



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE
PROCESO INDUSTRIAL DE MEZCLA Y PESAJE DE
GRANULADOS EMPLEANDO UNA RED PROFIBUS DP**

AUTORES:

ÁNGEL LEONEL ARMIJOS SIGÜENZA.
JOAO KEVIN NÁJERA SUÁREZ.

TUTOR:

ING. LUIS NEIRA CLEMENTE.

GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE DEL 2017

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **ÁNGEL ARMIJOS SIGÜENZA** y **JOAO NÁJERA SUÁREZ** autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los temas que han sido desarrollados, análisis que se han implementado y las respectivas conclusiones del presente proyecto están bajo la autoría y responsabilidad de los autores y no ha sido presentado anteriormente en ningún grado o calificación profesional y se ha consultado las referencias bibliográficas las cuales se incluyen en este documento.

Guayaquil, Septiembre del 2017.

Ángel Leonel Armijos Sigüenza

Joao Kevin Nájera Suárez

DECLARATORIA SOBRE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

A través de la presente declaración, cedemos los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual por su reglamento y por su normatividad institucional vigente.

Guayaquil, Septiembre del 2017.

Ángel Leonel Armijos Sigüenza

Joao Kevin Nájera Suárez

DEDICATORIA

La realización del presente proyecto se lo dedico a Dios por brindarme la fortaleza y sabiduría necesaria para poder afrontar todas las dificultades que han surgido a lo largo de este camino.

A las dos personas primordiales en mi vida mis padres, Pablo Nájera y Narcisa Suárez, pues ellos nunca dejaron de confiar en mí, su dedicación, paciencia, esfuerzo y sacrificio fueron el incentivo más valioso para llegar al objetivo propuesto en el proceso de mi formación personal y profesional. A mi hermano y hermana a los cuales espero ser un ejemplo en su vida personal y su futura vida profesional.

Con todo cariño este proyecto de grado se lo dedico a ustedes.

Joao Kevin Nájera Suárez

A Dios por llenarme de bendiciones sobre mí y darme las fuerzas necesarias para vencer y cumplir cada meta en mi vida.

A mis padres Ángel Armijos y Leonor Sigüenza por el apoyo incondicional brindado en estos años de estudios y por sus enseñanzas, consejos, comprensión que me han hecho un hombre de bien y estaré eternamente agradecido toda la vida.

Este logro los comparto con ellos, los amo.

A mis hermanos Allison, Kevin y Jesús por estar siempre presente en mi vida, los amo.

Ángel Leonel Armijos Sigüenza

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los docentes que influyeron en mi formación académica y profesional a la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil y sus autoridades, mi tutor Luis Neira, a mis familiares y a las demás personas que han estado a lo largo de este proyecto y han contribuido significativamente dándome un apoyo para conseguir este objetivo. Muchas gracias a todos ellos.

Joao Kevin Nájera Suárez

Estoy eternamente agradecido con Dios quien me ha guiado en el camino de mi vida, con fe fuerza y mucha sabiduría para afrontar y superar cada reto que se presenta en toda mi vida profesional.

Muy agradecidos con mis padres por todo el apoyo brindado en todo momento de mi vida, por inculcarme todas sus enseñanzas, valores y experiencias de la vida, es mi ejemplo a seguir.

A una excelente persona y gran amigo Erick Rea que estuvo brindándome incondicionalmente su gran apoyo y consejos para seguir adelante en este proyecto.

Al ingeniero Luis Neira Director de nuestro proyecto de Titulación por su apoyo incondicional, sus grandes consejos y brindarnos su asesoría técnica durante todo este tiempo.

A mi amigo y compañero de Tesis Joao Nájera por el apoyo incondicional en el desarrollo de nuestro proyecto de titulación.

Un agradecimiento en general a todos los profesores que compartieron sus enseñanzas y experiencias durante todos estos años de estudios

Ángel Leonel Armijos Sigüenza

RESUMEN

AÑO	ALUMNOS	DIRECTOR	TEMA
2016-2017	ANGEL ARMIJOS SIGUENZA	ING. LUIS NEIRA	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE PROCESO INDUSTRIAL DE MEZCLA Y PESAJE DE GRANULADOS EMPLEANDO UNA RED PROFIBUS DP.
	JOAO NAJERA SUAREZ		

El presente proyecto **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE PROCESO INDUSTRIAL DE MEZCLA Y PESAJE DE GRANULADOS EMPLEANDO UNA RED PROFIBUS DP”**, se basa en la integración de varias tecnologías estudiadas en la carrera de Ingeniería en electrónica industrial. El prototipo es un sistema de dosificación de granos por medio de silos y el mezclado del producto por medio de un silo inferior las cuales son monitoreados y controlados desde una pantalla táctil HMI, el sistema está conectado a una red Profibus DP entre el PLC-S7-315-2DP la ET-200M y el HMI. El proyecto fue creado con el objetivo de reforzar el conocimiento de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en electrónica de la UPS-GYE por medio de las diferentes pruebas que se realizan con el prototipo. El diseño y elaboración de las tarjetas controladoras de los diferentes tipos de válvulas y la tarjeta transmisora de la celda de carga fue desarrollado por los autores del proyecto. También posee un control PID para la dosificación de los granulados y control automático y manual del prototipo. Al proyecto se complementa con el análisis del desarrollo y diferentes prácticas realizadas en el prototipo didáctico.

PALABRAS CLAVES:

Automatismo, Mezcla, dosificación y pesaje de granulados, Prototipo industrial, Red Profibus DP, Control PID, PLC S7-300, ET-200M, HMI.

ABSTRACT

YEAR	STUDENTS	TUTOR	TOPIC
2016-2017	ANGEL ARMIJOS SIGUENZA	ING. LUIS NEIRA	DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A PROTOTYPE OF INDUSTRIAL PROCESS OF MIXING AND WEIGHING OF GRANULATES USING A PROFIBUS DP NETWORK.
	JOAO NAJERA SUAREZ		

The present project "**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A PROTOTYPE OF INDUSTRIAL PROCESS OF MIXING AND WEIGHING OF GRANULATES USING A PROFIBUS DP NETWORK**", is based on the integration of different technologies studied through the electronic engineering major. The prototype is a grain dosing system having two dosing hoppers on top and a mixing hopper at the bottom are monitored from an HMI touchscreen, the system is connected to a Profibus DP network between the PLC-S7-315-2DP the ET-200M and the HMI touchscreen all these equipment of the Siemens brand. This Project was created with the objective to reinforce the knowledge of the student of electronic engineering major with different practices that are performed with the prototype. The design and development of control cards of the valves and the transmitter card of the load cell was developed by the project authors. It has a PID control for dosing of granulates and automatic and manual control of the prototype. The project is complemented by the analysis of the development and different tests which creates a didactic prototype.

KEYWORDS:

Automatism, Mixing, weighing and dosing of granulates, Industrial prototype, Profibus DP, PID control, PLC S7-300, ET-200M.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
INTRODUCCIÓN	1
1.- EL PROBLEMA	2
1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2.- ANTECEDENTES.....	2
1.3.- DELIMITACIÓN	3
1.4.- JUSTIFICACIÓN	3
1.5.- OBJETIVOS	4
1.5.1.- <i>Objetivo General</i>	4
1.5.2.- <i>Objetivos Específicos</i>	4
2.- ESTADO DEL ARTE	6
2.1.- SISTEMAS SCADA.....	6
2.2.- SISTEMAS DE CONTROL.....	8
2.2.1.- <i>Componentes básicos de un sistema de control.</i>	8
2.3.- CONTROLADOR PID	9
2.3.1.- <i>Funcionamiento del controlador PID</i>	10
2.4.- MÉTODO ZIEGLER-NICHOLS	10
2.4.1.- <i>Sintonización por la respuesta escalón</i>	11
2.5.- RED PROFIBUS DP.....	14
2.5.1.- <i>Características.</i>	15
2.5.2.- <i>Opciones de conectividad: Redes de cobre</i>	15
2.6.- PROYECTOS RELACIONADOS.....	16
2.6.1.- <i>“Sistema de control de peso para llenado de sacos de harina de 50Kg”</i> 16	
3.- MARCO METODOLÓGICO	18
3.1.- MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	18
3.1.1.- <i>Método inductivo</i>	18
3.1.2.- <i>Método deductivo</i>	18
3.2.- TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	18
3.2.1.- <i>Técnica documental</i>	18
3.2.2.- <i>Técnica de campo</i>	19
3.3.- PROCEDIMIENTOS	19
3.3.1.- <i>Fase 1</i>	19
3.3.2.- <i>Fase 2</i>	19
3.3.3.- <i>Fase 3</i>	20
3.3.4.- <i>Fase 4</i>	20
3.4.- POBLACIÓN Y MUESTRA	20

4.- IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	21
4.1.- FUNCIONAMIENTO DEL PROYECTO	21
4.2.- DISEÑO DEL PROYECTO	23
4.3.- DISEÑO DE ESTRUCTURA METÁLICA	23
4.3.1.- <i>Diseño de la base fija</i>	23
4.3.2.- <i>Diseño de los silos</i>	24
4.3.3.- <i>Calculo para determinar el volumen de los silos</i>	26
4.3.4.- <i>Microcontrolador PIC</i>	32
4.4.- ELEMENTOS.....	34
4.4.1.- <i>Tarjeta electrónica digital ON/OFF (Válvula 1)</i>	35
4.4.1.- <i>Tarjeta electrónica analógica (Válvula 2)</i>	35
4.4.2.- <i>Tarjeta electrónica de la válvula 3 (Válvula descarga)</i>	36
4.4.3.- <i>Modulo Sensor de peso: SKU:SEN0160</i>	38
4.4.4.- <i>Tarjeta transmisora de la celda de carga</i>	38
4.4.5.- <i>Breaker 30A</i>	39
4.4.6.- <i>Base fusible RT18-32(X)</i>	40
4.4.7.- <i>Fusibles</i>	41
4.4.8.- <i>Fuentes de alimentación</i>	41
4.4.9.- <i>Tipos de válvula</i>	42
4.4.10.- <i>Diseño de válvula</i>	42
4.4.11.- <i>Servomotor</i>	46
4.5.- GABINETE METÁLICO	47
4.5.1.- <i>Materiales eléctricos usados en el tablero de control</i>	48
4.6.- CELDA DE CARGA	48
4.6.1.- <i>Galga extensiométrica</i>	48
4.6.2.- <i>Celda de carga con galgas extensiométricas</i>	49
4.7.- MOTOR Y PALETAS PARA LA MEZCLA.	51
4.8.- RELÉS.....	52
4.9.- HARDWARE UTILIZADO EN EL PROYECTO	54
4.9.1.- <i>Fuente de Poder 24V</i>	55
4.9.2.- <i>Pantalla táctil HMI OP177B</i>	56
4.9.3.- <i>Controlador Lógico Programable (315-2AG10-0AB0)</i>	57
4.9.4.- <i>Sistema de periferia descentralizada ET200M</i>	58
4.10.- MÓDULOS DE ENTRADA Y SALIDA DEL PLC-S7300	60
4.10.1.- <i>Módulo de entrada digital (321-1BH02-0AA0)</i>	60
4.10.2.- <i>Módulo de salida digital (322-1BH01-0AA0)</i>	61
4.10.3.- <i>Módulo de entrada analógica (331-7KB02-0AB0)</i>	61
4.10.4.- <i>Módulo Analógico de salida (6ES7332-5HD01-0AB0)</i>	62
4.11.- SOFTWARE UTILIZADO EN EL PROYECTO.	62
4.12.- PROGRAMACIÓN POR MEDIO DEL TIA PORTAL V13.	63
5.- RESULTADOS.	74
6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76

6.1.- CONCLUSIONES	76
6.2.- RECOMENDACIONES	77
7.- BIBLIOGRAFIA	78
8.- ANEXOS.....	80
8.1.- PROGRAMACIÓN SCL	80
8.2.- PLANOS ELECTRICOS.	83
8.3.- MANUAL DE PRÁCTICAS	90

ÍNDICE FIGURAS

<i>Figura 1. Laboratorio de automatización de la UPS- Guayaquil.</i>	<i>3</i>
<i>Figura 2. Partes de un sistema SCADA conectado a un proceso automatizado.</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3.- Componentes básicos de un sistema de control.</i>	<i>8</i>
<i>Figura 4.- Diagrama de bloques de un controlador PID en un lazo retroalimentado</i>	<i>9</i>
<i>Figura 5.- Sistema de control PID en lazo cerrado.</i>	<i>11</i>
<i>Figura 6.- Aplicación de una señal escalón al accionador en el sistema de lazo cerrado.</i>	<i>12</i>
<i>Figura 7.- Señal de respuesta del sistema a señal escalón de entrada.</i>	<i>12</i>
<i>Figura 8.- Tiempos característicos a la respuesta de la señal escalón.</i>	<i>13</i>
<i>Figura 9.- Configuración de red Profibus.</i>	<i>14</i>
<i>Figura 10.- Cable PROFIBUS con conectores.</i>	<i>15</i>
<i>Figura 11.- Diagrama pesaje y llenado manual de sacos de harina de 50Kg</i>	<i>17</i>
<i>Figura 12.- Diagrama P&ID del prototipo</i>	<i>22</i>
<i>Figura 13.- Esquema general del proyecto.</i>	<i>23</i>
<i>Figura 14.- Modelo en 3D con medidas de la base fija.</i>	<i>24</i>
<i>Figura 15.- Tipos de silos y tolvas.</i>	<i>25</i>
<i>Figura 16.- Diseño en 3D de silo superior.</i>	<i>25</i>
<i>Figura 17.- Diseño 3D de silo inferior</i>	<i>26</i>
<i>Figura 18.- Cilindro con acotaciones.</i>	<i>27</i>
<i>Figura 19.- Cono con cotas.</i>	<i>27</i>
<i>Figura 20.- Diseño en 3D de la balanza.</i>	<i>31</i>
<i>Figura 21.- Construcción de balanza</i>	<i>32</i>
<i>Figura 22.- Diagrama de pines del PIC16F870.</i>	<i>32</i>
<i>Figura 23.- Diagrama de pines del PIC 16F628a.</i>	<i>33</i>
<i>Figura 24.- Tarjeta electrónica digital ON/OFF.</i>	<i>35</i>
<i>Figura 25.- Tarjeta electrónica analógica.</i>	<i>35</i>
<i>Figura 26.- Esquema de funcionamiento de la tarjeta electrónica de la válvula 2. ...</i>	<i>36</i>
<i>Figura 27.- Tarjeta electrónica de la válvula 3.</i>	<i>37</i>
<i>Figura 28.- Esquema de funcionamiento de tarjeta de la válvula ON/OFF</i>	<i>37</i>
<i>Figura 29.- Modulo sensor de peso SKU:SEN0160</i>	<i>38</i>
<i>Figura 30.- Tarjeta transmisora de la celda de carga.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 31.- Esquema de funcionamiento de la tarjeta transmisora de la celda de carga.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 32.- Breaker de 30A marca ABB.</i>	<i>40</i>
<i>Figura 33.- Base portafusible con fusible marca miro.</i>	<i>40</i>
<i>Figura 34.- Fuente de alimentación de 12VDC.</i>	<i>41</i>
<i>Figura 35.- Dibujo en 3D de primer diseño de la válvula.</i>	<i>43</i>
<i>Figura 36.- Primer diseño de la válvula.</i>	<i>43</i>
<i>Figura 37.- Dibujo en 3D de segundo diseño de la válvula</i>	<i>44</i>
<i>Figura 38.- Segundo diseño de la válvula.</i>	<i>44</i>

<i>Figura 39.- Diseño en 3D de la válvula de descarga.</i>	45
<i>Figura 40.- Diseño de válvula ON/OFF</i>	45
<i>Figura 41.- Servomotor standard modelo HD 1501MG.</i>	46
<i>Figura 42.- Gabinete metálico.</i>	47
<i>Figura 43.- Galga extensiométrica</i>	48
<i>Figura 44.- Puente de Wheatstone para galga extensiométrica.</i>	49
<i>Figura 45.- Celda de carga Sartorius.</i>	50
<i>Figura 46.- Motor de engranaje Von Weise con una adaptación de paletas.</i>	51
<i>Figura 47.- Paletas mezcladoras.</i>	52
<i>Figura 48.- Diferentes tipos de relés industriales marca “Releco”</i>	52
<i>Figura 49.- Diseño de un relé típico con descripción de sus partes.</i>	53
<i>Figura 50.- Módulos PLC propiedad de la Universidad Salesiana</i>	54
<i>Figura 51.- Fuente de poder SITOP</i>	55
<i>Figura 52.- Pantalla HMI de Siemens.</i>	56
<i>Figura 53.- Vista frontal del CPU-315-2DP.</i>	58
<i>Figura 54.- Sistema de periferia descentralizada ET200M.</i>	59
<i>Figura 55.- Ejemplo de configuración del sistema de periferia descentralizada ET-200M.</i>	59
<i>Figura 56.- Módulos de entrada y salidas del PLC-S7300.</i>	60
<i>Figura 57.- Programa TIA Portal V13.</i>	62
<i>Figura 58.- Pruebas de funcionamiento de los diferentes módulos del PLC.</i>	63
<i>Figura 59.- Bloque principal “MAIN”</i>	64
<i>Figura 60.- Bloque FC “RECETA:RECIPE”</i>	65
<i>Figura 61.- Bloque FC “CONDICIONES”</i>	65
<i>Figura 62.- Programa en SCL en el bloque “CONDICIONES”</i>	66
<i>Figura 63.- Salidas del bloque “CONDICION”</i>	67
<i>Figura 64.- Bloque “MANUAL Y AUTOMATICO”</i>	68
<i>Figura 65.- Bloque “ANALOGUE_IN”</i>	68
<i>Figura 66.- Bloque “ANALOGUE_OUT”</i>	69
<i>Figura 67.- Bloque “SAVE AND ERASE PID”</i>	70
<i>Figura 68.- Grafica de muestreo para hallar controlador PID</i>	72
<i>Figura 69.- Pantalla de ingreso de parámetros PID</i>	73
<i>Figura 70.- Bloque PID</i>	73
<i>Figura 71.- Primeras pruebas con el controlador PID.</i>	74
<i>Figura 72.- Sintonización PID mejorada.</i>	75

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.- Tabla para determinar parámetros del controlador PID.</i>	14
<i>Tabla 2.- Peso específico de varios productos.</i>	28
<i>Tabla 3.- Elementos y su función en el desarrollo del proyecto</i>	34
<i>Tabla 4.- Materiales de implementación en el tablero de control.</i>	48
<i>Tabla 5.- Datos técnicos de la celda de carga Sartorius</i>	50
<i>Tabla 6.- Datos técnicos del motor.</i>	52
<i>Tabla 7.- Hardware usado en el proyecto.</i>	55
<i>Tabla 8.- Posiciones del interruptor DIL.</i>	57

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto explica el diseño e implementación de un prototipo de proceso industrial de mezcla y pesaje de granulados empleando una red Profibus DP el mismo que está orientado a que refuerce el aprendizaje práctico en el laboratorio de automatización industrial.

La función principal de este proyecto es desarrollar las capacidades de los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, en cuanto a los sistemas de dosificación se lo realiza mediante sensores de pesaje como son las celdas de carga, un control del operador por medio de una pantalla HMI que nos proporcionará información sobre el estado del proceso industrial. Las válvulas de apertura y cierre y el sistema de pesaje se desarrollaron por parte de los autores así como las tarjetas de control y el diseño didáctico de las válvulas.

Para el proceso de dosificación del prototipo se realizaron pruebas, análisis y experimentos enfocados en la regulación del llenado del sistema usando un controlador PID. Se determinó que mediante la técnica de optimización de selección de variables proporcionales, integral y derivativa, para comunicar el controlador con el PLC para realizar una aproximación del peso deseado del producto.

1.- EL PROBLEMA

1.1.- Planteamiento del Problema

En la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil se imparten las materias de automatización industrial en la cual se ha estado profundizando sobre redes de comunicaciones industriales de forma teórica, muchas veces limitando al estudiante reforzar sus conocimientos por medio de la puesta en práctica de la instrucción teórica.

Para los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electrónica Industrial de la sede Guayaquil, el problema de no tener suficientes herramientas prácticas en el área de automatización industrial, influye de forma negativa al no poder desenvolverse de mejor manera en el campo profesional, debido a este desconocimiento.

1.2.- Antecedentes

Actualmente no se cuenta con suficientes prototipos de control de procesos en las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil que permita realizar prácticas y consolidar las bases teóricas de que se imparten en las materias de Automatización Industrial.

El beneficio que genera este proyecto de titulación será a nivel educativo y profesional ya que el proyecto está enfocado para mejorar el nivel práctico de automatización de procesos industriales en los estudiantes que estén tomando las materias de automatismo industrial en la carrera de Ingeniería electrónica en sistemas Industriales.

También se usaron equipos y módulos que proporciono la UPS-GYE para implementar el proyecto, tales como los PLC S7-300 módulos de entradas y salidas analógicas y digitales así mismo la ET-200M y la pantalla HMI.

El prototipo se convertirá en una herramienta más que esté disponible para los estudiantes y se lo ubicara en el laboratorio de automatización industrial de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

1.3.- Delimitación

Este proyecto se realizó en el transcurso de los años 2016-2017, en la Provincia del Guayas, Cantón Guayaquil y se implementó en el laboratorio de automatización industrial que se encuentra en el tercer piso del bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana, se utilizó los equipos que nos facilitó la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil los mismo que son: PLC-S7-315-2DP con módulos analógicos y digitales, ET-200M, HMI los mismos que se usaron para realizar el control, supervisión y monitoreo del proyecto.



Figura 1. Laboratorio de automatización de la UPS- Guayaquil.

1.4.- Justificación

Con este proyecto de titulación se pretende consolidar y reforzar los conocimientos de los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, generando un impacto directamente en lo académico y profesional

pues al contar con más prototipos el estudiante está más familiarizado con elementos y procesos que se encuentran generalmente en la industria.

1.5.- Objetivos

1.5.1.- Objetivo General

Diseñar e implementar un prototipo de proceso industrial de mezcla y pesaje de granulados que en este caso es el arroz sin cascara, empleando una red Profibus DP entre el PLC S7-315-2-DP la ET-200M y el HMI a instalarse en el Laboratorio de Automatización Industrial.

1.5.2.- Objetivos Específicos

- Diseñar y construir la estructura metálica que sostiene los silos del prototipo del proceso industrial de mezcla y pesaje del granulado.
- Diseñar y construir la tarjeta de circuito impreso que realiza la adquisición de datos entre el sensor de peso y el PLC.
- Diseñar y construir la tarjeta de circuito impreso para manejar la apertura y cierre de la válvula digital (ON/OFF) por medio de un servomotor.
- Diseñar y construir la tarjeta de circuito impreso para operar la apertura y cierre dosificado de una válvula por medio de un servomotor.
- Diseñar y construir el gabinete metálico en el que se encuentran los indicadores luminosos y un botón de paro general del proceso.
- Implementar un sistema de control PID para la dosificación del arroz y el control del sistema de pesaje.

- Realizar e implementar el diseño gráfico y de control del HMI para el manejo del prototipo del proceso industrial.
- Realizar la red de comunicación Profibus DP entre el PLC S7-315-2DP la ET-200M y el HMI.
- Elaborar un manual de 10 prácticas para el prototipo de proceso industrial.

2.- ESTADO DEL ARTE

En la actualidad es necesario controlar las variables que intervienen en los procesos industriales, para asegurar tanto la calidad como el costo de producción del producto que se ha elaborado. Por lo consiguiente se elaboran sistemas de control en las que las variables a controlar siguen una instrucción dada por el operador.

En este proyecto se planteó realizar un sistema de dosificación de granulados, supervisión y control por medio de un sistema de control PID, para este objetivo se usó una red profibus DP entre los elementos tales como PLC, ET-200 y HMI.

2.1.- Sistemas SCADA.

El sistema SCADA fue diseñado para para cubrir las necesidades de un sistema de control centralizado en procesos complejos o distribuidos en áreas geográficas muy extensas.

La palabra SCADA viene de las siglas “Supervisory Control and Data Acquisition” es decir un sistema de adquisición de datos y la supervisión y control del mismo. Esquemáticamente un sistema SCADA conectado a un proceso automatizado consta de las siguientes partes.

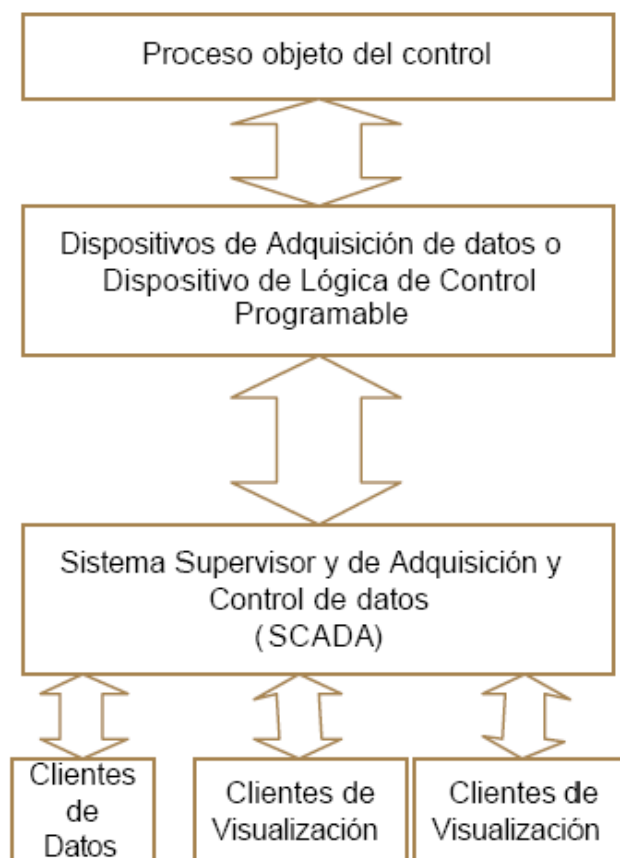


Figura 2. Partes de un sistema SCADA conectado a un proceso automatizado. (Corrales, 2007)

- 1.- Proceso Objeto del control: Es el proceso que se desea supervisar. En consecuencia, es el origen de los datos que se requiere coleccionar y distribuir.
- 2.- Adquisición de datos: Son un conjunto de instrumentos de medición dotados de alguna interfase de comunicación que permita su interconexión.
- 3.- SCADA: Combinación de hardware y software que permita la colección y visualización de los datos proporcionados por los instrumentos.
- 4.- Clientes: Conjunto de aplicaciones que utilizan los datos obtenidos por el sistema SCADA. (Corrales, 2007)

2.2.- Sistemas de Control.

Según (Universidad de Cataluña, 2016), un sistema de control se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el comportamiento del sistema la finalidad es conseguir mediante manipulación de variables de control un dominio sobre las variables de salida de modo que alcance los valores prefijados o de consigna.

2.2.1.- Componentes básicos de un sistema de control.

Tal como lo define (Kuo, 1996) los componentes básicos de un sistema de control son los siguientes:

1. Objetivos de control.
2. Componentes del sistema de control.
3. Resultados o salidas.

La relación entre estos tres componentes se muestra en la figura 3. En términos más técnicos, los objetivos se pueden identificar como entradas, o señales actuantes y los resultados también se llaman salidas, o variables controladas, y en general, el objetivo de un sistema de control es controlar las salidas en alguna forma prescrita mediante las entradas a través de los elementos del sistema de control.

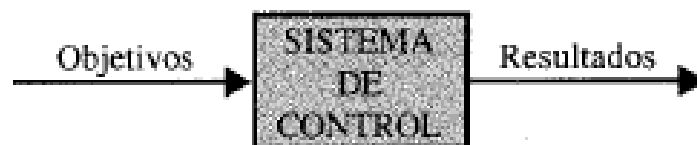


Figura 3.- Componentes básicos de un sistema de control.
(Kuo, 1996)

2.3.- Controlador PID

Según (Academia, 2016) un controlador PID es un sistema de control muy usado en la industria, este controlador calcula el error entre el valor medido y el valor que se desea obtener.

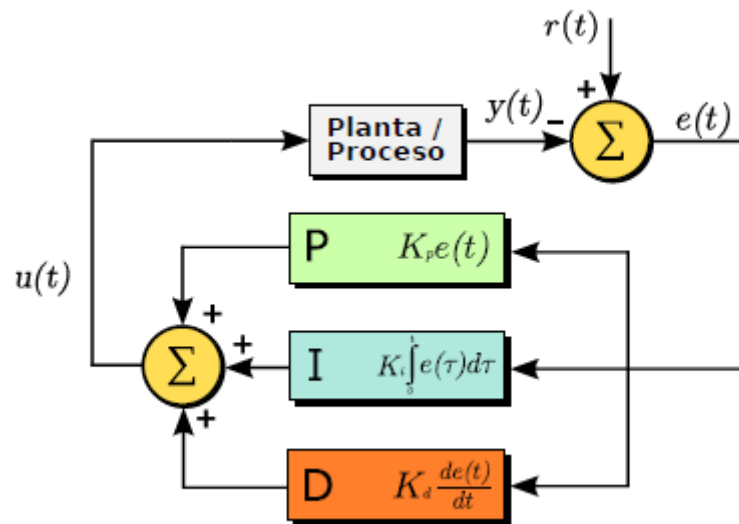


Figura 4.- Diagrama de bloques de un controlador PID en un lazo retroalimentado (Academia, 2016)

El controlador PID tiene tres parámetros diferentes: el proporcional el integral y el derivativo. El valor proporcional depende del error actual. El integral depende de los errores pasados y el derivativo es una predicción de los errores futuros. Estas tres acciones se usan para ajustar el proceso por medio de un actuador que en el caso del proyecto va a ser una válvula de control.

El uso del control PID no garantiza el control óptimo del sistema o estabilidad del mismo, algunas aplicaciones podrían requerir solamente uno o dos modos de los que provee este sistema de control, tales son los casos que también pueden ser PI, PD, P o I en ausencia de las acciones de control respectivas.

2.3.1.- Funcionamiento del controlador PID

De acuerdo a (Academia, 2016) para que funcione correctamente el controlador PID se debe de tener los siguientes elementos:

- Un sensor que determine el estado del sistema (termómetro, caudalímetro, manómetro, etc).
- Un controlador, que genere la señal que gobierna al actuador.
- Un actuador que modifique el sistema de manera controlada (resistencia eléctrica, motor, válvula, etc).

El sensor es la que nos proporciona la señal analógica o digital hacia el controlador, esta señal representa el punto actual en donde se encuentra nuestro sistema.

El controlador lee una señal externa que representa el valor que se desea alcanzar. Esta señal recibe el nombre de punto de referencia (Set point) la cual es de la misma naturaleza y el mismo tipo de rango de valores que la señal del sensor.

El controlador resta la señal de punto actual a la señal de referencia obteniendo así la señal de error, que determina en cada momento la diferencia que existe entre valor deseado (referencia) y el valor medido. La señal de error es usada por los 3 componentes del controlador PID. Las 3 señales sumadas componen la señal de salida que el controlador va a usar para gobernar al actuador.

2.4.- Método Ziegler-Nichols

De acuerdo a (Picuino, 2013), este método permite ajustar o “sintonizar” un controlador PID de una forma empírica ya que no se necesita las ecuaciones de la planta o del sistema controlado. Las reglas propuestas por Ziegler y Nichols son uno de los métodos más difundidos y usados. Los valores propuestos por este método

intentan conseguir en el sistema retroalimentado una respuesta al escalón con un sobrepulso máximo de un 25%, que es un valor robusto con buenas características de rapidez y estabilidad para la mayoría de los sistemas.

2.4.1.- Sintonización por la respuesta escalón

Este método de sintonización se adapta bien a los sistemas de lazo abierto y que presentan un tiempo de retardo desde que reciben la señal hasta que empiezan a actuar. Para poder determinar la respuesta a la señal escalón del sistema controlado se debe de retirar el controlador PID y sustituirlo por una señal escalón aplicada al accionador o actuador tal como en la figura 5 que se muestra a continuación.

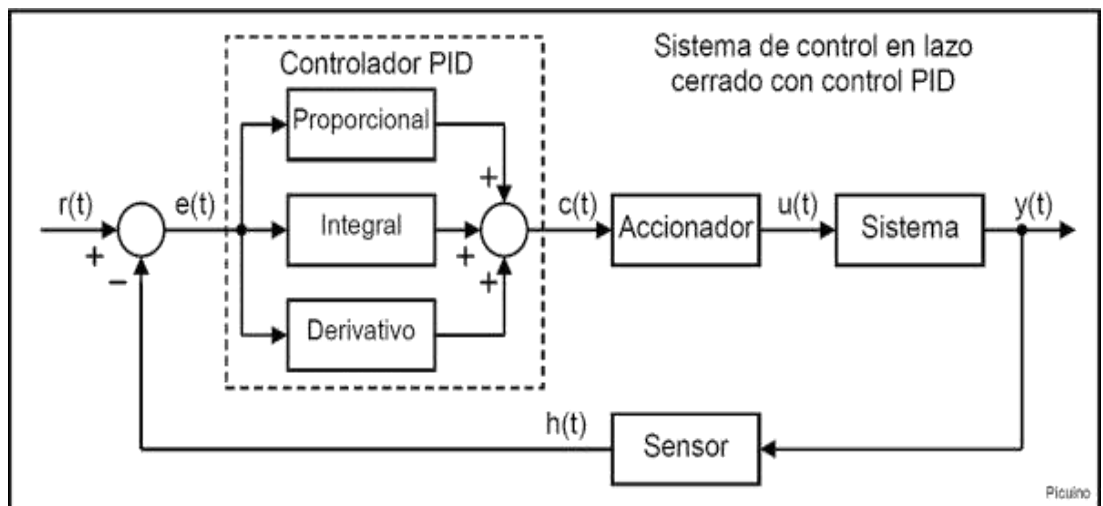


Figura 5.- Sistema de control PID en lazo cerrado.

(Picuino, 2013)

En la figura 6 se muestra la modificación realizada al sistema de control retirando el controlador PID y se convierte en un sistema que responde a una señal escalón.

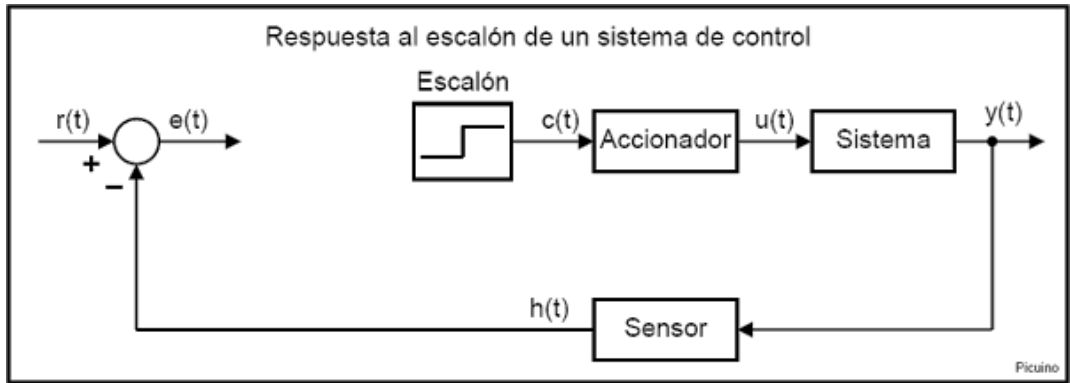


Figura 6.- Aplicación de una señal escalón al accionador en el sistema de lazo cerrado.

(Picuino, 2013)

En la figura 7 se puede observar en rojo la entrada escalón en rojo del actuador o accionador y en azul la salida del sistema medida por el sensor. Como se puede observar la respuesta del sistema presenta un retardo llamado tiempo muerto representado por T_1 .

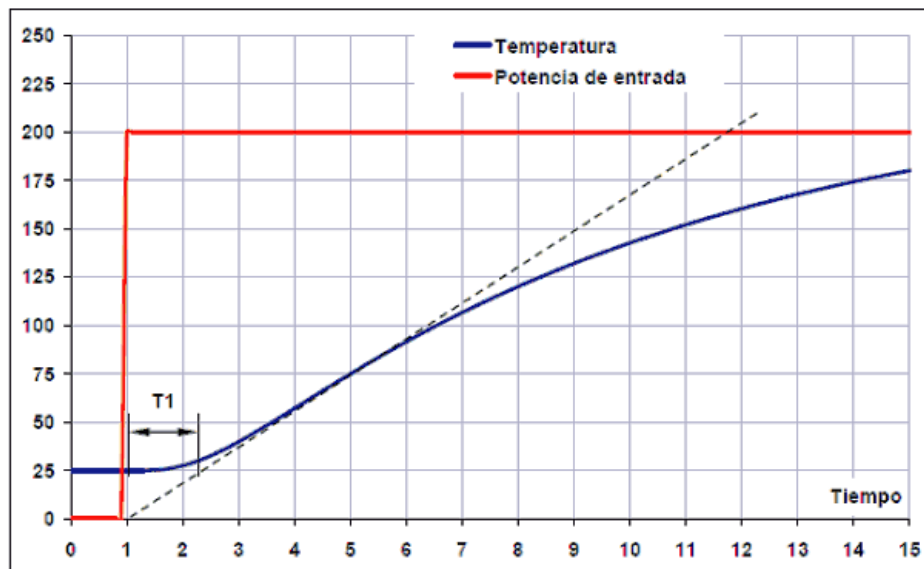


Figura 7.- Señal de respuesta del sistema a señal escalón de entrada.

(Picuino, 2013)

Para calcular los parámetros se traza una recta tangente a la señal de salida, el tiempo T_1 corresponde al tiempo muerto que es el tiempo que demora el sistema en

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 T2 es el tiempo de subida este tiempo se calcula desde el punto de la recta tangente corta al valor inicial del sistema hasta el punto en el que la recta tangente llega al valor final del sistema tal como se puede observar en la figura 8.

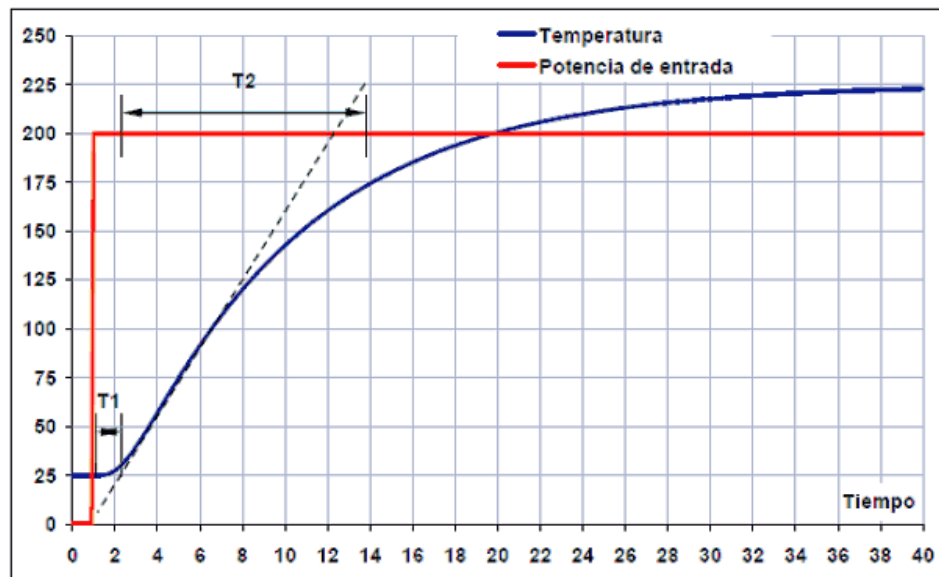


Figura 8.- Tiempos característicos a la respuesta de la señal escalón.

(Picuino, 2013)

Además de los tiempos característicos 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 .

$$Ko = (dX * T2)/(dY * T1)$$

Y a partir de la constante Ko se puede determinar los parámetros del controlador PID por medio de la siguiente tabla

	Kp	Ti	Td
P	Ko		
PI	0,9*Ko	3,3*T1	
PID	1,2*Ko	2*T1	0,5*T2

Tabla 1.- Tabla para determinar parámetros del controlador PID.

(Picuino, 2013)

2.5.- Red Profibus DP

Tal como lo menciona (Siemens AG., 2008) PROFIBUS es una red de comunicación de procesos y equipos de campo. Su sistema de bus de campo abierto y robusto tiene tiempos de reacción cortos y está disponible con diferentes medios y técnicas de transmisión para diversas aplicaciones.

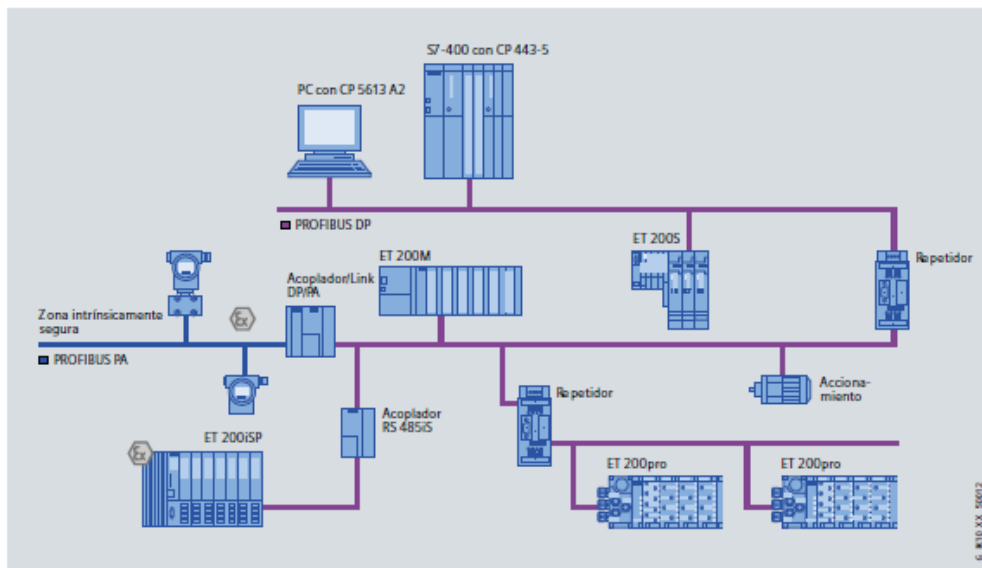


Figura 9.- Configuración de red Profibus.

(Siemens AG., 2008)

Los dispositivos de automatización, tales como PLC, PC, equipos HMI, sensores o actuadores, pueden comunicarse a través de un bus unificado.

PROFIBUS DP (periferia descentralizada) sirve para conectar unidades de campo descentralizados que en el caso del proyecto se tiene la ET-200 que se usa cuando los actuadores y sensores que están en el campo están distribuidos. Los actuadores y sensores se conectan a los equipos de campo y estos son abastecidos con datos de salida según el procedimiento de maestro/esclavo y suministran los datos de entrada al PLC o al PC.

2.5.1.- Características.

Según (Siemens AG., 2008). Se tienen las siguientes características de la red Profibus:

- PROFIBUS es un sistema de bus potente, abierto y robusto que brinda una comunicación sin perturbaciones
- Es un sistema que permite conectar de forma sencilla componentes normalizados de diferentes fabricantes
- Las instalaciones existentes se pueden ampliar sin efectos negativos.

2.5.2.- Opciones de conectividad: Redes de cobre



Figura 10.- Cable PROFIBUS con conectores.

(Siemens AG., 2008)

La red eléctrica o de cobre utiliza un cable bifilar trenzado y apantallado. El puerto RS485 trabaja con diferencias de tensión. Por tanto, es más inmune a perturbaciones que una interfaz que trabaja con niveles de tensión o corriente.

En PROFIBUS, las estaciones se conectan al bus a través de un terminal o un conector de bus (máx. 32 estaciones por segmento).

La red de cobre puede configurarse con estructura de bus o arborescente. Los diferentes segmentos se unen entre sí mediante repetidores. La velocidad de transferencia puede ajustarse escalonadamente de 9,6 kbits/s a 12 Mbits/s según IEC 61158/EN 50170. La longitud máxima de los segmentos depende de la velocidad de transferencia. (Siemens AG., 2008).

2.6.- Proyectos relacionados.

En esta sección se consideró artículos científicos, los cuales nos ayudó a contrastar con nuestro proyecto de grado y esto nos permitió desarrollar una idea más clara del trabajo de titulación, estos artículos científicos se detallan a continuación.

2.6.1.- “Sistema de control de peso para llenado de sacos de harina de 50Kg”

El proyecto del autor Luis Gabriel Rosero Rosero, consiste en un sistema de control de pesado en el proceso de llenado de sacos de harina en forma rápida y precisa según normas técnicas de producción. El sistema de control está diseñado para llenar y pesar sacos de 50 kg. Subsistema de control, que realiza la adquisición de datos que envía la plataforma de pesaje que a través de una celda de carga genera una señal, esta se ingresa a un programa informático en un PLC que acciona un sistema de cierre y apertura de la salida de la tolva. Además se dispone de una

interface de visualización que llevará un conteo de los sacos producidos diariamente. Subsistema mecánico, que consta de un mecanismo de ajuste de los sacos en la salida de la tolva con la finalidad de mantener sujeto el saco y evitar que el producto se derrame mientras se llena, y otro mecanismo para abrir o cerrar la válvula de mariposa que está incorporada en la tolva. Subsistema de respuesta en el cual están vinculados las electroválvulas que accionarán a los cilindros neumáticos para dar inicio y fin del proceso de llenado y pesado de la harina.

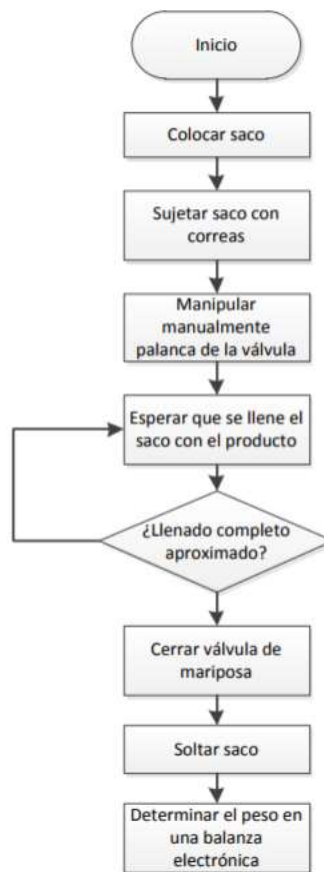


Figura 11.- Diagrama pesaje y llenado manual de sacos de harina de 50Kg

Recuperado de:

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1921/1/04%20MEC%20017%20Art%20C3%ADculo%20Cient%20C3%ADfico%20Espa%C3%B1ol.pdf>

3.- MARCO METODOLÓGICO

3.1.- Modalidad de la investigación

3.1.1.- Método inductivo

El método inductivo, se aplicó en el presente proyecto porque contiene la unión de varios tipos de conocimientos: electrónica analógica, electrónica digital, microcontroladores, sensores y transductores, circuitos eléctricos industriales y automatización industrial, estas distintas materias sirvieron para diseñar y construir el prototipo de dosificación y mezcla de granulados.

3.1.2.- Método deductivo

A través de la unión de los conceptos de pesaje y automatización se diseñó y elaboro el prototipo de dosificación y mezcla de granulados. La balanza y las válvulas realizan un papel importante en este proceso, debido que en ellos se aplica un sistema de control PID que permite un trabajo eficiente, manteniendo el valor de peso requerido por el operador.

3.2.- Técnicas de investigación

3.2.1.- Técnica documental

Esta técnica se basó en el análisis de artículos científicos por medio de tablas, registros y comparaciones de funcionamiento acerca del sistema de dosificación, pesaje y control dado que fusiona lo teórico con lo práctico apoyado en los principios de funcionamiento de cada uno de los elementos y equipos usados en el proyecto.

3.2.2.- Técnica de campo

La técnica usada, en el momento de realizar las pruebas, al sensor de pesaje (celda de carga), los actuadores que son varias clases de válvulas de este proyecto, las diversas tarjetas controladoras de las válvulas y el sistema de control PID que domina al prototipo, permite observar y analizar el correcto funcionamiento.

3.3.- Procedimientos

3.3.1.- Fase 1

En la primera fase se desarrolla la etapa de investigación del proyecto, se cotizó en el mercado nacional los precios de los diferentes equipos, actuadores, tipos de elementos y materiales que se empleó en el proyecto, igualmente en esta etapa se comenzó a realizar los primeros bosquejos de la estructura metálica de los silos que constituyen la base del prototipo y los primeros diseños de las válvulas de apertura y cierre.

3.3.2.- Fase 2

En la segunda fase se procedió a realizar los diseños de las tarjetas por medio del software PROTEUS V7.10 y se compró los elementos electrónicos para realizar las tarjetas de control, al igual se adquirió el servomotor el mismo que realiza la apertura y cierre del diseño de las válvulas. Luego se comenzó a realizar la construcción de la estructura metálica que sirve de base de los silos, la elaboración de los silos con las medidas que se especifica en la etapa del diseño, también se adquirió el motor monofásico de engranaje y se construyó la paleta que realiza la mezcla del producto.

Por último se realizó la estructura metálica de la balanza en la que se usó la celda de carga de la marca Sartorius, para tener una lectura precisa y rápida del producto que se está pesando.

3.3.3.- Fase 3

En esta fase se realizan pruebas con los diferentes equipos como son los PLC, ET-200M y la pantalla táctil HMI entre ellos se procede a realizar la red Profibus DP, otra prueba que se efectuó con la celda de carga la misma que se calibró por medio de patrones de peso y así asegurar que el peso sea el correcto. Se hizo la implementación de las tarjetas de control además las pruebas de correcto funcionamiento de las válvulas y del motor mezclador, se implementó el gabinete metálico con el cableado de cada una de las tarjetas y actuadores del prototipo.

3.3.4.- Fase 4

En esta última fase se realizó las pruebas finales del proyecto, la correcta dosificación por medio del sistema de control PID, diversas pruebas de funcionamiento del prototipo y el manual de prácticas que se realizaron en el prototipo. Esta fue una fase crítica porque se corrigieron errores que se iban presentando al momento de la implementación completa del proyecto y sus pruebas finales.

3.4.- Población y muestra

La población de nuestro proyecto son todos los estudiantes que cursan las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electrónica en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, la muestra son los estudiantes que cursan las materias de Automatismo de la carrera de Ingeniería Electrónica y automatización.

4.- IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

4.1.- Funcionamiento del proyecto

El funcionamiento del proyecto es el siguiente: se controla y se monitorea el proceso por medio de una pantalla HMI el mismo que está conectado a una red profibus con la ET-200M y el PLC S7-300, también el prototipo posee un gabinete metálico con indicadores luminosos que sirve para que el operador note el encendido y apagado de los diferentes tipos de válvulas, encendido y apagado del motor mezclador y de la marcha o paro del proceso, en el gabinete metálico tiene una botonera de paro de emergencia.

Por medio de la pantalla HMI el operador puede seleccionar el tipo de operación del prototipo el cual tiene dos opciones: el sistema manual y el sistema automático.

Cuando se selecciona el tipo de operación manual se pueden activar las diferentes prácticas que se encuentran integradas al programa principal.

Al seleccionar el modo de operación automático, por medio de la pantalla HMI se selecciona el valor del peso que deseamos del producto que en este caso es el “set point” de nuestro proceso para que se cumpla el control PID.

El motor mezclador se enciende cuando exista un peso de 1Kg en el silo mezclador esta condición se programó para evitar un excesivo torque en la paleta cuando se encuentre lleno el silo. Cabe mencionar que el sistema de control PID si existe alguna perturbación externa el sistema tratara de recuperarse ya sea abriendo o cerrando las válvula para mantener el valor del “set point”.

En la figura 12 que se muestra un diagrama P&ID se observa que el silo 1 y 2 se ingresa el producto (arroz sin cáscara) de forma manual y el silo 3 es el silo que tiene el motor mezclador y la balanza, cada uno de estos silos posee una válvula y tiene su respectiva tarjeta electrónica gobernado directamente por medio del PLC el cual posee una red profibus entre el HMI la ET-200 y el PLC.

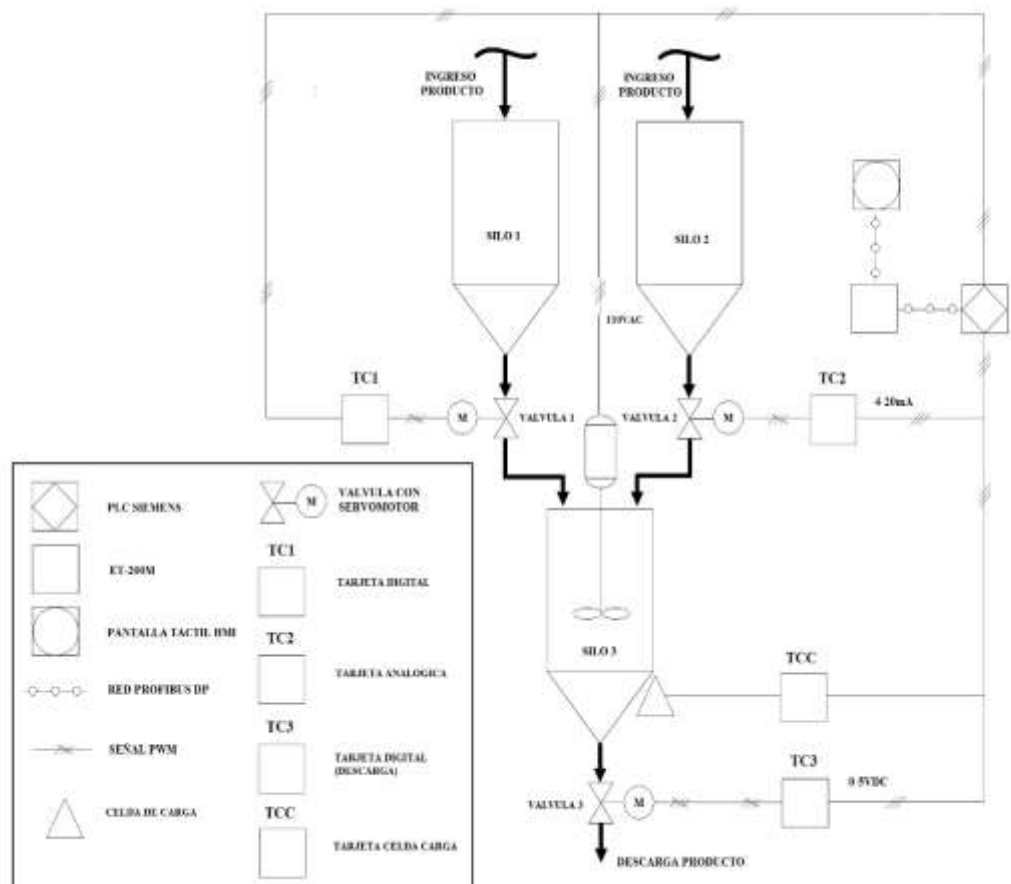


Figura 12.- Diagrama P&ID del prototipo

4.2.- Diseño del proyecto

Para el diseño del prototipo de dosificación de granulados se realizó el planteamiento de la estructura, los silos, las tarjetas controladoras y transmisoras, las válvulas y la balanza, todo esto teniendo en cuenta que cumpla con su correcto funcionamiento para integrarlo al sistema de control por medio del PLC, ET-200 y HMI. Como se puede observar en la figura 13 se aprecia un esquema general del proyecto, la comunicación por medio de la red Profibus entre el PLC la ET-200 y el HMI, en la parte inferior del grafico se observa las salidas y entradas de señales digitales y análogas las cuales llegan a su respectiva tarjeta de control y esta a su vez controla los diferentes tipos de válvulas, el motor mezclador y el sensor de peso.

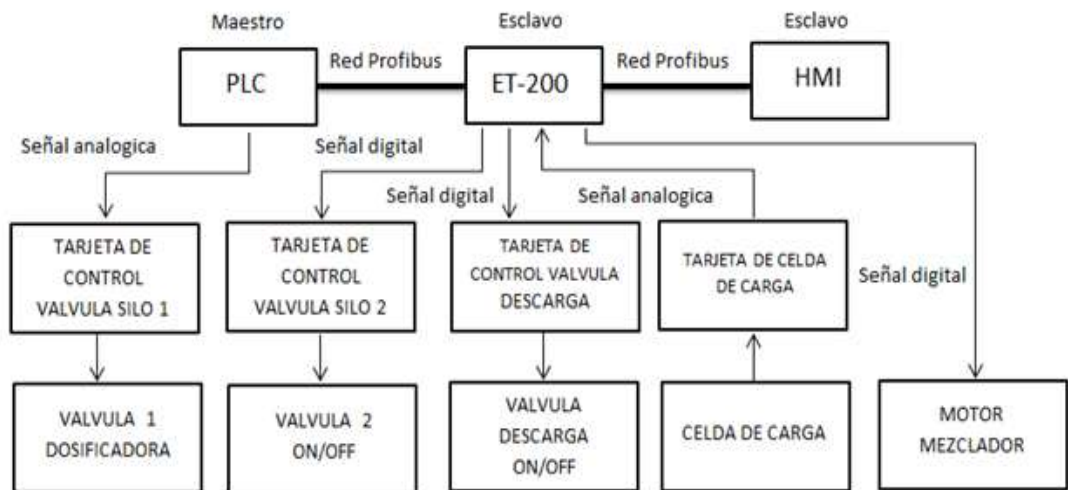


Figura 13.- Esquema general del proyecto.

4.3.- Diseño de estructura metálica

La estructura metálica está compuesta por diversas piezas las cuales deben conformar una sola estructura funcional, segura y resistente.

4.3.1.- Diseño de la base fija

La base se diseñó para ser el soporte de los silos superiores el silo mezclador y la balanza. La forma que tiene es rectangular con tubos galvanizados y latas de 1mm

de espesor que conforman la base para los silos y demás componentes. La estructura cumple con los parámetros de no ser superior de 1mt de ancho y de alto máximo hasta 2mts. En la figura 12 se puede observar las medidas de la base fija.

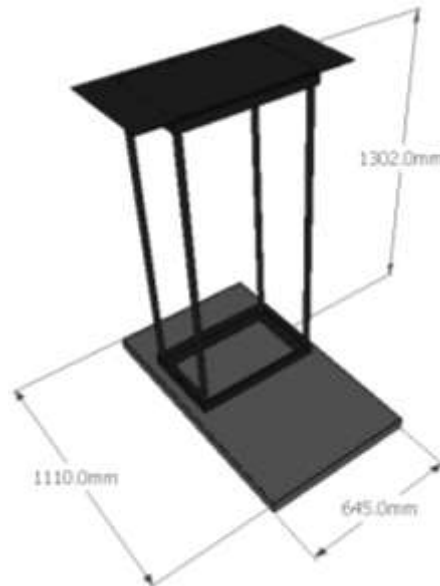


Figura 14.- Modelo en 3D con medidas de la base fija

4.3.2.- Diseño de los silos

De acuerdo (Cruz, 2011) Los silos han sido una estructura muy empleada a lo largo de la historia en el almacenamiento de productos, constituyen una estructura ampliamente utilizada a nivel industrial y agrícola, sirve para el almacenar sólidos en cantidades muy variables.

El tamaño y geometría de los silos dependen de los requerimientos tales como el volumen de almacenamiento el sistema y forma de descarga, las propiedades del material almacenado, etc.

Es común que el depósito este diseñado de forma vertical (silo) con un fondo plano o con un fondo de paredes inclinadas (tolva).

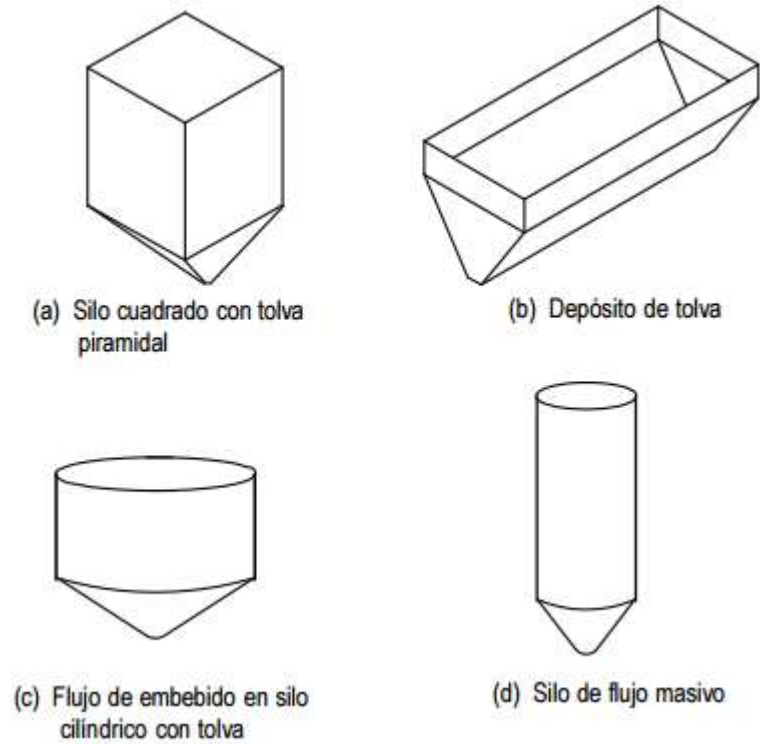


Figura 15.- Tipos de silos y tolvas.

(Cruz, 2011)

Con respecto al diseño del silo de flujo masivo se consideró que tenga el suficiente espacio para que se llene con el volumen adecuado de granulado y se aprecie el control de la dosificación del producto, en este caso es el arroz sin cáscara.

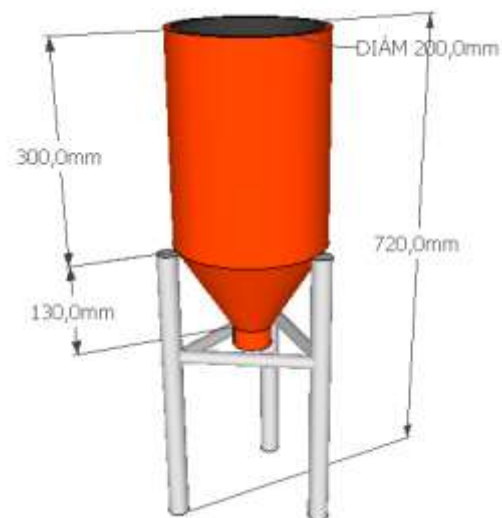


Figura 16.- Diseño en 3D de silo superior.

Para los silos superiores se realizó un cálculo para que contenga la cantidad de 8Kg cada uno y para el silo inferior de mezcla se determinó que soporte la cantidad total de 20Kg.

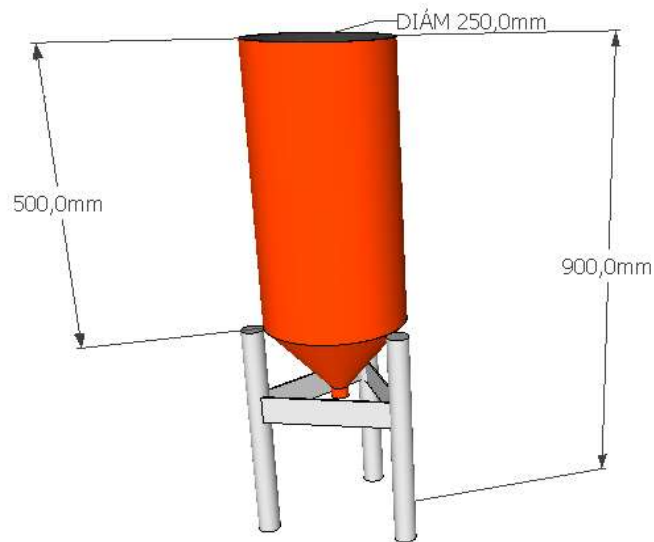


Figura 17.- Diseño 3D de silo inferior

4.3.3.- Cálculo para determinar el volumen de los silos

De acuerdo a (FAO, 1993) para el cálculo de volumen aproximado de los silos se lo realiza con la fórmula del cilindro y el cono, cuya forma tiene el silo elaborado, la fórmula del volumen del cilindro es la siguiente:

$$V_{cilindro} = \pi * r^2 * h$$

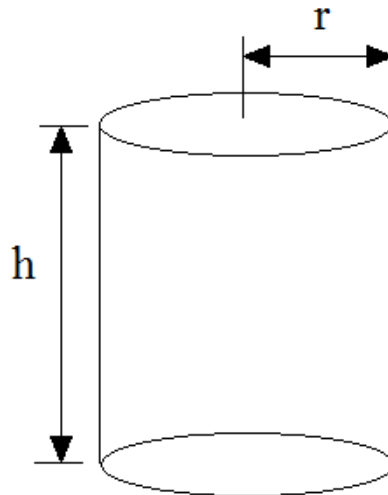


Figura 18.- Cilindro con acotaciones.

Dónde:

$\pi : 3,1416$

r= radio del cilindro

h= altura del cilindro

A continuación la fórmula para calcular el volumen del cono:

$$V_{cono} = \frac{\pi}{3} * r^2 * hc$$

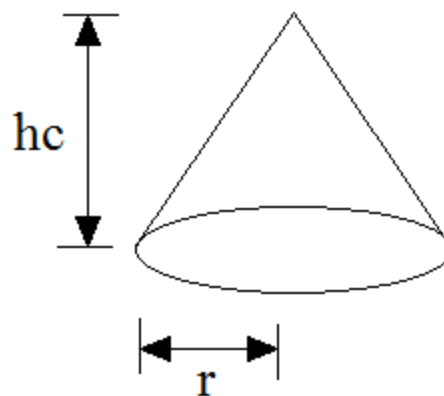


Figura 19.- Cono con cotas.

Dónde:

$\pi : 3,1416$

r= radio del cono

hc= altura del cono

Para conocer la cantidad de producto que se va a poder almacenar en los silos se determina el volumen del grano almacenado por medio de la tabla 2 que se muestra a continuación.

Producto	kg/m³
Cacahuete sin cáscara	340
Cacahuete con cáscara	290
Arroz sin cáscara	750
Arroz con cáscara	580
Café beneficiado	600
Fréjol	750
Maíz	750
Soya	800
Trigo	800

Tabla 2.- Peso específico de varios productos.

(FAO, 1993)

Para determinar la cantidad de producto que soporta el silo se aplicó la siguiente formula del peso específico.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

El valor del peso específico del arroz sin cáscara se conoce por medio de la tabla anterior del peso específico y se despeja la masa del producto.

$$m = \rho * V$$

Con las formulas antes mencionadas de volumen del cilindro, del cono y de la masa se reemplazan las variables y se determinan el volumen de los dos silos superiores, el cálculo es el siguiente.

$$V_{cilindro} = (3,1416) * (10cm)^2 * (30cm)$$

$$V_{cilindro} = (3,1416) * (100cm^2) * (30cm)$$

$$V_{cilindro} = 9424,8cm^3$$

$$V_{cono} = \frac{3,1416}{3} * (10cm)^2 * 13cm$$

$$V_{cono} = 1,0472 * (100cm^2) * 13cm$$

$$V_{cono} = 1361,36cm^3$$

$$V_T = V_{cilindro} + V_{cono}$$

$$V_T = (9424,8cm^3) + (1361,36cm^3)$$

$$V_T = 10786,16 cm^3$$

Como resultado tenemos el volumen del silo superior, que es la suma del volumen del cilindro y del cono.

$$\text{Volumen del silo} = 10786,16 cm^3$$

$$\text{Peso específico del arroz} = 750 \text{ Kg/m}^3$$

$$\rho = 750 \frac{Kg}{m^3} * \frac{1m^3}{1000000cm^3}$$

$$\rho = 0.00075 \frac{Kg}{cm^3}$$

$$m = \rho * V$$

$$m = \left(0.00075 \frac{Kg}{cm^3}\right) * (10786,16 cm^3)$$

$$m = 8.08 Kg$$

A continuación se determina el cálculo del volumen del silo inferior, con la cantidad que podrá contener el silo, esto con la formulas mencionadas anteriormente.

$$V_{cilindro} = (3,1416) * (12,5cm)^2 * (50cm)$$

$$V_{cilindro} = (3,1416) * (156,25cm^2) * (50cm)$$

$$V_{cilindro} = 24543,75cm^3$$

$$V_{cono} = \frac{3,1416}{3} * (12,5cm)^2 * 13cm$$

$$V_{cono} = 1,0472 * (156,25cm^2) * 13cm$$

$$V_{cono} = 2127,13cm^3$$

$$V_T = V_{cilindro} + V_{cono}$$

$$V_T = (24543,75cm^3) + (2127,13cm^3)$$

$$V_T = 26670,88 cm^3$$

Se obtiene el volumen del silo inferior

$$\text{Volumen del silo} = 26670,88 cm^3$$

Peso específico del arroz = 750 Kg/m³

$$\rho = 750 \frac{Kg}{m^3} * \frac{1m^3}{1000000cm^3}$$

$$\rho = 0.00075 \frac{Kg}{cm^3}$$

$$m = \rho * V$$

$$m = \left(0.00075 \frac{Kg}{cm^3}\right) * (26670,88 cm^3)$$

$$m = 20,00 Kg$$

3.2.1.1 Diseño de balanza

Según (Cobos, 2016), existe una diferencia entre balanza mecánica y báscula, esta diferencia está en el principio de funcionamiento. Las básculas miden la fuerza

ejercida por un objeto sujeto a la fuerza de gravedad, mientras que las balanzas miden el peso de un objeto comparándolo con un patrón conocido.

Así como la báscula se utiliza para pesar masas grandes y voluminosas, la balanza se usa para pesar masas más pequeñas de pocos kilos por lo general se lo usa en laboratorios.

Cuando se habla de balanzas o básculas electrónicas no existe una diferencia notable, en términos generales las básculas se emplean para pesar masas de gran magnitud pero tiene una menor precisión en cambio la balanza ocurre lo contrario. Es frecuente que las básculas tengan una plataforma a ras de suelo donde resulta fácil colocar la masa que se quiere pesar.

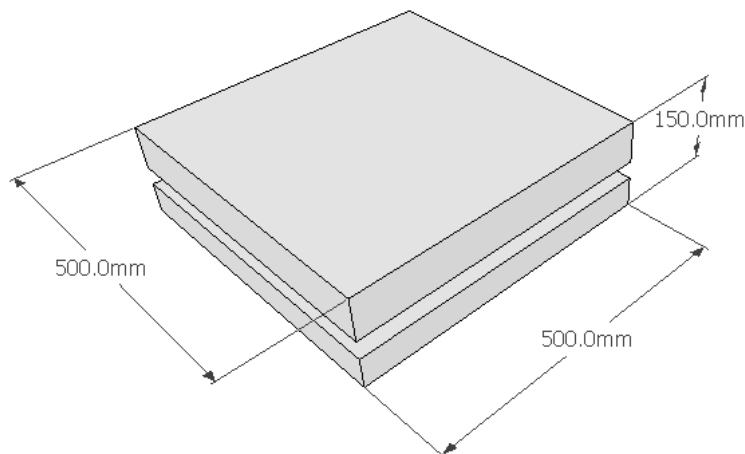


Figura 20.- Diseño en 3D de la balanza

La elaboración de la balanza se la realizó por medio de una estructura metálica, en la que reposa en la parte superior el silo mezclador, en el interior de la estructura metálica se coloca la celda de carga la cual es el sensor de peso y enviara la señal hacia la tarjeta la cual nos mostrara el peso actual del producto.

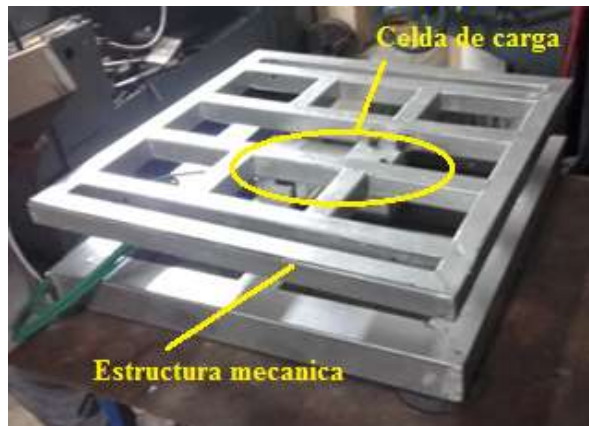


Figura 21.- Construcción de balanza

4.3.4.- Microcontrolador PIC.

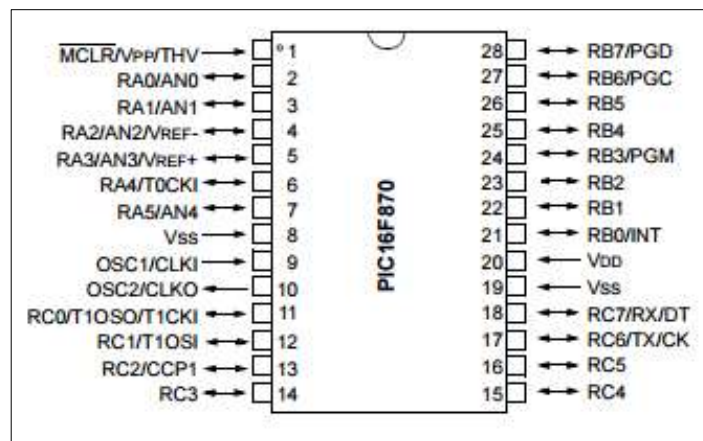


Figura 22.- Diagrama de pines del PIC16F870
(Microchip Technology Inc., 2012)

Según (Reyes, 2006), Un microcontrolador es un circuito integrado, en cuyo interior posee toda la arquitectura de un computador, esto es CPU, RAM, EEPROM, circuitos de entrada y salida.

De acuerdo a (Garcia, 2008), Los microcontroladores PIC tienen terminales de entrada/salida divididos en puertos, que se encuentran nombrados alfabéticamente A, B, C, D etc. Cada puerto puede tener hasta 8 terminales que, de forma básica, se comportan como un entrada/salida digital. Según las características del PIC, cada

puerto puede tener, además, asignado un bloque funcional: convertidor AD, USART, I2C, etc.

Según (Microchip Technology Inc., 2012) las características generales del PIC 16F870 son:

- La frecuencia de operación es de 20MHz
- Tiene hasta 128 bytes de datos de memoria
- Puertos A, B, C que pueden ser I/O
- Tiene 1 modulos para captura/comparacion/PWM
- Comunicación serial USART
- 5 canales de entrada de 10bit para modulo analogo-digital

Las tarjetas controladoras de las valvula se programaron para que interprete la señal de entrada analogica o digital que envia la salida del PLC y el PIC por medio de una salida envíe una señal modulada (PWM) para controlar el servomotor que es el actuador que permite el cierre y apertura de la valvula.

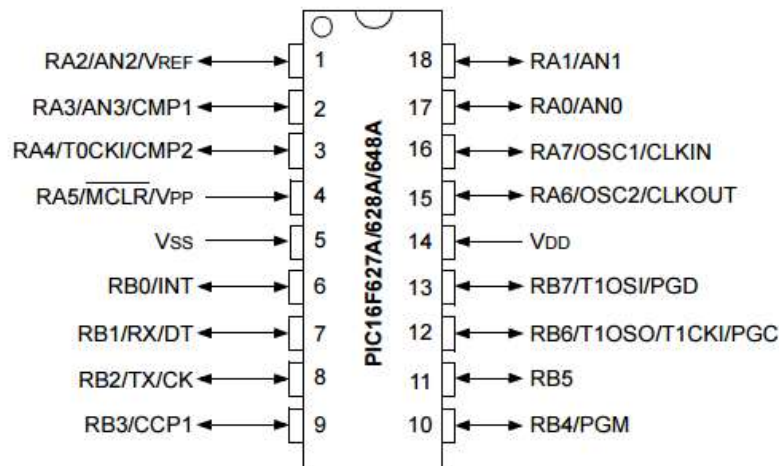


Figura 23.- Diagrama de pines del PIC 16F628a

(Microchip Technology Inc., 2007)

Según (Microchip Technology Inc., 2007) cabe mencionar que entre las características principales del PIC 16F628A tenemos las siguientes:

- Tiene 224 bytes de memoria SRAM
- Posee 128 bytes de memoria EEPROM
- Tiene 2 salidas de PWM
- Comunicación serial USART
- Frecuencia maxima 20Mhz

4.4.- Elementos

En esta sección se determina los elementos y componentes que fueron implementados en el proyecto:

Descripción	Función
Tarjeta electrónica de la válvula 1 (ON/OFF)	Realiza el control de apertura y cierre de la válvula.
Tarjeta transmisora de la celda de carga	Envía la señal del peso por medio de la celda de carga al PLC
Tarjeta electrónica de la válvula 2 (analógica)	Control de apertura y cierre en válvula de manera dosificada.
Celda de carga Sartorius MP72	Sensor que envía señal eléctrica del peso.
Motor de engranaje monofásico	Motor que se adapta una paleta al eje, realiza la mezcla del producto
Gabinete metálico	Indicadores luminosos para el operador y paro de emergencia y salidas de las tarjetas de electrónicas
Tarjeta control válvula 3 (descarga)	Realiza apertura y cierre de la válvula para la descarga del producto.
Fuentes de voltaje.	Para alimentación de las tarjetas electrónicas y el servomotor
Fusibles	Protección para la línea que va hacia el motor mezclador
Breaker	Protección para todo el control que está en el gabinete metálico del prototipo.

Tabla 3.- Elementos y su función en el desarrollo del proyecto

4.4.1.- Tarjeta electrónica digital ON/OFF (Válvula 1)

El control de la tarjeta electrónica digital ON/OFF por medio de la señal de salida del autómatas programable tiene una etapa convertidora de 24VDC a 5VDC, esta conversión lo realiza un relé ubicado en el gabinete metálico.



Figura 24.- Tarjeta electrónica digital ON/OFF.

Esta señal ingresa al microcontrolador y por medio de su programación manda una señal de pulso PWM (pulse-width modulation) esta señal es la que le llega al servomotor y realiza la apertura o cierre de la válvula.

4.4.1.- Tarjeta electrónica analógica (Válvula 2)



Figura 25.- Tarjeta electrónica analógica.

El funcionamiento de la tarjeta electrónica de la válvula 2 es la siguiente: la salida del módulo analógico del PLC envía una señal de 4 a 20ma, al ingresar esta señal analógica a la tarjeta por medio de una resistencia de carga la señal de corriente de 4 a 20maA se convierte en una señal de voltaje, este voltaje entra al INA el cual es un amplificador y esa señal de voltaje amplificada pasa a un convertidor de análogo a digital de 12 bits la salida del convertidor ingresa al microcontrolador el cual interpreta la señal digital y linealiza para abrir la válvula de 90 grado a 180 grados por medio de la señal PWM que se conecta al servomotor.

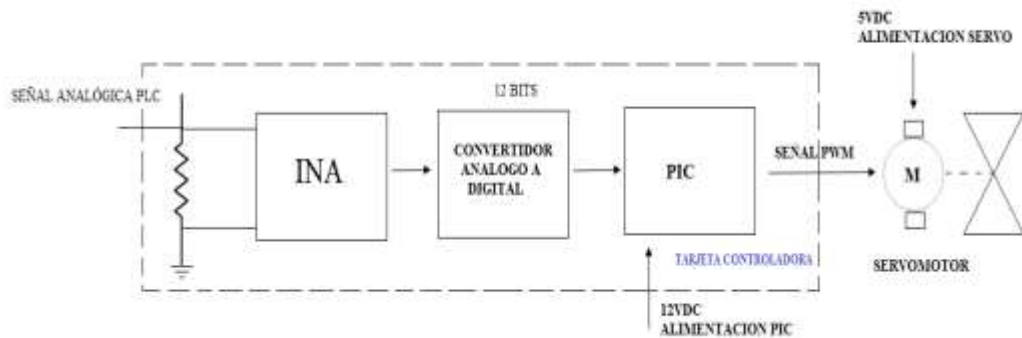


Figura 26.- Esquema de funcionamiento de la tarjeta electrónica de la válvula 2.

4.4.2.- Tarjeta electrónica de la válvula 3 (Válvula descarga)

El funcionamiento de la tarjeta electrónica digital de la válvula de descarga es similar a la válvula 1. La señal digital de salida de 24VDC del PLC que activa la válvula 3 energiza un relé que está ubicado en el gabinete metálico y este por medio del contacto común del relé se lo alimenta con 5VDC, la señal de salida del relé los 5VDC ingresa a la tarjeta electrónica por lo cual el microcontrolador interpreta que debe mover al servomotor para abrir o cerrar la válvula.

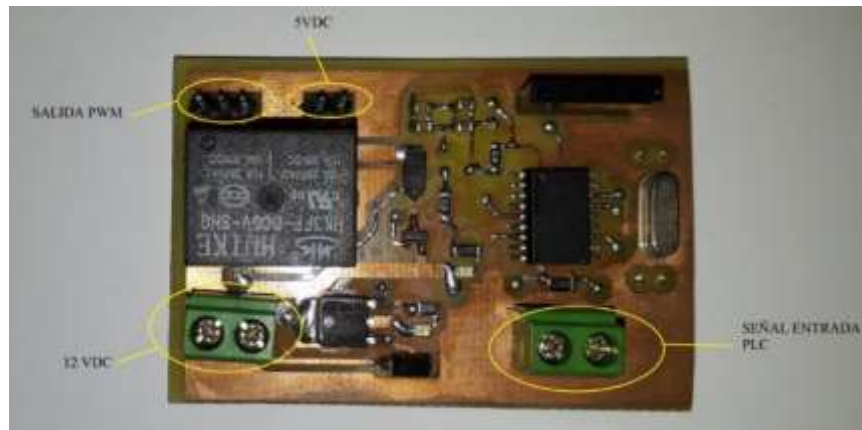


Figura 27.- Tarjeta electrónica de la válvula 3.

Además al servomotor se energiza con otra fuente de 5VDC, el motivo es que la alimentación del servomotor debe ser de mayor amperaje. También tiene otro conector de 12VDC el cual es la alimentación para los elementos electrónicos de la tarjeta controladora.

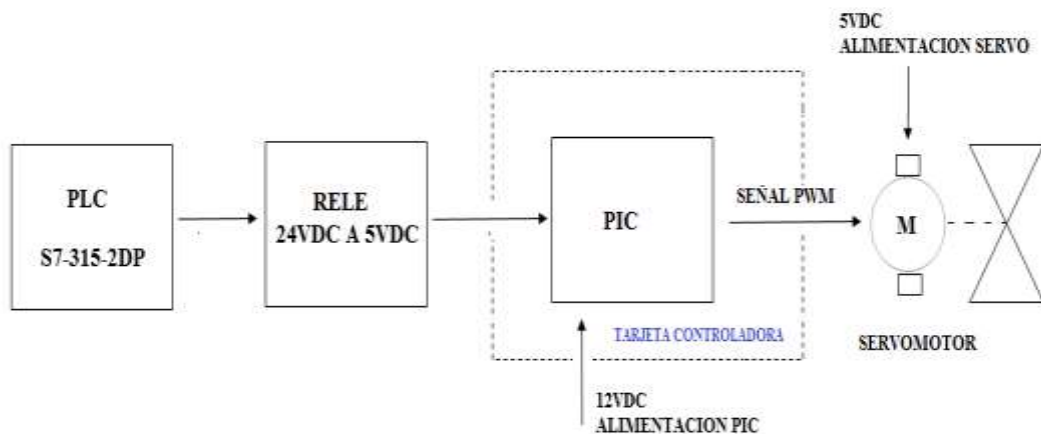


Figura 28.- Esquema de funcionamiento de tarjeta de la válvula ON/OFF

4.4.3.- Módulo Sensor de peso: SKU:SEN0160



Figura 29.- Módulo sensor de peso SKU:SEN0160

Recuperado de:

<https://www.dfrobot.com/wiki/images/thumb/4/4b/DSC1120.jpg/300px-DSC1120.jpg>

Según (dfrobot, n.d.), este sensor de peso es capaz de detectar 1Kg de peso. El cual es un convertidor analógico a digital de 24bits de precisión diseñado para aplicaciones de escala de pesaje. Este módulo reduce el costo de la balanza electrónica y al mismo tiempo mejora el rendimiento y la fiabilidad del mismo. Tiene una salida con un terminal compacto que hace que el sensor sea más fácil de conectar.

4.4.4.- Tarjeta transmisora de la celda de carga.

La celda de carga marca Sartorius, tiene una resolución de 2mV/V el mismo que se alimenta con 5VDC, la salida de la señal desde la celda de carga ingresa al convertidor análogo-digital (SKU:SEN160), ya que la señal que recibe desde la celda de carga es analógica y el modulo sensor de peso la transforma a una señal digital.



Figura 30.- Tarjeta transmisora de la celda de carga.

El modulo (SKU:SEN160) al convertir la señal a digital lleva la información del peso que recibe desde la celda de carga y esa información llega al microcontrolador el cual se encarga de procesar esa información y este a su vez lo envía a un convertidor digital-análogo debido a que envía la señal de 4 a 20mA escalado de 0 a 50Kg que es peso que soporta la celda de carga.

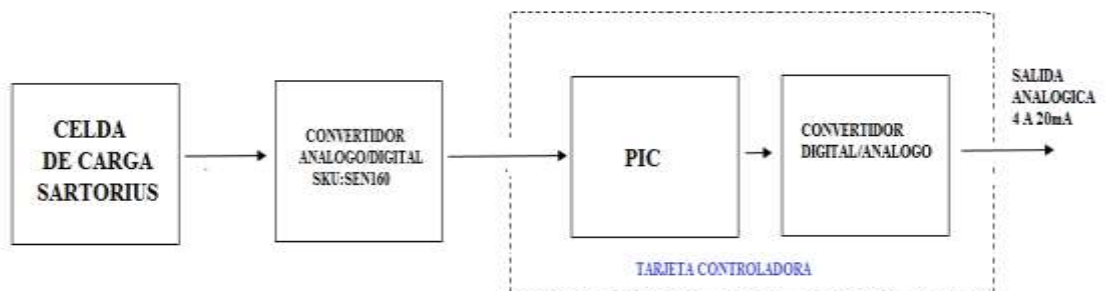


Figura 31.- Esquema de funcionamiento de la tarjeta transmisora de la celda de carga.

4.4.1.- Breaker 30Amp.

El breaker permite la protección de los elementos que conforman los diferentes circuitos así evitando daños en los mismos los cuales son protegidos contra corrientes de corto circuito y sobrecargas ya que abre el circuito al instante de detectar cualquiera de los casos mencionados anteriormente. Opera a una tensión hasta 500V y una corriente máxima de 30A.



Figura 32.- Breaker de 30A marca ABB

Recuperado de: <http://www.gipostroy.ru/catalog/subsection/modul-nye>

4.4.2.- Base fusible RT18-32(X)



Figura 33.- Base portafusible con fusible marca miro

Recuperado de: <https://es.aliexpress.com/cheap/cheap-fuse-base.html>

El fusible RT18-32 permite tener la correcta protección de los equipos o elementos que se encuentran en el tablero teniendo en cuenta que la base del fusible trabaja en conjunto con un fusible y ambos permiten el paso de una corriente menos a los 32A y un voltaje de 500V

4.4.3.- Fusibles

Los fusibles tipo cartucho de cerámica con dimensiones 10x38mm, forman parte de la protección de los diferentes equipos y elementos instalados en el proyecto, los cuales tienen varias capacidades en respuesta a cualquier sobrecarga los más comunes son los de 2A, 5A, 10A, 20A y 30A, la particularidad de estos sistemas de protección es que pueden ser reemplazados en caso de algún daño de mismo.

4.4.4.- Fuentes de alimentación



Figura 34.- Fuente de alimentación de 12VDC

Recuperado de: <http://www.metroelectronica.com/electronica/cargadores/fuente-de-alimentacion-12v-detail>

Las fuentes de alimentación son las encargadas de transformar los niveles de voltaje alterno que le ingresa a una salida en niveles menor en voltaje continuo y de esta forma alimentar las diferentes tarjetas de control el actuador como el servomotor. En este caso se usó 3 fuentes las cuales poseen una entrada de 110V y proporcionando una salida de 5V a 10A, la otra una entrada de 110 y salida 5V a 1A, y al última fuente una entrada de 110VAC y salida de 12VDC a 5A Válvula de control

De acuerdo a (Sole, 1998), en el control automático de procesos industriales una válvula tiene un papel importante para la regulación la cual realiza la función de variar el caudal de fluido comportándose como un orificio de área continuamente variable.

4.4.5.- Tipos de válvula

Las válvulas pueden ser de varios tipos según sea el diseño del cuerpo y el movimiento del obturador.

Entre los principales tipos de válvulas tenemos las siguientes:

- Válvula de globo.
- Válvula en ángulo.
- Válvula de 3 vías.
- Válvula de jaula.
- Válvula de compuerta.
- Válvula en Y.
- Válvula de mariposa.
- Válvula de bola.

4.4.6.- Diseño de válvula

En cuanto al diseño de las válvulas, al momento de realizar las cotizaciones en el mercado nacional de las válvulas ON/OFF y dosificadoras se encontró una dificultad a causa del precio elevado de las mismas.

Entonces se decidió por parte de los autores elaborar un diseño para las válvulas tanto las ON/OFF y la dosificadora, este primer diseño consta de un servomotor y

una válvula de bola de 1 pulgada de la cual se le adapto en la parte superior el servomotor el cual realiza la apertura y cierre de la válvula.

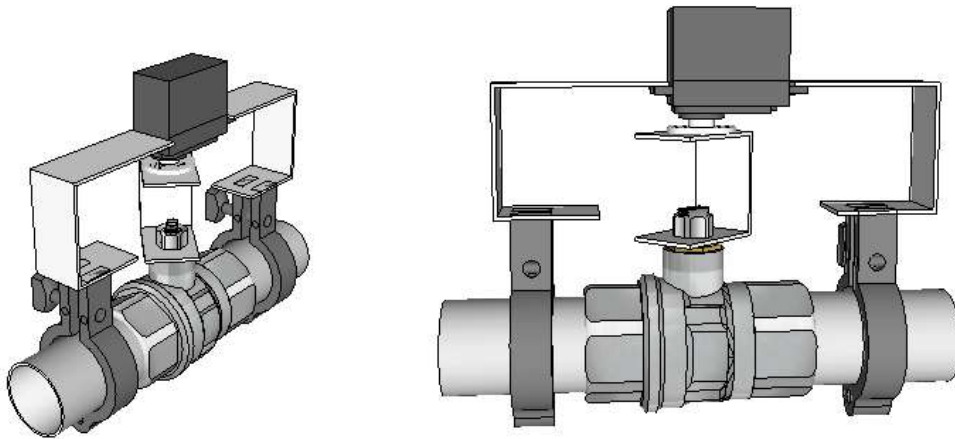


Figura 35.- Dibujo en 3D de primer diseño de la válvula.

Este diseño presento un inconveniente al momento de realizar las respectivas pruebas las cuales fueron que al darle demasiado uso, el producto granulado (arroz) se quedaba en el mecanismo mecánico interno de la válvula de bola ya que causaba que el servomotor ejerza mayor fuerza y se sobrecaliente y no ejecute la apertura y cierre normal de la válvula.



Figura 36.- Primer diseño de la válvula.

El segundo diseño se lo elaboro con un servomotor y una placa metálica la cual tapa la salida del silo y permite el paso de los granulados, este diseño evita que el producto granulado se quede en la válvula tal como pasaba en el primer diseño.

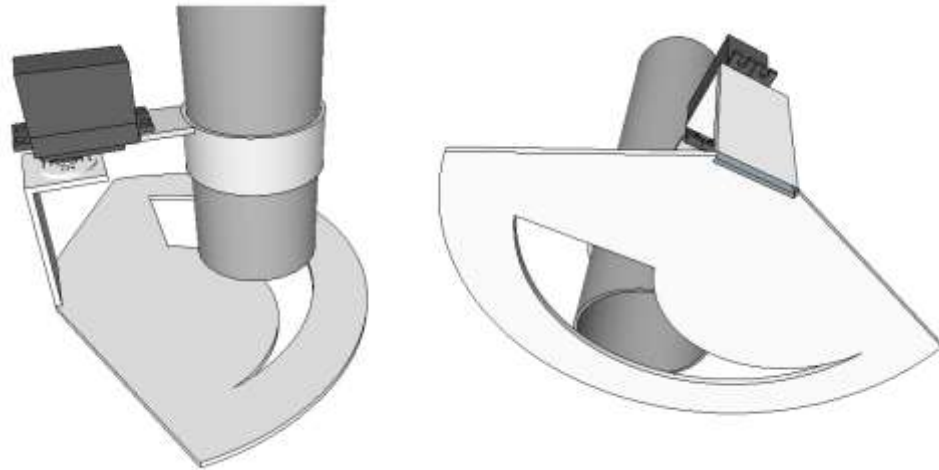


Figura 37.- Dibujo en 3D de segundo diseño de la válvula

Para la válvula dosificadora se realizó en la placa metálica con una perforación de menor a mayor para que la apertura sea dosificada por la perforación la cual el servomotor se moverá a medida que necesite el proceso.

El servomotor se ajusta por medio de un anillo y un prisionero el cual es una pieza metálica que permite la regulación de la altura de la válvula.



Figura 38.- Segundo diseño de la válvula.

Para el diseño de la válvula ON/OFF se diseñó una placa metálica la cual tapa la salida por completo del producto granulado al momento que se active la válvula el servomotor se mueve 90 grados para realizar permitiendo que la placa no tape la salida y por ende la apertura total del producto.

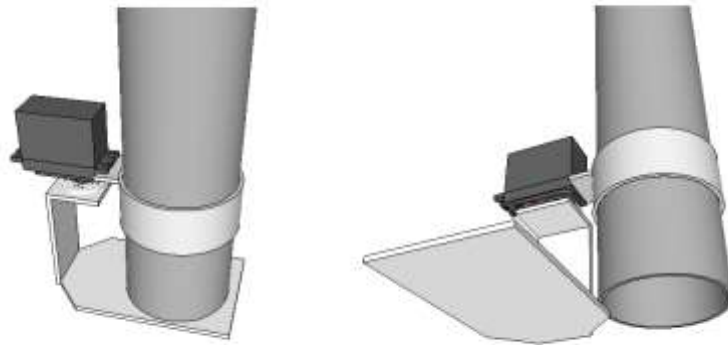


Figura 39.- Diseño en 3D de la válvula de descarga.

En este caso de válvula se necesita la apertura total de la válvula y no de forma dosificada como en los anteriores diseños de las válvulas del proyecto.



Figura 40.- Diseño de válvula ON/OFF

4.4.7.- Servomotor

Según (Sole, 1998), existen varios tipos de servomotores entre estos podemos encontrar los eléctricos, hidráulicos y digitales y se emplean en la gran mayoría a nivel industrial los dos primeros por ser más simples, de actuación rápida y tener una gran capacidad de esfuerzo se puede decir que en el 90% de la industria utiliza válvulas que son accionadas neumáticamente.



Figura 41.- Servomotor standard modelo HD 1501MG

Recuperado de: <http://www.carrod.mx/products/servo-motor-torque-17-kg-cm-power-hd-1501mg>

En el caso del proyecto se utilizó un servomotor standard modelo HD 1501MG el cual tiene las siguientes características:

- Voltaje de operación: 4.8 - 6 V
- Torque (6 V): 17 kg- cm
- Velocidad a 6 V: 0.14 sec/60°
- Torque (4.8 V): 15.5 kg- cm
- Velocidad a 4.8 V: 0.16 sec/60°
- Dimensiones: 4.07 cm x 2.05 cm x 3.95 cm
- Peso: 60 g
- Tipo Analógico
- Estandar (180°)

- Marca: Power HD
- Modelo: 1501MG
- Modelo:1057

El servomotor standard que se usó en el proyecto nos sirve para que por medio de un control nos permita la apertura y cierre de la válvula que deseamos y en el porcentaje que se necesite para el proyecto.

4.5.- Gabinete metálico

El gabinete nos brinda la protección contra el polvo, humedad y otros diferentes factores según la norma IP65. El gabinete cuenta con una llave para que personal no autorizado tenga acceso al mismo.



Figura 42.- Gabinete metálico.

El gabinete en su parte exterior es el que posee los indicadores luminosos de cada una de las válvulas y del motor y tiene una botonera de paro de emergencia. En

la parte interior del mismo tiene la conexión de los diferentes tipos de tarjetas controladoras de las válvulas y las fuentes de voltajes para cada una de las tarjetas.

4.5.1.- Materiales eléctricos usados en el tablero de control.

En la tabla 4 se enumera los materiales que se usaron para implementar el tablero de control:

Descripción	Función
Botón de paro de emergencia	Permite parar el proceso en cualquier etapa que se encuentre el mismo.
Luces pilotos	Permite visualizar al operador el encendido y apagado de los diferentes actuadores existentes en el proyecto.
Cable #22	Para las conexiones entre los diferentes elementos de control, protección de mando y actuadores
Bornero para riel din	Regleta para la unión de cables.
Relé	Para conmutar entre diferentes tipo de voltaje
Breaker	Protección para el tablero de control
Riel din	Montaje de elementos eléctricos, protección y de mando.

Tabla 4.- Materiales de implementación en el tablero de control.

4.6.- Celda de carga

4.6.1.- Galga extensiométrica

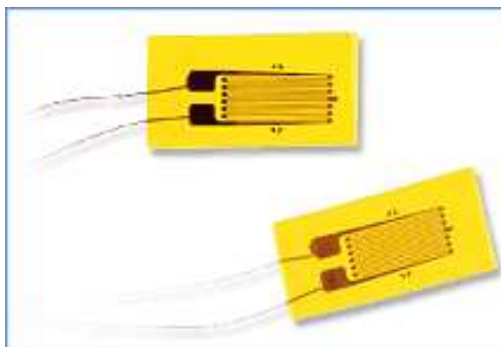


Figura 43.- Galga extensiométrica

Recuperado de: <http://es.omega.com/prodinfo/galgas-extensiometricas.html>

Según (Sole, 1998) se basa en la variación de longitud y de diámetro, y por lo tanto de resistencia, que tiene lugar cuando un hilo de resistencia se encuentra sometido a una tensión mecánica por la acción de una presión.

La galga forma parte de un puente de Wheatstone y cuando esta sin tensión tiene una resistencia eléctrica determinada. Se aplica al circuito una tensión nominal tal que la pequeña corriente que circula por la resistencia crea una caída de tensión en la misma y el puente se equilibra para estas condiciones. Cualquier variación de presión que mueva el diafragma del transductor cambia la resistencia de la galga y desequilibra el puente.

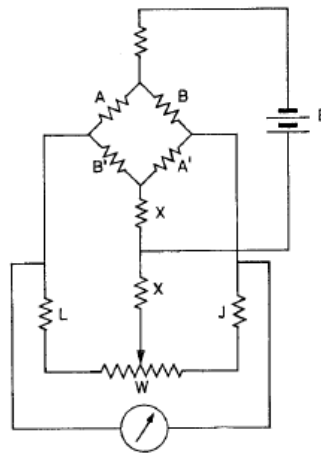


Figura 44.- Puente de Wheatstone para galga extensiométrica (Sole, 1998)

4.6.2.- Celda de carga con galgas extensiométricas

Como menciona (Sole, 1998), “La célula de carga a base de galgas extensiométricas consiste esencialmente en una célula que contiene una pieza de elasticidad conocida capaz de soportar la carga sin exceder de su límite de elasticidad. A esta pieza esta cementada una galga extensiométrica formada por varias espiras de hilo pegado a un soporte de papel o de resina sintética. La tensión

o la comprensión a que el peso somete a la célula de carga, hace variar la longitud del hilo metálico y modifica por lo tanto su resistencia eléctrica”.



Figura 45.- Celda de carga Sartorius.

Recuperado de: https://d2zqwq8tz2oraai.cloudfront.net/fileadmin/fm-fal/intec_media/Industrial_Weighing/Documents/Load_Cells/MP_72/DS-MP72-en.pdf

La celda de carga que se utilizó en el proyecto es de la marca Sartorius y el modelo MP72 de 50Kg la cual tiene las siguientes características:

Technical Data		C3MR	
Accuracy class (Combined error)		0.02	% C_n
Maximum capacity	E_{max}	30 50 100 200 300 500 750	kg
Maximum usable load	E_u	150	% E_{max}
Destructive load	E_d	≥ 300	% E_{max}
Safe side load	E_{ss}	100	% E_{max}
Maximum number of LC intervals	n_{LC}	3,000	
Minimum LC verification interval $v_{min} = E_{max} / Y$	Y	15,000	
Rated output	C_r	2.0	mV/V
Tolerance on rated output	D_r	$\leq \pm 10$	% C_r
Zero output signal	S_{zer}	$\leq \pm 5$	% C_r
Creep, during 30 min.	d_c	$\leq \pm 0.016$	% C_r
Temperature effect on S_{max}	$TK_{S_{max}}$	$\leq \pm 0.009$	% $C_r / 10 K$
Temperature effect on C	TK_c	$\leq \pm 0.01$	% $C_r / 10 K$
Input impedance	R_{ic}	413 ± 20	Ω
Output impedance	R_o	350 ± 25	Ω
Insulation impedance (100 V DC)	R_{is}	≥ 5	G Ω
Recommended supply voltage	B_r	5 ... 15	V
Nominal ambient temperature range	B_n	-10 ... +40	$^{\circ}C$
Usable ambient temperature range	B_u	-20 ... +65	$^{\circ}C$

Tabla 5.- Datos técnicos de la celda de carga Sartorius

Recuperado de: https://d2zqwq8tz2oraai.cloudfront.net/fileadmin/fm-fal/intec_media/Industrial_Weighing/Documents/Load_Cells/MP_72/DS-MP72-en.pdf

4.7.- Motor y Paletas para la mezcla.

Según la página web del fabricante del motor Von Weise (<http://www.vonweise.com>) se dedica a fabricar varios tipos de motores y actuadores entre estos el motor de engranaje el cual se usó en el proyecto. Este motor que posee un gran torque a una revolución baja es ideal para este proyecto ya que evita adquirir un motor trifásico y un variador de frecuencia para tener que bajar las revoluciones del mismo.



Figura 46.- Motor de engranaje Von Weise con una adaptación de paletas.

Aparte en el eje del motor se le adapto unas paletas la cual nos permitirá realizar la mezcla de nuestro producto.



Figura 47.- Paletas mezcladoras.

Entre los datos técnicos que se pueden observar en la placa del motor reductor son los siguientes:

DATOS TECNICOS DEL MOTOR	
Marca	Von Weise St Clair
Modelo	V0158AJ76
Voltaje de alimentación	115V AC
Frecuencia	60HZ
Amperaje	1.5A
Potencia	1/8 HP

Tabla 6.- Datos técnicos del motor.

4.8.- Relés

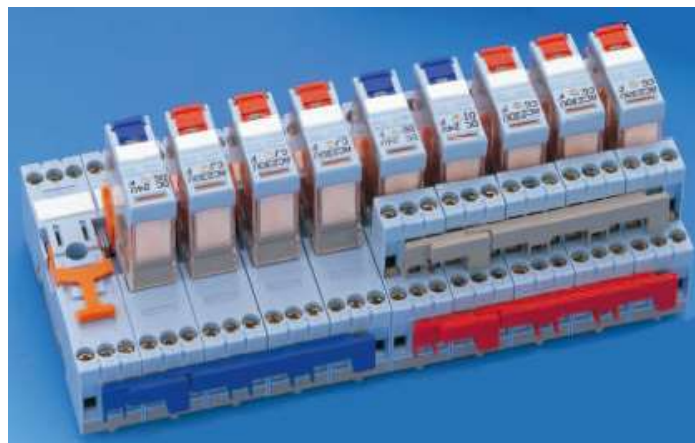


Figura 48.- Diferentes tipos de relés industriales marca “Releco”.
 Recuperado de: <http://www.releco-relays.net/es/rele-industrial-IRC.html>

Un relé es un dispositivo electromecánico que nos permite la conmutación de una línea eléctrica de media o alta potencia a través de un circuito electrónico de baja potencia. La principal ventaja y el motivo por el que se usa bastante en electrónica es que la línea eléctrica está completamente aislada de la parte electrónica que controla el relé.

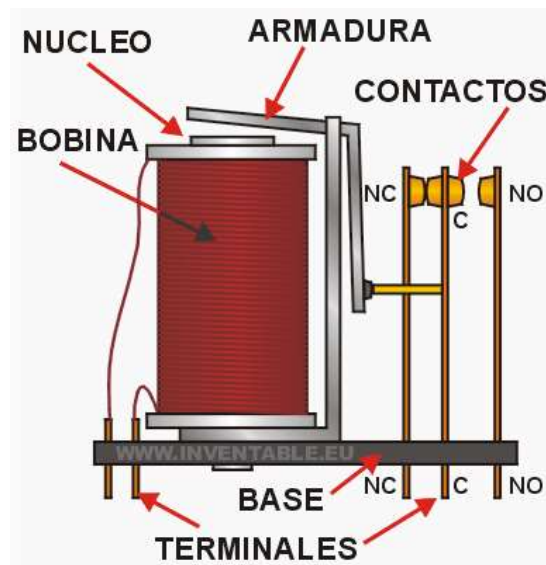


Figura 49.- Diseño de un relé típico con descripción de sus partes.
(Inventable, 2016)

Substancialmente, un relé está compuesto por una bobina, una armadura metálica y un grupo de contactos que pueden ser conmutados a través de un campo magnético generado por la bobina.

Las características principales que diferencian los relés para tensión continua son:

- La cantidad y el tipo de contactos
- La potencia de conmutación
- La tensión de trabajo de la bobina
- La corriente de la bobina (o resistencia)

Estos parámetros determinan generalmente el tamaño del relé. Mayor es la cantidad de contactos y la potencia que estos pueden conmutar, mayor será el tamaño de relé. Existe una amplia variedad de relés, algunos pequeños como circuitos integrados y otros grandes como ladrillos. (Inventable, 2016)

4.9.- Hardware utilizado en el proyecto

Para la programación el hardware que se utilizó en el proyecto son los equipos que nos facilitó la Universidad Politécnica Salesiana los cuales estaban con su respectivo modulo.



Figura 50.- Módulos PLC propiedad de la Universidad Salesiana

En la tabla 7 que se muestra a continuación hay una descripción de la cantidad del modelo y de la descripción del hardware usado en el presente proyecto.

Cantidad	Marca	Modelo	Descripción
1	Siemens	6EP1 333-3BA00	Fuente de poder de 24V a 5A
1	Siemens	6AV6 642-0DA01-1AX1	HMI Touch de 320 x 240
1	Siemens	CPU-315-2-DP	Controlador lógico programable.
1	Siemens	6ES7332-5HD01-0AB0	Módulo analógico de entrada
1	Siemens	321-1BH02-0AA0	Módulo de entrada digital
1	Siemens	ET-200M	Sistema de periferia descentralizada
1	Siemens	6ES7 332-5HB01-0AB0	Modulo analógico de salida.

Tabla 7.- Hardware usado en el proyecto.

4.9.1.- Fuente de Poder 24V



Figura 51.- Fuente de poder SITOP

Recuperado de: <http://uk.farnell.com/siemens/6ep1333-3ba00/psu-din-rail-24v-5a/dp/1216622>

La fuente de poder de SITOP de 24VDC marca Siemens es la que alimenta al módulo de automatización que contiene los elementos tales como el CPU 315-2-DP con sus respectivos módulos analógicos y digitales, la ET-200 y sus diferentes módulos de entradas digitales y análogas.

Según la hoja de datos de la fuente SITOP de (Siemens AG., 2012) Las características son las siguientes:

- Voltaje de entrada 120V a 230VAC

- Tiene un rango de ajuste de voltaje de salida por medio de un potenciómetro de 24V a 28.8VDC
- Temperatura ambiente de operación -25°C a 70°C

4.9.2.- Pantalla táctil HMI OP177B

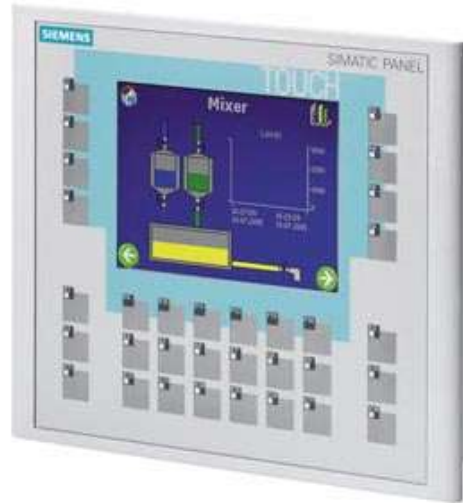


Figura 52.- Pantalla HMI de Siemens.

Recuperado de:

<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/Product/6AV6642-0DA01-1AX1>

Según Simatic HMI panel de Operador, (Siemens AG, 2008). “*Los paneles de la gama 177 constituyen un avance de los paneles de operador ya conocidos de la gama 170. Los nuevos paneles TP 177A, TP 177B y OP 177B permiten utilizar de forma aún más eficiente los proyectos basados en textos o gráficos para realizar tareas de manejo y visualización simples o medianas en máquinas e instalaciones.*”

El HMI tiene una propiedad adicional aparte de que se puede manejar con el teclado de membrana y también se lo puede manejar por medio de la pantalla táctil. En la parte posterior del panel se encuentra un interruptor DIL para configurar la interfaz RS-485.

La siguiente figura muestra las posiciones del interruptor DIL. La dirección de transmisión y recepción se conmuta internamente con la señal RTS. (Siemens AG, 2008)

Comunicación	Posición del interruptor	Significado
RS 485		No hay RTS en el conector, al transferir datos entre el controlador y el panel de operador (estado de fábrica)
		RTS a pin 4, como el controlador, p. ej. para puesta en marcha
		RTS a pin 9, como la programadora, p. ej. para puesta en marcha
RS 422		La interfaz RS-422 está activa.

Tabla 8.- Posiciones del interruptor DIL.

Fuente: Simatic HMI panel de Operador, Siemens (2008)

4.9.3.- Controlador Lógico Programable (315-2AG10-0AB0)

Según lo define la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de los Estados Unidos un PLC – Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos



Figura 53.- Vista frontal del CPU-315-2DP.

Recuperado de:

<https://mall.industry.siemens.com/goos/catalog/Pages/mmpdata.ashx?lang=en&MLFB1=6ES7315-2AG10-0AB0&MLFB2=6ES7315-2AH14-0AB0&>

También se puede definir como un equipo electrónico, el cual realiza la ejecución de un programa de forma cíclica. La ejecución del programa puede ser interrumpida momentáneamente para realizar otras tareas consideradas más prioritarias, pero el aspecto más importante es la garantía de ejecución completa del programa principal.

Estos controladores son utilizados en ambientes industriales donde la decisión y la acción deben ser tomadas en forma muy rápida, para responder en tiempo real. Los PLC son utilizados donde se requieran tanto controles lógicos como secuenciales o ambos a la vez. (Micromecanica, 2014).

4.9.1.- Sistema de periferia descentralizada ET200M

Como lo menciona, (Siemens, 2008) “cuando se configura un sistema, las entradas y salidas del proceso normalmente están centralizadas en el sistema de automatización.



Figura 54.- Sistema de periferia descentralizada ET200M.

Recuperado de: <http://www.elec-intro.com/cms/plus/view.php?aid=195>

Cuando la distancia entre las entradas y las salidas y el aut3matata programable es considerable, el cableado puede ser complicado y largo, y las perturbaciones electromagn3ticas pueden afectar a la fiabilidad.”

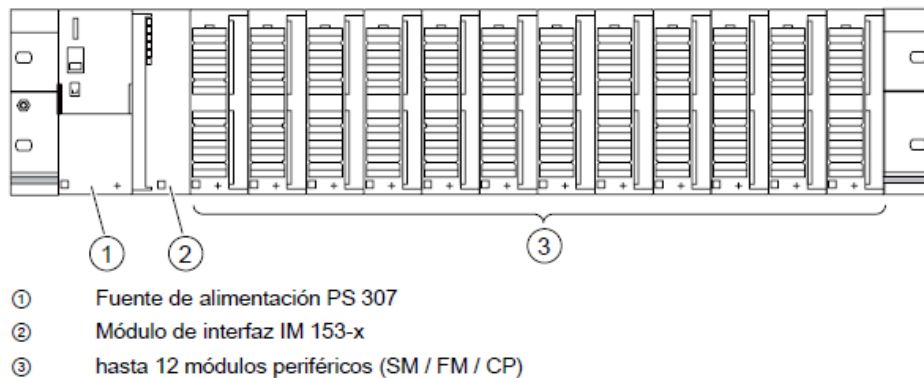


Figura 55.- Ejemplo de configuraci3n del sistema de periferia descentralizada ET-200M.

Fuente: Sistema de Periferia descentralizada ET 200M (2008)

As3 mismo cabe recalcar que para este tipo de instalaciones, se recomienda utilizar unidades de periferia descentralizada ya que las periferias descentralizadas trabajan “in situ” ya que por medio de la red PROFIBUS DP con su alta transmisi3n

de datos asegura que exista una comunicación rápida entre el CPU de control y los sistemas de periferia

4.10.- Módulos de entrada y salida del PLC-S7300

Los módulos que se presentan a continuación son los que nos permiten controlar los diferentes tipos de actuadores tales como luces piloto, botón de paro de emergencia, así mismo envía y recibe la señal de nuestro proceso.

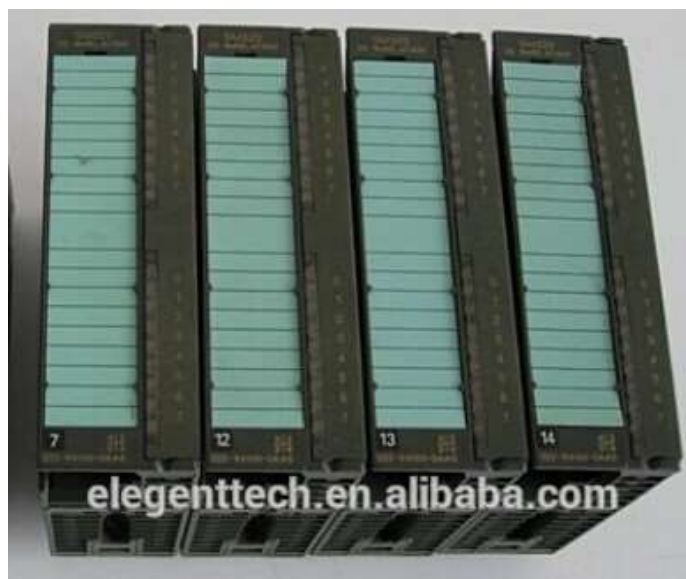


Figura 56.- Módulos de entrada y salidas del PLC-S7300.

Recuperado de: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/original-siemens-plc-s7-300-siemens-plc-module-analog-input-siemens-module-6es7312-1ae14-0ab0-1921729378.html>

4.10.1.- Módulo de entrada digital (321-1BH02-0AA0)

Características

El módulo de entradas digitales SM 321; DI 16 x DC 24 V se distingue por las siguientes características:

- 16 entradas, con aislamiento galvánico en grupos de 16

- Tensión nominal de entrada 24 V DC
- Adecuado para interruptores y detectores de proximidad (BERO) a 2/3/4 hilos.

4.10.2.- Módulo de salida digital (322-1BH01-0AA0)

Según Sistema de automatización, Datos de los módulos 2013, El módulo SM 322; DO 16xDC 24 V/0,5 A se distingue por las características siguientes:

- 16 salidas, con separación galvánica en grupos de 8
- Intensidad de salida 0,5 A
- Tensión nominal de carga 24 V DC
- Adecuado para electroválvulas, contactores de corriente continua y lámparas de señalización

4.10.3.- Módulo de entrada analógica (331-7KB02-0AB0)

El módulo de entrada analógica tiene las siguientes características.

Características

- 2 entradas en un grupo de canales
- Tipo de medición ajustable por grupo de canales:
 - Tensión
 - Intensidad
 - Resistencia
 - Temperatura
- Resolución ajustable por grupo de canales (9/12/14 bits + signo)
- Selección del rango de medición discrecional por cada grupo de canales
- Diagnóstico parametrizable y alarma de diagnóstico

- Vigilancia de valores límite ajustable para un canal
- Alarma de proceso ajustable al rebasar el valor límite
- Aislado con respecto a la CPU y a la tensión de carga (no en TM2H)

4.10.4.- Módulo Analógico de salida (6ES7332-5HD01-0AB0)

Entre las características principales del módulo de salida analógico son las siguientes:

- 4 canales de salida
- Los canales individuales de salida se pueden programar para voltaje o corriente.

4.11.- Software utilizado en el proyecto.

Para la programación del PLC S7-300 y el HMI del proyecto del proceso industrial se usó la interfaz TIA PORTAL (Totally Integrated Automation), este programa nos permite optimizar todos los procedimientos del proceso, con la intuitiva interfaz de usuario y la sencillez de sus funciones.



Figura 57.- Programa TIA Portal V13.

Para poder integrar los dispositivos de control como el PLC la ET200 y los módulos de entrada y salidas analógicas y digitales se realizó una actualización al PLC-S7300 para que el programa TIA PORTAL V13 lo pueda reconocer y realizar las respectivas pruebas con cada uno de los equipos para revisar su correcto funcionamiento en cada uno de sus módulos.



Figura 58.- Pruebas de funcionamiento de los diferentes módulos del PLC.

4.12.- Programación por medio del TIA Portal V13.

De acuerdo a la programación del bloque principal “Main” se llamara a cada uno de los de los bloques de manera ordenada y cíclica. En este caso tenemos los bloques “Receta”, “Manual y automático”, “Entrada análoga”, “Salida análoga”, “Guardado y borrado del PID” y las diferentes prácticas que se realizó en el proyecto.

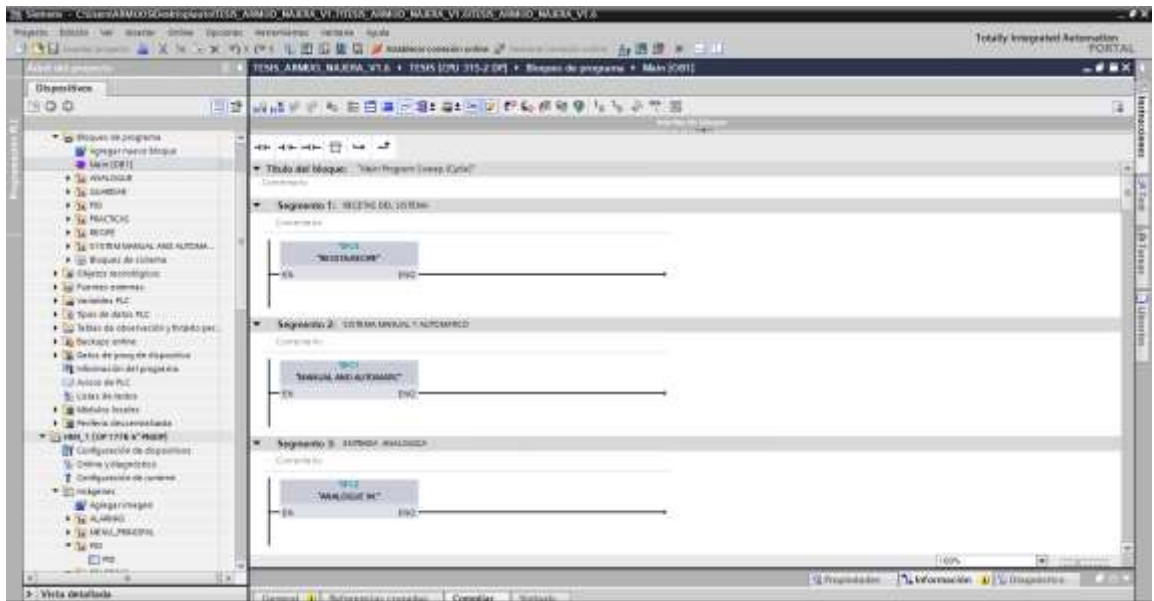


Figura 59.- Bloque principal “MAIN”

Un bloque FC (función), es una subrutina la cual puede obtener una secuencia en específico, dicho sea en este caso el primer bloque FC que tiene el programa “Main” es la de “RECETA:RECIP”, el cual este bloque realiza la suma de los dos valores del producto que se ingresan para ser mezclado por parte de los dos silos superiores. El resultado de esta suma por medio de un bloque MOVE se lo asigna a la variable “POINT_HMI” el cual es el valor que se va a ingresar al bloque PID para su respectivo control.

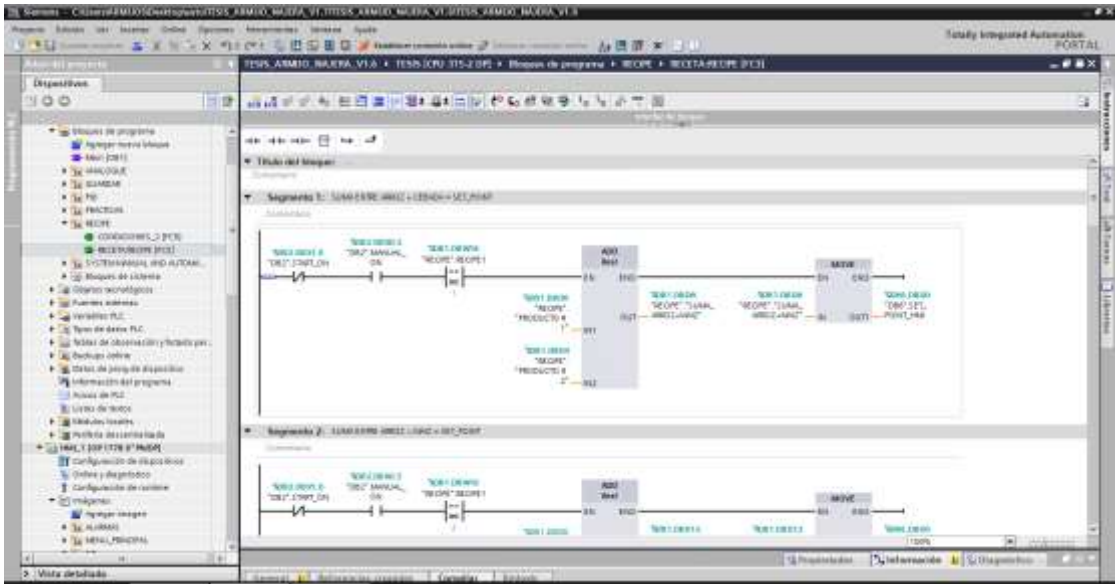


Figura 60.- Bloque FC “RECETA:RECIPÉ”

En el mismo bloque FC “RECETA:RECIPÉ”, se tiene otra subrutina FC la cual es “CONDICIONES”, el cual nos permite hacer comparaciones entre el ingreso del producto A del silo 1 y el producto B del silo 2 por medio del lenguaje de programación SCL.

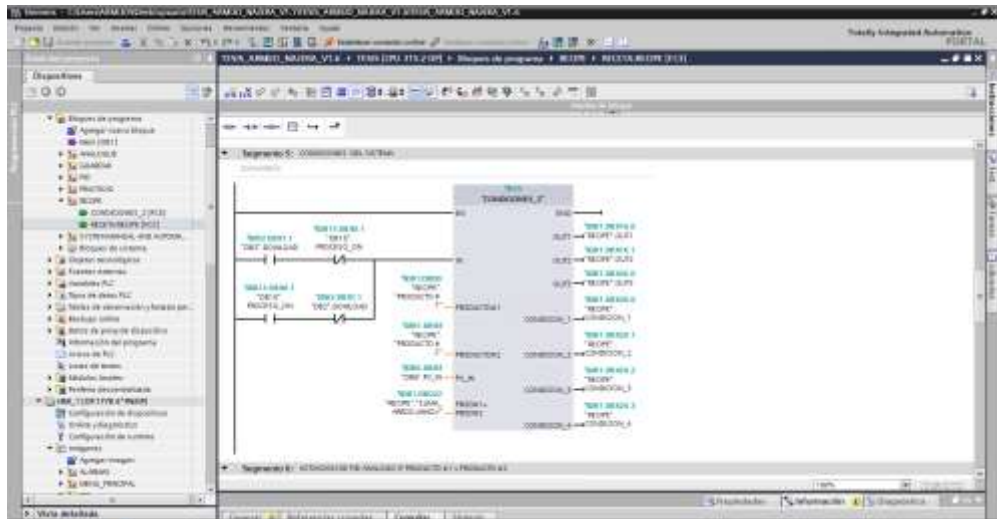


Figura 61.- Bloque FC “CONDICIONES”

Este bloque tiene programación de autómatas Siemens en lenguaje SCL (Programación estructurada), el significado de SCL (structured control language) el cual significa “lenguaje de control estructurado” y está basado en lenguaje Pascal. El bloque estructurado “CONDICIONES” nos permite realizar la comparación entre productos A y B de los Silos 1 y2 del proyecto.

El programa de comparación y activación de variables el cual se lo realizo en lenguaje SCL se lo puede observar en la sección de anexos:

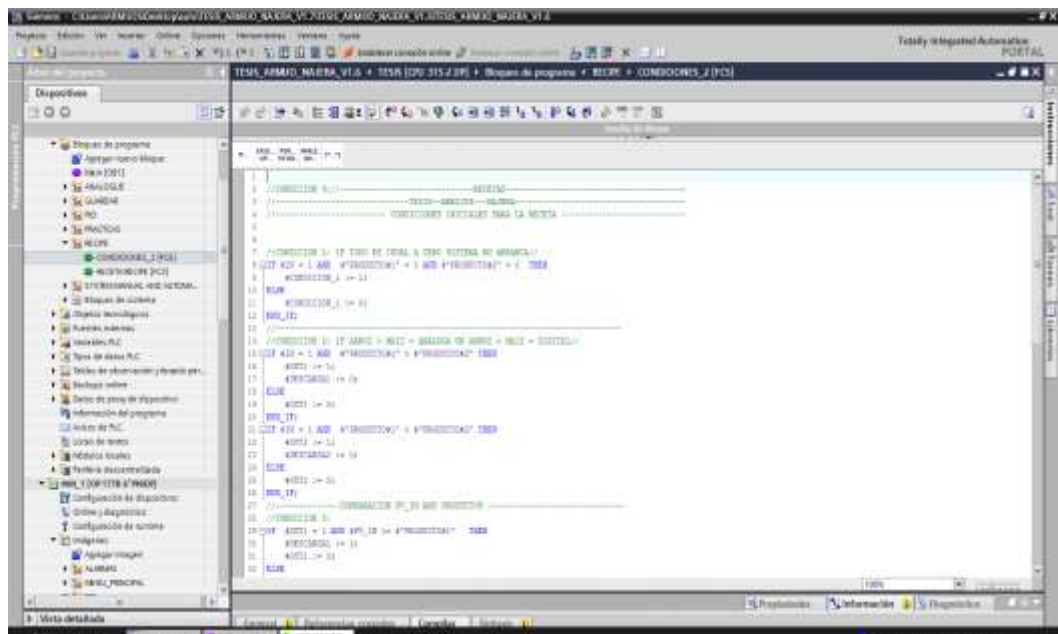


Figura 62.- Programa en SCL en el bloque “CONDICIONES”

En la figura 62 se puede observar que al momento de comparar se activa las salidas del comparador “RECIPE_OUT1” el cual setea la salida “ANALOGA_ON” y resetea “ACTIVACION_DIGITAL”, eso depende de que condición cumpla en el bloque de programación para activar o desactivar las válvulas de control

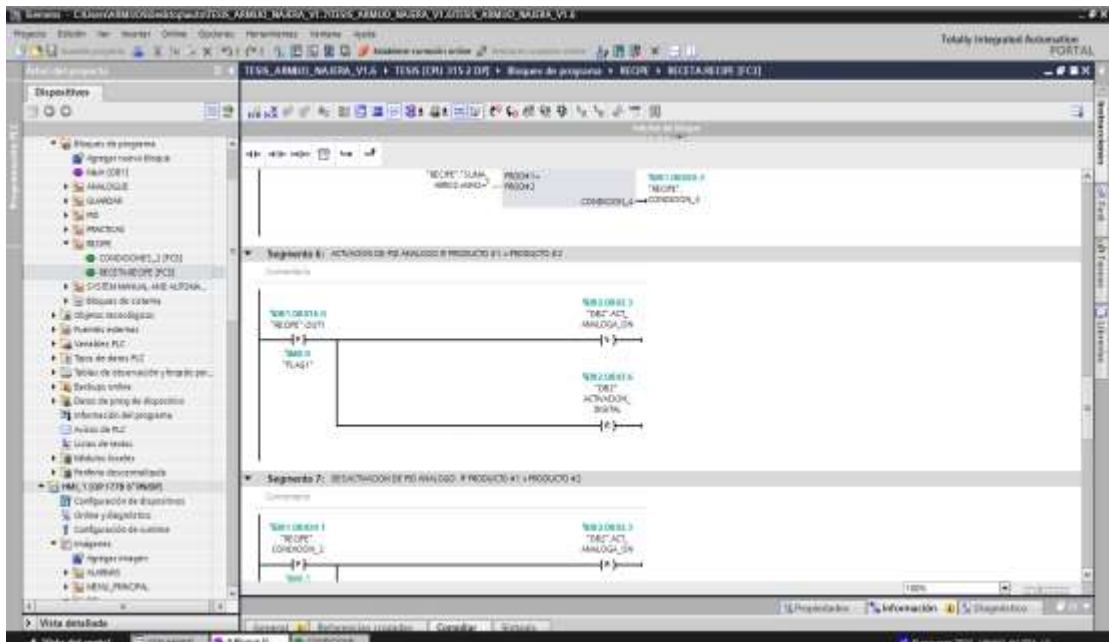


Figura 63.- Salidas del bloque “CONDICION”

Para el bloque principal “MANUAL Y AUTOMATICO” que se encuentra en el árbol principal del proyecto, este bloque permite al inicio del programa la selección de la forma que se desea trabajar tanto como manual o automático por medio del bloqueo y activación de las variables de salidas de las válvulas, así también tiene la activación del paro general del proyecto y los diferentes tipos de paro y marcha o descarga del producto las mismas que tienen en las diferentes pantalla HMI en el modo de trabajo manual.

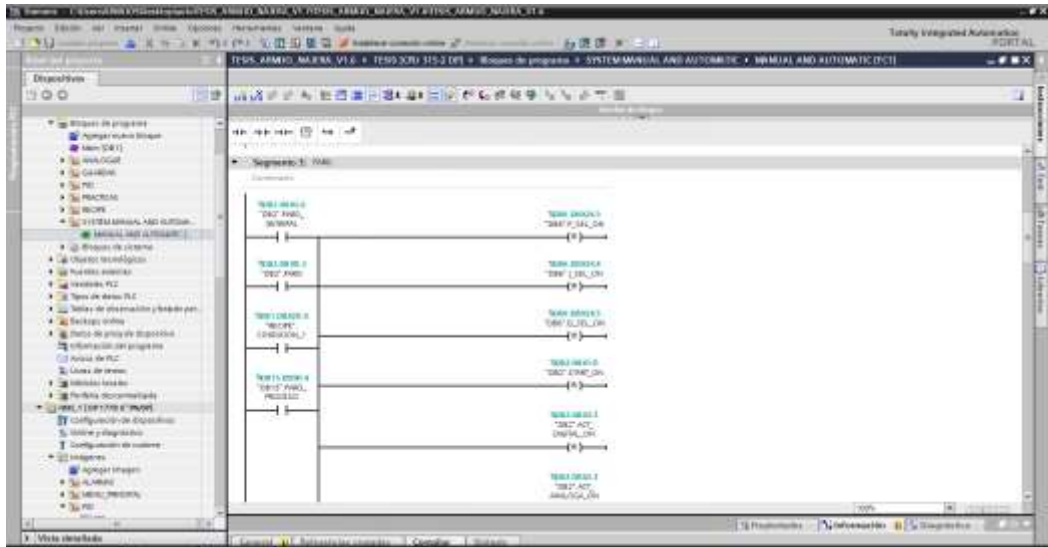


Figura 64.- Bloque “MANUAL Y AUTOMATICO”

En el bloque de entrada analógica “ANALOGUE_IN”, el proceso que se realiza es que por medio de la entrada analógica IW56 el cual es la entrada de la balanza , ese valor lo escala de 0 a 40 que representa el peso que soporta la balanza de 0 a 40 kilos.

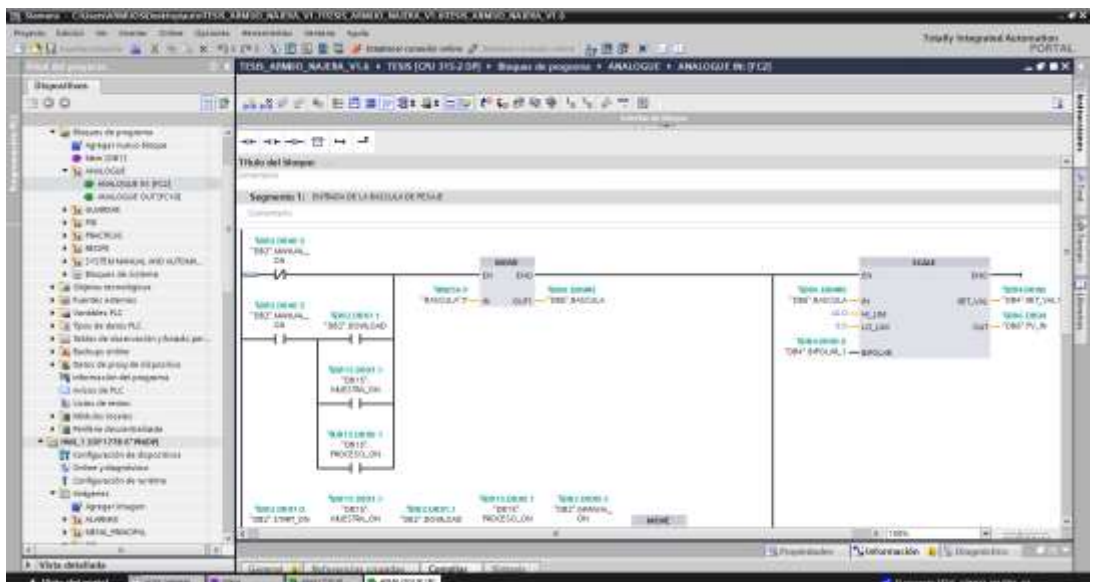


Figura 65.- Bloque “ANALOGUE_IN”

Para el bloque “ANALOGUE_OUT” el cual es la salida analógica que va hacia la válvula analógica para su respectivo control tiene el bloque “UNSCALE” el cual nos permite enviar el valor de 0 a 100 para realizar la apertura de la válvula.

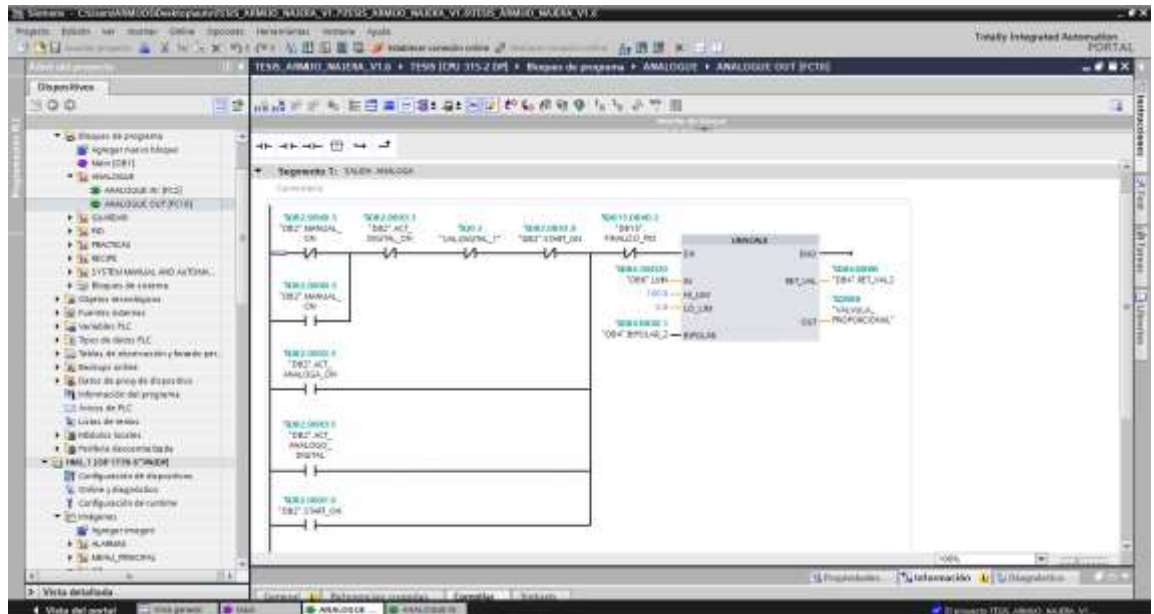


Figura 66.- Bloque “ANALOGUE_OUT”

En el bloque de “SAVE AND ERASE PID” nos permite borrar los parámetros del controlador PID y ajustarlo de manera manual por medio de la pantalla HMI en el cual el operador ingresa los valores PID para el proceso.

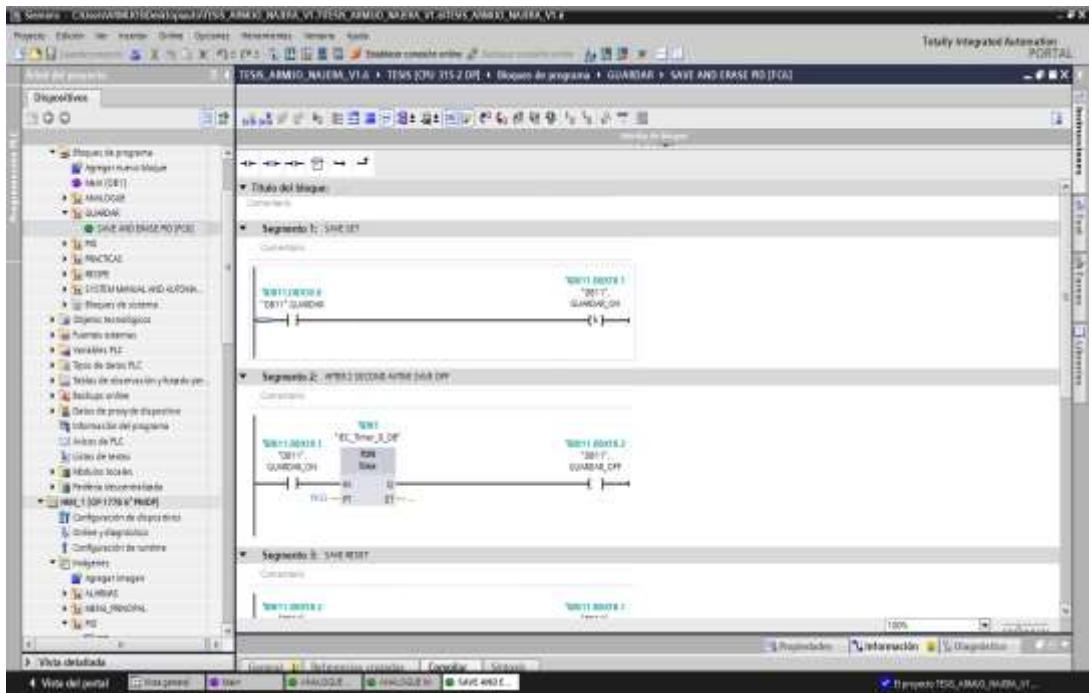


Figura 67.- Bloque “SAVE AND ERASE PID”

Para realizar la sintonización del controlador PID se aplica el método de Ziegler-Nichols en el cual nos pide realizar un muestreo del controlador, en este caso se lo realizo con la válvula analógica, en la tabla 9 se puede observar el muestreo que se tomó para observar la gráfica que realiza la planta con relación del peso contra el tiempo.

MUESTRA	PESO (KG)	MUESTRA	PESO (KG)	MUESTRA	PESO (KG)
1	0	36	3,321759	71	4,74537
2	0,1851852	37	3,344908	72	4,756945
3	0,1851852	38	3,37963	73	4,803241
4	0,1736111	39	3,460648	74	4,768518
5	0,1736111	40	3,553241	75	4,768518
6	0,1736111	41	3,599537	76	4,768518
7	0,3009259	42	3,668982	77	4,803241
8	0,3587963	43	3,726852	78	4,814815
9	0,474537	44	3,80787	79	4,849537
10	0,5787037	45	3,888889	80	4,849537
11	0,7060185	46	3,958333	81	4,872685
12	0,7638889	47	4,016203	82	4,884259

MUESTRA	PESO (KG)	MUESTRA	PESO (KG)	MUESTRA	PESO (KG)
13	0,8680555	48	4,097222	83	4,872685
14	0,9490741	49	4,12037	84	4,884259
15	1,1111111	50	4,131945	85	4,872685
16	1,180556	51	4,166667	86	4,872685
17	1,261574	52	4,224537	87	4,872685
18	1,331018	53	4,340278	88	4,872685
19	1,516204	54	4,351852	89	4,884259
20	1,608796	55	4,363426	90	4,907407
21	1,689815	56	4,363426	91	4,918982
22	1,759259	57	4,456018	92	4,930555
23	1,851852	58	4,467593	93	4,94213
24	2,037037	59	4,456018	94	4,94213
25	2,083333	60	4,513889	95	4,930555
26	2,1875	61	4,560185	96	4,94213
27	2,280092	62	4,571759	97	4,94213
28	2,44213	63	4,583333	98	4,965278
29	2,534722	64	4,618055	99	4,94213
30	2,604167	65	4,62963	100	4,965278
31	2,673611	66	4,652778		
32	2,847222	67	4,652778		
33	2,951389	68	4,6875		
34	3,032408	69	4,710648		
35	3,113426	70	4,74537		

Tabla 9.- Muestreo de la planta para determinar el controlador PID

Con la tabla de muestreos que se realizó a la planta se realiza la gráfica que se puede observar en la figura 67 para que por medio de una recta tangente observar los valores de T1 y T2.

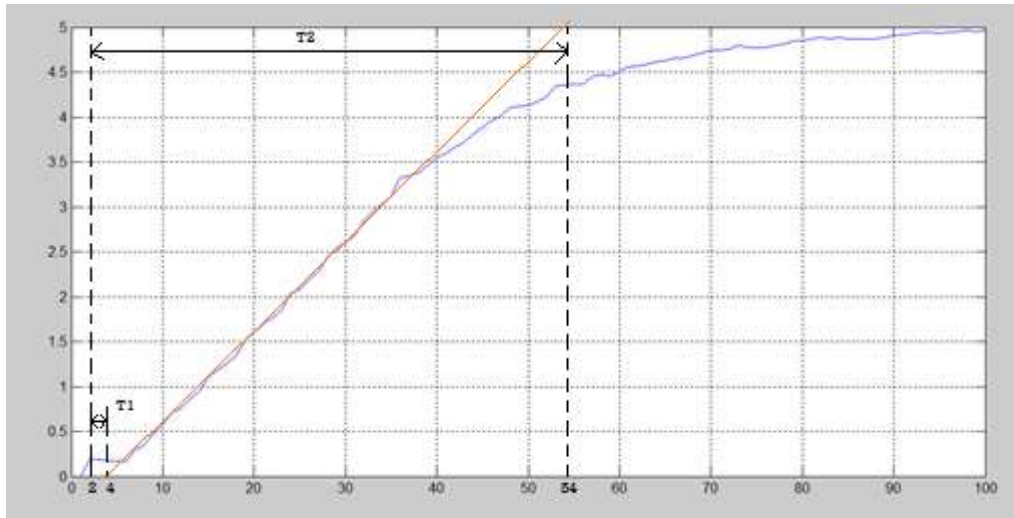


Figura 68.- Grafica de muestreo para hallar controlador PID

Ya teniendo desarrollada la gráfica determinamos los valores de dx el cual es de la válvula analógica que funciona de 4 a 20mA y del peso que es de 0,1 a 5Kg que es el valor de la balanza. Con esos valores se determina el valor de T1 y T2 por medio del método de Ziegler-Nichols el cual da las fórmulas para calcular el Ko el Ti y Td que son los valores que se necesitan para ingresar al controlador PID.

$$dx = 20mA - 4mA$$

$$dy = 5Kg - 0,1Kg$$

$$dx = 16mA$$

$$dy = 4,9Kg$$

$$T1 = 4seg - 2seg$$

$$T2 = 54seg - 4seg$$

$$T1 = 2seg$$

$$T2 = 50seg$$

$$Ko = \frac{(dx * T2)}{(dy * T1)}$$

$$Ko = \frac{(16mA * 50seg)}{(4,9Kg * 2Seg)}$$

$$Ko = 81,63 mA/Kg$$

$$Kp = 1,2 * Ko \quad Ti = 2 * T1 \quad Td = 0,5 * T1$$

$$Kp = 97,95 \quad Ti = 4 \quad Td = 1$$

Estos valores de Kp , Ti y Td se ingresan manualmente por medio de la pantalla de HMI de Parámetros PID.



Figura 69.- Pantalla de ingreso de parámetros PID

Los valores que se ingresan por medio de la pantalla de parámetros PID, se ingresan al bloque PID, CONT_C.

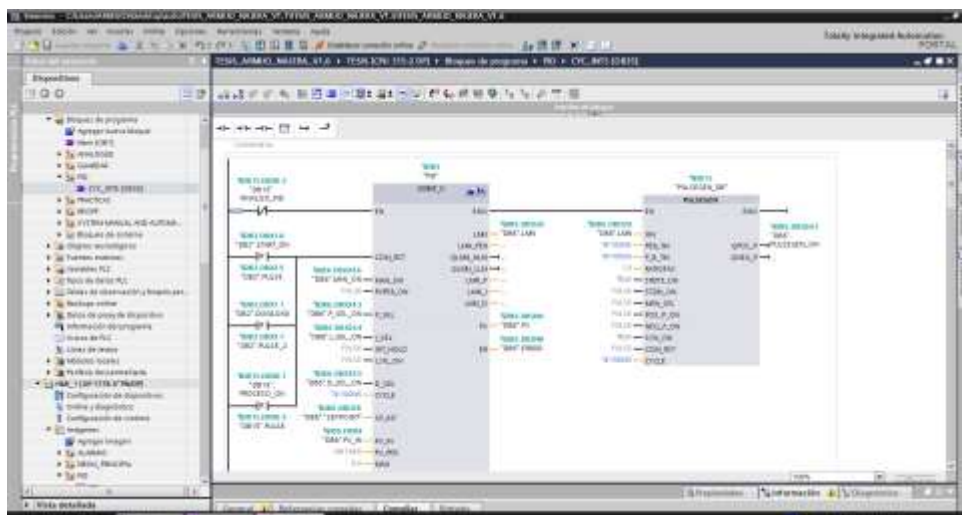


Figura 70.- Bloque PID

5.- RESULTADOS.

En este capítulo se realizan varias pruebas al controlador PID para observar el comportamiento de la gráfica con el valor hallado de K_p , T_i y T_d .

Se realizaron pruebas con los valores de T_i , T_d y K_o hallados por medio del método de Ziegler-Nichols. Los primeros valores ingresados fueron los calculados con un Set point de 4Kg y el valor del controlador de $T_i=4$, $T_d=1$ y $K_p=100$. Y la gráfica es la siguiente.



Figura 71.- Primeras pruebas con el controlador PID.

En la gráfica se puede observar que tiene un tiempo de estabilización de 60Seg y tiene una sobre oscilación de 0,6 Kg hasta que llega a tener un margen de error de 0,2 Kg.

Modificando los valores del controlador PID, se ingresa lo siguiente $T_i=4$, $T_d=1$ y $K_p=150$ se observa otro comportamiento del sistema.

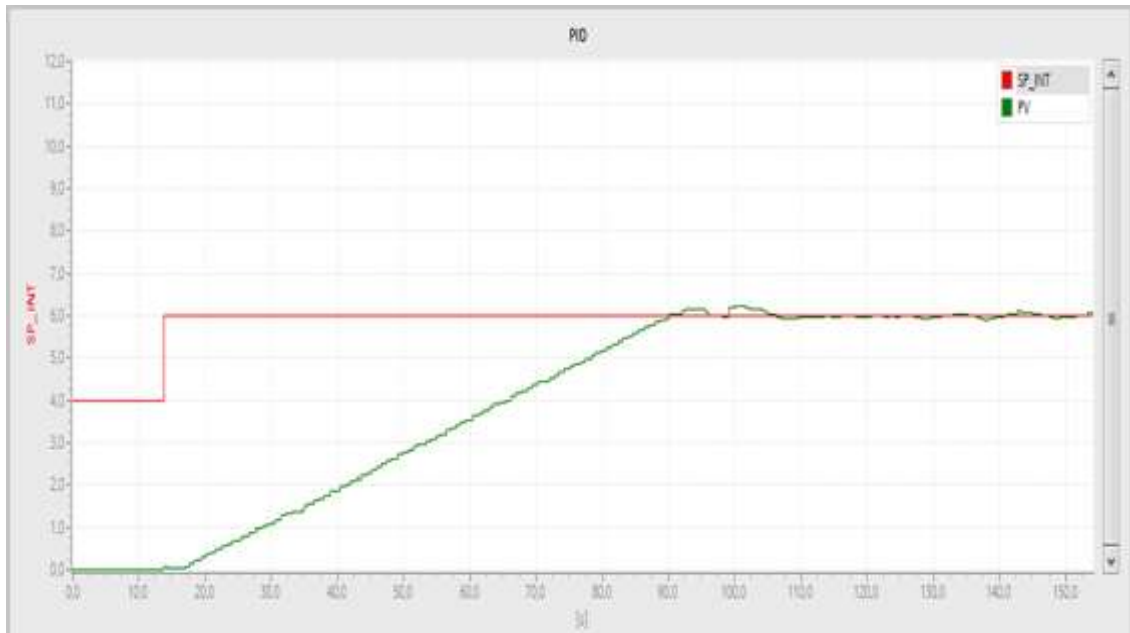


Figura 72.- Sintonización PID mejorada.

En este caso se observa en la gráfica que el tiempo de estabilización es de 90seg con un Set Point de 6Kg. y tiene una sobreoscilación de 0,2Kg lo cual se puede comprobar que en el tiempo de estabilización cambio pero aun conservando un margen de 0,1Kg en la gráfica del sistema y manteniendo ese margen a lo largo de la dosificación.

6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.- CONCLUSIONES

En las pruebas realizadas se puede observar en el prototipo que a pesar de las perturbaciones externas que se provoquen en el valor del peso por medio de la balanza, las válvulas tratan de cerrar o abrir según sea el caso para mantener el valor del Set Point antes cargado por el operador.

Como se indicó anteriormente en este diseño se integró la comunicación de un controlador por medio de una red de comunicación profibus DP desde un autómatas siemens S7-300 que actúa como maestro y tiene como esclavo a la ET-200 y el HMI.

Por medio de la pantalla táctil HMI se puede realizar el control SCADA del prototipo ya que muestra la información sobre el estado del proceso y se puede interactuar con sus diferentes actuadores y sensores.

Se realizó el proyecto en busca de uso y mejoramiento de procesos dentro de la industria para que se ejecute de manera práctica y con rapidez y un mayor control de recursos en el ambiente laboral para solucionar distintos problemas en procesos que se pueden presentar en el campo laboral y demostrar o reconocer la capacidad de los profesionales de la UPS-G.

Finalmente se afino la planta para la presentación de la sustentación y dar conocer al alumnado de la UPS-G de las diferentes aplicaciones y funcionamiento de los elementos que están dentro del proceso, son temas de estudios en la formación académica y referenciar un prototipo diseñado por alumnos de la UPS-G como un aporte más a futuros profesionales.

6.2.- RECOMENDACIONES

Para el mejoramiento del prototipo son recomendables los mantenimientos de los elementos dentro de la proceso, ajuste de soportes de los actuadores, controladores PLC (maestro), ET-200 (esclavo), HMI (esclavo) y sus diferentes conexiones eléctricas en sus respectivos contactos dentro de la planta, reajustes de sus indicadores en el tablero de control, fuentes de alimentación, contactos, breaker, se recomienda comprobar su funcionamiento correcto de sus señales y paro de emergencia.

Antes de poner en marcha el sistema de dosificación se debe revisar todos los elementos de control para que se encuentre funcionando de manera correcta, es decir actuadores cerrados, balanza calibrada, conexión correcta y que no existan objetos obstaculizando el proceso de descarga del producto final.

En caso de fallos en las tarjetas electrónicas que controlan a los actuadores se debe probar individualmente antes de estar en funcionamiento, para cerciorarse de cuál es el elemento que presenta algún inconveniente.

El diseño del proyecto se lo realizo de acuerdo a requerimientos de una forma compacta, manejable para los estudiantes y de una forma didáctica para la enseñanza de proceso industriales y el desarrollo de la comunicación a emplearse en el proyecto para el uso descrito por los autores de esta planta a escala.

7.- BIBLIOGRAFÍA

- Academia. (12 de Noviembre de 2016). *www.academia.edu*. Obtenido de https://www.academia.edu/16511961/Controlador_PID
- Cobos. (2016). *Cobos precision*. Obtenido de <http://www.balanzascobos.com/?faqs=que-diferencia-hay-entre-bascula-y-balanza>
- Corrales, L. (2007). *Interfaces de Comunicación Industrial*.
- Cruz, F. C. (2011). *Diseño de silo*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/alanmecanica/diseo-de-un-silo-estructura-metalica>
- dfrobot. (s.f.). *dfrobot*. Obtenido de https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Weight_Sensor_Module_SKU:SEN0160
- FAO. (1993). *Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural*. Recuperado el 2016, de <http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S00.htm#Contents>
- Garcia, E. (2008). *Compilador C CCS y simulador PROTEUS para microcontroladores PIC* (Primera ed.). Mexico D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A.
- Inventable. (5 de 12 de 2016). Obtenido de <https://www.inventable.eu/introduccion-a-los-reles/>
- Kuo, B. (1996). *Sistemas de Control Automático*. Prentice-Hall Inc.
- Los Autores. (2017).
- Microchip Technology Inc. (2007). *Data Sheet PIC16F627A/628A/648A*. Obtenido de <http://web.mit.edu/6.115/www/document/16f628.pdf>
- Microchip Technology Inc. (2012). Obtenido de <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30569C.pdf>
- Micromecanica. (2014). *Microautomación*. Obtenido de <http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>
- Ogata, K. (2010). <https://hellsingge.files.wordpress.com/2014/10/ingenieria-de-control-moderna-ogata-5ed.pdf>. Recuperado el 13 de Mayo de 2016
- Picuiño. (2013). <https://sites.google.com/site/picuiño/ziegler-nichols>.
- Reyes, C. A. (2006). *Microcontroladores PIC Programación en Basic* (Segunda ed.). Quito.

- Siemens. (2008). *Sistema de Periferia descentralizada ET 200M*. Obtenido de https://cache.industry.siemens.com/dl/files/798/1142798/att_859627/v1/et200M_operating_instructions_es-ES_es-ES.pdf
- Siemens AG. (08 de 2008). *Simatic HMI panel de operador*. Obtenido de https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/21084461/att_82595/v1/hmi_tp177a_tp177b_op177b_operating_instructions_es_ES_es-ES.pdf
- Siemens AG. (2008). Recuperado el 6 Abril 2016, de http://w3.siemens.com/mcms/industrial-communication/de/Documents/infocenter/bs_profibus_sp.pdf
- Siemens AG. (27 de 07 de 2012). *Data Sheet, Sitop Modular Power Supply* . Obtenido de <https://inverterdrive.com/file/Sitop-6EP1333-3BA00-datasheet-en>
- Sole, A. C. (1998). *Instrumentación Industrial*. Mexico D.F.: Alfaomega Grupo editor S.A. de C.V.
- Universidad de Cataluña. (2016). *Sistemas de control*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3330/34059-5.pdf?sequence=5>

8.- ANEXOS

8.1.- PROGRAMACIÓN SCL

```
//CONDICION 1: IF TODO ES IGUAL A CERO SISTEMA NO ARRANCA//  
  
IF #IN = 1 AND #"PRODUCTO#1" = 0 AND #"PRODUCTO#2" = 0 THEN  
  
    #CONDICION_1 := 1;  
  
ELSE  
  
    #CONDICION_1 := 0;  
  
END_IF;  
  
//-----  
  
//CONDICION 2: IF ARROZ > MAIZ = ANALOGA OR ARROZ < MAIZ = DIGITAL//  
  
IF #IN = 1 AND #"PRODUCTO#1" > #"PRODUCTO#2" THEN  
  
    #OUT1 := 1;  
  
    #DESCARGA1 := 0;  
  
ELSE  
  
    #OUT1 := 0;  
  
END_IF;  
  
IF #IN = 1 AND #"PRODUCTO#1" < #"PRODUCTO#2" THEN  
  
    #OUT2 := 1;  
  
    #DESCARGA2 := 0;  
  
ELSE  
  
    #OUT2 := 0;  
  
END_IF;  
  
//-----COMPARACION PV_IN AND PRODUCTOS -----  
  
//CONDICION 5:  
  
IF #OUT1 = 1 AND #PV_IN >= #"PRODUCTO#1" THEN  
  
    #DESCARGA1 := 1;
```

```

    #OUT1 := 0;

ELSE

    #DESCARGA1 := 0;

END_IF;

IF #OUT2 = 1 AND #PV_IN >= #"PRODUCTO#2" THEN

    #DESCARGA2 := 1;

    #OUT2 := 0;

ELSE

    #DESCARGA2 := 0;

END_IF;

//-----CONDICION SI ES MAYOR ACTIVA PID SALIDA ANALOGA-----

IF #DESCARGA1 = 1 THEN

    #CONDICION_2 := 1;

ELSE

    #CONDICION_2 := 0;

END_IF;

//-----CONDICION SI ES MENOR ACTIVA PID SALIDA DIGITAL-----

IF #DESCARGA2 = 1 THEN

    #CONDICION_3 := 1;

ELSE

    #CONDICION_3 := 0;

END_IF;

//-----SI SON IGUALES-----

//CONDICION 8:

IF #IN = 1 AND #"PRODUCTO#1" = #"PRODUCTO#2" THEN

```

```

#DESCARGA[1] := 1;

ELSE

#DESCARGA[1] := 0;

END_IF;

//-----ACTIVACION DIGITAL AND ANALOGO-----

IF #DESCARGA[1] = 1 THEN

#CONDICION_4 := 1;

ELSE

#CONDICION_4 := 0;

END_IF;

//-----

IF #CONDICION_4 = 1 AND #PV_IN >= #"PROD#1+PROD#2" THEN

#OUT3 := 1;

#CONDICION_4 := 0;

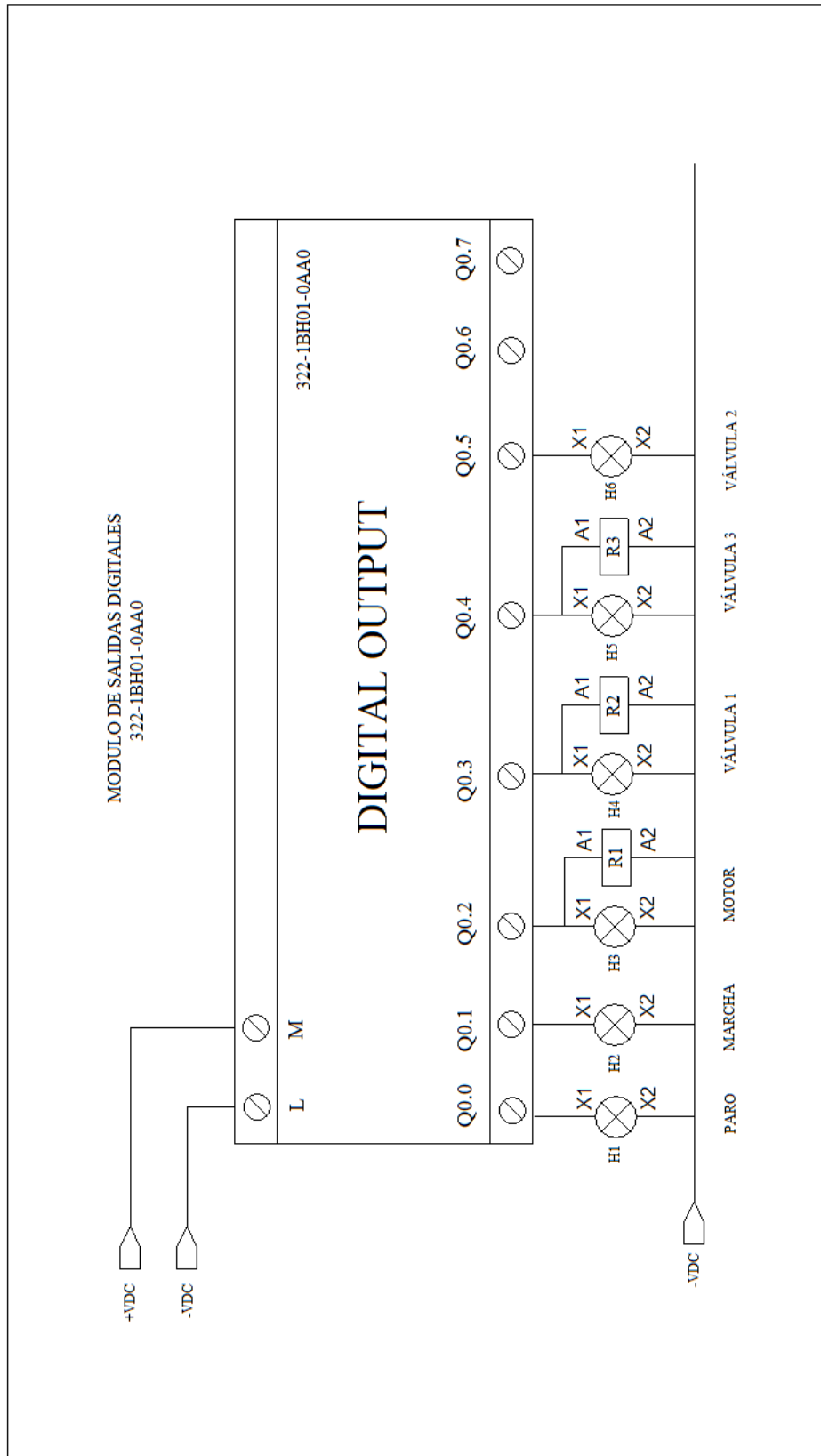
ELSE

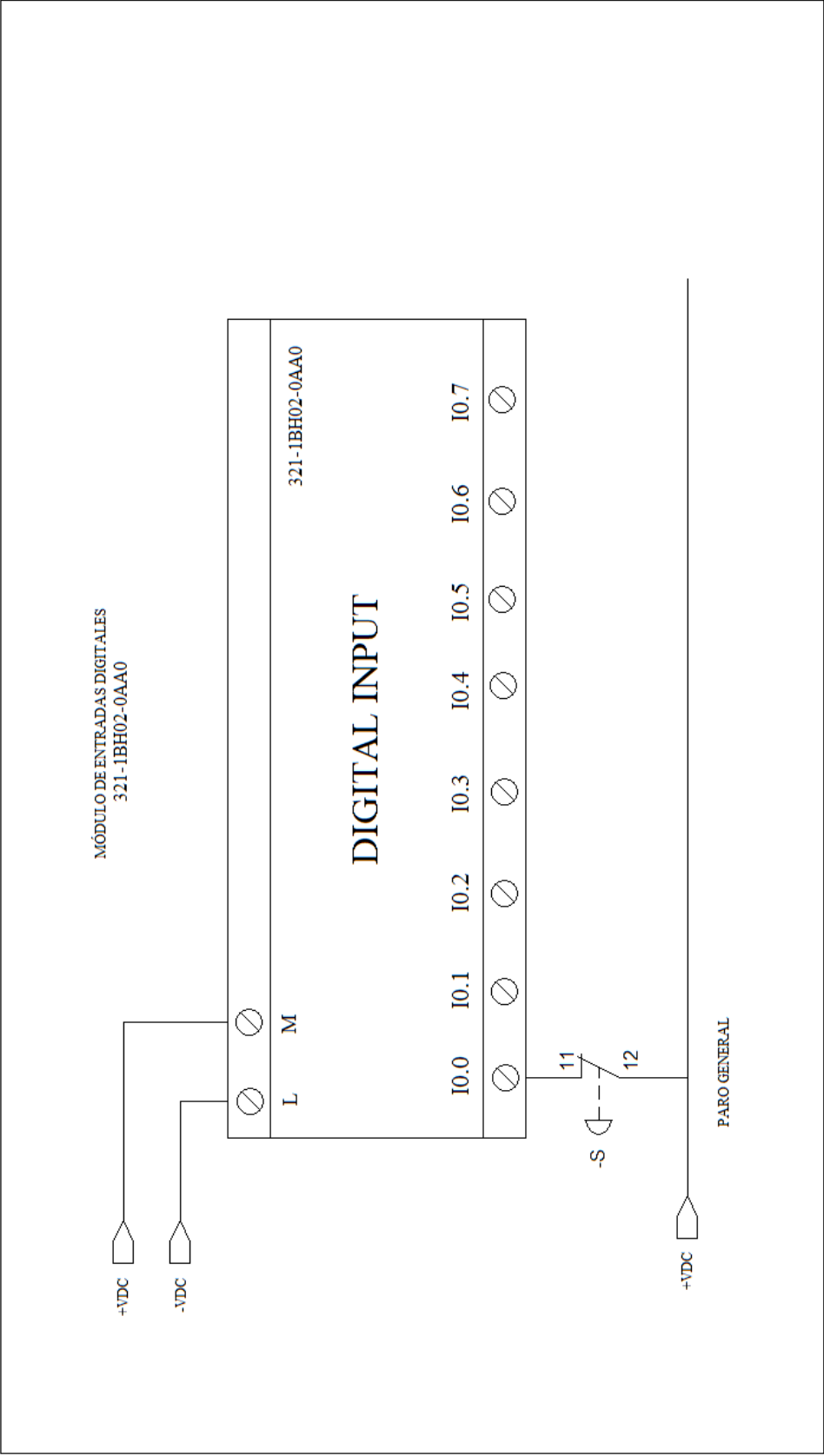
#OUT3 := 0;

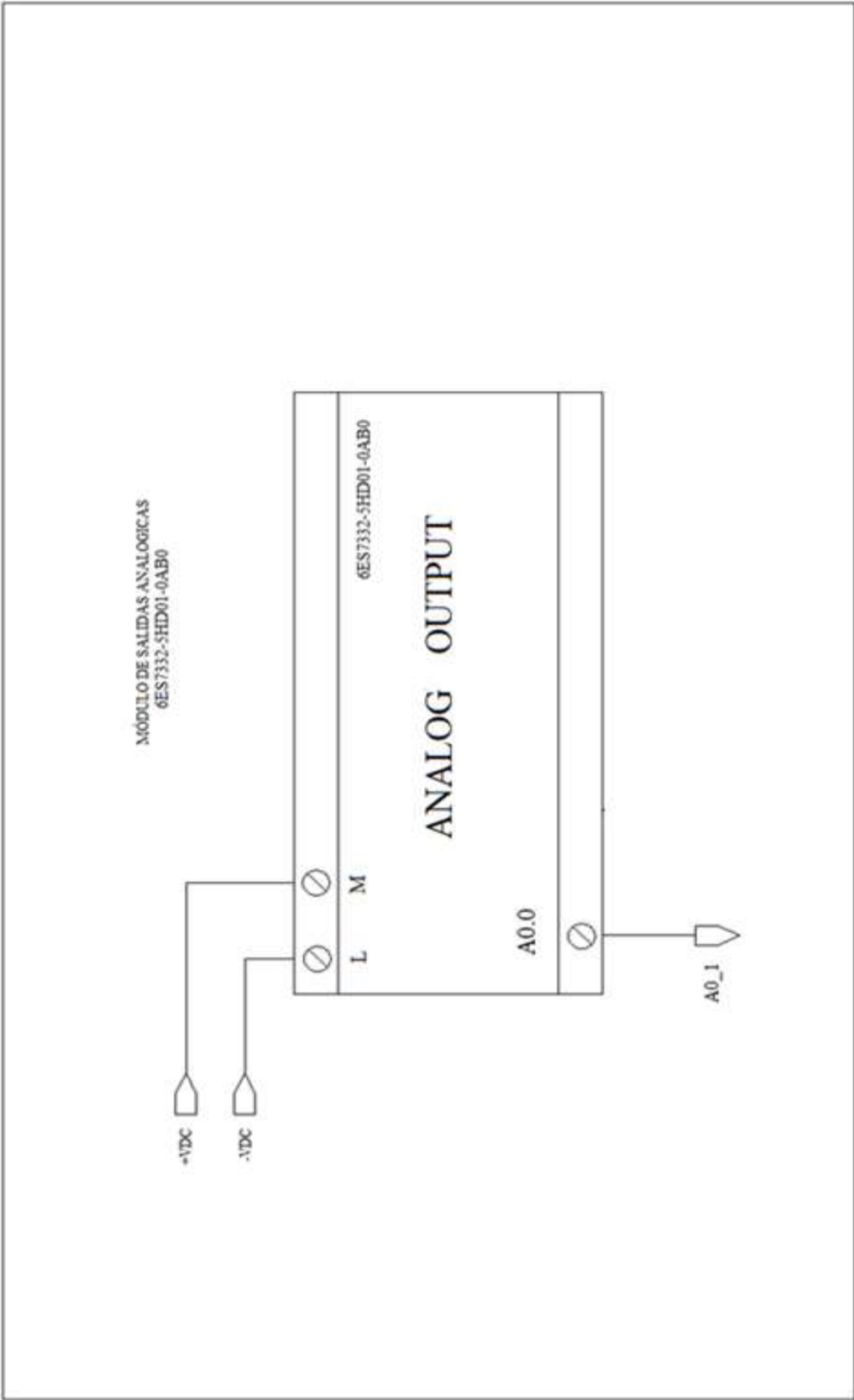
END_IF;

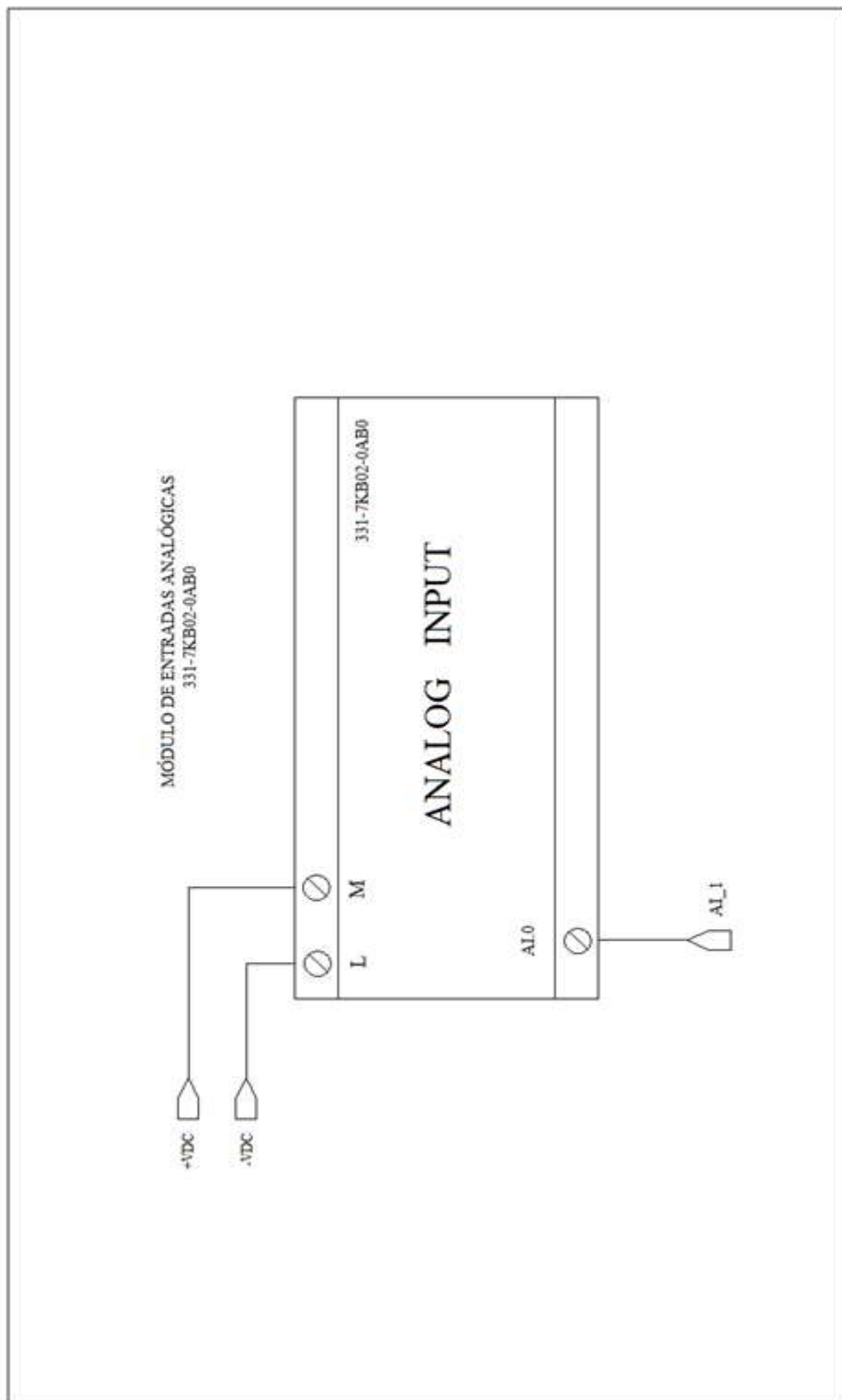
```

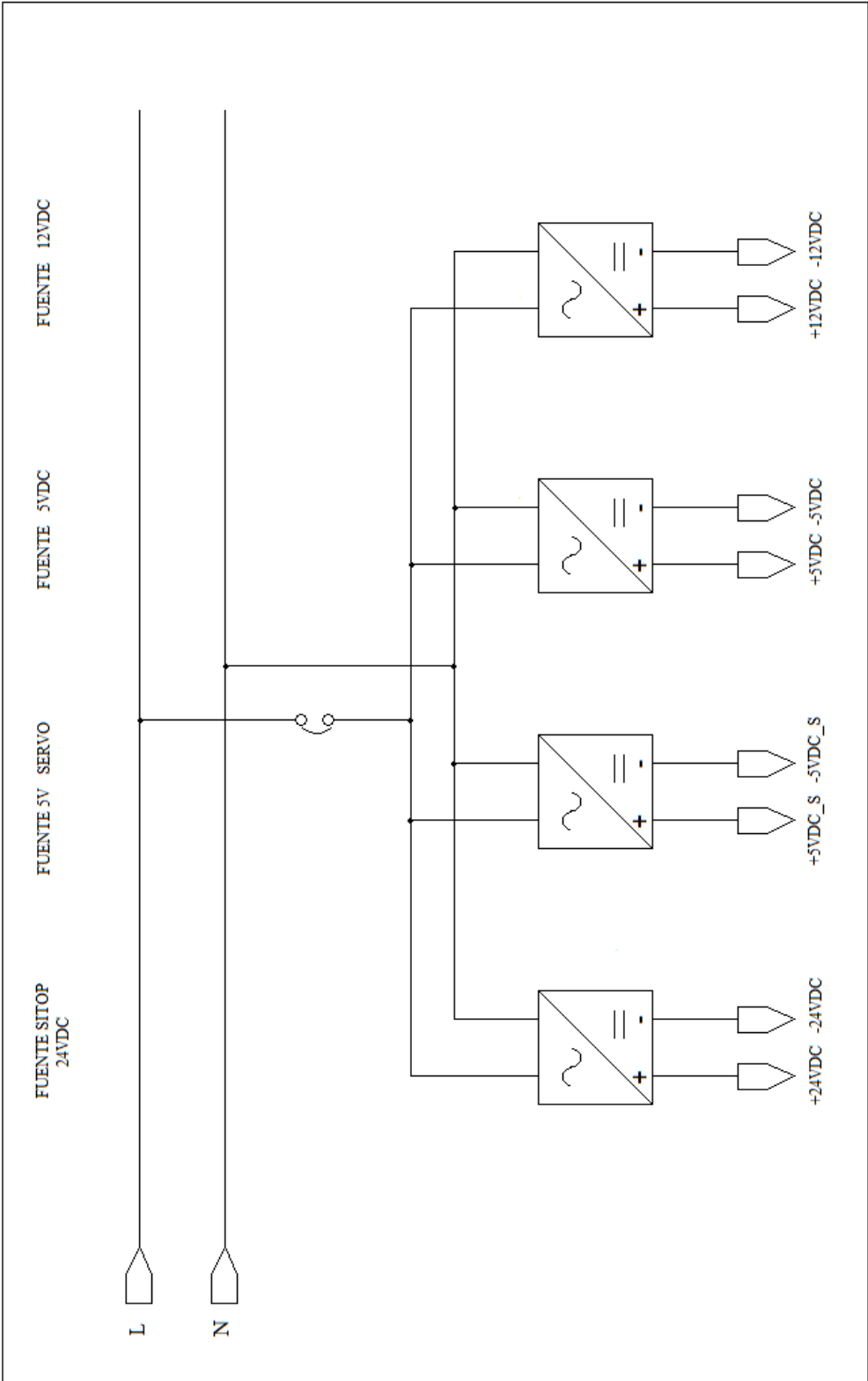
8.2.- PLANOS ELÉCTRICOS.

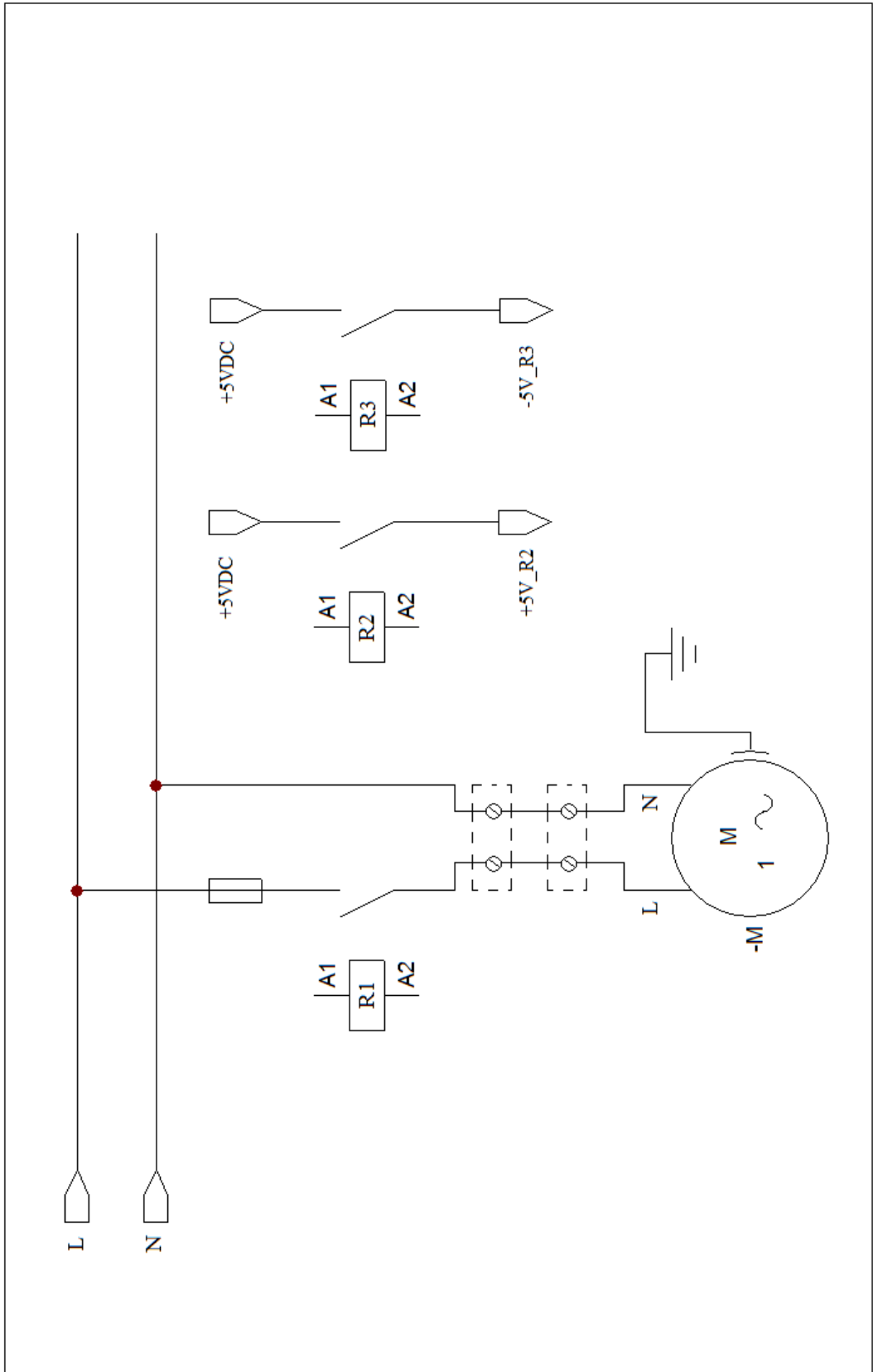


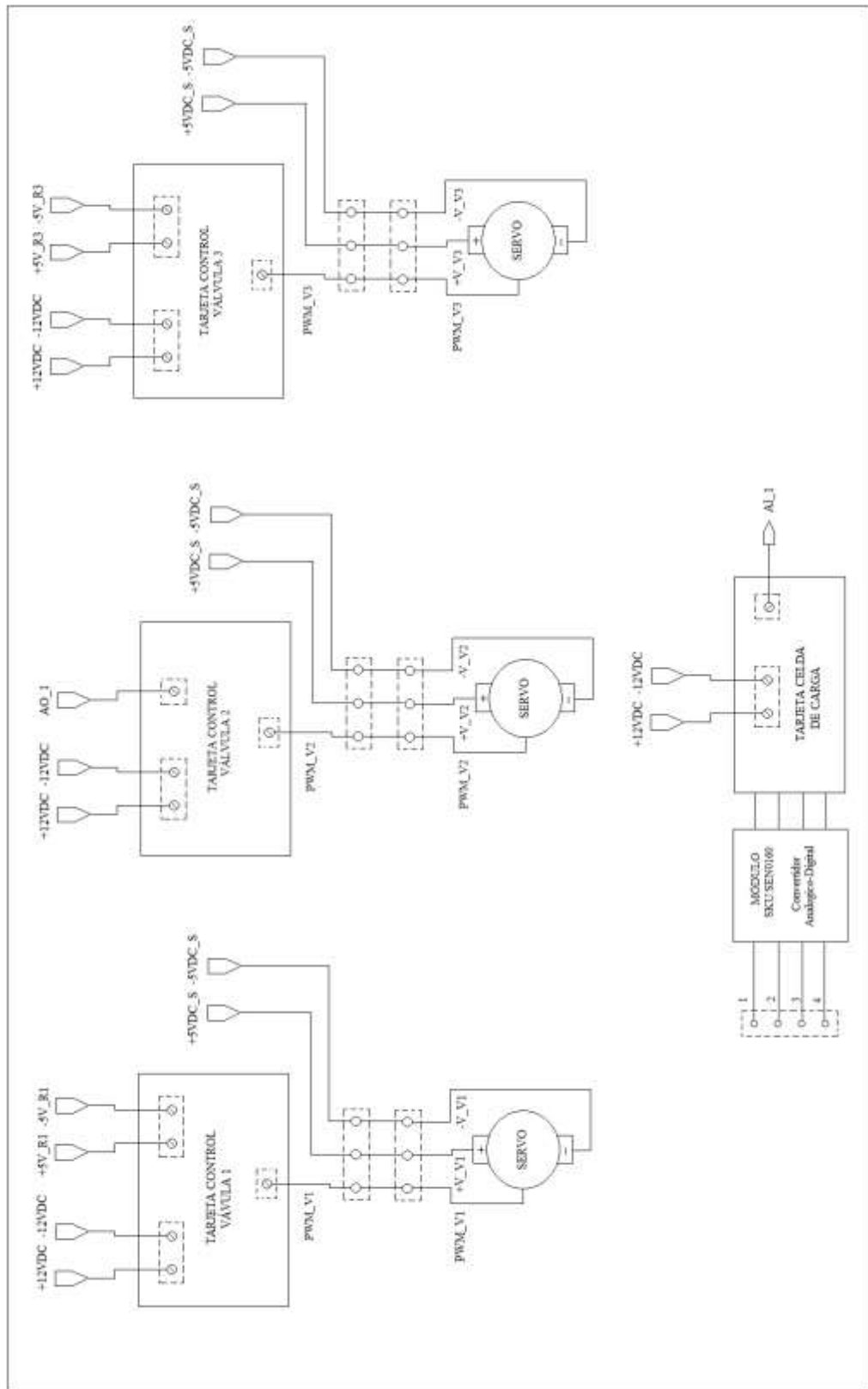













8.3.- MANUAL DE PRÁCTICAS

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA FACULTAD DE INGENIERÍAS	
	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRÁCTICAS
LABORATORIO:	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
CARRERA:	INGENIERÍA ELECTRÓNICA SEDE GUAYAQUIL
PRÁCTICA:	# 1

a.- TEMA

RED PROFIBUS DP ENTRE EL PLC S7-300 LA ET-200 Y EL HMI.

b.- OBJETIVO GENERAL

- Determinar el principio de funcionamiento del autómata programable S7-300.
- Determinar el funcionamiento de la ET-200.
- Determinar el funcionamiento en el HMI.
- Realizar la red Profibus DP entre estos elementos.

c.- EQUIPOS Y MATERIALES

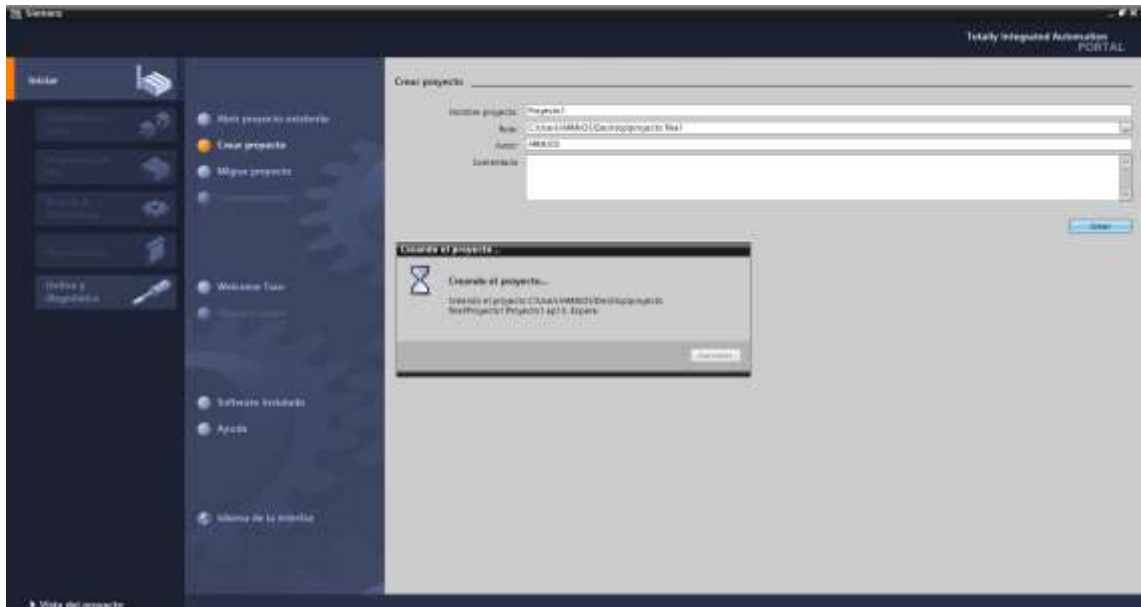
- Computador con software TIA PORTAL de Siemens.
- PLC S7-315-2-DP
- ET-200
- Módulos digitales y analógicos para PLC S7-315-2-DP y la ET-200
- HMI
- Cable profibus DP
- Cable MPI de Siemens.

d.- DESARROLLO

Al momento de abrir el software TIA PORTAL V.13 mostrara la pantalla principal



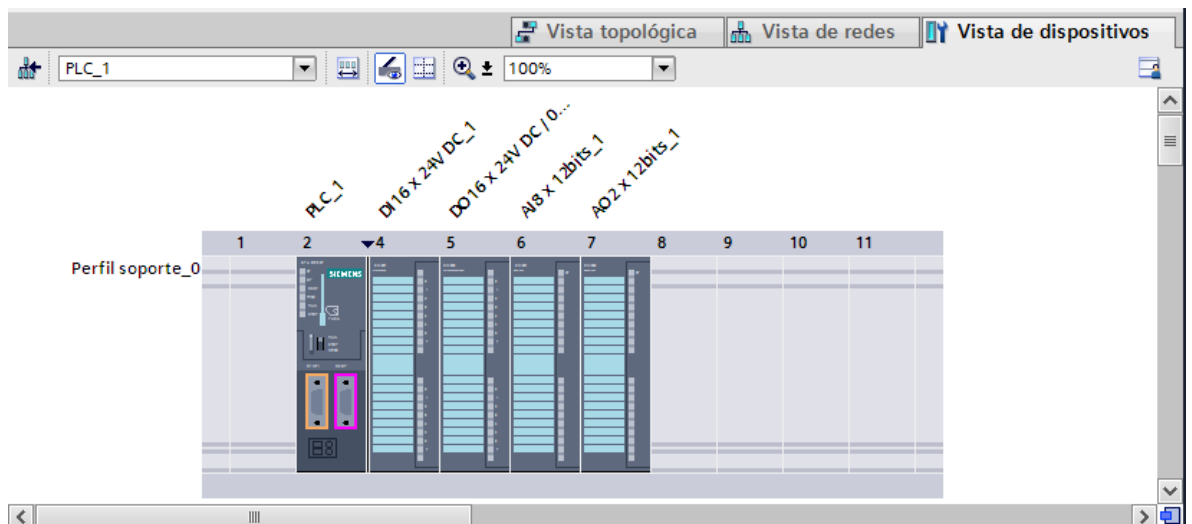
Se crea un proyecto nuevo en donde colocamos el nombre del proyecto y seleccionamos “CREAR PROYECTO” en donde se da el nombre del proyecto que queremos crear.



Posteriormente al crear el nuevo proyecto en el programa TIA PORTAL V13, agregamos el CPU principal el mismo que es el CPU-3015-2DP que tiene como referencia 6ES7 315-2AG10-0AB0, este CPU tiene una interfaz MPI y otra para la red profibus DP.

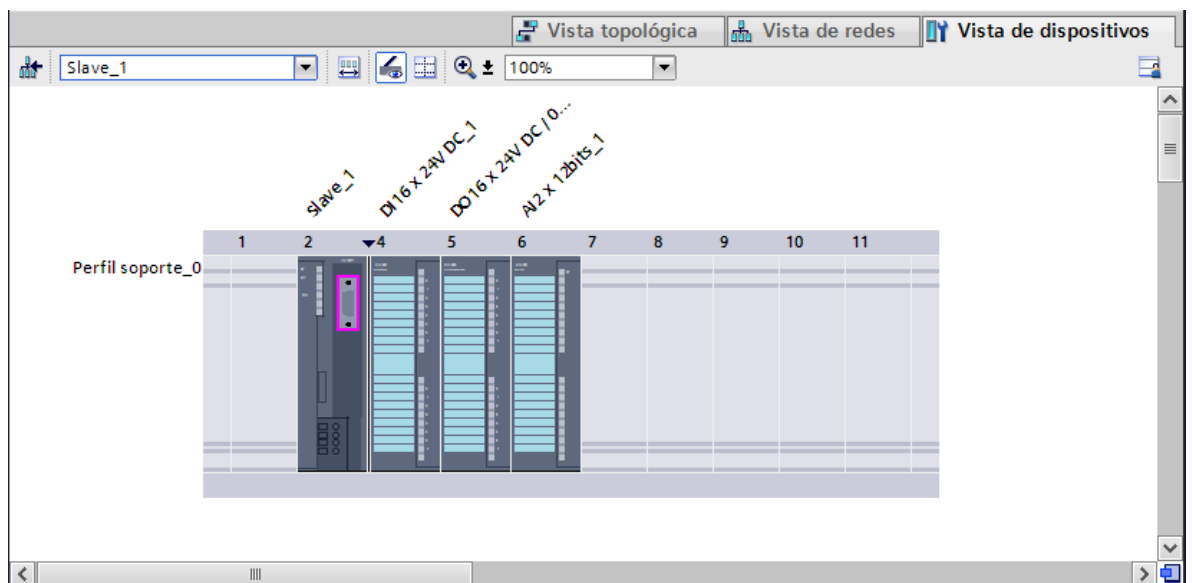
Los siguientes módulos que acompañan al CPU en este caso corresponden al módulo de entrada digital el cual tiene como referencia 6ES7 321-1BH02-0AA0 a continuación sigue el módulo de salida digital con referencia 6ES7 322-1BH01-0AA0.

Después de ubicar los primeros dos módulos se colocan los módulos analógicos, el primer módulo analógico que se ubica es la entrada analógica con referencia 6ES7 331-7KF02-0AB0 y a continuación el módulo de salida analógica que tiene por referencia 6ES7 332-5HB01-0AB0

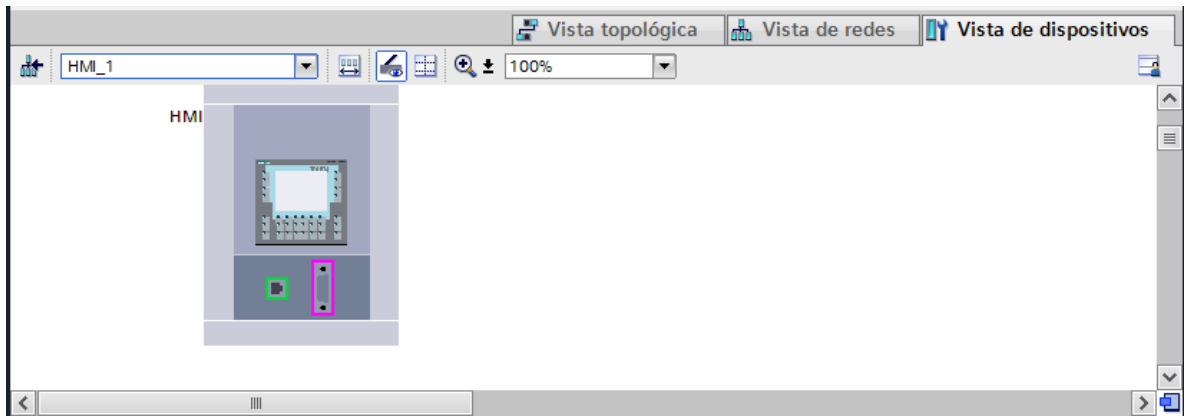


Después de colocar todo lo que tiene el CPU maestro se coloca la periferia descentralizada con sus respectivos módulos, en este caso este será el esclavo.

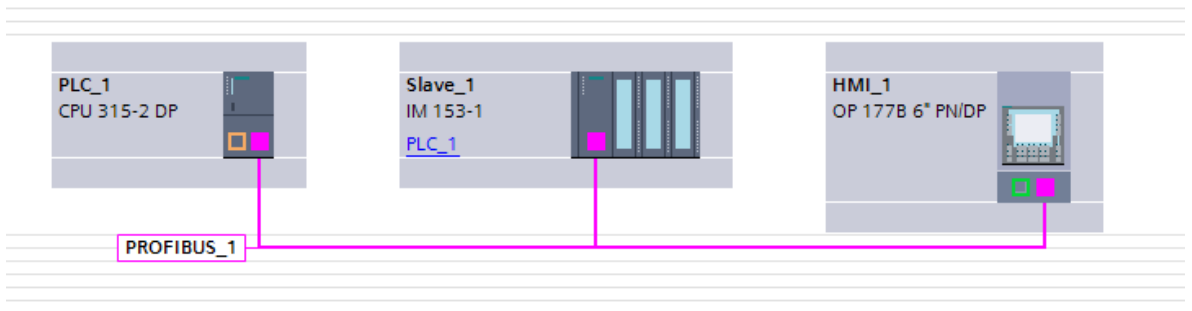
La periferia descentralizada es el IM-153-1 y la referencia es 6ES7 153-1AA03-0XB0 a continuación se colocan los módulos de entrada digital, salida digital y entrada analógica.




Por último se coloca el HMI el cual es el OP 177B 6" PN/DP con referencia 6AV6642-0DA01-1AX1 está actualizado hasta la versión 11.0.2.0 y tiene interfaz Profinet y Profibus.



Ya ubicado todos los módulos CPU, periferia descentralizada y HMI se realiza la red Profibus por medio de un enlace en la vista de redes.



Ya realizada la red profibus tal como se observa en la figura anterior se puede comenzar a programar en el bloque principal “MAIN”, para realizar las diferentes prácticas.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA FACULTAD DE INGENIERÍAS	
	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRÁCTICAS
LABORATORIO:	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
CARRERA:	INGENIERÍA ELECTRÓNICA SEDE GUAYAQUIL
PRÁCTICA:	# 2

a.- TEMA

ENCENDIDO Y APAGADO MANUAL DE VÁLVULAS V1, V3 Y MOTOR MEZCLADOR.

b.- OBJETIVO GENERAL

- Realizar un control de monitoreo por medio del HMI.
- Reconocer las diferentes herramientas del software de monitoreo.
- Activación e manera manual de los diferentes actuadores.
-

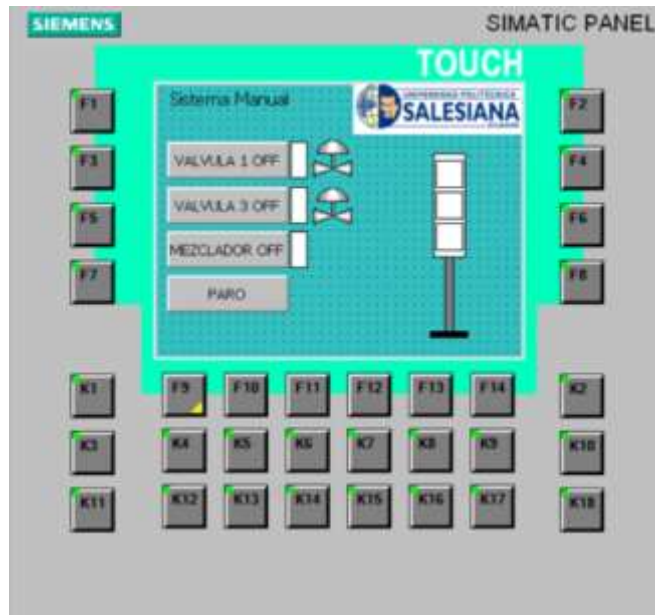
c.- EQUIPOS Y MATERIALES

- Computador con software TIA PORTAL de Siemens.
- PLC S7-315-2-DP
- Módulos digitales y analógicos del PLC S7-315-2-DP
- Pantalla HMI
- Módulo didáctico de dosificación de granulados

d.- DESARROLLO

Realice un programa con las siguientes características:

Realizar el control de encendido y apagado de los actuadores con el mismo botón desde la pantalla HMI. Los actuadores son los siguientes: válvula V1 (válvula digital), válvula V3 (válvula descarga) y el motor mezclador.



Desde la ventana de árbol de proyecto damos doble click en “agregar redes y dispositivos” luego se busca el HMI que se va a usar y se siguen los pasos que indica el asistente de configuración del HMI. Una vez terminado nos saldrá la pantalla en la cual podremos comenzar a programar la pantalla HMI.

Para los botones de encendido y apagado de las válvulas V1 y V3, motor mezclador y paro general en este caso se usa el botón tipo interruptor el cual nos permite tener activado la marca sin necesidad de realizar un enclavamiento. Se realiza el diseño principal de la pantalla HMI con los 3 botones tipo interruptor para encender y apagar las válvulas y motor mezclador y un paro general que permite para el proceso.



En el segmento 1 se puede observar que por medio de la marca con direccionamiento “DB2” MANUAL_ON el cual se activa al momento de dar en la pantalla principal el modo manual, esta marca da paso para que se pueda activar la siguiente marca “VALVULA_1_MANUAL” y encienda la salida “VALVULA_DIGITAL1_ON” el cual es la salida de la válvula digital.

▼ **Segmento 1: ACTIVAR EN FORMA MANUAL VALVULA DIGITAL 1**

Comentario



En el segmento 2 también se posee una marca “DB2” MANUAL_ON, que es el mismo botón de funcionamiento manual que se encuentra en la pantalla HMI y da paso para poder activar la válvula 3 por medio de la marca “VALVULA_3_MANUAL” así activando la salida “VALVULA_DIGITAL3_ON”. Como el botón de “VALVULA_3_MANUAL” está configurado como un interruptor si le vuelve a activar el mismo botón se desactiva la válvula 3.

▼ **Segmento 2: ACTIVAR EN FORMA MANUAL VALVULA DIGITAL 3**

Comentario




De la misma manera que en el segmento 2 este segmento se activa por medio del botón que se encuentra en la pantalla HMI “MEZCLADOR_MANUAL” el cual activa la salida “MEZCLADOR_ON”.

▼ **Segmento 3: ACTIVAR EN FORMA MANUAL MEZCLADOR**

Comentario



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA FACULTAD DE INGENIERÍAS	
	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRÁCTICAS
LABORATORIO:	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
CARRERA:	INGENIERÍA ELECTRÓNICA SEDE GUAYAQUIL
PRÁCTICA:	# 3

a.- TEMA

SIMULACIÓN DE ENTRADA DE PESO

b.- OBJETIVO GENERAL

- Realizar una simulación de entrada analógica.

c.- EQUIPOS Y MATERIALES

- Computador con software TIA PORTAL de Siemens.
- PLC S7-315-2-DP
- Módulos digitales y analógicos del PLC S7-315-2-DP
- Pantalla HMI
- Módulo didáctico de dosificación de granulados

d.- DESARROLLO

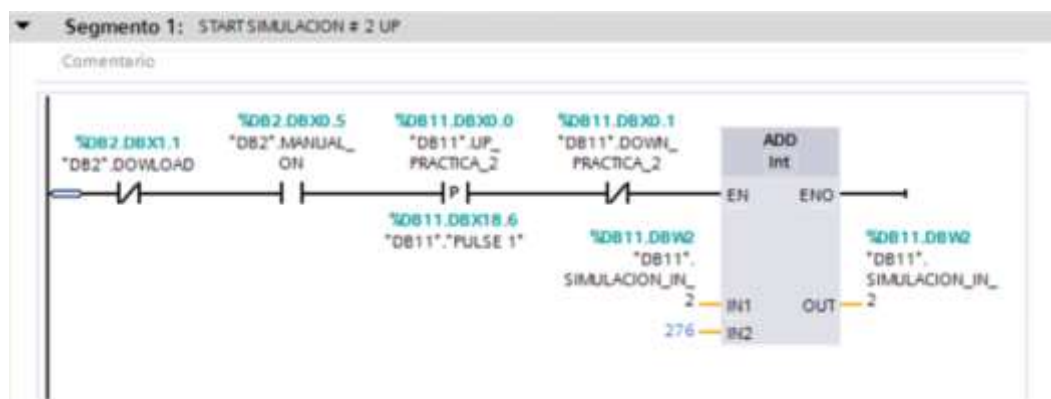
Realice un programa con las siguientes características:

Realizar la simulación de entrada analógica de peso por medio de una pantalla HMI el cual se puede ir agregando o disminuyendo el valor del pesaje de forma ascendente o descendente y el mínimo valor sea 0Kg y el máximo 50Kg.



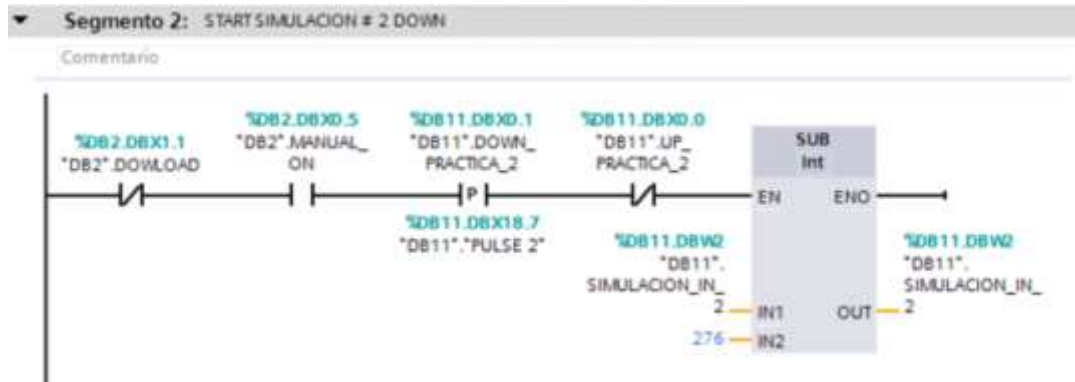
Por medio de la programación de la pantalla HMI se agrega el diseño de la pantalla con las formas básicas para darle forma del silo y por medio de un indicador de nivel observar la salida analógica que representa el peso de la balanza.


En el segmento 1 se puede observar que el contacto abierto de la marca “DB2” MANUAL_ON da paso para poder ejecutar el botón de pulso de flanco “DB11”UP_PRACTICA_2 el cual permite realizar una suma de 276 cada vez que lo presionemos a nuestra variable analógica de entrada que simula la entrada de la balanza. Cabe mencionar que esta marca de pulso de flanco “DB11”UP_PRACTICA se encuentra en el botón de la pantalla HMI llamada “UP”.



Para el segmento 2 es similar al segmento 1 pero en este caso el contacto abierto de la marca del botón de pulso de flanco “DB11”DOWN_PRACTICA_2 nos permite

realizar la resta de 276 cada vez que lo presionemos a nuestra variable analógica de entrada.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA FACULTAD DE INGENIERÍAS	
	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRÁCTICAS
LABORATORIO:	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
CARRERA:	INGENIERÍA ELECTRÓNICA SEDE GUAYAQUIL
PRÁCTICA:	# 4

a.- TEMA

APERTURA MANUAL DE VÁLVULA 2 (ANALÓGICA)

b.- OBJETIVO GENERAL

- Poner en práctica los conocimientos de los bloques SCALE y UNSCALE para realizar la parametrización de la señal analógica.
- Diseño de pantalla HMI por medio del software TIA PORTAL.

c.- EQUIPOS Y MATERIALES

- Computador con software TIA PORTAL de Siemens.
- PLC S7-315-2-DP
- Módulos de salidas y entradas digitales y analógicos del PLC S7-315-2-DP
- Pantalla HMI OP177B
- Módulo didáctico de dosificación de granulados

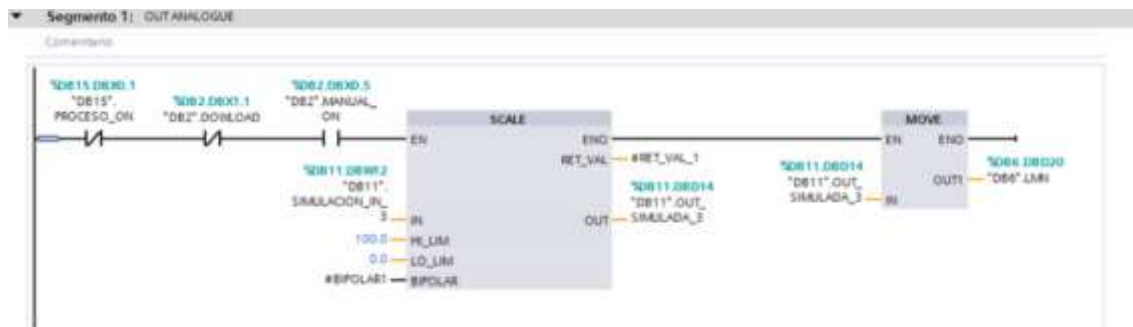
d.- DESARROLLO

Realice un programa con las siguientes características:

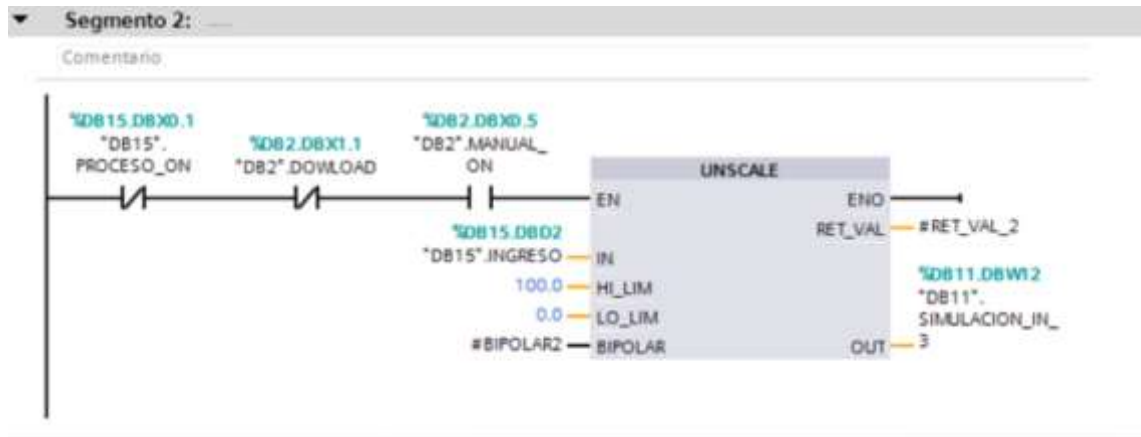
Realizar una pantalla HMI que controle únicamente a la válvula 2 (analógica), por medio de dos botones “UP y DOWN” los mismos que se muestran en la pantalla HMI y permita la apertura o cierre de la válvula en forma ascendente o descendente. También que posea una entrada en la pantalla para que el operador ingrese el valor de porcentaje que desea que se abra la válvula (0% al 100%).



La marca PROCESO_ON y DOWLOAD deshabilitan la práctica ya que ellas están enlazadas a las practica #XX y XX, al momento de presionar el botón de “DB2” MANUAL_ON el bloque SCALE entra en funcionamiento realizando que la entrada “DB11”SIMULACION_IN_3 se escale de 0 a 100 y esa salida por medio del bloque MOVE se mueva hacia la variable LMN.




Al desescalar la señal “DB15” INGRESO de 0 a 100 tenemos una salida “DB11”SIMULACION_IN



Al momento de presionar el botón DOWN se activa el pulso “DB11”.DOWN_PRACTICA_3 se activa el bloque sumador y se le suma a la variable “DB15”.INGRESO el valor de 0.05

Para evitar que el valor de la entrada analógica “DB15”.INGRESO sea mayor a 100 se coloca un comparador ya que es el valor máximo que la celda de carga acepta 100Kg y si se cumple la condición de ser mayor a 100 se activa el bloque MOVE el cual nos permite tener una salida constante de 100 en la variable “DB15”.INGRESO el mismo caso pasa cuando la señal de “DB15”.INGRESO es menor a 0 cuando cumpla esta condición por medio de un bloque MOVE mandara a la salida un 0 constante para que no baje a numero negativos.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA FACULTAD DE INGENIERÍAS	
	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRÁCTICAS
LABORATORIO:	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
CARRERA:	INGENIERÍA ELECTRÓNICA SEDE GUAYAQUIL
PRÁCTICA:	# 5

a.- TEMA

ENCENDIDO DE MOTOR MEZCLADOR, VÁLVULA 1 Y VÁLVULA 2 POR TIEMPOS

b.- OBJETIVO GENERAL

- Conocimiento general de los temporizadores TON.

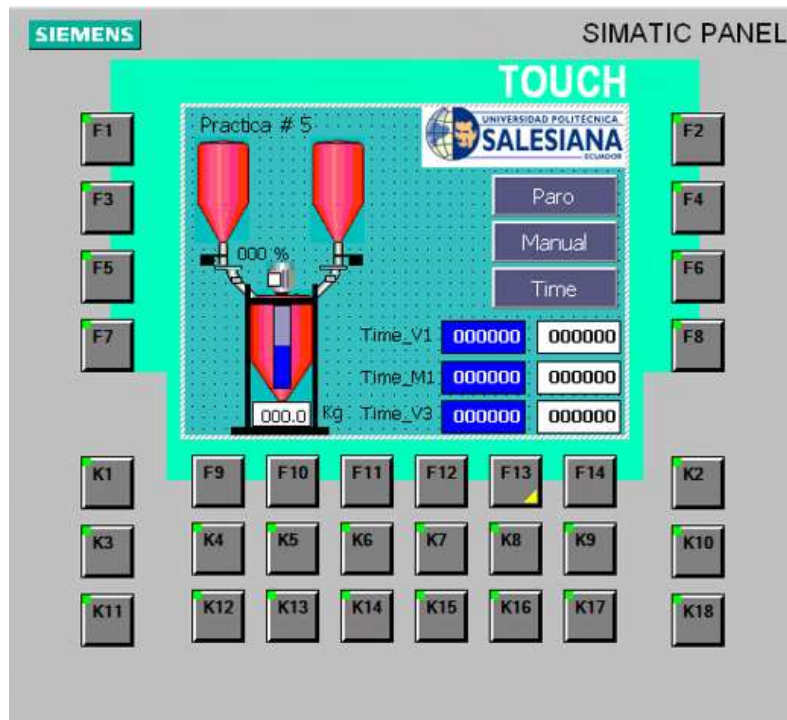
c.- EQUIPOS Y MATERIALES

- Computador con software TIA PORTAL de Siemens.
- PLC S7-315-2-DP
- Módulos digitales y analógicos del PLC S7-315-2-DP
- Pantalla HMI
- Módulo didáctico de dosificación de granulados

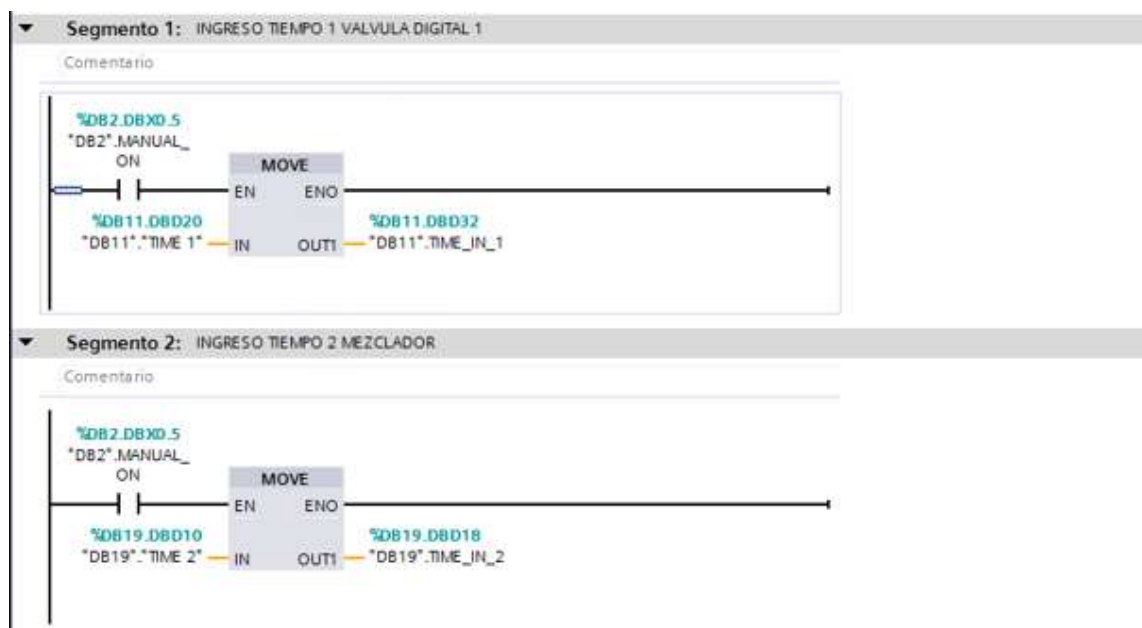
d.- DESARROLLO

Realice un programa con las siguientes características:

Por medio de la pantalla HMI se ingrese el tiempo que se desee que este encendido la válvula 1 el motor mezclador y la válvula 3 y que vaya en esa secuencia. El tiempo que se ingresara será en milisegundos.



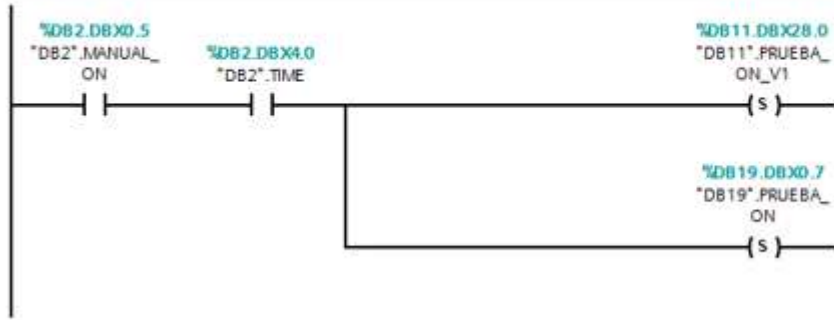
Por medio del bloque MOVE se realiza el ingreso del tiempo que se desea que cada uno de los actuadores quede encendido, este bloque lo mueve hacia otra variable.



En este segmento se observa que al momento presionar el botón manual desde la pantalla HMI y presión el botón de TIME que también se encuentra en la pantalla HMI se setean las marcas.

Segmento 4: ARRANQUE DEL SISTEMA DE PRUEBA ENCIENDE VALVULA DIGITAL 1

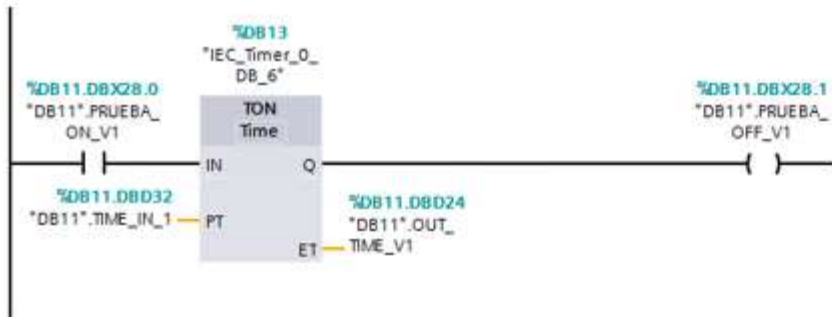
Comentario



En estos segmentos se observa que entra en funcionamiento el bloque TON el cual realiza el conteo para apagar la válvula 1. En el segmento 6 cuando la marca del TON se activa, se apaga la válvula 1 y se enciende el motor mezclador

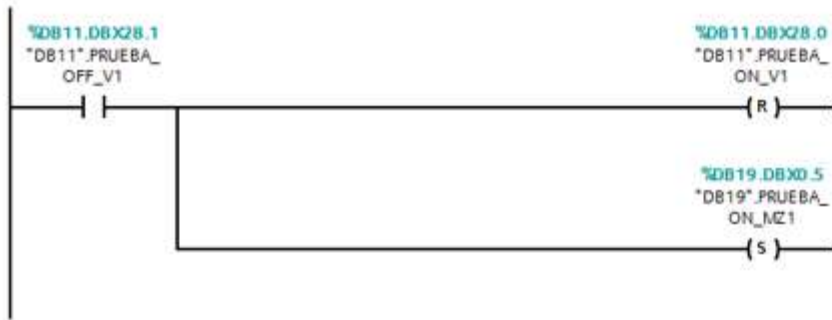
Segmento 5: INICIA EL CONTEO PARA APAGAR VALVULA DIGITAL 1

Comentario



Segmento 6: DESPUES DEL TIEMPO TRANSCURRIDO SE APAGA LA VD1 Y SE ACTIVA EL MEZCLADOR

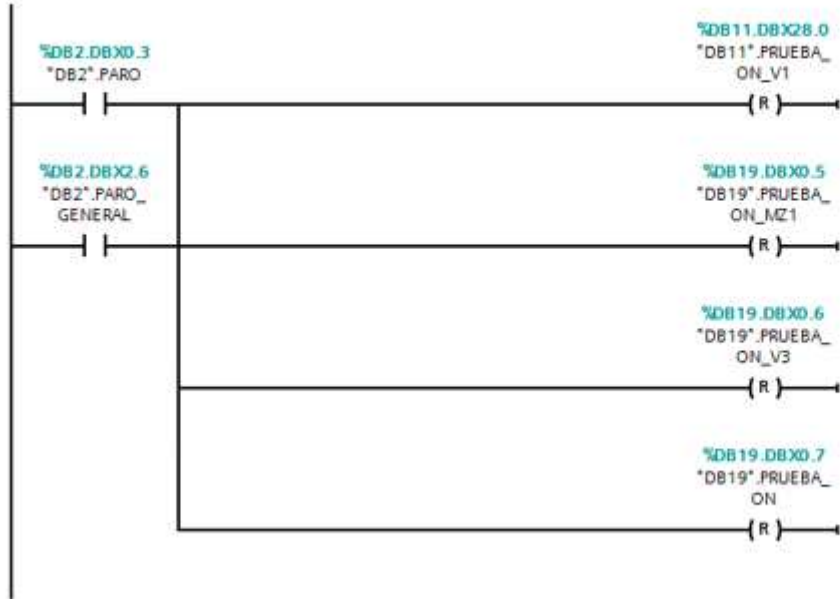
Comentario




En el segmento 11 se observa el apagado del sistema en general por medio de los reset de cada una de las marcas de los actuadores.

▼ Segmento 11: APAGADO DEL EQUIPO EN GENERAL

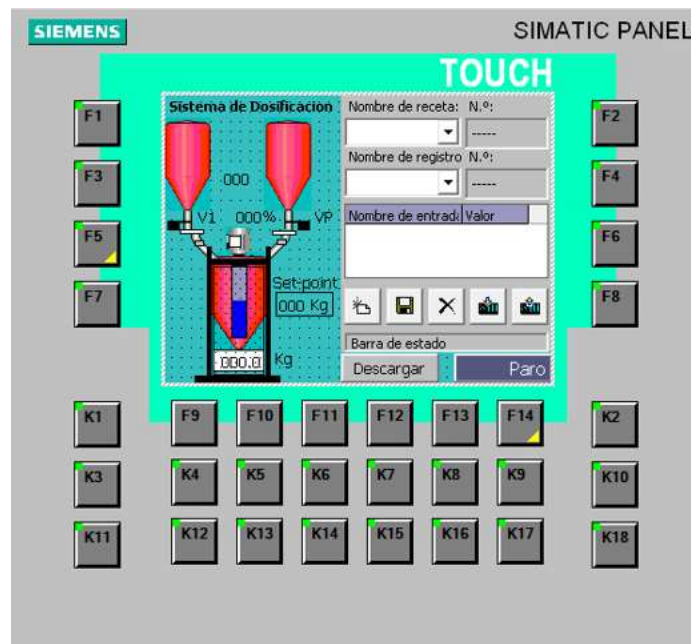
Comentario



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA FACULTAD DE INGENIERÍAS	
	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRÁCTICAS
LABORATORIO:	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
CARRERA:	INGENIERÍA ELECTRÓNICA SEDE GUAYAQUIL
PRÁCTICA:	# 6

a.- TEMA

SISTEMA DE DOSIFICACIÓN POR MEDIO DE RECETAS



b.- OBJETIVO GENERAL

- Conocimiento general de los bloques FC.
- Conocimiento general de los bloques MOVE y ADD.

c.- EQUIPOS Y MATERIALES

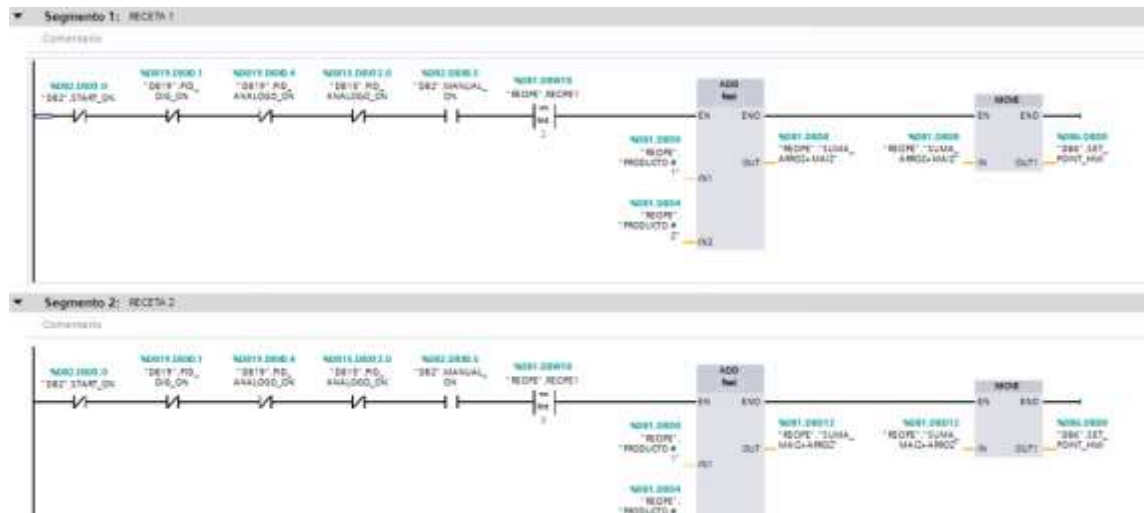
- Computador con software TIA PORTAL de Siemens.
- PLC S7-315-2-DP
- Módulos digitales y analógicos del PLC S7-315-2-DP
- Pantalla HMI
- Módulo didáctico de dosificación de granulados

d.- DESARROLLO

Realice un programa con las siguientes características:

Por medio de la pantalla HMI se puede seleccionar 3 tipos diferentes de recetas las cuales el operador la puede seleccionar. Dependiendo de la condición si Producto 1 y

Producto 2 es igual a 0 no enciende el sistema, Si producto 1 es mayor a producto 2 activa primero la válvula 2 analógica y al último entra la válvula 1 digital. Si producto 1 es menor a producto 2 activa primero la válvula 1 digital y cierra el ciclo la válvula 2 analógica, y como última condición si producto 1 es igual al producto 2 ambas válvulas se activan. Cabe mencionar que para todas las condiciones anteriores se debe cumplir el control PID.



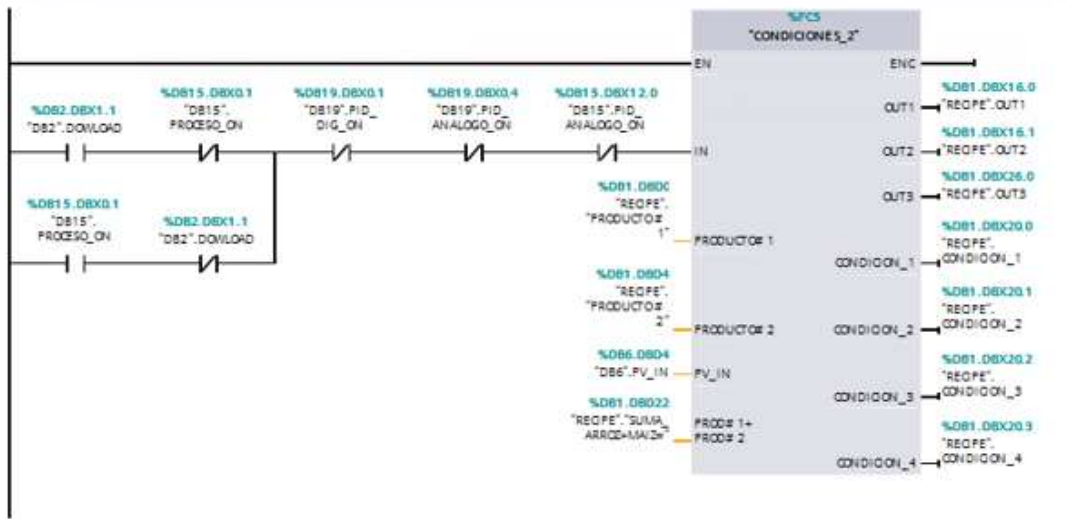
En estos segmentos se observa la suma de los valores que ingresa el operador para cada una de la recetas, los mismos que por medio de un bloque MOVE se mueven a las señal de set point del controlador PID.



Al momento de presionar en la pantalla HMI el botón de descargar se activa la descarga del producto.

Segmento 5: CONDICIONES DEL SISTEMA

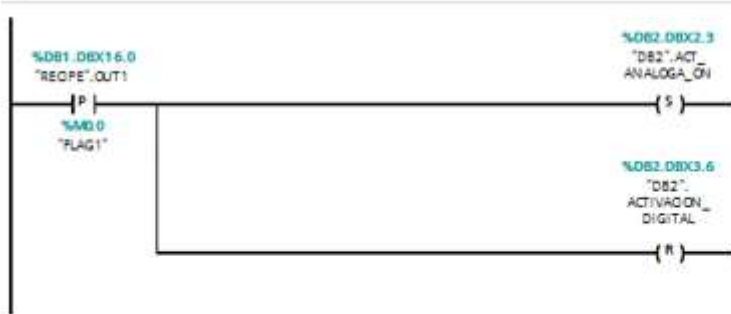
Comentario



En el bloque FC de condiciones por medio de un bloque de programación SCL se realiza las diferentes condiciones que se plantearon en la práctica.

Segmento 6: ACTIVACION DE PID ANALOGO IF PRODUCTO #1 > PRODUCTO #2

Comentario




Segmento 7: DESACTIVACION DE PID ANALOGO IF PRODUCTO #1 > PRODUCTO #2

Comentario

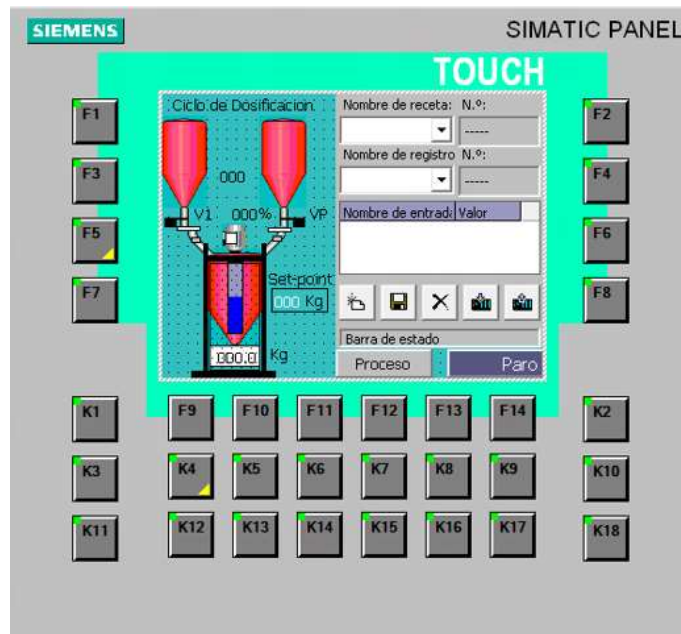


En estos segmentos se observa que dependiendo la condición que cumpla en el bloque FC de condiciones se activa o se desactiva las válvulas digital o analógica.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA FACULTAD DE INGENIERÍAS	
	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRÁCTICAS
LABORATORIO:	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
CARRERA:	INGENIERÍA ELECTRÓNICA SEDE GUAYAQUIL
PRÁCTICA:	# 7

a.- TEMA

SISTEMA DE DOSIFICACIÓN Y DESCARGA DE PRODUCTO



b.- OBJETIVO GENERAL

- Conocimiento general de los temporizadores FC.

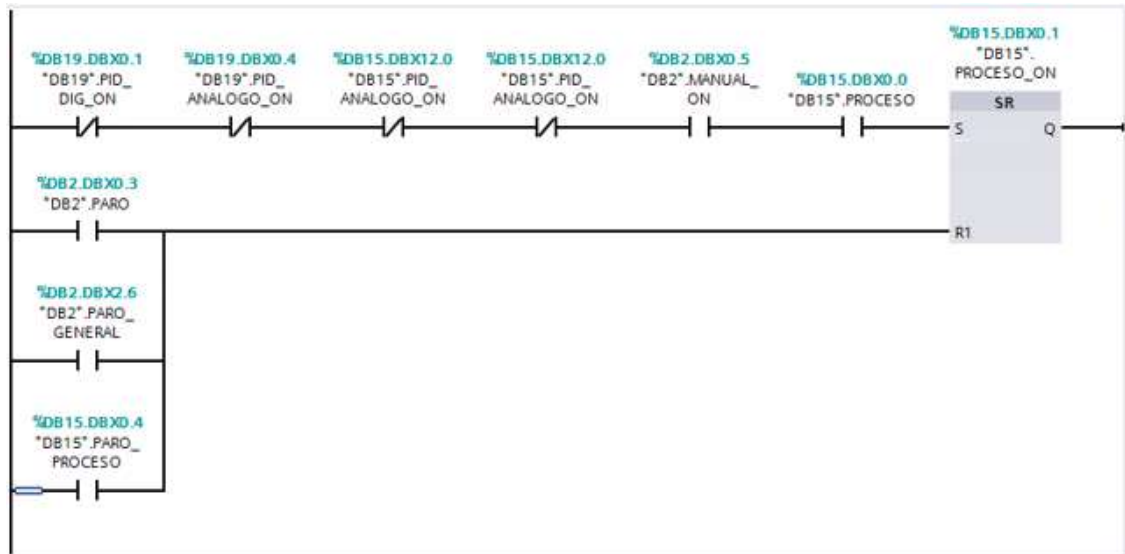
c.- EQUIPOS Y MATERIALES

- Computador con software TIA PORTAL de Siemens.
- PLC S7-315-2-DP
- Modulos digitales y analogicos del PLC S7-315-2-DP
- Pantalla HMI
- Módulo didáctico de dosificación de granulados


d.- DESARROLLO

Realice un programa con las siguientes características:

Se selecciona como la práctica anterior por medio de recetas pero en este caso se llega al valor del set point y se cierran las válvulas 1 y 2, en ese momento se activa la válvula 3 para la descarga del producto al terminar la descarga se apaga el sistema.

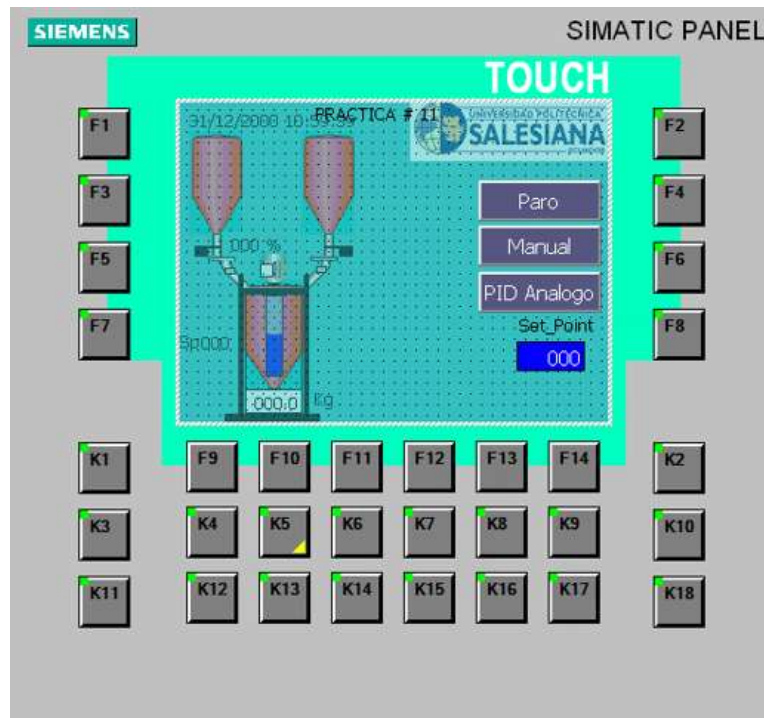


En este segmento se tiene un bloque set-reset el cual por medio de las marcas mantiene encendido la marca “DB15” PROCESO, el cual cumple la condición de la practica 6 al momento que realiza el control PID y llega al Set point para el proceso ya que se activa la marca “DB2” PARO y realiza la descarga del producto.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA FACULTAD DE INGENIERÍAS	
	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRÁCTICAS
LABORATORIO:	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
CARRERA:	INGENIERÍA ELECTRÓNICA SEDE GUAYAQUIL
PRÁCTICA:	# 8

a.- TEMA

CONTROL PID CON LA VÁLVULA ANALÓGICA CON VÁLVULA 3 ABIERTA.



b.- OBJETIVO GENERAL

- Conocimiento general del bloque MOVE.
- Conocimiento general del bloque SR.

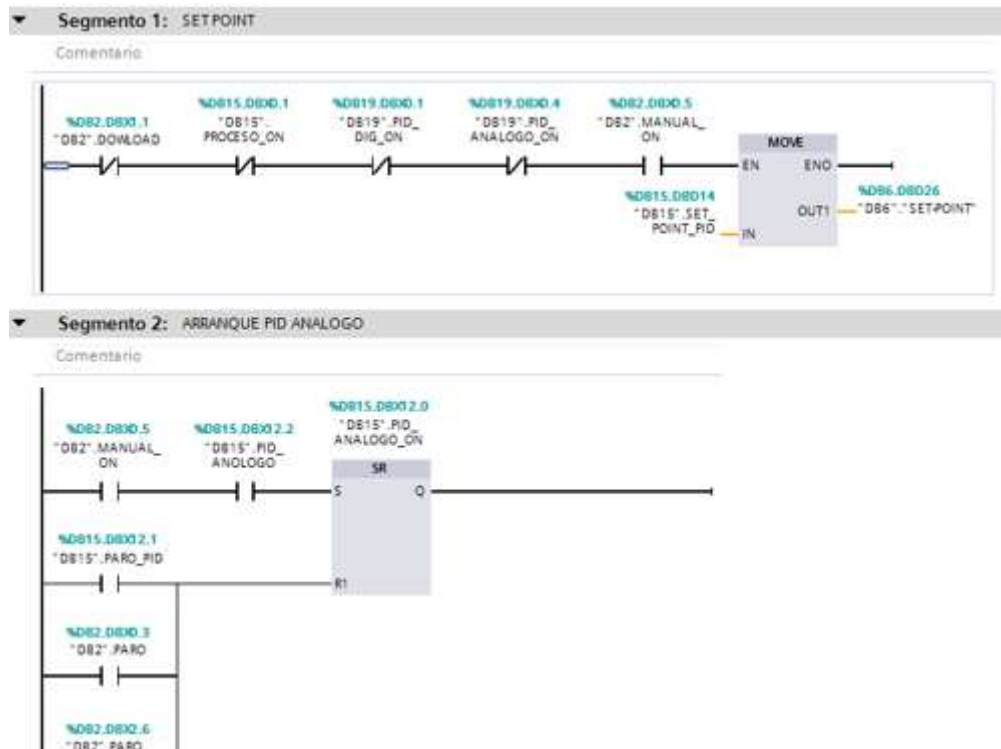
c.- EQUIPOS Y MATERIALES

- Computador con software TIA PORTAL de Siemens.
- PLC S7-315-2-DP
- Módulos digitales y analógicos del PLC S7-315-2-DP
- Pantalla HMI
- Módulo didáctico de dosificación de granulados


d.- DESARROLLO

Realice un programa con las siguientes características:

En la pantalla HMI se ingresa el valor de set point, al momento de dar al botón PID ANALOGO se activa solamente la válvula analógica y se mantiene cerrado la válvula 3 esperando a que llegue al valor de set point seteado. Al momento que llega al valor del set point la válvula 3 se abre y la válvula 2 debe de mantener la dosificación manteniendo estable el valor del set point.

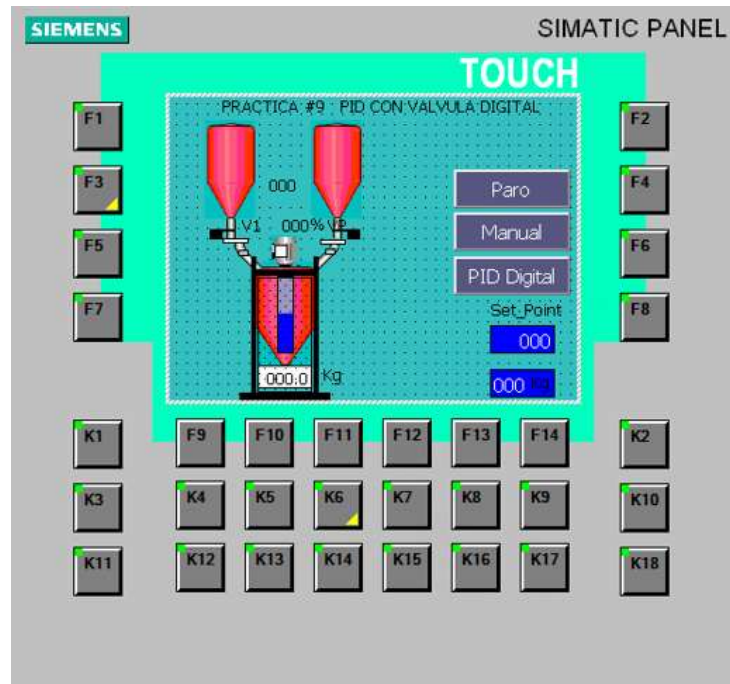


Al momento de ingresa el valor del set point por medio del bloque MOVE esa variable se guarda en el bloque PID del programa. Y al momento de dar en el botón de PID ANALOGO se activa el bloque set reset activando la válvula analógica.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA FACULTAD DE INGENIERÍAS	
	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRÁCTICAS
LABORATORIO:	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
CARRERA:	INGENIERÍA ELECTRÓNICA SEDE GUAYAQUIL
PRÁCTICA:	# 9

a.- TEMA

CONTROL PID CON LA VÁLVULA DIGITAL



b.- OBJETIVO GENERAL

- Conocimiento general del bloque MOVE.

c.- EQUIPOS Y MATERIALES

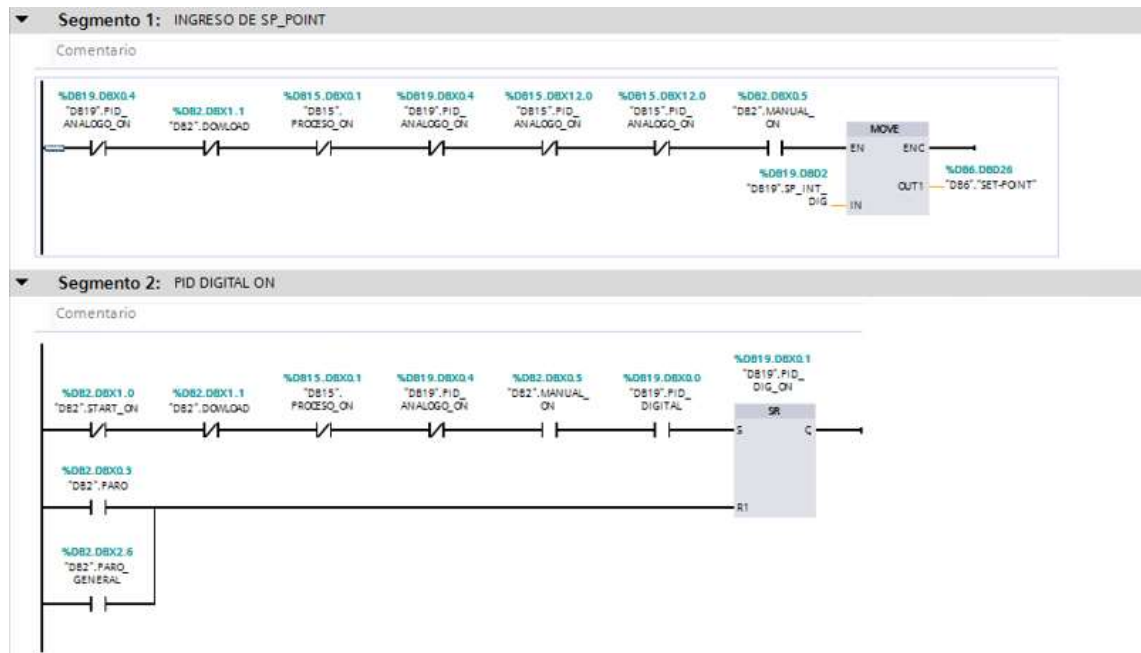
- Computador con software TIA PORTAL de Siemens.
- PLC S7-315-2-DP
- Módulos digitales y analógicos del PLC S7-315-2-DP
- Pantalla HMI
- Módulo didáctico de dosificación de granulados

d.- DESARROLLO


Realice un programa con las siguientes características:

En la pantalla HMI se ingrese el valor del set point y al momento de presionar el botón PID DIGITAL comience a descargar el producto pero solo funciona la válvula

1, y este valor de set point se debe de mantener abriendo la válvula 3 cuando sobrepase el valor del set point.

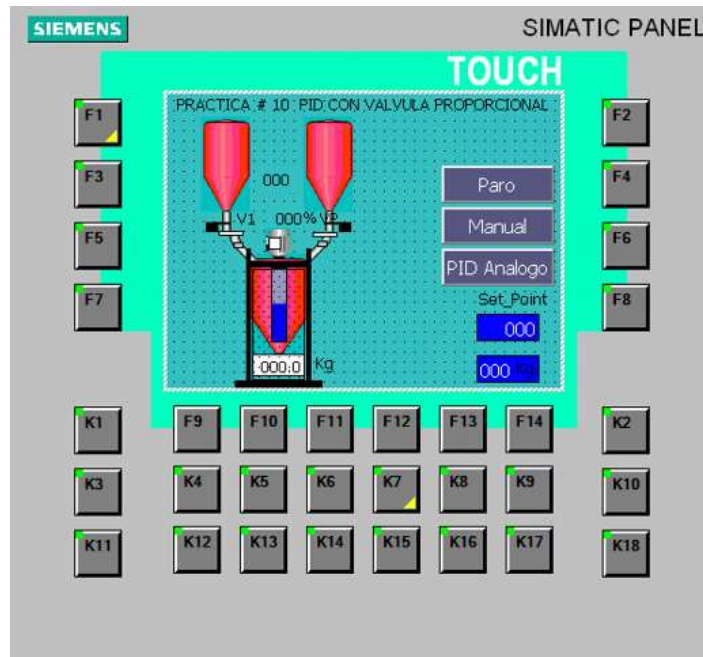


En el primer segmento se observa el ingreso del set point el cual por medio del bloque MOVE se guarda esa variable en bloque PID. Aparte se tiene un bloque set-reset para cuando se active el botón de PID DIGITAL se active la válvula digital y comience a dosificar.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA FACULTAD DE INGENIERÍAS	
	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRÁCTICAS
LABORATORIO:	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
CARRERA:	INGENIERÍA ELECTRÓNICA SEDE GUAYAQUIL
PRÁCTICA:	# 10

a.- TEMA

CONTROL PID CON LA VÁLVULA ANALÓGICA



b.- OBJETIVO GENERAL

- Conocimiento general del bloque MOVE.

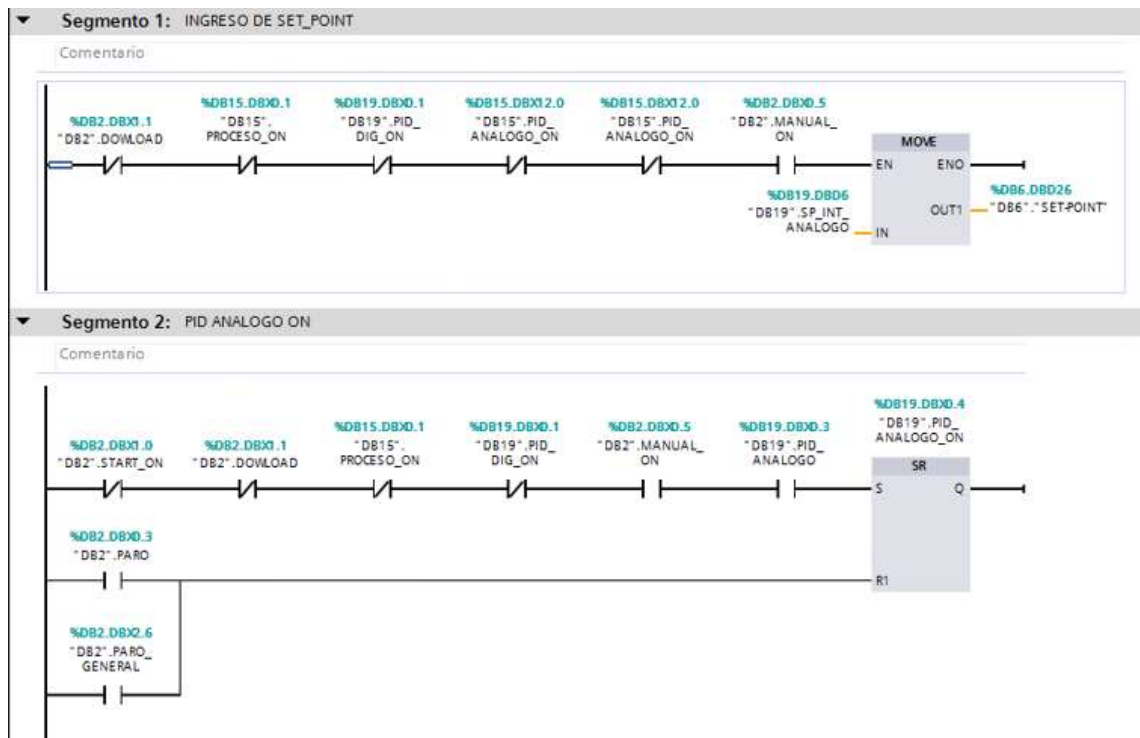
c.- EQUIPOS Y MATERIALES

- Computador con software TIA PORTAL de Siemens.
- PLC S7-315-2-DP
- Modulos digitales y analogicos del PLC S7-315-2-DP
- Pantalla HMI
- Módulo didáctico de dosificación de granulados

d.- DESARROLLO

Realice un programa con las siguientes características:

En la pantalla HMI se ingrese el valor del set point y al momento de presionar el botón PID ANALOGO comience a descargar el producto pero solo funciona la válvula 2, y este valor de set point se debe de mantener abriendo la válvula 3 cuando sobrepase el valor del set point antes seteado.



En el primer segmento se observa el ingreso del set point el cual por medio del bloque MOVE se guarda esa variable en bloque PID. Aparte se tiene un bloque set-reset para cuando se active el botón de PID ANALOGO se active la válvula analógica y comience a dosificar.