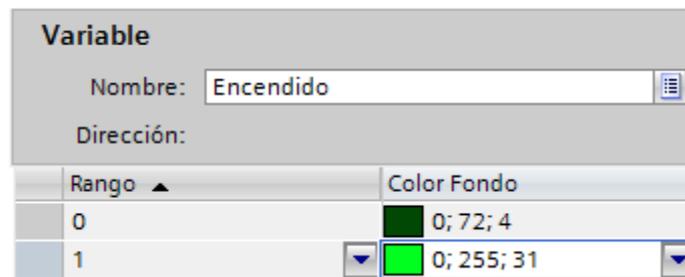


Figura 41 Animar led encendido. Se establece los rangos para el led de encendido.

Para el led de apagado procedemos con los mismos pasos.

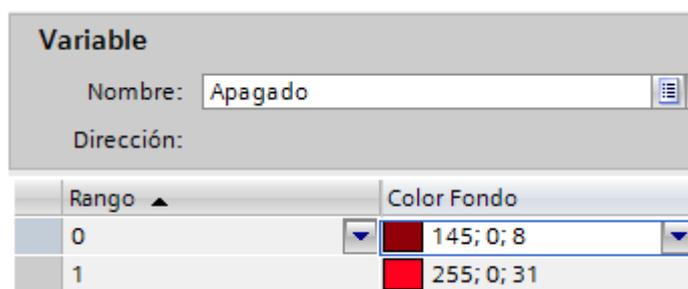


Figura 42 Animar led apagado. Se debe asociar al Q0.1

Desde la ventana de árbol de proyecto entramos a las variables del HMI y habilitamos el modo de acceso absoluto.

Colocamos textos y el campo de entradas/salidas para poder ingresar los datos que queremos.

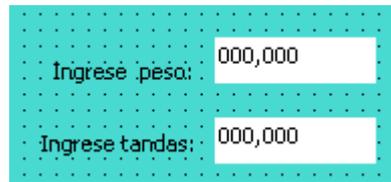


Figura 43 Campo de entradas y salidas. Para que se pueda ingresar el valor deseado desde el HMI

En las propiedades generales asociamos a la variable que vamos a enviar estos datos.

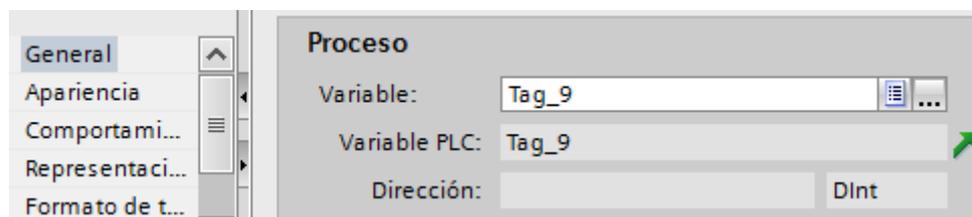


Figura 44 Asociar variables. Se relacionan las variables del HMI con las del PLC

Dirección	Modo de acceso
%Q0.1	<Acceso absoluto>
%Q0.0	<Acceso absoluto>
%M25.0	<Acceso absoluto>
%M30.0	<Acceso absoluto>

Figura 45 Variables del HMI. Debemos tener el modo de acceso en “Acceso absoluto” de caso contrario el HMI no las asocia.

Realizamos una programación similar a la práctica # 4, para ingresar el valor que deseamos dosificar tendremos que crear una relación de peso y número de pulsos

El valor de MD32 corresponde a la marca donde se ingresa el valor que se desea obtener, este valor es multiplicado para el número de pulsos en una vuelta y dividido para 4 que es el peso en una vuelta, de esta manera sacamos la relación.

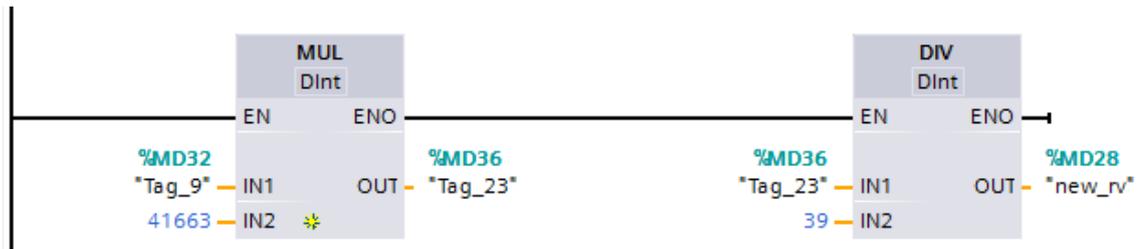


Figura 46 Segmento de relación vuelta-peso. Se tiene una relación con el peso obtenido en una vuelta.

Y para ingresar el número de tandas el valor ingresado en el HMI se guarde en la dirección MW44 y lo pondremos de referencia en el bloque de un contador.

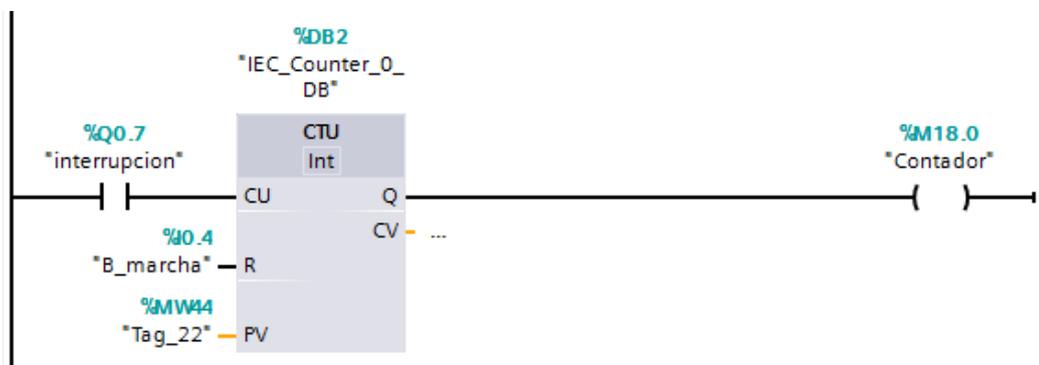


Figura 47 Ingreso de números de tanda. Se ingresa el valor desde la ventana del HMI virtual

Conclusiones.-

Se pudo usar la herramienta de control de monitoreo del TIA portal y se pudo observar el comportamiento del sistema.

Para que las variables de la programación en el bloque main estén asociadas con los botones que se encuentre el HMI, se debe entrar a las variables del HMI y colocarlas en modo de acceso absoluto.

Práctica # 6

TEMA: "Control PID"

Objetivo.-

Diseñar un compensador PID que modifique la dinámica de la planta para satisfacer condiciones específicas.

Materiales.-

- PC con software TIA PORTAL.
- Módulo de entrenamiento PLC 1200.
- Módulo de dosificación.
- Cable DB25
- Conector plus banana
- Cable de red
- Recipiente

Descripción.-

Realizar una dosificación para un valor ingresado desde la pantalla virtual del HMI, para esta práctica la dosificación del producto se realizara mediante el bloque PID_compact, utilizando el autoajuste de bloque PID.

Al pulsar marcha el sistema se enciende activado la luz piloto de encendido y activando la banda transportadora que llevara el producto hasta la salida de la tolva, cuando sea sensado por el sensor capacitivo, empezará la dosificación una vez terminada se activa la banda y lleva el producto al final de la banda, el sistema se detendrá cuando se pulse el botón de paro.



Figura 48 Entradas y salidas práctica 6. Se describe las entradas y salidas utilizadas.

Diagrama de bloques

En este lazo de control gobernante el PLC es el encargado de recibir la información del nivel de peso deseado (set point) a través de una conversión peso-vuelta, la medición del valor real es a través del sensor (encoder) estableciendo una relación vuelta-peso, y la corrección se realiza mediante el variador de frecuencia.

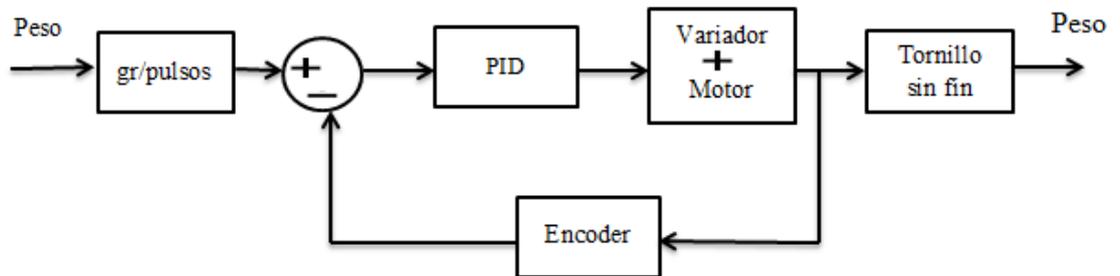


Figura 49 Diagrama de bloques de la planta. Se ingresa el peso y se realiza una conversión en pulsos.

Variables.-

Las variables a controlar y medir son:

- Medir números de vueltas.
- Controlar la posición de los envases.
- Controlar velocidad del motor.

Direcciones a utilizar:

Tabla 6

Direcciones asignadas al PLC.

Direcciones	Descripción
I0.0	Señal A encoder
I0.3	Sensor capacitivo
I0.4	Marcha (NA)
I0.5	Paro (NC)
Q0.0	Led Marcha
Q0.1	Led Paro
Q0.5	Banda transportadora
Q0.6	Motor dosificador
QW80	Señal analógica

Registro de resultados.-

Para realizar el control PID, se debe crear un bloque de interrupción cíclica debido a que la instrucción PID necesita ejecutarse a intervalos regulares.

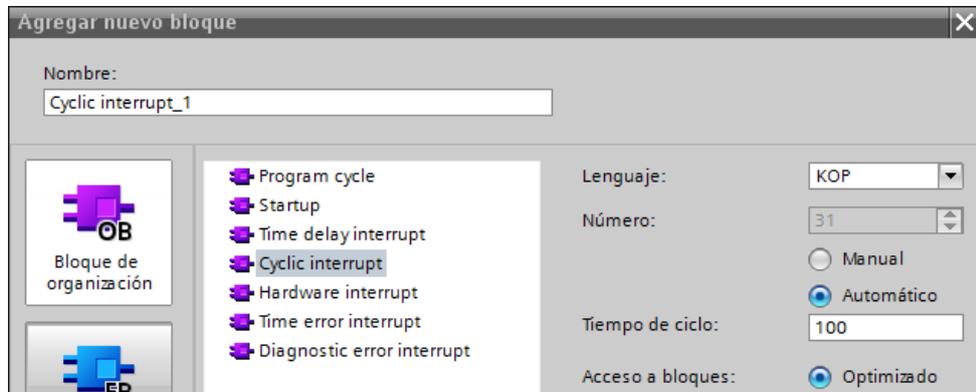


Figura 50 Agregar bloque cyclic interrupt. Creamos un bloque de interrupción cíclica para el bloque PID

Para utilizar la variable de entrada input del bloque PID, se debe ingresar la señal de medición del encoder que es el valor de ID1000, para tener en una escala pequeña este valor vamos a moverlo a una marca y convertirla en un dato de tipo real para dividirla para 10000.

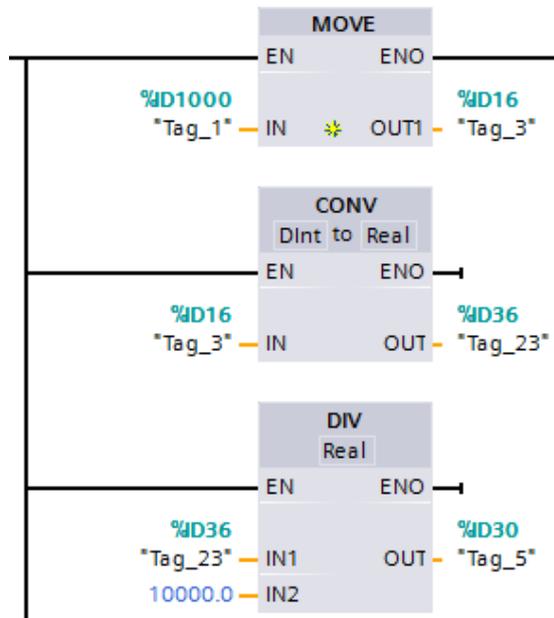


Figura 51 Segmento de relación vuelta-peso. Sacamos una relación para poder ingresar peso y obtener el número de vueltas.

La señal ID100 corresponde al valor que se ingresa desde la pantalla del HMI y es el valor del peso que ingresamos, este valor lo convertiremos de peso a pulsos para que sea el valor de set point de nuestro bloque PID.

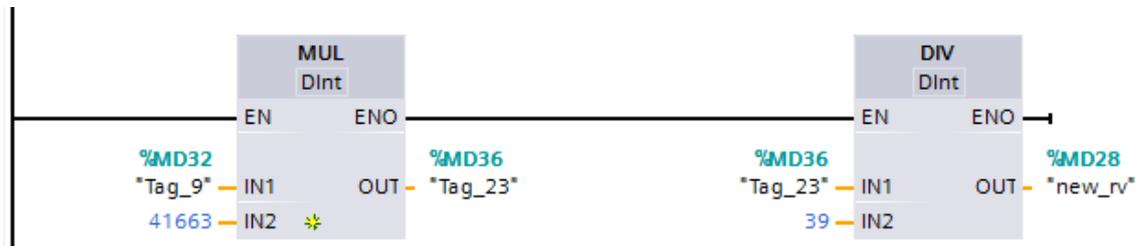


Figura 52 Relación peso-pulsos. En este bloque el valor ingresado desde el HMI se convierte en pulsos.

Y configuramos el bloque PID de la siguiente manera:

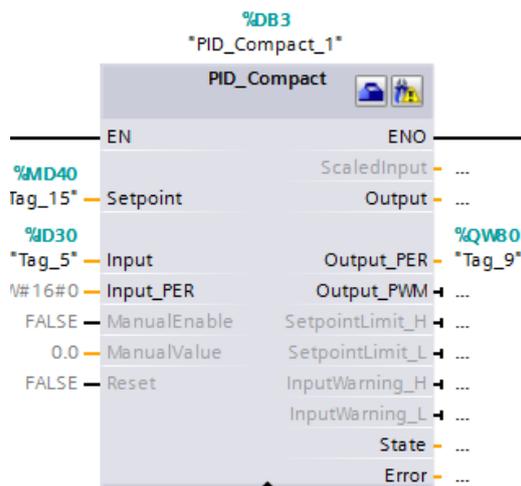


Figura 53 Configuración del PID para la practica 6. La salida del PID va a la dirección de la señal analógica.

En el main principal colocamos el bloque de HSC1 para poder usar la lectura del encoder y realizar el seteo del contaje con la dirección M100.1 y en la dirección MD24 debemos poner el valor de 0 para cuanto se realice el seteo tome ese valor y pueda comenzar a contar desde 0.

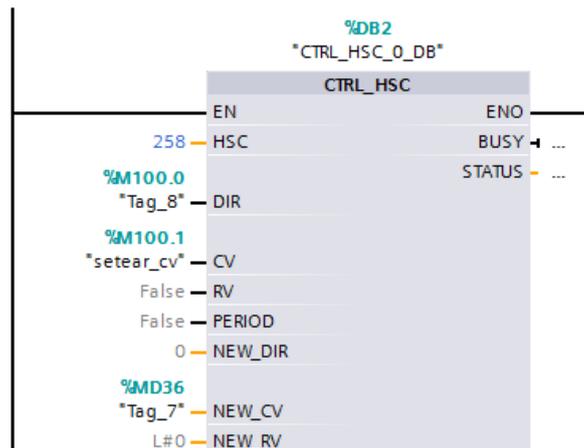


Figura 54 Configuración del HSC. Este bloque corresponde al contador rápido HSC1.

Programamos el botón de marcha con su luz piloto y el servicio del sistema.

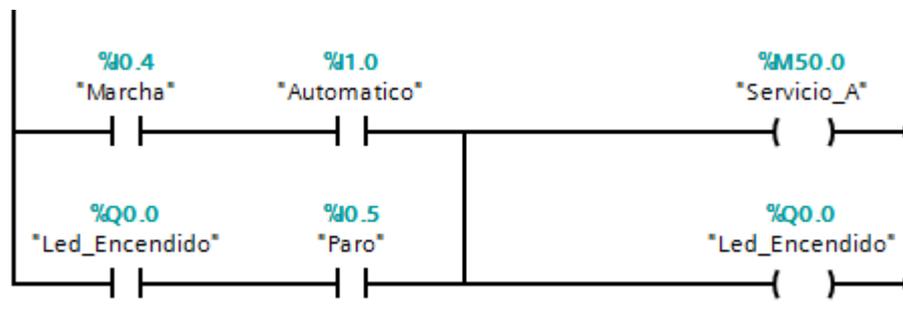


Figura 55 Segmento de marcha de la práctica 6. Cuando se presione marcha se activará su luz piloto.

Programamos la activación de la banda y la desactivación cuando el sensor haya detectado el recipiente.

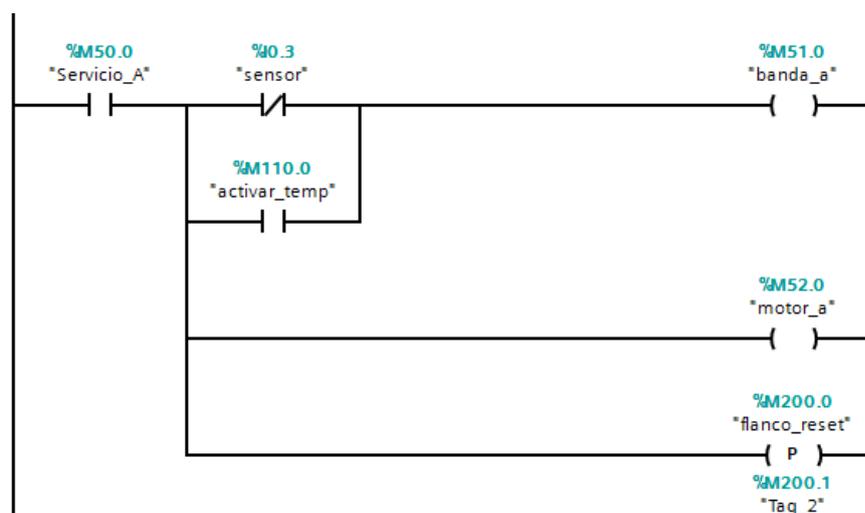


Figura 56 Segmento de activación de la banda. Esta se detiene cuando el sensor detecta el recipiente.

Para que el motor dosificador funcione no es solo necesario activar su salida digital, también hay que moverle un 3 al valor sReti_Mode.

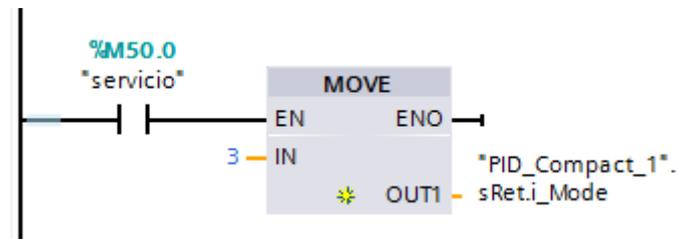


Figura 57 Activación de motor dosificador .Cuando se active la marca de servicio y el motor dosificador el control PID realizara el autotuning.

EL reseteo del encoder se dará al dar marcha y al finalizar el proceso de esta manera siempre estará en 0 cuando se desee dosificar.

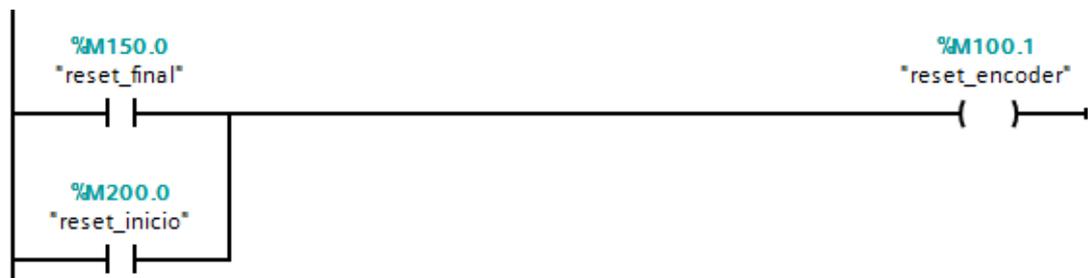


Figura 58 Reset del encoder. La marca 100.1 corresponde al CV del HSC1.

Al finalizar la dosificación se espera un tiempo de 6sg y se reinicia el valor del encoder.



Figura 59 Reset de final de proceso. Cuando la dosificación termine, se espera un tiempo y luego se resetea los valores.

En el bloque de interrupción llamamos a la instrucción del controlador PID, y llenamos los parámetros de setpoint, input y output.

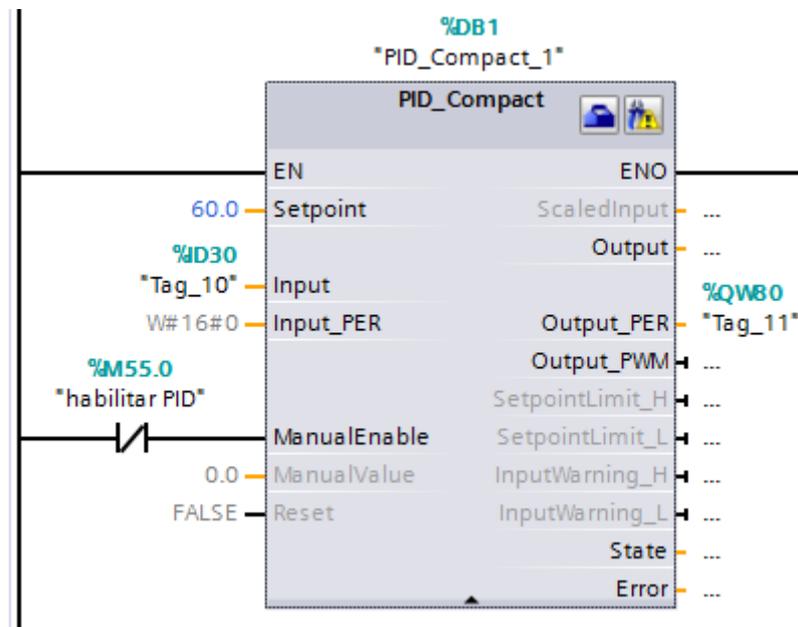


Figura 60 Bloque PID practica 6. Este segmento está en el main de interrupción cíclica.

Ahora crearemos una interfaz en el HMI virtual para poder ingresar el peso deseado y que se realice la conversión, el valor donde se ingresa el peso esta asociada a la marca ID100



Figura 61 Pantalla del HMI. Esta es la pantalla donde podremos controlar la estación de dosificación

Una vez terminada la programación compilamos y cargamos el programa y procedemos al bloque PID para realizar una optimización inicial y el PID sacara los parámetros del controlador.

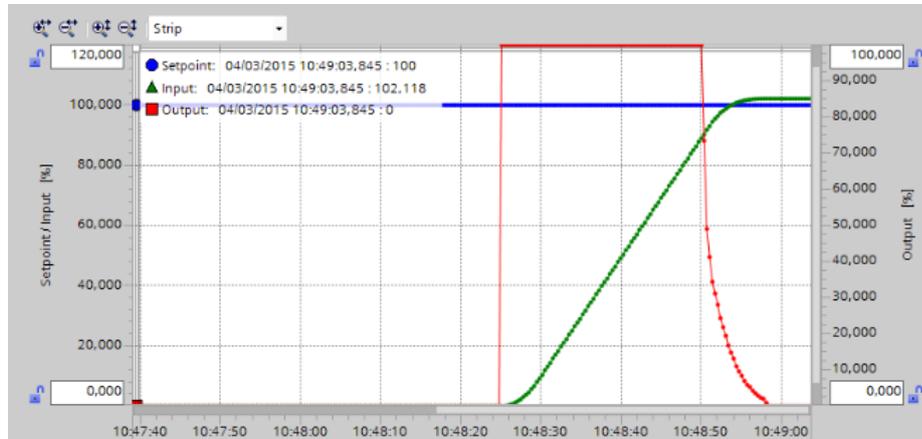


Figura 62 Optimización inicial. El PID_compact realiza una optimización para obtener los parámetros del controlador.

Los parámetros obtenidos fueron:

Figura 63 Parámetros PID práctica 6. En la configuración del PID podemos ver estos valores

Con estos parámetros se obtuvieron los siguientes resultados para un peso de 250 gramos:

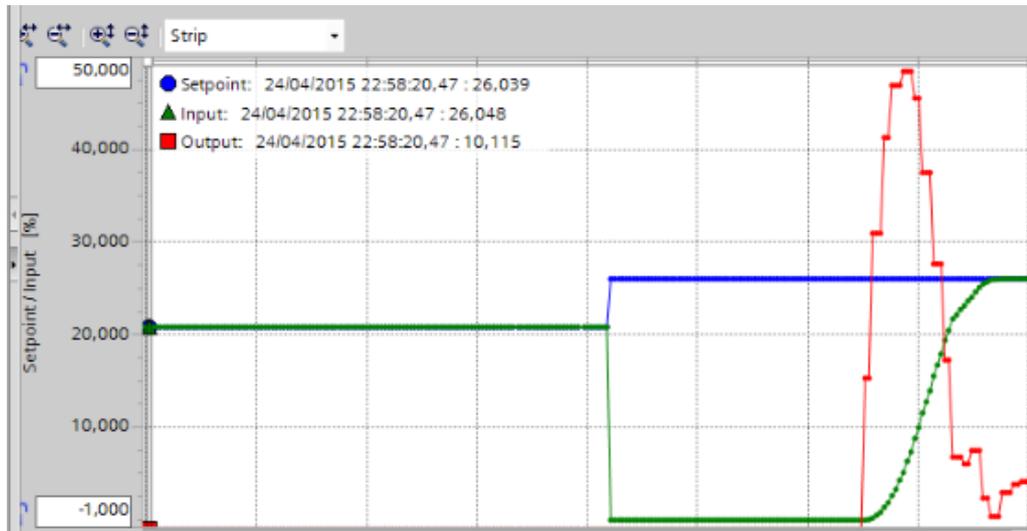


Figura 64 Gráfica de la respuesta del sistema. Este fue el resultado para un peso de 250g.

Tabla 7

Resultados de la práctica 6

Cantidad Requerida [g]	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
200 g	196 g	195 g1	198 g	196.33 g

Conclusiones.-

Con estas prácticas concluimos que los controladores PID son de gran utilidad y son usados en la industria con mucha mayor frecuencia que el resto de los controladores principalmente porque es una combinación de ellos mismos.

ANEXOS 2: DIAGRAMAS

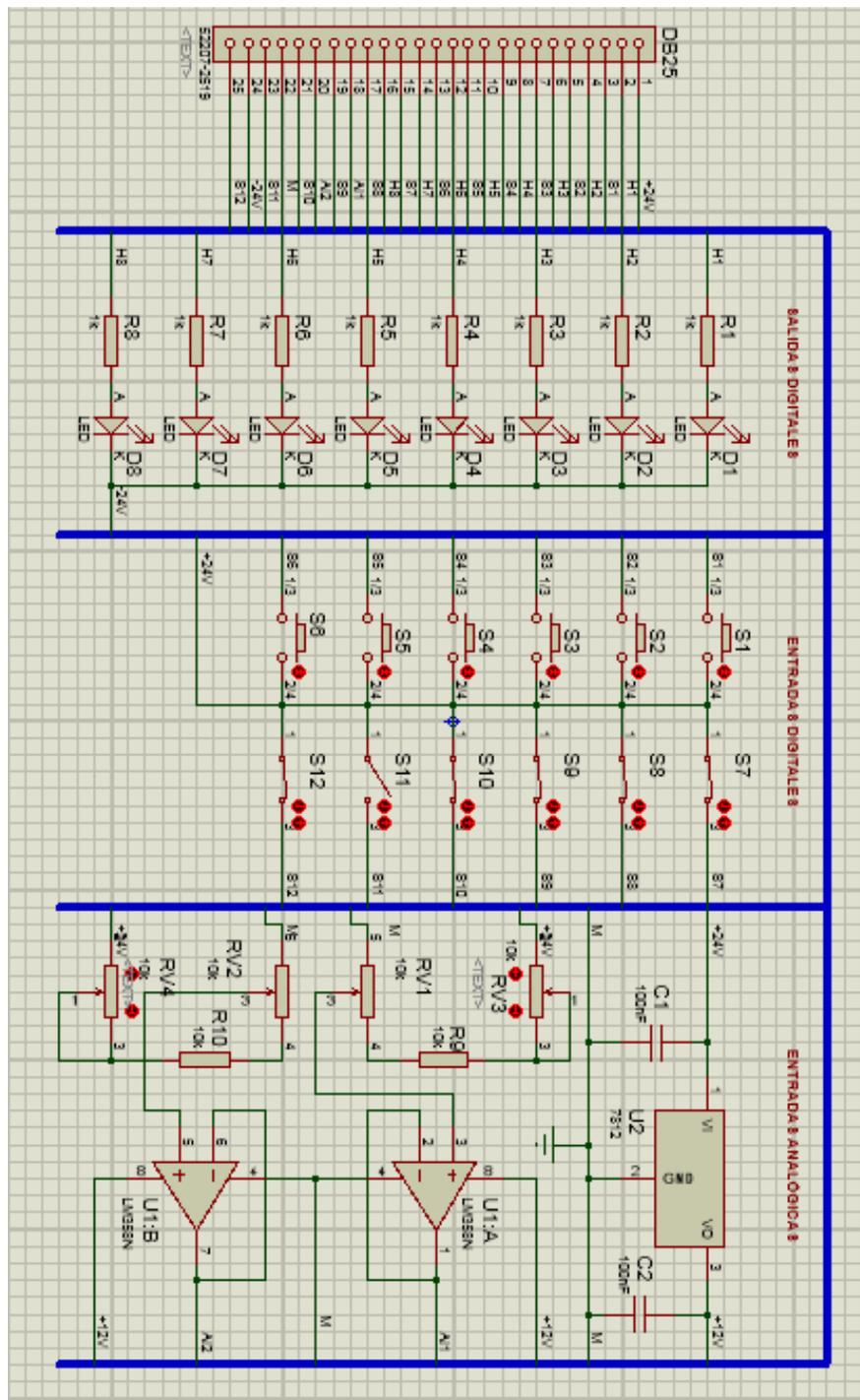


Figura 65 Diseño de tarjeta simulador de entradas y salidas. En el software Proteus se realizó la simulación de la tarjeta electrónica. *Laboratorio de automatismo industrial.*

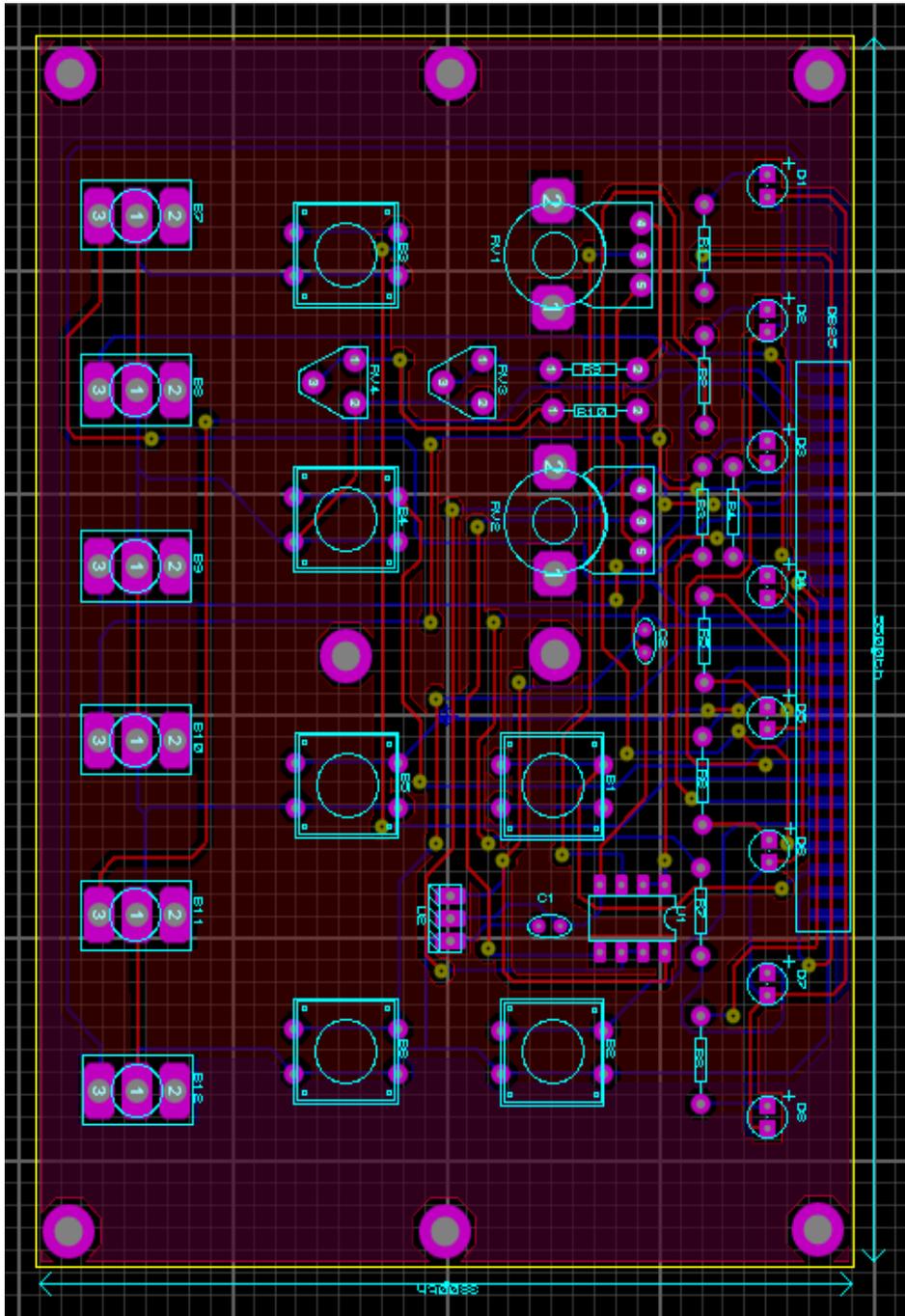


Figura 66 Diseño de la pista de la tarjeta de simulación de entradas y salidas. Desde el Ares podemos obtener el layout de la pista. *Laboratorio de automatismo industrial.*

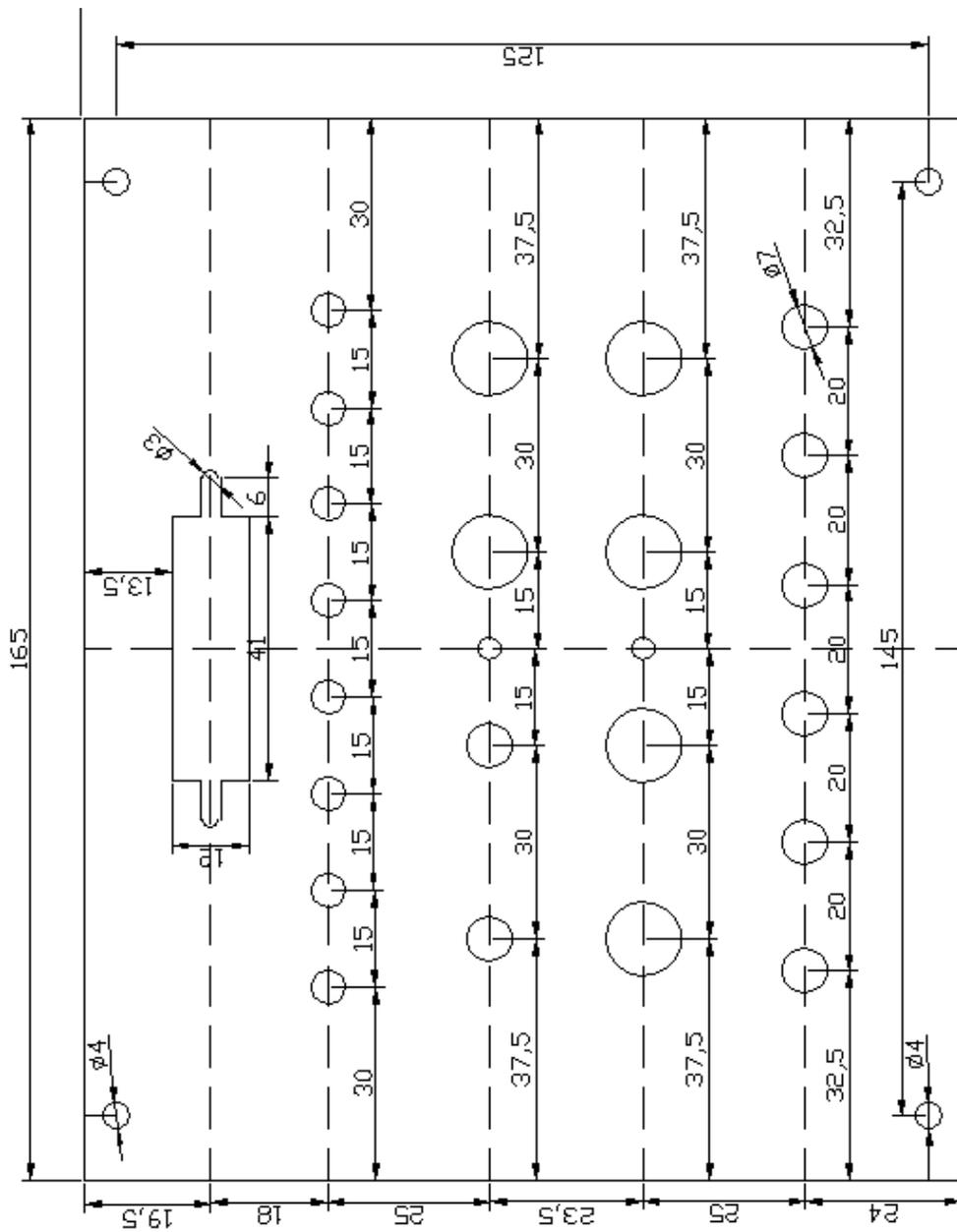


Figura 68 Plano de la tarjeta de simulación de entradas y salidas. Estas son las medidas que se usaron en la tarjeta electrónica del PLC. *Laboratorio de automatismo industrial.*