



**Universidad Politécnica Salesiana
Sede Guayaquil**

Facultad de Ingenierías

Carrera:

Ingeniería Electrónica

Trabajo de titulación previa a la obtención del título de:

Ingeniero Electrónico

Tema:

Diseño e implementación de una planta didáctica industrial con aplicaciones para el control de nivel en un reservorio, para el laboratorio de automatización industrial

Autores:

**Tumbaco Castro Angelo Joffre
Viña Palomino Roberto Carlos**

Director:

MACI. Gary Ampuño Avilés

Guayaquil – Ecuador
2015

Declaratoria de responsabilidad

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo académico, son de exclusiva responsabilidad de los autores, y la propiedad intelectual pertenece a la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.

Guayaquil, Febrero del 2015

(f) _____
Angelo Joffre Tumbaco Castro

(f) _____
Roberto Carlos Viña Palomino

Dedicatoria

Este proyecto se lo dedicamos a la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana, para que sigan promoviendo grandes profesionales al mundo laboral, que conformado por su eje principal nuestro Director de Carrera han sabido llevar adelante esta carrera. Siendo su personal administrativo y docentes una base fundamental para conseguir grandes éxitos.

Angelo Joffre Tumbaco Castro

Roberto Carlos Viña Palomino

Agradecimiento

Este logro alcanzado se lo debo agradecer principalmente a mi Dios padre celestial, nuestra madre la Virgen María Auxiliadora y San Juan Bosco; puesto que aquella bendición constante fue derramado en cada ciclo cursado y más aún en este último requerimiento previo a tan ansiado título.

Luego de ello deseo agradecer eternamente a la mujer que me ha dado la vida y con su sacrificio me supo criar y guiar en cada difícil momento de mi vida, mi querida y adorada madre Mercy Castro Baque. Al igual que mi hermana Roxanna, mis sobrinos Emily, Joshua y también a cada uno de mis familiares que juntos hemos disfrutado de gratos momentos y me han inculcado a ser una persona de bien ante la sociedad, llenándome de valores e incentivándome a emplearlos.

Los amigos son aquella familia que aunque no tengan tu misma sangre son las personas que siempre se preocupan por tu bienestar y te ayudan cuando más los necesitas, es por ello que quiero agradecer a un grupo que más que amigos considero mis hermanos que aunque iniciamos la carrera hacia la meta iguales, hubieron pequeños percances pero estoy seguro que pronto podremos decir juntos “lo logramos”. Mi gratitud hacia ustedes: Katherine, Francis, Josué, Nathalie y Eddy.

El desarrollo de este proyecto fue difícil y supimos cómo lidiarlos, es por ello que quiero agradecerle a mi compañero de tesis Roberto Viña y toda su familia ya que siempre estuvieron al pendiente de nuestros avances. Nuestras aportaciones debido a la experiencia laboral de cada uno fue la fórmula perfecta para tomar decisiones técnicas equitativas y así tener un buen desarrollo del mismo.

Los docentes son aquellos seres que con sus formas de comportamiento y exigencias, nos preparan hacia el ambiente laboral. Es por ello que deseo agradecer a todos los docentes quienes ciclo a ciclo nos compartieron sus conocimientos, en especial a mi tutor de tesis MACI. Gary Ampuño quien nos aconsejó y ayudó con el desarrollo del proyecto.

Gracias.

Angelo Tumbaco C

Agradecimiento

Agradezco a Dios todopoderoso por guiar mi camino y derramar sus bendiciones en mi vida, dándome las fuerzas suficientes para no claudicar frente a los obstáculos que se presentaron para obtener este anhelado logro.

A mi familia, fuente de apoyo constante e incondicional en mi vida y en especial en esta etapa de mi carrera.

A mi papá, Alfredo Viña Hidalgo por ser un ejemplo de persona honesta, luchadora, responsable, emprendedora y por enseñarme a vencer las adversidades. Un ser especial en todas las etapas de mi vida, pilar fundamental, mi mamá, Noralma Palomino Zamora por sus sabios consejos de perseverancia, por el esfuerzo, su sacrificio, su demostrado cariño y amor. A mi hermano Alfredo, por su ayuda indispensable en este logro, por su preocupación en el tema, su cooperación en todo momento y por ser un gran amigo. Mi hermana Nory, por ser una mujer de cualidades excepcionales, por brindarme su desinteresado apoyo mediante sus capacidades que junto a sus valores la hacen una persona y profesional única.

A mis compañeros de mi carrera estudiantil que fueron un gran soporte en este periodo. Angelo Tumbaco, mi compañero de tesis, con quién compartimos experiencias y conocimientos para poder obtener este logro.

Agradecimiento sincero a mi tutor de tesis MACI, Gary Ampuño Avilés que con sus facultades, profesionalismo, rigor académico me brindó acertados consejos, en especial por su predisposición y disponibilidad absoluta.

Además a cada una de esas personas que de una u otra forma aportaron para que este objetivo se logre.

Roberto Carlos Viña Palomino

Índice General

Capítulo 1. El problema	15
1.1 Planteamiento del Problema.....	15
1.2 Delimitación.....	15
1.2.1 Temporal.....	15
1.2.2 Espacial.....	16
1.2.3 Académica	16
1.3 Objetivos	16
1.3.1 Objetivo General.....	16
1.3.2 Objetivos Específicos	16
1.4 Justificación.....	17
1.5 Variables e Indicadores	18
1.5.1 Variables	18
1.5.2 Indicadores.....	18
1.6 Metodología a Utilizar	18
1.6.1 Método Bibliográfico.....	18
1.6.2 Método Explicativo.....	18
1.6.3 Método Cuantitativo	19
1.7 Población y Muestra.....	19
1.7.1 Población	19
1.7.2 Muestra	19
1.8 Resumen de la propuesta de intervención.....	20
1.9 Descripción de la propuesta	23
1.9.1 Descripción de la planta.....	23
1.9.2 Descripción del módulo de control.....	24
1.10 Beneficiarios de la propuesta	26
1.11 Impacto.....	26
Capítulo 2. Marco Teórico	27
2.1 Procesos Industriales	27
2.1.1 Introducción	27
2.2 Variables de Control	28
2.2.1 Campo de medida	28
2.2.2 Histéresis.....	28
2.3 Medición de Nivel.....	29
2.3.1 Medidores de nivel de líquidos.....	29
2.3.2 Medidor de nivel de ultrasonidos.....	30

2.4	Controladores Lógicos Programables PLC	33
2.4.1	Campos de aplicación del PLC	33
2.4.2	Ventajas e Inconvenientes	34
2.4.3	Estructura del PLC	35
2.5	Variadores	37
2.5.1	Funcionamiento de los variadores de velocidad	37
2.5.2	Comportamiento del motor	37
2.6	Sistemas de Control	40
2.6.1	Introducción a los sistemas de control	40
2.6.2	Definiciones de los sistemas de control	40
2.6.2.1	Variable controlada y señal de control o variable manipulada	40
2.6.2.2	Plantas	41
2.6.2.3	Procesos	41
2.6.2.4	Sistemas	41
2.6.2.5	Perturbaciones	41
2.6.2.6	Control realimentado	42
2.6.3	Sistemas de control en lazo cerrado	42
2.6.4	Sistemas de control en lazo abierto	42
2.6.5	Reglas de Ziegler-Nichols para la sintonía de controladores PID.	43
2.6.5.1	Control PID de plantas	43
2.6.5.2	Reglas de Ziegler-Nichols para sintonizar controladores PID	44
2.6.5.3	Primer método	44
2.6.5.4	Segundo método	45
Capítulo 3. Diseño e Implementación del Proyecto		47
3.1	Funcionalidad del proyecto	47
3.1.1	Diagrama de flujo del proceso	48
3.1.2	P&ID del proceso	49
3.1.3	Bloques de control del proceso	50
3.1.4	Planteamiento de solución al proceso	50
3.2	Desarrollo del tablero de control principal	51
3.2.1	Materiales tablero de control	51
3.2.2	Diseño del tablero de control	52
3.2.3	Conexión de los elementos de control	55
3.2.4	Implementación de tarjeta electrónica de control	58
3.2.5	Alimentación tablero de control principal	59
3.3	Desarrollo del tablero de la planta industrial	59

3.3.1	Materiales del tablero de la planta industrial	59
3.3.2	Diseño del tablero de la planta industrial.....	60
3.3.3	Conexión de los elementos de control	63
3.3.4	Prueba del tablero de planta industrial.....	65
3.4	Desarrollo Planta Industrial.....	65
3.4.1	Materiales planta industrial.....	65
3.4.2	Diseño de la estructura de soporte planta industrial	66
3.4.3	Diseño de la planta industrial.....	68
3.4.4	Ubicación de equipos y sensores en la planta industrial.....	69
3.4.5	Recorridos de tuberías y conexión de instrumentos.....	70
3.4.6	Colocación de Marquillas a los elementos de la planta industrial.....	71
3.4.7	Alimentación de la planta industrial	72
3.5	Integración elementos tablero de control de nivel	72
Capítulo 4. Diseño de Prueba de Control PID sintonización Ziegler y Nichols		75
4.1	Pasos para realizar el bloque PID_Compact	75
4.2	Optimización PID inicial y final.....	79
4.3	Sintonización de PID de forma manual mediante Ziegler-Nichols.....	80
4.4	Optimización PID de forma automática con método Ziegler-Nichols.....	84
Capítulo 5. Resultados de análisis.....		86
Cronograma.....		93
Presupuesto.....		94
Conclusiones.....		95
Recomendaciones.....		96
Bibliografía.....		97

Tablas

Tabla 1: Regla de sintonía de Ziegler-Nichols basada en la respuesta escalón de la planta (primer método).....	45
Tabla 2: Regla de sintonía de Ziegler-Nichols basada en la ganancia crítica K_{cr}	46
Tabla 3: Valores de tiempos.....	82
Tabla 4: Formula de parámetros PID.....	83
Tabla 5: Valores de parámetros PID.....	83
Tabla 6: Muestreo de setpoint.....	91
Tabla 7: Promedio, error crítico.....	92

Figuras

Figura 1: Alumnos realizando prácticas en el laboratorio de automatización industrial.....	15
Figura 2: Laboratorio de Automatización Industrial Bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.....	17
Figura 3: Instalaciones Universidad Politécnica Salesiana Guayaquil.....	19
Figura 4: Esquema de los equipos del sistema de módulos.....	20
Figura 5: Diseño de la Planta Industrial a Escala (medidas planteadas en mm).....	24
Figura 6: Diseño del módulo de control (medidas planteadas en mm).....	25
Figura 7: Representación de la curva de histéresis.....	29
Figura 8: Medición de nivel a través de ultrasonidos.....	31
Figura 9: Estructura de PLC.....	36
Figura 10: Conexión de PLC.....	36
Figura 11: Comportamiento de motor velocidad y corriente par.....	37
Figura 12: Diagrama electrónico del variador de velocidad.....	38
Figura 13: Comportamiento del diagrama electrónico.....	39
Figura 14: Control PID de una planta.....	43
Figura 15: Respuesta a un escalón unitario de una planta.....	44
Figura 16: Curva de respuesta en forma de S.....	45
Figura 17: Sistemas en lazo cerrado con un controlador proporcional.....	46
Figura 18: Oscilación sostenida con periodo P_{cr} (P_{cr} se mide en seg).....	46
Figura 19: Diseño del proyecto implementado.....	47
Figura 20: Flujograma de la planta industrial.....	48

Figura 21: P&ID de la planta industrial	49
Figura 22: Diagrama de bloque de control de la planta industrial	50
Figura 23: Planteamiento de solución de la planta industrial	51
Figura 24: Materiales Tablero de Control Principal	52
Figura 25: Diseño del tablero de control principal	53
Figura 26: Estructura del tablero de control principal	53
Figura 27: Ejecución de perforaciones al tablero de control.....	54
Figura 28: Colocación de elementos de control en el tablero	54
Figura 29: Conexionado entre elementos de control.....	55
Figura 30: Colocación del plafón al interior del tablero	56
Figura 31: Conexión de cables en borneras de PLC y DB25.....	56
Figura 32: Marquillas de cables	57
Figura 33: Colocación de voltímetro analógico en tapa de tablero.....	57
Figura 34: Elementos soldados en la tarjeta impresa	58
Figura 35: Colocación de tarjeta impresa y placa metálica, en tapa de tablero	58
Figura 36: Energización del Tablero de control.....	59
Figura 37: Materiales Tablero Planta Industrial.....	60
Figura 38: Diseño del tablero de planta industrial	61
Figura 39: Estructura del tablero de planta industrial	61
Figura 40: Ejecución de perforaciones al tablero de planta industrial	62
Figura 41: Colocación de elementos de control en el tablero de la planta industrial	63
Figura 42: Conexionado entre elementos tablero de planta industrial.....	63
Figura 43: Marquillas de cables del tablero de planta industrial	64
Figura 44: Vista interna del tablero de planta industrial	64
Figura 45: Energización del tablero planta industrial	65
Figura 46: Materiales de la planta industrial.....	66
Figura 47: Materiales del soporte de la planta industrial.	67
Figura 48: Soldadura de estructura de la planta industrial.....	67
Figura 49: Estructura de la planta industrial	67
Figura 50: Diseño de los elementos planta industrial	68
Figura 51: Validación de medidas planta industrial.....	69
Figura 52: Ubicación de elementos en la planta industrial	70
Figura 53: Implementación de recorridos de tuberías y conexión de sensores en la planta industrial.....	71

Figura 54: Colocación de tag a elementos en la planta industrial.....	71
Figura 55: Puesta en marcha de elementos en la planta industrial.....	72
Figura 56: Diseño de planta industrial	73
Figura 57: Integración de elementos proyecto de control de nivel	73
Figura 58: Árbol del proyecto	76
Figura 59: Agregar bloque alarma cíclica.....	76
Figura 60: Bloque PID_Compact.....	77
Figura 61: Ajuste de parámetros del PID.....	78
Figura 62: PID conexión online	78
Figura 63: Sintonización del PID.....	79
Figura 64: Comportamiento del nivel	80
Figura 65: Voltaje de la bomba rompe la inercia.....	81
Figura 66: Ingreso de Kp, Ti, Td.....	83
Figura 67: Comportamiento con el método Z-N.....	84
Figura 68: Modo automático con sintonización Z-N.....	85
Figura 69: Comportamiento con el modo automático con sintonización Z-N.....	85
Figura 70: Comportamiento del nivel vs setpoint.....	86
Figura 71: Comportamiento de la bomba	87
Figura 72: Ventana de trabajo - “Panel Frontal”.....	88
Figura 73: Ventana de trabajo - “Diagramas de Bloques”.....	88
Figura 74: Generar un histórico en Labview.....	89
Figura 75: Históricos en Excel desde Labview	90

Anexos

Anexo 1. Planos Eléctricos.....	98
Anexo 2. Planos Mecánicos.....	113
Anexo 3. Prácticas.....	124

Resumen

AÑO	TÍTULO	ALUMNOS	DIRECTOR DE TESIS	TEMA DE TESIS
2015	Ingeniero Electrónico	Roberto Carlos Viña Palomino Angelo Joffre Tumbaco Castro	MACI. Gary Ampuño Avilés	Diseño e implementación de una planta didáctica industrial con aplicaciones para el control de nivel en un reservorio, para el laboratorio de automatización industrial

El presente trabajo de titulación denominado **“Diseño e implementación de una planta didáctica industrial con aplicaciones para el control de nivel en un reservorio, para el laboratorio de automatización industrial”** tiene la finalidad de aportar una herramienta de aprendizaje que permita la simulación de procesos industriales a través de plantas didácticas para los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingenierías de la Universidad Politécnica Salesiana.

La planta didáctica cuenta con un control de nivel. Implementada con sensores de nivel tipo ultrasónico, boya, capacitivos; y elementos de salida como electroválvula, variador de velocidad, bomba, complementos con tuberías de conexión rápida, que pueden ser manipulados mediante un módulo de control con un PLC Siemens S7-1200 conectado mediante el puerto DB-25 con el tablero que es parte de la planta.

El correcto funcionamiento del proyecto se sustentó en el análisis con experimentos y pruebas que se centraron en la regulación de lazo cerrado PID de los elementos de control final. Se ha logrado demostrar que mediante la técnica de optimización de Ziegler & Nichols (método práctico) se encontró un punto de partida para poder seleccionar los datos de las variables proporcional, integral y derivativo con un criterio cercano al controlador final que se dejó parametrizado en el PLC.

La planta con su respectivo manual de prácticas proporcionará a los estudiantes la oportunidad de familiarizarse con equipos, elementos, sistemas y variables de control que son utilizados en las industrias, siendo un aporte para las asignaturas de Automatización Industrial.

PALABRAS CLAVES

Control de Nivel /Fluidos/ control de lazo cerrado PID / automatización PLC S7-1200.

Abstract

YEAR	DEGREE	STUDENTS	SUPERVISOR	THESIS TOPIC
2015	Electronic Engineering	Roberto Carlos Viña Palomino Angelo Joffre Tumbaco Castro	MACI. Gary Ampuño Avilés	Design and implementation of an industrial plant with applications for the control of the level in a reservoir for the industrial automation laboratory

This paper called "Design and implementation of an industrial plant with applications for the control of the level in a reservoir for the industrial automation laboratory" aims to provide a learning tool that allows the simulation of industrial processes through didactic plants for students of the study program of Electronic Engineering, of the Universidad Politécnica Salesiana.

The didactic plant has a level control. Implemented with type ultrasonic level sensors, float, capacitive; and output elements such as solenoid valve, variable speed pump, piping accessories with fast connection, which can be manipulated by a control module with a PLC Siemens S7-1200 connected via the DB-25 port to the board that is part of plant.

The proper functioning of the project was based on the analysis with experiments and tests focused on closed loop PID control of final control elements. It has succeeded in demonstrating that by optimization technique Ziegler & Nichols (practical method) a starting point to select data from the proportional, integral and derivative variables with a close at the end controller criterion left parameterized has been found in the PLC. The plant with its own operating practices provide students the opportunity to become familiar with equipment, components, systems and control variables that are used in industries, being a contribution to the subjects matters of Industrial Automation.

KEYWORDS

Level Control / Fluids / PID closed loop control / automation S7-1200 PLC

Introducción

El ámbito laboral plantea entre otros desafíos la adaptación dinámica a los sistemas de trabajo. El éxito de un profesional se mide entre otros aspectos por el desarrollo de esta habilidad.

El presente trabajo tiene como objetivo contribuir a que los futuros profesionales de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electrónica que cursan las asignaturas relacionadas a Automatización Industrial, se familiaricen con una herramienta de aplicación técnica, empleando los conceptos adquiridos durante su formación en la planta didáctica que proponemos.

La planta representa un proceso industrial de amplia utilización en el área laboral, su diseño e implementación con sensores de nivel tipo ultrasónico, boya, capacitivos; y elementos de salida como electroválvula, variador de velocidad, bomba, complementos con tuberías de conexión rápida, los mismos que pueden ser manipulados mediante un módulo de control con un PLC Siemens S7-1200 conectado mediante el puerto DB-25 con el tablero que es parte de la planta. Al contar con dicho puerto, también se podrá conectar con los módulos existentes en el laboratorio, siendo una ventaja al momento de realizar las diferentes prácticas. La planta además cuenta con un control de nivel que permite mantener y regular un sistema de forma técnica.

Para sustento del funcionamiento integral del proceso se realizaron pruebas, análisis y experimentos enfocados en la regulación de lazo cerrado PID de los elementos de control final. Se demostró que mediante la técnica de optimización de Ziegler & Nichols (método práctico) se encontró un punto de partida para poder seleccionar los datos de las variables proporcional, integral y derivativo con un principio cercano al controlador final que se parametrizó en el PLC con un margen de error mínimo en relación al proceso de nivel empleado.

Finalmente se elaboró un manual de prácticas que sirva de apoyo a los estudiantes en la realización de los diferentes métodos de control y en el desarrollo de las habilidades de programación en lógica de control.

Capítulo 1. El problema

1.1 Planteamiento del Problema

A razón de potenciar los conocimientos del alumnado de la carrera de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de forma práctica en las asignaturas relacionadas a Automatización Industrial vinculándolos a procesos industriales mediante la simulación de equipos y elementos que se encuentran en el área profesional y acrecentando la experiencia del alumno en el enfoque del control de sistemas automatizados mediante el uso de plantas industriales a escala. Además proporcionará una evaluación más precisa por parte del docente hacia los alumnos de esta forma mejorará la participación en la realización de variadas prácticas, talleres y lecciones.

Figura 1: Alumnos realizando prácticas en el laboratorio de automatización industrial



Fuente: Los autores

1.2 Delimitación

1.2.1 Temporal

El tiempo planteado para el diseño, desarrollo y construcción del proyecto, se desarrolló en el año 2014-2015.

1.2.2 Espacial

Este sistema de módulos funcionará en el Laboratorio de Automatización Industrial del cuarto nivel del Bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, pero al ser portable puede ser implementado en cualquier laboratorio de dicha institución.

1.2.3 Académica

El sistema de módulos desarrolla de manera teórica y práctica los conocimientos de los estudiantes en diversas materias tales como Automatización Industrial, Instrumentación, Sensores y Transductores.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar y construir una planta industrial a escala para el Laboratorio de Automatización Industrial, estos se conectarían a los módulos actuales de PLC S7-1200 a través de un puerto hembra de 25 pines, que formará parte de un desarrollo más completo en la realización de prácticas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diseñar e implementar una planta industrial a escala para la simulación de procesos reales.
- Diseñar e implementar un módulo de control semejante a los existentes en el laboratorio de Automatización Industrial, el cual constará de un PLC Siemens S7-1200 con su panel de botoneras e indicadores luminosos.
- Crear un banco de 10 prácticas planteadas y resueltas para el desarrollo de las mismas en las asignaturas relacionadas a Automatización Industrial.

- Fomentar el desarrollo de prácticas para una comprensión más adecuada de las materias de Automatización Industrial, Sensores y Transductores e Instrumentación.

1.4 Justificación

El presente trabajo de titulación se originó con la finalidad de aportar con una herramienta de aprendizaje que permita la simulación de procesos industriales reales a partir de plantas a escala para los alumnos de las carreras de Ingeniería Electrónica, que cursan las asignaturas de Automatización Industrial. El cual servirá para fomentar el desarrollo de proyectos para una comprensión más adecuada de las materias relacionadas al tema, con módulos y equipos que se encuentran en la práctica profesional.

Este trabajo de titulación estuvo referenciado del Banco de Tesis del año 2014, de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

Figura 2: Laboratorio de Automatización Industrial Bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil



Fuente: Los autores

1.5 Variables e Indicadores

1.5.1 Variables

- Diseño y construcción de una planta a escala con un proceso industrial del control de llenado de tanques.
- Diseño y construcción de un módulo de control.
- Vinculación del alumnado en procesos industriales mediante la planta a escala.

1.5.2 Indicadores

- Incremento en la comprensión de los estudiantes durante el desarrollo de las prácticas, debido al uso de la planta industrial.
- Aplicar los conceptos teóricos-prácticos en las asignaturas relacionadas a Instrumentación, Sensores y Transductores. Adaptando al alumnado a un ambiente laboral industrial.

1.6 Metodología a Utilizar

1.6.1 Método Bibliográfico

Se investigó información existente en bibliografía virtual, textos, documentos sobre el tema y las herramientas a emplearse.

1.6.2 Método Descriptivo

Debido a que argumenta acerca del proceso de adquisición de datos, y las técnicas de identificación empleadas para posteriormente, determinar los ajustes para el control del sistema en lazo.

1.6.3 Método Cuantitativo

Se realizará observación y análisis de datos estadísticos, junto con la aplicación de un control de procesos.

1.7 Población y Muestra

1.7.1 Población

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

Figura 3: Instalaciones Universidad Politécnica Salesiana Guayaquil



Fuente: <http://www.ups.edu.ec/sede-guayaquil>

1.7.2 Muestra

- Estudiantes de las Carreras de Ingeniería Eléctrica y Electrónica que se encuentran cursando la asignatura Automatización Industrial 1.

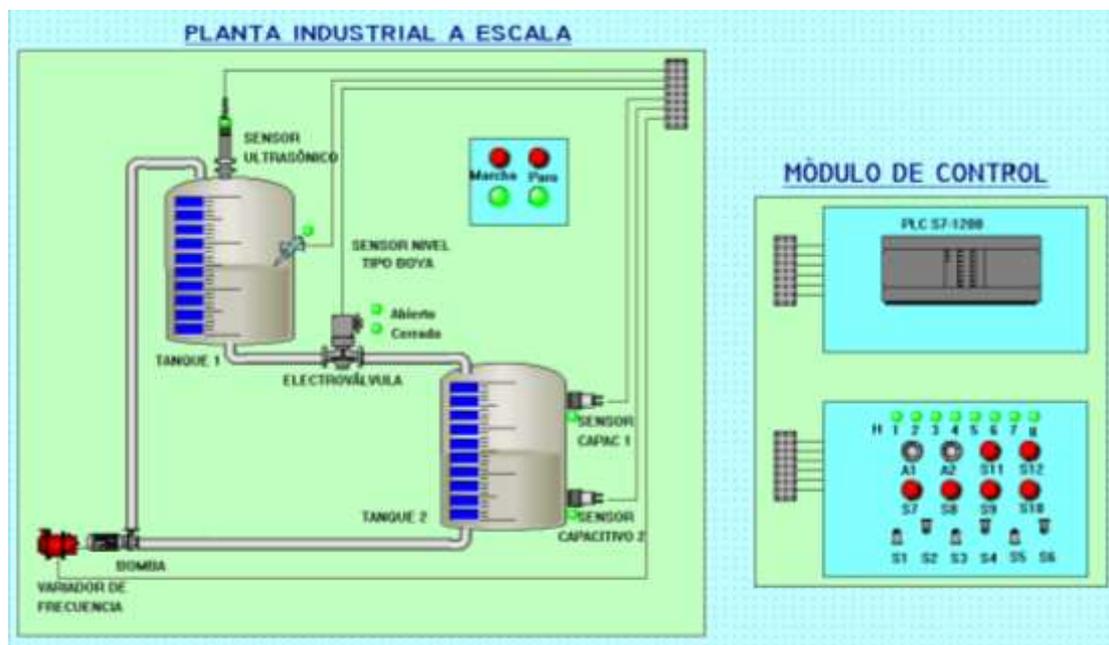
1.8 Resumen de la propuesta de intervención

El sistema a implementarse proporcionará a cada uno de los alumnos de la carrera de Ingeniería Eléctrica y Electrónica en las asignaturas de Automatización Industrial una mayor experiencia en sistemas de procesos industriales a través de una planta a escala con un control de nivel de llenado de tanques con fluido específicamente agua, el cual está controlado y regulado mediante un módulo semejante a los existentes en el laboratorio de automatización industrial.

El diseño e implementación del sistema está formado por una planta a escala y un módulo de control, la planta a escala posee dos tanques, sensor de nivel ultrasónico, sensores de nivel capacitivo, variador de frecuencia, bomba y electroválvula.

El módulo de control está compuesto por un PLC Siemens S7-1200 con su panel de botoneras e indicadores luminosos. Adicionalmente la planta a escala, el módulo de control y el panel de botoneras constará con un puerto hembra de 25 pines para el envío y la recepción de señales digitales y analógicas entre cada uno de estos equipos para realizar el debido control de los mismos.

Figura 4: Esquema de los equipos del sistema de módulos



Fuente: Los autores

Elaboración de Prácticas

Las mismas estan planteadas y resueltas en la sección anexos

Práctica N°1: Introducción a la planta industrial a escala

Se describieron cada una de las funciones y características específicas de los elementos del proceso, además los planos de interconexión eléctricos y P&ID (Piping and Instruments Diagrams) del proceso.

Práctica N°2: Autómata Programable como elemento de control de procesos

Conectividad y prueba entre el PLC S7-1200 con el dispositivo de control (PC), uso del entorno integrado del software, programación básica de las señales digitales tanto salidas y entradas del módulo de control.

Práctica N°3: Funcionalidad de sensores capacitivos para un sistema en lazo abierto

Se puso en práctica el funcionamiento de los sensores de nivel de tipo capacitivos para nivel alto y nivel bajo para uno de los tanques, a través de las entradas digitales del controlador.

Práctica N°4: Funcionalidad de sensores ultrasónicos para un sistema en lazo abierto

Se puso en práctica el funcionamiento de los sensores de nivel de tipo ultrasónico, mediante el escalamiento señales analógicas y la parametrización se los rangos de medición.

Práctica N°5: Accionamiento on/off de una electroválvula para el llenado del tanque

Se comprobó en práctica el funcionamiento de las electroválvulas como salidas digitales del controlador.

Práctica N°6: Vaciado de un tanque por medio de temporizadores

Se realizó el control de nivel a través del tiempo, por medio del sensor capacitivo temporizar el vaciado del tanque para el control de apertura y cierre de la electroválvula.

Práctica N°7: Control de una electroválvula por medio del sensor analógico mediante histéresis

Se desarrolló el control de nivel a través de una entrada analógica, por medio del sensor ultrasónico para el control de apertura y cierre de la electroválvula.

Práctica N°8: Control de nivel del tanque mediante la bomba en lazo cerrado

Se puso en práctica el funcionamiento de la bomba a través del variador de frecuencia como salida analógica del controlador.

Práctica N°9: Control PID para llenado de tanques

Se describió el funcionamiento nivel con sensor ultrasónico, sensores capacitivos y sensor tipo boya, para el llenado del tanque por medio del control de la velocidad de la bomba.

Práctica N°10: SCADA de control PID para llenado de tanques mediante LabVIEW

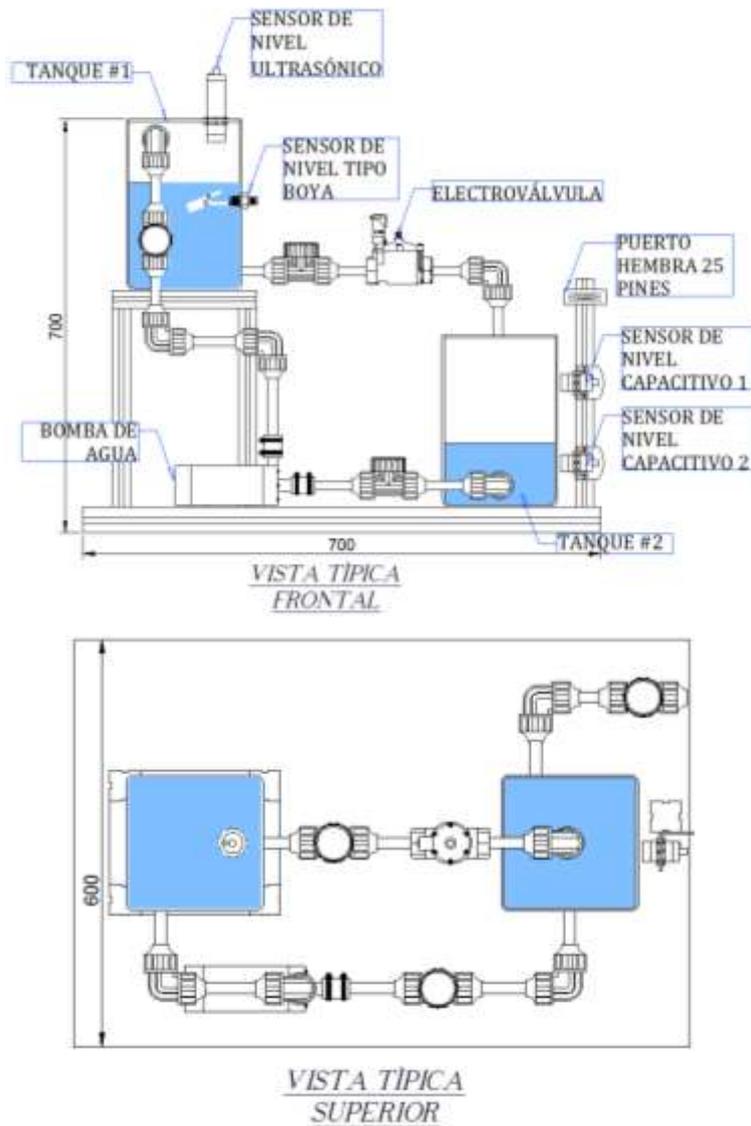
Se realizó el SCADA para el control de nivel de los tanques con sensor ultrasónico, sensores capacitivos y sensor tipo boya, para el llenado del tanque por medio del control de la velocidad de la bomba.

1.9 Descripción de la propuesta

1.9.1 Descripción de la planta

La planta industrial a escala se implementó con 2 tanques, uno que sirve de reservorio TK-101 y el tanque de control TK-102, una bomba P 101 que llevará el fluido del TK-101 al TK-102, el cual puede ser controlado mediante un variador de velocidad conectado a la bomba, el paso de fluido puede ser restringido por las diferentes válvulas manuales HV, al momento de realizar la descarga de agua del tanque TK-102 al TK-101 constará con una electroválvula SV 101 con un bypass de una válvula manual HV 105. El TK-102 es monitoreado y controlado por un sensor de nivel tipo ultrasónico además de un sensor de nivel tipo boya para referenciar su nivel bajo. El tanque TK-101 tiene dos sensores de nivel capacitivos tanto para determinar el nivel bajo como el nivel alto del depósito. La bomba es controlada por un variador de velocidad. Todo el sistema se encuentra bajo una estructura de metal para soportar todo los equipos que están montados en la misma.

Figura 5: Diseño de la Planta Industrial a Escala (medidas planteadas en mm)



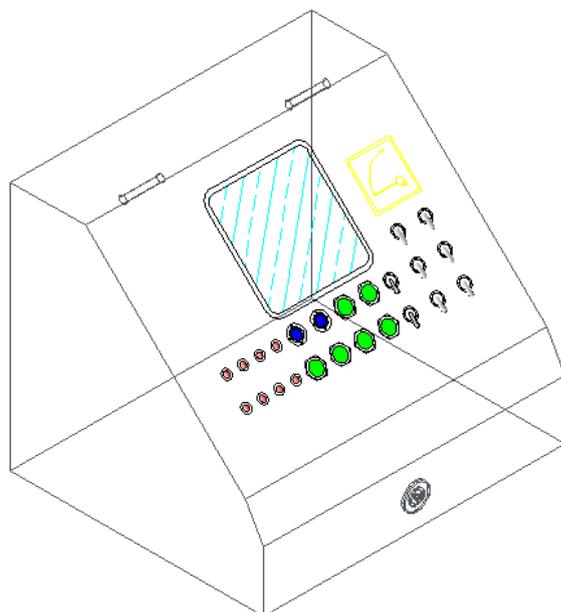
Fuente: Los autores

1.9.2 Descripción del módulo de control

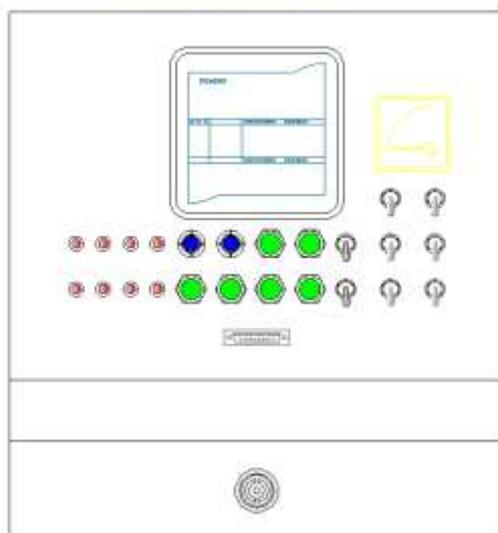
En la planta industrial a escala constaron elementos de campos, para poder realizar el control hubo un módulo de PLC semejante a los existentes en los laboratorios, está conformado por un S7-1200 de catorce entradas digitales y diez salidas digitales, además de dos entradas analógicas y una salida analógica. Tiene un puerto DB25 para el control de señales desde una tarjeta electrónica o de elementos de la planta.

Figura 6: Diseño del módulo de control (medidas planteadas en mm)

VISTA ISOMÉTRICA



VISTA FRONTAL



Fuente: Los autores

1.10 Beneficiarios de la propuesta

Los beneficiarios principales del proyecto son los estudiantes que cursan las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electrónica en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil y que requieren el uso de sistema de procesos industriales reales ya sea para realizar tareas o para distintas evaluaciones que puedan ser tomadas en el Laboratorio de Automatización Industrial de dicha institución.

1.11 Impacto

La planta industrial les brindará a los beneficiarios el conocimiento necesario para dominar los diferentes instrumentos y elementos que se encuentran en los diversos tipos de industrias, además de poner en práctica los fundamentos teóricos de control y automatización adquiridos en clases para una mejor apreciación de los conceptos.

Capítulo 2. Marco Teórico

2.1 Procesos Industriales

2.1.1 Introducción

Según (Antonio Creus Sole, 2010) en la mayoría de las plantas industriales de los diferentes campos donde se elaboran los productos de consumo masivo u obtienen algún elemento a partir de su materia prima, debido a su complejidad de elaboración y la gran cantidad de procesos continuos que estos conllevan, es definitivamente necesario un control minucioso a fin de mantener constante las magnitudes de algunas variables relacionadas directamente en los procesos, estas acciones pueden ser reguladas a través de los instrumentos de medición y control, manteniendo las condiciones idóneas que el operador no podría conservar.

Al principio de la era industrial como se destaca en (Norman A. Anderson, 1997) los procesos se desarrollaban de una manera más sencilla, en donde el operador era capaz de controlar numerados procesos manualmente, es decir a través de instrumentos de manipulación sencilla como manómetros, termómetros, válvulas manuales, etc. Sin embargo, debido al desarrollo tanto de los procesos como de los instrumentos de medición y control la industria ha exigido una automatización cada vez con mayor complejidad, sintiéndose la ausencia ascendente de operadores en las industrias ya que ahora sólo es necesario de la supervisión y el monitoreo de los procesos, el cual puede estar situado en el mismo proceso a controlar o en una estación de control remota (alejado del proceso); la implementación de la automatización en las plantas industriales ha servido de gran ayuda ya que gracias a ellos es posible elaborar productos de mayor complejidad cumpliendo estándares de calidad necesarios, lo cual evidencia las características o condiciones del producto en comparación con las que el operario se le haría imposible o muy difíciles de conseguir.

2.2 Variables de Control

2.2.1 Campo de medida

El campo de medida (range) para aglomeración o acumulación de datos medidos de la variable del instrumento, los cuales se encuentran comprendidos entre los límites superior e inferior de la capacidad de medida de transmisión o recepción del instrumento. Es representado denotando los dos valores extremos.

Ejemplo: un manómetro de intervalo de medida 0- 10 bar, un transmisor de presión electrónico de 0-25 bar con señal de salida 4-20 mA c.c. o un instrumento de temperatura de 100-300 °C. (Antonio Creus Sole, 2010)

Así mismo, existe otro término relacionado el cual es dinámica de medida o rangeabilidad (rangeability), el cual es el cociente entre el valor de medida superior e inferior de un instrumento. Por ejemplo, una válvula de control lineal que regule linealmente el caudal desde el 2% hasta el 100% de su carrera tendrá una rangeabilidad de $100/2 = 50$.

2.2.2 Histéresis

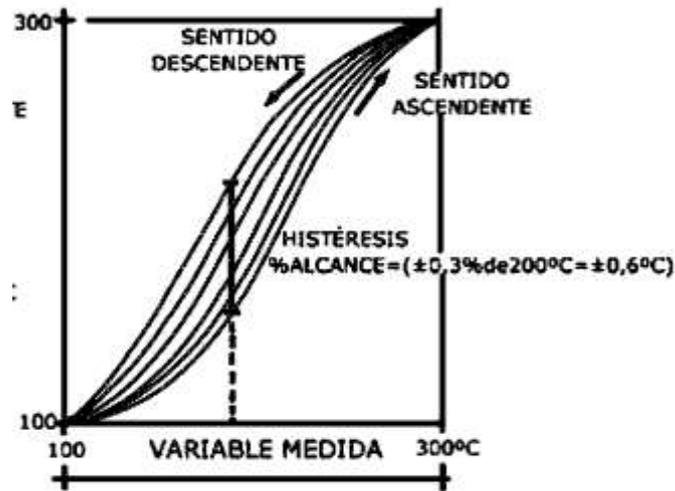
La histéresis (hystéresis) como concuerdan (Antonio Creus Sole, 2010) es el recorrido que hace la pluma del instrumento analógico o los diferentes valores que son representados en los instrumentos digitales que toman cualquier valor del campo de medida, ya sea este recorrido ascendente o descendente.

Se expresa en porcentaje el alcance de la medida. Por ejemplo: si en un termómetro de 0-100%, para el valor de la variable de 40 °C, la aguja marca 39,9 °C al subir la temperatura desde 0 °C, e indica 40,1 °C al bajar la temperatura desde 100 °C, el valor de la histéresis es de:

$$\frac{40.1 - 39.9}{100 - 0} \times 100 = \pm 0.2\%$$

La figura 7 refleja la curva de histéresis en la cual están dibujadas exageradamente para apreciar bien su forma.

Figura 7: Representación de la curva de histéresis



Fuente: (Antonio Creus Sole, 2010)

2.3 Medición de Nivel

La medición de nivel en las diferentes industrias es de suma importancia ya que gracias a este se puede obtener un funcionamiento correcto del proceso o un control adecuado de la cantidad de materia prima o de productos finales.

2.3.1 Medidores de nivel de líquidos

En la norma ISA como se explica en (Battikha, 2006) los medidores de nivel de líquidos funcionan midiendo la altura del líquido en un recipiente; ya sea: directamente, por presión hidrostática, por desplazamiento a través de un flotador que se encuentre dentro del recipiente, aprovechando características eléctricas del líquido a medir u otros medios. Los instrumentos que realizan su medición directa son: sonda, cinta y plomada, nivel de cristal, nivel de flotador, magnético, palpador servo operado y magnetoestrictivo.

Los instrumentos que miden el nivel a través de la presión hidrostática son:

- Medidor manométrico
- Medidor de tipo burbujeo
- Medidor de presión diferencial de diafragma

El medidor de desplazamiento aprovecha el empuje que realiza el líquido hacia arriba obteniendo esta variación a través de un flotador que se encuentra conectado directamente a una regla graduada.

Los instrumentos que utilizan las características eléctricas del líquido son:

- Medidor resistivo/conductivo
- Medidor capacitivo
- Medidor ultrasónico
- Medidor de radar o microondas
- Medidor de radiación
- Medidor de láser

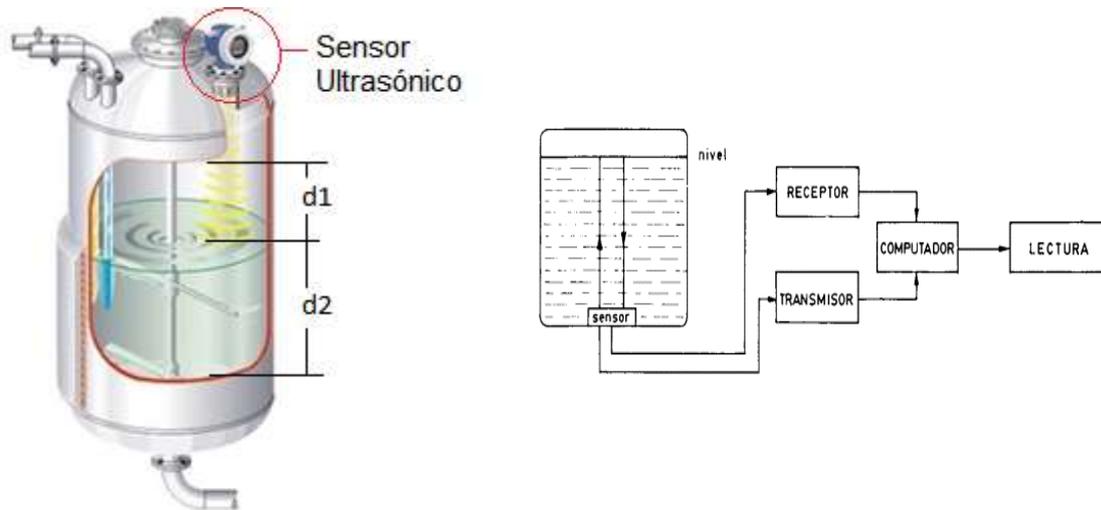
Aquellos que se basan en otros fenómenos son:

- Medidor óptico
- Vibratorio
- Detector de nivel térmico o de dispersión térmica

2.3.2 Medidor de nivel de ultrasonidos

La medición de nivel a través de ultrasonidos se ilustra en la figura 8, su funcionamiento consisten en la emisión de un impulso ultrasónico a una área reflectante y la recepción del eco del mismo en un receptor. El tiempo que tarda en receptarse el eco proporciona el nivel del tanque a medir (Antonio Creus Sole, 2010).

Figura 8: Medición de nivel a través de ultrasonidos



Fuente: (Antonio Creus Sole, 2010)

Si el sensor ultrasónico se coloca en la parte inferior del tanque, este genera un impulso eléctrico el cual es convertido a través de un transductor (cristal piezoeléctrico) a un impulso ultrasónico de breve duración, éste pasa la pared del tanque hacia el líquido (Battikha, 2006). El impulso recorre todo el líquido hasta reflejarse en la superficie y retornar al receptor del transductor, la ecuación que gobierna esta medición es:

$$h = \frac{v \times t}{2} \quad (1)$$

siendo:

h = nivel del líquido

v = velocidad del sonido en el líquido

t = tiempo de tránsito del sonido

Se destaca que la ubicación típica del sensor ultrasónico es en la parte superior del tanque.

La medición de nivel en estas condiciones puede ser afectada por varios factores:

- La velocidad del sonido en el líquido que varía con la temperatura, de tal forma que un ambiente que pase de 0 °C a 70 °C genera un error del 12% en la medida del nivel. Este error puede compensarse a través un sensor de temperatura.
- Si existe espuma sobre el líquido que absorbe el sonido.
- Las olas o movimientos generados en el líquido producido por algún batidor o vibración, este puede compensarse con un circuito amortiguador o temporizador en el instrumento.
- El material y el estado de las paredes del tanque (paredes gruesas, corrosión, etc.), la curvatura del tanque y las obstrucciones.
- Las burbujas de gas o vapor existentes y los sedimentos en el fondo.

Este método nos ayuda también a verificar si en una tubería o tanque hay o no líquido, pero el tipo de eco es diferente. Otra aplicación es la colocación de un transductor ubicado en la pared del tanque a cierto nivel y el receptor que se encuentre en la misma pared del tanque pero a una altura mayor a la del emisor para así verificar la existencia de líquido en niveles puntuales.

La frecuencia con la que trabajan los sensores son de 20kHz a 200 kHz, las ondas producidas circulan con cierto amortiguamiento o reflexión, el medio ambiente de gases o vapores, incrementando o decrementando la velocidad del sonido y se reflejan en la superficie del líquido o sólido.

Si tiene una frecuencia superior (unos 50 kHz) las ondas sonoras inciden las capas de aire a vapores del tanque con menor amortiguamiento.

El diagrama de bloques de este sistema de medida a través de ultrasonido es representado a través de la figura 8.

El emisor consta de un oscilador excitador para generar el impulso ultrasónico y el receptor poder aceptar la señal reflejada, enviando una señal analógica a un transmisor electrónico con comunicación HART.

Estos instrumentos tienen una exactitud de ± 5 mm o bien del $\pm 0.25\%$ al $\pm 1\%$, los sensores son a prueba de explosión. Cuentan con el problema de ser sensibles a la densidad de los fluidos y de proporcionar señales erróneas si hay obstáculos en el interior del tanque o si la superficie del nivel del líquido no es nítida, como es el caso de un líquido que forme espuma, ya que se generan falsos ecos de los ultrasonidos.

A través de un programa se puede compensar los factores externos que generan una señal errónea antes mencionada y así mejorar la exactitud de la medida.

2.4 Controladores Lógicos Programables PLC

Como se aprecia en (Micromecánica, 2014) el PLC es un equipo electrónico, que ejecuta diferentes tareas previamente programadas de manera cíclica. La actuación del programa podrá ser interrumpida por un tiempo para efectuar diferentes tareas consideradas primordiales, pero la característica principal es la garantía de ejecución completa del programa principal. Los controladores lógicos programables son empleados en ambientes industriales donde el control y ejecución deben realizarse en milisegundos de forma segura. Además de usarlo en procesos industriales donde se requieran recetas o secuencias.

2.4.1 Campos de aplicación del PLC

Para (Micromecánica, 2014) y (Siemens AG, 2009) Su aplicación elementalmente en aquellas industrias en donde es inevitable un proceso de maniobra, control y visualización de alarmas. Por ende, su empleo abarca desde procesos de fabricación industrial, plantas industriales, control de equipos o instalaciones, entre otras.

Sus pequeñas dimensiones, la enorme facilidad de su montaje, la propiedad de almacenar los programas para su posterior y rápida ejecución, el cambio o modificación de los mismos, su eficacia se muestra especialmente en procesos donde se necesita:

- Espacio reducido
- Procesos de producción periódicamente cambiantes
- Procesos secuenciales
- Maquinaria de procesos variables
- Instalaciones de procesos complejos y amplios
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso

Ejemplos de aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas
- Maquinaria industrial de plástico
- Máquinas transfer
- Maquinaria de embalajes
- Maniobra de instalaciones: instalación de aire acondicionado, calefacción
- Instalaciones de seguridad
- Señalización y control

2.4.2 Ventajas e Inconvenientes

De acuerdo a la experiencia de los autores y contrastando con documentación en la web como (Siemens AG, 2009) se denotan algunas ventajas y desventajas como se ve a continuación:

Ventajas

- Reducción en el tiempo dedicado a la elaboración de proyectos, debido a que no es necesario dibujar previamente el esquema de los diferentes contactos, se pueden simplificar ecuaciones lógicas, lo esencial es la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria la cual es muy amplia.
- Los materiales a utilizar queda sensiblemente reducida, ya que no será necesario tanto elementos eléctricos de control debido a la funcionalidad que ofrece el controlador, al realizar el presupuesto correspondiente eliminaremos algunos problemas que supone el contar con diferentes proveedores.
- Posibilidad de efectuar variaciones de funcionamiento de secuencia o proceso sin afectar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio del tablero donde se instala el autómata programable.
- Reducción de costo de mantenimiento. Además de acrecentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas programables pueden mostrar y detectar averías.
- Posibilidad de gobernar simultáneamente o individual varias máquinas con un mismo autómata.

- Mayor tiempo para la puesta en marcha del sistema al quedar reducido el tiempo de cableado.
- Si por determinada razón sea mecánica o por algún otro elemento externo la máquina queda fuera de servicio, el autómata programable sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

Inconvenientes

- Como desventaja podríamos mencionar, de que necesariamente debe haber un programador, lo que obliga a instruir a cierto personal calificado en el uso del software del autómata.
- La inversión inicial del sistema.

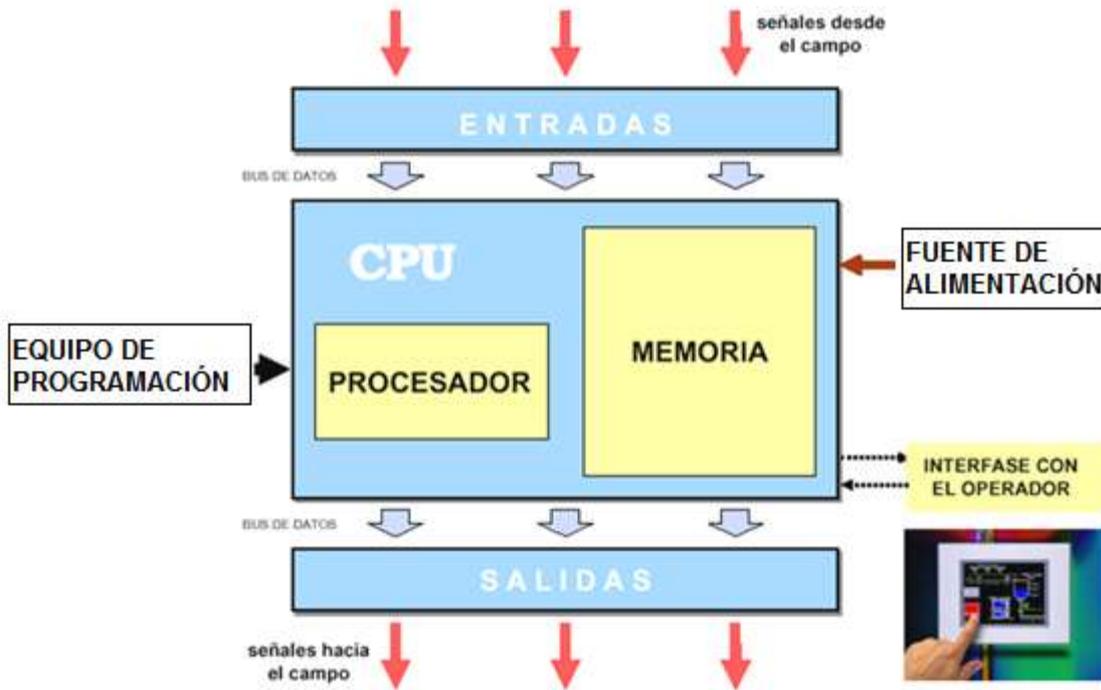
2.4.3 Estructura del PLC

La estructura básica de un PLC como se muestra en (Micromecánica, 2014) está compuesta por:

- La CPU.
- Las interfaces de entradas.
- Las interfaces de salidas.
- Módulos de comunicación

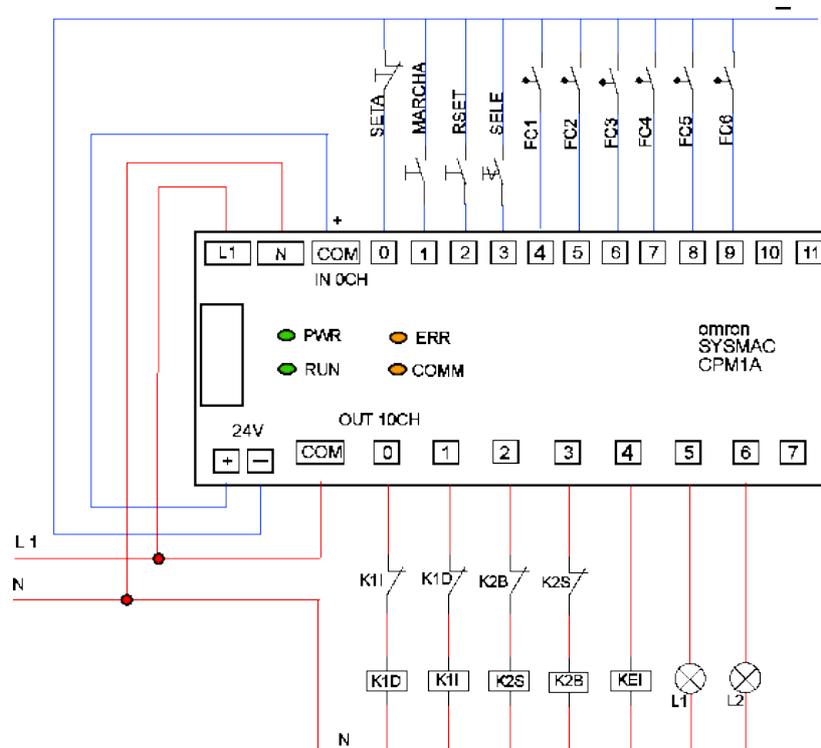
Esta estructura se puede observar en la figura siguiente:

Figura 9: Estructura de PLC



Fuente: (PLC, 2014)

Figura 10: Conexionado de PLC



Fuente: (PLC, 2014)

2.5 Variadores

2.5.1 Funcionamiento de los variadores de velocidad

Los variadores de velocidad según (Schneider Electric, Argentina, 2014) son dispositivos electrónicos que permiten variar la velocidad y la cupla de los motores asincrónicos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

Se utilizan estos equipos cuando las necesidades de la aplicación sean:

Dominio de par y la velocidad

Regulación sin golpes mecánicos

Movimientos complejos

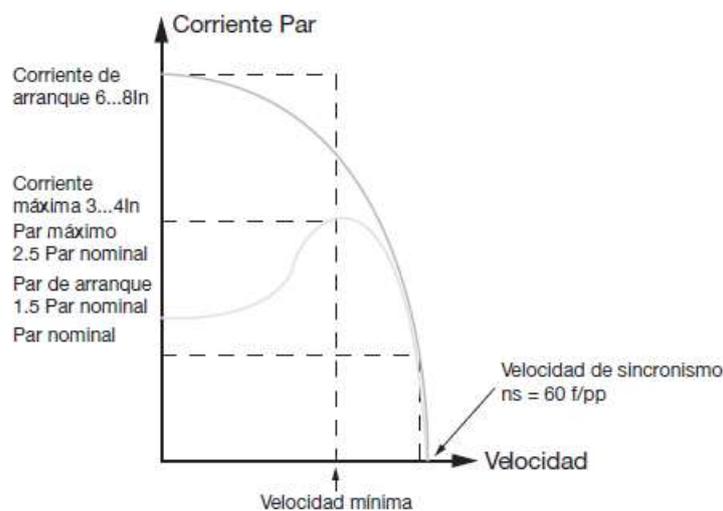
Mecánica delicada

2.5.2 Comportamiento del motor

Los variadores de velocidad están preparados para trabajar con motores trifásicos asincrónicos de rotor jaula. La tensión de alimentación del motor no podrá ser mayor que la tensión de red.

La tensión y frecuencia de placa del motor se comporta de acuerdo al gráfico siguiente:

Figura 11: Comportamiento de motor velocidad y corriente par



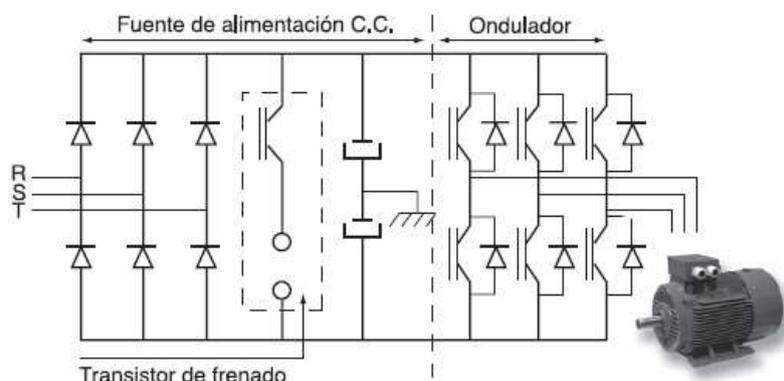
Fuente: (Schneider Electric, Argentina, 2014)

El dimensionamiento del motor debe ser tal que la cupla resistente de la carga no supere la cupla nominal del motor, y que la diferencia entre una y otra provea la cupla acelerante y desacelerante suficiente para cumplir los tiempos de arranque y parada.

2.5.3 El convertidor de frecuencia

Se denominan así a los variadores de velocidad que rectifican la tensión alterna de red (monofásica o trifásica), y por medio de seis transistores trabajando en modulación de ancho de pulso generan una corriente trifásica de frecuencia y tensión variable. Un transistor más, llamado de frenado, permite direccionar la energía que devuelve el motor (durante el frenado regenerativo) hacia una resistencia exterior. A continuación se muestra un diagrama electrónico típico: (Siemens AG, 2009) (Schneider Electric, Argentina, 2014)

Figura 12: Diagrama electrónico del variador de velocidad



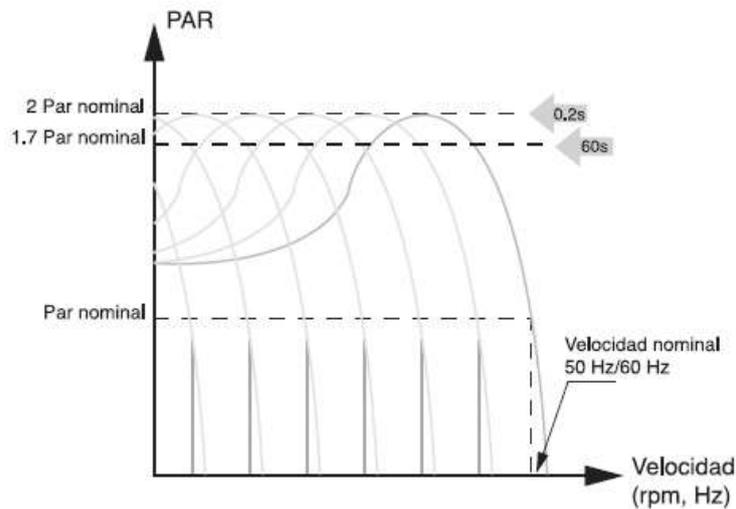
Fuente: (Schneider Electric, Argentina, 2014)

La estrategia de disparo de los transistores del ondulator es realizada por un microprocesador que, para lograr el máximo desempeño del motor dentro de todo el rango de velocidad, utiliza un algoritmo de control vectorial de flujo.

Este algoritmo por medio del conocimiento de los parámetros del motor y las variables de funcionamiento (tensión, corriente, frecuencia, etc.), realiza un control preciso del flujo magnético en el motor manteniéndolo constante independientemente de la frecuencia de trabajo. Al ser el flujo constante, el par provisto por el motor también lo será.

En el gráfico se observa que desde 1Hz hasta los 50 Hz el par nominal del motor está disponible para uso permanente, el 170% del par nominal está disponible durante 60 segundos y el 200% del par nominal está disponible durante 0,2 seg.

Figura 13: Comportamiento del diagrama electrónico



Fuente: (Schneider Electric, Argentina, 2014)

2.5.4 Selección de un variador de velocidad

Para definir el equipo más adecuado para resolver una aplicación de variación de velocidad, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

Tipo de carga: Par constante, par variable, potencia constante, cargas por impulsos.

Tipo de motor: De inducción rotor jaula de ardilla o bobinado, corriente y potencia nominal, factor de servicio, rango de voltaje.

Rangos de funcionamiento: Velocidades máximas y mínimas. Verificar necesidad de ventilación forzada del motor.

Par en el arranque: Verificar que no supere los permitidos por el variador. Si supera el 170% del par nominal es conveniente sobredimensionar al variador.

Frenado regenerativo: Cargas de gran inercia, ciclos rápidos y movimientos verticales requieren de resistencia de frenado exterior.

Condiciones ambientales: Temperatura ambiente, humedad, altura, tipo de gabinete y ventilación.

Aplicación multimotor: Prever protección térmica individual para cada motor. La suma de las potencias de todos los motores será la nominal del variador.

Consideraciones de la red: Microinterrupciones, fluctuaciones de tensión, armónicas, factor de potencia, corriente de línea disponible, transformadores de aislación.

Consideraciones de la aplicación: Protección del motor por sobre temperatura y/o sobrecarga, bypass, rearranque automático, control automático de la velocidad.

Aplicaciones especiales: Compatibilidad electromagnética, ruido audible del motor, bombeo, ventiladores y sopladores, izaje, motores en paralelo, etc.

Como lo menciona (Schneider Electric, Argentina, 2014)

2.6 Sistemas de Control

2.6.1 Introducción a los sistemas de control

Según (Katsuhiko Ogata, 2010) los sistemas de control automático han ocupado un papel fundamental en el avance de la ingeniería y la ciencia. El control automático se ha convertido en una parte importante e integral en los sistemas de vehículos espaciales, en los procesos modernos de fabricación y en cualquier operación industrial que requiera el control de temperatura, presión, humedad, flujo, etc.

En los años cuarenta y cincuenta muchos sistemas de control industrial utilizaban controladores PID para el control de la presión, de la temperatura, etc. A comienzos de la década de los cuarenta Ziegler y Nichols establecieron reglas para sintonizar controladores PID, las denominadas reglas de sintonía de Ziegler-Nichols.

2.6.2 Definiciones de los sistemas de control

Como se describe en (José Acedo Sánchez, 2003) se distinguen los sistemas de control, deben definirse ciertos términos básicos.

2.6.2.1 Variable controlada y señal de control o variable manipulada

La variable controlada es la cantidad o condición que se mide y controla. La señal de control o variable manipulada es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada.

Por lo general, la variable controlada es la salida del sistema. Controlar significa medir el valor de la variable controlada del sistema y aplicar la variable manipulada al sistema para corregir o limitar la desviación del valor medido respecto del valor deseado.

2.6.2.2 Plantas

Una planta puede ser una zona de un sistema o equipo, tal vez un grupo de los elementos de una máquina que funcionan juntos, y cuyo objetivo es efectuar una operación particular.

2.6.2.3 Procesos

Es un crecimiento natural progresivamente continuo, marcado por una serie de cambios graduales que se suceden unos a otros de una forma relativamente fija y que conducen a un resultado o una operación artificial o voluntaria que se hace de forma progresiva y que consta de una serie de acciones o movimientos controlados, sistemáticamente dirigidos hacia un resultado. Algunos ejemplos son los procesos químicos, económicos y biológicos.

2.6.2.4 Sistemas

Un sistema es una combinación de componentes que actúan de forma conjunta y realizan un objetivo determinado. Un sistema no está necesariamente limitado a los sistemas físicos. Por tanto, la palabra sistema debe interpretarse en un sentido amplio que comprenda sistemas físicos, biológicos, económicos y similares.

2.6.2.5 Perturbaciones

Una perturbación es una señal que tiende a afectar negativamente el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se denomina interna, mientras que una perturbación externa se genera fuera del sistema ya es una entrada.

2.6.2.6 Control realimentado

Es una operación que, en presencia de perturbaciones, tiende a reducir la diferencia entre la salida del sistema y alguna entrada de consigna, y lo ejecuta tomando en cuenta esta diferencia. Aquí sólo se especifican con este término las perturbaciones impredecibles, ya que las perturbaciones predecibles o conocidas siempre pueden compensarse dentro del sistema.

2.6.3 Sistemas de control en lazo cerrado

De acuerdo a (Hector Garcini L, 2011) los sistemas de control realimentados se conocen como sistemas de control en lazo cerrado. En la práctica, los términos control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación, con el objetivo de disminuir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema.

2.6.4 Sistemas de control en lazo abierto

Para (Hector Garcini L, 2011) los sistemas en los cuales la salida no tiene efecto sobre la variable de control se denominan sistemas de control en lazo abierto. En otras palabras, en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada. Un caso práctico es una lavadora. El remojo, el lavado y el centrifugado en la lavadora operan con un principio de tiempo. La máquina no mide la señal de salida, que es la limpieza de la ropa. En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Así, a cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fija; como resultado de ello, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada de corrección hacia la salida que se desea. En la práctica, el control en lazo abierto sólo se usa si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas. Es evidente que estos sistemas no son de control realimentado.

2.6.5 Reglas de Ziegler-Nichols para la sintonía de controladores PID.

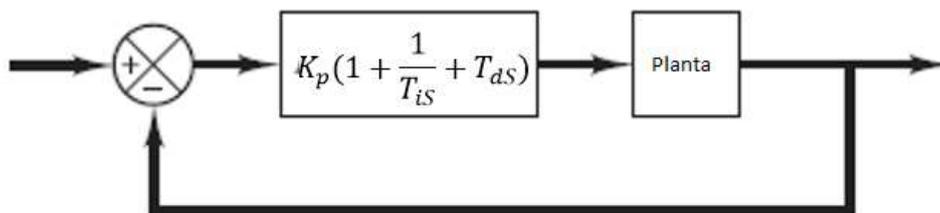
En el contenido mostrado en el capítulo de control PID de (Katsuhiko Ogata, 2010) se describe el PID y su sintonización mediante técnicas empíricas como se presenta a continuación:

2.6.5.1 Control PID de plantas

En la Figura 14 se muestra un control PID de una planta. Si se puede obtener un modelo matemático de la planta, es posible aplicar diversas técnicas de diseño con el fin de determinar los parámetros del controlador que cumpla las especificaciones del transitorio y del estado estacionario del sistema en lazo cerrado. Sin embargo, si la planta es tan complicada que no es fácil obtener su modelo matemático, tampoco es posible un método analítico para el diseño de un controlador PID. En este caso, se debe recurrir a procedimientos experimentales para la sintonía de los controladores PID.

El proceso de seleccionar los parámetros del controlador que cumplan con las especificaciones de comportamiento dadas se conoce como sintonía del controlador. Ziegler y Nichols sugirieron reglas para sintonizar los controladores PID (esto significa dar valores a K_p , T_i y T_d) basándose en las respuestas escalón experimentales o en el valor de K_p que produce estabilidad marginal cuando sólo se usa la acción de control proporcional. Las reglas de Ziegler-Nichols, que se presentan a continuación, son muy convenientes cuando no se conocen los modelos matemáticos de las plantas. (Por supuesto, estas reglas se pueden aplicar al diseño de sistemas con modelos matemáticos conocidos.) Tales reglas sugieren un conjunto de valores de K_p , T_i y T_d que darán una operación estable del sistema.

Figura 14: Control PID de una planta



Fuente: (Katsuhiko Ogata, 2010)

No obstante, el sistema resultante puede presentar una gran variación en su respuesta escalón de forma que no resulte adecuada. De hecho, las reglas de sintonía de Ziegler-Nichols dan una estimación razonable de los parámetros del controlador y proporcionan un punto de partida para una sintonía fina, en lugar de dar los parámetros K_p , T_i y T_d en un único intento.

2.6.5.2 Reglas de Ziegler-Nichols para sintonizar controladores PID

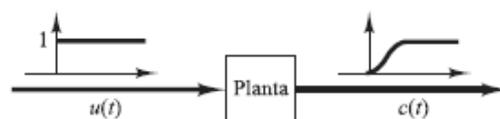
Ziegler y Nichols propusieron dos métodos para obtener los valores de la ganancia proporcional K_p , del tiempo integral T_i y del tiempo derivativo T_d , basándose en las características de respuesta transitoria de una planta dada. Tal determinación de los parámetros de los controladores PID o sintonía de controladores PID la pueden realizar mediante experimentos o prueba y error sobre la planta.

2.6.5.3 Primer método

En el primer método, la respuesta de la planta a una entrada escalón unitario se obtiene de manera experimental, tal como se muestra en la Figura 15. Si la planta no contiene integradores ni polos dominantes complejos conjugados, la curva de respuesta escalón unitario puede tener forma de S, como se observa en la Figura 16. Este método se puede aplicar si la respuesta muestra una curva con forma de S. Tales curvas de respuesta escalón se pueden generar experimentalmente o a partir de una simulación dinámica de la planta.

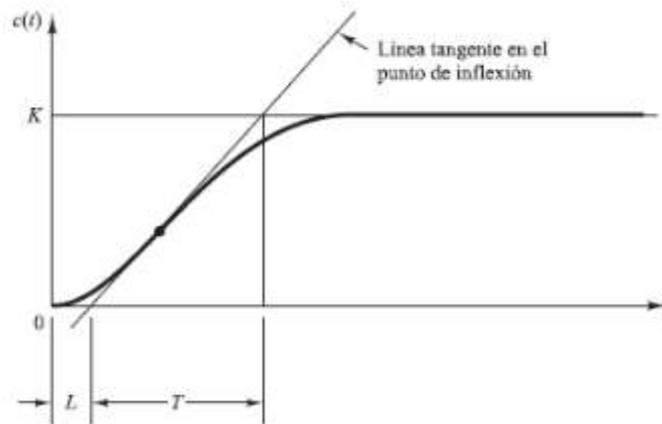
La curva con forma de S se caracteriza por dos parámetros: el tiempo de retraso L y la constante de tiempo T . El tiempo de retraso y la constante de tiempo se determinan dibujando una recta tangente en el punto de inflexión de la curva con forma de S y determinando las intersecciones de esta tangente con el eje del tiempo y con la línea $c(t)$, tal como se muestra en la figura

Figura 15: Respuesta a un escalón unitario de una planta



Fuente: (Katsuhiko Ogata, 2010)

Figura 16: Curva de respuesta en forma de S



Fuente: (Katsuhiko Ogata, 2010)

Tabla 1: Regla de sintonía de Ziegler-Nichols basada en la respuesta escalón de la planta (primer método).

Tipo de controlador	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

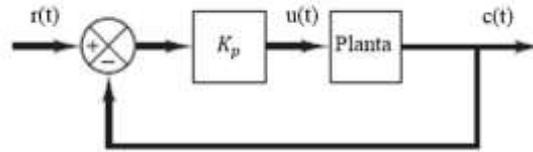
Fuente: (Katsuhiko Ogata, 2010)

2.6.5.4 Segundo método

En el segundo método, primero se fija $T_i = \infty$ y $T_d = 0$. Empleando sólo la acción de control proporcional como se muestra en la figura 17, se incrementa K_p desde 0 hasta un valor crítico K_{cr} , en donde la salida presente oscilaciones sostenidas. (Si la salida no presenta oscilaciones sostenidas para cualquier valor que pueda tomar K_p , entonces este método no se puede aplicar).

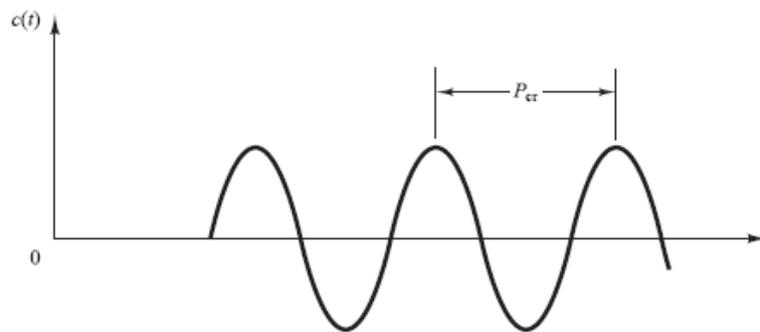
Entonces, la ganancia crítica K_{cr} y el período P_{cr} correspondiente se determinan experimentalmente como en la figura 18, Ziegler-Nichols sugirieron que se fijen los valores de los parámetros K_p , T_i y T_d de acuerdo con la fórmula que se muestra en la Tabla 2.

Figura 17: Sistemas en lazo cerrado con un controlador proporcional



Fuente: (Katsuhiko Ogata, 2010)

Figura 18: Oscilación sostenida con periodo P_{cr} (P_{cr} se mide en seg)



Fuente: (Katsuhiko Ogata, 2010)

Tabla 2: Regla de sintonía de Ziegler-Nichols basada en la ganancia crítica K_{cr} y periodo crítico P_{cr} (segundo método).

Tipo de controlador	K_p	T_i	T_d
P	$0.5K_{cr}$	∞	0
PI	$0.45K_{cr}$	$\frac{1}{1.2} P_{cr}$	0
PID	$0.6K_{cr}$	$0.5P_{cr}$	$0.125P_{cr}$

Fuente: (Katsuhiko Ogata, 2010)

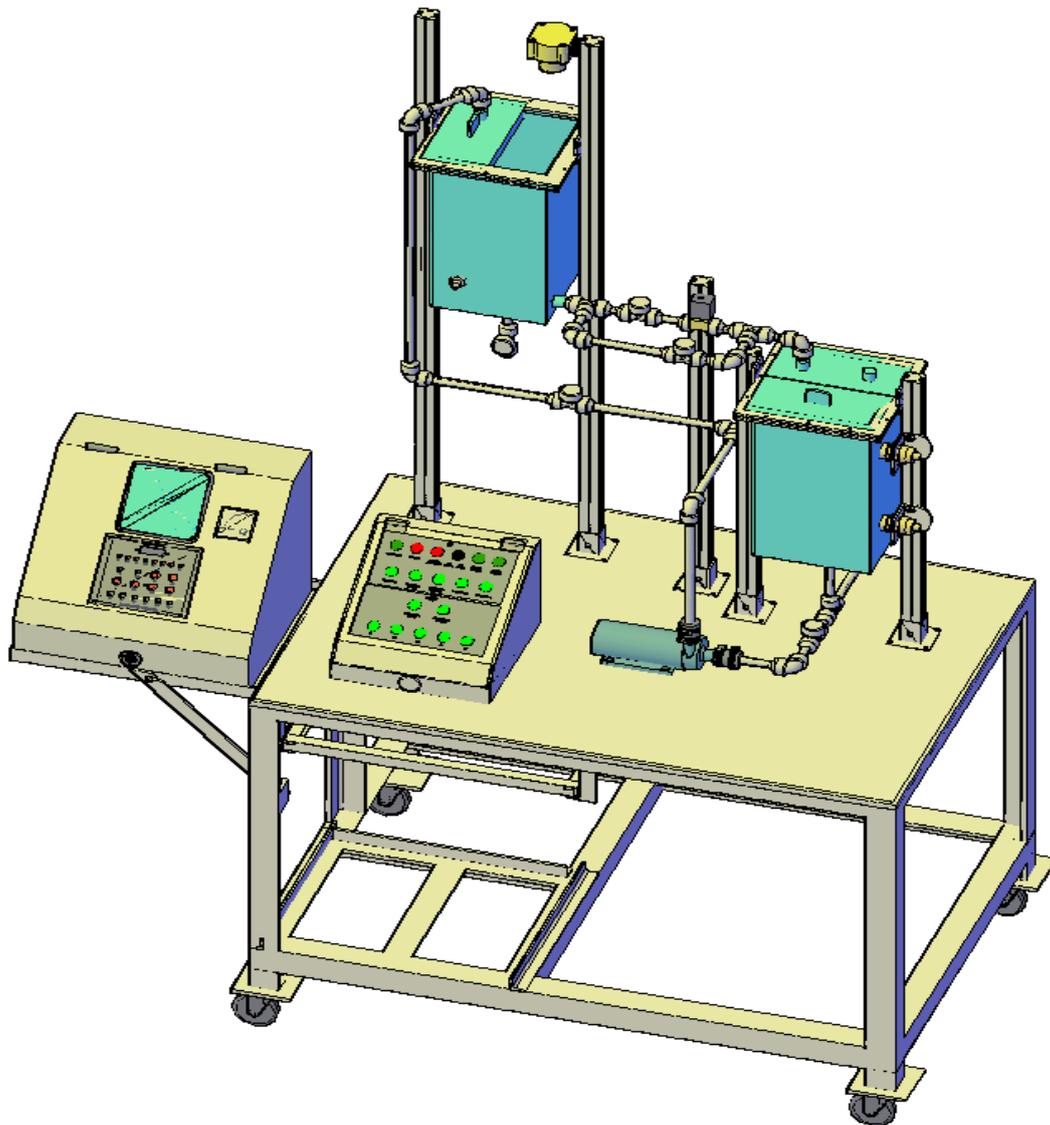
Capítulo 3. Diseño e Implementación del Proyecto

En este capítulo se explica con detalles las actividades realizadas para la implementación de este proyecto.

3.1 Funcionalidad del proyecto

Este proyecto fue propuesto con la finalidad de fortalecer las prácticas impartidas en el laboratorio de automatización industrial, ya que los estudiantes podrán manipular variables reales del campo industrial a través del funcionamiento de sus instrumentos.

Figura 19: Diseño del proyecto implementado



Fuente: Los autores

Tal como muestra la figura 19, el sistema se encuentra conformado por tres elementos importantes:

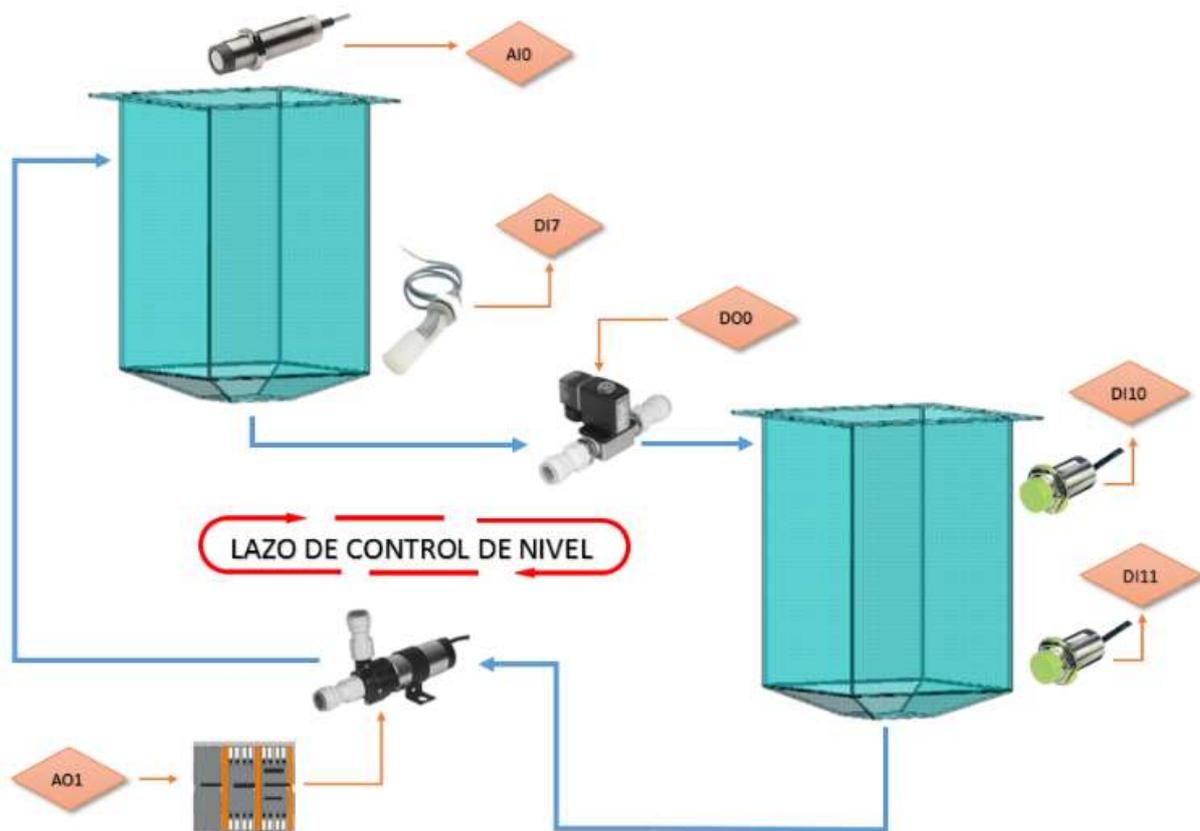
1. Tablero de Control Principal
2. Tablero de Planta Industrial
3. Planta Industrial

A continuación se desarrollan los diferentes diagramas del proceso de control del proyecto

3.1.1 Diagrama de flujo del proceso

El sistema se comporta conforme se muestra en la figura 20, en ella se recalca el sentido de flujo del líquido utilizado (agua) y en el mismo se representa cada uno de los elementos de control con su respectiva dirección hacia el controlador.

Figura 20: Flujograma de la planta industrial

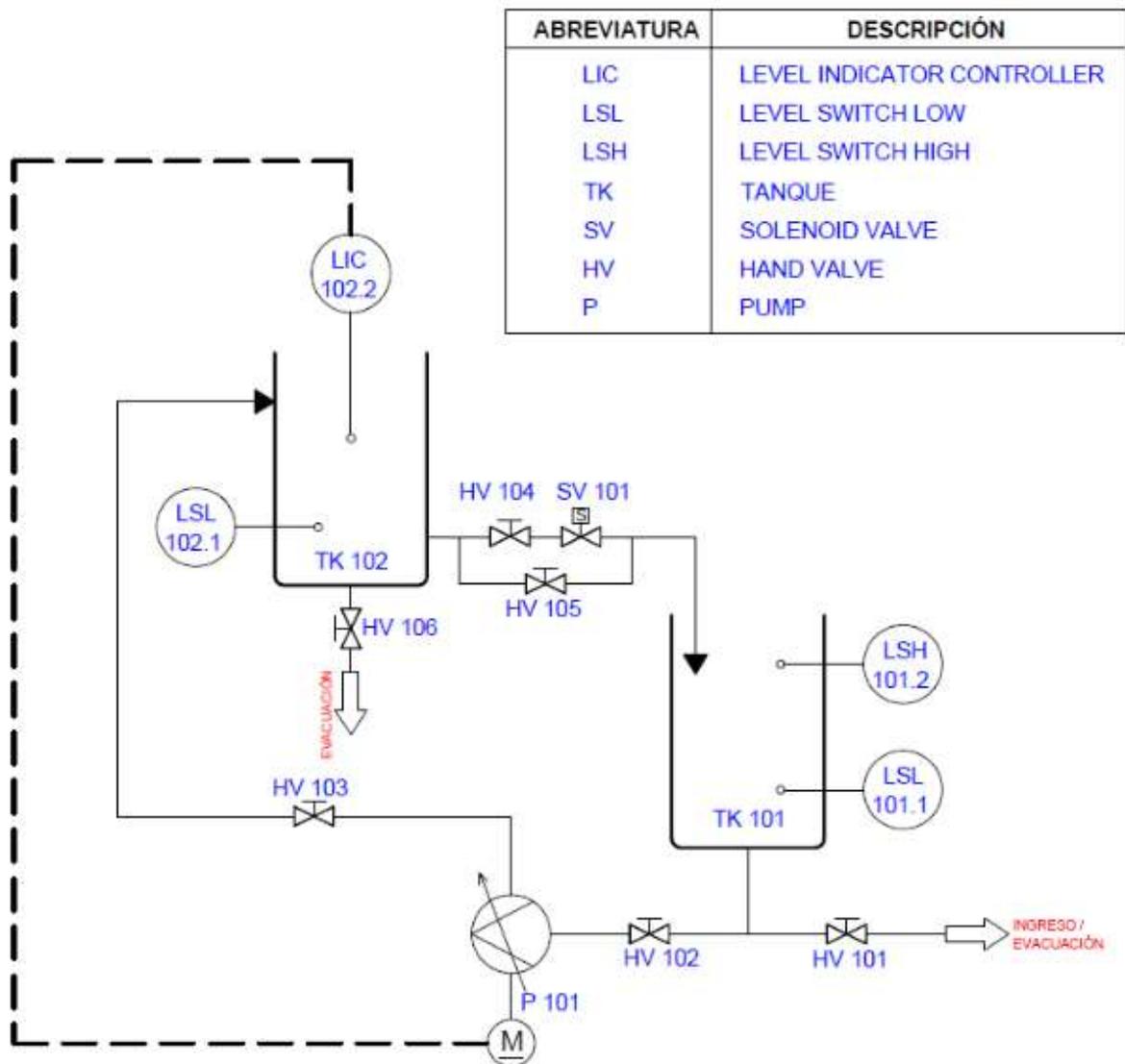


Fuente: Los autores

3.1.2 P&ID del proceso

En la Figura 21 se ilustra el “Piping and Instrumentations Diagram / Drawings”, es decir el diagrama a través del cual se denotan cada uno de los elementos tanto mecánicos como eléctricos que intervienen en el proceso de control, esta simbología es estandarizada según la norma ISA.

Figura 21: P&ID de la planta industrial



Fuente: Los autores

3.1.3 Bloques de control del proceso

En el proceso se puede apreciar el lazo de control gobernante, en este el PLC es el encargado de recibir la información del nivel deseado (set point), medir el valor real a través del sensor (ultrasónico de nivel) y poder realizar una corrección mediante sus actuadores (bomba); generando la estabilidad del sistema con un control PID en el punto deseado, tal como se representa en la figura 22.

Figura 22: Diagrama de bloque de control de la planta industrial



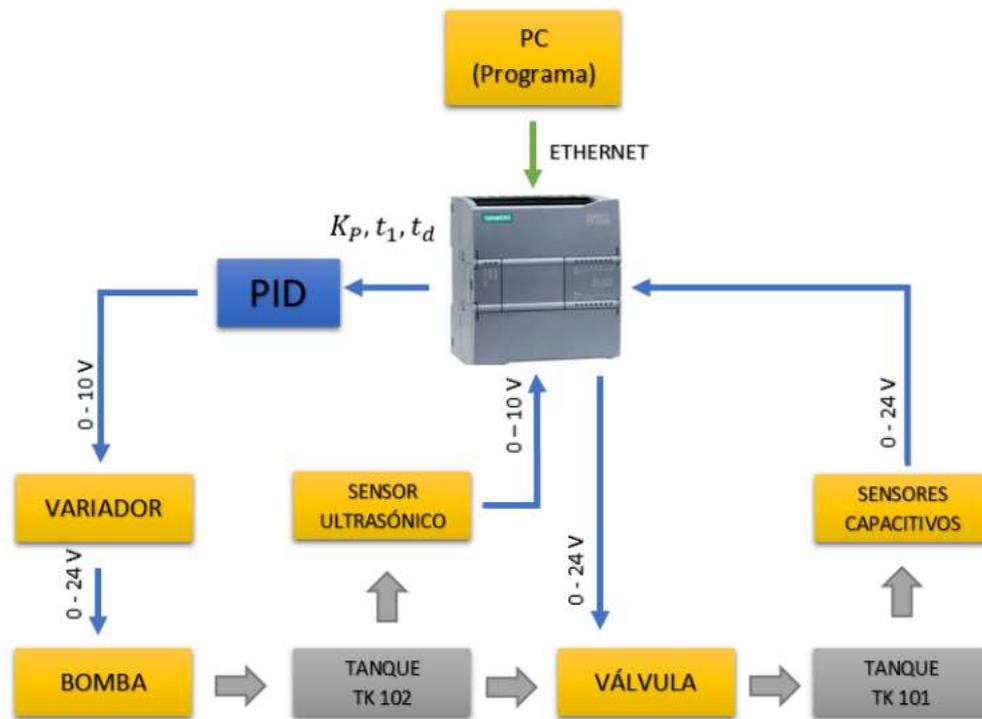
Fuente: Los autores

3.1.4 Planteamiento de solución al proceso

La solución para la estabilización requerida según el bloque de control del proyecto antes descrito, es la utilización de un controlador al cual se le programaron sus puertos a través de una pc por medio de comunicación Ethernet, en sus puertos se conectaron las entradas tanto digitales como analógicas que son los sensores; el controlador es capaz de procesar esta información y de acuerdo a los requerimientos del proceso realiza las correcciones necesarias y activa sus salidas digitales o analógicas que serían sus actuadores como válvula y bomba.

El método de control utilizado para estabilizar el lazo de control se denomina “PID de Ziegler-Nichols”, éste analiza directamente la salida del sistema a través de variables propias del método, se comparan estos valores y se ejecutan las acciones necesarias en el mismo.

Figura 23: Planteamiento de solución de la planta industrial



Fuente: Los autores

3.2 Desarrollo del tablero de control principal

3.2.1 Materiales tablero de control

Los materiales utilizados para la implementación de este tablero son los ilustrados en la figura 24.

Figura 24: Materiales Tablero de Control Principal

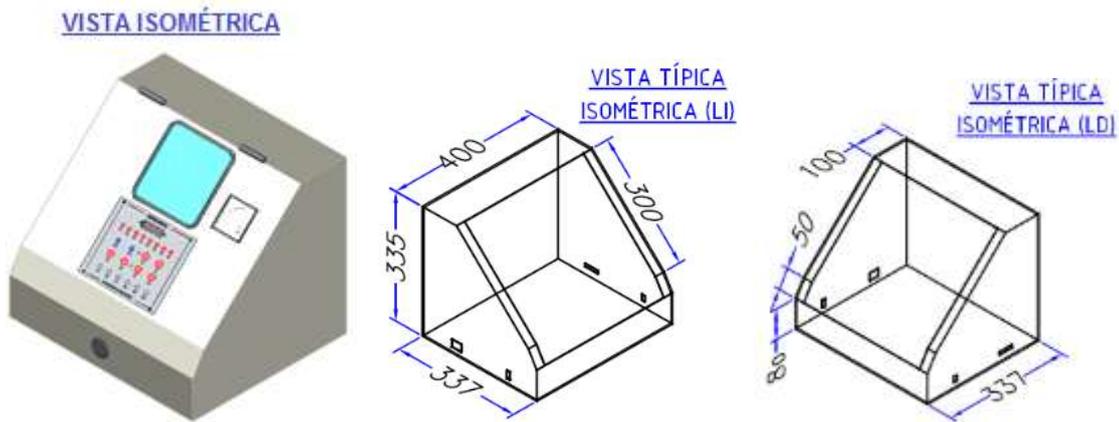


Fuente: Los autores

3.2.2 Diseño del tablero de control

Para el desarrollo del tablero lo principal fue obtener la estructura, es por ello que se generaron los planos con el diseño y medidas del mismo, fue diseñado lo más compacto posible para que así los alumnos puedan utilizar el tablero sin ningún inconveniente.

Figura 25: Diseño del tablero de control principal



Fuente: Los autores

Una vez culminados los planos, con ayuda de compañeros de trabajo se procedió a fabricar el tablero con las medidas ya estipuladas, para así poder implementar la estructura deseada, según la figura 26.

Figura 26: Estructura del tablero de control principal



Fuente: Los autores

Luego de haberse obtenido el tablero con el diseño estipulado, se realizaron las perforaciones al interior del tablero y plafón, para así poder colocar los riel din.

Figura 27: Ejecución de perforaciones al tablero de control



Fuente: Los autores

Una vez realizada las perforaciones al tablero se agregaron los elementos de control a los riel din, tales como: breakers, fuente de voltaje dc, borneras, etc. Según la distribución realizada en el diseño del tablero.

Figura 28: Colocación de elementos de control en el tablero



Fuente: Los autores

3.2.3 Conexión de los elementos de control

Después de la colocación de los elementos de control se realizó el conexionado de los mismos, además del peinado de los cables, dejando la prolongación de cable necesaria; tal como se muestra en la figura 29.

Figura 29: Conexión entre elementos de control



Fuente: Los autores

Por consiguiente se colocó momentáneamente el plafón en la parte interior del tablero, hasta la colocación del PLC, según la figura 30.

Figura 30: Colocación del plafón al interior del tablero



Fuente: Los autores

Se procedió a colocar el PLC en el interior del tablero, para así conectarse cada uno de los cables en las borneras del PLC y al mismo tiempo conectar los cables hacia el puerto DB25

Figura 31: Conexión de cables en borneras de PLC y DB25



Fuente: Los autores

Luego se procedió a colocarle marquillas a cada uno de los cables y así poder tener un buen seguimiento de los mismos, de acuerdo a los planos eléctricos generados.

Figura 32: Marquillas de cables



Fuente: Los autores

A continuación se le tuvieron que realizar unas perforaciones a la tapa del tablero de control, para insertarle el voltímetro analógico, el cual proporciona la medición de las entradas y salidas analógicas del PLC.

Figura 33: Colocación de voltímetro analógico en tapa de tablero



Fuente: Los autores

3.2.4 Implementación de tarjeta electrónica de control

Se necesitaba la conexión del PLC con la placa electrónica de botoneras y leds, es por ello que se solicitó a la universidad la facilidad de una tarjeta impresa, ya que ellos contaban con algunas de stock. Su ayuda fue brindada y se colocaron los elementos electrónicos que debían ser soldados.

Figura 34: Elementos soldados en la tarjeta impresa



Fuente: Los autores

Una vez soldados los elementos en la tarjeta, se procedió a montarla en la parte de abajo de la tapa del tablero y por consiguiente se colocó la placa metálica en la parte superior de la misma, en esta placa se encuentran los nombres de cada una de los puertos del PLC, tanto entradas como salidas.

Figura 35: Colocación de tarjeta impresa y placa metálica, en tapa de tablero



Fuente: Los autores

3.2.5 Alimentación tablero de control principal

Una vez finalizado los pasos anteriores se realizaron las pruebas debidas con el multímetro y al no ocurrir error alguno se procedió a: energizar el tablero de control, conectar el controlador PLC a la computadora a través de un cable Ethernet, cargarle un programa y verificar cada una de las entradas y salidas, manipulando botoneras en la tarjeta impresa la cual se encontraba conectada al PLC vía conector DB25.

Figura 36: Energización del Tablero de control



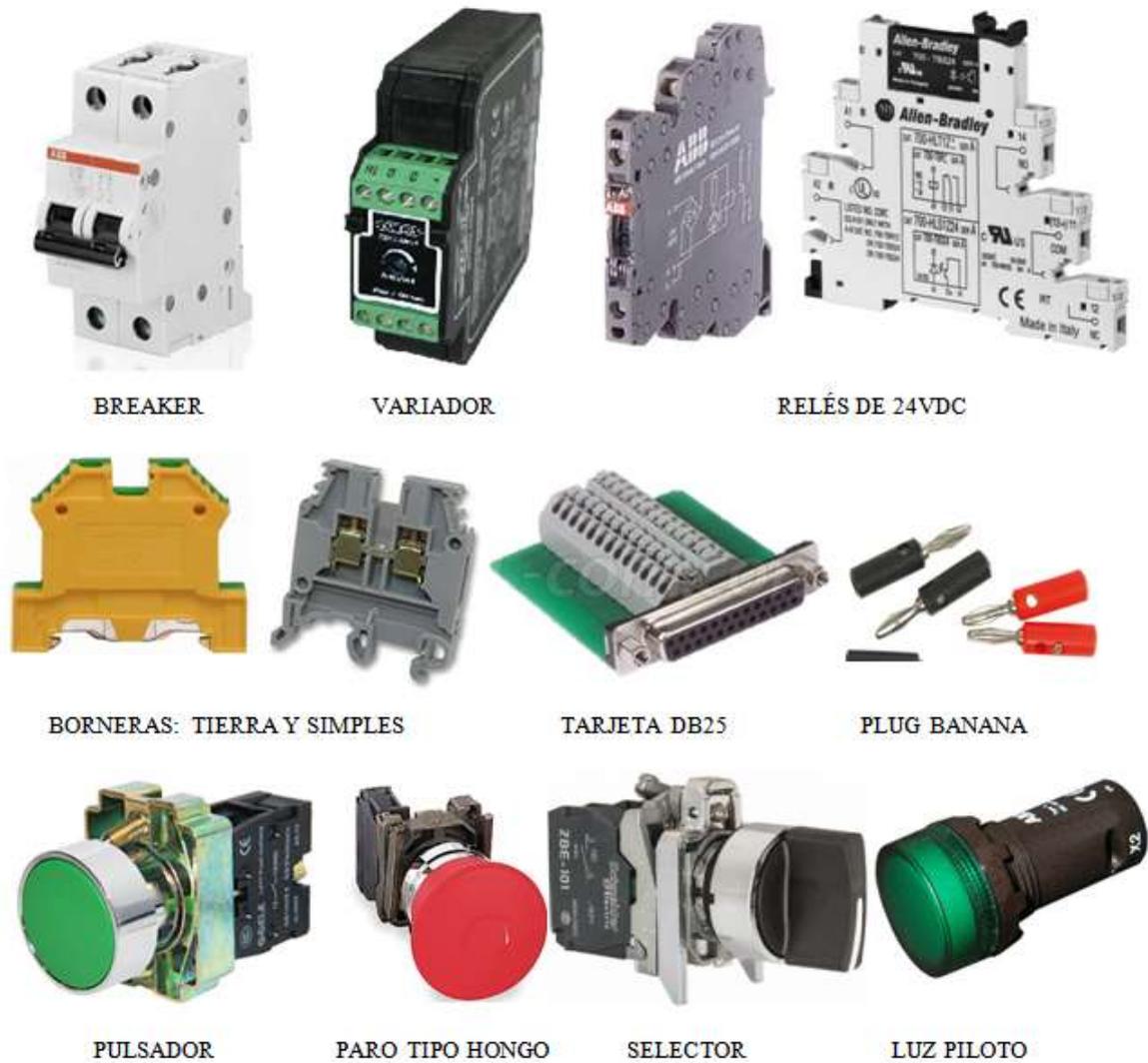
Fuente: Los autores

3.3 Desarrollo del tablero de la planta industrial

3.3.1 Materiales del tablero de la planta industrial

Los materiales utilizados para la implementación de este tablero son los ilustrados en la figura 37.

Figura 37: Materiales Tablero Planta Industrial

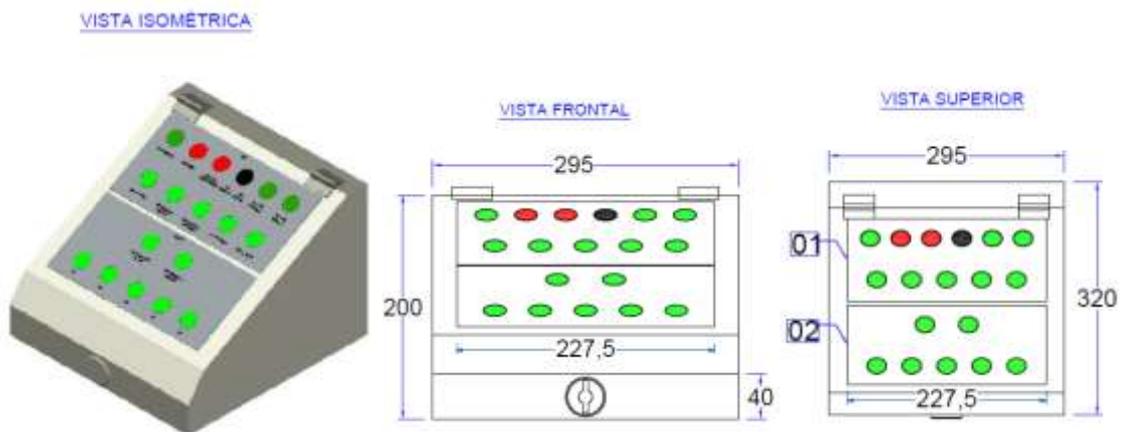


Fuente: Los autores

3.3.2 Diseño del tablero de la planta industrial

Lo principal para el desarrollo del tablero de la planta industrial fue el diseño de éste, al igual que el tablero de control se generaron los planos con las medidas necesarias y los puertos que debía poseer.

Figura 38: Diseño del tablero de planta industrial



Fuente: Los autores

Una vez culminados los planos, con ayuda de compañeros laborales se procedió a fabricar el tablero con las medidas ya estipuladas, y de esa forma poder implementar la estructura deseada, según la figura 39

Figura 39: Estructura del tablero de planta industrial



Fuente: Los autores

Una vez finalizada la estructura del tablero se realizaron las perforaciones al interior del tablero y plafón, para así poder colocar los rieles din

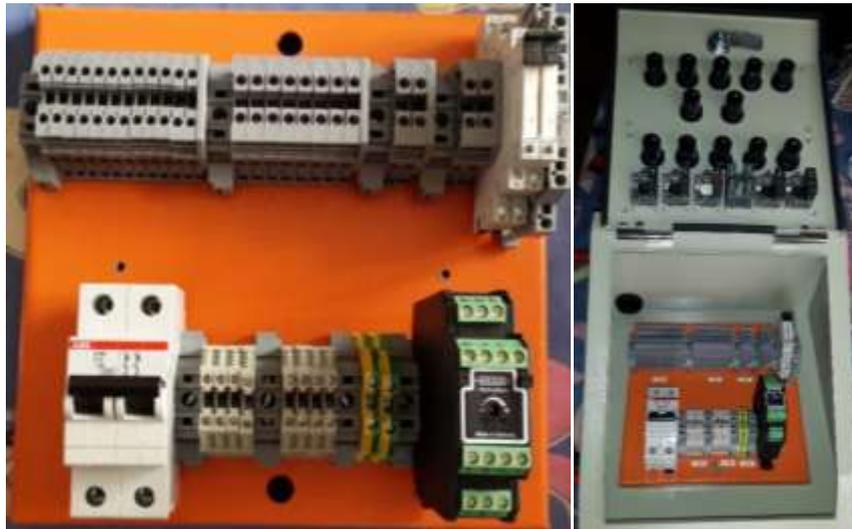
Figura 40: Ejecución de perforaciones al tablero de planta industrial



Fuente: Los autores

Ya realizadas las perforaciones al tablero se agregaron los elementos de control a los riel din, tales como: breakers, relés, variador, borneras, etc. Al mismo tiempo se colocaron las luces pilotos, pulsadores, paro de emergencia y selector en la tapa del tablero, según la distribución realizada en el diseño del mismo la cual es representada en la figura 41.

Figura 41: Colocación de elementos de control en el tablero de la planta industrial



Fuente: Los autores

3.3.3 Conexión de los elementos de control

Después de haber finalizado la colocación de los elementos en el tablero se procedió a realizar las interconexiones entre cada uno de éstos, tal como se muestra en la figura 42.

Figura 42: Conexión entre elementos tablero de planta industrial



Fuente: Los autores

Simultáneamente al conectar cada uno de los elementos del tablero de la planta industrial se procedió a colocar las marquillas de cada uno de los cables, para así poder tener un buen seguimiento de los mismos de acuerdo a los planos eléctricos generados.

Figura 43: Marquillas de cables del tablero de planta industrial



Fuente: Los autores

En la figura 44 se muestra una vista interna del tablero de la planta industrial finalizado.

Figura 44: Vista interna del tablero de planta industrial



Fuente: Los autores

3.3.4 Prueba del tablero de planta industrial

Una vez finalizado el tablero de la planta industrial se procedió a conectar con el tablero de control a través del cable DB25 y así mediante éste, poder verificar cada una de las señales receptadas en el PLC y las salidas en las luces pilotos del tablero de la planta industrial, una vez cerrado el breaker del tablero.

Figura 45: Energización del tablero planta industrial



Fuente: Los autores

3.4 Desarrollo Planta Industrial

3.4.1 Materiales planta industrial

Los materiales utilizados para la implementación de este tablero son los ilustrados en la figura 46.

Figura 46: Materiales de la planta industrial

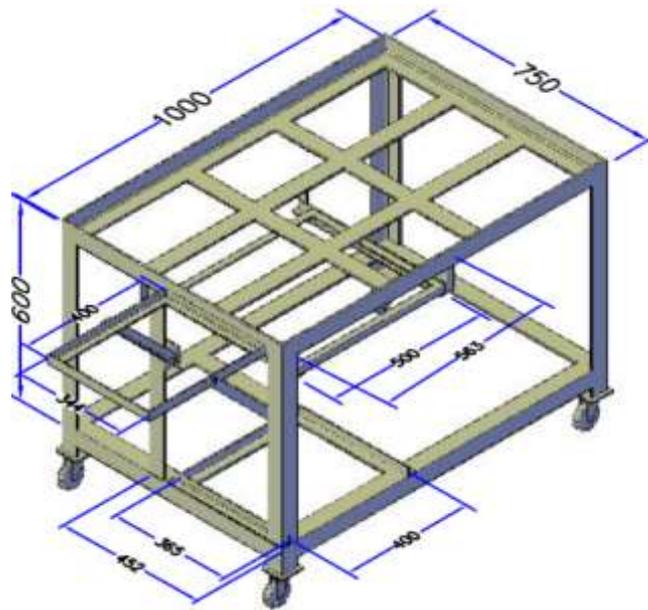


Fuente: Los autores

3.4.2 Diseño de la estructura de soporte planta industrial

Siguiendo los mismos procedimientos para el desarrollo de esta planta lo principal era diseñar una estructura estable para el soporte de los elementos, es por ello que se generaron los planos con las medidas necesarias de la estructura, ilustradas en la figura 47.

Figura 47: Materiales de soporte de la planta industrial



Fuente: Los autores

Para poder implementar la estructura de la planta industrial se realizó un listado de materiales necesarios que cumplan con los requerimientos técnicos para que sea estable, compacta y segura. Una vez listo el material se procedió a implementar dicho diseño. Tal como muestra la figura 48.

Figura 48: Soldadura de estructura de la planta industrial



Fuente: Los autores

Una vez soldada cada parte del soporte de la planta se procedió a pintar la estructura, teniendo un buen acabado, ilustrado en la figura 49.

Figura 49: Estructura de la planta industrial

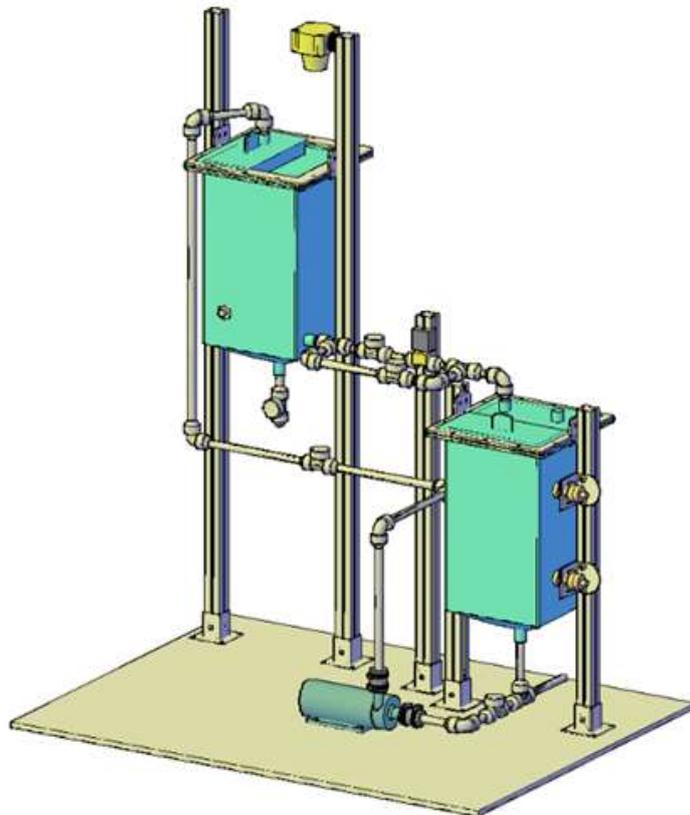


Fuente: Los autores

3.4.3 Diseño de la planta industrial

El diseño de la distribución de los elementos sobre la estructura de la planta industrial se representa en la figura 50.

Figura 50: Diseño de los elementos planta industrial



Fuente: Los autores

Mientras se desarrollaba la estructura de la planta se validaron las medidas realizadas en el diseño para posteriormente colocar los elementos.

Figura 51: Validación de medidas planta industrial



Fuente: Los autores

3.4.4 Ubicación de equipos y sensores en la planta industrial

Una vez finalizado el soporte estructural de la planta industrial se procedió a ubicar los soportes para los tanques, el soporte para la electroválvula y se colocó la bomba respetando las medidas establecidas en el diseño

Figura 52: Ubicación de elementos en la planta industrial



Fuente: Los autores

3.4.5 Recorridos de tuberías y conexionado de instrumentos

Luego se procedió a realizar los recorridos de tuberías, utilizando los accesorios como tee, codos y llaves de 15mm de conexionado rápido (Jhon Guest speedfit), para así poder generar el ciclo de recorrido de fluido para el llenado de los tanques. Al mismo tiempo se procedió a conectar los siguientes sensores: sensor ultrasónico de nivel, bomba DC, sensores capacitivos, sensor de nivel tipo boya y electroválvula los cuales se encontraban en campo y se debían conectar al tablero de la planta industrial para realizar el debido control.

Figura 53: Implementación de recorridos de tuberías y conexión de sensores en la planta industrial



Fuente: Los autores

3.4.6 Colocación de Marquillas a los elementos de la planta industrial

Una vez finalizada la ubicación de los elementos en la planta industrial se procedió a colocarle a cada uno su tag correspondiente, es decir el nombre distintivo de cada elemento para representarlos en las diferentes prácticas.

Figura 54: Colocación de tag a elementos en la planta industrial



Fuente: Los autores

3.4.7 Alimentación de la planta industrial

Luego de haber finalizado con la implementación de la planta industrial se procedió a conectar el tablero de la planta industrial con el tablero de control principal a través del cable DB25, mediante el cual pudimos supervisar cada una de las señales de entrada de los sensores como las señales de salidas hacia los actuadores.

Figura 55: Puesta en marcha de elementos en la planta industrial



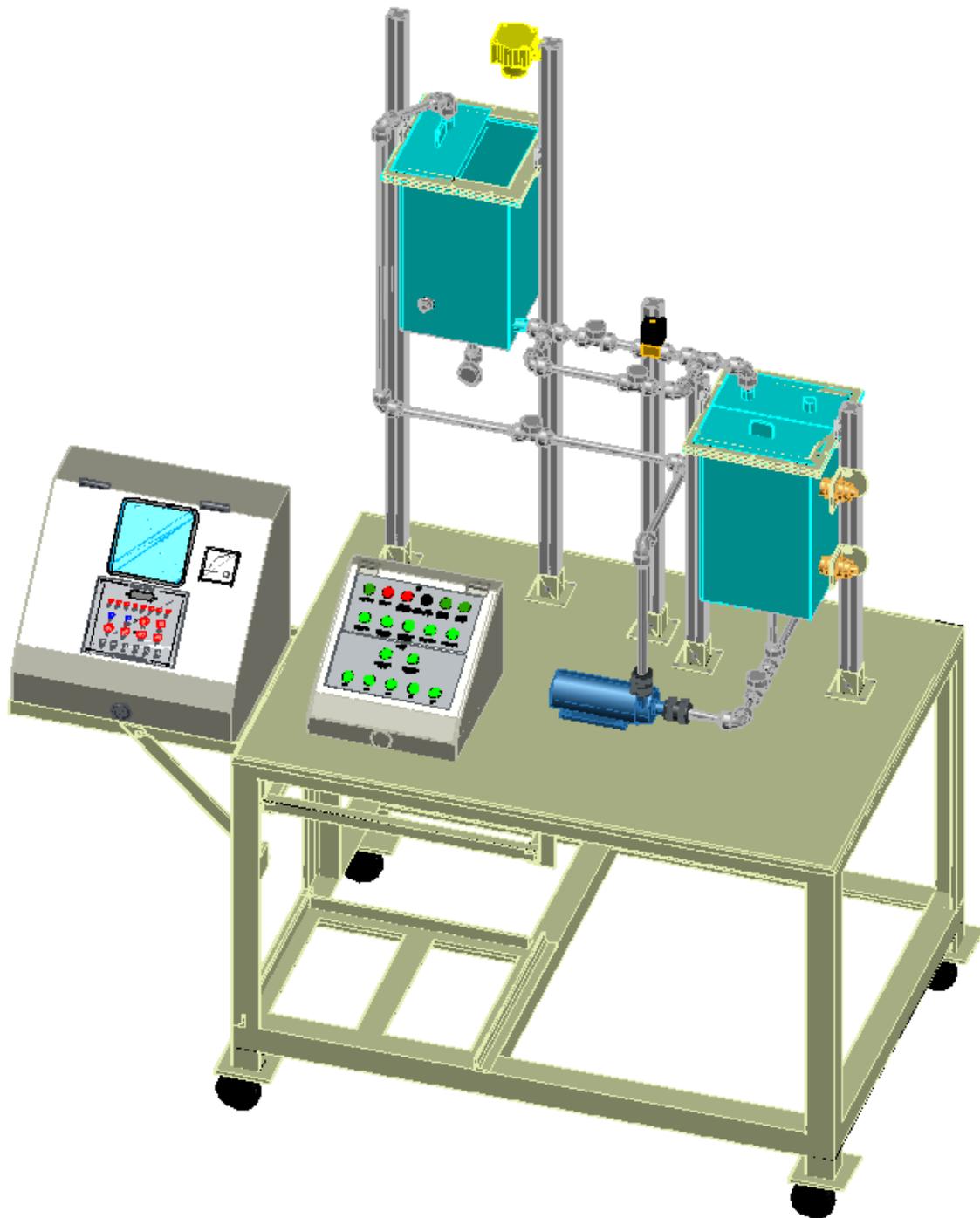
Fuente: Los autores

3.5 Integración elementos tablero de control de nivel

En la figura 56 se muestra los elementos finalizados que conforman el proyecto, tales como: el tablero de control principal, el tablero de la planta industrial y la planta industrial.

Al igual como se pudo apreciar en cada uno de sus desarrollos podemos denotar que físicamente cada una de las exigencias que se plantearon en los diseños fueron ejecutados, para así poder tener un mejor manejo de la estación de trabajo hacia los usuarios; es decir, que al momento de integrar cada uno de los elementos sea con mayor facilidad y con una distribución de equipos que pueda ser rápidamente identificadas según sea la práctica que se esté solicitando.

Figura 56: Diseño de planta industrial



Fuente: Los autores

Figura 57: Integración de elementos proyecto de control de nivel



Fuente: Los autores

Capítulo 4. Diseño de Prueba de Control PID sintonización Ziegler y Nichols

En el software TIA Portal se utiliza el objeto tecnológico PID_Compact para realizar el control de procesos técnicos con variables continuas de entrada como el nivel del tanque TK-102 y salida como la bomba P 101.

La instrucción PID que se usó, puede calcular u optimizar (inicial o final) las acciones P, I y D; proporcionando la facilidad de poder ingresar los valores de forma manual, para obtener los valores a ingresar se usó el método de Ziegler & Nichols. Para esto se realizaron diferentes pruebas y así obtener los valores deseados.

El valor de salida del regulador PID está formado por tres acciones:

- P (proporcional): cuando se calcula con la acción "P", el valor de salida es proporcional a la diferencia entre la consigna (set point) y el valor de proceso (valor de entrada).
- I (integral): cuando se calcula con la acción "I", el valor de salida aumenta en proporción a la duración de la diferencia entre la consigna (set point) y el valor de proceso (valor de entrada) para corregir la diferencia al final.
- D (derivativo): cuando se calcula con la acción "D", el valor de salida aumenta como una función de la tasa de incremento de cambio de la diferencia entre la consigna (set point) y el valor de proceso (valor de entrada). El valor de salida se corrige a la consigna lo más rápido posible.

4.1 Pasos para realizar el bloque PID_Compact

Se ejecutan los siguientes pasos para realizar el control PID obteniendo los valores de forma automática usando la herramienta de optimización del software TIA Portal.

Seleccionamos en el árbol del proyecto “Bloques de programa”, se hace doble click “Agregar nuevo bloque”.

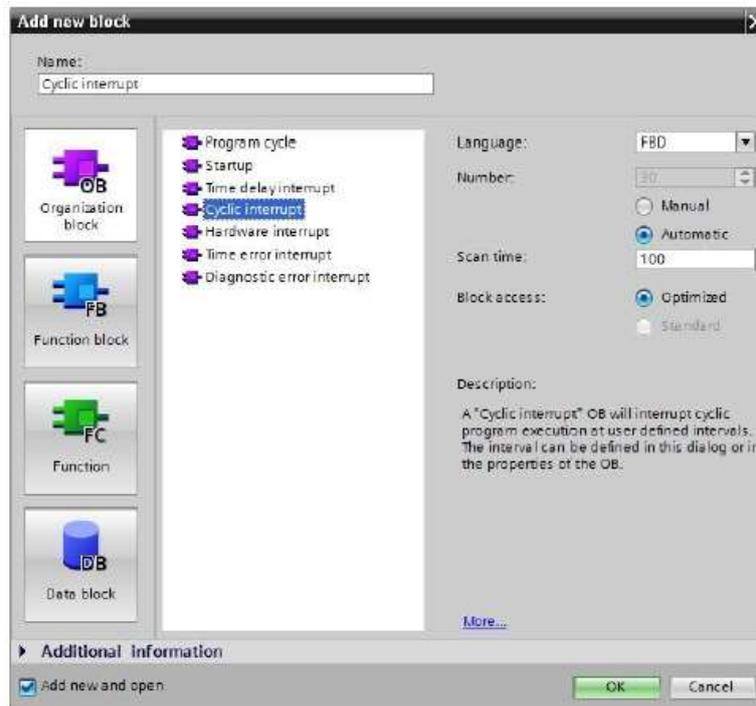
Figura 58: Árbol del proyecto



Fuente: Los autores

Seleccionamos “Bloque de organización (OB)” y como tipo se elije “Alarma cíclica”. Para el lenguaje de programación seleccionamos el diagrama de funciones "FUP". La numeración (OB200) es automática. El tiempo de ciclo fijo lo dejamos en 100 ms. Se confirman los parámetros con “Aceptar”.

Figura 59: Agregar bloque alarma cíclica

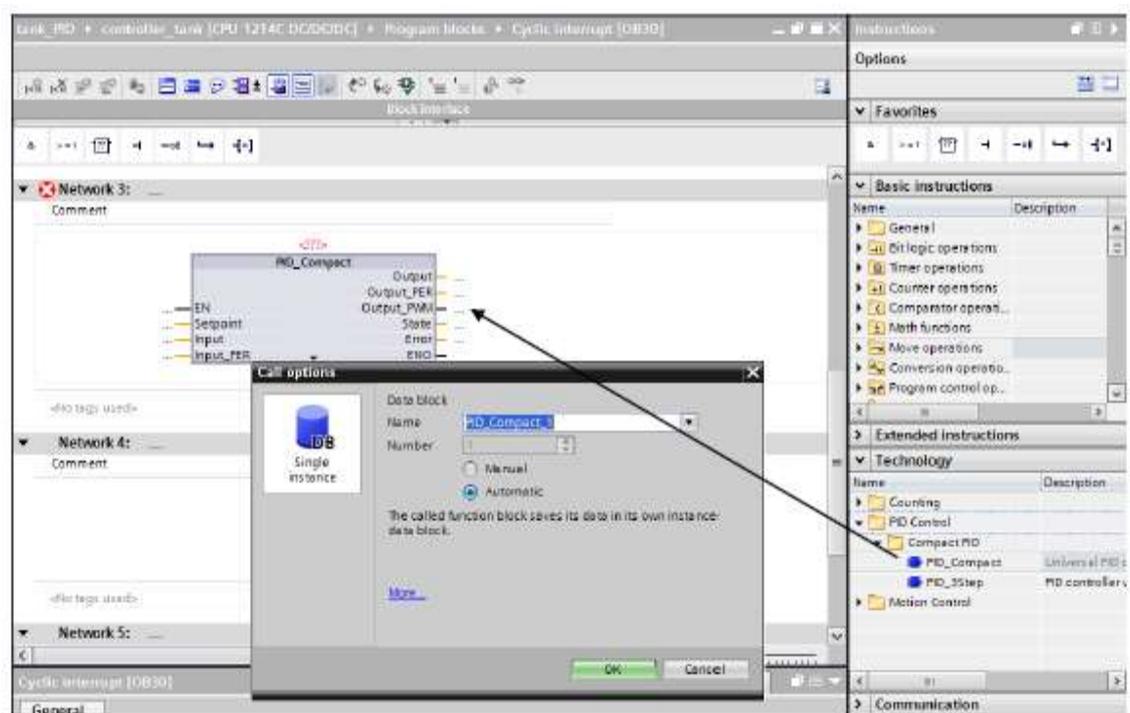


Fuente: Los autores

Es necesario que la llamada del regulador PID se parametrize con un tiempo de ciclo fijo (en este caso 100 ms), ya que el tiempo de procesamiento es crítico. El regulador no podría optimizarse si no se le llamara de este modo. El bloque de organización “Alarma cíclica” se abre automáticamente.

A continuación se agrega el bloque regulador “PID_Compact” al segmento. Se lo activará cuando el selector se encuentre en modo automático. En el árbol de instrucciones, se hace click en “Tecnología” en la parte de “PID Control – Compact PID” se lo arrastra hasta el segmento.

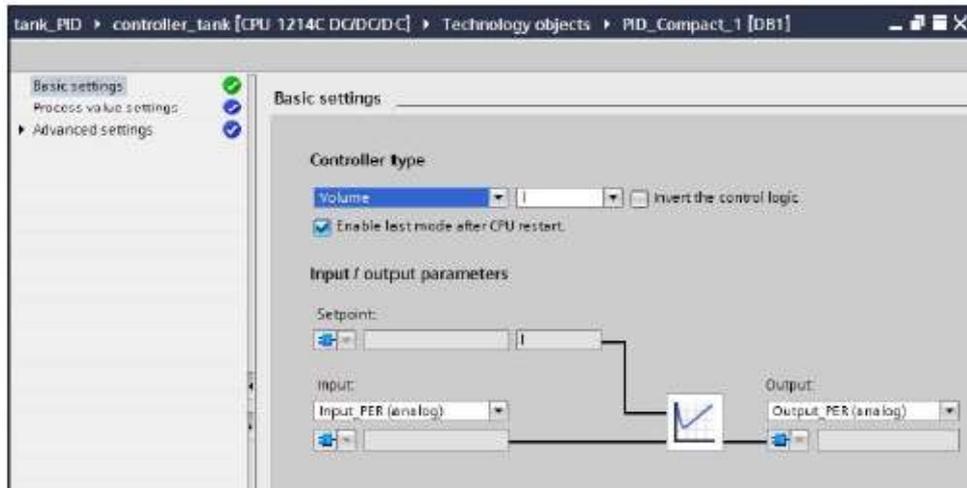
Figura 60: Bloque PID_Compact



Fuente: Los autores

Aquí es necesario configurar los “Ajustes básicos”, como el tipo de regulación, definir la variable de entrada y de salida, la estructura interna del regulador. En este caso la entrada escalada del sensor de nivel ultrasónico y la salida escalada hacia la bomba como elemento final de control varían desde 0 – 10 V.

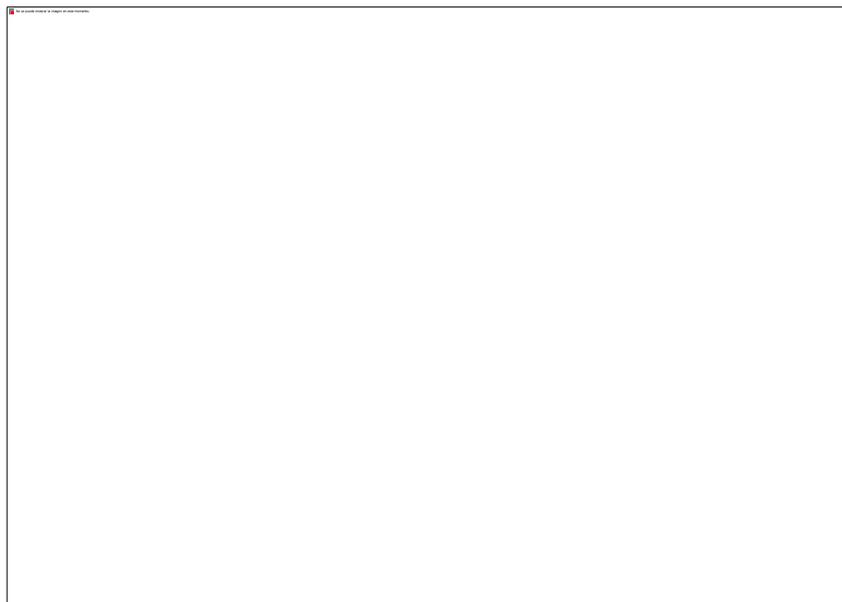
Figura 61: Ajuste de parámetros del PID



Fuente: Los autores

Una vez ajustado los parámetros básicos de control se realiza la carga al PLC junto a la programación necesaria para realizar el PID. Haciendo clic con el ratón en el símbolo  Activar/desactivar observación, puede vigilar el estado de los bloques y de las variables durante la comprobación del programa. La primera vez que se arranca la CPU, el regulador "PID_Compact" todavía no está optimizado. Para realizar la optimización se tiene que iniciar la preparación haciendo clic en el símbolo “  ”.

Figura 62: PID conexión online

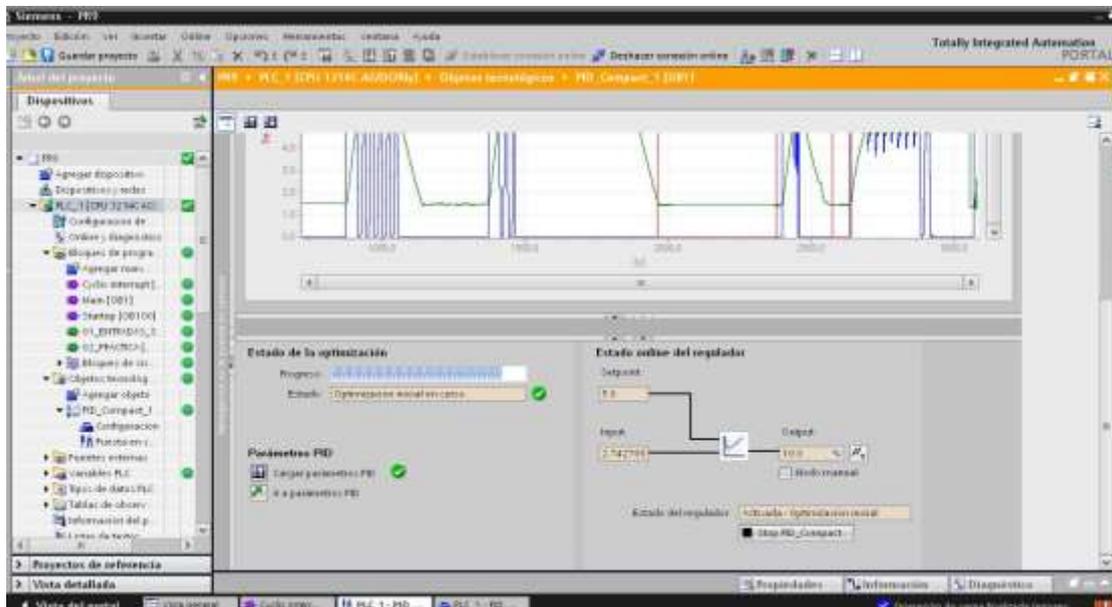


Fuente: Los autores

4.2 Optimización PID inicial y final

En una pantalla de mando, la opción “Medición Inicial” permite mostrar en una tendencia el comportamiento del valor real, la magnitud manipulada y el setpoint. Después de cargarlo por primera vez en el controlador, el regulador todavía está inactivo. Esto significa que la magnitud manipulada permanece en el 0%. Seleccione ahora “Modo de ajuste” y, a continuación, “Optimización Inicial” luego “Optimización Final”. Una vez que se realizó la optimización se puede trabajar de forma automática el PID.

Figura 63: Sintonización del PID



Fuente: Los autores

Obteniendo los siguientes resultados luego de que se realizó la optimización del PID, teniendo un setpoint de 5.0 manteniéndose un nivel de estabilidad de 4.8 a 5.2.

Figura 64: Comportamiento del nivel



Fuente: Los autores

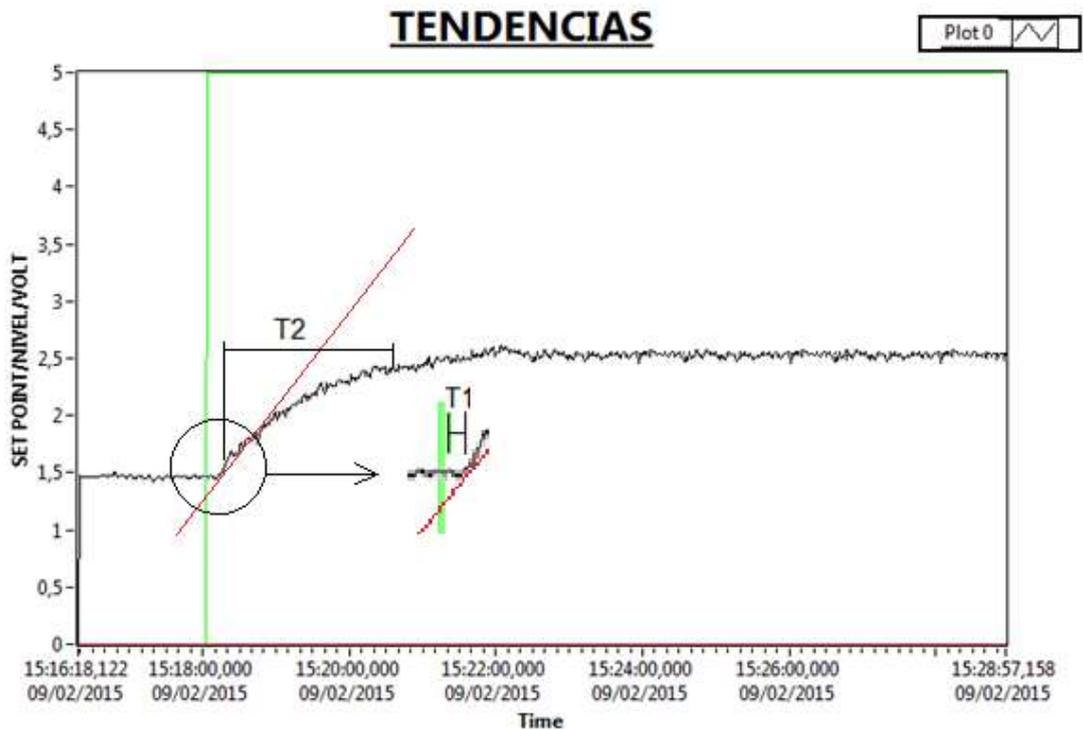
4.3 Sintonización de PID de forma manual mediante Ziegler-Nichols

En esta parte se encontraron los valores que se deben ingresar para el control PID usando el método de Ziegler-Nichols el cual nos permite sintonizar un regulador PID sin la necesidad de saber las ecuaciones matemáticas de la planta o el sistema de control que se vaya a realizar. Mediante el primer método se deben encontrar la ganancia proporcional (k_p), el tiempo de integración (T_i) y tiempo derivativo (T_d). Utilizando la siguiente ecuación:

$$K_o = \frac{dX \cdot T_2}{dY \cdot T_1} \quad (2)$$

A la planta se le debe ingresar una señal tipo escalón para determinar donde rompe la inercia, es decir cuando el flujo de agua llega al TK 102, utilizando la bomba P101 como variable de control de forma analógica se determina el voltaje que se le debe ingresar para obtener dicho valor. En la figura 65 se muestra de color negro el comportamiento del nivel vs el funcionamiento de la bomba.

Figura 65: Voltaje de la bomba rompe la inercia



Fuente: Los autores

Para determinar los valores se debe trazar una línea recta tangente (roja) a la señal de salida de nivel (negra), desde el punto donde rompe la inercia y se comienza a llenar el TK 102. Donde T1 corresponde al tiempo muerto. Este es el tiempo donde el sistema comienza a responder.

El T2 es el tiempo desde donde termina el T1 y se mantiene constante el nivel.

Tabla 3: Valores de tiempos

Nivel (lt)	Voltaje (V)	Tiempo (s)
1.5	0.00	0
1.6	5.00	10
2.4	5.00	160

Fuente: Los autores

T1 ----- 10 seg

T2 ----- 160 seg

Una vez obtenido los valores de tiempo se debe calcular el valor del dX y dY, para calcular el dX se utiliza los valores de la señal escalón que se ingresó al sistema, en este caso fue de 0 V a 5 V. Donde el nivel responde al cambio desde 1.5 a 2.4 lt.

$$dX = 5 - 0 = 5 \text{ V}$$

$$dY = 2.4 - 1.5 = 0.9 \text{ lt}$$

Aplicando la ecuación del método se reemplaza los valores obtenidos:

$$K_o = \frac{5 * 160}{0.9 * 10} = 88.88$$

Una vez que se obtuvo el valor Ko se determinó la tabla para obtener los valores del PID.

Tabla 4: Ecuación de parámetros PID

	Kp	Ti	Td
P	Ko		
PI	0.9*Ko	3.3*T1	
PID	1.2*Ko	2*T1	0.5*T1

Fuente: Los autores

Reemplazando los valores del PID se obtiene lo siguiente:

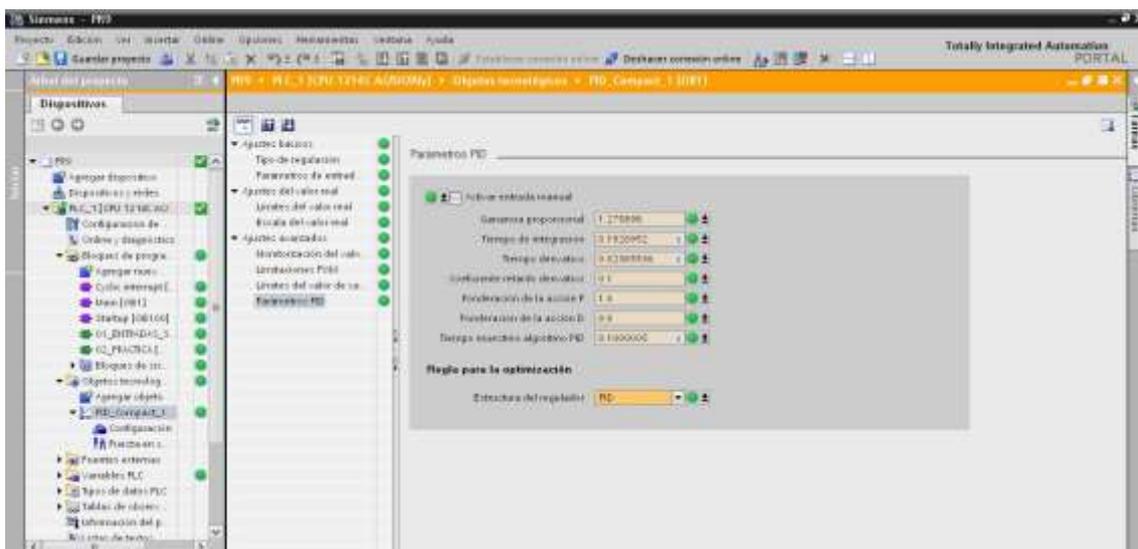
Tabla 5: Valores de parámetros PID

	Kp	Ti	Td
P	88.88		
PI	79.99	33	
PID	106.66	20	5

Fuente: Los autores

Esos valores fueron ingresados de forma manual al PLC para ver el comportamiento del mismo, los valores de Kp, Ti, Td fueron ingresados al sistema dividido para 10 de esta forma habrá un mejor comportamiento de la panta

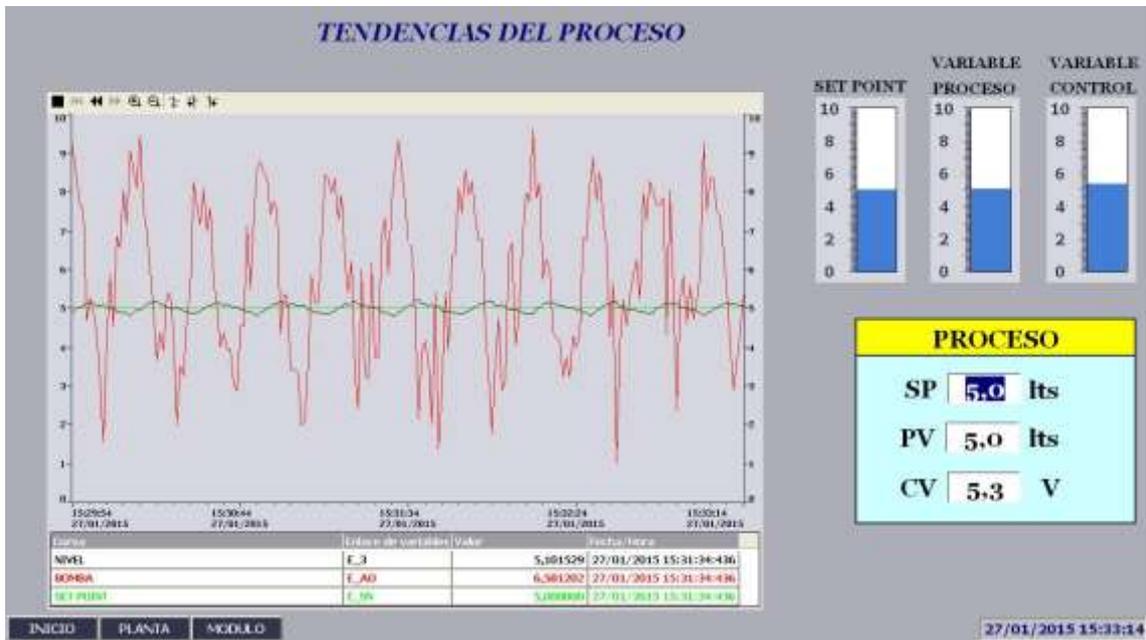
Figura 66: Ingreso de Kp, Ti, Td.



Fuente: Los autores

Una vez ingresado los valores el comportamiento de la planta fue el siguiente:

Figura 67: Comportamiento con el método Z-N



Fuente: Los autores

Como se muestra en la figura 67 el control del nivel no es tan estable teniendo una saturación de la bomba.

4.4 Optimización PID de forma automática con método Ziegler-Nichols

El último método de control que se usó fue el modo automático con sintonización tipo Ziegler & Nichols.

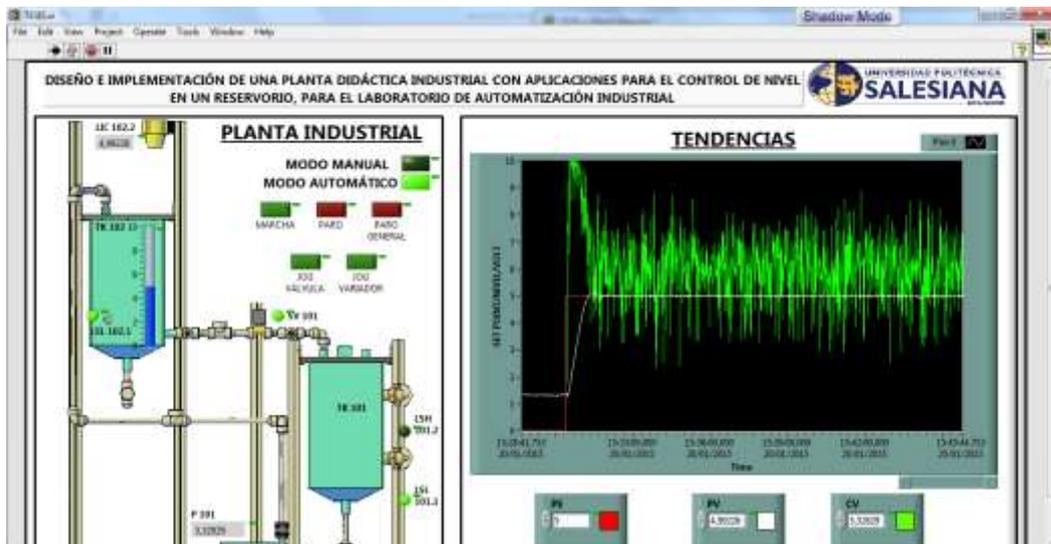
Figura 68: Modo automático con sintonización Z-N



Fuente: Los autores

Teniendo un comportamiento del nivel más estable y en un período de tiempo mayor sin oscilaciones tan pronunciadas ni picos de voltajes en la bomba como se muestra en la siguiente figura.

Figura 69: Comportamiento con el modo automático con sintonización Z-N



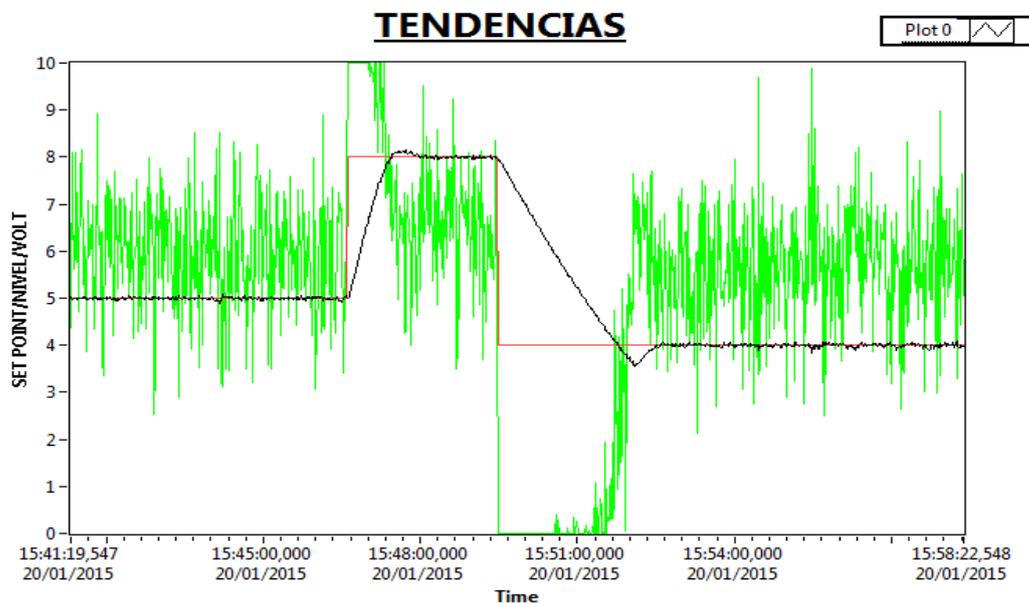
Fuente: Los autores

Capítulo 5. Resultados de análisis

Luego de utilizar y verificar cada uno de los métodos de regulación PID, se decidió trabajar con el modo automático con sintonización Ziegler-Nichols.

Se tuvo un comportamiento del nivel con respecto al setpoint, en la figura 70 se muestra una estabilidad de la variable de proceso muy constante con respecto a la señal de consigna.

Figura 70: Comportamiento del nivel vs setpoint



Fuente: Los autores

Además de ver el funcionamiento de la variable de control frente al set point establecido en tres puntos diferentes.

Figura 71: Comportamiento de la bomba



Fuente: Los autores

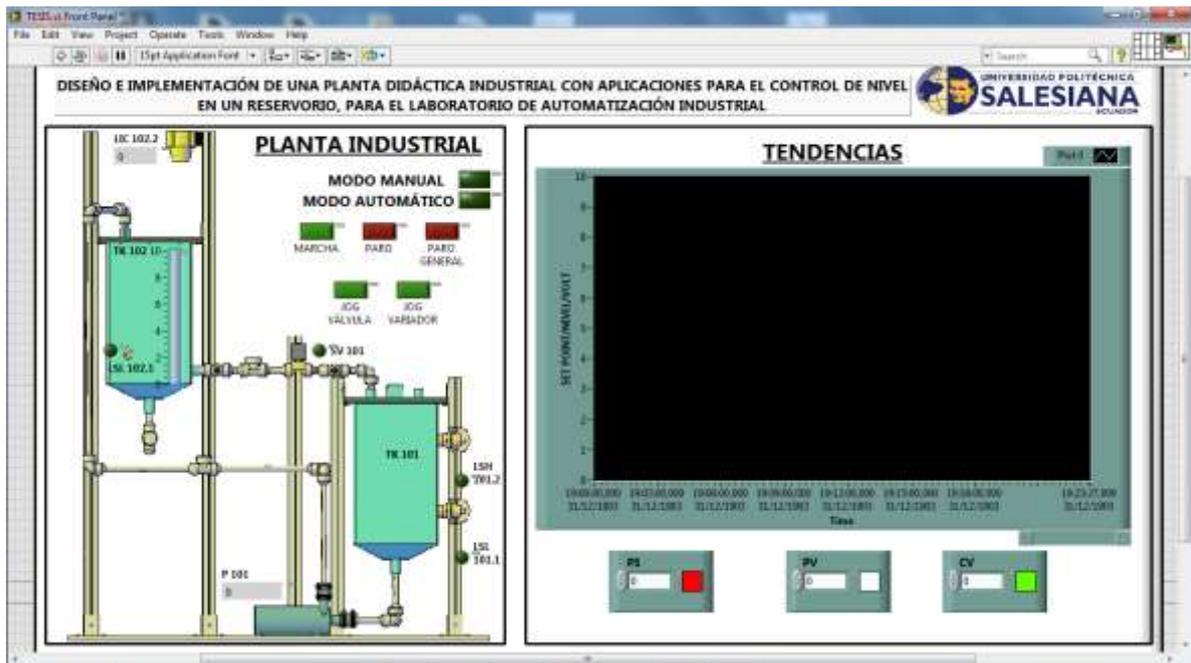
Mediante la tabla 5 se registra el muestreo de los set point establecido y obtener su estabilidad, promedio y error de la variable de control. Los setpoint establecidos son 5.0 lt, 5.5 lt, 6.0 lt. Fueron tomados 20 registros en un tiempo de 30 minutos por cada setpoint.

Utilizando la interfaz LabVIEW, obtenemos la visualización del comportamiento de las variables que gobiernan la planta industrial en tiempo real, a través de sus ventanas de trabajo.

- Panel Frontal
- Diagrama de Bloques

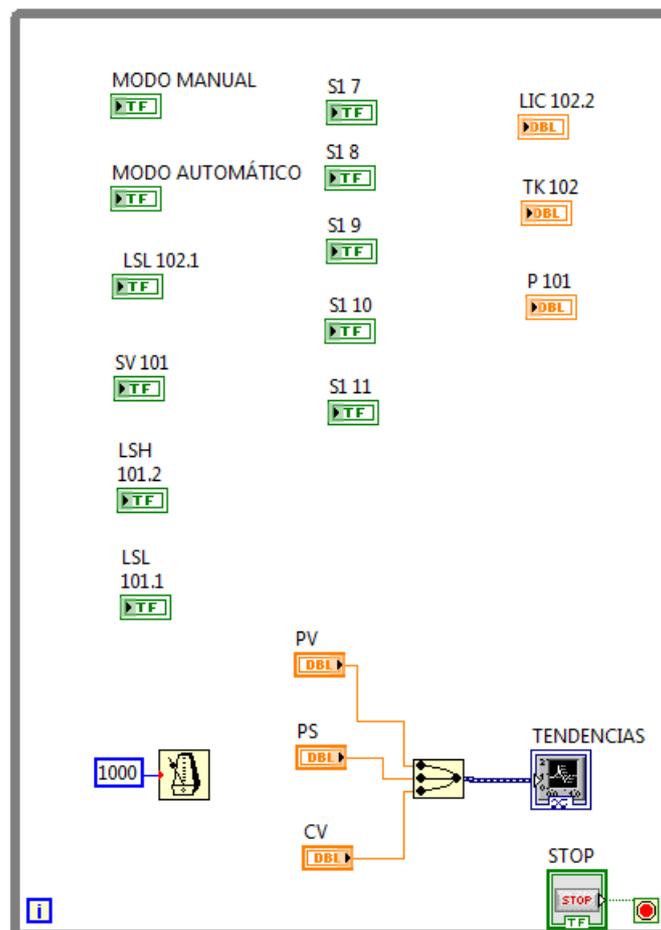
La comunicación que se establece para obtener dicha información es “LabVIEW” – “NI OPC Server” – “TIA Portal”. Verificando que en cada uno de estos se coloquen las mismas direcciones para sus variables, ya que si no se realiza este correcto procedimiento no existe comunicación alguna.

Figura 72: Ventana de trabajo - “Panel Frontal”



Fuente: Los autores

Figura 73: Ventana de trabajo - “Diagramas de Bloques”



Fuente: Los autores

Una herramienta fundamental con la que el software LabVIEW consta es la de generar históricos (recolectar los valores de la señal en un tiempo de muestreo establecido) el tiempo de muestreo es definido en la ventana de diagramas de bloques, y se genera un archivo en el software EXCEL. La herramienta se encuentra en el “Cuadro de gráficas”; para la utilización de la misma realizamos lo siguiente:

“Click derecho en el cuadro de gráficas” – “Export” - “Export Data to Excel”

Figura 74: Generar un histórico en LabVIEW



Fuente: Los autores

El archivo de Excel que se genera, consta del número de variables que se encuentran visualizándose en el “Cuadro de gráficas”, es decir el número de columnas dependerá del número de señales muestreadas.

Figura 75: Históricos en Excel desde LabVIEW

	A	B	C	D	E	F
1	Time - Plot 0	SET POINT/NIVEL/VOLT - Plot 0	Time - Plot 1	SET POINT/NIVEL/VOLT - Plot 1	Time - Plot 2	SET POINT/NIVEL/VOLT - Plot 2
2	08:41,8	1,58677	08:41,8	5	08:41,8	0
3	08:42,8	1,57614	08:42,8	5	08:42,8	0
4	08:43,8	1,58145	08:43,8	5	08:43,8	0
5	08:44,8	1,59917	08:44,8	5	08:44,8	0
6	08:45,8	1,58382	08:45,8	5	08:45,8	0
7	08:46,8	1,58441	08:46,8	5	08:46,8	0
8	08:47,8	1,57437	08:47,8	5	08:47,8	0
9	08:48,8	1,57082	08:48,8	5	08:48,8	0
10	08:49,8	1,57141	08:49,8	5	08:49,8	0
11	08:50,8	1,58263	08:50,8	5	08:50,8	0
12	08:51,8	1,59917	08:51,8	5	08:51,8	0
13	08:52,8	1,58382	08:52,8	5	08:52,8	0
14	08:53,8	1,58441	08:53,8	5	08:53,8	0
15	08:54,8	1,58441	08:54,8	5	08:54,8	0
16	08:55,8	1,57437	08:55,8	5	08:55,8	0
17	08:56,8	1,56551	08:56,8	5	08:56,8	0
18	08:57,8	1,57555	08:57,8	5	08:57,8	0
19	08:58,8	1,58204	08:58,8	5	08:58,8	0
20	08:59,8	1,58323	08:59,8	5	08:59,8	0
21	09:00,8	1,58204	09:00,8	5	09:00,8	0
22	09:01,8	1,56432	09:01,8	5	09:01,8	0
23	09:02,8	1,55428	09:02,8	5	09:02,8	0

Fuente: Los autores

Debido a que el número de muestras es demasiado grande y los valores son repetitivos se seleccionaron 20 valores equitativamente, según la representación de la tabla 6.

Tabla 6: Muestreo setpoint

Setpoint(lt)	Nivel (lt)	Setpoint(lt)	Nivel (lt)	Setpoint(lt)	Nivel (lt)
5	5.1	5.5	5.3	6	6
	5		5.4		6.1
	5.1		5.5		6.1
	4.9		5.5		16
	5		5.6		6
	5		5.6		6
	5.1		5.5		5.9
	5.1		5.5		5.9
	5		5.5		6
	5		5.4		6
	5		5.4		6
	5.1		5.5		6.1
	5		5.5		6
	5		5.5		6
	5		5.5		6
	5		5.6		6.1
	5.1		5.6		6.1
	5.1		5.5		6
	4.9		5.5		6
	4.9		5.5		6

Fuente: Los autores

Se obtuvieron los siguientes resultados luego del muestreo:

Tabla 7: Promedio, error crítico.

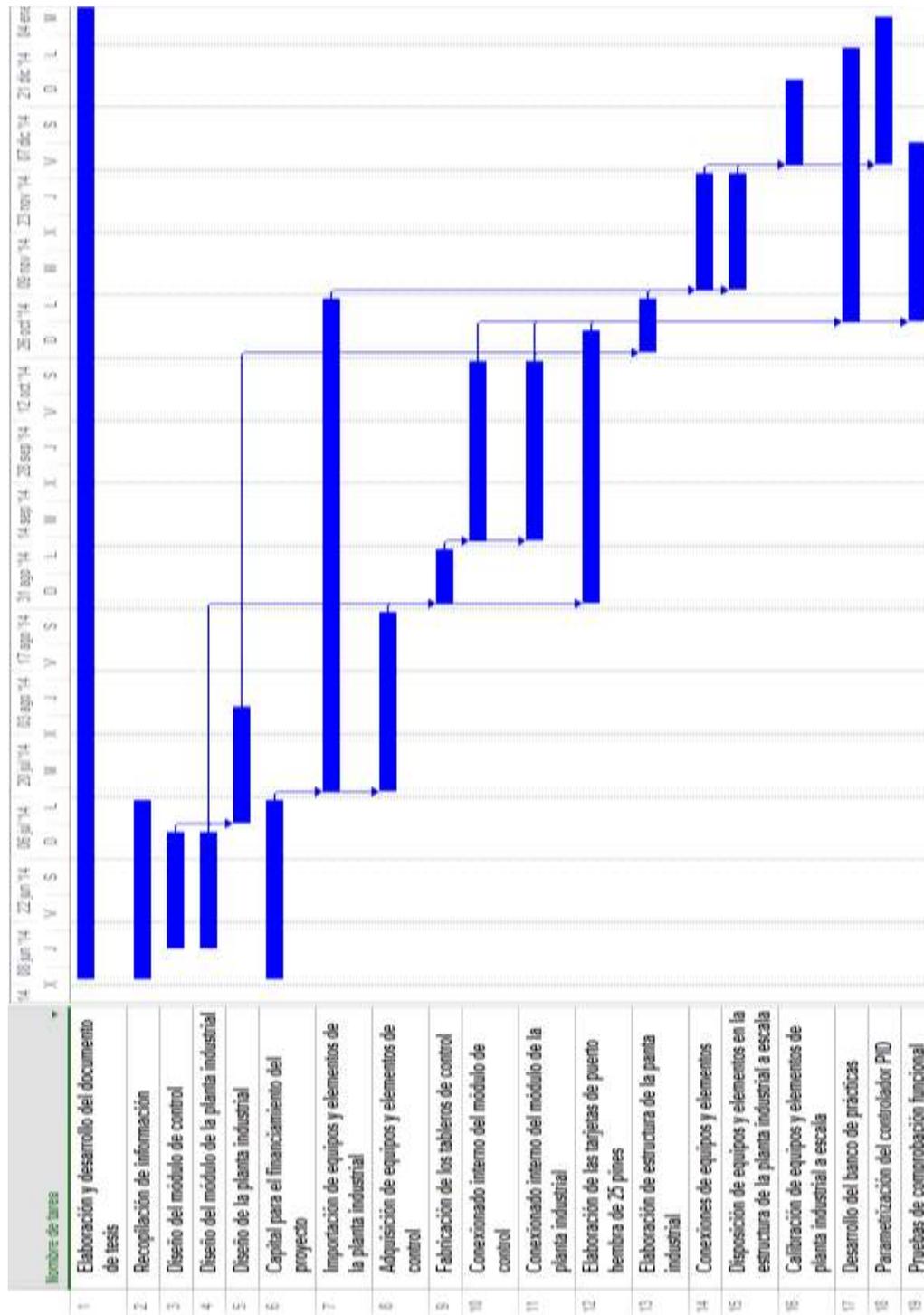
Setpoint	Promedio	Error crítico	Moda	Mediana
5	5.02	0.02	5	5

Setpoint	Promedio	Error crítico	Moda	Mediana
5.5	5.49	0.01	5.5	5.5

Setpoint	Promedio	Error crítico	Moda	Mediana
6	6.1	0.01	6	6

Fuente: Los autores

Cronograma



Cronograma de actividades del proyecto

Fuente: Los autores

Presupuesto

MATERIALES REQUERIDOS				
CANT	UNID	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNID	PRECIO TOT
1	U	PLC Siemens S7-1200 1214C	\$700.00	\$700.00
1	U	Fuente de poder Siemens 110VAC 24VDC 2.5A	\$150.00	\$150.00
1	U	Signal board Siemens con 1AO	\$180.00	\$180.00
1	U	Sensor ultrasónico Banner con salida DC 0-10Vdc	\$965.00	\$965.00
2	U	Sensor de proximidad capacitivo distc 25mm	\$85.00	\$170.00
1	U	Electroválvula de 0-24Vdc con confirmaciones	\$350.00	\$350.00
1	U	Sensor de nivel tipo boya FESTO	\$57.00	\$57.00
1	U	Elevador de tensión de 0-24 VDC	\$350.00	\$350.00
1	U	Bomba Jhonson de 24 VDC	\$586.00	\$586.00
2	U	Tanques FESTO de 10lt	\$390.00	\$780.00
1	U	Breaker 6A 1P Siemens	\$15.00	\$15.00
1	U	Breaker 1A, 2A 1P ABB	\$15.00	\$15.00
2	U	Placas de aluminio de 2.5mm	\$30.00	\$60.00
3	U	Conectores de 25 pines hembra	\$13.00	\$39.00
1	U	Cable serial DB25	\$12.00	\$12.00
1	FUN	Terminales de punta cable#18	\$6.50	\$6.50
2	ROL	Cable #18	\$38.00	\$76.00
2	U	Conectores metálicos ethernet Siemens	\$20.00	\$40.00
2	U	Riel Din Omega Estándar	\$3.50	\$7.00
1	U	Cartucho para marquillas termoencogible	\$45.00	\$45.00
6	U	Borneras porta fusible	\$8.00	\$48.00
50	U	Borneras de control 4mm	\$2.00	\$100.00
2	U	Tableros de control	\$165.00	\$330.00
1	U	Pulsadores NA, NC	\$25.00	\$25.00
12	U	Indicadores luminosos de 24 VDC	\$2.50	\$30.00
1	U	Selector de tres posiciones	\$25.00	\$25.00
4	U	Relé de 24 VDC	\$14.00	\$56.00
1	U	Estructura de la planta industrial a escala	\$480.00	\$480.00
1	U	Tuberías de 15mm y acoples rápido JG Speedfit	\$450.00	\$450.00
1	U	Juego de herramientas	\$80.00	\$80.00
			SUBTOTAL	\$6,227.50
			IVA	\$747.30
			TOTAL	\$6,974.80

Conclusiones

La implementación del presente proyecto de graduación es un aporte muy importante para la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, en especial para el alumnado perteneciente a la carrera de Ingeniería Electrónica.

Como ya se ha expuesto en el capítulo 3 (Diseño e implementación del proyecto), este proyecto consta de tres partes: tablero de control principal, tablero de planta industrial y planta industrial; de las cuales el tablero de planta industrial se encuentra interconectada a la planta industrial y sus elementos. Por lo tanto, existen dos tipos de funcionamiento: sólo tablero principal (igual a los tableros de prueba existentes en el laboratorio) y el otro funcionamiento es la utilización de la planta industrial conectado al tablero de control principal a través de un cable DB25.

El método aplicado para conseguir el control de nivel en los reservorios comparado con otros métodos es de baja dificultad, debido a que se basa en los resultados producidos por la planta; es decir, sólo se estudia el comportamiento de la señal de salida. Se propone una práctica sobre los controles PID para una mejor comprensión del alumnado.

Al realizar la comunicación LabVIEW – NI OPC Server – TIA Portal se podrá fortalecer los conocimientos de la automatización, puesto que se genera una herramienta en el campo industrial como es el SCADA, es decir la supervisión en tiempo real del proceso desde un punto lejano a éste.

Con este proyecto, los docentes que imparten las asignaturas relacionadas con la automatización industrial pueden ejecutar las diez prácticas desarrolladas en el manual. Se podrán alcanzar diversos objetivos tales como: ilustración del comportamiento real de cada elemento instalado en la planta, complementar los conocimientos teóricos con los prácticos, asociar a los alumnos al ambiente laboral industrial, proporcionar los recursos para resolver los problemas con los que se podrían enfrentar en el campo laboral y finalmente demostrar la competitividad de los profesionales de la UPS-G.

Finalmente, se espera que este proyecto de graduación represente un punto de partida para los futuros egresados teniéndolo como referencia de prototipo, quienes podrán ampliar o modificar el modelo (con otras variables), retribuyendo a la UPS-G parte de lo que la misma aportó hacia los profesionales actuales.

Recomendaciones

Para una mejor eficiencia del proyecto es recomendable realizar un mantenimiento preventivo luego de seis meses, es decir reajustar los tornillos de los diferentes elementos tales como PLC, señales en los tableros (principal y planta industrial), indicadores led, fuente, variador, contactos de pulsadores y breakers; también en la tarjeta electrónica del tablero principal se debe verificar el funcionamiento mecánico de los pulsadores y switch.

Se recomienda previo a impartir cualquiera de las diez prácticas desarrolladas en el folleto de prácticas, se tenga la suma comprensión de las mismas para luego poder ser impartida a los alumnos respaldados con los planos eléctricos que se encuentran en la sección anexos.

Para una mejor comprensión de cada uno de los elementos ubicados en la planta industrial, se recomienda revisar el datasheet de cada uno de los mismos los cuales se encuentran en la sección anexos.

Para el traslado del proyecto, se recomienda desconectar el tablero de control principal con el tablero de la planta industrial y bajar el soporte del mismo (soporte tipo pie) que se encuentra en el lado izquierdo de la estructura de la planta. Para así tener una menor dimensión y haciendo uso de las ruedas que se encuentran en su parte inferior poder realizar un traslado de una manera adecuada y evitar daños a los elementos que lo componen.

Se recomienda leer los mensajes que se encuentren en la planta industrial, para un mejor funcionamiento.

Aunque el diseño del proyecto se ha desarrollado de una forma compacta, es decir no existe necesidad de abrir los tableros para que el estudiante pueda utilizarlos. Si se desea modificar algún conexionado interno, se recomienda leer detenidamente los planos eléctricos y datasheet de cada elemento, los cuales se encuentran en la sección de anexos.

Bibliografía

Antonio Creus Sole. (2010). *Instrumentación Industrial*. México: Alfaomega.

Battikha, N. E. (2006). *The Condensed Handbook of Measurement and Control*. ISA: The Instrumentation, Systems, and Automation Society.

C.I.P. ETI Tudela. (2013, 10 13). *C.I.P. ETI Tudela*. Recuperado el 9 10, 2014, de C.I.P. ETI Tudela: <http://www.etitudela.com/profesores/formacioncontinua/>
Ferre, L. (s.f.). *Taringa*. Recuperado el Febrero 3, 2013, de http://www.taringa.net/posts/info/11968149/El-lenguaje-de-signos_senas.html?dr

Hector Garcini L. (2011). *Sistemas de control en tiempo continuo. Maestría de Automatización y Control Industrial (Espol)*. Guayaquil.

José Acedo Sánchez. (2003). *Control Avanzado de Procesos*. España: Díaz de Santos. S. A.

Katsuhiko Ogata. (2010). *Ingeniería de control moderna*. Madrid: Pearson Educación SA.

Micromecánica, A. (2014). *microautomación*. Recuperado el 09 23, 2014, de <http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>

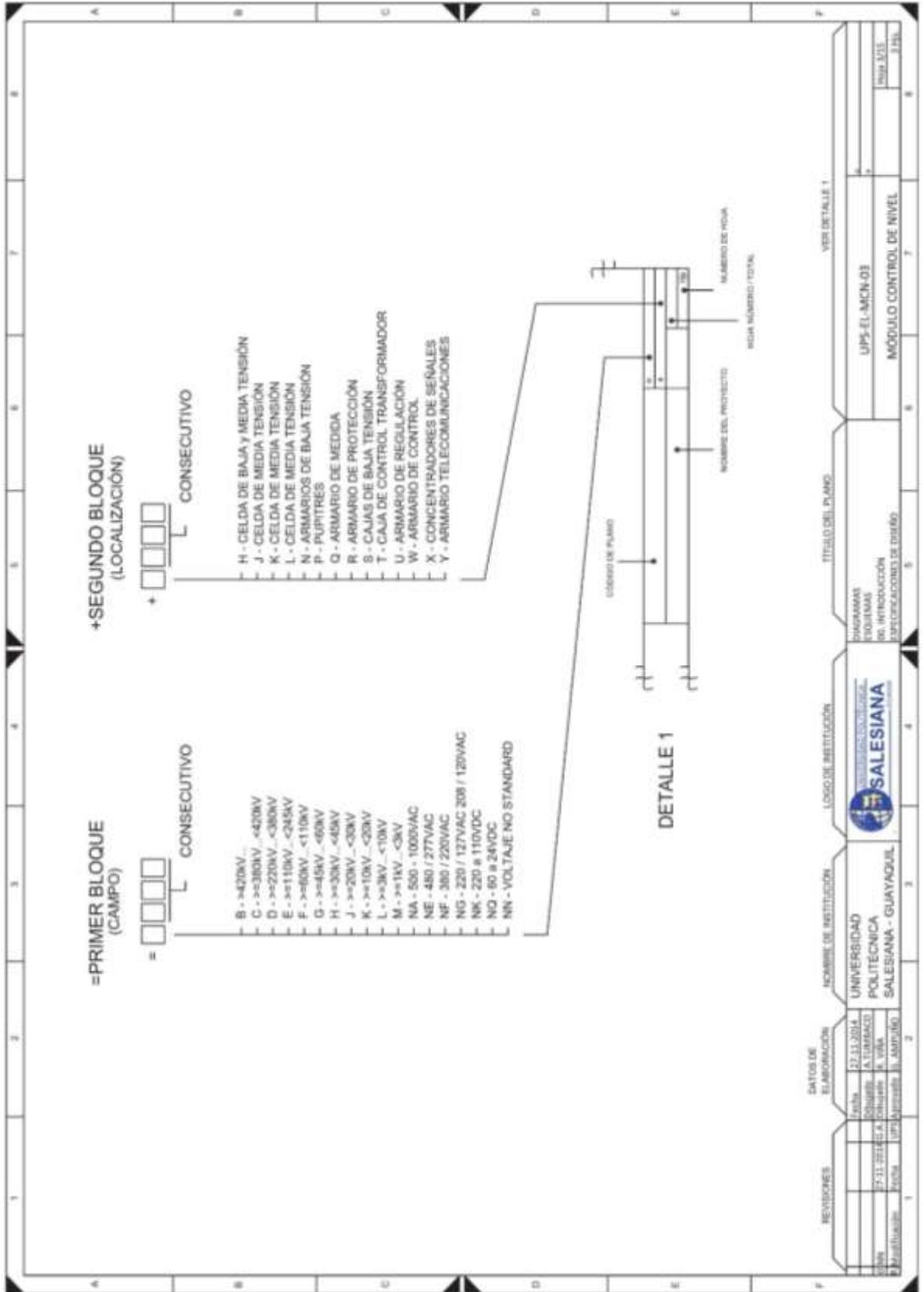
Mora Merchan. (s.f.). *Barbacana*. Obtenido de <http://barbacana.net/moramerchan/files/Tema10.pdf>

Norman A. Anderson. (1997). *Instrumentation for Process Measurement and Control*. CRC Press.

PLC, I. (2014). *Info PLC*. Recuperado el 09 20, 2014, de <http://www.infopl.net/descargas/98-omron/automatas-plc/cpm/768-programacion-de-un-grafcet-cpl-a-puente-grua>

Schneider Electric, Argentina. (2014). *Schneider Electrics*. Recuperado el 10 20, 2014, de http://www.schneiderelectric.com.ar/documents/recursos/myce/capitulo04_1907.pdf

Siemens AG. (2009). *SCE - Siemens Automation Cooperates with Education*. Recuperado el 9 9, 2014, de SCE - Siemens Automation Cooperates with Education: https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce_educacion/e_educacion/pages/default.aspx



+SEGUNDO BLOQUE
(LOCALIZACIÓN)

=PRIMER BLOQUE
(CAMPO)

+ L CONSECUTIVO

= L CONSECUTIVO

- H - CELDA DE BAJA Y MEDIA TENSION
- J - CELDA DE MEDIA TENSION
- K - CELDA DE MEDIA TENSION
- L - CELDA DE MEDIA TENSION
- M - ARMARIOS DE BAJA TENSION
- P - PUITRES
- Q - ARMARIO DE MEDIDA
- R - ARMARIO DE PROTECCION
- S - CAJAS DE BAJA TENSION
- T - CAJA DE CONTROL TRANSFORMADOR
- U - ARMARIO DE REGULACION
- W - ARMARIO DE CONTROL
- X - CONCENTRADORES DE SEÑALES
- Y - ARMARIO TELECOMUNICACIONES

- B - >420KV ..
- C - >380KV ..<420KV
- D - >220KV ..<380KV
- E - >110KV ..<245KV
- F - >60KV ..<110KV
- G - >45KV ..<60KV
- H - >30KV ..<45KV
- J - >20KV ..<30KV
- K - >10KV ..<20KV
- L - >3KV ..<10KV
- M - >1KV ..<3KV
- NA - 500 - 1000VAC
- NE - 480 / 277VAC
- NF - 380 / 220VAC
- NG - 220 / 127VAC 208 / 120VAC
- NK - 220 a 110VDC
- NO - 60 a 24VDC
- NN - VOLTAJE NO STANDARD

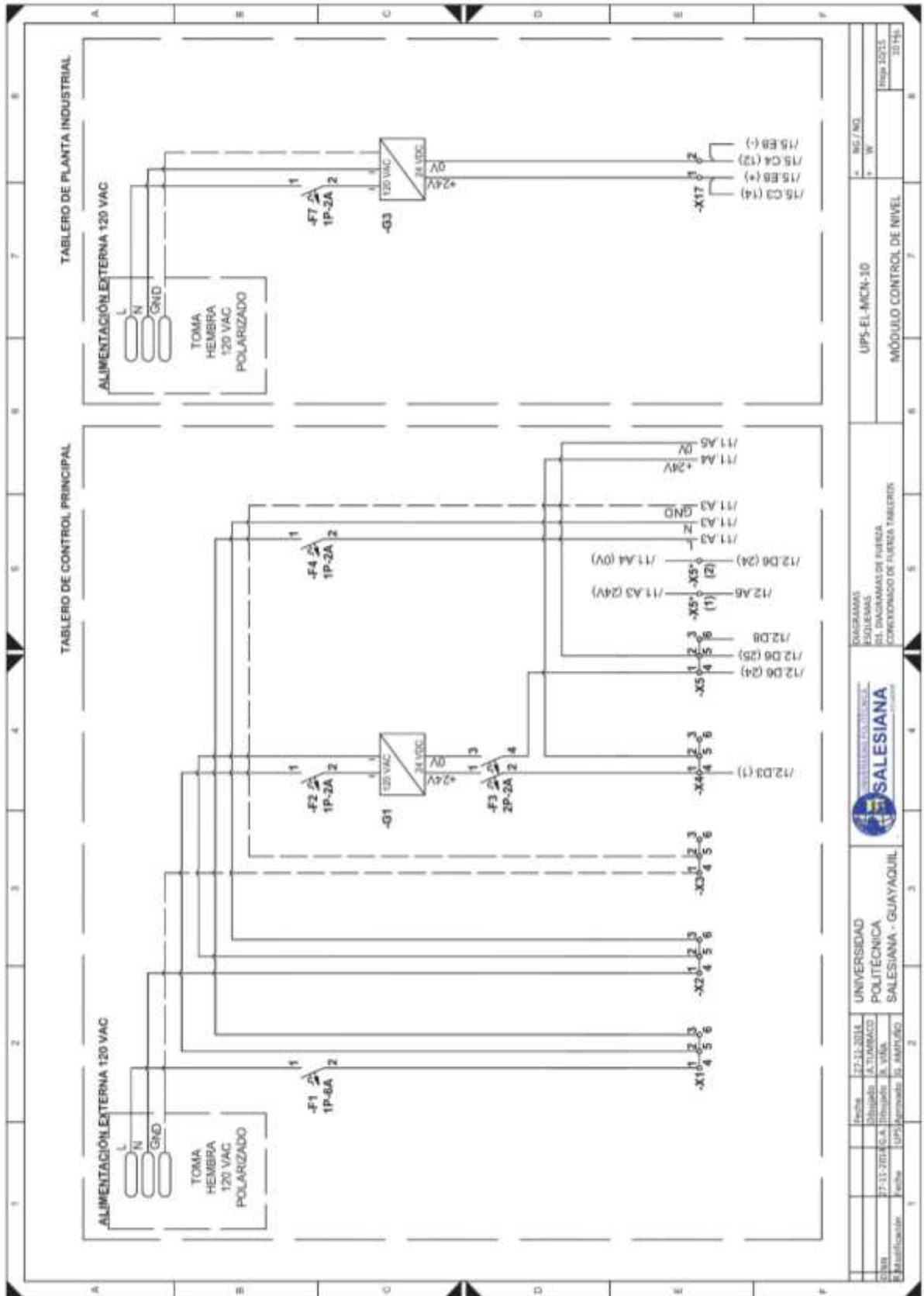
DETALLE 1

REVISIONES	FECHA	ELABORACION	NOMBRE DE INSTITUCION	LOGO DE INSTITUCION	TITULO DEL PLANO	VER DETALLE 1
1	27-11-2014	CHRISTIAN ALVARADO CHUQUI	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - GUAYAQUIL		LUPS-EL-MCN-03	
2	27-11-2014	CHRISTIAN ALVARADO CHUQUI	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - GUAYAQUIL		MÓDULO CONTROL DE NIVEL	
3						
4						
5						
6						
7						
8						

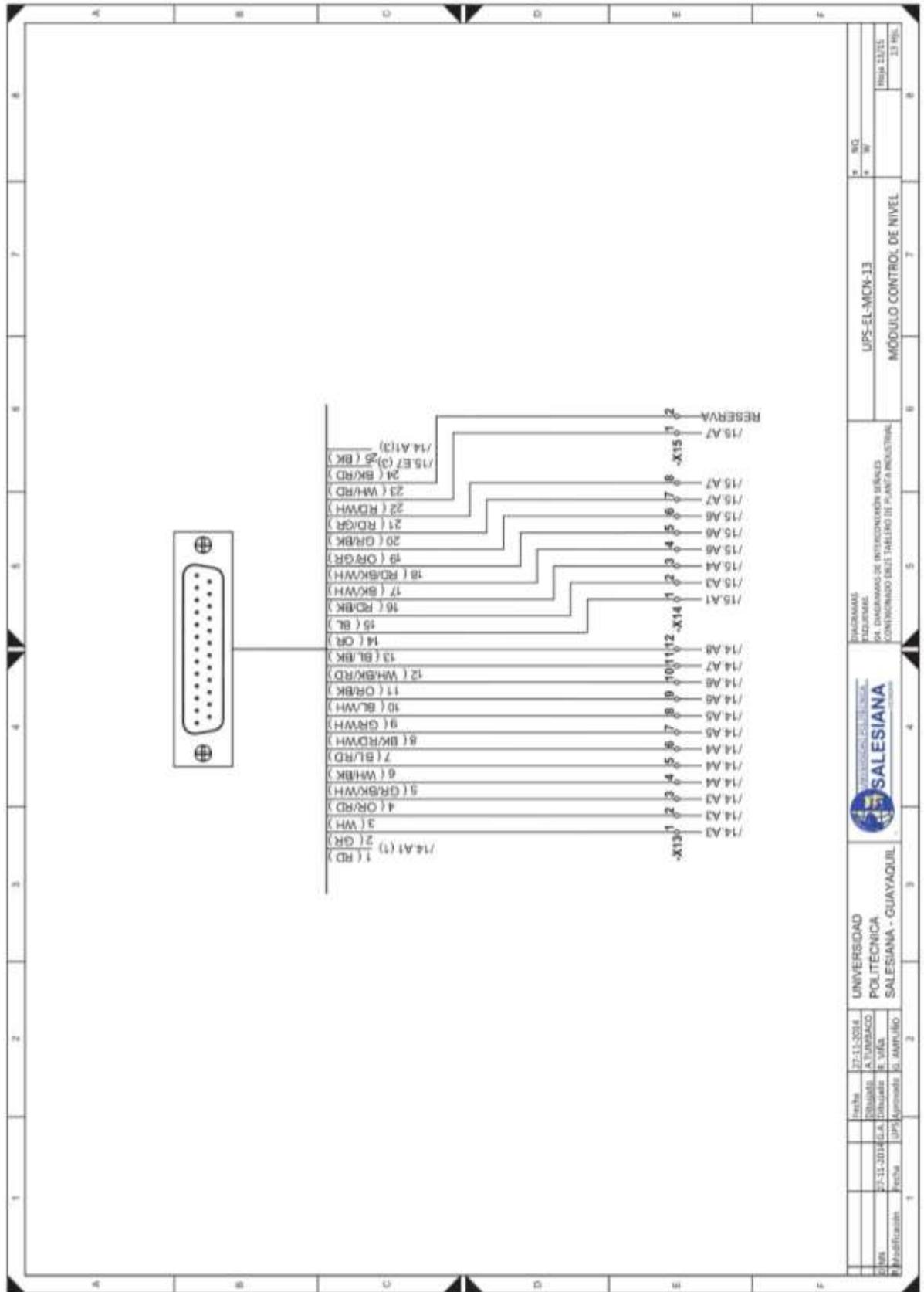
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	INTERRUPTOR DE 1 POLO CON PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA		SELECTOR DE 3 VIAS (NO / NO)		SENSOR DE NIVEL ULTRASONICO
	INTERRUPTOR DE 2 POLOS CON PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA		FUENTE DE VOLTAJE CONTINUO (120VAC / 24VDC)		SENSOR DE NIVEL CAPACITIVO
	PULSADOR DE MARCHA (NO)		RELE 24VDC, 1NO Y 1NC		SENSOR DE NIVEL TIPO BOYA
	PULSADOR DE PARO (NO)		LUZ PILOTO (24VDC)		VALVULA SOLENOIDE
	PARO DE EMERGENCIA (NO)		BORNERA SIMPLE		VARIADOR DE VELOCIDAD
	CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO (NO)		GRUPO DE BORNERAS CORTOCIRCUITABLES		VOLTIMETRO (ANALÓGICO)
	CONTACTO NORMALMENTE CERRADO (NC)		CONECTOR HEMBRA 25 PINES DE25		BOMBA 24VDC

Fecha: 17-11-2018	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - GUAYAQUIL	Diagramas eléctricos	LP5-EL-MCN-04
Elaboró: J. A. TAMAYO		INSTRUMENTACIÓN	
Revisó: J. P. S. S. S. S. S.		PARADOLOGÍA ELÉCTRICA	
Publicación: Fecha: LP5-EL-MCN-04			Módulo 4/15
			4 de 4

1	2	3	4	5	6	7	8
TAG ELEMENTO	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	FUNCIÓN	REFERENCIA				
A1	PLC SIEMENS S7-1200	PROCESAR LA SEÑALES DE SENSORES Y ACTUADORES	/11.B3				
DENS	CONECTOR 25 PARES	TRANSPORTAR SEÑALES	/12.E4 /13.B4				
F1	BREAKER 1P-4A	ALIMENTACIÓN 120VAC GENERAL	/12.B3				
F2, F7	BREAKER 1P-3A	PROTECCIÓN 120VAC PARA FUENTE DE VOLTAJE -G1, -G3	/10.BE, /10.BF				
F3	BREAKER 3P-3A	ALIMENTACIÓN 24VDC GENERAL	/10.DE				
F4	BREAKER 1P-3A	PROTECCIÓN 120VAC PARA PLC -A1	/12.BE				
F5	BREAKER 3P-3A	PROTECCIÓN 24VDC, TABLERO PLANTA INDUSTRIAL	/14.B1				
F6	BREAKER 3P-3A	PROTECCIÓN SENSOR DE NIVEL ULTRASONICO	/15.D7				
G1, G3	FUENTE DE VOLTAJE 120VAC / 24VDC, 2.5A	ALIMENTACIÓN 24VDC PARA ELEMENTOS ELECTRICOS, BOMBA, DC	/10.C5, /10.C7				
G2	VARIADOR, ELEVADOR DE TENSION 0-10VDC 0.5-24VDC	CONTROLAR VELOCIDAD DE BOMBA	/15.C8				
H1, TK101	SENSOR DE NIVEL CAPACITIVO	MEDICIÓN DE NIVEL, ALTO TANQUE TK101	/14.C7				
H2	LUZ PILOTO 24VDC, COLOR VERDE	SALIDA DEL PLC 00.1	/15.C2				
H3	LUZ PILOTO 24VDC, COLOR VERDE	SALIDA DEL PLC 00.2	/15.C3				
H4	LUZ PILOTO 24VDC, COLOR VERDE	SALIDA DEL PLC 00.3	/15.C6				
H5	LUZ PILOTO 24VDC, COLOR VERDE	SALIDA DEL PLC 00.4	/15.C6				
H6	LUZ PILOTO 24VDC, COLOR VERDE	SALIDA DEL PLC 00.5	/15.C6				
H7	LUZ PILOTO 24VDC, COLOR VERDE	SALIDA DEL PLC 00.6	/15.C7				
H8	LUZ PILOTO 24VDC, COLOR VERDE	SALIDA DEL PLC 00.7	/15.C7				
KA1	CONTACTOR AUXILIAR 24VDC, 1NC • 1NO	BOMBA MODO ON/OFF	/15.C3				
KA2	CONTACTOR AUXILIAR 24VDC, 1NC • 1NO	BLOQUEO BOMBA MODO ON/OFF	/15.C3				
KA3	CONTACTOR AUXILIAR 24VDC, 1NC • 1NO	BOMBA MODO ANALOGO	/15.C4				
KA4	CONTACTOR AUXILIAR 24VDC, 1NC • 1NO	BLOQUEO BOMBA MODO ANALOGO	/15.C5				
KA5	CONTACTOR AUXILIAR 24VDC, 1NC • 1NO	ACTIVACIÓN ELECTROVALVULA	/15.C1				
L1C 102.2	SENSOR DE NIVEL ULTRASONICO	MEDICIÓN CONTINUA DE NIVEL TANQUE TK102	/15.C7				
L1, TK101	SENSOR DE NIVEL CAPACITIVO	MEDICIÓN DE NIVEL BAJO TANQUE TK101	/14.C8				
L1, TK102	SENSOR DE NIVEL TIPO BOYA, NO	MEDICIÓN DE NIVEL BAJO TANQUE TK102	/14.C5				
PLUG BANANA	CONECTOR DE TIPO PLUG	TRANSPORTAR SERIAL DE SALIDA ANALÓGICA 0-10V	/12.D6 /15.A8				
RJ45	CONECTOR RJ45	COMUNICACIÓN A TRAVÉS DE CABLE INDUSTRIAL ETHERNET PARA PLC	/11.E2				
SV101	ELECTROVALVULA 24VDC	PERMITIR Y BLOQUEAR PASO DE AGUA TANQUE TK101	/15.C2				
SW1	SWITCH DE 2 VIAS	SELECCIONAR LA MEDICIÓN DE ENTRADA O SALIDA ANALÓGICA	/12.D7				
SW2	SWITCH DE 2 VIAS	SELECCIONAR LA MEDICIÓN DE ENTRADA ANALOGA A1 O A2	/12.C7				
UNIVERSIDAD SALESIANA POLITÉCNICA SALESIANA - GUAYAQUIL			UPS-EL-MCN-06 MÓDULO CONTROL DE NIVEL				
Fecha: 27-11-2018 Elaborado: A. LINDARDO Revisado: S. VERA Aprobado: S. AMPOLLO			PROGRAMAS ESQUEMAS DEL USUARIOS USUARIO DE MATERIALES				5.19.6 5.19.6



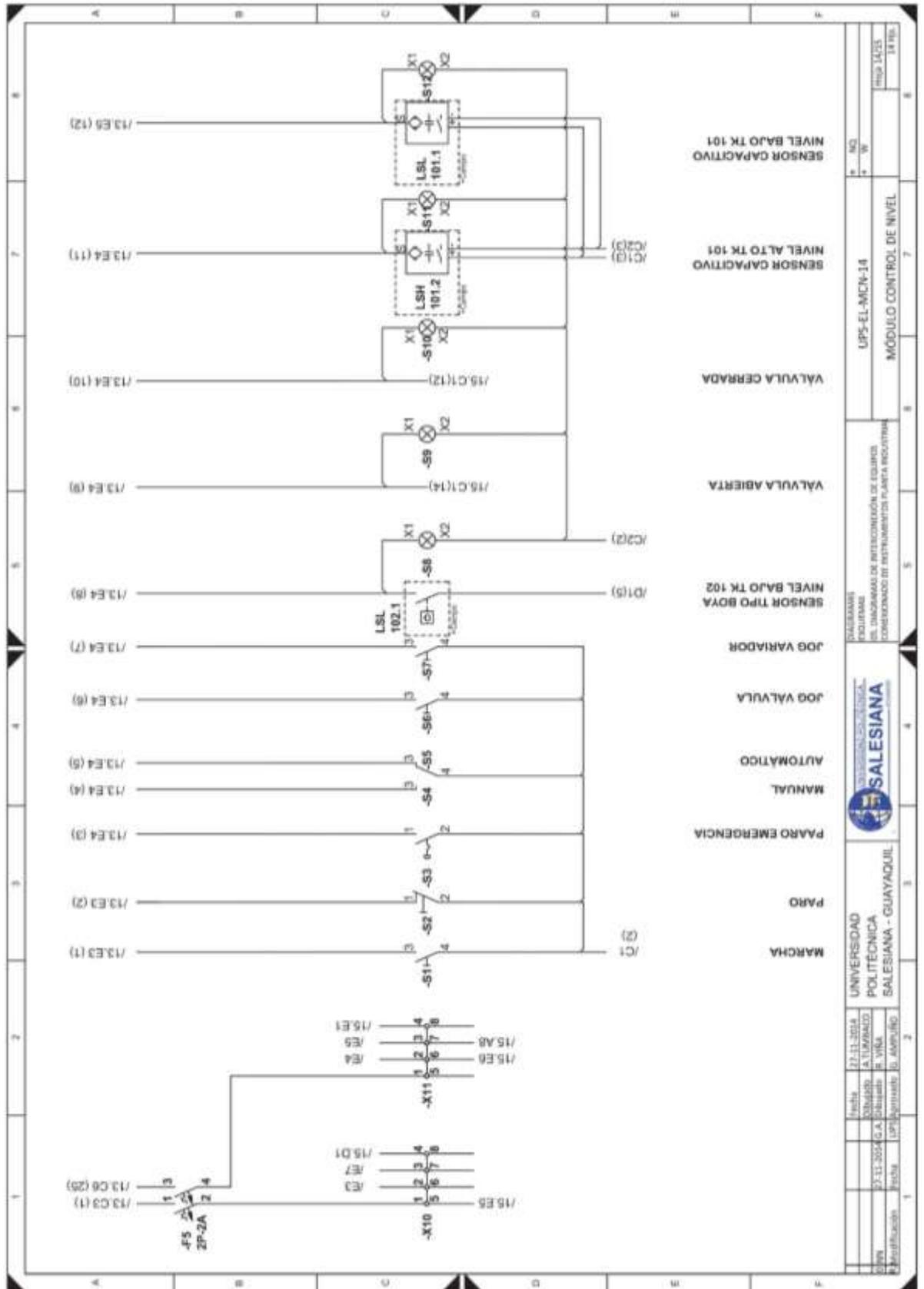
Fecha	12-11-2014	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - GUAYAQUIL	PROGRAMAS DE INGENIERIAS EN SISTEMAS DE FUERZA CORRIENTE DE FUERZA TABLEROS	UPS-EL-MCN-10	MS/NO
Elaborado	ALTIMACCO				W
Revisado	ELIZABETH V. VMA			MÓDULO CONTROL DE NIVEL	
Modificado	UPS				
					Hoja 10/11
					10/11

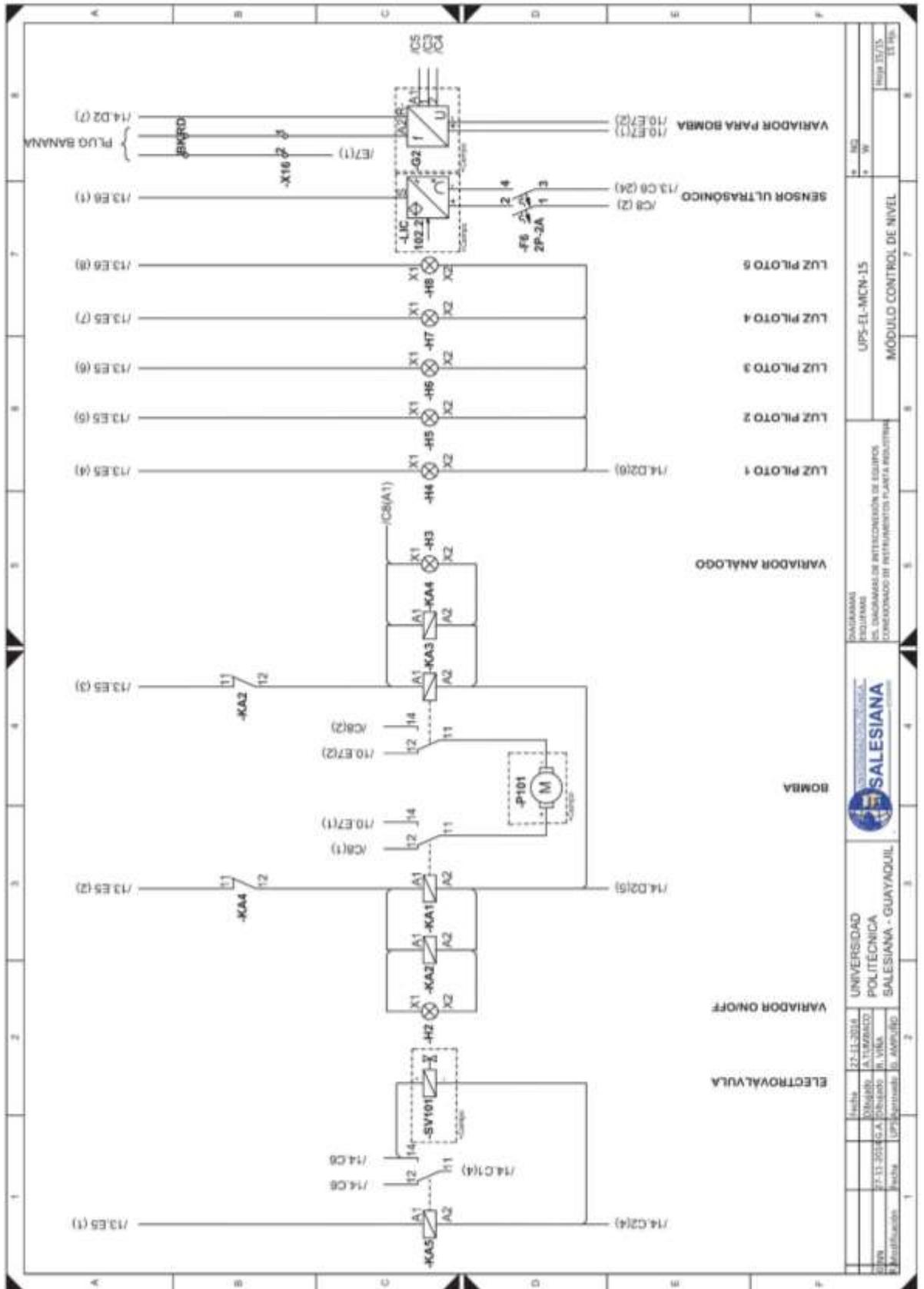


Fecha	27-11-2014	UNIVERSIDAD	LIPS-E1-MCW-13		IND
Elaborado	A. TUMBACO	POLITECNICA	MÓDULO CONTROL DE NIVEL		W
Revisado	E. VILA	SALESIANA			
Fecha	27-11-2014	SALESIANA - GUAYAQUIL			Hoja 12/15
Modificado	S. AMAYIBO				13 Hoj.



PROGRAMA
ELECTRICAL
SOL. DIAGRAMAS DE INTERCONEXION STAND
CONTROLADO DEL TIPO DE PLANTA INDUSTRIAL





UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - GUAYAQUIL		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - GUAYAQUIL	
FECHA: 22-11-2014	NUMERO: A.T.M.B.M.C.D.	FECHA: 22-11-2014	NUMERO: A.T.M.B.M.C.D.
ELABORADO: A.T.M.B.M.C.D.	DISEÑADO: B. VILA	ELABORADO: A.T.M.B.M.C.D.	DISEÑADO: B. VILA
REVISADO: A.T.M.B.M.C.D.	APROBADO: B. VILA	REVISADO: A.T.M.B.M.C.D.	APROBADO: B. VILA
EQUIPO: UPS-EI-MCN-15		EQUIPO: UPS-EI-MCN-15	
MÓDULO CONTROL DE NIVEL		MÓDULO CONTROL DE NIVEL	
Nº DE: 157/15		Nº DE: 157/15	
FECHA: 15/11/15		FECHA: 15/11/15	

Anexo 2. Planos Mecánicos

PLANOS MECÁNICOS

PROYECTO:

MÓDULO CONTROL DE NIVEL

PORTADA

ÍNDICE 01

MÓDULO DE CONTROL

PLANO ESTRUCTURAL MÓDULO DE CONTROL 02

PLANO DE DISPOSICIÓN DE EQUIPOS MÓDULO DE CONTROL 03

DISEÑO DE PERFORACIONES PLACA METÁLICA MÓDULO DE CONTROL 04

DISEÑO DE IMPRESIÓN PLACA METÁLICA MÓDULO DE CONTROL 05

MÓDULO PLANTA INDUSTRIAL

PLANO ESTRUCTURAL MÓDULO DE PLANTA INDUSTRIAL 06

DISEÑO DE PERFORACIONES PLACA METÁLICA MÓDULO PLANTA 07

DISEÑO DE IMPRESIÓN PLACA METÁLICA MÓDULO PLANTA 08

PLANTA INDUSTRIAL

PLANO EQUIPOS EN PLANTA INDUSTRIAL 09

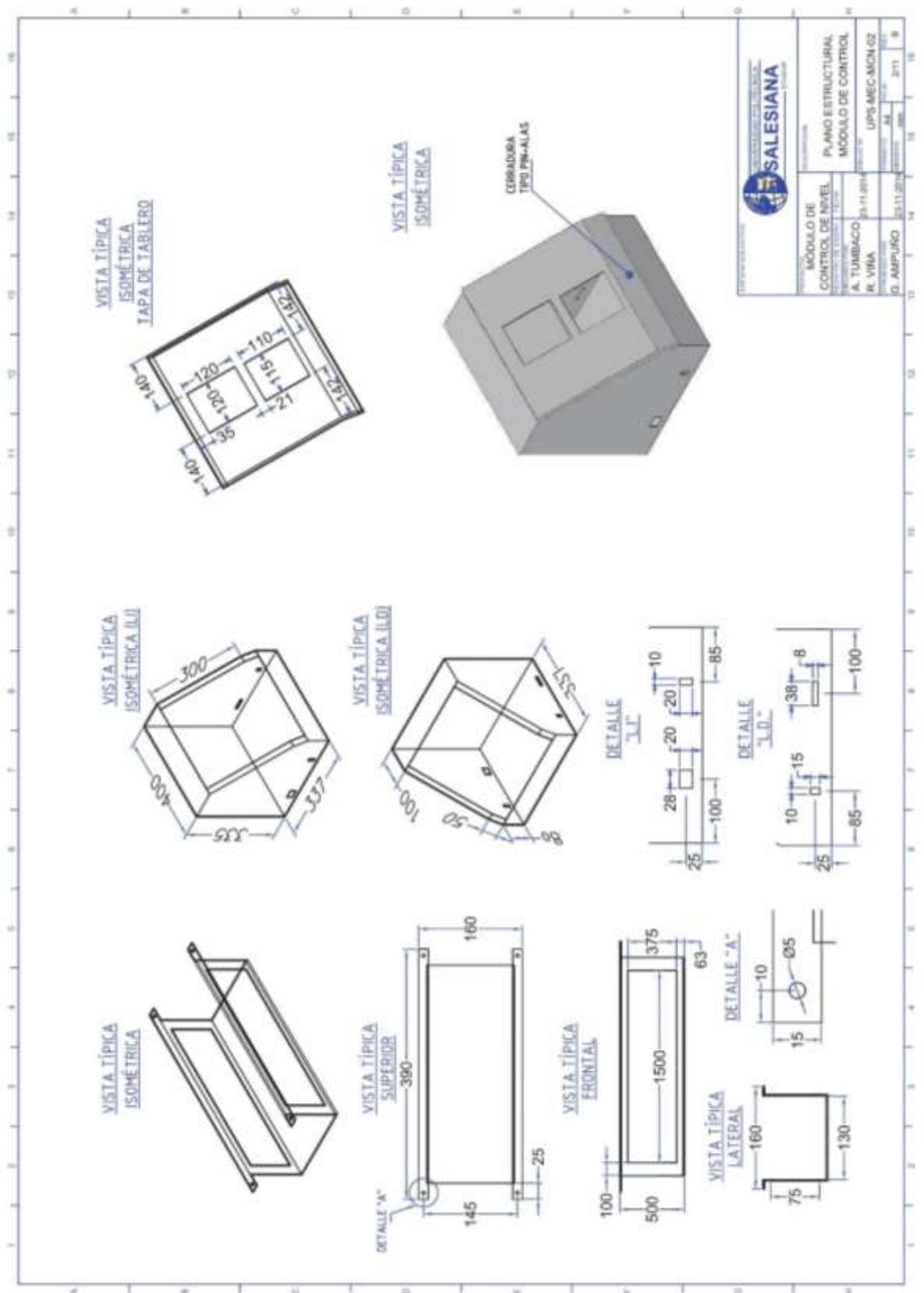
ESTRUCTURA PLANTA INDUSTRIAL

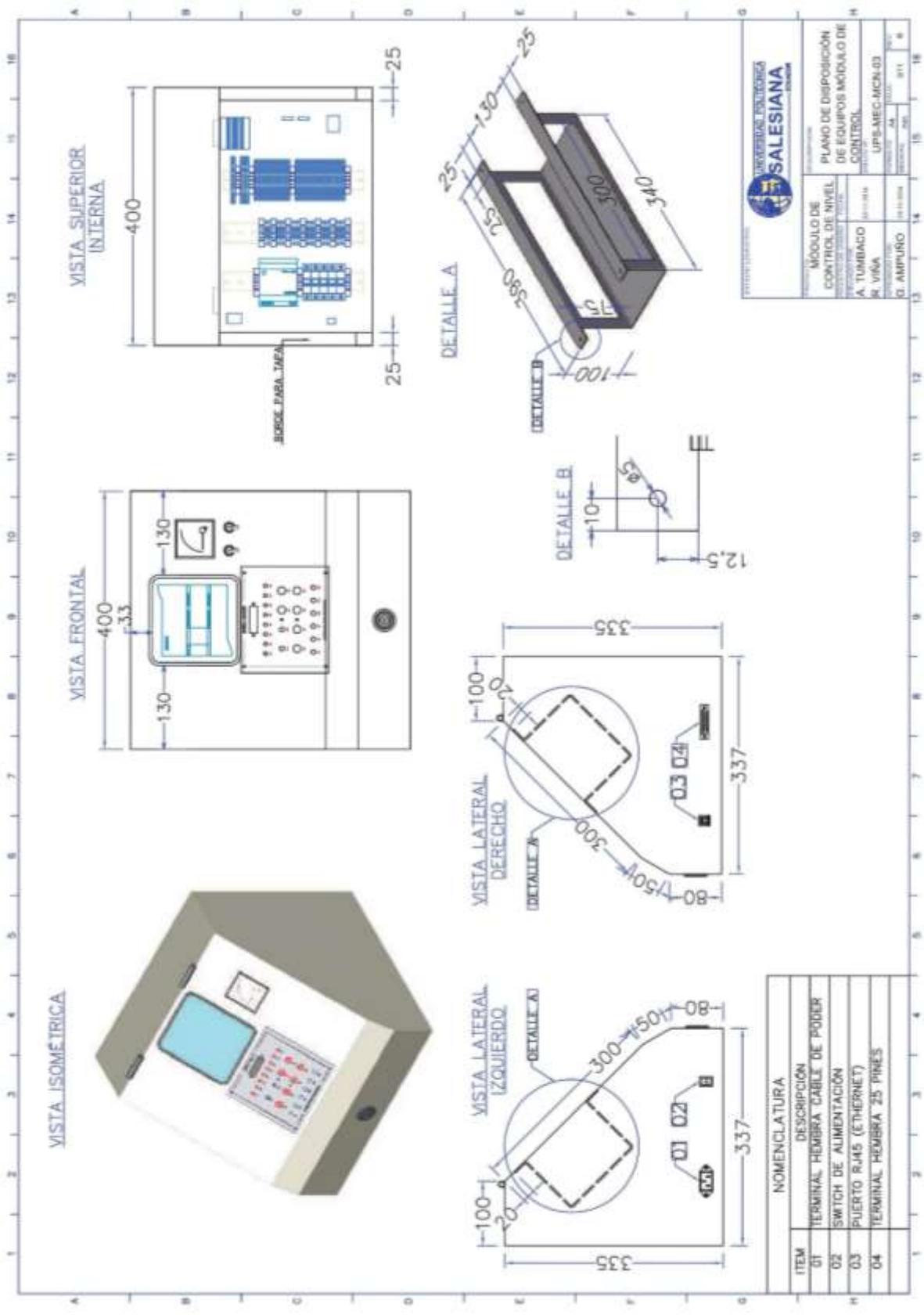
PLANO ESTRUCTURAL DEL SOPORTE DE MÓDULOS Y PLANTA 10

PLANTA INDUSTRIAL

PLANO PROYECTO CONTROL DE NIVEL 11

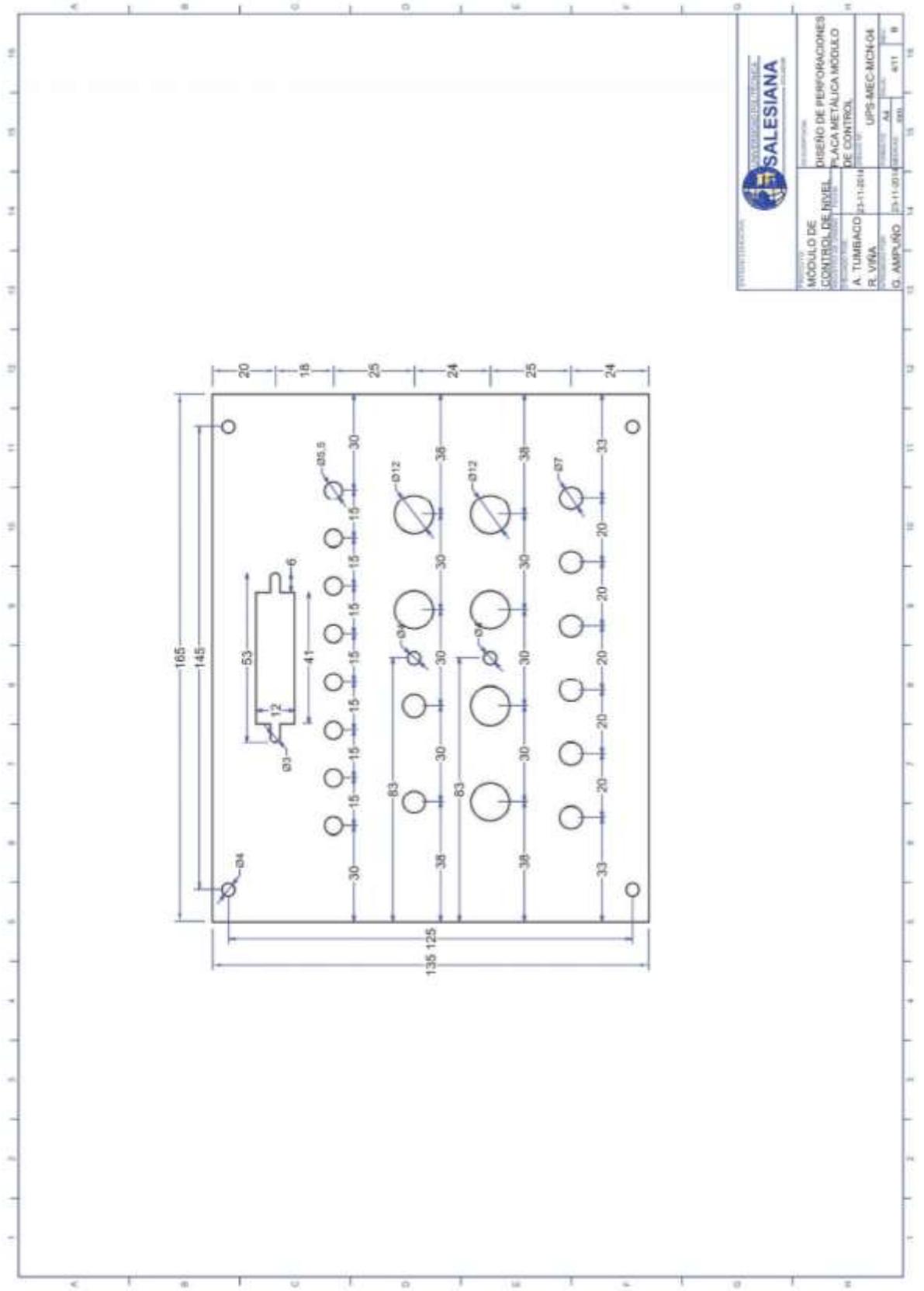
		INDICE	
		LPS-MEC-MCN-01	
A. TURBACO	05/11/2014	01	B
R. VERA	05/11/2014	01	B
G. AMPUÑO	05/11/2014	01	B

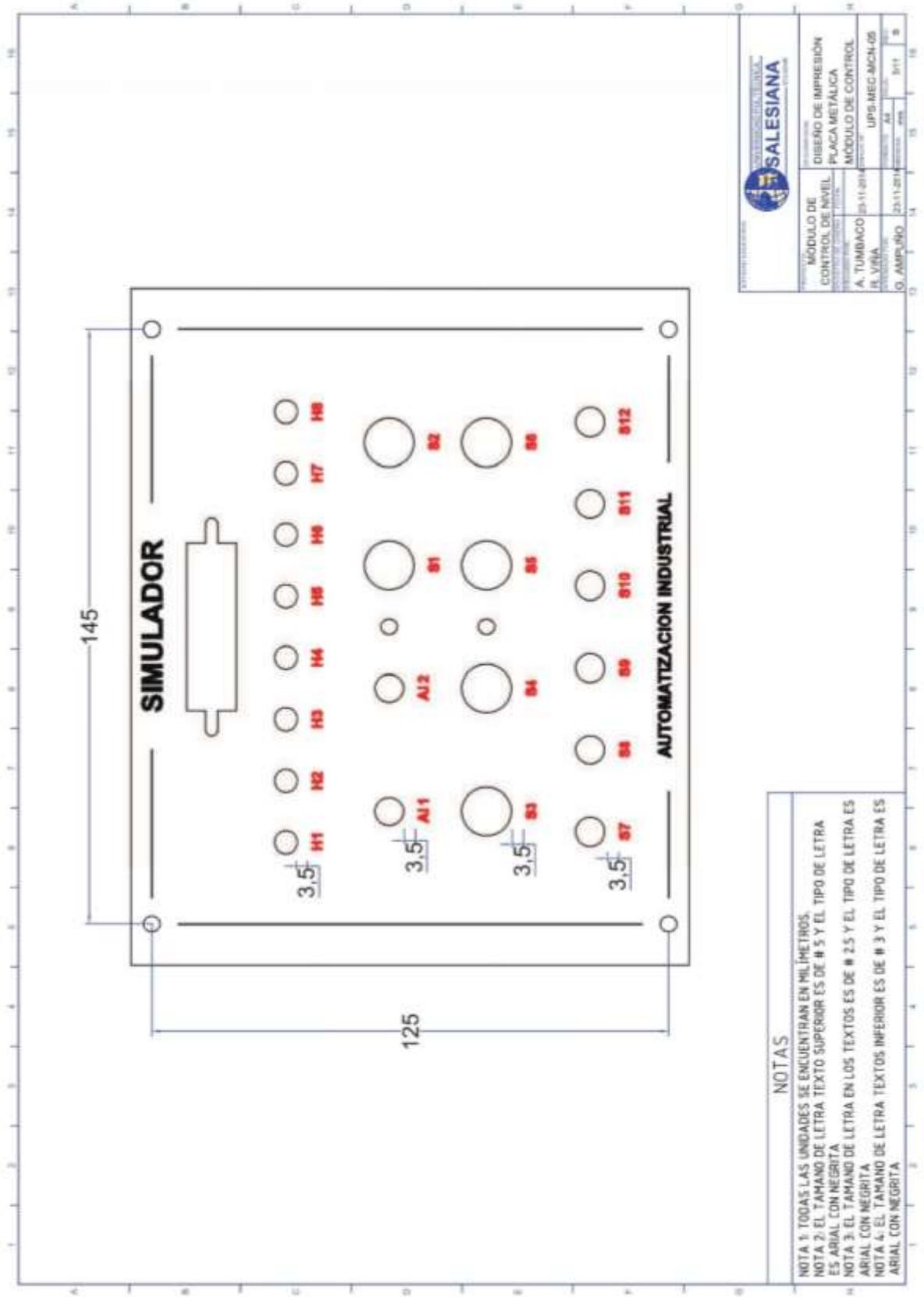


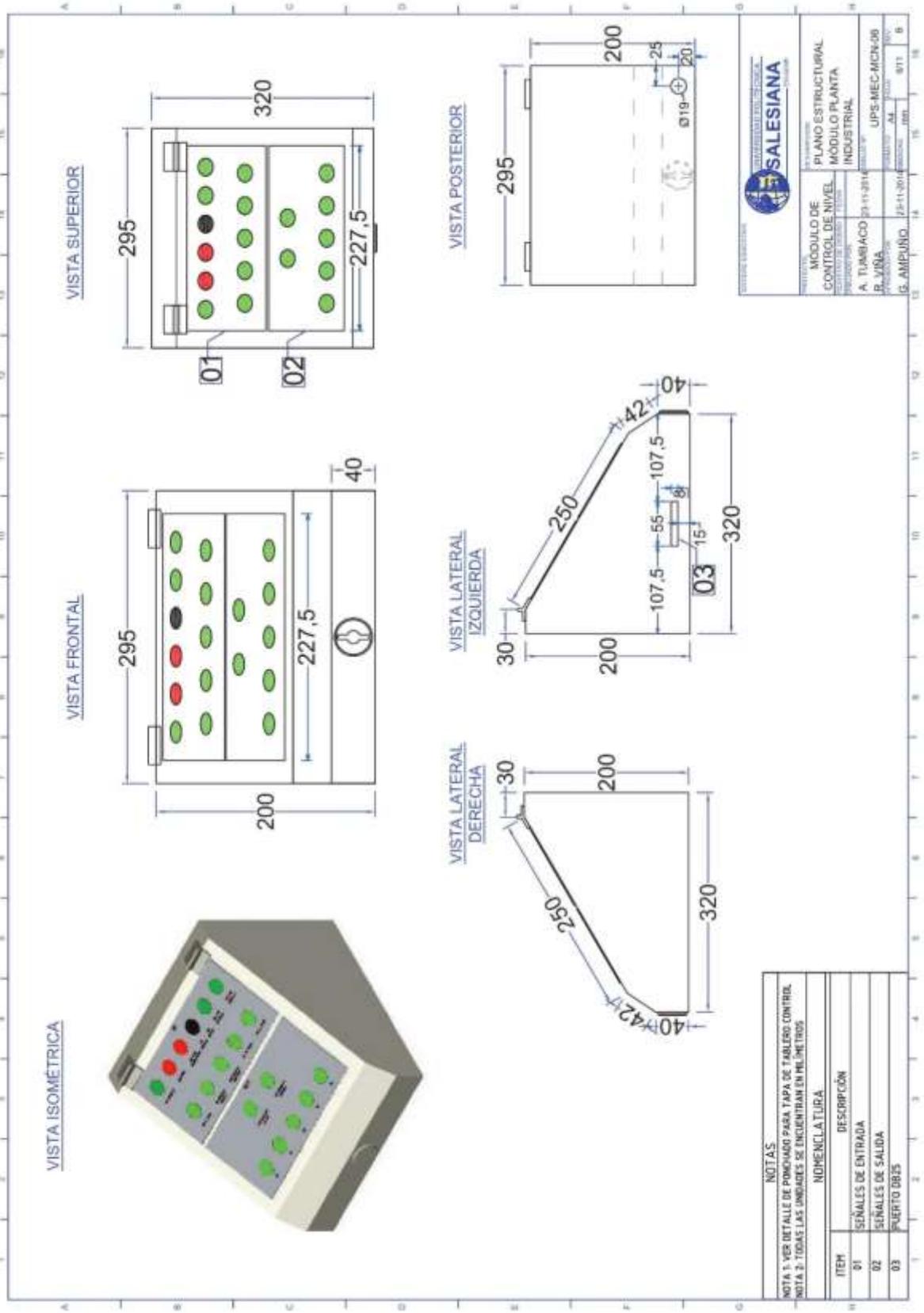


 UNIVERSIDAD SALESIANA Pontificia	
MODULO DE CONTROL DE NIVEL DE EQUIPOS MODULO DE CONTROL	
A. TUMBAO	01-10-14
R. VIÑA	01-11-14
G. AMPURIO	01-11-14
PROFESOR	01-11-14
ALUMNO	01-11-14
01	01
02	01
03	01
04	01

NOMENCLATURA	
ITEM	DESCRIPCION
01	TERMINAL HEMBRA CABLE DE PODER
02	SWTCH DE ALIMENTACION
03	PUERTO RJ45 (ETHERNET)
04	TERMINAL HEMBRA 25 PINES







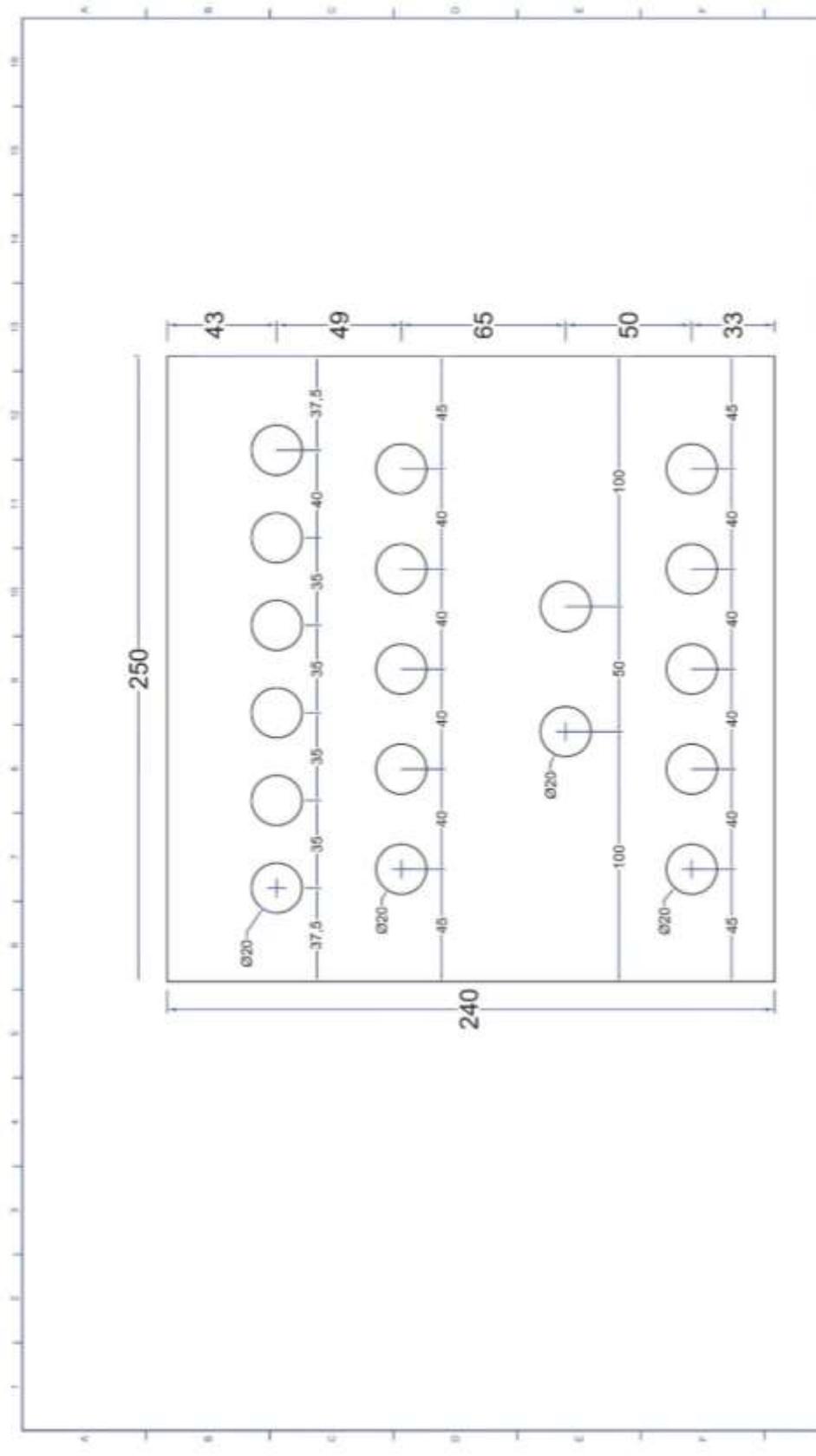
 SALESIANA UNIVERSIDAD SALESIANA	
MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL INDUSTRIAL	
PLANTA INDUSTRIAL	
A. TUMBACCO	B. VINA
G. AMPUÑO	B.

NOTAS:

NOTA 1. VER DETALLE DE PUNCHADO PARA TAPA DE TABLERO CONTROL.

NOTA 2. TODAS LAS MEDIDAS SE ENCUENTRAN EN MILÍMETROS.

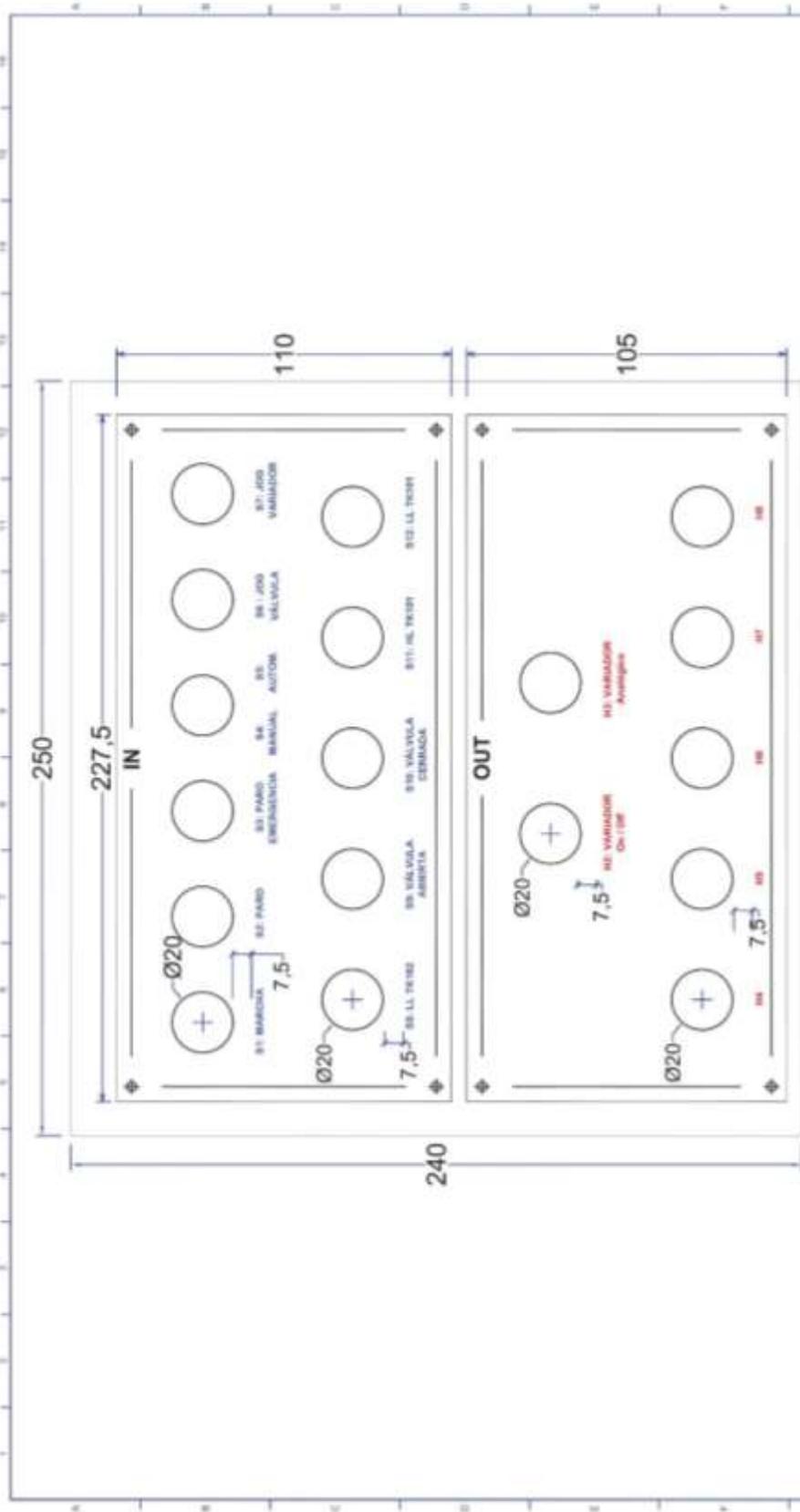
NOMENCLATURA	
ITEM	DESCRIPCIÓN
01	SENALES DE ENTRADA
02	SENALES DE SALIDA
03	PUERTO DRIS



 SALESIANA UNIVERSIDAD SALESIANA	
MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL	DISEÑO DE PERFORACIONES
PLATA METALICA MODULO	PLANTA INDUSTRIAL
A. TUMBACO	11/08/14
R. VERA	
D. AMPUERO	11/11/2014
	AV
	000
	111
	B

NOTAS

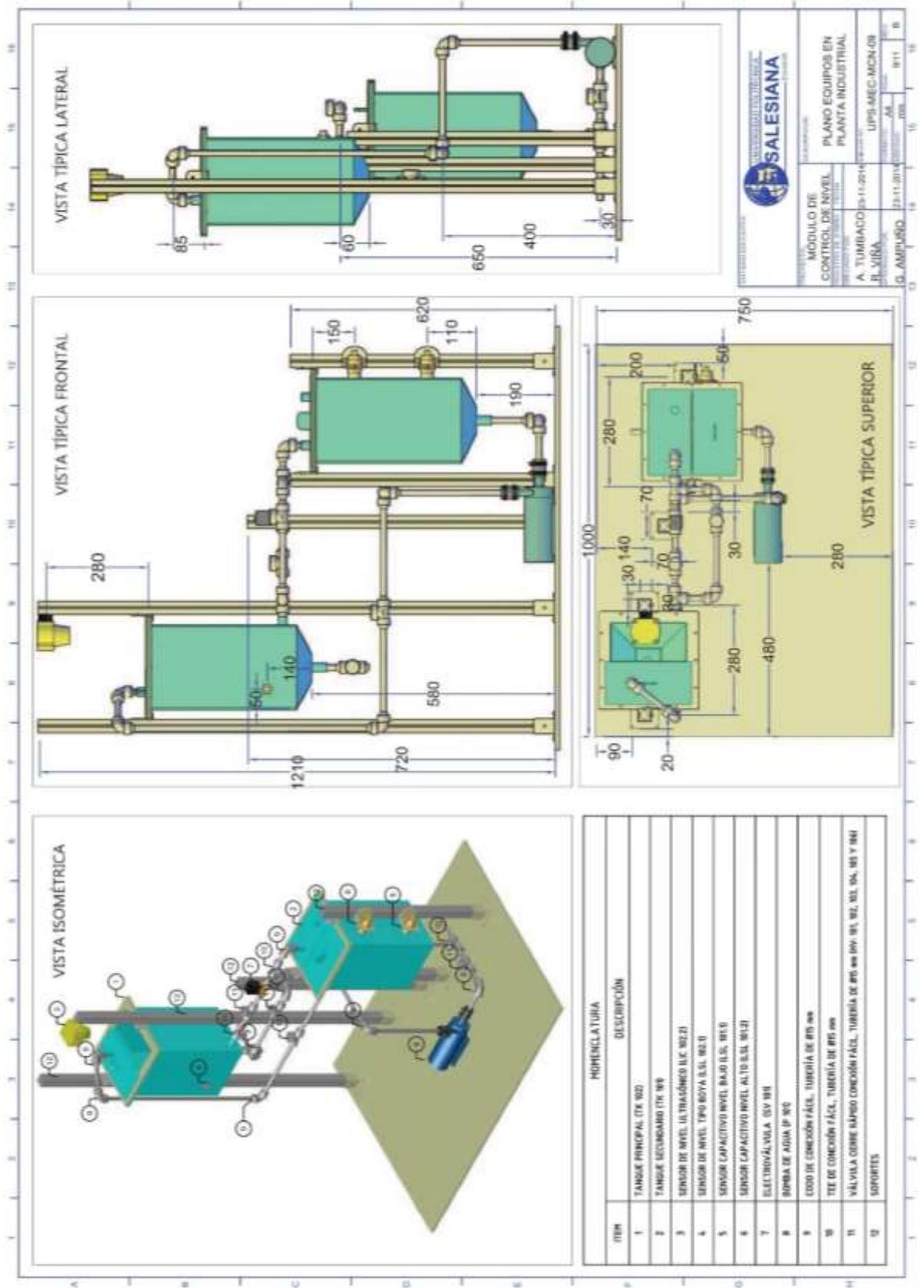
NOTA: TODAS LAS UNIDADES SE ENCUENTRAN EN MILÍMETROS.



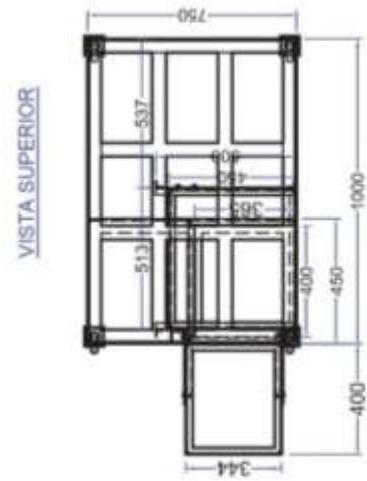
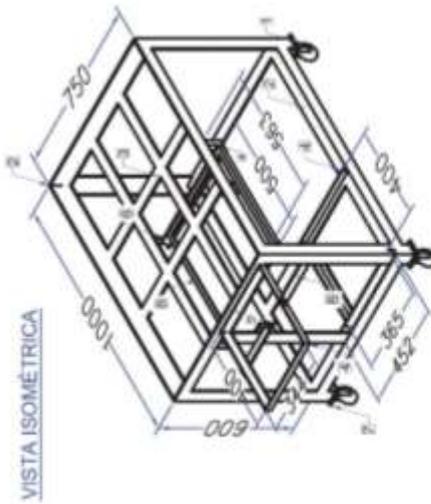
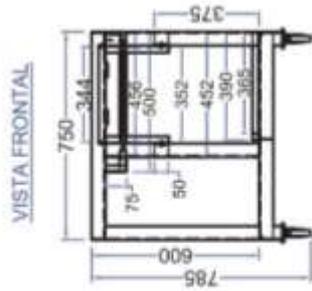
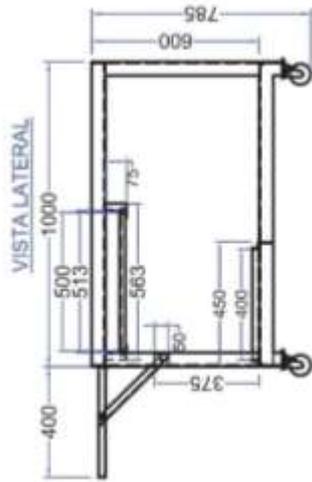
MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL		DISEÑO DE IMPRESIÓN	
PLACA METÁLICA MÓDULO		PLANTA INDUSTRIAL	
A. TUMBADO	3111/014		
R. VINA	3111/014	LPSI-ABC-MCN-08	
D. AMPURO	3111-214	AL	911

NOTAS

NOTA 1: TODAS LAS UNIDADES SE ENCUENTRAN EN MILÍMETROS.
 NOTA 2: EL TAMAÑO DE LETRA EN TÍTULOS ES DE # 5 Y EL TIPO DE LETRA ES ARIAL CON NEGRITA
 NOTA 3: EL TAMAÑO DE LETRA EN LOS TEXTOS ES DE # 2.5 Y EL TIPO DE LETRA ES ARIAL CON NEGRITA



MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL
 PLANTA EQUIPOS EN PLANTA INDUSTRIAL
 A. TUMBACCO
 B. VISA
 D. AMPURIO



ITEM	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANT.
1	PLANCHA 1000 X 800 X 15	DALYANZADA	1
2	PLACA CUADRADA 100 X 100 X 6	ASTM A-36	4
3	PERFIL L AL 25 X 4 ; Long = 2500 mm	ASTM A-36	1
4	VIGAS TORNEADAS DE 2 SECCIONES PARA SOLDAR	ASTM A-36	2
5	PERFIL L AL 20 X 3 ; Long = 4400 mm	ASTM A-36	1
6	PERFIL L AL 50 X 6 ; Long = 1500 mm	ASTM A-36	2
7	RUEDAS SPLIP DE CUERPO METÁLICO		4

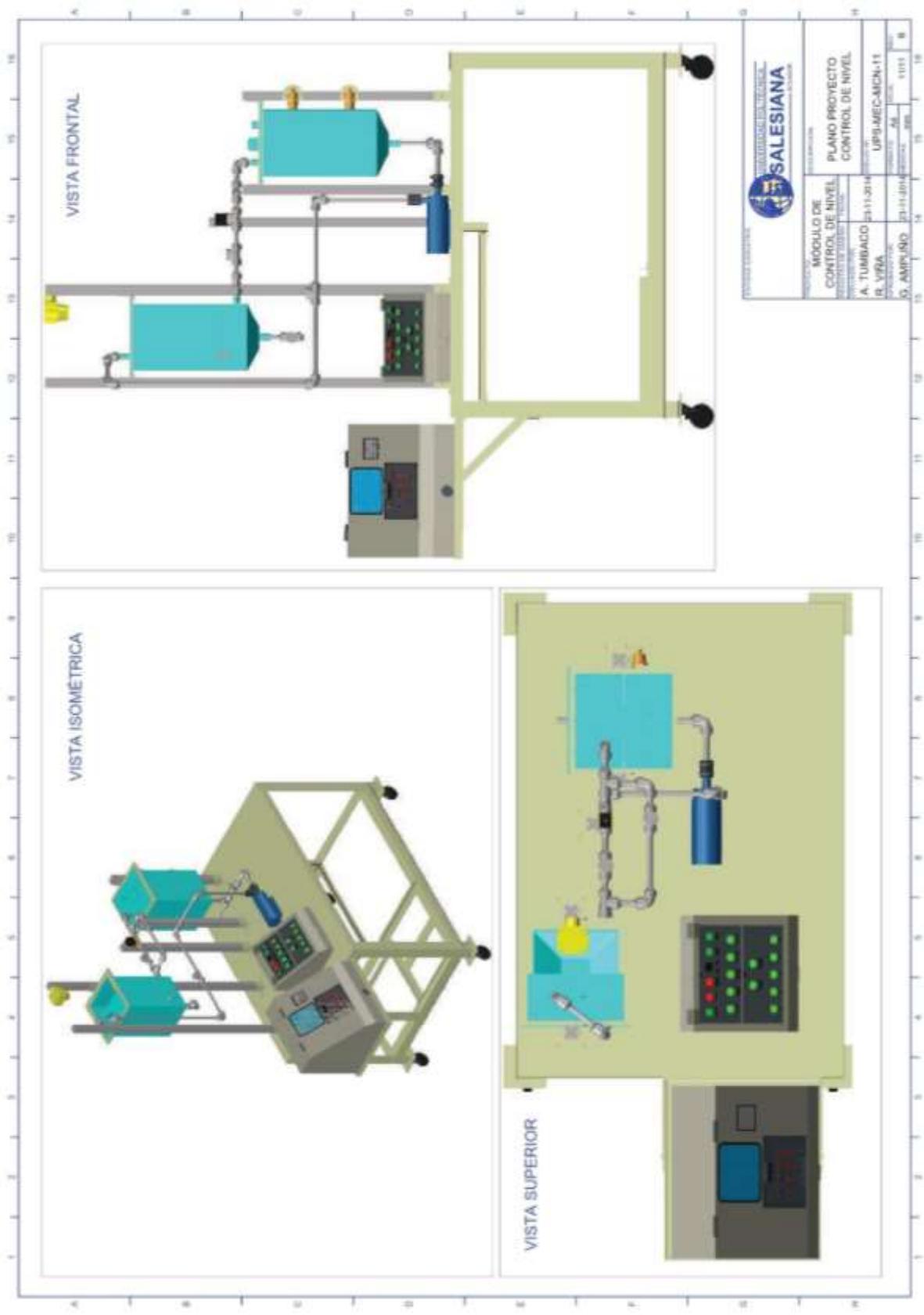
LISTADO DE MATERIALES



PROYECTO:	MODULO DE CONTROL DE NIVEL
OBJETIVO:	PLANO ESTRUCTURAL DEL SOPORTE DE MODULOS Y PLANTA INDUSTRIAL
FECHA:	18-11-2014
ELABORADO POR:	A. TUMBACCO
REVISADO POR:	R. VINA
APROBADO POR:	LIPS-MEC-MCN-10
FECHA DE APROBACION:	18-11-2014
FECHA DE EMISION:	18-11-2014
FECHA DE REVISION:	18-11-2014
FECHA DE CANCELACION:	18-11-2014

NOTAS

NOTA 1: TODAS LAS UNIDADES SE ENCUENTRAN EN MILIMETROS.
 NOTA 2: VER EN CADA LÁMINA DETALLES CONSTRUCTIVOS DE SOPORTE.

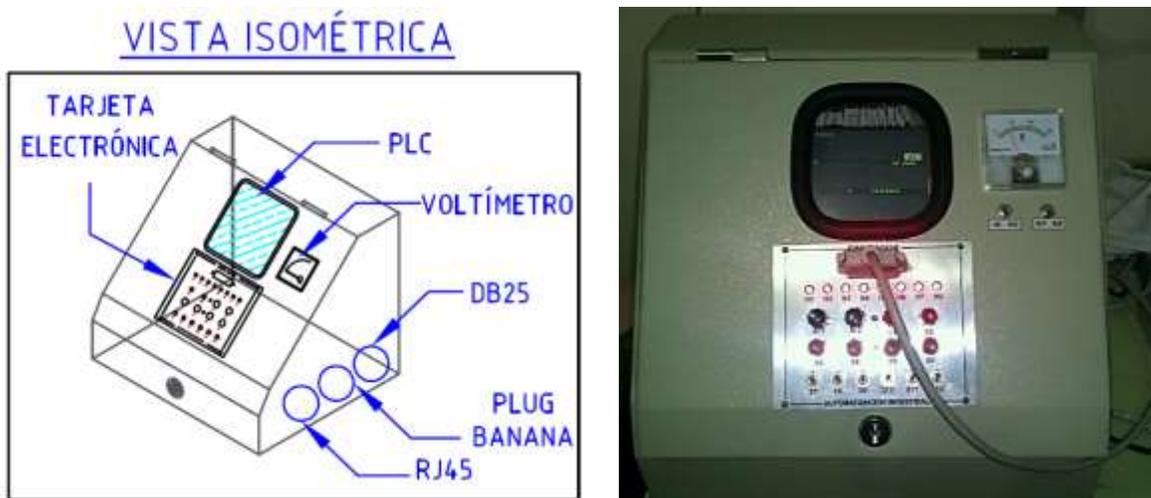


		PRÁCTICA #1	
		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL		
CARRERA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA SEDE GUAYAQUIL		
PRÁCTICA	#1		

Anexo 3: Prácticas

- a. TEMA
INTRODUCCIÓN A LA PLANTA INDUSTRIAL A ESCALA.
- b. OBJETIVO GENERAL
Verificar el funcionamiento, características y elementos de proceso que se encuentran en la planta industrial didáctica, además de los planos de interconexión eléctricos de los tableros. Conocer elementos de entradas como sensores capacitivos, ultrasónicos, pulsadores, también actuadores como electroválvula, bomba.
- c. RECURSOS UTILIZADOS
Las laptops con el software TIA PORTAL DE SIEMENS.
Módulos de PLCs S7-1200, Cable DB25, RJ45
Planta industrial
- d. MARCO PROCEDIMENTAL
Conocer los equipos y elementos que está conformada la planta industrial a escala. Sus planos de interconexión eléctricos, los P&ID y diseño de la distribución de elementos en los tableros de control.
- e. REGISTRO DE RESULTADOS

FIGURA 1: TABLERO DEL MÓDULO DE CONTROL



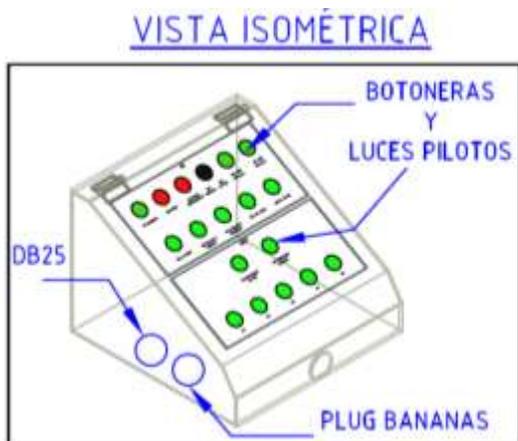
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 2: ELEMENTOS DEL MÓDULO DE CONTROL



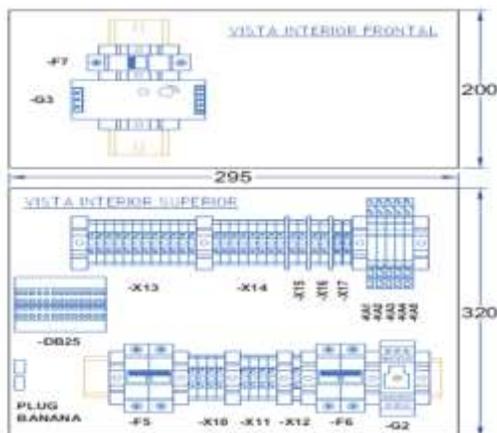
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 3: TABLERO DE LA PLANTA INDUSTRIAL



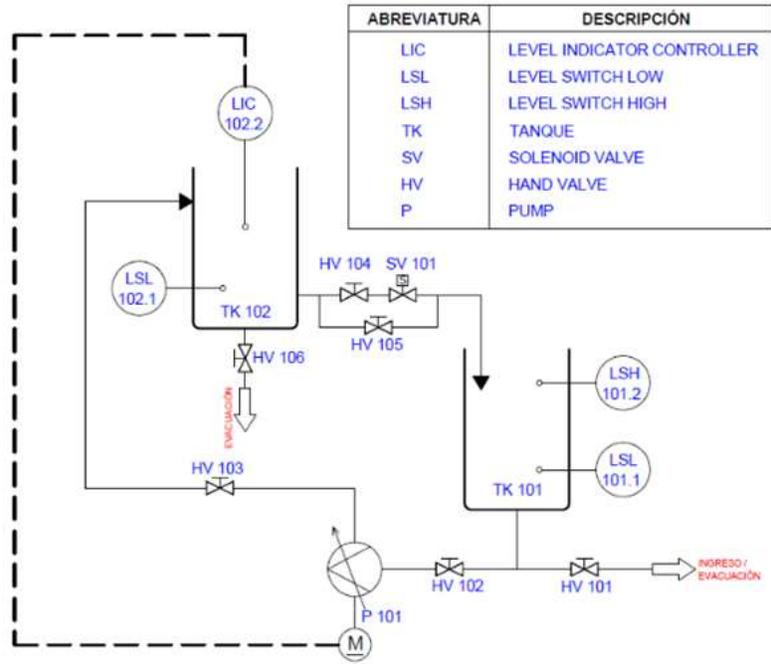
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 4: DISTRIBUCIÓN INTERNA DEL TABLERO DE LA PLANTA INDUSTRIAL



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 5: P&ID DE PLANTA INDUSTRIAL



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 6: PLANTA INDUSTRIAL



FUENTE: LOS AUTORES

ELEMENTO	TAG	DESCRIPCIÓN
	TK 101	Reservorio TK 101, capacidad de 10 lts, llenado por la parte superior, vaciado por la parte inferior central. Control del nivel sensor LSL 101.1 y LSH 101.2.
	TK 102	Reservorio TK 102, capacidad de 10 lts, llenado por la parte superior, vaciado por la parte inferior central o la parte lateral derecha. Control del nivel sensor LSL 102.1 y LIC 102.2.
	P 101	Bomba P 101, rango de voltaje de 0 – 24VDC, 25W. Control mediante salida H2 24VDC o H3 de forma analógica. Verificar los niveles de agua, y válvulas manuales antes de encenderla.
	SV 101	Electroválvula SV 101, estado normalmente cerrada, se abre con 24VDC. Control mediante salida Q0.0, confirmación de abierta S9, confirmación de cerrada S10.

		<p>LSL 101.1</p>	<p>Sensor de nivel bajo del TK 101, LSL 101.1, tipo capacitivo. Alimentación y señal 24VDC-PNP, desde 1-25mm detección. Señal de control S12.</p>
		<p>LSH 101.2</p>	<p>Sensor de nivel alto del TK 101, LSH 101.2, tipo capacitivo. Alimentación y señal 24VDC-PNP, desde 1-25mm detección. Señal de control S11.</p>
		<p>LSL 102.1</p>	<p>Sensor de nivel bajo del TK 102, LSL 102.1, tipo boya. Señal 24VDC. Señal de control S8</p>
		<p>LIC 102.2</p>	<p>Indicador de control de nivel del TK 102, LIC 102.2, tipo ultrasónico. Alimentación 24VDC, señal 0-10VDC o 4-20mA, desde 200mm-8m detección. Señal de control AI1.</p>
		<p>HV 101 HV 102 HV 103 HV 104 HV 105 HV 106</p>	<p>Válvulas manuales, desde HV 101-HV 106, se pueden abrir o cerrar dependiendo el control a realizar.</p>
		<p>A1</p>	<p>Controlador lógico programable A1, PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C-AC/DC/RLY. Señales 14 IN, 10 OUT, 2 AI. Tarjeta de salida analógica AO 0-10VDC o 4-20mA.</p>

f. ANEXO

Listado de señales de control

CANAL	TAG	BORNERA	DESCRIPCIÓN	
			T. CONTROL	PLANTA INDUSTRIAL
I0.0	S1	X6.1	PULSADOR 1	MARCHA
I0.1	S2	X6.2	PULSADOR 2	PARO
I0.2	S3	X6.3	PULSADOR 3	PARO EMERGENCIA
I0.3	S4	X6.4	PULSADOR 4	SELECTOR (MANUAL)
I0.4	S5	X6.5	PULSADOR 5	SELECTOR (AUTOMÁTICO)
I0.5	S6	X6.6	PULSADOR 6	JOG VÁLVULA
I0.6	S7	X6.7	SWITCH 1	JOG VARIADOR
I0.7	S8	X6.8	SWITCH 2	SENSOR TIPO BOYA (LL TK102)
I1.0	S9	X6.9	SWITCH 3	CONFIRMACIÓN VÁLVULA ABIERTA
I1.1	S10	X6.10	SWITCH 4	CONFIRMACIÓN VÁLVULA CERRADA
I1.2	S11	X6.11	SWITCH 5	SENSOR CAPACITIVO (HL TK101)
I1.3	S12	X6.12	SWITCH 6	SENSOR CAPACITIVO (LL TK101)
Q0.0	H1	X7.1	LED 1	ACCIONAMIENTO VÁLVULA
Q0.1	H2	X7.2	LED 2	VARIADOR MODO ON/OFF
Q0.2	H3	X7.3	LED 3	VARIADOR MODO ANALÓGICO
Q0.3	H4	X7.4	LED 4	LUZ PILOTO (H4)
Q0.4	H5	X7.5	LED 5	LUZ PILOTO (H5)
Q0.5	H6	X7.6	LED 6	LUZ PILOTO (H6)
Q0.6	H7	X7.7	LED 7	LUZ PILOTO (H7)
Q0.7	H8	X7.8	LED 8	LUZ PILOTO (H8)
AI0	AI1	X8.1	POT. 1	SENSOR DE NIVEL ULTRASÓNICO
AI1	AI2	X8.2	POT. 2	RESERVA
A0+	AI1	X9.1	VOLTÍMETRO	VARIADOR
1M	0VDC	X5.1	0VDC	0VDC

		PRÁCTICA #2	
		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL		
CARRERA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA SEDE GUAYAQUIL		
PRÁCTICA	#2		

- a. TEMA
AUTÓMATA PROGRAMABLE COMO ELEMENTO DE CONTROL DE PROCESOS.
- b. OBJETIVO GENERAL
Verificar mediante prácticas el funcionamiento del software TIA Portal de Siemens, su entorno de trabajo, las herramientas que ofrece para realizar diferentes tipos de controles.
- c. RECURSOS UTILIZADOS
Las laptops con el software TIA PORTAL DE SIEMENS.
Módulos de PLCs S7-1200, Cable DB25, RJ45
Planta industrial
- d. MARCO PROCEDIMENTAL
Conocer el entorno, las herramientas y demás funciones tecnológicas que ofrece el software TIA Portal de Siemens para la programación de las diferentes prácticas a desarrollar durante el ciclo. El manejo para la programación de la lógica del controlador, la configuración de los HMI además de las conexiones
- e. REGISTRO DE RESULTADOS
TIA Portal proporciona un entorno de fácil manejo para programar la lógica del controlador, configurar la visualización de HMI y definir la comunicación por red. Para aumentar la productividad, TIA Portal ofrece dos vistas diferentes del proyecto, a saber: Distintos portales orientados a tareas y organizados según las funciones de las herramientas (vista del portal) o una vista orientada a los elementos del proyecto (vista del proyecto). El usuario puede seleccionar la vista que considere más apropiada para trabajar eficientemente. Con un solo clic es posible cambiar entre la vista del portal y la vista del proyecto.
Con los siguientes pasos se puede crear un proyecto para SIMATIC S7-1200 y programar la solución para las tareas planteadas:
1. La herramienta central es el "**Totally Integrated Automation Portal**", que se abre aquí haciendo doble clic. (-- Totally Integrated Automation Portal V12)

FIGURA 1: TIA Portal



FUENTE: LOS AUTORES

- Los programas para SIMATIC S7-1200 se administran en proyectos. Un proyecto de este tipo se crea en la vista del portal (-- Create new project (Crear proyecto) – Nombre del proyecto -- Create (Crear))

FIGURA 2: VISTA DEL PORTAL



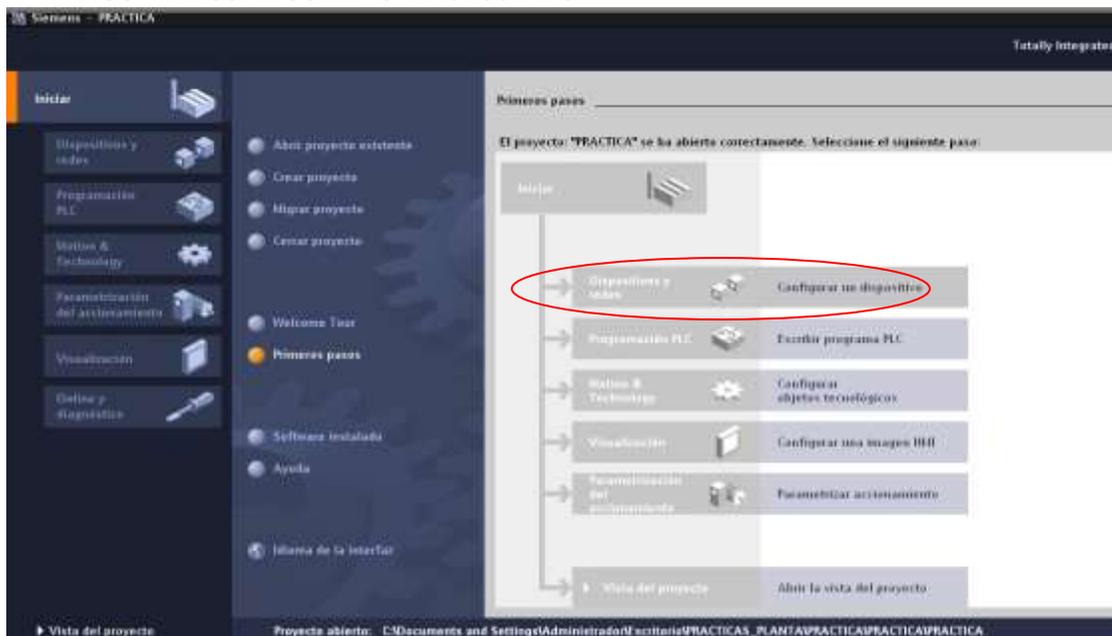
Vista del portal

- Portales para las diferentes tareas
- Tareas del portal seleccionado
- Panel de selección para la acción seleccionada
- Cambia a la vista del proyecto

FUENTE: LOS AUTORES

- Ahora se proponen los "First steps (Primeros pasos)" de configuración. En primer lugar nos interesa la opción "Configure a device (Configurar un dispositivo)". (-- First steps (Primeros pasos) -- Configure a device (Configurar un dispositivo))

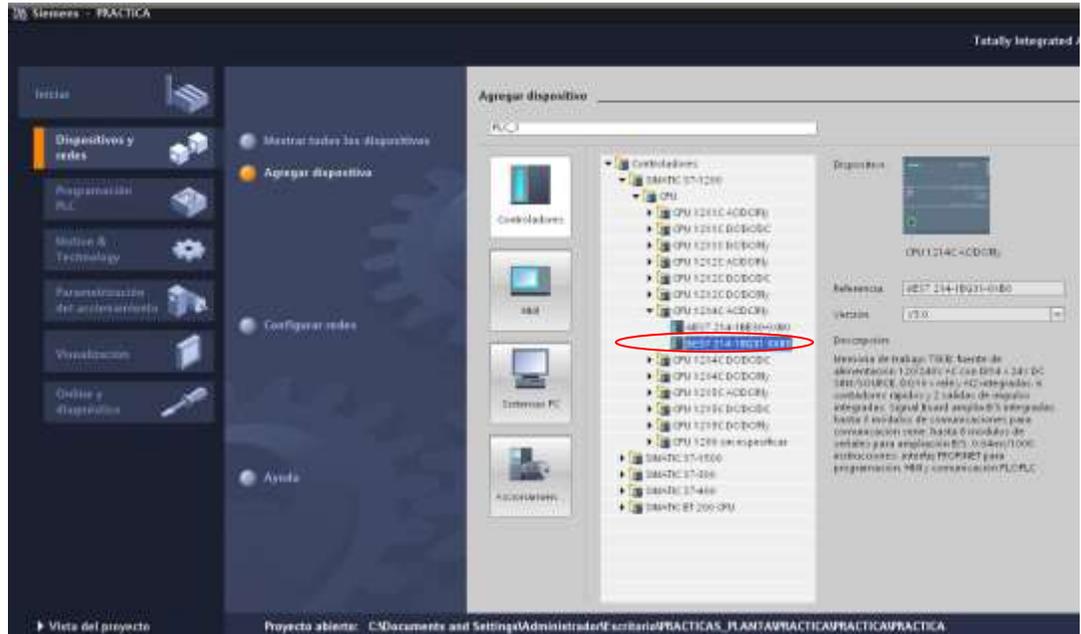
FIGURA 4: CONFIGURAR UN DISPOSITIVO



FUENTE: LOS AUTORES

4. A continuación, elegimos **"Add new device (Agregar dispositivo)"** y escribimos el **"Device name (Nombre de dispositivo)"**. Para ello, seleccionamos del catálogo **"CPU1214C"** con la referencia correspondiente.

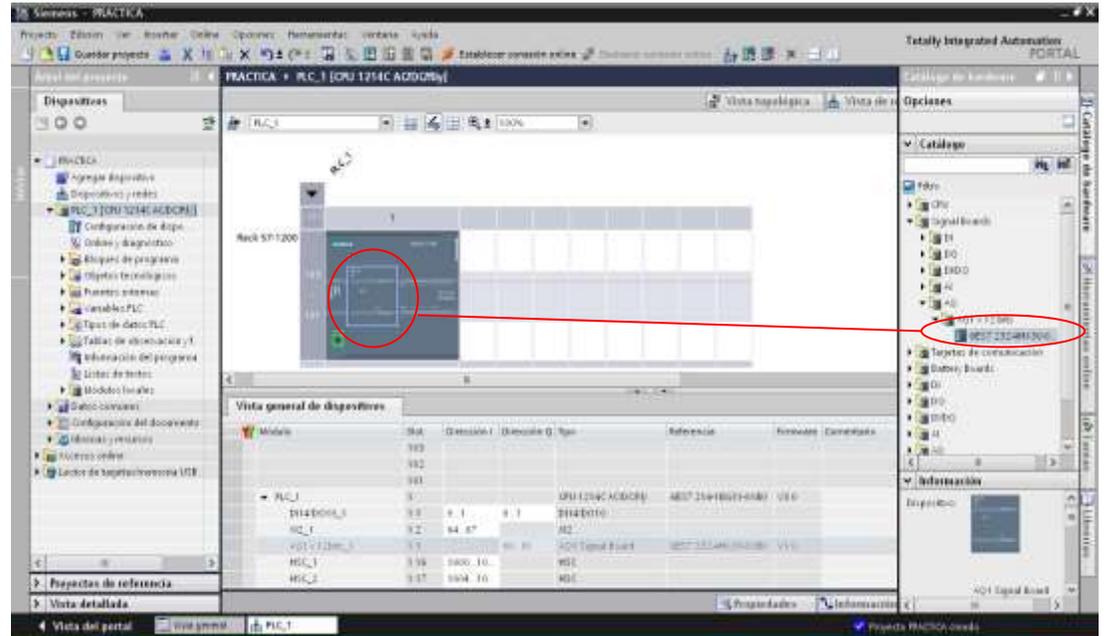
FIGURA 5: AGREGAR PLC



FUENTE: LOS AUTORES

5. El software cambia automáticamente a la vista del proyecto con la configuración de hardware abierta. Aquí se pueden agregar módulos adicionales del catálogo de hardware (derecha). Adicionalmente se puede introducir el Signal Board para una salida analógica, mediante "arrastrar y soltar" desde el catálogo. (-- Catalog (Catálogo) -- Signal board -- AO1 x 12 bits -- 6ES7 232-...))

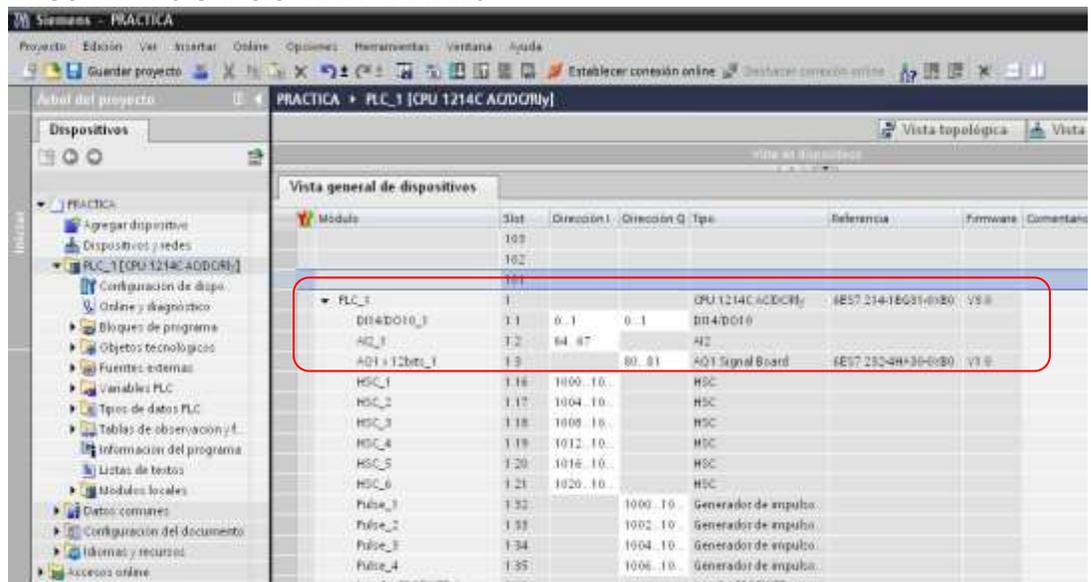
FIGURA 6: AGREGAR SIGNAL BOARD



FUENTE: LOS AUTORES

- En "Device overview (Vista general de dispositivos)" se pueden ajustar las direcciones de las entradas/salidas. Las entradas analógicas integradas de la CPU tienen las direcciones IW64 - IW66 y las entradas digitales integradas, las direcciones IO.0 - I1.3. La dirección de la salida analógica en el Signal Board es QW80 (-- Device overview (Vista general de dispositivos) -- AO1 x 12 bits -- 80...81)

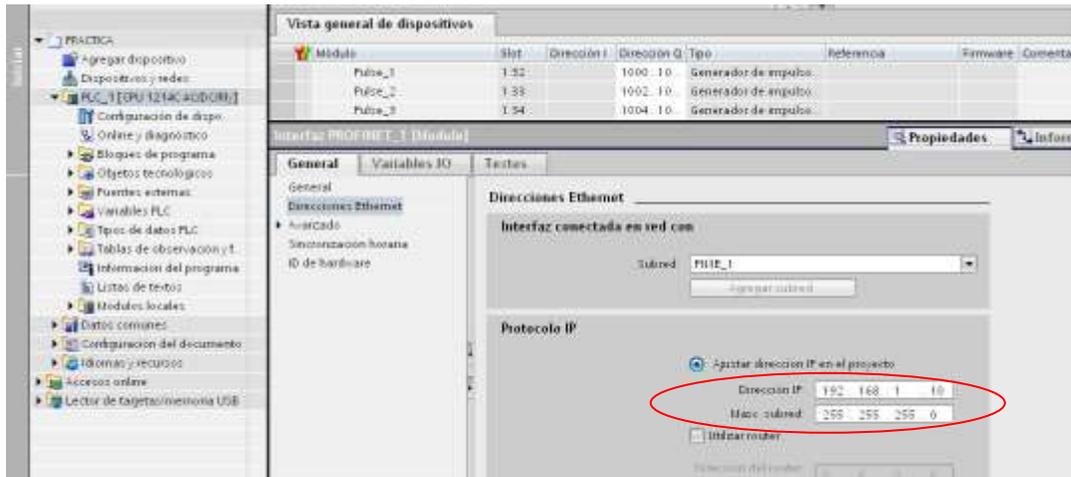
FIGURA 7: ASIGNACIÓN DE VARIABLES



FUENTE: LOS AUTORES

- Para que el software acceda posteriormente a la CPU correcta, deben configurarse su dirección IP y la máscara de subred. (-- Properties (Propiedades) -- General (General) -- PROFINET interface (Interfaz PROFINET) -- Ethernet addresses (Direcciones Ethernet) -- IP address (Dirección IP): 192.168.1.10 -- Subnet mask (Máscara de subred): 255.255.255.0)

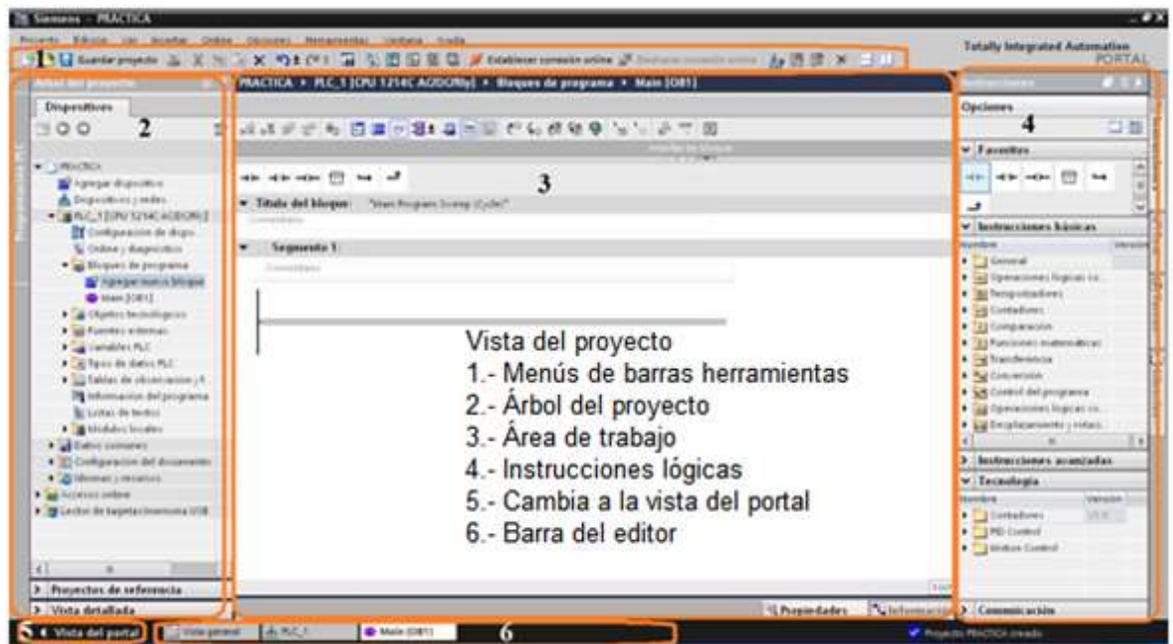
FIGURA 8: DIRECCIÓN ETHERNET PLC



FUENTE: LOS AUTORES

- Una vez agregada la dirección IP se abre el Main OB1 donde se realizarán la lógica de programación que se le cargará al controlador. (PLC_1.... – Bloque de Programas – (Doble click) Main OB1)

FIGURA 9: VISTA DEL PROYECTO



FUENTE: LOS AUTORES

		PRÁCTICA #3	
		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL		
CARRERA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA SEDE GUAYAQUIL		
PRÁCTICA	#3		

- a. TEMA
FUNCIONALIDAD DE SENSORES CAPACITIVOS PARA UN SISTEMA EN LAZO ABIERTO.

- b. OBJETIVO GENERAL
Verificar a través de prácticas el funcionamiento específico de los sensores capacitivos mediante el control del PLC S7-1200, integrar los conocimientos de instrumentación con la programación del PLC, en el software TIA Portal usando bobinas y contactos para el desarrollo.

- c. RECURSOS UTILIZADOS
Las laptops con el software TIA PORTAL DE SIEMENS.
Módulos de PLCs S7-1200, Cable DB25, RJ45
Planta didáctica industrial de control de nivel

- d. MARCO PROCEDIMENTAL

Consideraciones preliminares

Inicialmente debe estar vacío el reservorio TK-102 (1.5lts) y el reservorio TK-101 debe encontrarse lleno (9lts), las válvulas manuales HV 101, HV104, HV 105, HV 106 deben estar cerradas y las válvulas manuales HV 102, HV 103 tienen que estar abierta.

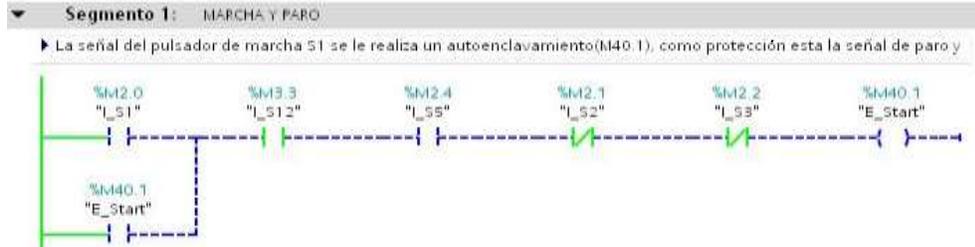
Proceso

Se desea vaciar el reservorio TK-101 mediante la bomba controlada por los sensores capacitivos. Habrá dos modos de operación manual o automático. Modo automático; deberá estar el selector en automático (S5) seleccionado, una vez seleccionado si se pulsa marcha (S1) en ese momento se enciende la bomba (P 101) mediante la salida variador On/Off (H2) si el sensor capacitivo de nivel bajo (LSL 101.1) esta activado, en el momento que se desactive el sensor se apaga la bomba. Si en el proceso de vaciado del tanque se presiona paro (S2) o paro de emergencia (S3) se para el proceso si se vuelve a pulsar marcha continúa. Para volver a llenar el reservorio TK 101 se debe abrir la válvula manual HV 105. Si se desactiva el sensor capacitivo de nivel bajo LSL 101.1 debe encender el indicador luminoso (H4).

Modo manual; se ubica el selector en manual (S4) se programa el pulsador jog variador (S7) solo cuando este pulsado se encienda la bomba (P 101) mediante la salida variador On/Off (H2). Si se desactiva el sensor capacitivo de nivel bajo LSL 101.1 debe encender el indicador luminoso (H4).

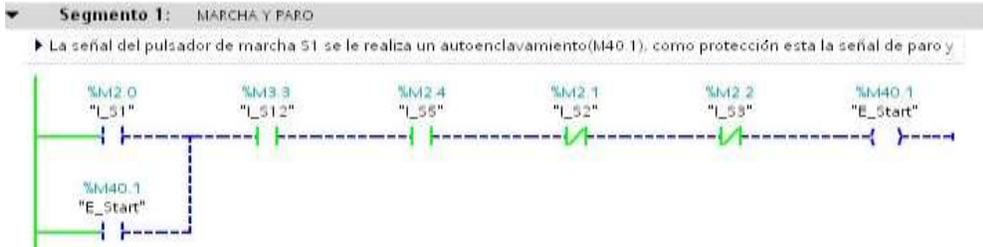
e. REGISTRO DE RESULTADOS

FIGURA 1: SIN ACTIVAR SELECTOR AUTOMÁTICO.



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 2: SELECTOR AUTOMÁTICO ACTIVADO.



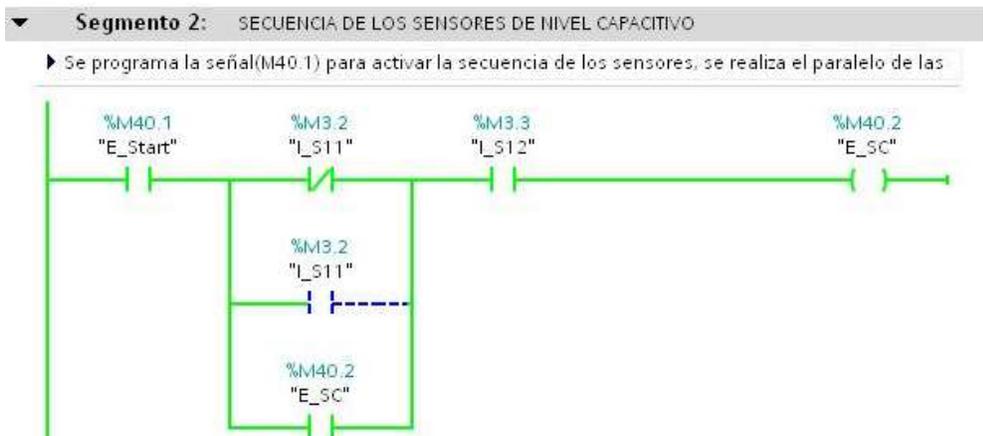
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 3: ACTIVADO PULSADOR MARCHA.



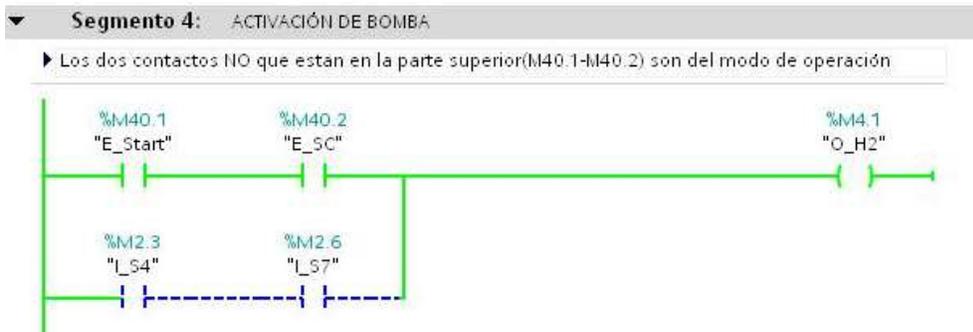
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 4: SECUENCIA DE SENSORES CAPACITIVOS.



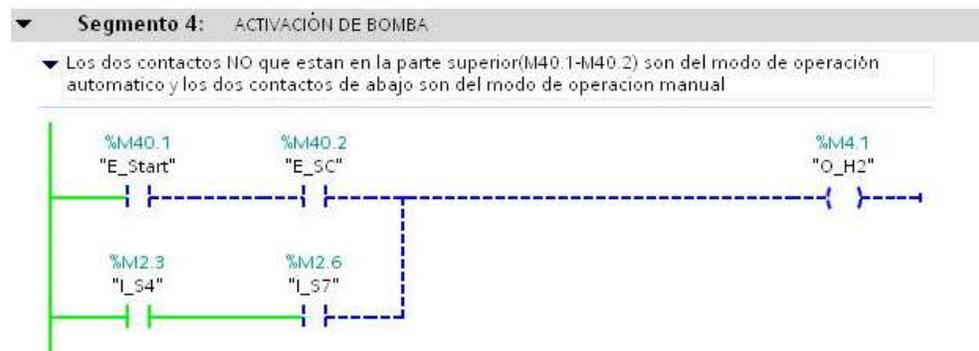
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 5: ACTIVACIÓN DE BOMBA.



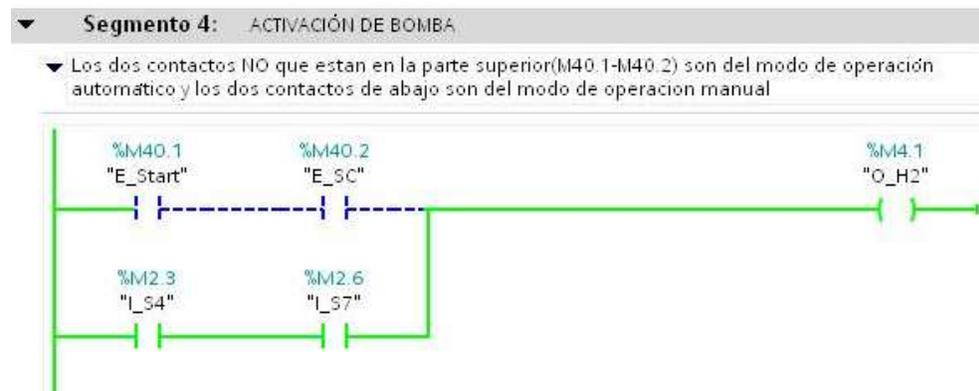
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 6: SELECTOR MANUAL ACTIVADO.



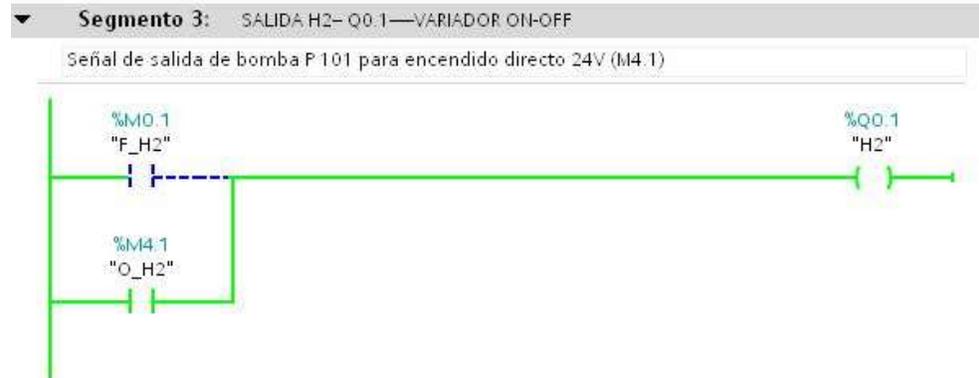
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 7: JOG MANUAL DE BOMBA ACTIVADO.



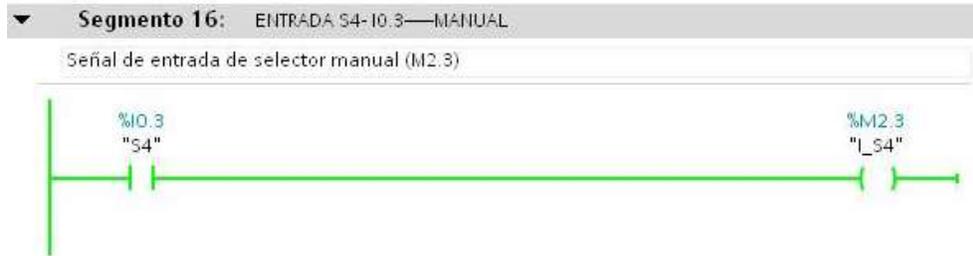
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 8: ACTIVADA SALIDA Q0.1 BOMBA ON/OFF



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 9: ACTIVADA ENTRADA DE SELECTOR MANUAL



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 10: ACTIVADA ENTRADA DE SELECTOR AUTOMÁTICO



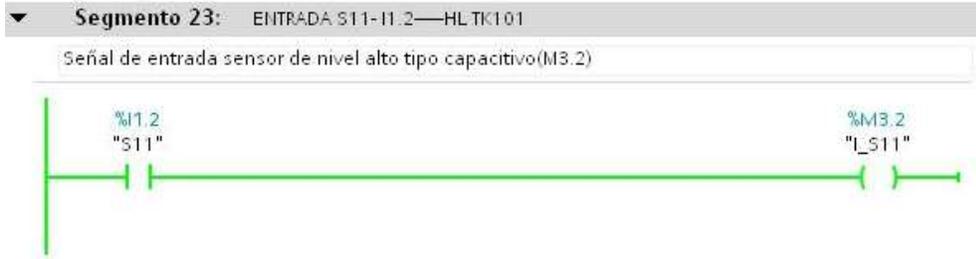
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 11: ACTIVADA ENTRADA DE JOG VARIADOR



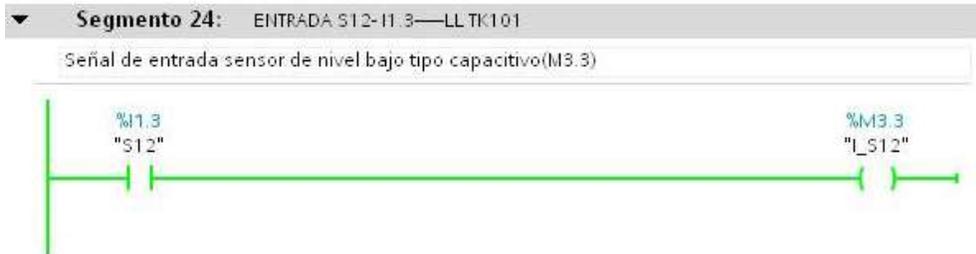
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 12: ACTIVADA ENTRADA SENSOR DE NIVEL ALTO



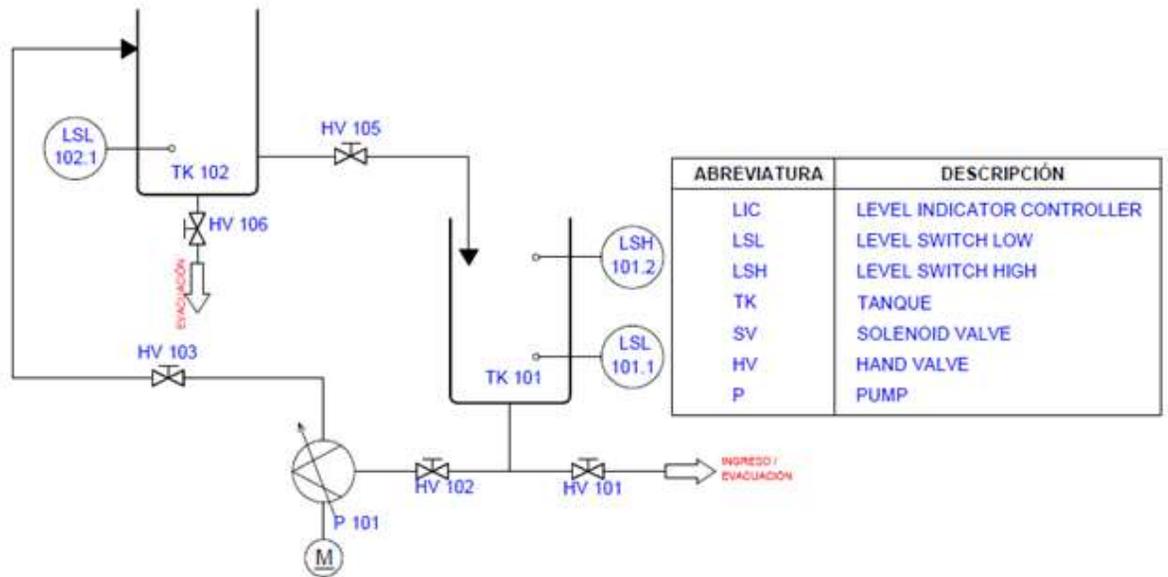
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 13: ACTIVADA ENTRADA DE SENSOR DE NIVEL BAJO



FUENTE: LOS AUTORES

- f. ANEXO
P&ID de la práctica



		PRÁCTICA #4	
		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL		
CARRERA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA SEDE GUAYAQUIL		
PRÁCTICA	#4		

- a. TEMA
FUNCIONALIDAD DEL SENSOR ULTRASÓNICO PARA UN SISTEMA DE LAZO ABIERTO.
- b. OBJETIVO GENERAL
Comprobar con las prácticas el funcionamiento específico del sensor ultrasónico como entrada analógica mediante el control del PLC S7-1200, integrar los conocimientos de instrumentación con la programación del PLC mediante el escalamiento de señales analógicas con las herramientas del software TIA Portal de Siemens.
- c. RECURSOS UTILIZADOS
Las laptops con el software TIA PORTAL DE SIEMENS.
Módulos de PLCs S7-1200, Cable DB25, RJ45
Planta industrial
- d. MARCO PROCEDIMENTAL

Consideraciones preliminares

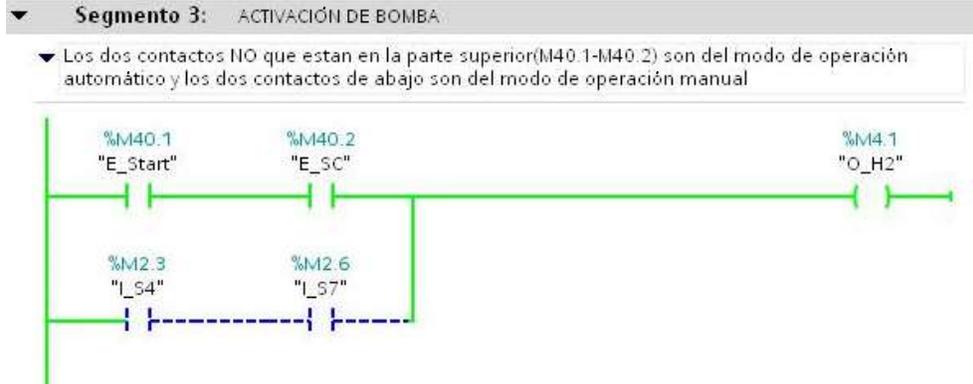
Inicialmente debe estar vacío el reservorio TK 102 (1.5lts) y el reservorio TK-101 debe encontrarse lleno (9lts), las válvulas manuales HV 101, HV 104, HV 105, HV 106 deben estar cerradas, y las válvulas HV 102, HV 103 tienen que estar abierta.

Proceso

Se desea realizar un programa para el escalamiento de la señal del sensor ultrasónico. Donde una entrada analógica representa un nivel en la que el valor 4360 de la entrada analógica representa 0lt y 21300 representa 10lt, se utilizara la entrada analógica AI1. Van a existir dos modos de operación modo manual y modo automático en ambos se desea realizar un control de lazo abierto con el sensor ultrasónico.

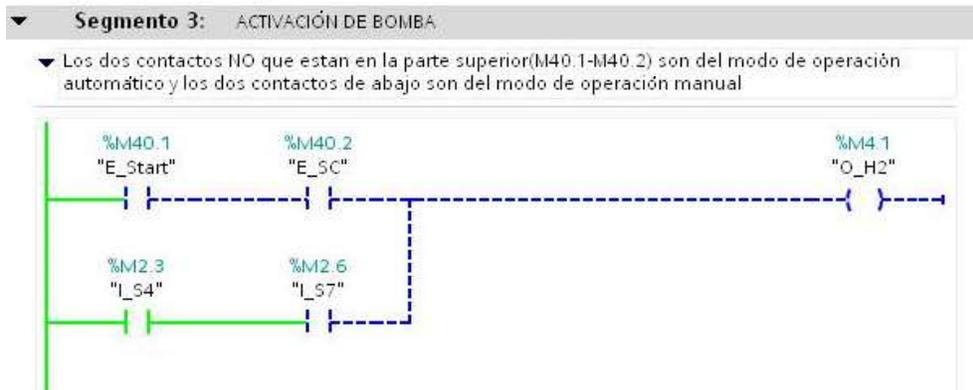
Modo automático; se ubica el selector en automático y se pulsa el botón de marcha (S1). Se enciende la bomba (P 101) mediante ON/OFF (H2), si el sensor de nivel alto capacitivo esta activado y el sensor de nivel bajo capacitivo, se mantiene encendida hasta que se desactive el sensor de nivel bajo o se pulse el paro (S2) o paro de emergencia (S3). Se debe llenar el reservorio TK 102 hasta los 9lts. Una vez lleno el reservorio TK 102 se debe abrir la válvula manual HV 105 para llenar el TK 101 hasta los 9lts y luego cerrarla. Para volver a realizar el proceso. Cuando se presione el paro S2 o paro de emergencia S3 se debe parar el proceso.

FIGURA 4: ACTIVACIÓN DE BOMBA MODO AUTOMÁTICO



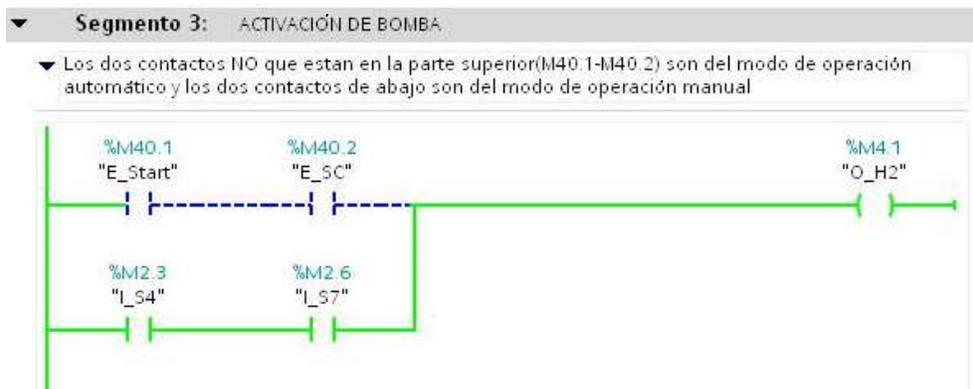
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 5: SELECTOR MANUAL ACTIVADO



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 6: JOG MANUAL DE BOMBA ACTIVADO



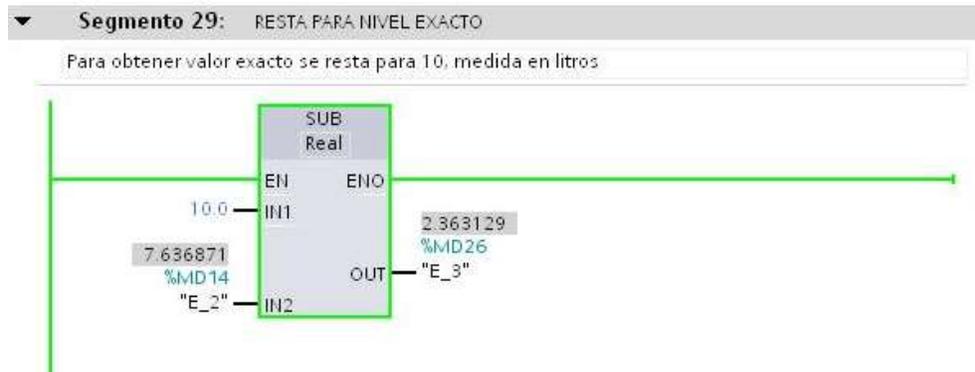
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 7: ESCALAMIENTO DE ENTRADA ANALÓGICA AI1



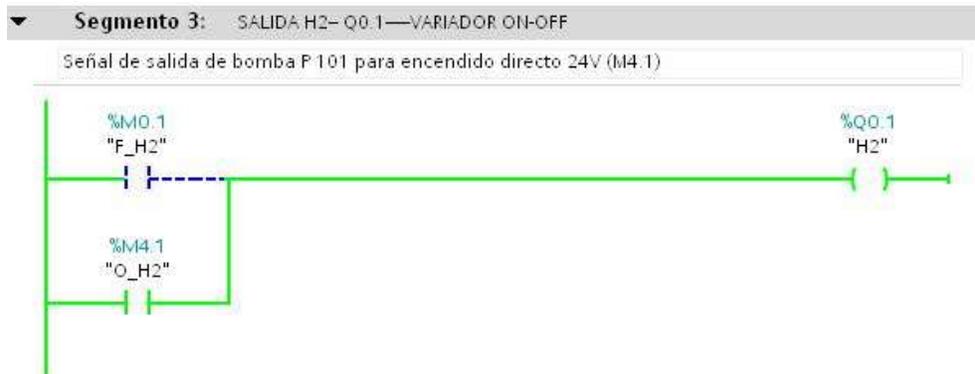
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 8: RESTA PARA 10 PARA OBTENER VALOR EN LT



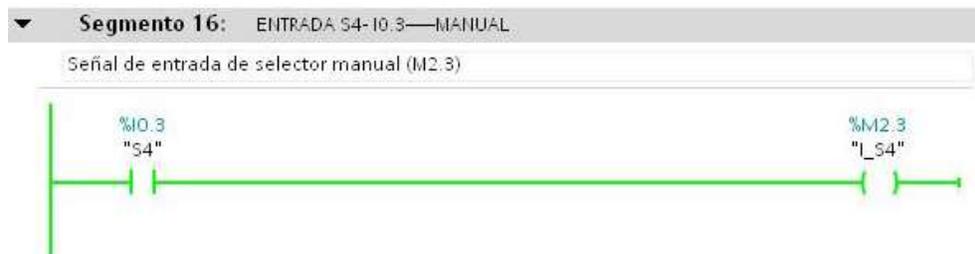
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 9: ACTIVADA SALIDA Q0.1 BOMBA ON/OFF



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 10: ACTIVADA ENTRADA DE SELECTOR MANUAL



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 11: ACTIVADA ENTRADA DE SELECTOR AUTOMÁTICO



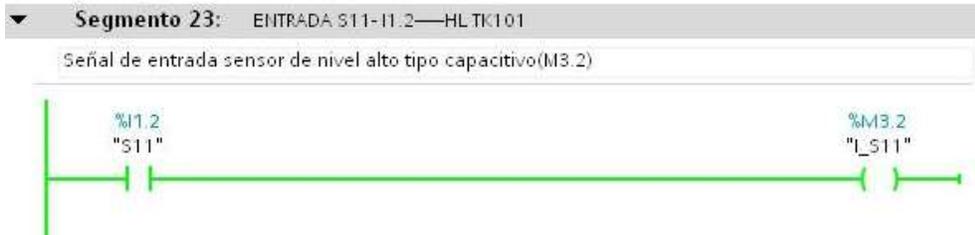
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 12: ACTIVADA ENTRADA DE JOG VARIADOR



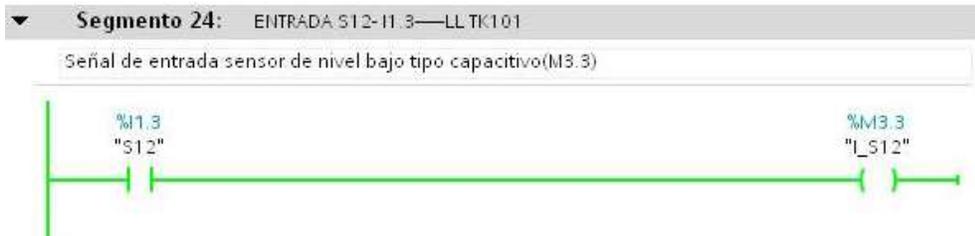
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 13: ACTIVADA ENTRADA SENSOR DE NIVEL ALTO



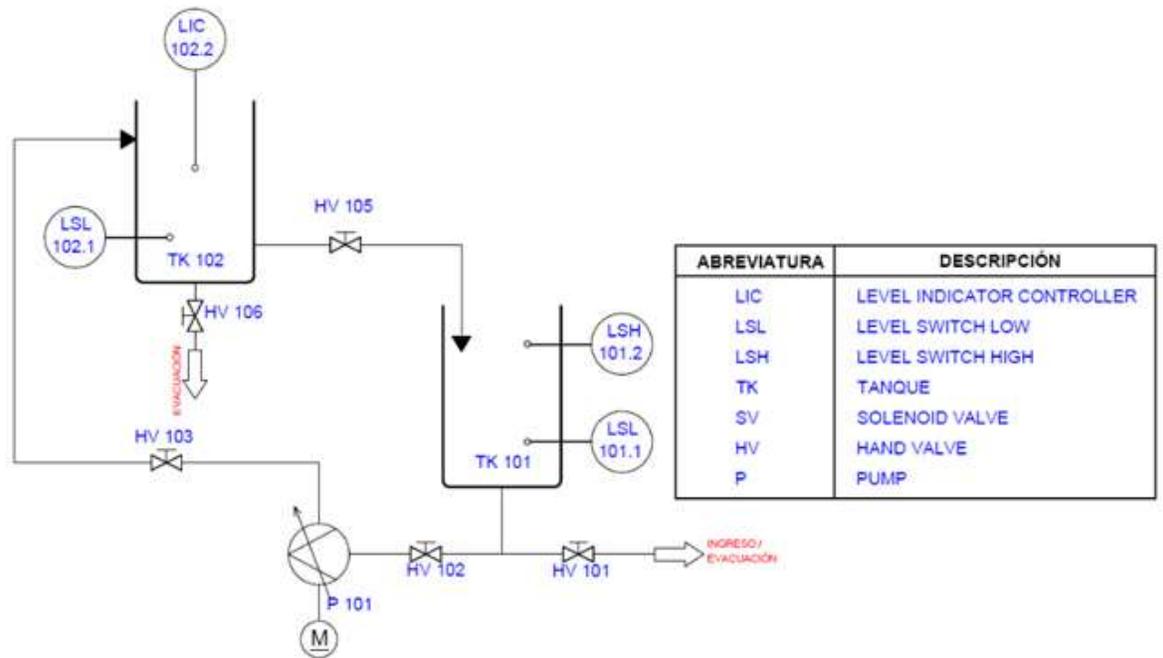
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 14: ACTIVADA ENTRADA DE SENSOR DE NIVEL BAJO



FUENTE: LOS AUTORES

f. ANEXO
P&ID de la práctica



		PRÁCTICA #5	
		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL		
CARRERA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA SEDE GUAYAQUIL		
PRÁCTICA	#5		

- a. TEMA
ACCIONAMIENTO ON/OFF DE UNA ELECTROVÁLVULA PARA EL LLENADO DEL TANQUE (TK101).
- b. OBJETIVO GENERAL
Verificar mediante prácticas el funcionamiento de la electroválvula como salida digital mediante el control del PLC S7-1200, siendo programado con el uso de comparadores que tiene el software TIA Portal de Siemens, para realizar la apertura de la electroválvula.
- c. RECURSOS UTILIZADOS
Las laptops con el software TIA PORTAL DE SIEMENS.
Módulos de PLCs S7-1200, Cable DB25, RJ45
Planta industrial
- d. MARCO PROCEDIMENTAL

Consideraciones preliminares

Inicialmente debe estar por la mitad el nivel del reservorio TK-102 (5lts) y el reservorio TK-101 debe encontrarse a la mitad (5lts), las válvulas manuales HV 101, HV104, HV 105, HV 106 deben estar cerradas y las válvulas manuales HV 102, HV 103 tienen que estar abierta.

Proceso

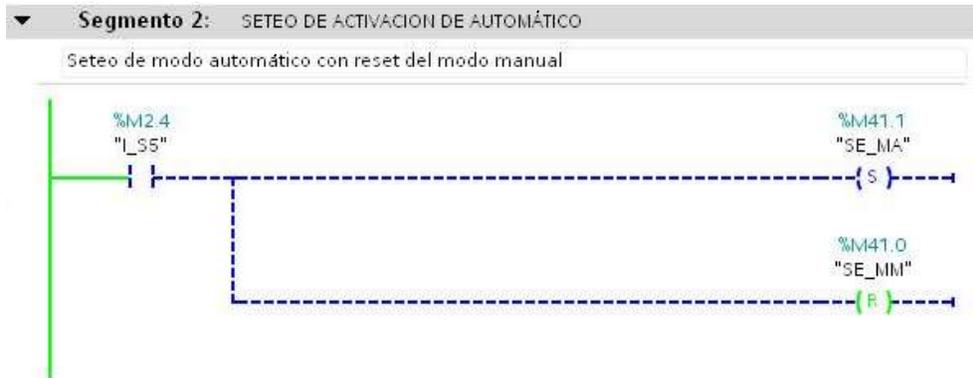
Se desea accionar la electroválvula, bomba y un indicador luminoso usando comparadores en la programación del PLC. Habrá dos modos de operación: manual o automático.

Modo automático; se desea comparar dos datos, DATO A y DATO B, mediante interruptores que se encontrarán en el SCADA. Los datos estarán conformados por tres bits que se visualizarán en el SCADA de forma decimal del 0 al 7. Con las siguientes condiciones, si el DATO A es mayor que el DATO B se activa la electroválvula, si el DATO A es menor que el DATOB se activa el indicador luminoso (H4), si el DATO A es igual que el DATO B se activa la bomba (P 101) mediante la salida (H2). Deberá estar el selector en automático (S5), una vez seleccionado si se pulsa marcha (S1) comienza el proceso. Con el pulsador de paro (S2) o paro de emergencia (S3) se para el proceso en cualquier momento.

Modo manual; se ubica el selector en manual (S4) se programa el pulsador jog variador (S7) solo cuando este pulsado se encienda la bomba (P 101) mediante la salida variador On/Off (H2), además el jog válvula (S6) si se mantiene pulsado abre la electroválvula mediante la salida Q0.0.

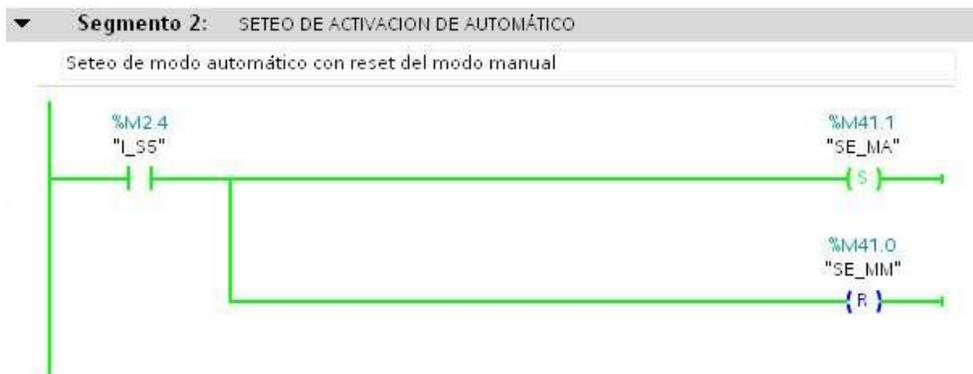
e. REGISTRO DE RESULTADOS

FIGURA 1: SIN ACTIVAR SELECTOR AUTOMÁTICO



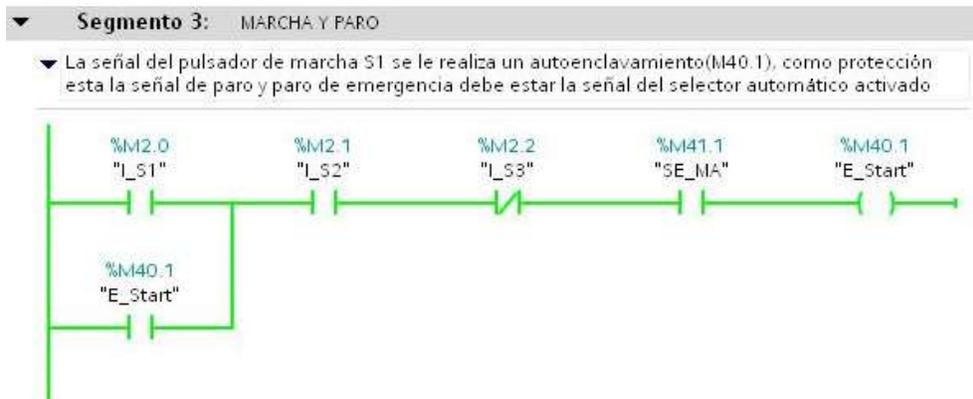
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 2: ACTIVADO SELECTOR AUTOMÁTICO



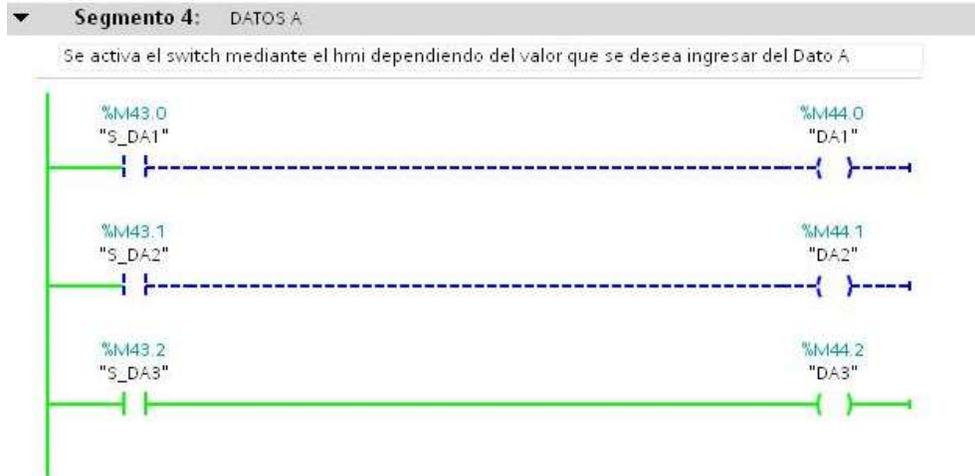
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 3: PULSANDO MARCHA



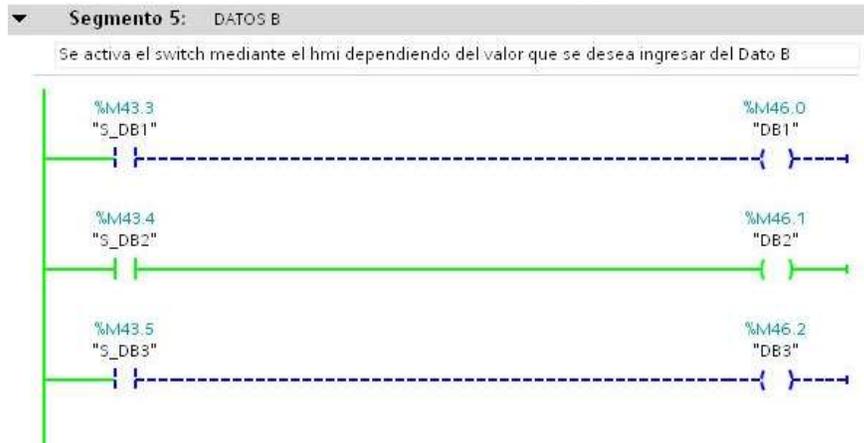
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 4: ACTIVANDO INTERRUPTOR MAYOR SIGNIFICATIVO DEL DATO A (4)



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 5: ACTIVANDO INTERRUPTOR DEL DATO B (2)



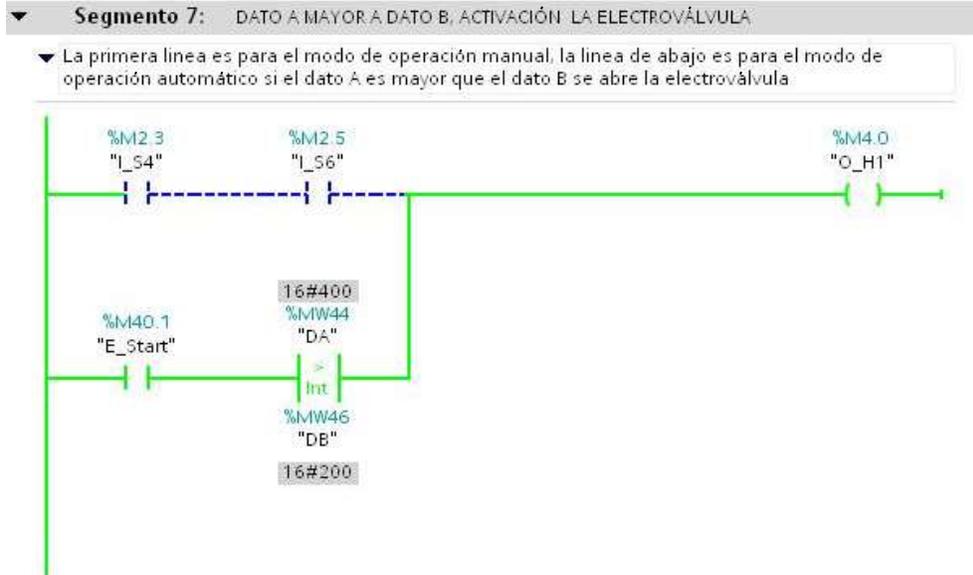
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 6: DATO A MENOR QUE DATO B



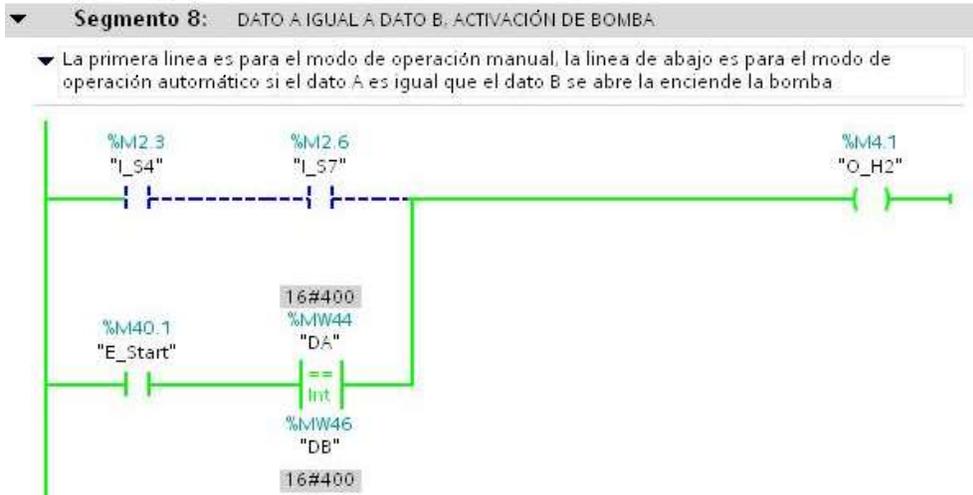
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 7: DATO A MAYOR QUE DATO B



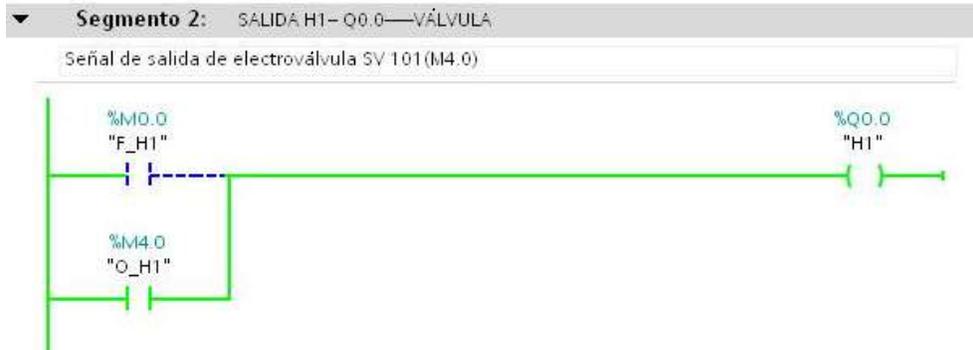
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 8: DATO A IGUAL QUE DATO B



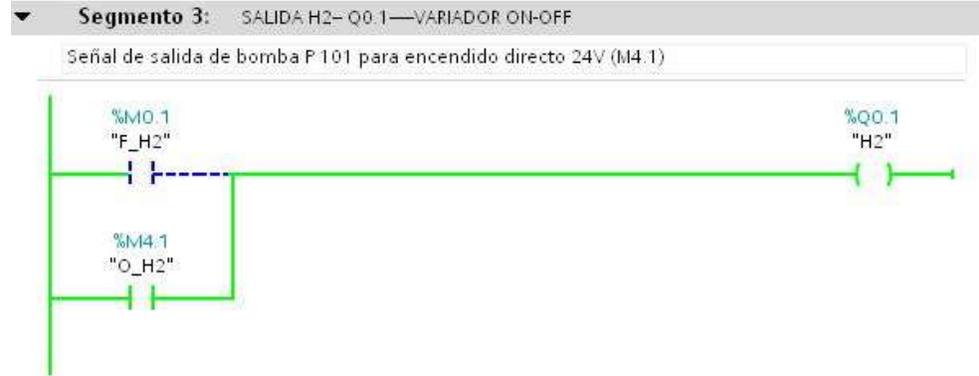
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 9: ACTIVADA SALIDA Q0.0 ELECTROVÁLVULA



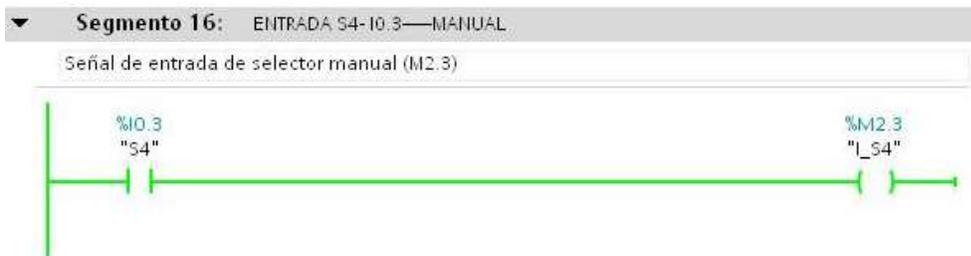
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 10: ACTIVADA SALIDA Q0.1 BOMBA ON/OFF



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 11: ACTIVADA ENTRADA DE SELECTOR MANUAL



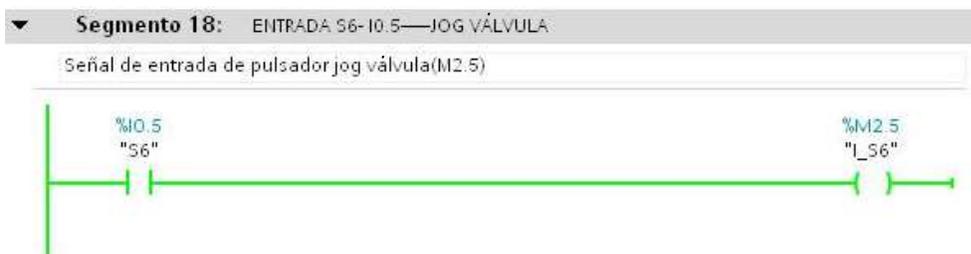
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 12: ACTIVADA ENTRADA DE SELECTOR AUTOMÁTICO



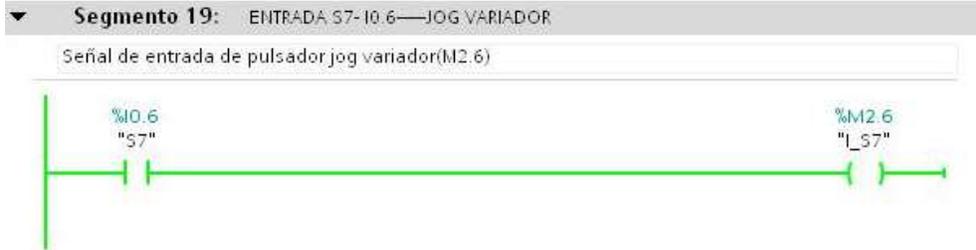
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 13: ACTIVADA ENTRADA DE JOG VÁLVULA



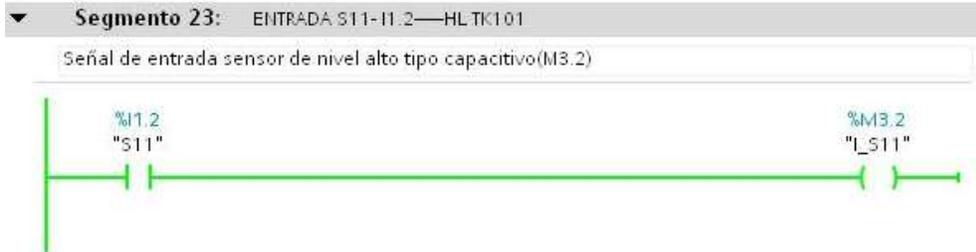
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 14: ACTIVADA ENTRADA DE JOG VARIADOR



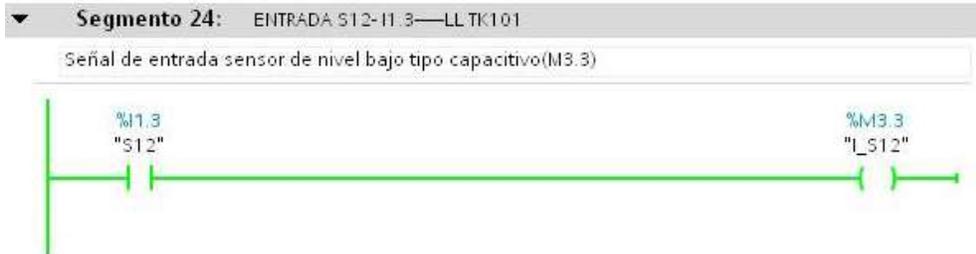
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 15: ACTIVADA ENTRADA SENSOR DE NIVEL ALTO



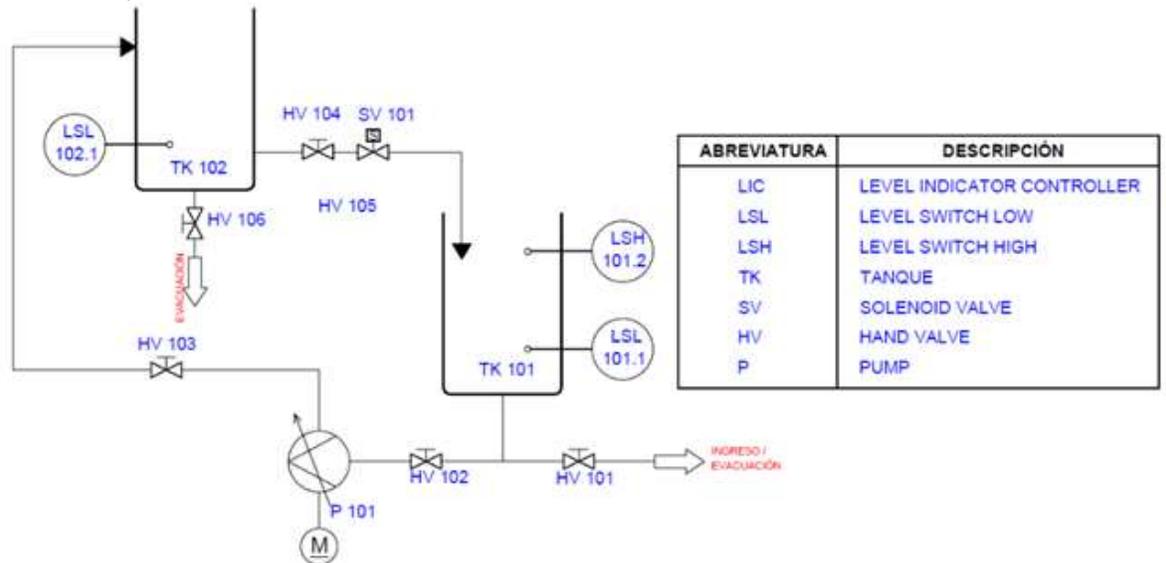
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 16: ACTIVADA ENTRADA DE SENSOR DE NIVEL BAJO



FUENTE: LOS AUTORES

- f. ANEXO
P&ID de la práctica



		PRÁCTICA #6	
		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL		
CARRERA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA SEDE GUAYAQUIL		
PRÁCTICA	#6		

- a. TEMA
VACIADO Y LLENADO DE UN RESERVORIO POR MEDIO DE TEMPORIZADORES.
- b. OBJETIVO GENERAL
Verificar mediante prácticas el funcionamiento de los temporizadores como control de vaciado de un reservorio. Usando las herramientas más comunes de temporizadores del software TIA Portal de Siemens.
- c. RECURSOS UTILIZADOS
Las laptops con el software TIA PORTAL DE SIEMENS.
Módulos de PLCs S7-1200, Cable DB25, RJ45
Planta industrial
- d. MARCO PROCEDIMENTAL

Consideraciones preliminares

Inicialmente debe estar vacío el reservorio TK-102 (1.5lts) y el reservorio TK-101 debe encontrarse lleno (9lts), las válvulas manuales HV 101, HV 105, HV 106 deben estar cerradas y las válvulas manuales HV 102, HV 103, HV104 tienen que estar abierta.

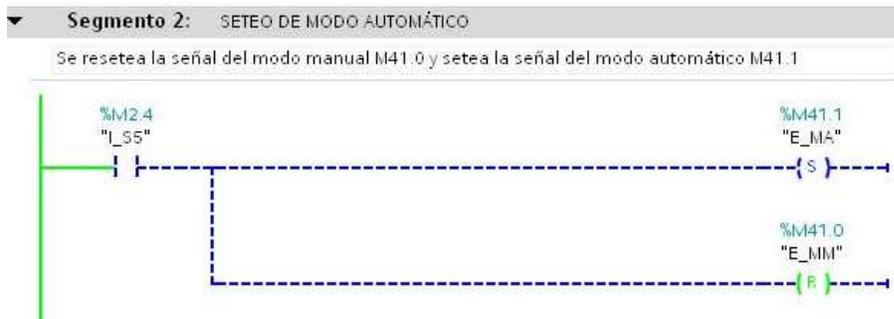
Proceso

Realizar un programa para el vaciado del reservorio TK-101 mediante las herramientas de temporizadores TON, TOF, TONR que ofrece el software. Modo automático; la aplicación consiste en que la bomba (P 101) debe encenderse por 8s para llenar el reservorio TK 102, luego se apaga y se espera 4s para que se abra la electroválvula (SV 101) durante un tiempo que se puede variar y vaciar el reservorio TK 102. Debe estar el selector en automático (S5) y pulsar marcha (S1). Si se pulsa paro o paro de emergencia en el momento que está encendida la bomba cuando se vuelva a pulsar marcha debe prenderse solo el tiempo restante, si se para cuando está abierta la electroválvula debe cerrarse la electroválvula y cuando se pulse marcha se abrirá todo el tiempo ingresado.

Modo manual; se ubica el selector en manual (S4) se programa el pulsador jog variador (S7) solo cuando este pulsado se encienda la bomba (P 101) mediante la salida variador On/Off (H2). Si se mantiene pulsado el jog válvula (S6) se abre la electroválvula (SV 101).

e. REGISTRO DE RESULTADOS

FIGURA 1: SIN SELECCIONAR AUTOMÁTICO



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 2: SELECTOR EN AUTOMÁTICO



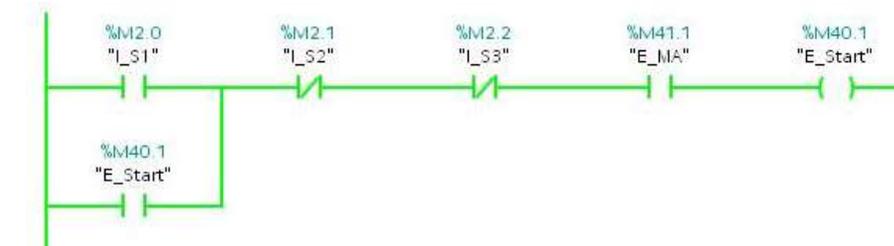
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 3: SIN PULSAR MARCHA



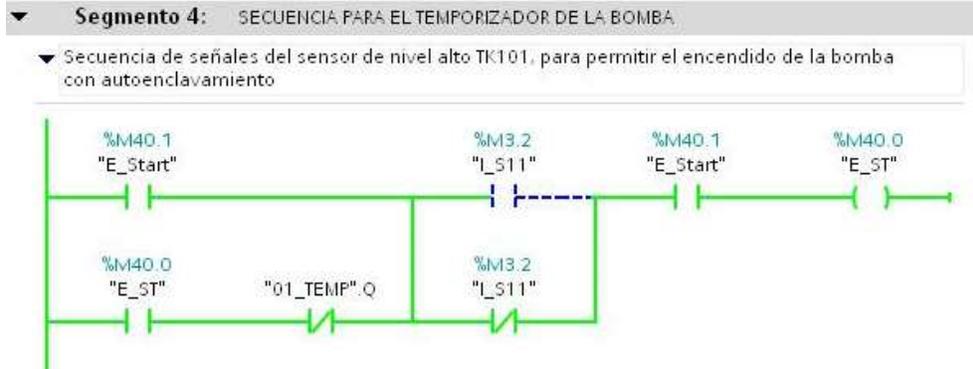
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 4: PULSADO MARCHA



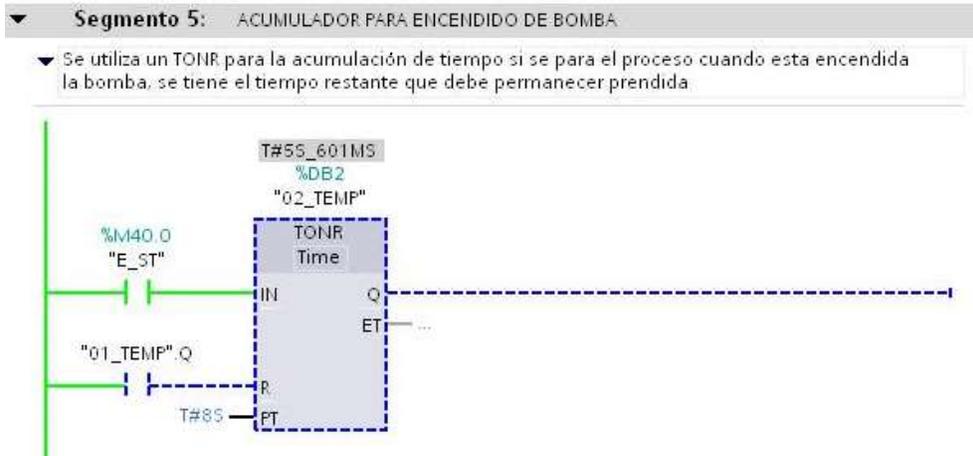
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 5: SECUENCIA PARA ACTIVACIÓN DE TONR DE LA BOMBA



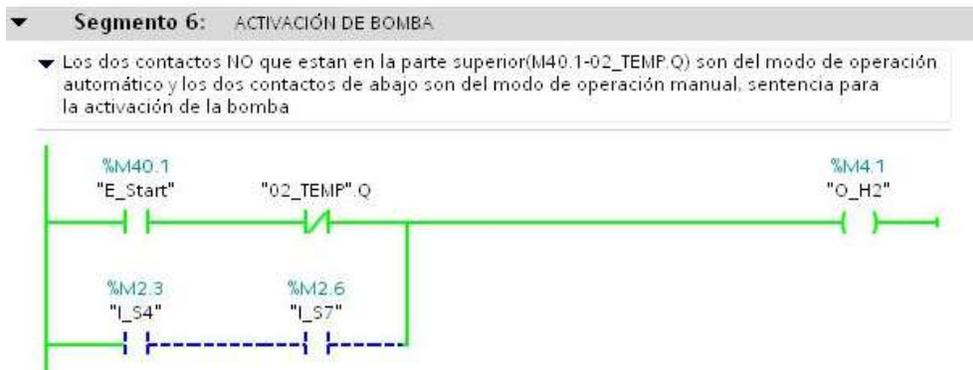
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 6: CONTEO DE TONR DE LA BOMBA



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 7: ACTIVACIÓN DE BOMBA MODO AUTOMÁTICO

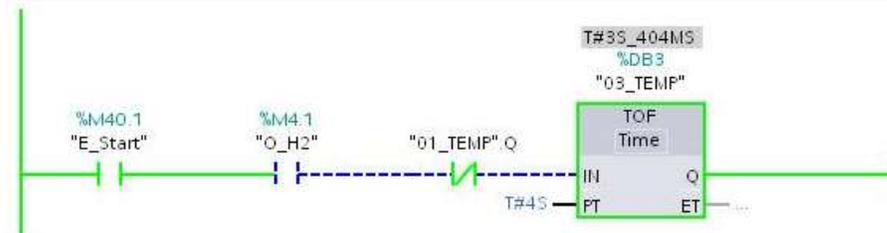


FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 8: CONTEO DE TOF PARA ENCENDER ELECTROVÁLVULA

Segmento 7: TIEMPO DE ESPERA ENTRE ENCENDIDO DE BOMBA Y APERTURA DE ELECTROVÁLVULA

Después que apaga la bomba se espera 4s y luego se activa la electroválvula, para esto se utiliza un TOF cuando se desactiva su entrada realiza el conteo del PT y desactiva su salida Q

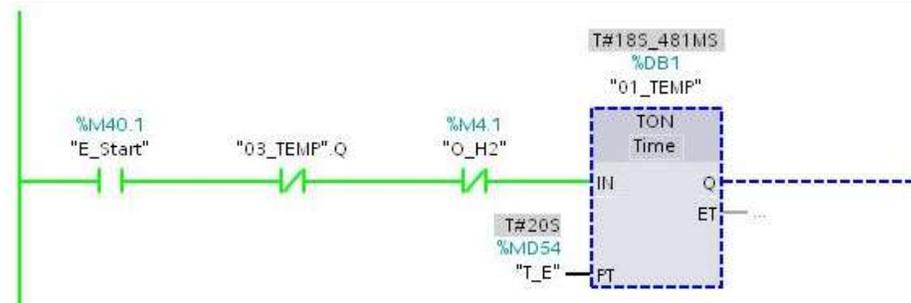


FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 9: TIEMPO DE APERTURA DE LA ELECTROVÁLVULA CON EL TON

Segmento 8: TIEMPO DE APERTURA DE LA ELECTROVÁLVULA

Se realiza el conteo de tiempo ingresado en MD50 para la apertura de la electroválvula mediante un TON la desactivación del temporizador se la realiza cuando se activa el TOF

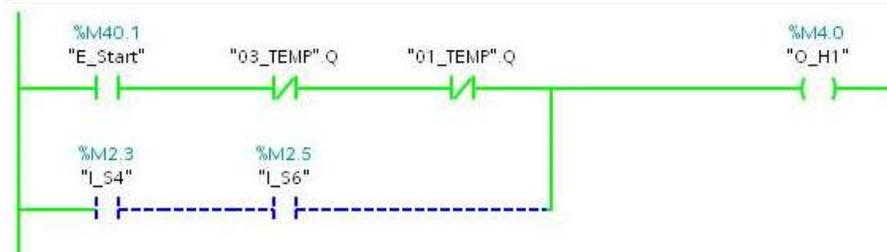


FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 10: ACTIVACIÓN DE LA ELECTROVÁLVULA MODO AUTOMÁTICO

Segmento 9: ACTIVACION DE LA ELECTROVÁLVULA

La primera línea conformado por los tres contactos son para el modo de operación automático, la línea de abajo son para el modo manual activando el jog válvula

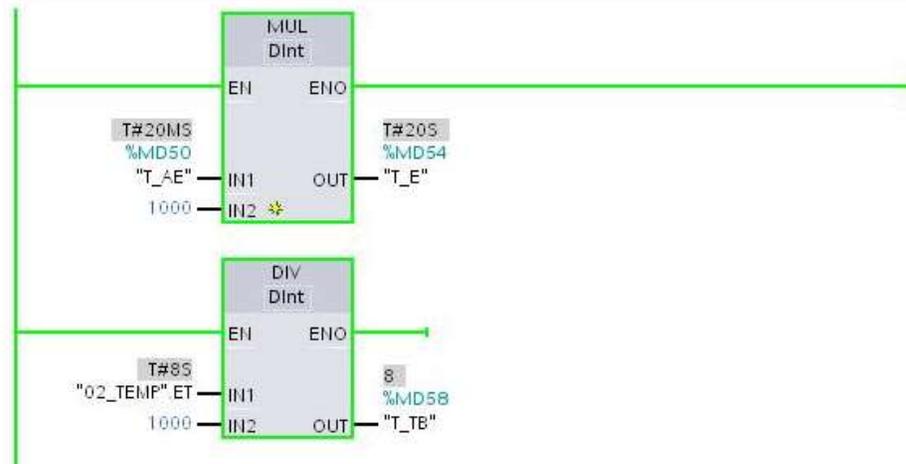


FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 11: INGRESO DE TIEMPO PARA APERTURA DE ELECTROVÁLVULA

▼ **Segmento 10:** VALOR DE SETEO DE TIEMPO DE APERTURA DE LA ELECTROVÁLVULA

▼ El valor se ingresa desde el scada pero lo lee en ms se lo divide para 1000 para que cuente el temporizador en segundos



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 12: ACTIVADA SALIDA Q0.0 ELECTROVÁLVULA

▼ **Segmento 2:** SALIDA H1- Q0.0—VÁLVULA

Señal de salida de electroválvula SV 101 (M4.0)



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 13: ACTIVADA SALIDA Q0.1 BOMBA ON/OFF

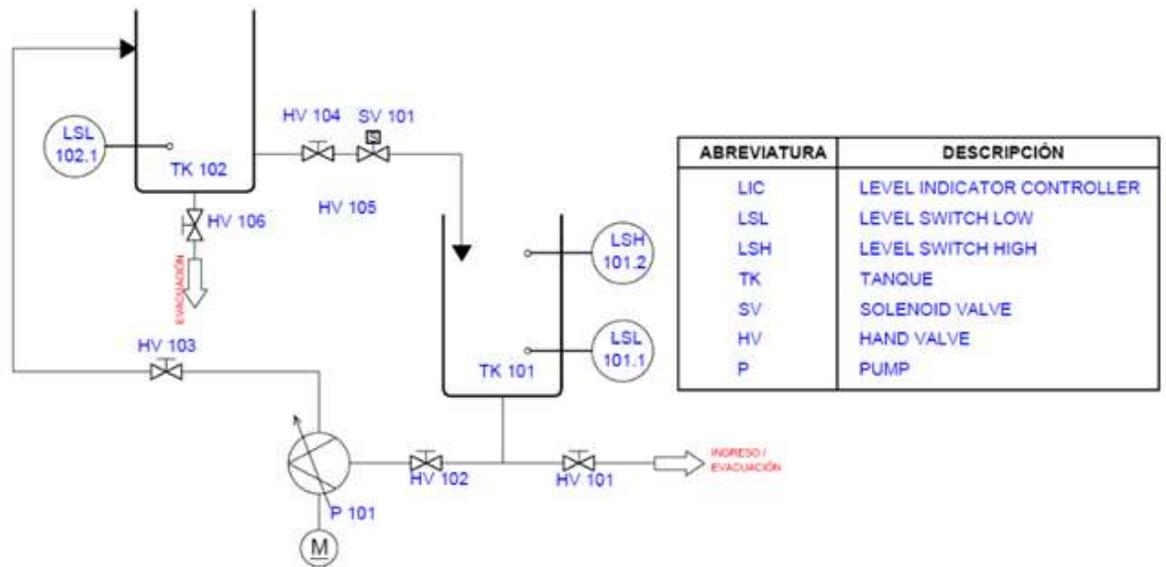
▼ **Segmento 3:** SALIDA H2- Q0.1—VARIADOR ON-OFF

Señal de salida de bomba P 101 para encendido directo 24V (M4.1)



FUENTE: LOS AUTORES

f. ANEXO
P&ID de la práctica



		PRÁCTICA #7	
		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL		
CARRERA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA SEDE GUAYAQUIL		
PRÁCTICA	#7		

- a. TEMA
CONTROL ON/OFF DE UNA ELECTROVÁLVULA POR MEDIO DEL SENSOR ULTRASÓNICO MEDIANTE HISTÉRESIS.

- b. OBJETIVO GENERAL
Verificar mediante la práctica el funcionamiento de una electroválvula trabajando como elemento final de control. Además de cómo se realiza un control mediante histéresis, con las diferentes herramientas que brinda el software TIA Portal de Siemens.

- c. RECURSOS UTILIZADOS
Las laptops con el software TIA PORTAL DE SIEMENS.
Módulos de PLCs S7-1200, Cable DB25, RJ45
Planta industrial

- d. MARCO PROCEDIMENTAL
Consideraciones preliminares
Inicialmente debe estar vacío el reservorio TK-102 (1.5lts) y el reservorio TK-101 debe encontrarse lleno (9lts), las válvulas manuales HV 101, HV 105, HV 106 deben estar cerradas y las válvulas manuales HV 102, HV 103, HV104 tienen que estar abierta.

Proceso

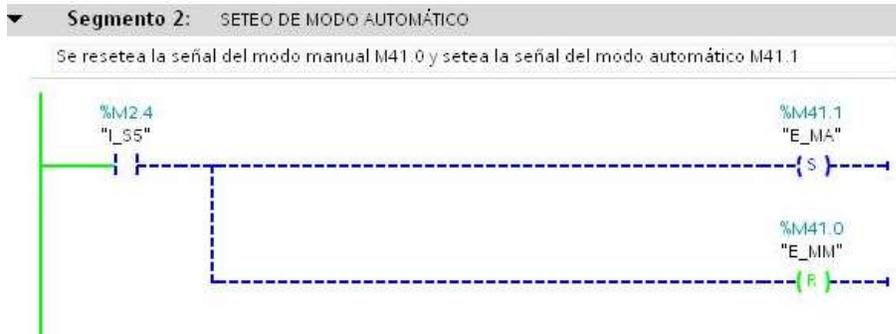
Se desea realizar el control ON/OFF de la electroválvula para controlar el nivel del reservorio TK-102 mediante histéresis. Habrá dos modos de operación manual o automático.

Modo automático; se deberá ingresar el valor del setpoint del nivel que se desea tener y el valor de histéresis. Se tiene que programar la salida analógica a un valor de 5.8 para mantener un llenado con un flujo laminar, teniendo activada la salida H3. Una vez ingresado los dos valores se ubica el selector en automático (S5) una vez seleccionado, si se pulsa marcha (S1) en ese momento se enciende la bomba (P 101) mediante la salida H3. Luego dependiendo del valor del setpoint e histéresis que esté ingresado se abrirá o cerrará la electroválvula (SV 101) mediante la salida (Q0.0). Si en cualquier momento se pulsa paro (S2) o paro de emergencia (S3) se para el proceso.

Modo manual; se ubica el selector en manual (S4) se programa el pulsador jog variador (S7) solo cuando este pulsado se encienda la bomba (P 101) mediante la salida variador On/Off (H2). Si se mantiene pulsado el jog válvula (S6) se abre la electroválvula (SV 101).

e. REGISTRO DE RESULTADOS

FIGURA 1: SIN SELECCIONAR AUTOMÁTICO



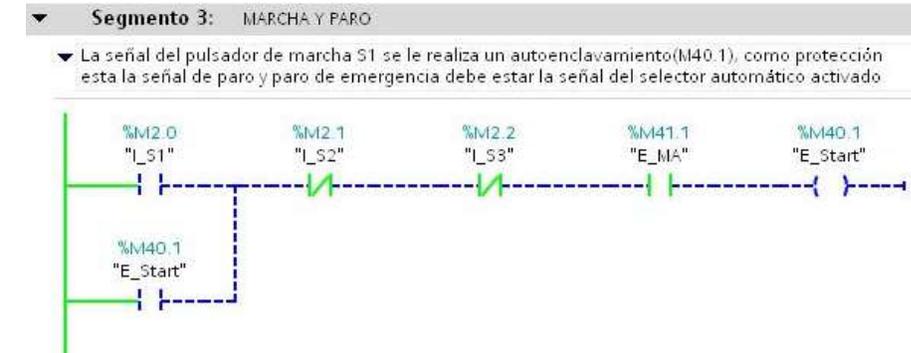
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 2: SELECTOR EN AUTOMÁTICO



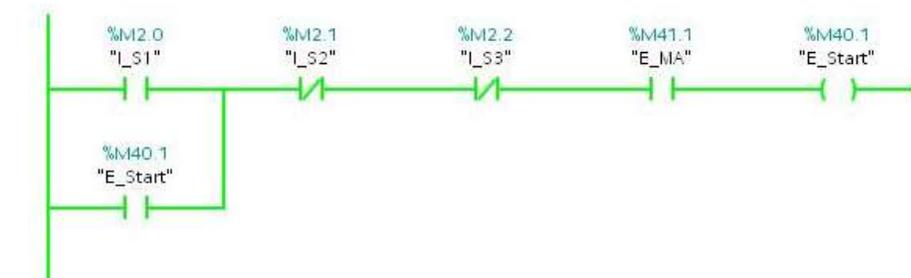
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 3: SIN PULSAR MARCHA



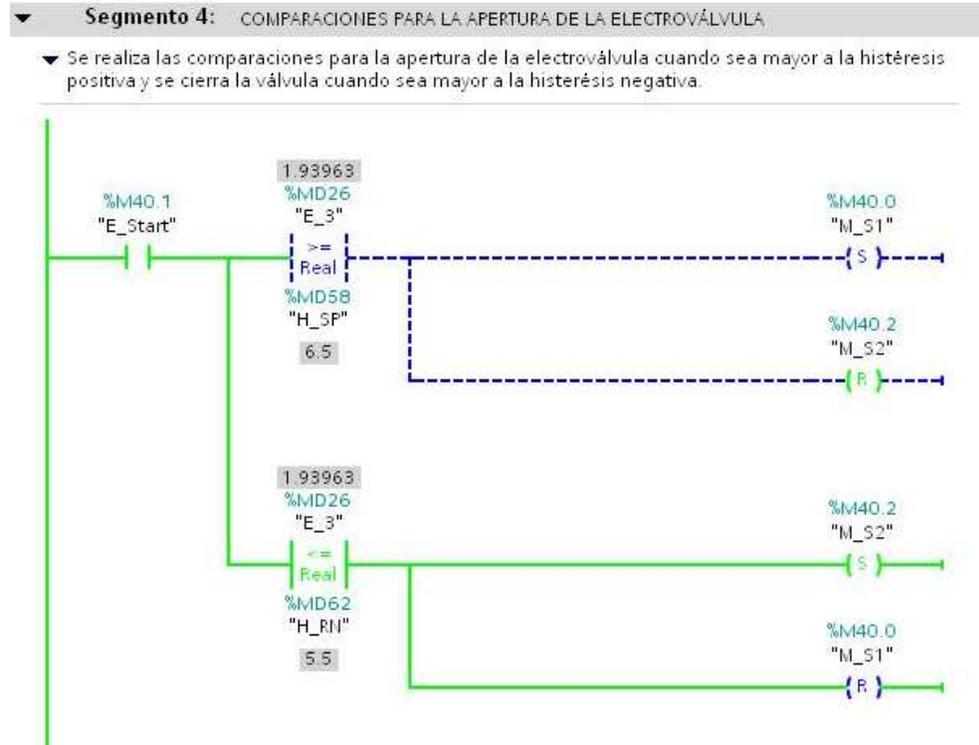
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 4: PULSADO MARCHA



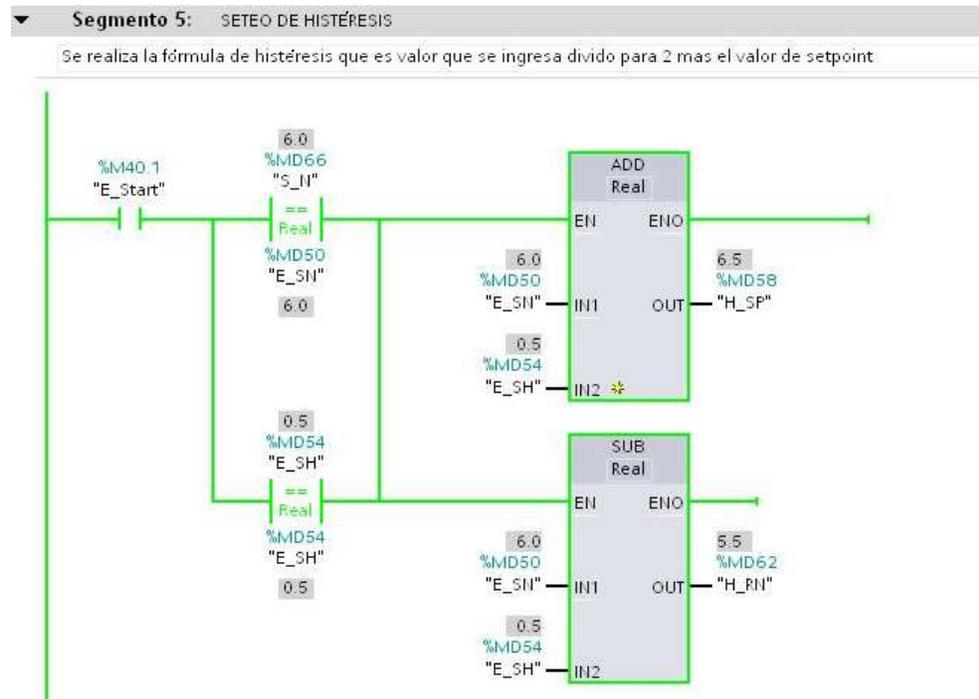
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 5: COMPARACIONES PARA LA APERTURA DE LA ELECTROVÁLVULA



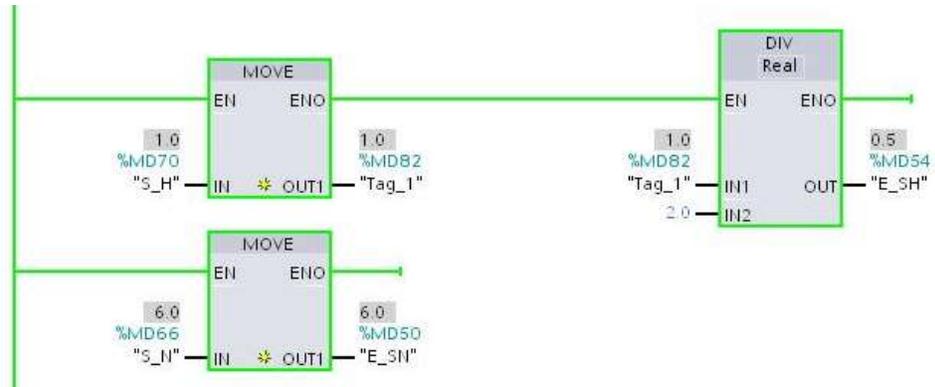
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 6: SUMA Y RESTA DE SETPOINT E HISTÉRESIS



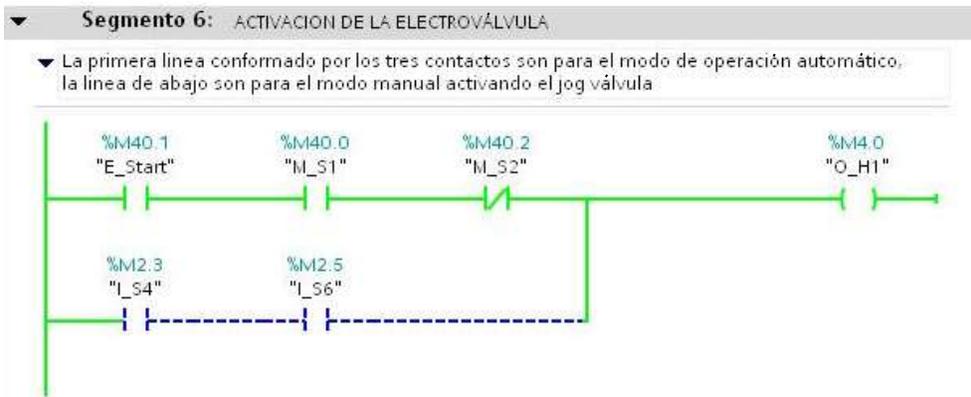
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 7: INGRESOS DE SETPOINT E HISTÉRESIS



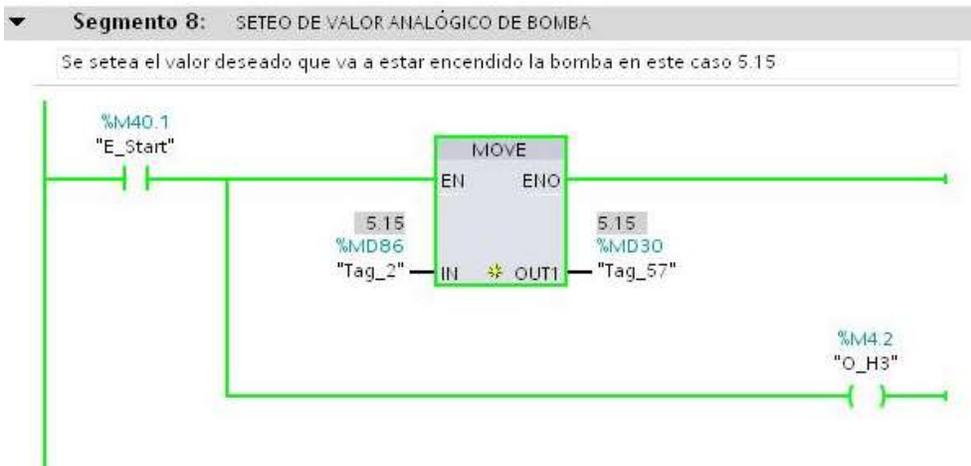
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 8: ACTIVACIÓN DE ELECTROVÁLVULA



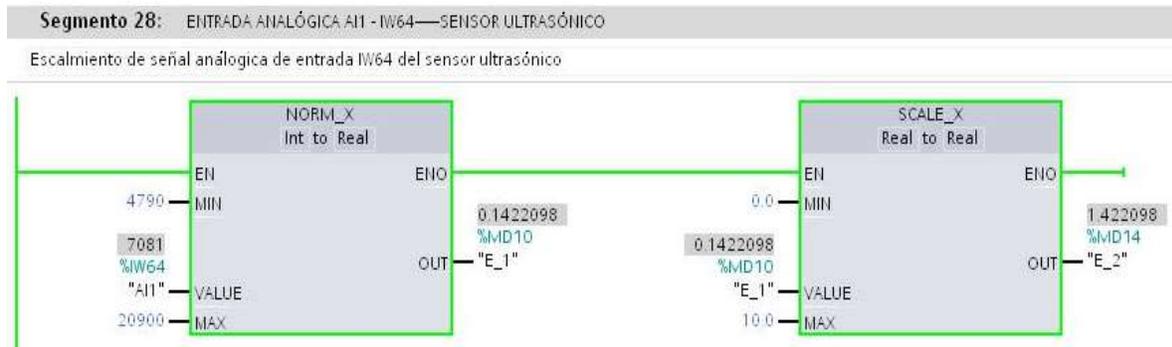
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 9: ACTIVACIÓN DE BOMBA MEDIANTE VARIADOR ANALÓGICO



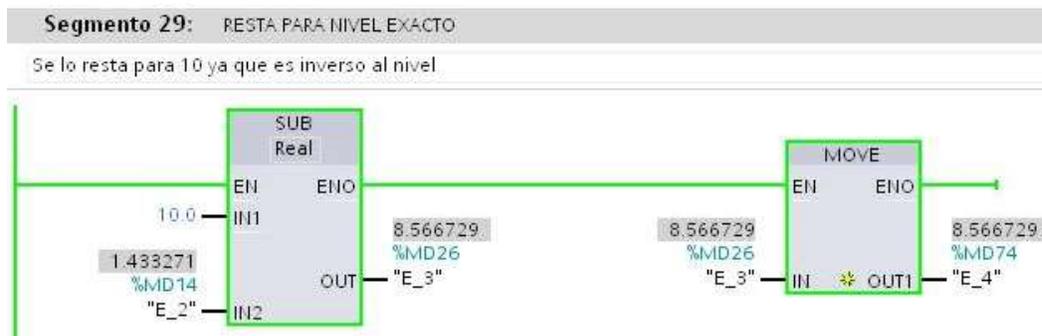
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 10: ESCALAMIENTO DE SENSOR ULTRASÓNICO



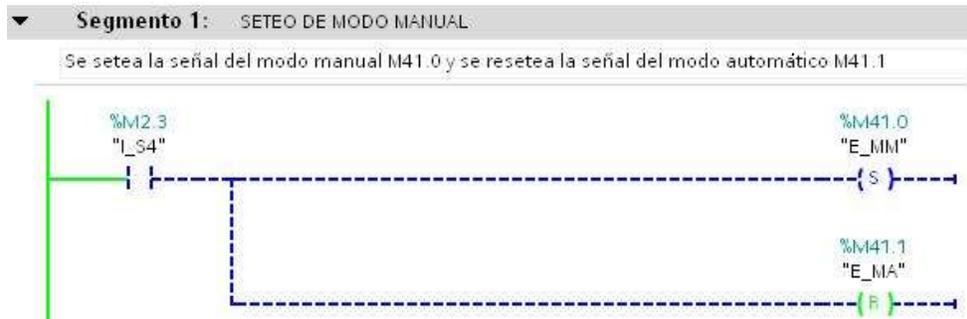
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 11: ESCALAMIENTO DE SENSOR ULTRASÓNICO



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 12: SIN ACTIVAR MODO MANUAL



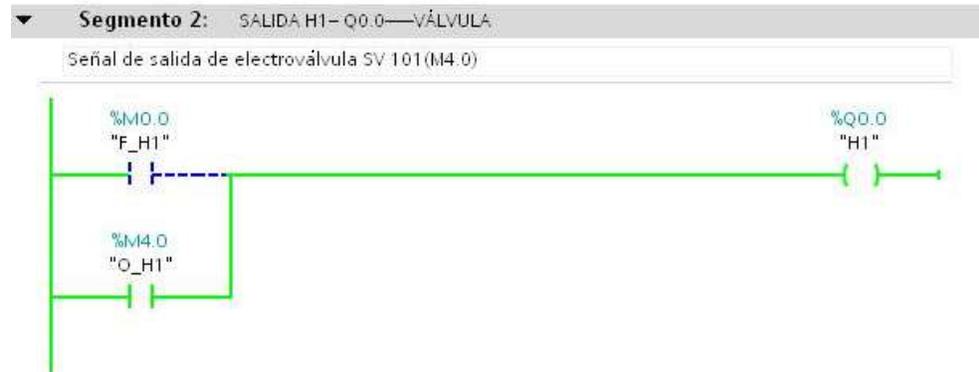
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 13: ACTIVADO MODO MANUAL



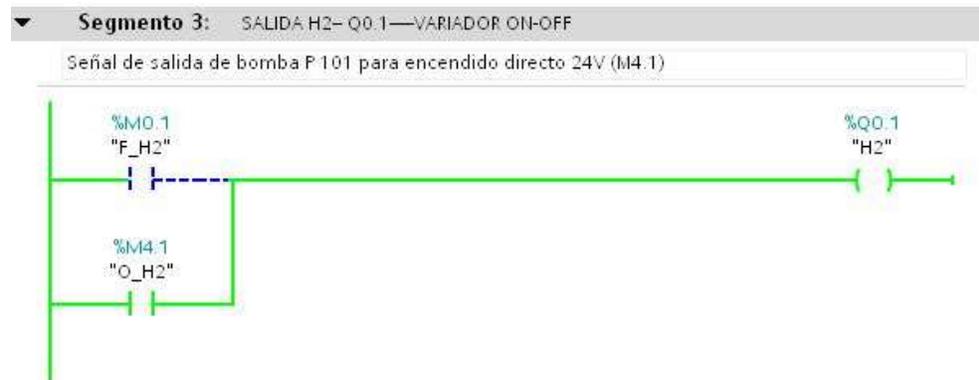
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 14: ACTIVADA SALIDA Q0.0 ELECTROVÁLVULA



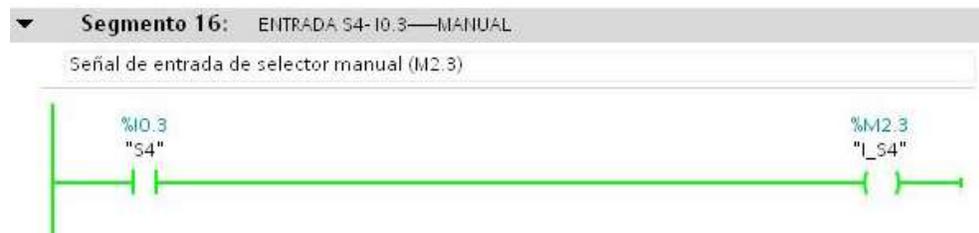
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 15: ACTIVADA SALIDA Q0.1 BOMBA ON/OFF



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 16: ACTIVADA ENTRADA DE SELECTOR MANUAL



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 17: ACTIVADA ENTRADA DE SELECTOR AUTOMÁTICO



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 18: ACTIVADA ENTRADA DE JOG VÁLVULA



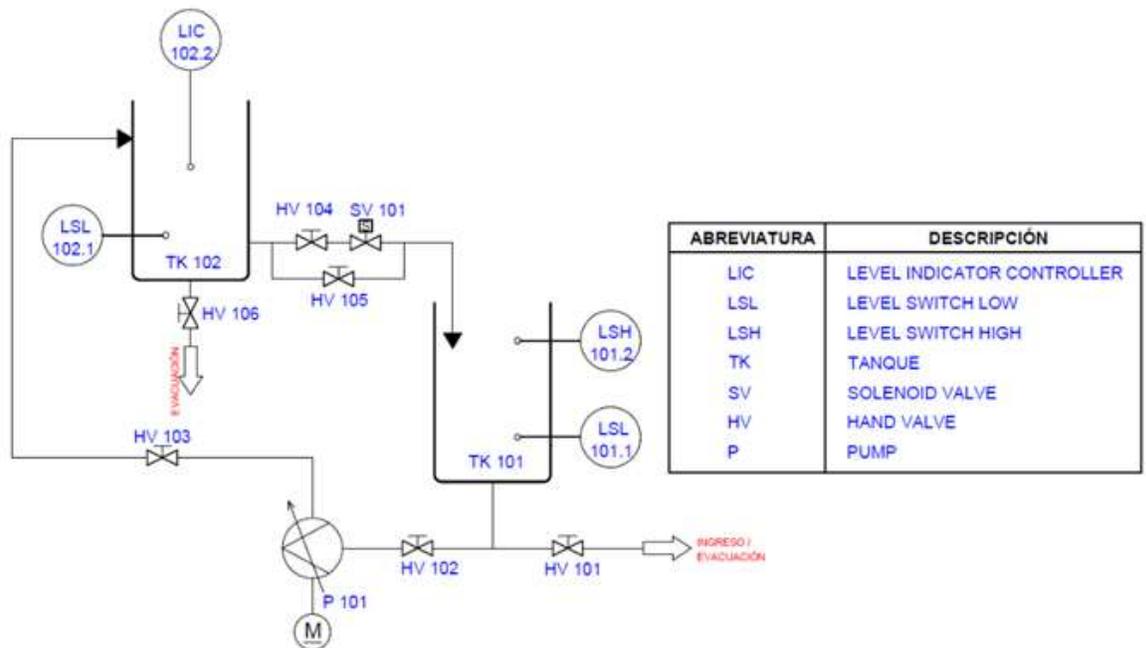
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 19: ACTIVADA ENTRADA DE JOG VARIADOR



FUENTE: LOS AUTORES

- f. ANEXO
P&ID de la práctica



		PRÁCTICA #8	
		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL		
CARRERA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA SEDE GUAYAQUIL		
PRÁCTICA	#8		

- a. TEMA
CONTROL DE NIVEL DEL RESERVORIO MEDIANTE LA BOMBA EN LAZO CERRADO.

- b. OBJETIVO GENERAL
Verificar mediante la práctica el comportamiento de la bomba para realizar un control de nivel mediante histéresis. Utilizando las herramientas que ofrece el software TIA Portal de Siemens.

- c. RECURSOS UTILIZADOS
Las laptops con el software TIA PORTAL DE SIEMENS.
Módulos de PLCs S7-1200, Cable DB25, RJ45
Planta industrial

- d. MARCO PROCEDIMENTAL
Consideraciones preliminares
Inicialmente debe estar vacío el reservorio TK-102 (1.5lts) y el reservorio TK-101 debe encontrarse lleno (9lts), las válvulas manuales HV 101, HV 105, HV 106 deben estar cerradas y las válvulas manuales HV 102, HV 103, HV104 tienen que estar abierta.

Proceso

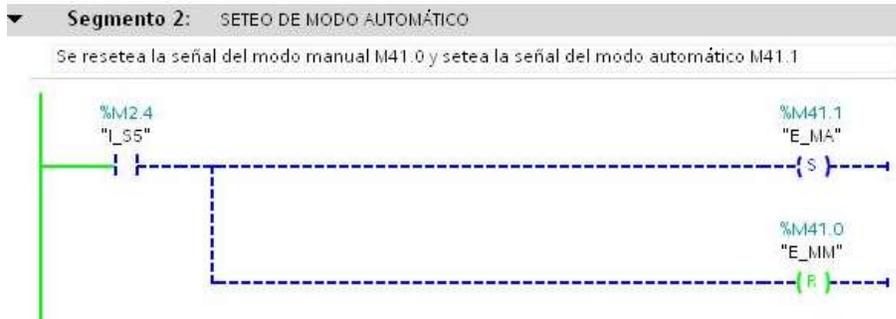
Se desea realizar el control de nivel del reservorio TK-102 mediante histéresis realizando el control con la bomba. Habrá dos modos de operación manual o automático.

Modo automático; se deberá ingresar el valor del setpoint del nivel que se desea tener y el valor de histéresis. Una vez ingresado esos dos valores se ubica el selector en automático (S5) una vez seleccionado, si se pulsa marcha (S1) en ese momento abre la válvula (SV 101) mediante la salida Q0.0. Dependiendo del valor del setpoint e histéresis que se halla ingresado se va a encender o apagar la bomba (P 101) mediante la salida H2, para tener un nivel establecido. Si en cualquier momento se pulsa paro (S2) o paro de emergencia (S3) se para el proceso.

Modo manual; se ubica el selector en manual (S4) se programa el pulsador jog variador (S7) solo cuando este pulsado se encienda la bomba (P 101) mediante la salida variador On/Off (H2). Si se mantiene pulsado el jog válvula (S6) se abre la electroválvula (SV 101).

e. REGISTRO DE RESULTADOS

FIGURA 1: SIN SELECCIONAR AUTOMÁTICO



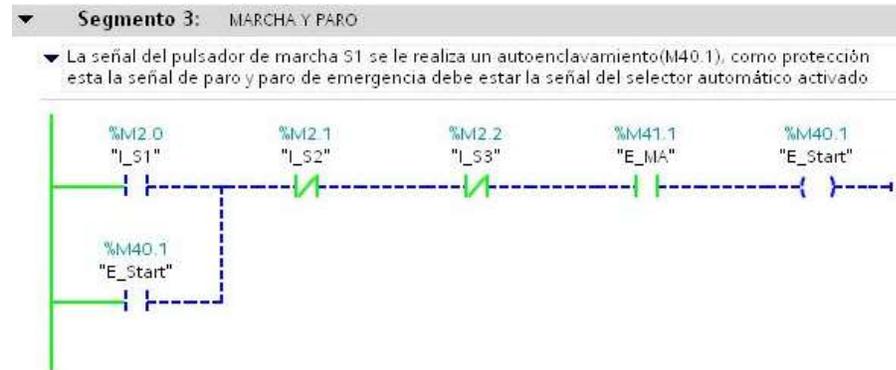
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 2: SELECTOR EN AUTOMÁTICO



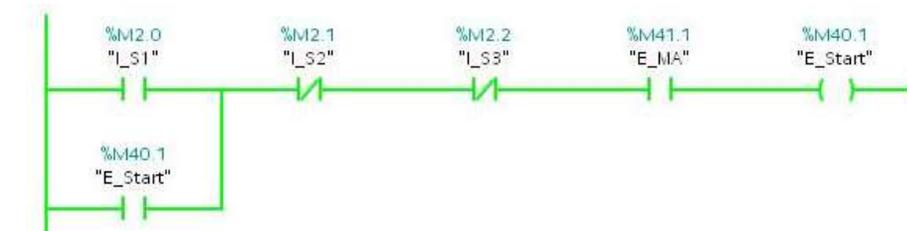
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 3: SIN PULSAR MARCHA



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 4: PULSADO MARCHA

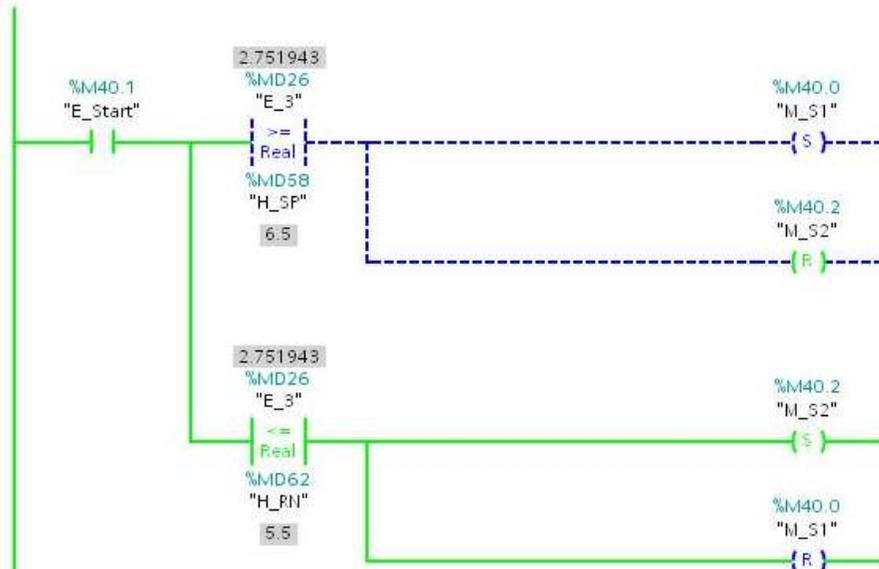


FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 5: COMPARACIONES PARA LA ACTIVACIÓN DE LA BOMBA

Segmento 4: COMPARACIONES PARA LA ACTIVACIÓN DE LA BOMBA

Se realiza las comparaciones para la activación de la bomba cuando sea menor a la histéresis negativa y se apaga la bomba cuando sea mayor a la histéresis positiva.

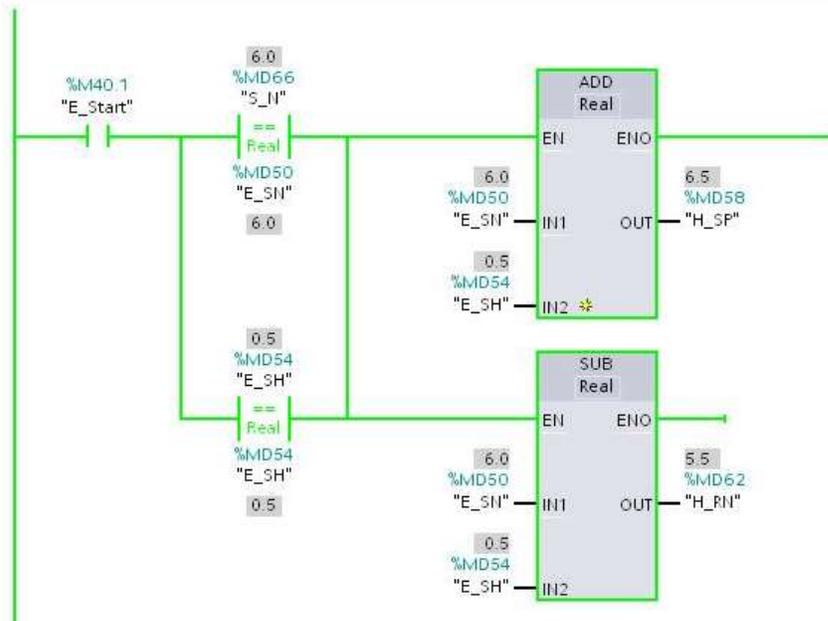


FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 6: SUMA Y RESTA DE SETPOINT E HISTÉRESIS

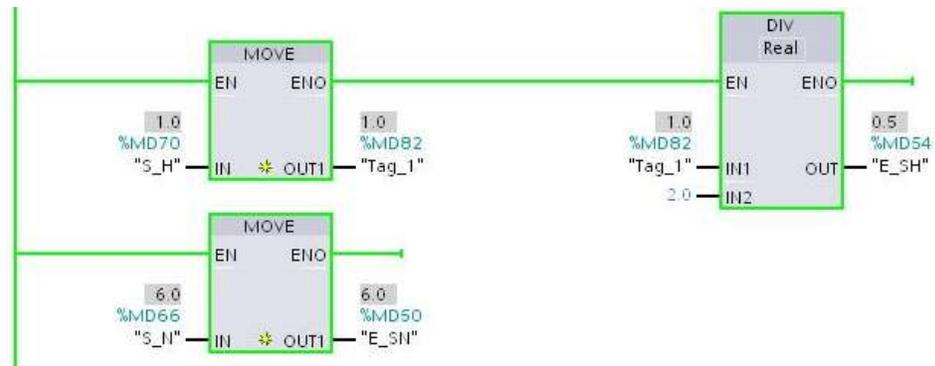
Segmento 5: SETEO DE HISTÉRESIS

Se realiza la fórmula de histéresis que es valor que se ingresa dividido para 2 mas el valor de setpoint



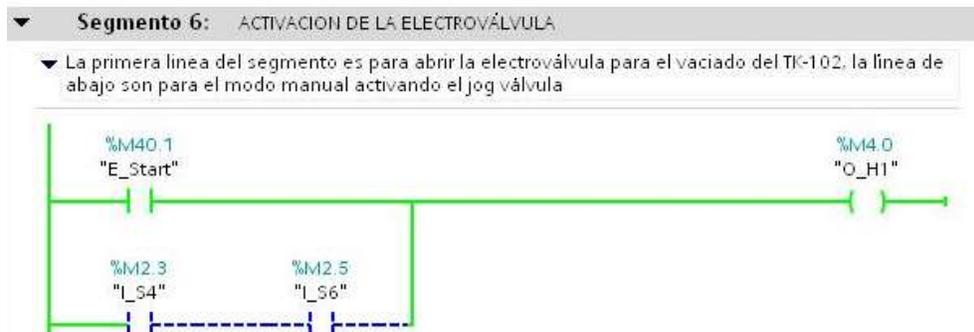
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 7: INGRESOS DE SETPOINT E HISTÉRESIS



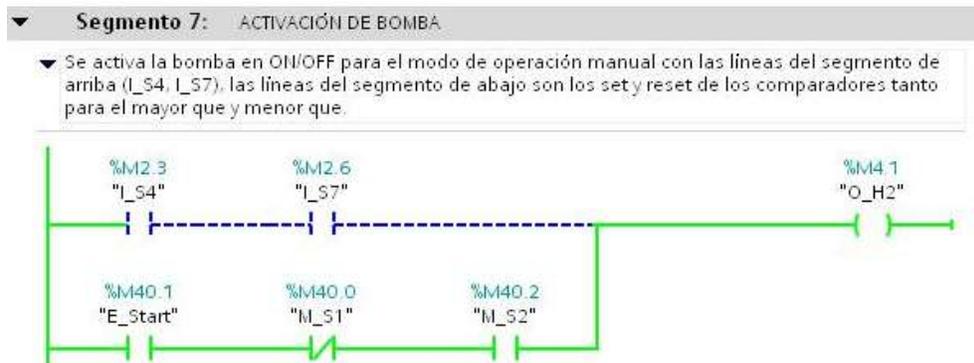
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 8: APERTURA DE ELECTROVÁLVULA



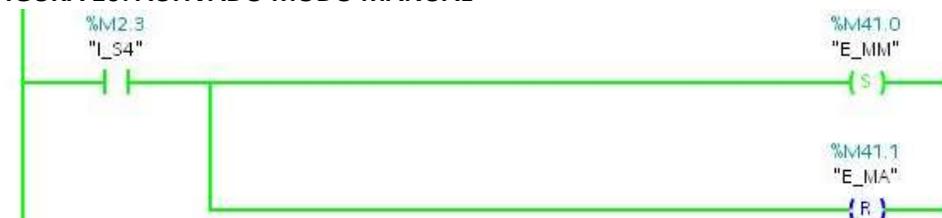
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 9: ACTIVACIÓN DE BOMBA



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 10: ACTIVADO MODO MANUAL

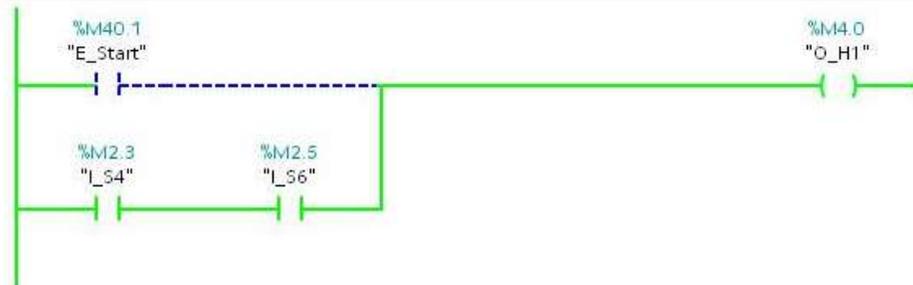


FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 11: ACTIVADO ELECTROVÁLVULA EN MODO MANUAL

▼ Segmento 6: ACTIVACION DE LA ELECTROVÁLVULA

- ▼ La primera línea del segmento es para abrir la electroválvula para el vaciado del TIK-102, la línea de abajo son para el modo manual activando el jog válvula.

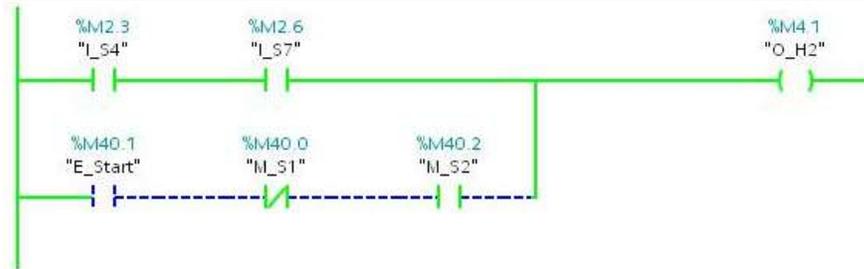


FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 12: ACTIVADA BOMBA EN MODO MANUAL

▼ Segmento 7: ACTIVACIÓN DE BOMBA

- ▼ Se activa la bomba en ON/OFF para el modo de operación manual con las líneas del segmento de arriba (L_S4, L_S7), las líneas del segmento de abajo son los set y reset de los comparadores tanto para el mayor que y menor que.



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 13: ACTIVADA SALIDA Q0.0 ELECTROVÁLVULA

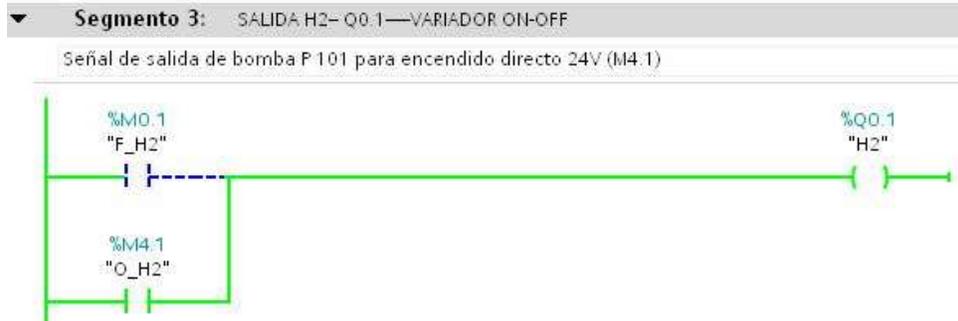
▼ Segmento 2: SALIDA H1 - Q0.0 - VÁLVULA

Señal de salida de electroválvula SV 101 (M4.0)



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 14: ACTIVADA SALIDA Q0.1 BOMBA ON/OFF



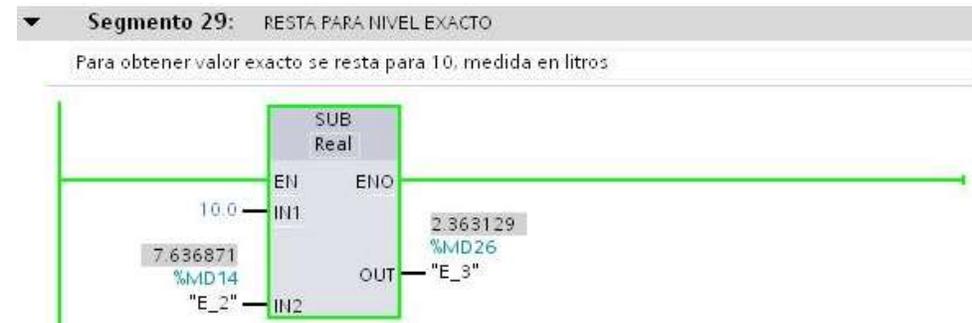
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 15: ESCALAMIENTO DE ENTRADA ANALÓGICA AI1



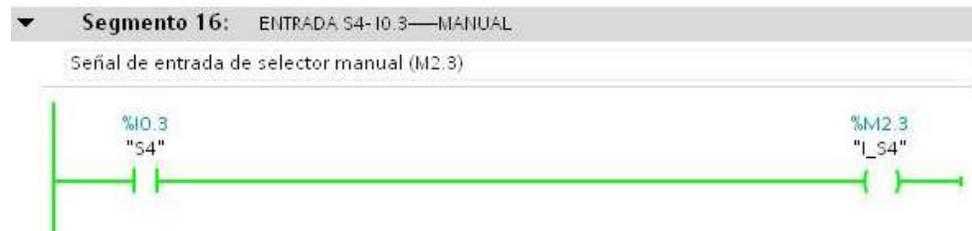
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 16: RESTA PARA 10 PARA OBTENER VALOR EN LT



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 17: ACTIVADA ENTRADA DE SELECTOR MANUAL



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 18: ACTIVADA ENTRADA DE SELECTOR AUTOMÁTICO



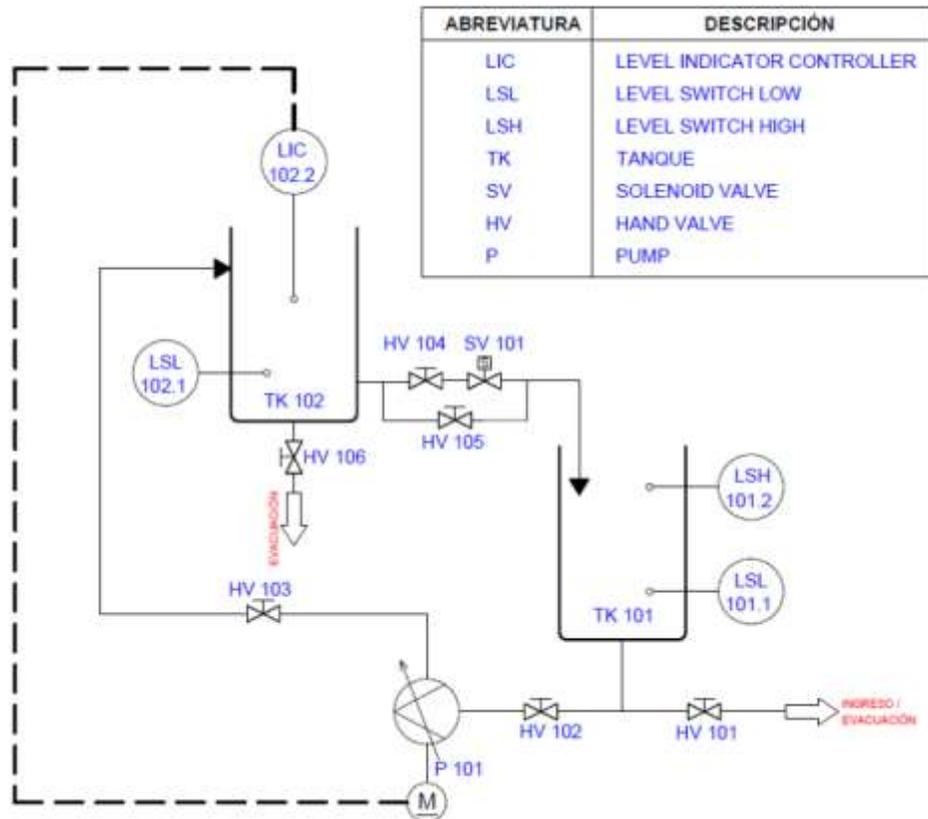
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 19: ACTIVADA ENTRADA DE JOG VARIADOR



FUENTE: LOS AUTORES

- f. ANEXO
P&ID de la práctica



		PRÁCTICA #9	
		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL		
CARRERA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA SEDE GUAYAQUIL		
PRÁCTICA	#9		

a. TEMA

CONTROL PID PARA LLENADO DE RESERVORIO.

b. OBJETIVO GENERAL

Verificar mediante la práctica el funcionamiento del control proporcional integral derivativo PID, su comportamiento, características, configuración. Utilizando los objetos tecnológicos que ofrece el software TIA Portal para realizar el PID con el controlador S7-1200. Teniendo como variable de control el nivel del reservorio TK 102.

c. RECURSOS UTILIZADOS

Las laptops con el software TIA PORTAL DE SIEMENS.
Módulos de PLCs S7-1200, Cable DB25, RJ45
Planta industrial

d. MARCO PROCEDIMENTAL

Consideraciones preliminares

Inicialmente debe estar vacío el reservorio TK-102 (1.5lts) y el reservorio TK-101 debe encontrarse lleno (9lts), las válvulas manuales HV 101, HV 105, HV 106 deben estar cerradas y las válvulas manuales HV 102, HV 103, HV104 tienen que estar abierta.

Proceso

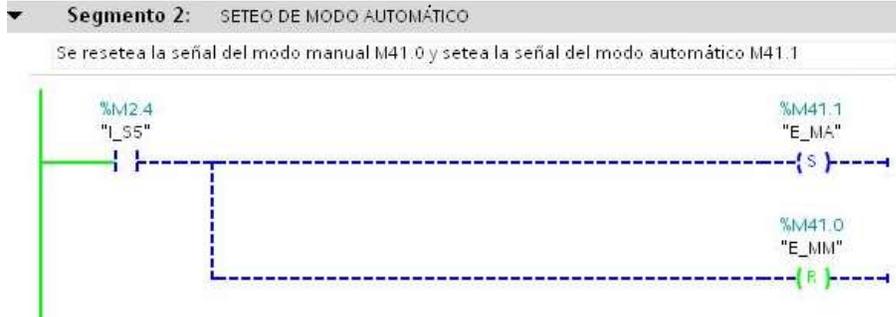
Se desea realizar el control de nivel del reservorio TK-102 mediante el PID teniendo como variable de control la bomba, variable de proceso el nivel del reservorio TK 102, mediante el instrumento de medida el sensor ultrasónico. Habrá dos modos de operación manual o automático.

Modo automático; se debe ingresar una magnitud regulada o setpoint de referencia, para mantener el nivel en el reservorio TK 102 mediante el control de la bomba como elemento de regulación que modifica la magnitud regulada en función de la magnitud manipulada. Teniendo como instrumento de medición de la magnitud manipulada el sensor ultrasónico. Ajustar el PID en optimización automática con el S1 marcha y teniendo el selector en automático, además se debe abrir la electroválvula SV 101 para simular consumo del TK 101. Se debe utilizar la bomba de forma analógica H3, si se pulsa paro o paro de emergencia se para la optimización del PID.

Modo manual; se ubica el selector en manual (S4) se programa el pulsador jog variador (S7) solo cuando este pulsado se enciende la bomba (P 101) mediante la salida variador ON/OFF (H2). Si se mantiene pulsado el jog válvula (S6) se abre la electroválvula (SV 101).

e. REGISTRO DE RESULTADOS

FIGURA 1: SIN SELECCIONAR AUTOMÁTICO



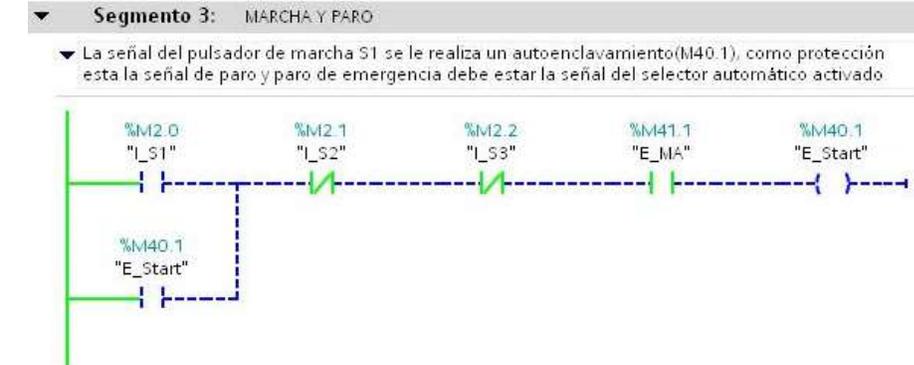
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 2: SELECTOR EN AUTOMÁTICO



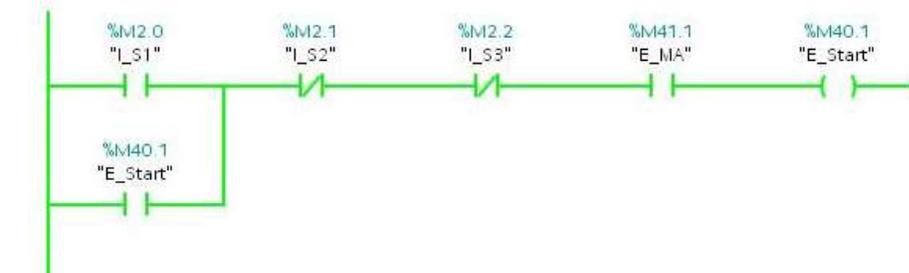
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 3: SIN PULSAR MARCHA



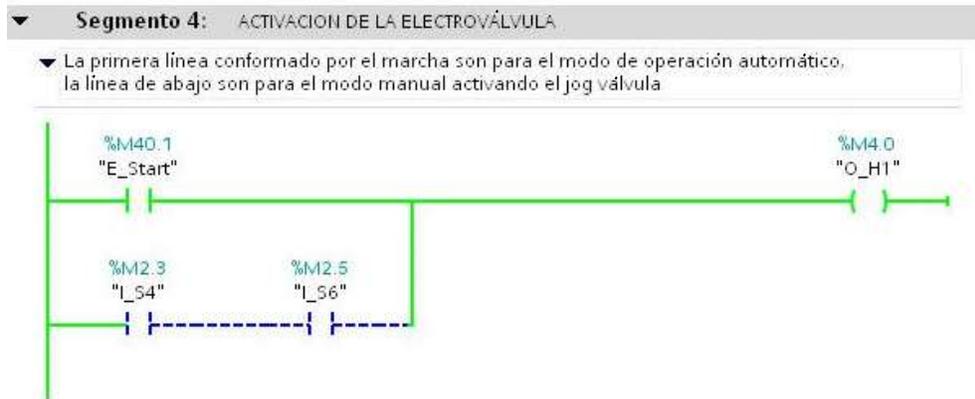
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 4: PULSADO MARCHA



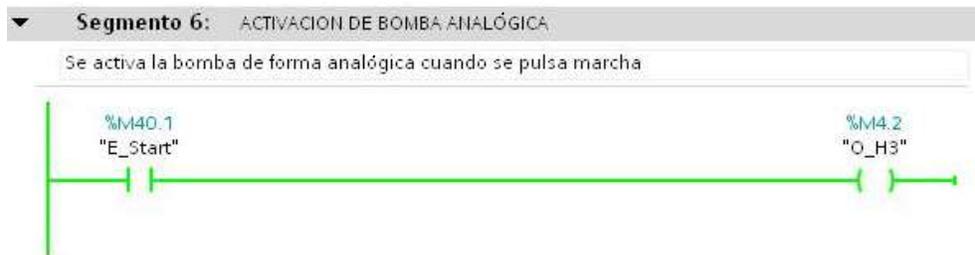
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 5: ACTIVACIÓN DE ELECTROVÁLVULA MODO AUTOMÁTICO



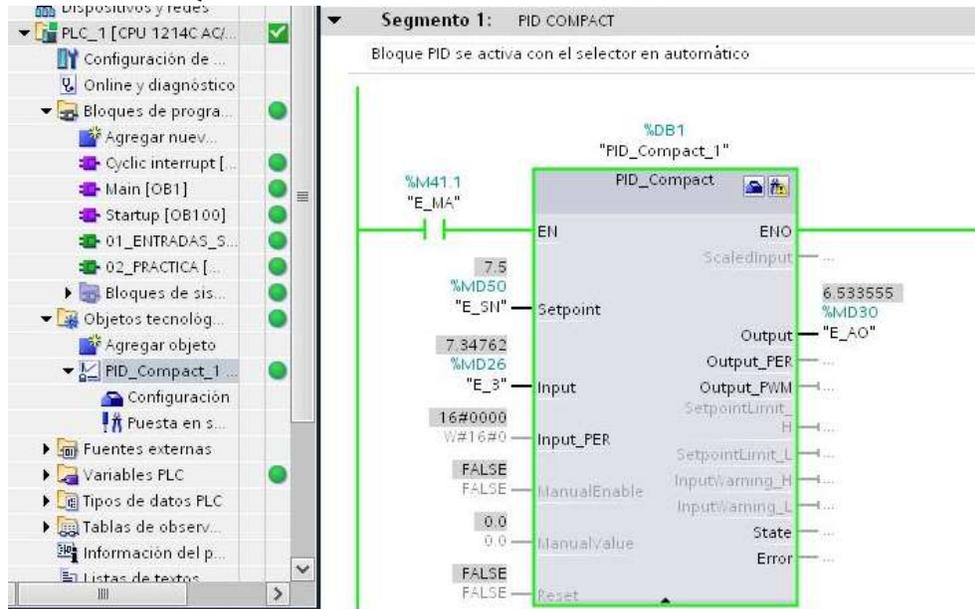
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 6: ACTIVACIÓN DE BOMBA DE FORMA ANALÓGICA



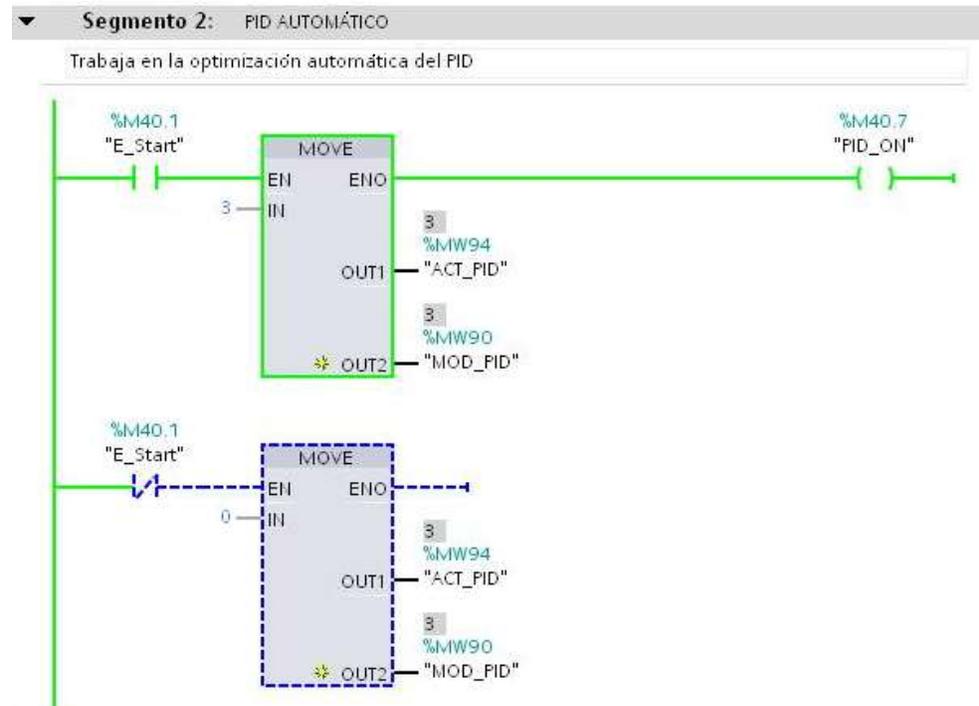
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 7: BLOQUE PID DENTRO DE OB ALARMA CÍCLICA



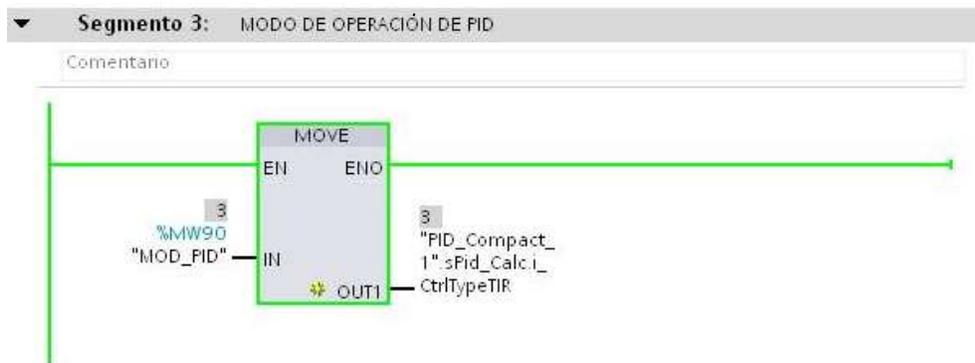
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 8: MARCHA DEL SISTEMA SETEO DEL PID EN AUTOMÁTICO



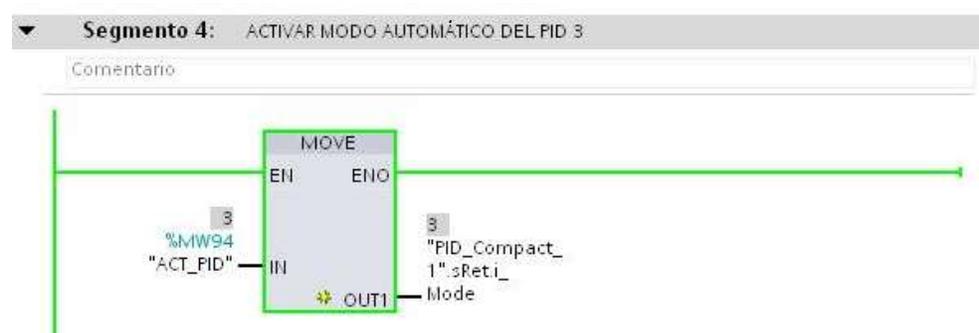
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 9: MODO DE OPERACIÓN DE TRABAJO DEL PID



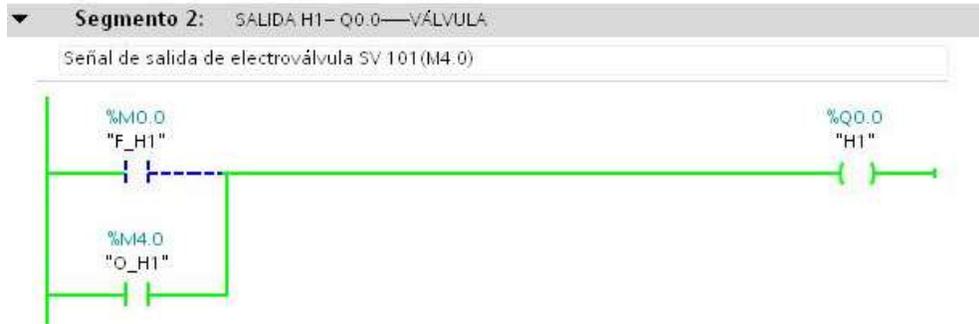
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 10: MODO DE OPTIMIZACIÓN DEL PID EN AUTOMÁTICO



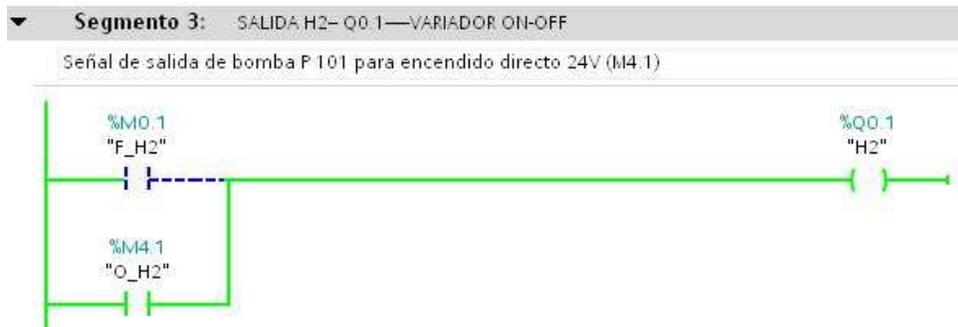
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 11: ACTIVADA SALIDA Q0.0 ELECTROVÁLVULA



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 12: ACTIVADA SALIDA Q0.1 BOMBA ON/OFF



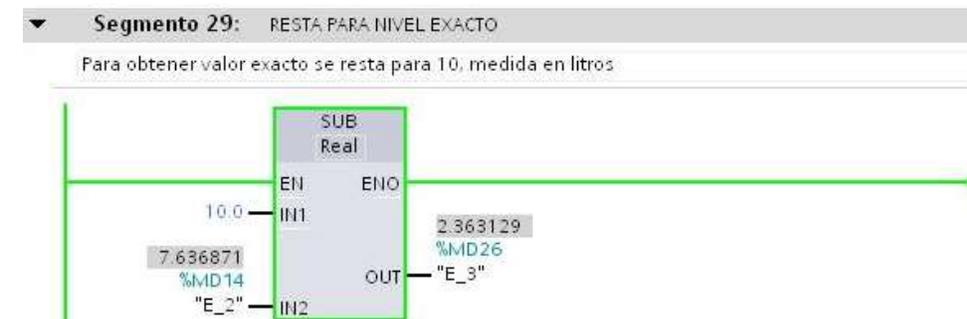
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 13: ESCALAMIENTO DE ENTRADA ANALÓGICA AI1



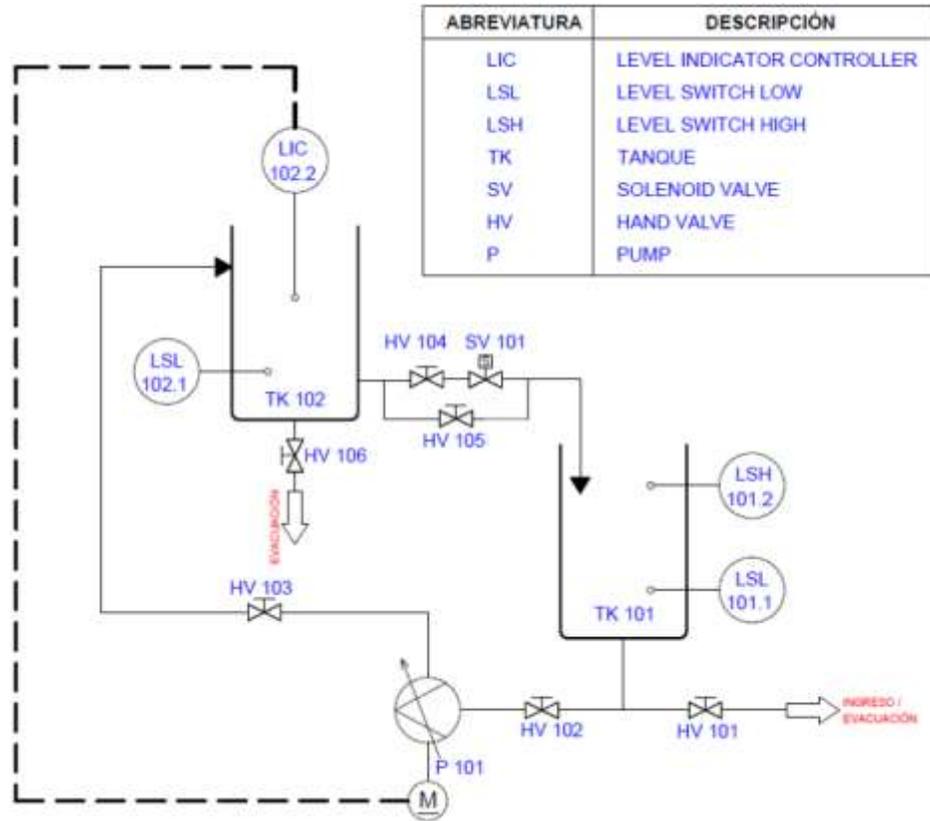
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 14: RESTA PARA 10 PARA OBTENER VALOR EN LT



FUENTE: LOS AUTORES

f. ANEXO
P&ID de la práctica



		PRÁCTICA #10	
		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL		
CARRERA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA SEDE GUAYAQUIL		
PRÁCTICA	#10		

- a. TEMA
SCADA DE CONTROL PID PARA LLENADO DE TANQUES MEDIANTE LabVIEW

- b. OBJETIVO GENERAL
Verificar mediante la práctica el funcionamiento del control proporcional integral derivativo PID, su comportamiento, características, configuración. Utilizando los objetos tecnológicos que ofrece el software TIA Portal para realizar el PID con el controlador S7-1200. Realizando la visualización en LabVIEW para confirmar el comportamiento del controlador.

- c. RECURSOS UTILIZADOS
Las laptops con el software TIA PORTAL DE SIEMENS.
Módulos de PLCs S7-1200, Cable DB25, RJ45
Planta industrial

- d. MARCO PROCEDIMENTAL
Consideraciones preliminares
Inicialmente debe estar vacío el reservorio TK-102 (1.5lts) y el reservorio TK-101 debe encontrarse lleno (9lts), las válvulas manuales HV 101, HV 105, HV 106 deben estar cerradas y las válvulas manuales HV 102, HV 103, HV104 tienen que estar abierta.

Proceso
Se desea realizar el control de nivel del reservorio TK-102 mediante el PID teniendo como variable de control la bomba, variable de proceso el nivel del reservorio TK 102, mediante el instrumento de medida el sensor ultrasónico. Habrá dos modos de operación manual o automático, y un sistema de visualización mediante LabVIEW para visualizar el comportamiento del PID.
Modo automático; se debe ingresar una magnitud regulada o setpoint de referencia, para mantener el nivel en el reservorio TK 102 mediante el control de la bomba como elemento de regulación que modifica la magnitud regulada en función de la magnitud manipulada. Teniendo como instrumento de medición de la magnitud manipulada el sensor ultrasónico. Ajustar el PID en optimización automática con el S1 marcha y teniendo el selector en automático, además se debe abrir la electroválvula SV 101 para

simular consumo del TK 101. Se debe utilizar la bomba de forma analógica H3, si se pulsa paro o paro de emergencia se para la optimización del PID. Modo manual; control similar al realizado en la práctica #9

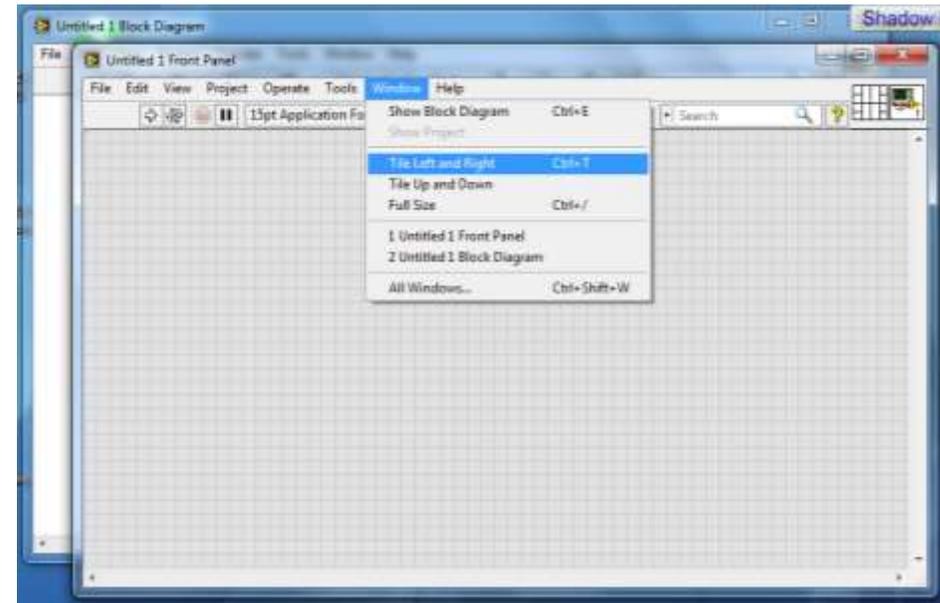
e. REGISTRO DE RESULTADOS

FIGURA 1: CREACIÓN NUEVO INSTRUMENTO VIRTUAL (VI)



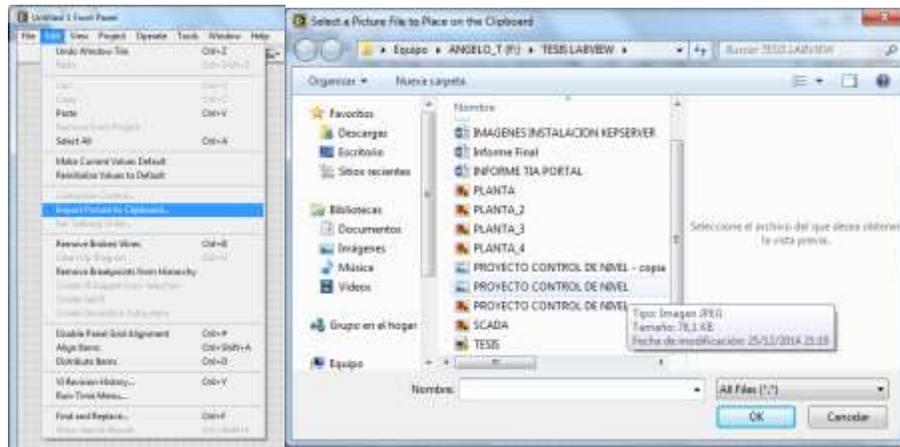
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 2: COMPARTIMIENTO VENTANAS DEL VI



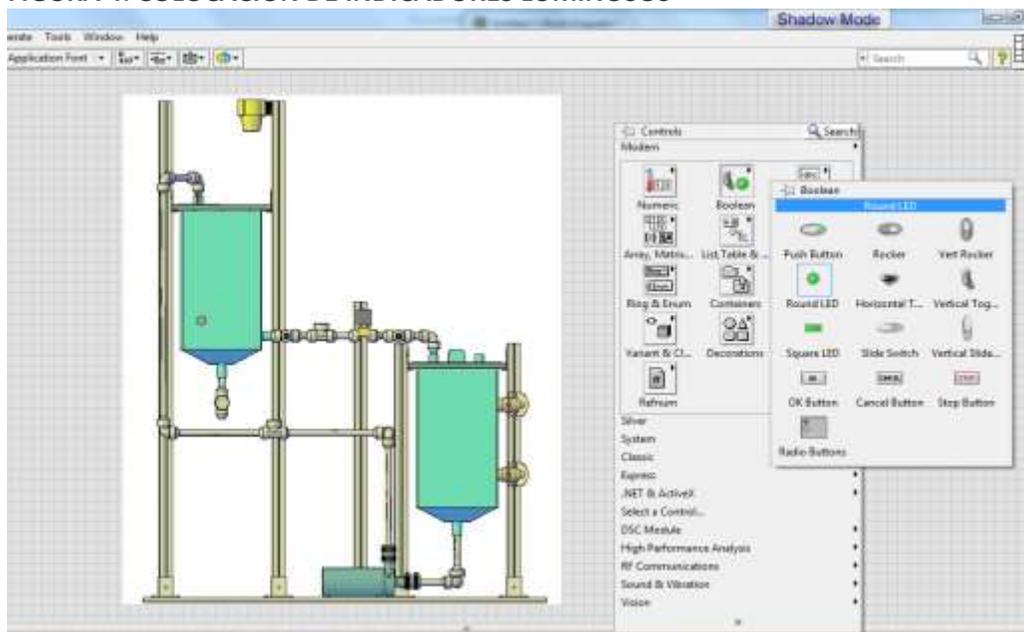
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 3: IMPORTACIÓN DE IMAGEN AL VI



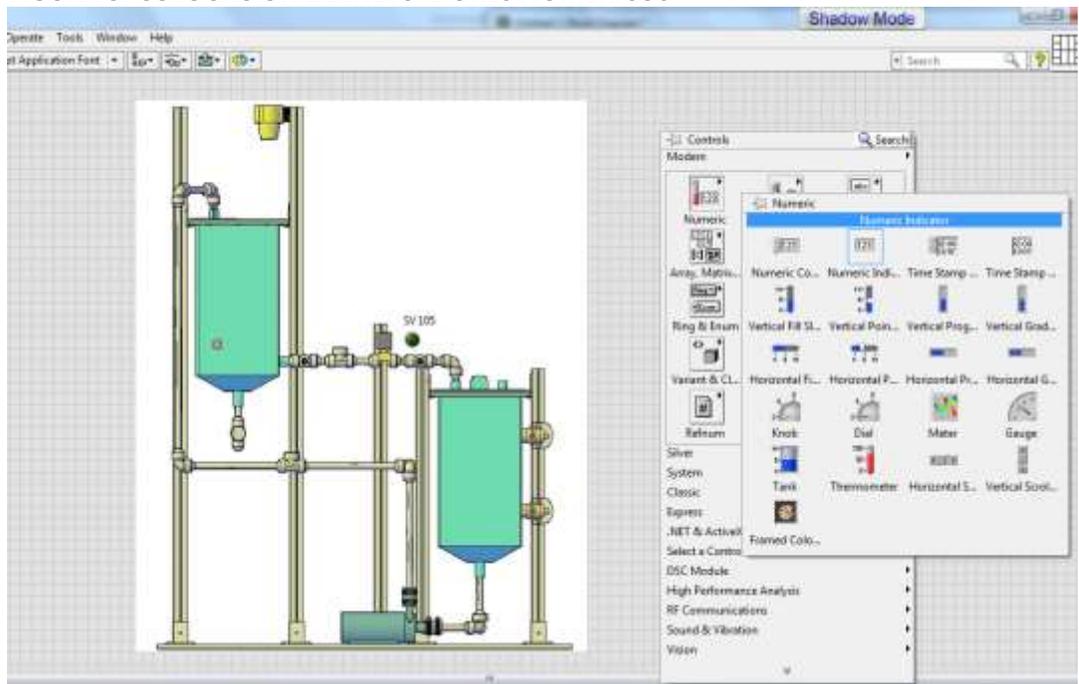
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 4: COLOCACIÓN DE INDICADORES LUMINOSOS



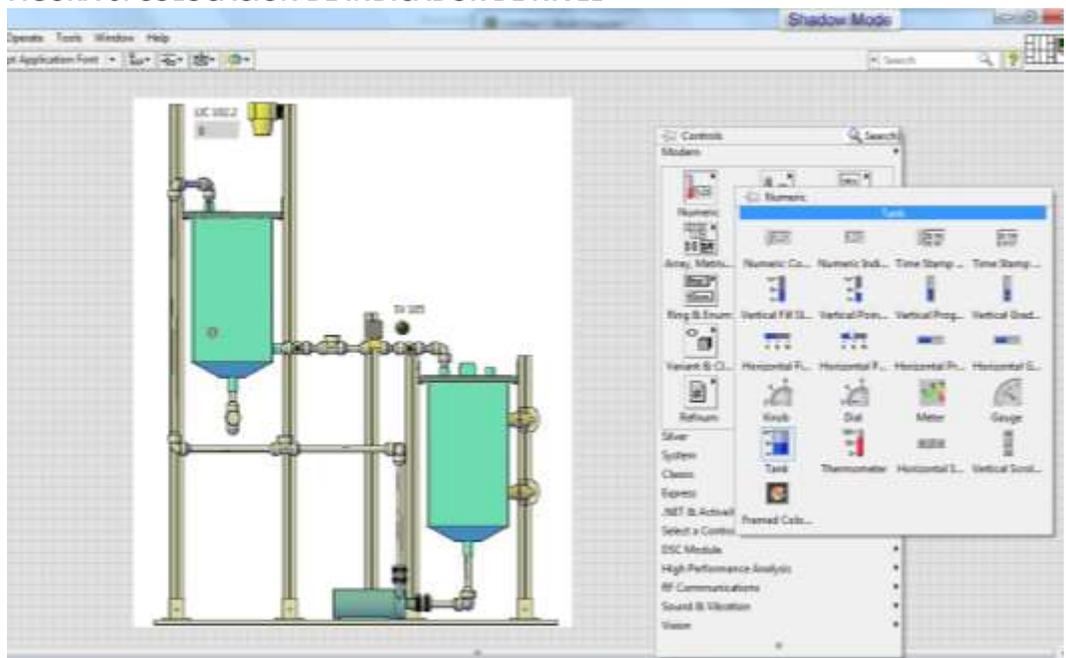
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 5: COLOCACIÓN DE INDICADORES NUMÉRICOS



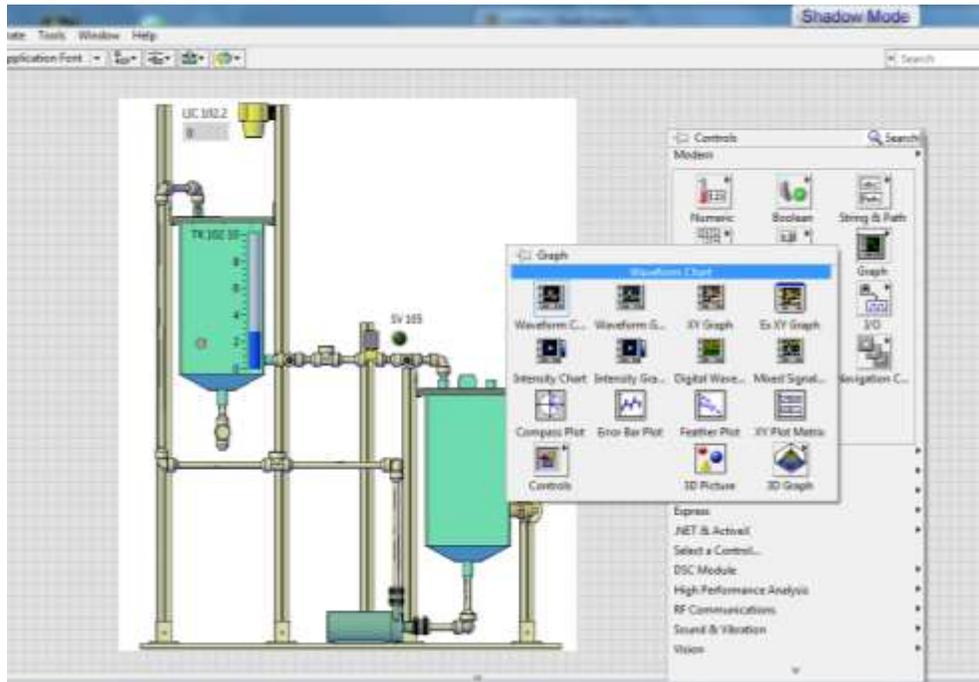
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 6: COLOCACIÓN DE INDICADOR DE NIVEL



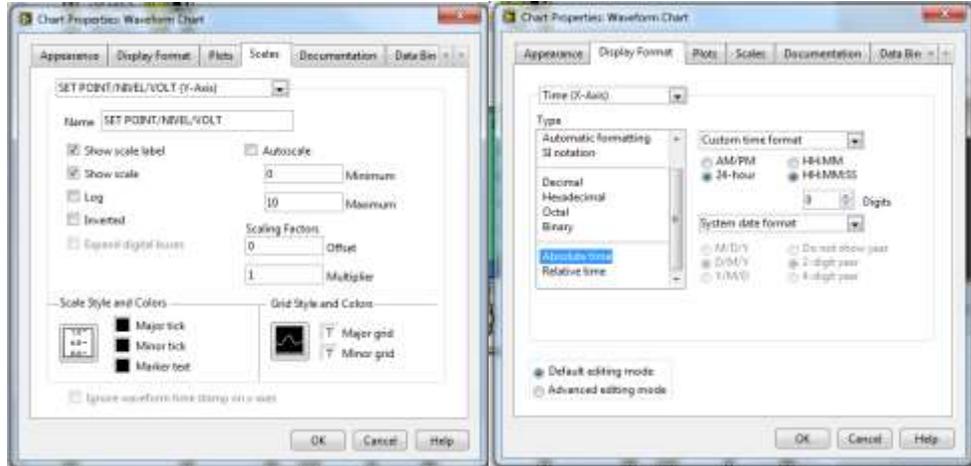
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 7: COLOCACIÓN DEL CUADRO DE GRÁFICAS



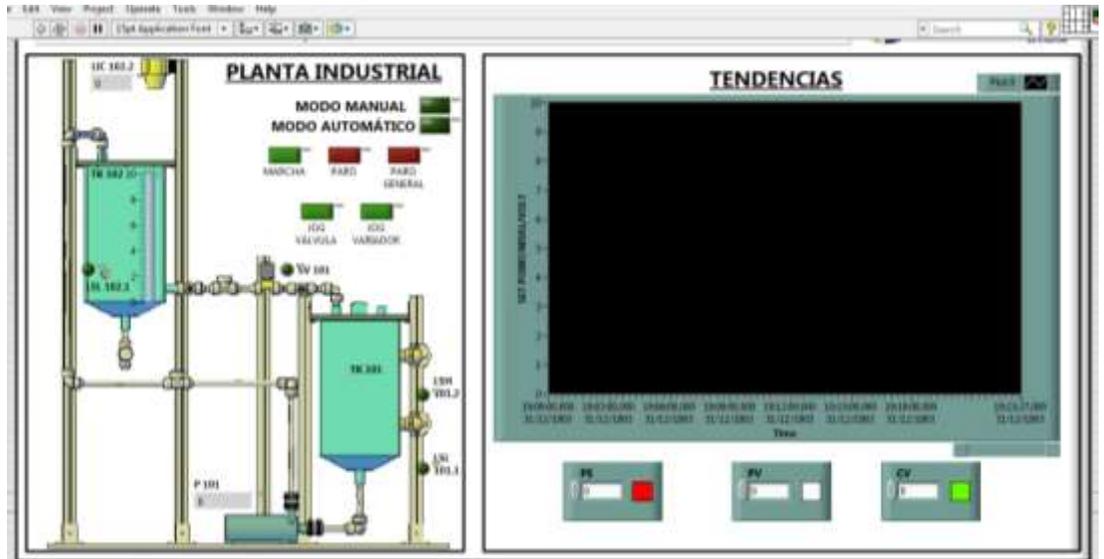
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 8: MODIFICACIONES TABLA DE GRÁFICAS



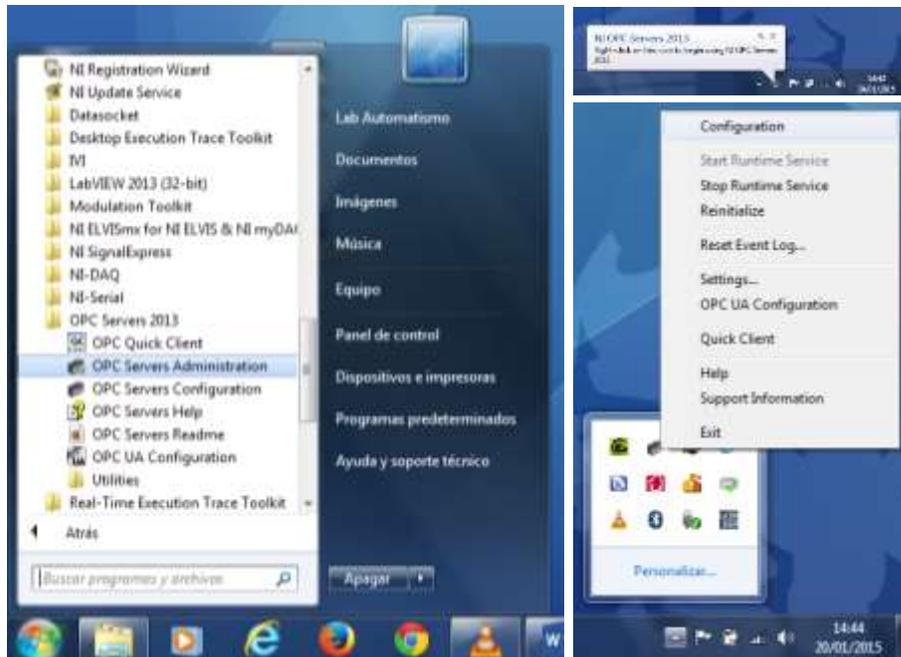
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 9: DISEÑO PANEL FRONTAL



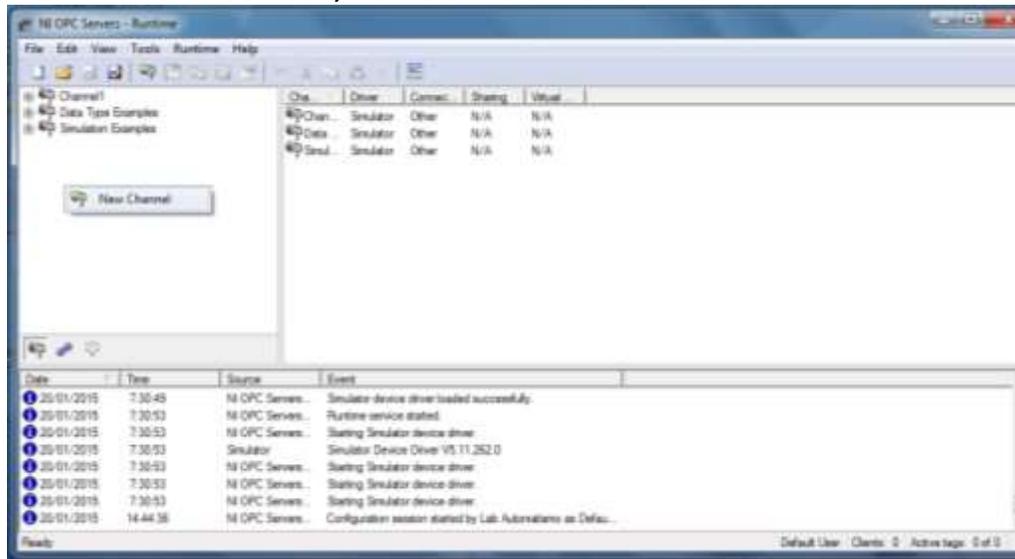
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 10: ABERTURA NI OPC SERVER



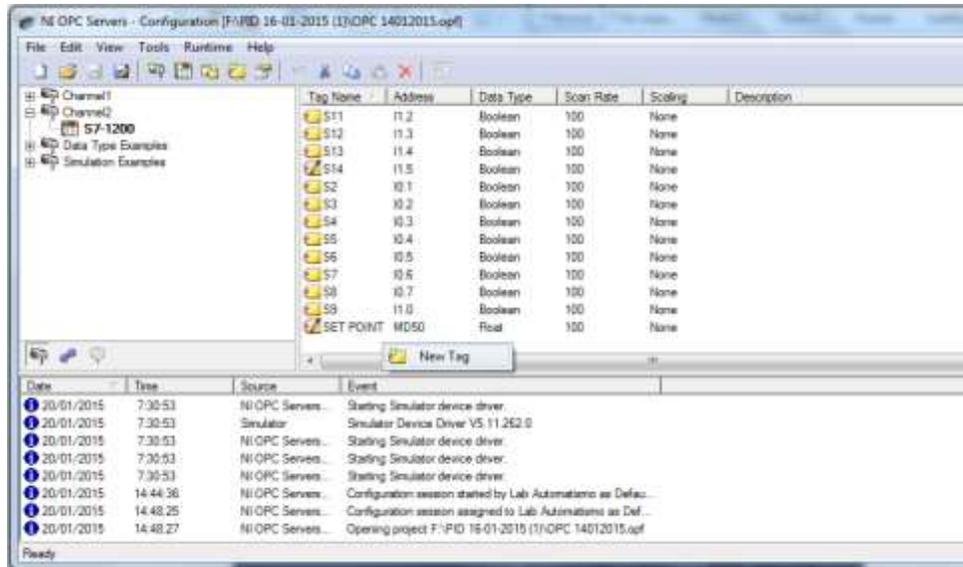
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 11: NI OPC SERVER, NUEVO CANAL Y DISPOSITIVO



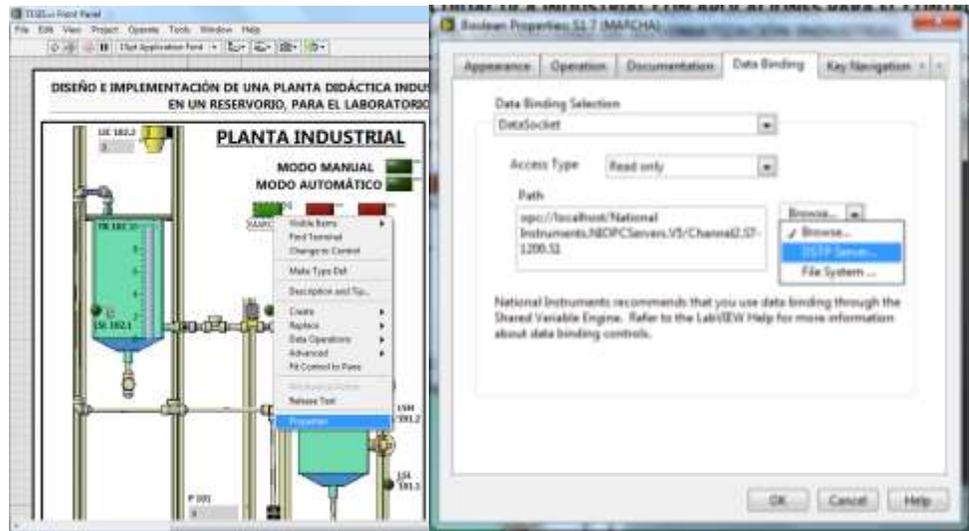
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 12: COLOCACIÓN DE SEÑALES EN EL NUEVO DIPOSITIVO



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 15: DIRECCIONAMIENTO DE SEÑALES LABVIEW



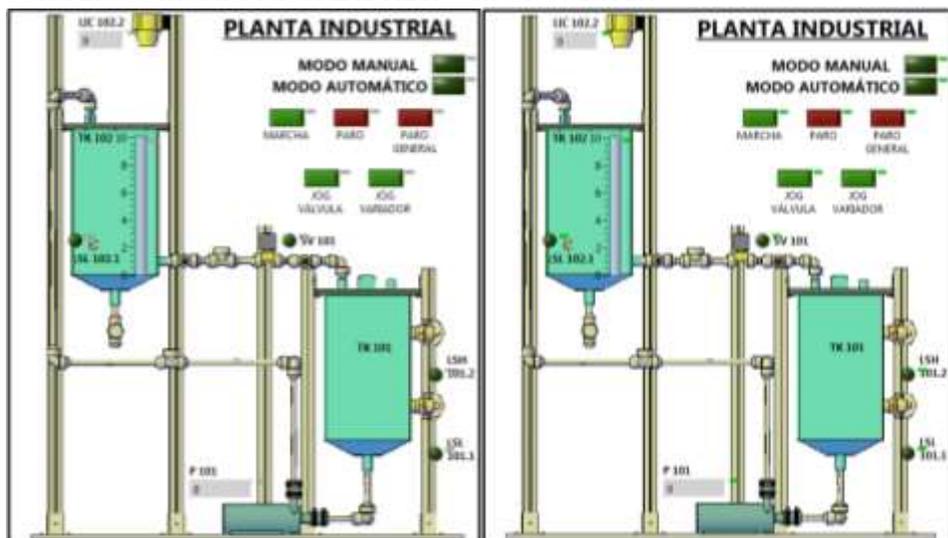
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 16: DIRECCIONAMIENTO DE SEÑALES LABVIEW



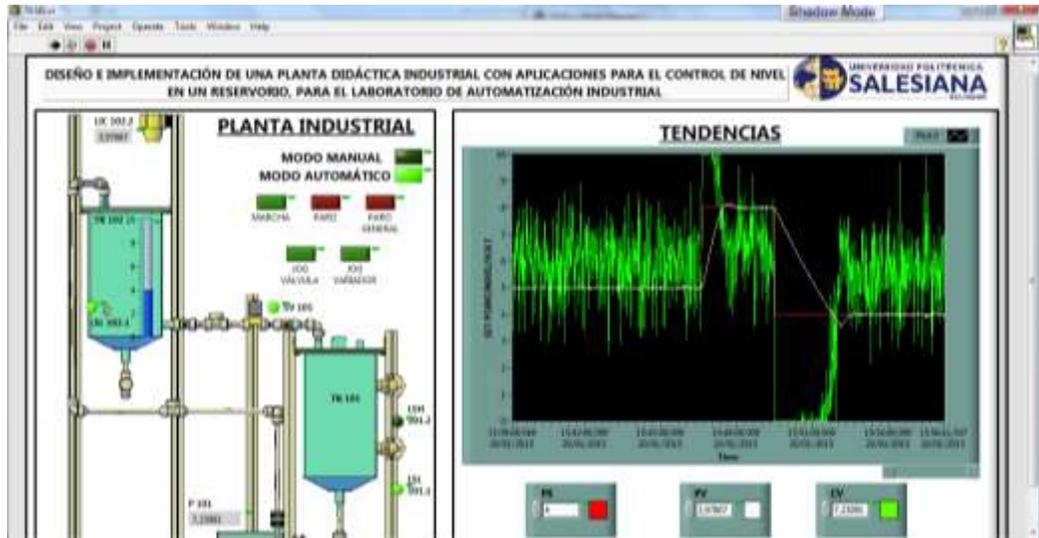
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 17: COMUNICACIÓN LABVIEW – NI OPC SERVER



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 18: PID VISUALIZACION EN LABVIEW



FUENTE: LOS AUTORES.

- f. ANEXO
P&ID de la práctica

