



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

IMPLEMENTACION DE EXPERIENCIAS EN UN BANCO DIDACTICO PARA CONTROL DE PROCESOS

Trabajo para optar al título de:

Ingeniero Mecánico

Profesor Patrocinante:

Sr. Misael Fuentes P.

Ingeniero Mecánico

Magister en Modelado del Conocimiento
para Entornos Virtuales Educativos

JAIME ANDRES SANTAMARIA REYES

Valdivia - Chile

2010

El Profesor Patrocinante y Profesores Informantes del Trabajo de Titulación comunican al Director de la Escuela de Ingeniería Civil Mecánica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería que el Trabajo de Titulación del Señor:

JAIME ANDRÉS SANTAMARÍA REYES

Ha sido aprobado en el examen de defensa rendido el día _____, como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico. Y, para que así conste para todos los efectos firman:

Profesor Patrocinante:

Sr. Misael Fuentes Paredes. _____

Profesores Informantes:

Sr. Rogelio Moreno Muñoz. _____

Sr. Rolando Ríos Rodríguez. _____

V^oB^o Director de Escuela

Sr. Milton Lemarie Oyarzún. _____

AGRADECIMIENTOS

Primero, quisiera agradecer a mi papas Jaime y Ruth por todos estos años de esfuerzo, por el constante apoyo en los buenos y malos momentos porque siempre estuvieron conmigo, muchas gracias y los quiero mucho.

A mi profesor patrocinante, Misael Fuentes, gracias por la ayuda prestada en cada traba de este trabajo y por haberme esperado todo este tiempo.

Por ultimo quiero agradecer a mi polola Pame, quien me entrego todo su cariño y apoyo, acompañándome en cada instante de éste proceso, a la que agradezco todo su amor y paciencia en éste ultimo tramo de la universidad.

Solo me queda decir misión cumplida.

INDICE

Capítulo		Página
	RESUMEN	1
	SUMMARY	2
	INTRODUCCIÓN	3
I	CONCEPTOS GENERALES DE CONTROL	6
1.1	Control de Procesos	6
1.1.1	Evolución del control	7
1.1.2	Sistemas de control	8
1.1.2.1	Clasificación de un sistema de control	9
1.1.3	Objetivos del control de procesos	10
II	BANCO DIDÁCTICO	11
III	MANUAL DE OPERACIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO DE CONTROL DE PROCESO	14
3.1	Descripción de equipos	15
3.1.1	PLC	17
3.1.1.1	Campos de aplicación	18
3.1.1.2	Ventajas del PLC	19
3.1.1.3	Desventajas del PLC	19
3.1.1.4	Control PID	19
3.1.1.4.1	Proporcional	22
3.1.1.4.2	Integral	23
3.1.1.4.3	Derivativo	25
3.1.1.4.4	Significado de las constantes	26
3.1.1.4.5	Usos	27
3.1.1.4.6	Ajustes de parámetros del PID	27
3.1.1.4.7	Ajuste Manual	28
3.1.2	Variador de frecuencia	29

Capítulo	Página	
3.1.2.1	Instrucciones de programación	29
3.1.2.2	Indicación del número de parámetros	31
3.1.2.3	Tecla menú	32
3.1.2.3.1	Luces indicadoras	33
3.1.2.3.2	Teclas de navegación	33
3.1.2.3.3	Teclas de funcionamiento	34
3.1.2.4	Menú de estado	34
3.1.2.5	Menú rápido	35
3.1.2.6	Menú principal	35
3.1.2.7	Evitar arranques accidentales	36
3.1.3	Válvula proporcional	37
3.1.3.1	Ventajas de la válvula proporcional	38
3.1.4	Controlador de temperatura	40
3.1.4.1	Como cambiar el valor del controlador de temperatura	42
3.1.4.2	Funcionamiento automático	44
3.1.4.3	Doble función del controlador	45
3.1.4.4	Alarma de salida	46
3.1.4.5	Error de pantalla	47
3.1.5	Transmisor de presión	47
3.1.6	Transmisor de nivel	48
3.1.7	Presostato	49
3.1.7.1	Interruptor manual	50
3.1.8	Medidor de caudal	51
3.1.9	Pantalla	52
3.1.10	Calefactor	53
3.1.11	Sensor de temperatura	54
3.1.12	Bomba	54
3.1.13	Software de monitoreo Scada 32	55
3.1.13.1	Interfaz humano – máquina	56

Capítulo		Página
IV	GUÍA DE EXPERIENCIAS DEL BANCO DE CONTROL DE PROCESOS	58
4.1	Experiencia nº 1:Control de nivel PID	62
4.2	Experiencia nº 2: Control de nivel ON/OFF	65
4.3	Experiencia nº 3: Control de caudal desviación de flujo	68
4.4	Experiencia nº4: Control del caudal por variación de giro	71
4.5	Experiencia nº 5: Control de presión ON/ OFF	74
4.6	Experiencia nº 6: Control de temperatura ON/ OFF	77
	CONCLUSIONES	80
	BIBLIOGRAFIA	81
	ANEXOS	82

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Esquema de un proceso	9
2	Esquema del banco de prueba	16
3	Diagrama de flujo del Banco Didáctico	17
4	PLC	18
5	Diagrama en bloques de un control PID	20
6	Diagrama control Proporcional	23
7	Diagrama control Integral	24
8	Diagrama control Derivativo	25
9	Variador de frecuencia	29
10	Descripción de botones y del display	30
11	Lectura de diferentes tipos de información en el display	30
12	Indicación de ajustes	31
13	Indicación del valor de parámetros seleccionados	31
14	Indicación de la unidad del parámetro seleccionado	32
15	Indicación de la dirección de la bomba	32
16	Indicación del modo de estado	34
17	Indicación del modo menú rápido	35
18	Indicación del modo menú principal	36
19	Válvula proporcional	37
20	Diagrama de válvula proporcional	39
21	Controlador de temperatura	40
22	Diagrama del control de temperatura	41
23	Cambio de ajuste	42
24	Cambio de dígitos SV	42
25	Cambio de valores SV	43
26	Cambio de modo	43
27	Gráfico de turno 1 automático	44

Figura		Página
28	Gráfico de turno 2 al 70%	45
29	Gráfico PIDF	45
30	Gráfico PIDS	45
31	Transmisor de presión	47
32	Transmisor de nivel	48
33	Presostato	50
34	Grafico de los componentes internos del Presostato	51
35	Medidor de caudal	51
36	Pantalla	53
37	Calefactor	53
38	Sensor de temperatura	54
39	Bomba eléctrica	54
40	Enumeración de las válvulas de bola del banco de prueba	61
41	Representación de la experiencia N°1	63
42	Diagrama cableado experiencia N°1	64
43	Representación de la experiencia N°2	66
44	Diagrama cableado experiencia N°2	67
45	Representación de la experiencia N° 3	69
46	Diagrama cableado experiencia N° 3	70
47	Representación de la experiencia N°4	72
48	Diagrama cableado experiencia N° 4	73
49	Representación de la experiencia N° 5	75
50	Diagrama cableado experiencia N° 5	76
51	Representación de la experiencia N° 6	78
52	Diagrama cableado experiencia N° 6	79

INDICE DE ANEXOS

Anexos	Página
PLC	83
Variador de Frecuencia	90
Válvula Proporcional	97
Controlador de Temperatura	103
Transmisor de Presión	111
Transmisor de Nivel	119
Presostato	123
Pantalla	130
Medidor de flujo	131
Bomba	139
Software de monitoreo Scada 32	140

RESUMEN

El presente trabajo fue desarrollado por la necesidad de contar con un manual de operaciones y una guía de experiencias para el banco didáctico de Control de Procesos, que ha sido adquirido por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería para el Laboratorio de Control de Procesos.

El trabajo realizado se basa en las experiencias prácticas ejecutadas, y en el estudio de los componentes que forman parte del banco didáctico. El estudio se llevo a cabo por medio de catálogos, libros, búsqueda de información en Internet y con la información entregada por la empresa que diseñó el banco didáctico, todo con la finalidad de elaborar un manual para los estudiantes, que sirva de apoyo en el reconocimiento de las partes del banco donde se encontrarán; esquemas, dibujos, fotografías que ayudan a la correcta identificación de las partes de cada accesorio y componentes, para guiar la forma en que debe operarse.

También se desarrolló una guía de experiencias para la elaboración de ensayos prácticos, ésta guía comprende; esquemas de flujo de componentes que participan en cada experiencia, los pasos a seguir en cada experiencia, con esta ayuda los alumnos podrán ir descubriendo las aplicaciones de cada componente.

Además en el presente trabajo se incluye información anexa de los componentes con sus respectivas informaciones técnicas.

SUMMARY

This work was developed by the need for an operation manual, and a guide to learning experiences for the teaching bank process control, which has been acquired by the Faculty of Engineering for the Process Control Laboratory.

The Work is based in the practical experiences executed, and the study of components that are part of the teaching bank process control. The study was carried out by means of catalogs, books, internet information search and information supplied by the company that designed the training bank, all whit the aim of developing a handbook for students, which will support the recognition of parts of the bank, where they will find; sketches, drawings, photographs, that help correctly identify the parts of each accessory and components to guide the way of operation.

It is also developing a guide for developing experiences trials, this guide covers; schemes flow components involved in each experience, the steps to take in every experience, this may help students to discover the applications of each component.

Also, this study includes information attached to their respective components with technical information.

INTRODUCCIÓN

La evolución en el mundo de las industrias ha llevado a que se busquen nuevos mecanismos para el proceso de producción, los cuales con el correr del tiempo se han ido optimizando, para ello los avances tecnológicos han sido de gran ayuda, ya que cada vez se incrementan las demandas de productos con mayores estándares de calidad. Esto exige a los profesionales de hoy estar más preparados, principalmente en nuevos mecanismos y métodos del proceso de producción.

El reto que tienen los futuros ingenieros es saber operar las nuevas tecnologías que se encuentran en las industrias, siendo de vital importancia las herramientas teóricas entregadas por las distintas asignaturas y unido a esto, el desarrollo de experiencias prácticas, con el fin de que un ingeniero pueda desenvolverse en el campo laboral de la mejor manera, en los complejos sistemas utilizados en distintos procesos industriales.

Actualmente la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, ha adquirido para el Laboratorio de Control de Procesos, un banco didáctico, el cual fue comprado a la empresa Vignola S.A. Este banco didáctico tiene como objetivo enseñar al alumno en forma práctica como opera el control de proceso sobre las variables de: nivel, caudal, presión y temperatura de agua, para ello el banco está confeccionado con los elementos que el alumno encontrará en la industria.

El presente trabajo de título entrega los conceptos generales de control, información acerca del banco didáctico, un manual de operaciones y una guía de experiencias de posibles aplicaciones de control de proceso, que son muy similares a las utilizadas en el sector industrial, con esto el alumno podrá identificar los distintos componentes del banco didáctico, las variables que se pueden controlar, como operan cada una de ellas y algunos elementos tales como: variador de frecuencia, bomba, válvulas, Plc. etc.

DEFINICION DEL PROBLEMA

La Facultad de Ciencias de la Ingeniería, encargó la construcción de un banco didáctico a la empresa VIGNOLA S.A., y para este hay que confeccionar el manual de operaciones y la guía de experiencias.

OBJETIVOS

Objetivos Generales

- Elaborar el manual de operaciones que contengan la información necesaria para el correcto funcionamiento del banco de prueba.
- Elaborar las guías de experiencias, que permitan a los usuarios conocer el comportamiento del banco de prueba y efectuar las posibles simulaciones en la industria..

Objetivos Específicos

- Elaborar un manual de operaciones de los equipos.
- Definir el tipo de experiencias.
- Diseñar e implementar experiencias para el banco de prueba.
- Formular la guía de experiencias.

METODOLOGÍA

La metodología de trabajo de la realización de un manual de operaciones fue la siguiente:

- Se visitó la oficina de VIGNOLA S.A. ubicada en la ciudad de Puerto Montt, con el objeto de recolectar los catálogos de cada componente que forma parte del sistema del banco didáctico de control de procesos.
- Se elaboró un manual de uso, ocupando la información existente en los catálogos.

La metodología de trabajo que se utilizó para definir el tipo de experiencias fue la siguiente:

- Se definieron los posibles tipos de experiencias que se puedan realizar en el banco de prueba
- Se definieron las experiencias seleccionadas a realizar.

La metodología de trabajo que se llevó a cabo, para la creación de las experiencias son las siguientes:

- Se realizaron capacitaciones para manipular el banco didáctico, en el laboratorio de control de procesos de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.
- Se recrearon las experiencias seleccionadas en el banco didáctico de control de procesos.

La metodología de trabajo que se utilizó para la formulación de la guía de experiencias se describe a continuación:

- Se redactó una guía de experiencias, las que fueron definidas y realizadas en el banco didáctico.
- Se crearon esquemas de representación, para cada experiencia, que son incluidos en la guía de experiencias.

I. CONCEPTOS GENERALES DE CONTROL

Liptak, B.G, menciona que hoy en día una actividad de control es multidisciplinar, debido a que son variados los aspectos técnicos (electrónica, informática de sistemas, etc.), científicos (investigación de nuevos criterios y materiales, etc.) y económicos (mejora de los márgenes comerciales sin perder calidad y competitividad).

1.1 Control de procesos.

Con los años, el control se ha potenciado gracias a un gran número de avances tecnológicos, principalmente con la llegada de las computadoras para controlar el proceso, las que han tenido un profundo efecto en los sistemas de control industrial.

Antes de comenzar el proceso del diseño, el ingeniero debe definir a fondo los objetivos del control usando las siguientes categorías: Seguridad de la máquina y del operario; protección del medio ambiente; protección del equipo; eficacia y beneficio; supervisión y diagnóstico. (Thomas E. Marlin *Et al*, 2005)

La estrategia para poder dirigir el control, repercute en la mejora de los procesos de la optimización. Donde se describe el proceso de fabricación como sistema de entrada y salida, las variables de entrada pueden ser manipuladas o ajustadas para mantener la dirección del proceso. La salida del proceso puede ser las medidas del producto final o de las variables críticas del proceso que necesitan ser controladas. (Adedeji B. Badiru, 2006)

Los ingenieros que realizan experimentos deben controlar sus equipos y en forma meticulosa para obtener las condiciones prescritas por el diseño de control. De hecho, sin control de proceso, no sería posible el funcionamiento de la mayoría de las instalaciones modernas, que son confiables, con ellas se

obtienen mejores ganancias en cuanto a la producción, siempre que se cumplan los estándares. (Jose A. Romagnoli, Ahmet Palazoglu, 2006)

El control de proceso se puede encontrar en laboratorios que tienen bancos de prueba para simular en pequeña escala lo que ocurre en las industrias, en estos bancos se ensaya los diversos comportamientos del proceso, las modificaciones que se pueden realizar a las variables de los procesos utilizando la información recopilada al controlar algún proceso. Las industrias para obtener una buena producción necesitan que el proceso sea controlado, así se pueden hacer modificaciones y por lo tanto, generar una mayor producción.

1.1.1 Evolución del control.

La evolución avanza con ritmo creciente, incorporando, no sólo a los estudios teóricos de la teoría de control, la optimización y la dinámica de los procesos, sino también los avances en equipos: sensores, controladores, electrónica, computadores y microprocesadores según van apareciendo. La intervención de los procesos ayuda a garantizar la satisfacción de los objetivos operacionales.

Todos los aspectos de tratamiento de la información, reunión de los datos, control de proceso, optimización en línea, la programación uniforme, y funciones del planeamiento de producción, pueden ser incluidos en la gama de tareas a realizar por el sistema de control de computadora (José Romagnoli y Ahment Palazoglu, 2006).

Un modelo de procesos ya sea simple o complejo tiene que ser útil describiendo la relación lineal entre las entradas y las salidas del proceso (Vander Wiel, 1992). El papel ampliado del control de procesos representa una integración del papel tradicional con la administración de información de algún

sistema de control. Los objetivos del control de procesos incluyen la estabilidad, funcionamiento y la optimización (José Romagnoli y Ahment Palazoglu, 2006).

Las orientaciones del control de procesos están enfocadas en el uso de la teoría del control automático en las industrias de procesos. Estas industrias utilizan típicamente el proceso continuo ya sea de neumática, hidráulica, combustión, líneas de montaje, etc. Estas industrias comparten algunas características generales de usos de control. Primero, el diseño y las condiciones de funcionamiento para el mejor control, de modo que los diseños tienen que enfocarse en los procesos y selección de variables que son intrínsecamente más fácil de controlar. En segundo lugar la estructura de control. (Thomas E.Marlin, 2000).

1.1.2 Sistema de control.

Un sistema de control es un arreglo de componentes físicos conectados de tal manera que el arreglo se pueda comandar, dirigir o regular a si mismo o a otro sistema. Es necesario incluir complejos elementos de instrumentación.

Estos sistemas no se han creado de la noche a la mañana, aunque el auge que vive actualmente así lo pueda parecer. Son el resultado de más de cien años de trabajo de fabricantes y usuarios, quienes no han dejado de buscar las mejores soluciones al control industrial automatizado. En la FIGURA N°1, se muestra un esquema de un proceso sencillo, que realiza una representación visual simplificada de la relación de causa y efecto que existe entre la entrada y la salida de un sistema físico. Las variables de entrada o señales de control que consiste en un estímulo que se aplica a un sistema de control desde una fuente de energía externa con el fin de producir una respuesta específica. La variable de salida es la respuesta obtenida del sistema de control, la cual puede ser o no la respuesta especificada en la entrada.



FIGURA N° 1 Esquema de un proceso
(Fuente: Control de procesos industriales por computador)

1.1.2.1 Clasificación de un sistema de control.

Un sistema de control, se clasifica en dos grandes categorías; sistemas de lazo abierto y sistemas de lazo cerrado. La diferencia entre cada sistema de control es de acuerdo a su acción, la cual se refiere a la cantidad de procesos que requiere el sistema para producir la salida.

- Lazo abierto: La acción de control es independiente de la salida.
- Lazo cerrado: La acción de control es en cierto modo dependiente de la salida.

La retroalimentación es una propiedad de un sistema de lazo cerrado que permite que la salida (o cualquier otra variable controlada del sistema) sea comparada con la entrada al sistema de tal manera que se pueda establecer la acción de control apropiada como función de la entrada y la salida.

La misión de los sistemas de control que se utilizan hoy en día, es sustituir las actividades manuales por el ingreso de la automatización. La definición de un sistema automatizado; se entiende como, un sistema (máquina o proceso) capaz de reaccionar de forma automática (sin la intervención del operario) ante los cambios que se producen en el mismo, dando lugar a las acciones adecuadas para cumplir la función que ha sido diseñado.

Estos esfuerzos aportaron algunos tipos de control, de acuerdo a la tecnología disponible en cada época. Las soluciones que se muestran efectivas, han sobrevivido y, por tanto, evolucionado, proporcionando de este modo a los usuarios de hoy un abanico de posibilidades donde elegir las necesidades que se plantean al control automatizado de procesos y todo lo que significa su implementación.

1.1.3 Objetivos del control de procesos.

Independiente del tipo de control utilizado, los objetivos del control de procesos se pueden resumir según Liptak, B.G. en los siguientes:

- Operar el proceso en forma segura y estable
- Diseñar sistemas de control aptos para que el operador pueda vigilar, comprender y cuando sea necesario manipular en forma selectiva.
- Evitar desviaciones importantes respecto a las especificaciones de productos durante las perturbaciones.
- Permitir que el operador cambia un valor deseado o punto de consigna (valor de referencia) sin perturbar indebidamente otras variables controladas.
- Evitar cambios considerables y rápidos en variables manipuladas que podrían incumplir restricciones de operación, o perturbaciones integradas o situadas en escalafones inferiores.
- Operar el proceso en forma congruente con los objetivos de calidad de cada producto. Así, las desviaciones en la calidad podrían ser menos permisivas (mucho mas costosas) en un producto que en otro.
- Controlar las cualidades del producto en valores que maximicen su utilidad cuando se consideren índices y valores de productos, además minimizar el consumo de energía.

II BANCO DIDACTICO

La empresa VIGNOLA S.A. se encargó de confeccionar el banco didáctico de control de procesos solicitado por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.

Incluye un PLC, y está asociado a un programa Scada para poder monitorear en línea las variables, pudiendo así, ocupar cada registro en relación a su variación en función del tiempo.

Se incluyen aplicaciones instaladas en programa Scada 32, para apoyo didáctico con sus correspondientes esquemas y archivos para informes históricos de la variación a controlar.

La posibilidad que entrega el control a través del PLC incorporado es muy importante ya que los resultados obtenidos de las diferentes variables son almacenados. Esto permite saber en forma clara la manera en que afecta una perturbación en la variable a controlar, estableciendo las condiciones más adecuadas para operar.

La cantidad de sensores analógicos y discretos como los actuadores, permiten llevar a cabo muchos más circuitos de control, lo que permite un buen apoyo a los alumnos al momento de desarrollar aplicaciones nuevas y la forma de ejecutarlas.

El tablero incorpora para cada sensor, transmisor o actuador, una bornera de conexión sobrepuesta en el tablero, que permite realizar conexiones con los controladores de proceso considerados o con el PLC.

Algunas de las aplicaciones que se pueden realizar en el banco de control de procesos son:

Estudio de lazos de control de lazo abierto / cerrado.

- Control con señales discretas. Presión y Nivel.
- Control proporcional de nivel de líquido
- Por ajuste de caudal de agua a través de válvula reguladora de flujo proporcional y controlador de procesos.
- Por ajuste de caudal de agua a través de válvula reguladora de flujo proporcional y PLC.
- Por ajuste de caudal de agua por medio de variador de frecuencia en bomba y controlador de procesos.
- Por ajuste de caudal de agua por medio de variador de frecuencia en bomba y PLC.

Control PID de temperatura

- En depósito de agua principal con calefactor eléctrico utilizando sensor de temperatura PT100 y controlador de procesos.
- En depósito de agua principal con calefactor eléctrico utilizando PLC y sensores de temperatura PT100 con transmisor 4-20mamp.
- De depósito con calefactor eléctrico utilizando controlador con función PID y sensores de temperatura termocupla.
- De depósito con calefactor eléctrico utilizando PLC y sensores de Temperatura termocupla con transmisor 2-20 Mamp.

Control partida/parada de la bomba.

- Por interruptor de nivel discreto mínimo máximo, vía PLC.
- Por interruptor de presión.

Control de flujo.

- A través de señal de flujómetro y válvula reguladora de flujo de control proporcional. se produce un disturbio modificando la frecuencia del variador, lo que hace variar el flujo. este control se puede realizar por medio de controlador de proceso o PLC.

Control de presión

- A través de la variación de la frecuencia y por ende caudal de la bomba por medio de controlador de proceso o PLC.

III MANUAL DE OPERACIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO DE CONTROL DE PROCESO

Este es un banco didáctico de control de procesos que permite realizar experiencias de control de nivel, temperatura, presión y caudal.

Este banco puede determinar la presión en las cañerías, a través de un transmisor de presión el cual le envía la medición al PLC, esta presión es mostrada en la pantalla HMI. El caudal es medido por un medidor de caudal, en el mismo medidor es posible observar el caudal, el cual también está conectado al PLC. La válvula proporcional también está conectada al PLC y esta información son mostradas en la pantalla HMI.

El calefactor que tiene el banco didáctico es controlado por el PLC, este recibe la medición de temperatura del estanque por medio de un sensor de temperatura.

Una de las formas de alterar el caudal en las experiencias es modificando la frecuencia en el variador, esto provoca la variación de giro del motor de la bomba y a su vez una variación en el caudal de la experiencia.

El banco de control permite realizar lazos de control de las diversas variables medidas en la industria, tales como nivel, temperatura, caudal y presión.

Fundamentalmente se basa en la manipulación por parte del alumno de las variables proporcional, integral y derivativa permitiendo la modificación de dichos parámetros y la visualización por medio de dos vías.

1. Monitoreo HMI: Permite activar señales de control (partida para variador, activación de salidas de relé), manipular y visualizar la modificación de los

parámetros PID y como su cambio afecta la variable medida en diversas pantallas asociadas a nivel, temperatura, caudal y presión.

2. Monitoreo SCADA : Permite manipular y visualizar la modificación de los parámetros PID y como su cambio afecta la variable medida en diversas pantallas asociadas a nivel, temperatura, caudal y presión, esto será realizado vía PC, con la posibilidad adicional de generar un registro que puede ser impreso. El software utilizado es el Scada32.

La visualización e interacción con estos 2 medios (HMI/Scada) entrega al alumno una manera extremadamente útil de aprendizaje en forma amigable del control PID.

3.1 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

En la FIGURA N°2, se puede observar el banco didáctico, con todos sus componentes.

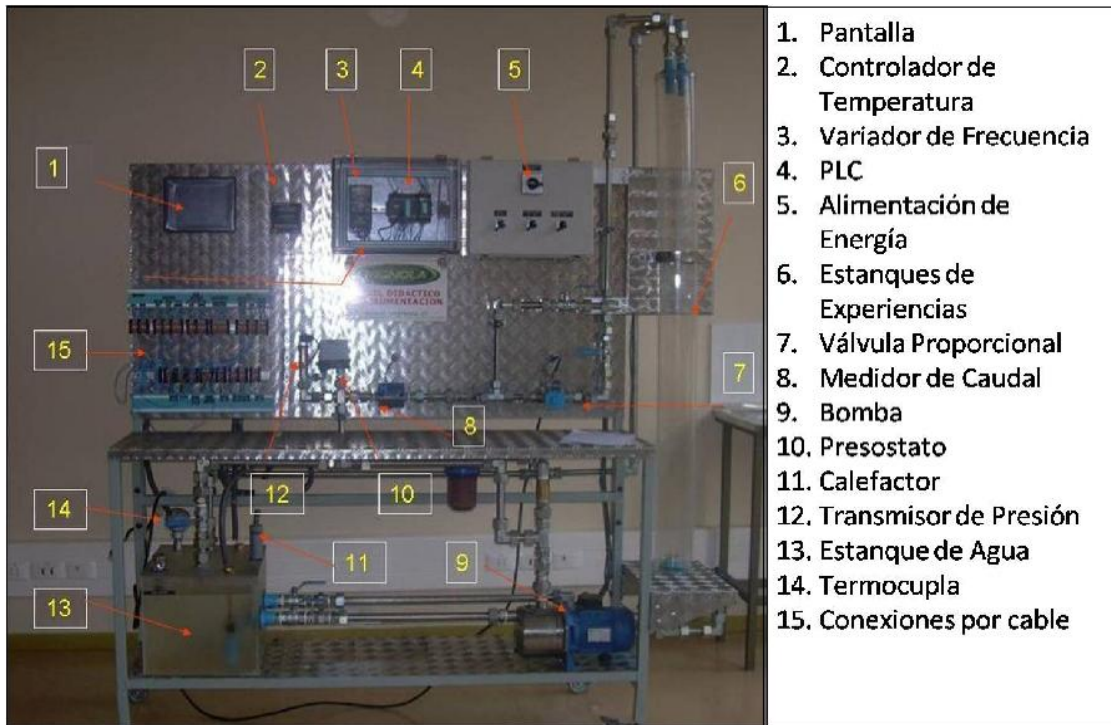


FIGURA Nº 2: Esquema del banco de prueba

En la FIGURA Nº3 se puede apreciar el diagrama de flujo del funcionamiento del banco didáctico, en el cual se representa la interacción de los diferentes elementos, dirección del fluido (agua), válvulas que pueden estar abiertas o cerradas de acuerdo a la experiencia a realizar.

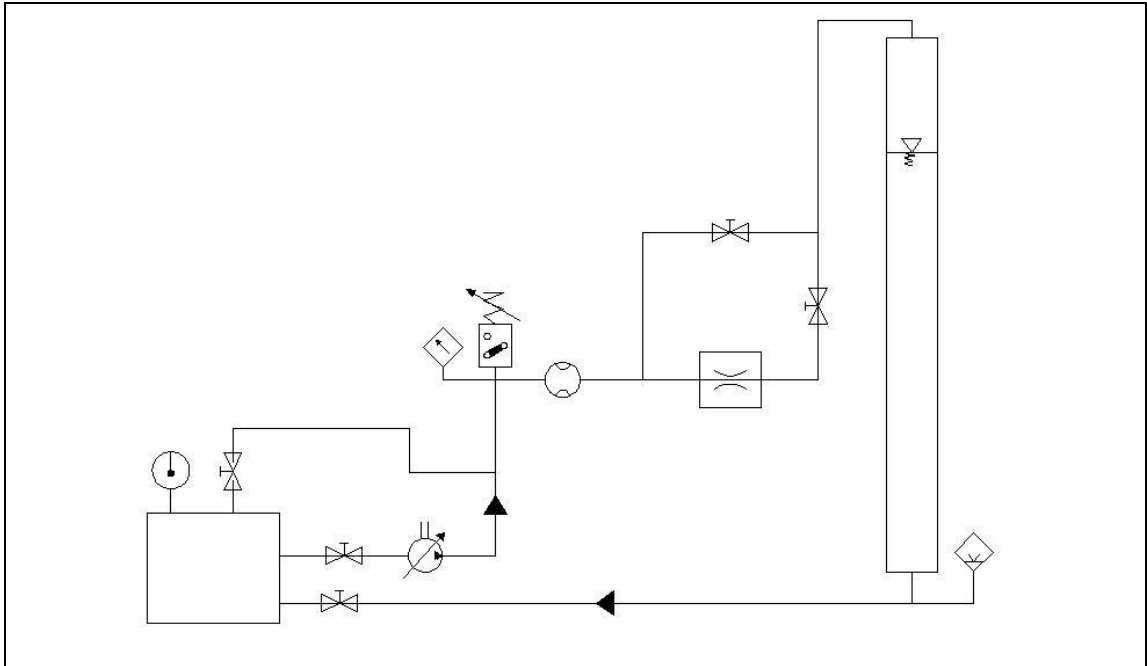


FIGURA N° 3: Diagrama de flujo del banco didáctico

A continuación se describe cada componente del banco de prueba.

3.1.1 PLC.

Controlador lógico programable (PLC), es un equipo electrónico, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales (FIGURA N°4).

El PLC (controlador lógico programable), es capaz de adoptar las más fáciles instrucciones al momento de la ejecución y de fácil lectura para la información tanto de entrada como de salida. Para aumentar la legibilidad del programa, las entradas o salidas para cada función tienen su propia instrucción. Para la aplicación de la alta gama de uso, tales como la reacción de redes de PLC (enlace), control PID (proporcional integral derivativo) y NC (posición de control), etc. Proporciona instrucciones convenientes para ayudar a los usuarios a reducir la barrera de uso.

El PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores de información ya sea medidores de caudal, sensores (temperatura, nivel, presión) y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.



FIGURA N° 4: PLC

3.1.1.1 Campos de aplicación.

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca procesos de fabricación industriales de cualquier tipo.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacios reducidos.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.

- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación de las partes del proceso.

3.1.1.2 Ventajas del PLC.

A continuación se señalan las ventajas de un PLC:

- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Ocupa poco espacio.
- Menor costo de mano de obra.
- Ahorro en la mantención ya que pueden indicar y detectar averías
- Aumenta la confianza en el sistema de control.
- Se puede administrar varias máquinas con un solo PLC.
- Si el equipo que está conectado al PLC queda fuera de servicio, este puede ser ocupado en otro equipo.

3.1.1.3 Desventajas del PLC.

Las desventajas del PLC que se pueden mencionar son las siguientes:

- Costo inicial.
- Para la manipulación del PLC sólo un programador puede manipularlo, pero hoy en día se ésta capacitando más personal para ello, tanto es así que en las universidades son capacitados los estudiantes.

3.1.1.4 Control PID

El tipo de control que cuenta este PLC es PID (Proporcional Integral Derivativo) es un mecanismo de control por realimentación que se utiliza en sistemas de control industriales. Un controlador PID corrige el error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener calculándolo y luego sacando una acción correctora que puede ajustar al proceso acorde, ver diagrama FIGURA

Nº5. El algoritmo de cálculo del control PID se da en tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo.

El valor **Proporcional** determina la reacción del error actual. El **Integral** genera una corrección proporcional a la integral del error, esto permite asegurar que al aplicar un esfuerzo de control suficiente, el error de seguimiento se reduce a cero. El **Derivativo** determina la reacción del tiempo en el que el error se produce. La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso vía un elemento de control como la posición de una válvula de control o la energía suministrada a un calentador, por ejemplo. Ajustando estas tres constantes en el algoritmo de control del PID, el controlador puede proveer un control diseñado para lo que requiera el proceso a realizar.

La respuesta del controlador puede ser descrita en términos de respuesta del control ante un error, el grado el cual el controlador llega al "set point", y el grado de oscilación del sistema. Nótese que el uso del PID para control no garantiza control óptimo del sistema o la estabilidad del mismo. Algunas aplicaciones pueden sólo requerir de uno o dos modos de los que provee este sistema de control. Un controlador PID puede ser llamado también PI, PD, P o I en la ausencia de las acciones de control respectivas. Los controladores PI son particularmente comunes, ya que la acción derivativa es muy sensible al ruido, y la ausencia del proceso integral puede evitar que se alcance al valor deseado debido a la acción de control

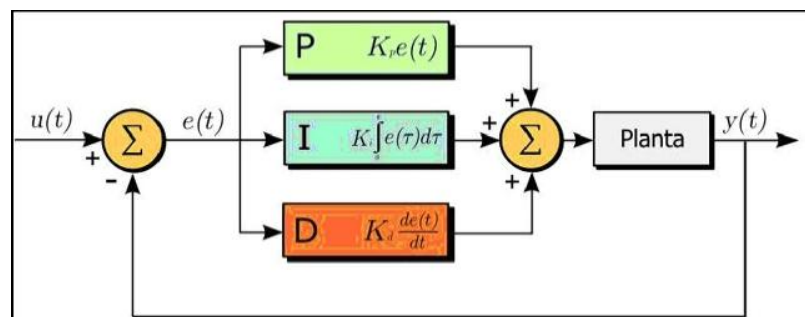


FIGURA N° 5: Diagrama en bloques de un control PID

Para el correcto funcionamiento de un controlador PID que regule un proceso o sistema se necesita, al menos:

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

El sensor proporciona una señal analógica o digital al controlador, la cual representa el punto actual en el que se encuentra el proceso o sistema. La señal puede representar ese valor en tensión eléctrica, intensidad de corriente eléctrica o frecuencia. En este último caso la señal es de corriente alterna, a diferencia de los dos anteriores, que son con corriente continua.

El controlador lee una señal externa que representa el valor que se desea alcanzar. Esta señal recibe el nombre de punto de consigna (o punto de referencia), la cual es de la misma naturaleza y tiene el mismo rango de valores que la señal que proporciona el sensor. Para hacer posible esta compatibilidad y que, a su vez, la señal pueda ser entendida por un humano, habrá que establecer algún tipo de interfaz (HMI-Human Machine Interface), son pantallas de gran valor visual y fácil manejo que se usan para hacer más intuitivo el control de un proceso.

El controlador resta la señal de punto actual a la señal de punto de consigna, obteniendo así la señal de error, que determina en cada instante la diferencia que hay entre el valor deseado (consigna) y el valor medido. La señal de error es utilizada por cada uno de los 3 componentes del controlador PID. Las 3 señales sumadas, componen la señal de salida que el controlador va a utilizar para gobernar al actuador. La señal resultante de la suma de estas tres se llama variable manipulada y no se aplica directamente sobre el actuador, si no que debe ser transformada para ser compatible con el actuador que se utilice.

A continuación se describen las tres componentes de un controlador PID: parte Proporcional, acción Integral y acción Derivativa. El peso de la influencia que cada una de estas partes tiene en la suma final, viene dado por la constante proporcional, el tiempo integral y el tiempo derivativo, respectivamente. Se pretenderá lograr que el bucle de control corrija eficazmente y en el mínimo tiempo posible los efectos de las perturbaciones

3.1.1.4.1 Proporcional

La parte proporcional consiste en el producto entre la señal de error y la constante proporcional como para que hagan que el error en estado estacionario sea casi nulo, pero en la mayoría de los casos, estos valores sólo serán óptimos en una determinada porción del rango total de control, siendo distintos los valores óptimos para cada porción del rango. Sin embargo, existe también un valor límite en la constante proporcional a partir del cual, en algunos casos, el sistema alcanza valores superiores a los deseados. Este fenómeno se llama sobre oscilación y, por razones de seguridad, no debe sobrepasar el 30%, aunque es conveniente que la parte proporcional ni siquiera produzca sobre oscilación. Hay una relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control (la válvula se mueve al mismo valor por unidad de desviación). La parte proporcional no considera el tiempo, por lo tanto, la mejor manera de solucionar el error permanente y hacer que el sistema contenga alguna componente que tenga en cuenta la variación respecto al tiempo, es incluyendo y configurando las acciones integral y derivativa. En la FIGURA N° 6 es posible observar el diagrama de control Proporcional.

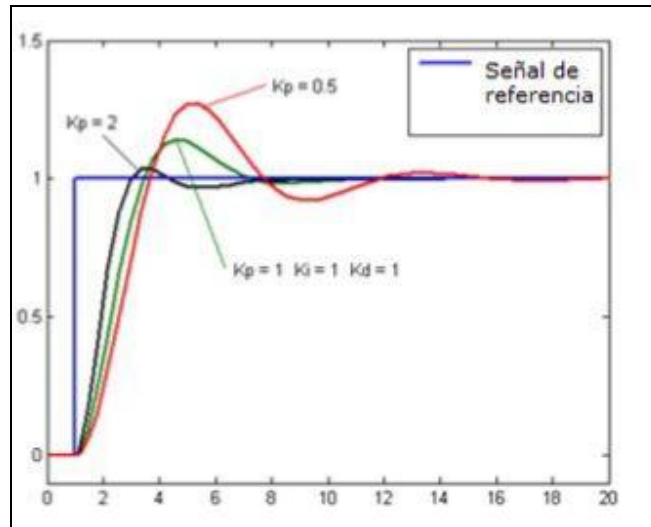


FIGURA N° 6: Diagrama control Proporcional

La fórmula del proporcional está dada por: $P_{sal} = K_p e(t)$

El error, la banda proporcional y la posición inicial del elemento final de control se expresan en tanto por uno. Se indicará la posición que pasará a ocupar el elemento final de control

3.1.1.4.2 Integral

El modo de control Integral tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario, provocado por el modo proporcional. El control integral actúa cuando hay una desviación entre la variable y el punto de consigna, integrando esta desviación en el tiempo y sumándola a la acción proporcional. El error es integrado, lo cual tiene la función de promediarlo o sumarlo por un período determinado; Luego es multiplicado por una constante I. I representa la constante de integración. Posteriormente, la respuesta integral es adicionada al modo Proporcional para formar el control P + I con el propósito de obtener una respuesta estable del sistema sin error estacionario.

El modo integral presenta un desfase en la respuesta de 90° que sumados a los 180° de la retroalimentación (negativa) acercan al proceso a

tener un retraso de 270° , luego entonces solo será necesario que el tiempo muerto contribuya con 90° de retardo para provocar la oscilación del proceso.

La ganancia total del lazo de control debe ser menor a 1, y así inducir una atenuación en la salida del controlador para conducir el proceso a estabilidad del mismo.

Se caracteriza por el tiempo de acción integral en minutos por repetición. El elemento final de control repite el mismo movimiento correspondiente a la acción proporcional. En la FIGURA N°7 es posible observar el diagrama control Integral.

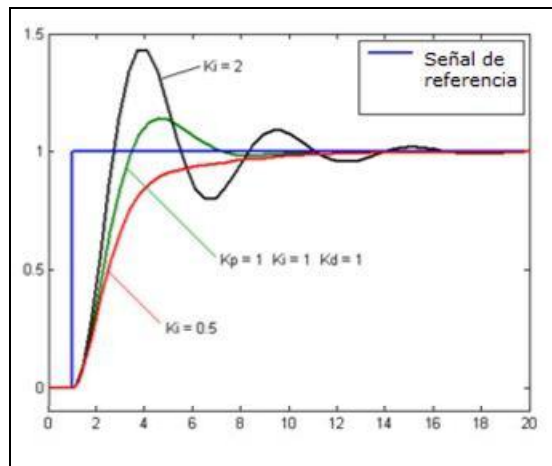


FIGURA N° 7: Diagrama control Integral

El control integral se utiliza para obviar el inconveniente del offset (desviación permanente de la variable con respecto al punto de consigna) de la banda proporcional.

La fórmula del integral está dada por: $I_{sal} = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau$

3.1.1.4.3 Derivativo

La acción derivativa se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error; (si el error es constante, solamente actúan los modos proporcional e integral). En la FIGURA N°8 se puede observar el diagrama de control Derivativo.

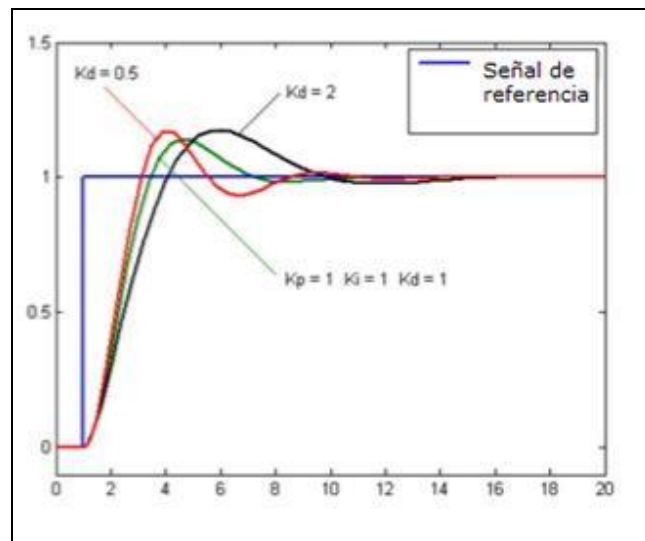


FIGURA N° 8: Diagrama control Derivativo

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

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

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

La fórmula del derivativo está dada por: $D_{\text{sal}} = K_d \frac{de}{dt}$

El control derivativo se caracteriza por el tiempo de acción derivada en minutos de anticipo. La acción derivada es adecuada cuando hay retraso entre el movimiento de la válvula de control y su repercusión a la variable controlada.

Cuando el tiempo de acción derivada es grande, hay inestabilidad en el proceso. Cuando el tiempo de acción derivada es pequeño la variable oscila demasiado con relación al punto de consigna. Suele ser poco utilizada debido a la sensibilidad al ruido que manifiesta y a las complicaciones que ello conlleva.

El tiempo óptimo de acción derivativa es el que retorna la variable al punto de consigna con las mínimas oscilaciones

La acción derivada puede ayudar a disminuir el rebasamiento de la variable durante el arranque del proceso. Puede emplearse en sistemas con tiempo de retardo considerables, porque permite una repercusión rápida de la variable después de presentarse una perturbación en el proceso.

3.1.1.4.4 Significado de las constantes

P constante de proporcionalidad: se puede ajustar como el valor de la ganancia del controlador o el porcentaje de banda proporcional. Ejemplo: Cambia la posición de la válvula proporcionalmente a la desviación de la variable respecto al punto de consigna. La señal P, mueve la válvula siguiendo fielmente los cambios de temperatura multiplicados por la ganancia.

I constante de integración: indica la velocidad con la que se repite la acción proporcional.

D constante de derivación: hace presente la respuesta de la acción proporcional duplicándola, sin esperar a que el error se duplique. El valor indicado por la constante de derivación es el lapso de tiempo durante el cual se

manifestará la acción proporcional correspondiente a 2 veces el error y después desaparecerá.

Tanto la acción Integral como la acción Derivativa, afectan a la ganancia dinámica del proceso. La acción integral sirve para reducir el error estacionario, que existiría siempre si la constante K_i fuera nula. Ejemplo: Corrige la posición de la válvula proporcionalmente a la velocidad de cambio de la variable controlada. La señal d , es la pendiente (tangente) por la curva descrita por la variable.

La salida de estos tres términos, el proporcional, el integral, y el derivativo son sumados para calcular la salida del controlador PID. Definiendo $u(t)$ como la salida del controlador, la forma final del algoritmo del PID es:

$$u(t) = MV(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de}{dt}$$

3.1.1.4.5 Usos

Por tener una exactitud mayor a los controladores proporcional, proporcional derivativo y proporcional integral se utiliza en aplicaciones más cruciales tales como control de presión, flujo, fuerza, velocidad, en muchas aplicaciones química, y otras variables. Además es utilizado en reguladores de velocidad de automóviles (control de crucero), control de ozono residual en tanques de contacto.

3.1.1.4.6 Ajuste de parámetros del PID

El objetivo de los ajustes de los parámetros PID es lograr que el bucle de control corrija eficazmente y en el mínimo tiempo los efectos de las perturbaciones; se tiene que lograr la mínima integral de error. Si los parámetros del controlador PID (la ganancia del proporcional, integral y derivativo) se eligen incorrectamente, el proceso a controlar puede ser inestable, por ejemplo, que la salida de éste varíe, con o sin oscilación, y está

limitada sólo por saturación o rotura mecánica. Ajustar un lazo de control significa ajustar los parámetros del sistema de control a los valores óptimos para la respuesta del sistema de control deseada. El comportamiento óptimo ante un cambio del proceso o cambio del "set point" varía dependiendo de la aplicación. Generalmente, se requiere estabilidad ante la respuesta dada por el controlador, y este no debe oscilar ante ninguna combinación de las condiciones del proceso y cambio de "setpoints". Algunos procesos tienen un grado de no-linealidad y algunos parámetros que funcionan bien en condiciones de carga máxima no funcionan cuando el proceso está en estado de "sin carga". Hay varios métodos para ajustar un lazo de PID. El método más efectivo generalmente requiere del desarrollo de alguna forma del modelo del proceso, luego elegir P, I y D basándose en los parámetros del modelo dinámico. Los métodos de ajuste manual pueden ser muy ineficientes. La elección de un método dependerá de si el lazo puede ser "desconectado" para ajustarlo, y del tiempo de respuesta del sistema. Si el sistema puede desconectarse, el mejor método de ajuste a menudo es el de ajustar la entrada, midiendo la salida en función del tiempo, y usando esta respuesta para determinar los parámetros de control. Ahora describimos como realizar un ajuste manual.

3.1.1.4.7 Ajuste manual

Si el sistema debe mantenerse online, un método de ajuste consiste en establecer primero los valores de I y D a cero. A continuación, incremente P hasta que la salida del lazo oscile. Luego establezca P a aproximadamente la mitad del valor configurado previamente. Después incremente I hasta que el proceso se ajuste en el tiempo requerido (aunque subir mucho I puede causar inestabilidad). Finalmente, incremente D, si se necesita, hasta que el lazo sea lo suficientemente rápido para alcanzar su referencia tras una variación brusca de la carga.

Un lazo de PID muy rápido alcanza su setpoint de manera veloz. Algunos sistemas no son capaces de aceptar este disparo brusco; en estos casos se

requiere de otro lazo con un P menor a la mitad del P del sistema de control anterior.

3.1.2 VARIADOR DE FRECUENCIA:

Los variadores son convertidores de energía encargados de modular la energía que recibe el motor. Otra definición sería, los variadores de frecuencia son dispositivos que permiten variar la velocidad y el acople de los motores asíncronos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables (FIGURA N°9).

El Variador de frecuencia está conectado con el motor de la bomba, por lo tanto, cada variación en los parámetros del variador se va a ver reflejado en el comportamiento de la bomba, como es el caso de la velocidad de giro, caudales, amperaje, rendimiento. Con esto no se requieren motores especiales para la bomba cuando se quiera variar el caudal.



FIGURA N° 9: Variador de frecuencia

3.1.2.1 Instrucciones de programación.

Como se puede apreciar en las FIGURAS N°10 y FIGURA N°11, la programación se divide en cuatro grupos de funciones, las que se mencionan a continuación:

1. Display Numérico.

2. Tecla (Menú).
3. Tecla de Navegación.
4. Teclas de funcionamiento y luces indicadoras.

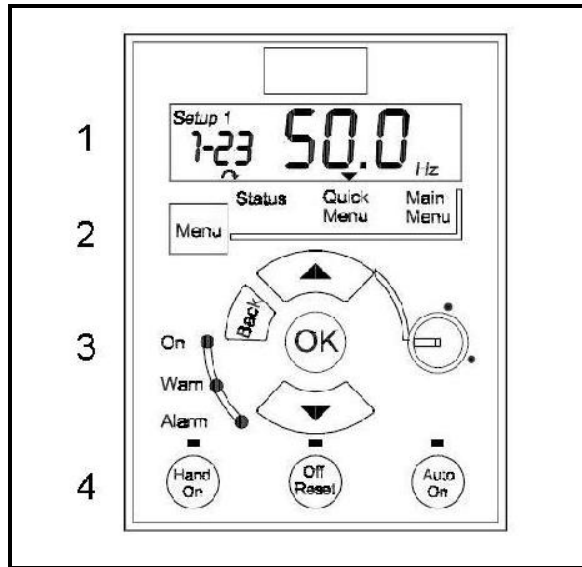


FIGURA N° 10: Descripción de los botones y del display.

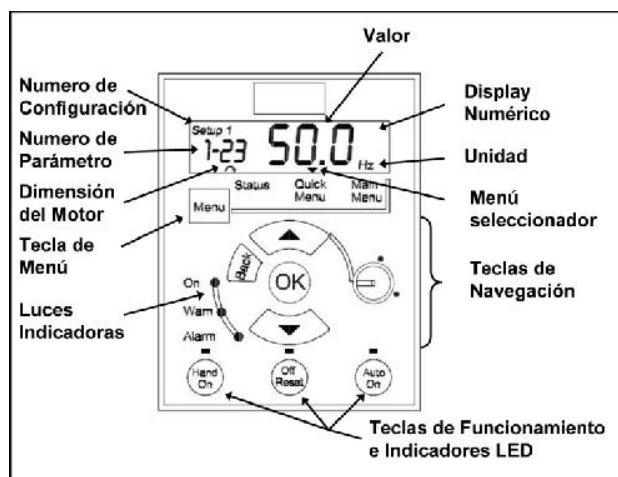


FIGURA N° 11: Lectura de diferentes tipos de información en el display.

Número de ajuste (FIGURA N°12), muestra el ajuste activo y el ajuste editado. Si el mismo ajuste actúa como ajuste activo y editado, sólo se mostrara ése número de ajuste (ajuste de fábrica).

Cuando difieren el activo y el editado, ambos números se muestran en el display. El número intermitente indica el ajuste editado.

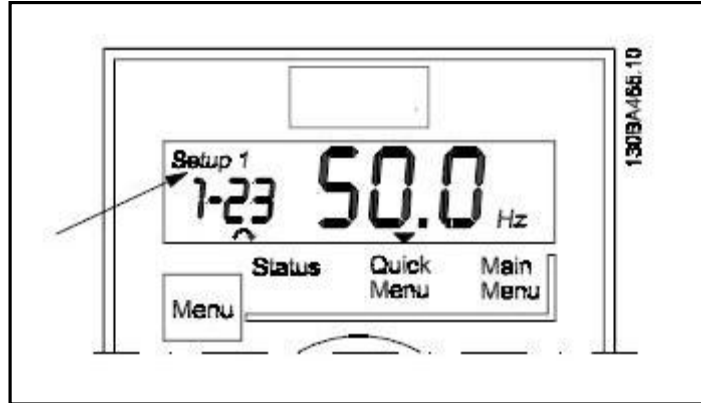


FIGURA N° 12: Indicación del ajuste.

Los dígitos pequeños de la izquierda son el número de parámetros seleccionados.

3.1.2.2 Indicación del número parámetro.

Los dígitos grandes en el medio del display muestran el valor del parámetro seleccionado (FIGURA N°13).



FIGURA N° 13: Indicación del valor del parámetro seleccionado.

El lado derecho del display muestra la unidad del parámetro seleccionado. Esta puede ser Hz, A, V, KW, HP (CV), %, s o RPM (FIGURA N°14).



FIGURA N° 14: Indicación de la unidad del parámetro seleccionado.

El sentido del giro de la bomba, aparece en la parte inferior izquierda del display, con una pequeña flecha al lado que señala en el sentido de las agujas del reloj o en sentido contrario (FIGURA N°15).



FIGURA N° 15: Indicación de la dirección de la bomba.

3.1.2.3 Tecla menú.

La tecla (MENU) se utiliza para seleccionar uno de los menús siguientes.

- Status menú (Menú Estado): El menú de estado puede estar en Readout mode (modo de lectura de datos) o en "han don mode" (Modo

de marcha local). En el modo de lectura de datos, se muestra en el display el valor del parámetro de lectura de datos seleccionado.

En el modo de marcha local se muestra la referencia local.

- Quick Menú (Menú rápido): Muestra los parámetros del menú rápido y su configuración. Desde aquí se pueden acceder y editar los parámetros del menú rápido. La mayoría de las aplicaciones pueden ejecutarse configurándolos parámetros de los menús rápidos.

- Main Menu (Menu principal): Muestra los parámetros del menú principal y su configuración. Desde aquí se puede acceder y editar todos los parámetros.



3.1.2.3.1 Luces indicadoras.

Las luces indicadoras presentes en el variador de frecuencia, son las siguientes:

- LED verde: la alimentación del variador de frecuencia está conectada.
- LED amarillo: indica una advertencia.
- LED rojo intermitente: indica una alarma.

3.1.2.3.2 Teclas de navegación.

Las teclas de navegación son las que se mencionan a continuación:

- [back] (Atrás): para ir al paso o nivel anterior en la estructura de navegación.
- Flechas   se utilizan para desplazarse entre grupos de parámetros, entre parámetros y dentro de estos.
- [OK]: para seleccionar un parámetro y aceptar los cambios en una configuración de parámetro.

3.1.2.3.3 Teclas de funcionamiento.

La luz amarilla encima de las teclas de funcionamiento indica cual es la tecla activa.

- [Han don] (Marcha local): arranca el motor y activa en control del variador de frecuencia a través del LCP.
- [Off/Reset] (Apagado/reiniciar): el motor se detiene, salvo en el modo de alarma. En ese caso, el motor se reiniciara.
- [Auto on] (Activación automática): el variador de frecuencia se controla por medio de los terminales de control o a través de comunicación en serie.

3.1.2.4 Menú de estado.

Después del arranque, el menú de estado está activo. Utilice la tecla [Menú] para cambiar entre Status (Estado), Quick Menu (Menú rápido) y Main Menu (Menú principal).

Las flechas $\uparrow\downarrow$ se utilizan para desplazarse entre las diferentes opciones de cada menú.

El display indica el modo de estado con una pequeña flecha encima de "Status" (FIGURA N°16).



FIGURA N° 16: Indicación del modo de estado

3.1.2.5 Menú rápido.

El menú rápido proporciona un fácil acceso a los parámetros más utilizados (FIGURA N°17).

- Para entrar en el Menú rápido, pulsar la tecla [MENU] hasta que el indicador del display se coloque encima de Quick Menu y, a continuación, pulse [OK].
- Utilizar las flechas \updownarrow para desplazarse por los parámetros del menú rápido.
- Pulsar [OK] para seleccionar un parámetro.
- Utilizar las flechas \updownarrow para cambiar el valor de ajuste de un parámetro.
- Pulsar [OK] para aceptar el cambio.
- Para salir, pulsar [Back] (Atrás) dos veces para entrar en Status (Estado), o bien pulsar [Menú] una vez para entrar en el Menú principal.



FIGURA N° 17: Indicación del modo menú rápido

3.1.2.6 Menú principal.

El menú principal proporciona acceso a todos los parámetros (FIGURA N°18).

- Para entrar en el Menú principal, pulsar la tecla [MENU] hasta que el indicador del display se coloque sobre Main Menú.
- Utilizar las flechas ↑↓ para desplazarse por los grupos de parámetros.
- Pulsar [OK] para seleccionar un grupo de parámetros.
- Utilizar las flechas ↑↓ para desplazarse por los parámetros de ese grupo en concreto.
- Pulsar [OK] para seleccionar el parámetro.
- Utilizar las flechas ↑↓ para ajustar/cambiar el valor del parámetro.
- Pulsar la tecla [OK] para aceptar el valor.
- Para salir, pulsar dos veces [Back] (Atrás) para entrar al Quick Menú (Menú rápido), o pulsar [Menú] un vez para entrar en Status (Estado).



FIGURA N°18: Indicación del modo Menú principal

3.1.2.7 Evitar arranques accidentales.

Cuando el variador de frecuencia está conectado a la red de alimentación, la bomba puede arrancarse o pararse mediante los comandos digitales.

Desconecte el variador de frecuencia de la red de alimentación cuando así lo dicten las consideraciones de seguridad del personal, para evitar el arranque accidental de la bomba.

Para evitar arranques accidentales, active siempre la tecla (OFF) (apagar) antes de modificar cualquier parámetro.

3.1.3 VÁLVULA PROPORCIONAL

La válvula es un elemento final de control que implementa la estrategia de control. Esta implementación se realiza manipulando una variable influyente en el proceso, modulándole paso de un fluido por medio de un obturador, disco o esfera. Además compensa las variaciones de carga que afectan la ganancia del proceso, para mantener el lazo constante, ver FIGURA N°19.

Proporciona una variación del caudal. Estas válvulas son adecuadas para la regulación proporcional del caudal de líquido, puesto que el porcentaje de apertura es proporcional a la corriente que llega a la bobina.



FIGURA N° 19: Válvula proporcional

Al controlar los fluidos se puede ocupar la filtración con membrana para el control fiable de la válvula, esto ayuda que la protección del filtro y el flujo

completo sean a una mínima pérdida de presión. Controles Industriales suministran los controles de fluido que se necesitan para proporcionar calidad y reducir los costos:

- Selección sencilla de válvulas basada en la construcción y diseño modular con flexibilidad total.
- Bobinas selladas intercambiables que evitan costosas interrupciones de fábrica.
- Mínima pérdida de presión a través de la válvula que proporciona un flujo máximo a través de los filtros.
- La protección en caso de fallas de actuación rápida protege los filtros de sobrecargas y daños.
- Mantenimiento sencillo que le permite reducir los intervalos de tiempo entre averías.
- Bobina encapsulada conforme con IP67 para evitar la acción del agua

3.1.3.1 Ventajas de la válvula proporcional.

Las ventajas de la válvula proporcional son las siguientes:

- Regulación progresiva del caudal.
- Tiempo de reacción corto.
- Características lineales en el rango de regulación.
- Se cierra ante caídas de tensión.
- Para agua, aceites y líquidos neutros similares.
- Rango de caudal de agua 0.5-12.7m³/h.
- Protección de la bobina: IP67

El diagrama de la válvula proporcional se presenta en la figura N° 20

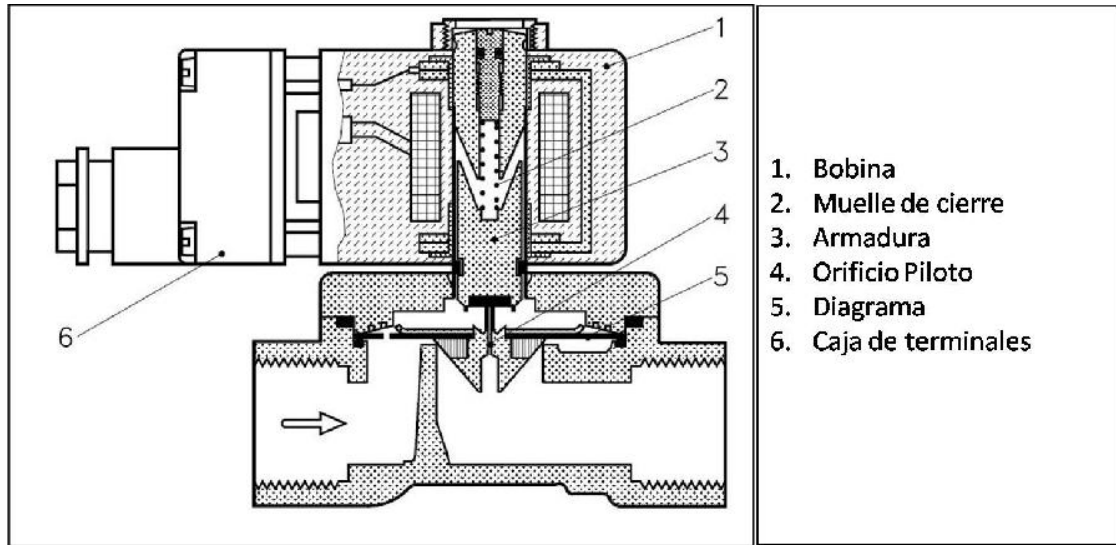


FIGURA N°20: Diagrama de la válvula proporcional

La regulación proporcional de la apertura y cierre de las válvulas EV260B se alcanza mediante la regulación progresiva de la corriente de la bobina y de la fuerza de conexión de la bobina.

Cuando aumenta la corriente de la bobina, la fuerza de conexión de ésta (1) excederá en un punto concreto la fuerza equivalente del muelle de cierre (2). La armadura (3) se mueve verticalmente, abriendo el orificio piloto (4) del diafragma (5), el cual debido al efecto servo sigue el movimiento de la armadura.

La válvula se abre completamente cuando la corriente de la bobina alcanza su valor máximo.

Mediante la regulación progresiva de la corriente de la bobina, la armadura se puede colocar en cualquier posición en el tubo de la armadura y ajustar la válvula a cualquier posición entre completamente cerrada y completamente abierta.

El rango efectivo de la corriente de bobina para las válvulas proporcionales EV260B sin generador de señales es de aprox. 300-600 mA.

Las válvulas EV260B se encuentran también disponibles con un generador de señales incorporado en la caja de terminales (6) de la bobina. Los terminales de salida del generador de señales están conectados a la bobina.

El generador de señales regula la corriente de la bobina de manera que sea proporcional a la señal de entrada (señal de control).

3.1.4 CONTROLADOR DE TEMPERATURA

Al llevar a cabo la función de control, el controlador automático usa la diferencia entre el valor de sistema y las señales de medición para obtener la señal de salida hacia la válvula. La precisión y capacidad de respuesta de estas señales es la limitación básica en la habilidad del controlador para controlar correctamente la medición. Si el transmisor no envía una señal precisa, o si existe un retraso en la medición de la señal, la habilidad del controlador para manipular el proceso será degradada. Al mismo tiempo, el controlador debe recibir una señal de valor de consigna precisa (set-point), ver FIGURA N°21.



FIGURA N° 21: Controlador de temperatura

En controladores que usan señales de valor neumático o electrónico generados dentro del controlador, una falla de calibración del transmisor de valor del sistema dará como resultado que la unidad de control automático lleve la medición a un valor erróneo.

Si existe fricción en la válvula, el controlador puede no estar en condiciones de mover la misma a una posición de vástago específica para producir un caudal determinado y esto dará como resultado una diferencia entre la medición y el valor de consigna.

Los intentos repetidos para posicionar la válvula exactamente pueden llevar a una oscilación en la válvula y en la medición, o, si el controlador puede sólo mover la válvula muy lentamente, la habilidad del controlador para controlar el proceso será degradada.

Una manera de mejorar la respuesta de las válvulas de control es el uso de posicionadores de válvulas, que actúan como un controlador de realimentación para posicionar la válvula en la posición exacta correspondiente a la señal de salida del controlador. Los posicionadores, sin embargo, deberían ser evitados a favor de los elevadores de volumen en lazos de respuesta rápida como es el caso de caudal de líquidos a presión.

Para controlar el proceso, el cambio de salida del controlador debe estar en una dirección que se oponga a cualquier cambio en el valor de medición, el diagrama del controlador de temperatura se encuentra detallado en la FIGURA N°22.

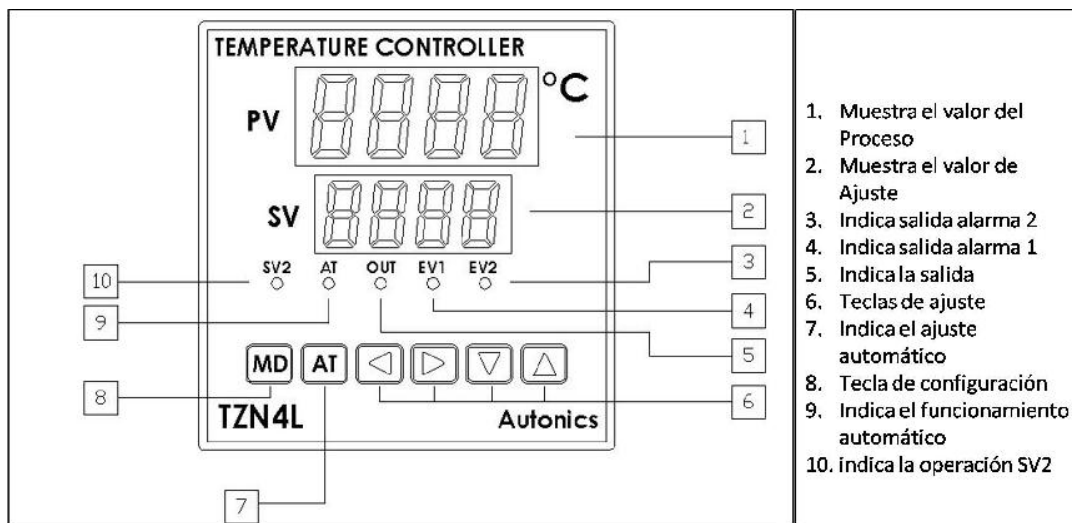


FIGURA N° 22: diagrama del controlador de temperatura

3.1.4.1 Como cambiar el valor del controlador de temperatura.

A continuación se señala el modo en que se cambian los valores del controlador:

Para cambiar el valor de ajuste en modo normal presione a tecla . → 10° irá parpadeando lo dígitos en SV (FIGURA N° 23)

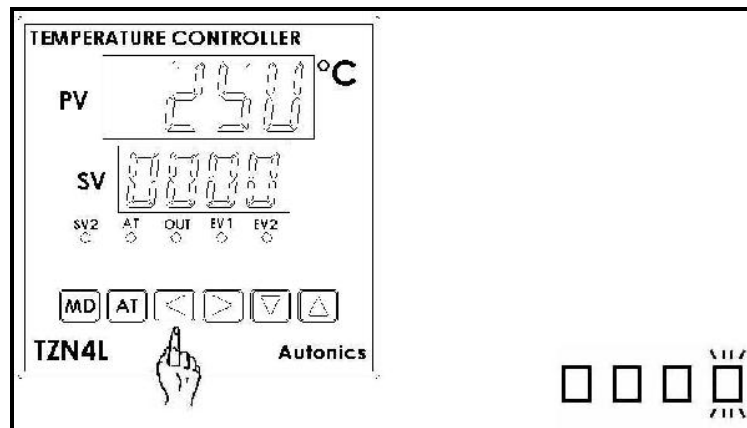


FIGURA N° 23: Cambio de ajuste

Presionar la tecla, → después el parpadeo se cambiará paso a paso (FIGURA N° 24)

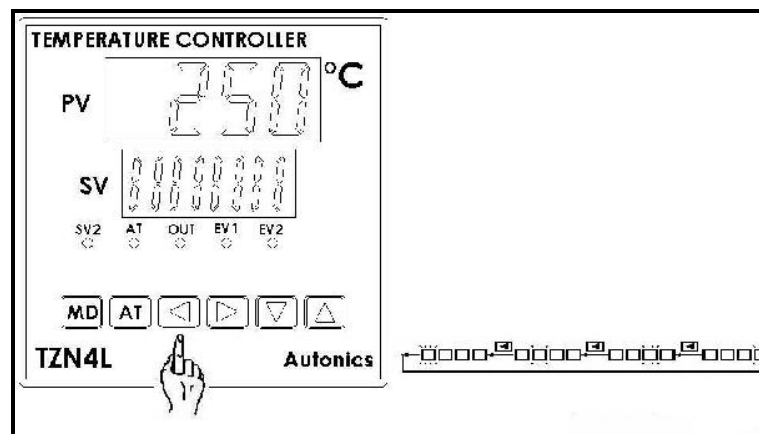


FIGURA N° 24: Cambio de dígitos SV

Presionar ← o → en el parpadeo de los dígitos y después cambiara el valor (FIGURA N° 25)

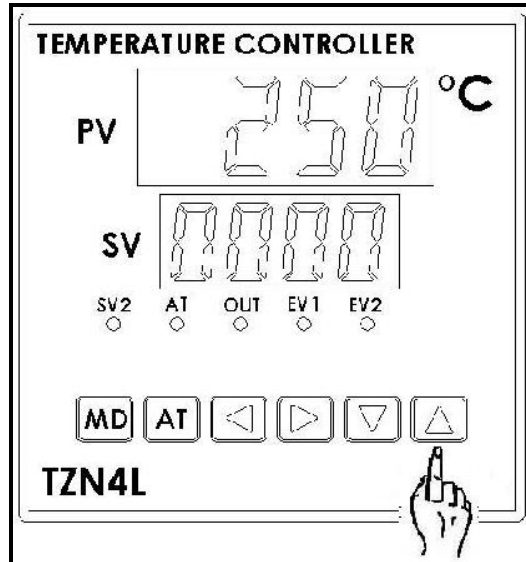


FIGURA N° 25: Cambio de valores SV

Presione la tecla "MD" cuando el ajuste se ha completado, el parpadeo se detiene, a continuación, volver a la ejecución del modo de (FIGURA N° 26)

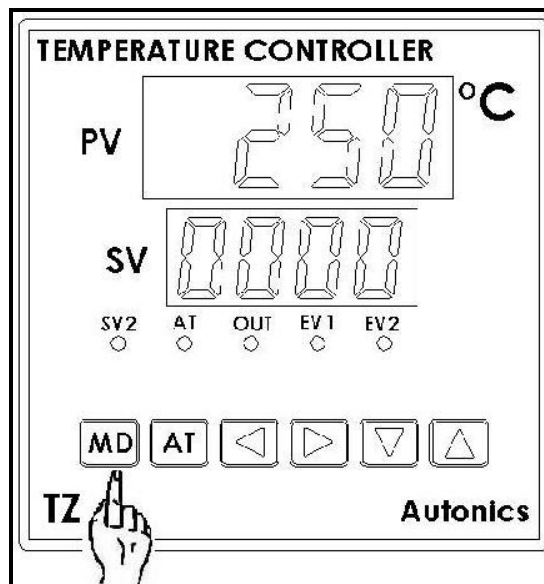


FIGURA N° 26: Cambio de modo

3.1.4.2 Funcionamiento automático.

El PID tiene funciones automáticas con características térmicas, medidas de respuestas y estabilidad para calcular el tiempo del PID que se requiere para controlar la temperatura óptima.

La ejecución automática se inicia al pulsar la tecla AT por 3 segundos o más.

Cuando se inicia el sistema automático, comenzará el parpadeo de la luz AT y cuando la luz se apaga esta operación se detendrá.

Mientras se ésta ejecutando la función automática, puede ser detenida al presionar la tecla AT por 5 segundos o más.

Cuando se apaga la energía, se apaga la señal de parada mientras se aplica la función de ejecución, el tiempo del PID no cambia y se guarda el valor que tenga antes que se apague la energía.

El tiempo constante seleccionado por el PID en la función automático puede ser cambiado en el primer grupo de ajustes.

Existen dos modos en automático, los que se mencionan a continuación:

- Funcionamiento automático se ejecuta en el valor de ajuste (SV) turno 1 en el modo por defecto de la fábrica (FIGURA N° 27)

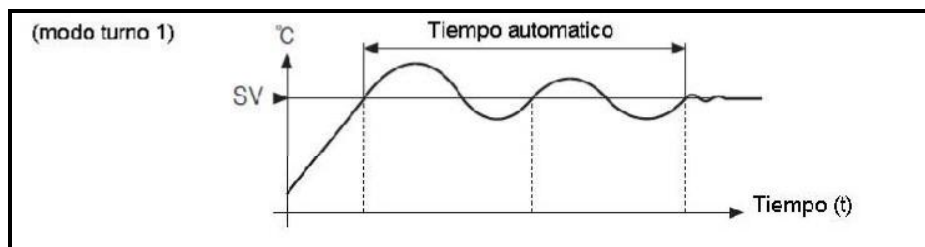


FIGURA N° 27: Gráfico turno 1 automático

- Funcionamiento automático es ejecutado en un 70% del valor de ajuste (SV) turno 2. (FIGURA N° 28).

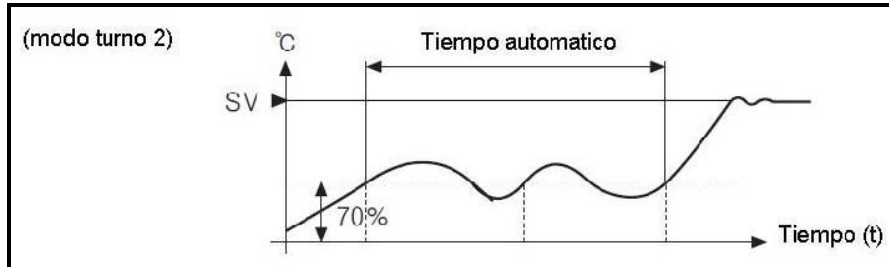


FIGURA N° 28: Gráfico de turno 2 al 70%

3.1.4.3 Doble función del controlador PID.

Uno es cuando se necesita para reducir al mínimo el tiempo que llega a PV SV similares a la FIGURA N°29 otra es cuando se necesita minimizar la llegada (PV al SV) que es lenta, mostrada en la FIGURA N° 30.

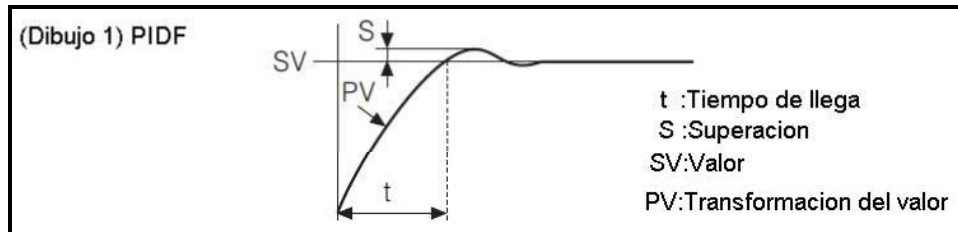


FIGURA N° 29: Gráfico PIDF

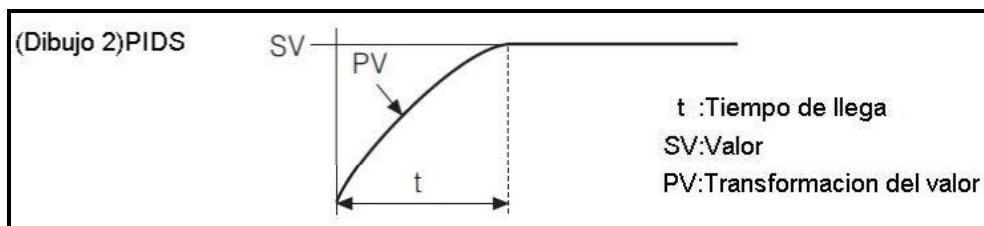


FIGURA N° 30: Gráfico PIDS

Hay respuesta de alta y baja velocidad de tipo construido en esta unidad. Por lo tanto, cada usuario puede seleccionar la función de acuerdo a la aplicación

Puede seleccionar la doble función de control PID en el segundo grupo de ajustes. Es seleccionable pidf o pids en pidt modo.

Pidf (tipo de respuesta de alta velocidad): este modo se aplica a las máquinas o sistemas que requiere alta velocidad de respuesta

Ejemplo 1: Las máquinas que deben asistidas antes de ocuparse, como inyectores, hornos eléctricos.

Pids (velocidad baja de respuesta): esta modalidad se aplica en la máquina que presenta leves variaciones como controlar un sistema de control de temperatura de aceite.

3.1.4.4 Alarma de salida.

Esta unidad dispone del control de salida y por la opción de salida sub (alarma). Esta alarma del relé de salida y opera independientemente del control salida.

La salida de alarma funciona cuando la meta de la temperatura es conseguir mayor que el valor de ajuste.

El modo de alarma se puede seleccionar entre los 7 tipos de modo de alarma en EV1, EV2 en el segundo grupo de ajustes.

3.1.4.5 Error de pantalla.

Si el error se produjo mientras el control está funcionando, se muestra como sigue:

- "LLL" es el parpadeo cuando se mide la temperatura de entrada, que es inferior al rango de entrada del sensor."
- "HHHH " es cuando se mide el parpadeo de la temperatura de entrada, que es superior al rango de entrada del sensor.
- "OPEN" es el parpadeo cuando la entrada del sensor no está conectado o su cable se corta.

3.1.5 TRANSMISOR DE PRESIÓN

En la FIGURA N°31, se puede observar el transmisor de presión que el banco de pruebas posee.



FIGURA N° 31: Transmisor de presión

Los transmisores de presión ayudan a mantener bajo control procesos industriales con requisitos exigentes, precisos, robustos y fabricados para

ofrecer la máxima durabilidad, funcionan a la perfección día tras día, incluso en las condiciones más adversas.

Este programa flexible de transmisores de presión cubre una señal de salida de 4 a 20 mA, versiones absoluta y relativa, rangos de medición de 0-1 a 0-600 bares y un amplio rango de conexiones de presión y eléctricas. Diferentes tipos de conexiones de presión. El material de la cubierta de las partes en contacto con el medio son de acero inoxidable y resistente a los ácidos (AISI 316L).

3.1.6 TRANSMISOR DE NIVEL

El transmisor de presión es un transmisor de alta precisión MBS 4510 con diafragma rasante, está diseñado para utilizarse en contacto con medios no uniformes, de alta viscosidad o cristalización dentro del entorno industrial de alimentación y fabricación de bebidas, y permite una medición de presión fiable, incluso bajo condiciones adversas (FIGURA N°32).



FIGURA N° 32: Transmisor de nivel

El programa de transmisores de presión abarca una señal de salida de 4 a 20 mA, versiones absoluta y relativa, rangos de medición de 0-250 mbares hasta 0-25 bares, ajuste de puesta a cero y de alcance, conexión mediante enchufe.

Su excelente estabilidad ante las vibraciones, estructura robusta y alto nivel de protección CEM (compatibilidad electromagnética), de acuerdo con las normas establecidas en la directiva de la UE (unión europea) relativas a la compatibilidad electromagnética. El material de la cubierta de las partes en contacto con el medio son de acero inoxidable y resistente a los ácidos (AISI 316L).

3.1.7 PRESOSTATO

El presostato también es conocido como interruptor de presión. Es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido.

Los interruptores de presión tipo CS como el que se encuentra en el banco de prueba llevan acoplado un interruptor tripolar accionado por presión, cuya posición de los contactos depende

- De la presión en los conectores
- Del ajuste de escala.

Los presostatos de suministran con un interruptor manual que puede bloquear el sistema de contactos en posición abierta, independientemente de la presión del sistema.

En la FIGURA N°33 se puede observar el presostato que el banco de pruebas presenta, y en la FIGURA N°34 se puede observar el diagrama de los componentes internos del Presostato.



FIGURA N° 33: Presostato

3.1.7.1. Interruptor manual.

Cuando el interruptor manual ha sido utilizado para bloquear el sistema de contactos en posición abierta, la cubierta puede ser retirada sin poner en funcionamiento la instalación.

El presostato funciona cuando el fluido ejerce una presión sobre un pistón interno haciendo que se mueva hasta que se unen dos contactos. Cuando la presión baja un resorte empuja el pistón en sentido contrario y los contactos se separan.

Un tornillo permite ajustar la sensibilidad de disparo del presostato al aplicar más o menos fuerza sobre el pistón a través del resorte. Usualmente tienen dos ajustes independientes: la presión de encendido y la presión de apagado

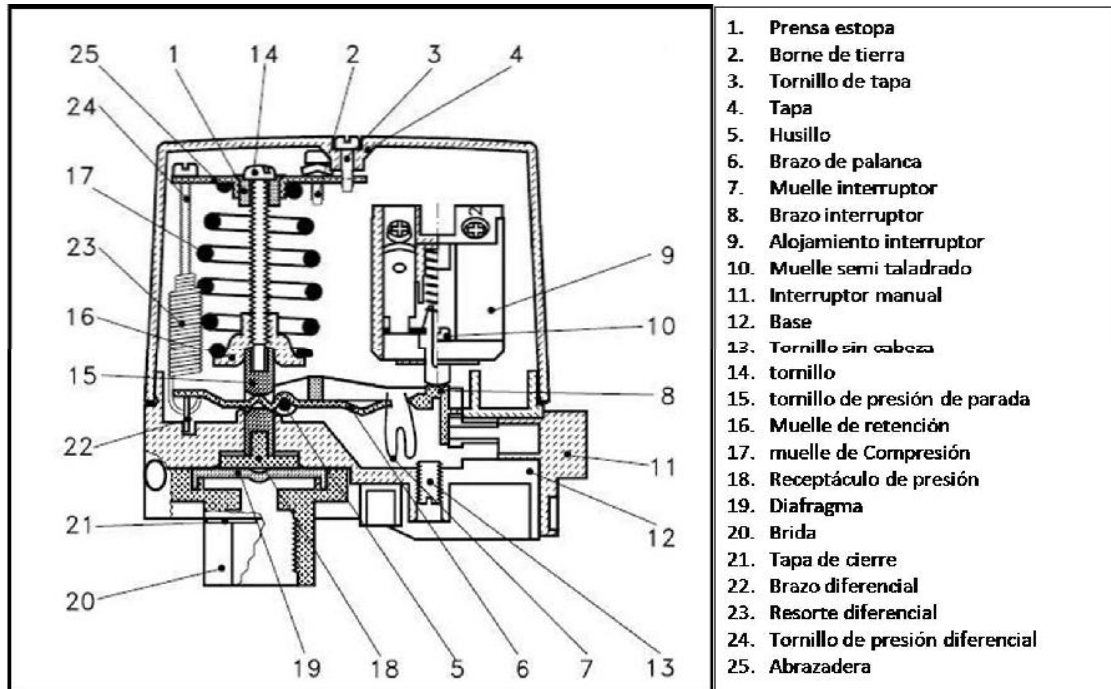


FIGURA N° 34: Diagrama de los componentes internos del Presostato

3.1.8 MEDIDOR DE CAUDAL

Un medidor de caudal es un accesorio que sirve para medir la cantidad de flujo del agua dentro de una tubería, un equipo o sistema. También llamados "flujómetro". Sirven para medir caudales de todo tipo de fluidos (FIGURA N°35)



FIGURA N° 35: Medidor de caudal

El funcionamiento es a través de una turbina ubicada en el interior del medidor, un sensor del tipo inductivo detecta cada paso de las aspas por este, relacionando un volumen determinado de fluido con el giro de la turbina. Las señales entregadas por el sensor son analizadas por un microprocesador con indicaciones LDC que permite visualizar valores de flujo y totalizador.

El computador electrónico de cada instrumento permite realizar las siguientes operaciones:

- Medición de flujo
- Cuenta litros: 1 totalizador reseteable, 1 totalizador no reseteable
- Conexión y desconexión automatita con o sin flujo(con memoria para el totalizador no reseteable)

La obtención de todos los parámetros junto a la calibración se realiza por solo dos botones simplificando su operación. (Indicación máxima 999.999 – punto decimal flotante). En su cuerpo indica la relación de pulsos por volumen para efectos de utilizar salida de pulsos de indicador LCD para llevarlos a otro controlador o un PLC.

La forma de cambiar de litros por minuto a galones por minutos, es mantener apretado el botón calibrate y apretar el botón display una ves. Si el medidor de caudal no entrega ninguna información es debido a que se encuentran descargadas sus pilas en su interior.

3.1.9 PANTALLA

Es una pantalla táctil donde se puede visualizar el comportamiento de los equipos del banco de prueba. Esta pantalla está configurada por el software Scada 32, el cual permite la visualización de los componentes que se pueden controlar y los parámetros (FIGURA N°36).



FIGURA N° 36: Pantalla

En la pantalla es posible observar los valores de presión, caudal, temperatura y nivel. Además en esta pantalla se puede dar partida a la bomba.

3.1.10 CALEFACTOR

El calefactor eléctrico es un dispositivo que produce energía calórica a partir de la eléctrica, este calefactor es de 500 watts. Se encuentra ubicado en el estanque de agua. Este calefactor opera con una banda senoidal para que no caliente bruscamente el agua (FIGURA N°37).



FIGURA N° 37: Calefactor

3.1.11 SENSOR DE TEMPERATURA

El sensor de temperatura es un sensor PT- 100 que basa su funcionamiento en la variación de resistencia a cambios de temperatura. Este sensor se encuentra ubicado en la parte superior del estanque de agua (FIGURA N°38).



FIGURA 38: Sensor de temperatura

3.1.12 BOMBA

La bomba es una bomba eléctrica que se encarga de recircular el agua por las cañerías del banco didáctico, esta bomba puede ser controlada por el variador de frecuencia, por el PLC (FIGURA N°39).



FIGURA N° 39: Bomba eléctrica

Es una bomba centrífuga autocebante tipo jet que entrega elevada presión de descarga. Gran cantidad de succión incluso agua mezclada con gases. Ampliamente utilizadas en sistemas de presión domiciliarlos.

3.1.13 SOFTWARE DE MONITOREO SCADA 32

Scada proviene de las siglas de “Supervisor y Control and Adquisition”, es decir adquisición de datos y control de supervisión.

Es un software especialmente diseñado para funcionar sobre ordenadores (computadores) en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. También provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros usuarios supervisores dentro de la empresa (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.).

Comprende todas aquellas soluciones de aplicación para referirse a la captura de información de un proceso o planta, no necesariamente industrial, para que, con esta información, sea posible realizar una serie de análisis o estudios con los que se pueden obtener valiosos indicadores que permitan una retroalimentación sobre un operador o sobre el propio proceso, tales como:

- Indicadores sin retroalimentación inherente (no afectan al proceso, sólo al operador):
 - Estado actual del proceso. Valores instantáneos;
 - Desviación o deriva del proceso. Evolución histórica y acumulada;
- Indicadores con retroalimentación inherente (afectan al proceso, después al operador):
 - Generación de alarmas
 - HMI Human Machine Interface (Interfaces hombre-máquina);

- Toma de decisiones:
 - Mediante operatoria humana;
 - Automática (mediante la utilización de sistemas basados en el conocimiento o sistemas expertos).

3.1.13.1 Interfaz humano-máquina.

Una interfaz Hombre - Máquina o HMI es el aparato que presenta los datos a un operador (humano) y a través del cual éste controla el proceso.

Los sistemas HMI se pueden ver como la "ventana de un proceso". Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en un ordenador. Los sistemas HMI en ordenadores se los conoce también como software HMI o de monitoreo y control de supervisión. Las señales del proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en el ordenador, PLC's (Controladores lógicos programables), PACs (Controlador de automatización programable), RTU (Unidades remotas de I/O) o DRIVER's (Variadores de velocidad de motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI.

La industria de HMI nació esencialmente de la necesidad de estandarizar la manera de monitorear y de controlar múltiples sistemas remotos, PLC y otros mecanismos de control. Aunque un PLC realiza automáticamente un control preprogramado sobre un proceso, normalmente se distribuyen a lo largo de toda la planta, haciendo difícil recoger los datos de manera manual, los sistemas SCADA lo hacen de manera automática.

Históricamente los PLC no tienen una manera estándar de presentar la información al operador. La obtención de los datos por el sistema SCADA parte desde el PLC o desde otros controladores y se realiza por medio de algún tipo de red, posteriormente esta información es combinada y formateada. Un HMI

puede tener también vínculos con una base de datos para proporcionar las tendencias, los datos de diagnóstico y manejo de la información así como un cronograma de procedimientos de mantenimiento, información logística, esquemas detallados para un sensor o máquina en particular, incluso sistemas expertos con guía de resolución de problemas.

SCADA es popular debido a esta compatibilidad y seguridad. Ésta se usa desde aplicaciones pequeñas, como controladores de temperatura en un espacio, hasta aplicaciones muy grandes como el control de plantas nucleares.

IV GUÍA DE EXPERIENCIAS DEL BANCO DE DIDÁCTICO DE PROCESOS

A continuación se presentan algunas alternativas de ejercicios en el banco didáctico de control de procesos enfocados en el control de nivel, presión, caudal y temperatura.

En esta guía se pretende familiarizar al alumno con los distintos elementos existentes en el banco didáctico de control de proceso. El alumno puede interactuar con el banco siguiendo los objetivos establecidos en cada experiencia y además de la pauta a seguir en cada experiencia.

Con esta guía el alumno podrá revelar el funcionamiento de control y darse cuenta que cada elemento que se encuentra en el banco de prueba, se encuentra también en la industria en diferentes procesos productivos.

Esta guía contempla 6 experiencias, las cuales son:

- La variable de Nivel se puede controlar de dos maneras
 - PID
 - ON/OFF.
- La variable de Caudal se puede controlar de dos maneras
 - Desviación de flujo
 - Variación de giro
- La variable de presión se puede controlar de una manera
 - ON/OFF
- La variable de temperatura se puede controlar de una manera
 - ON/OFF

Es imposible realizar 3 de las 6 experiencias mencionadas anteriormente, esto, debido a que no se encuentran configuradas en el PLC, adquirido por el

laboratorio, sin embargo estas configuraciones faltantes se incorporarán a futuro, al banco didáctico, lo que será la continua de este trabajo de tesis.

Las experiencias que no se pueden realizar son las siguientes:

- La variable de Nivel ON/OFF
- La variable de Caudal por variación de giro
- La variable de presión ON/OFF

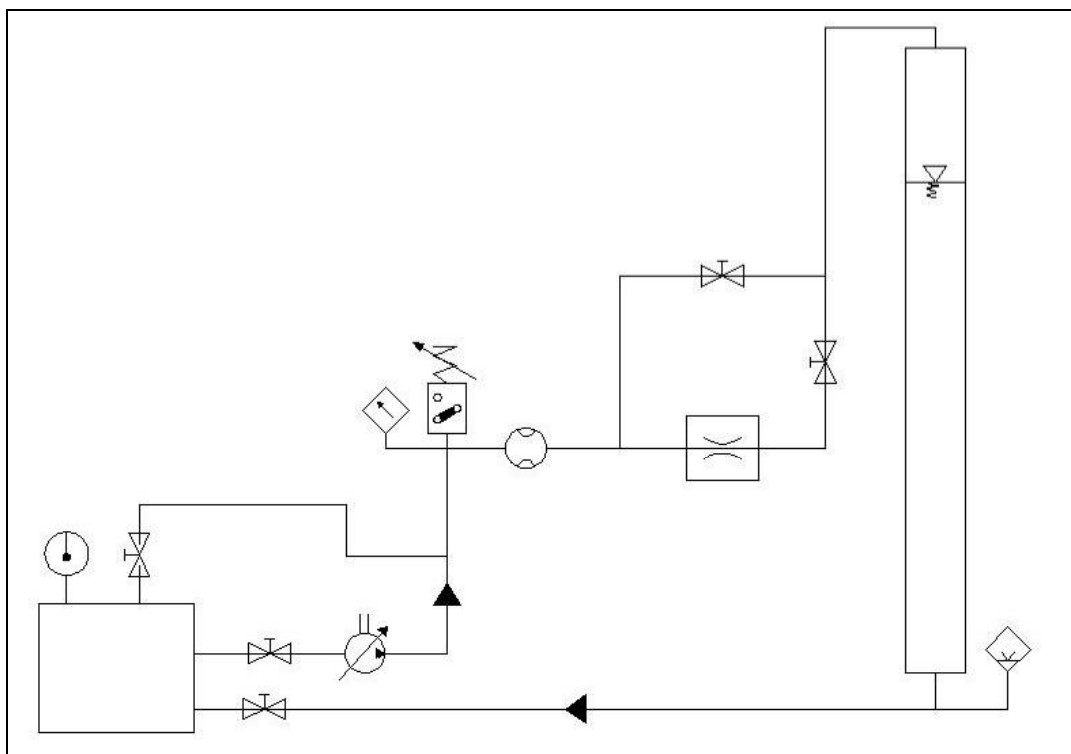


FIGURA N° 3. Diagrama de flujo del banco didáctico

En mención a la FIGURA N° 3 del diagrama de flujo del banco didáctico, mencionada en el capítulo III, se pueden entregar algunas recomendaciones para tener en cuenta:

1. No se debe llenar la columna de agua hasta su límite debido a que quedan burbujas de aire en la cañería de rebalse y eso perjudica al transmisor de nivel debido que entrega un valor erróneo.

2. No se debe trabajar sin señal de referencia en el Variador de Frecuencia, porque se puede quemar el motor de la bomba.
3. En referencia al ajuste manual del PID. El sistema debe mantenerse online, un método de ajuste consiste en establecer primero los valores de I y D a cero. A continuación, incremente P hasta que la salida del lazo oscile. Luego establezca P a aproximadamente la mitad del valor configurado previamente. Después incremente I hasta que el proceso se ajuste en el tiempo requerido (aunque subir mucho I puede causar inestabilidad). Finalmente, incremente D, si se necesita, hasta que el lazo sea lo suficientemente rápido para alcanzar su referencia tras una variación brusca de la carga.
4. Un lazo de PID muy rápido alcanza su setpoint de manera veloz. Algunos sistemas no son capaces de aceptar este disparo brusco; en estos casos se requiere de otro lazo con un P menor a la mitad del P del sistema de control anterior.

En la FIGURA N° 40 se puede observar la enumeración de las válvulas de bola que existen en el banco de prueba

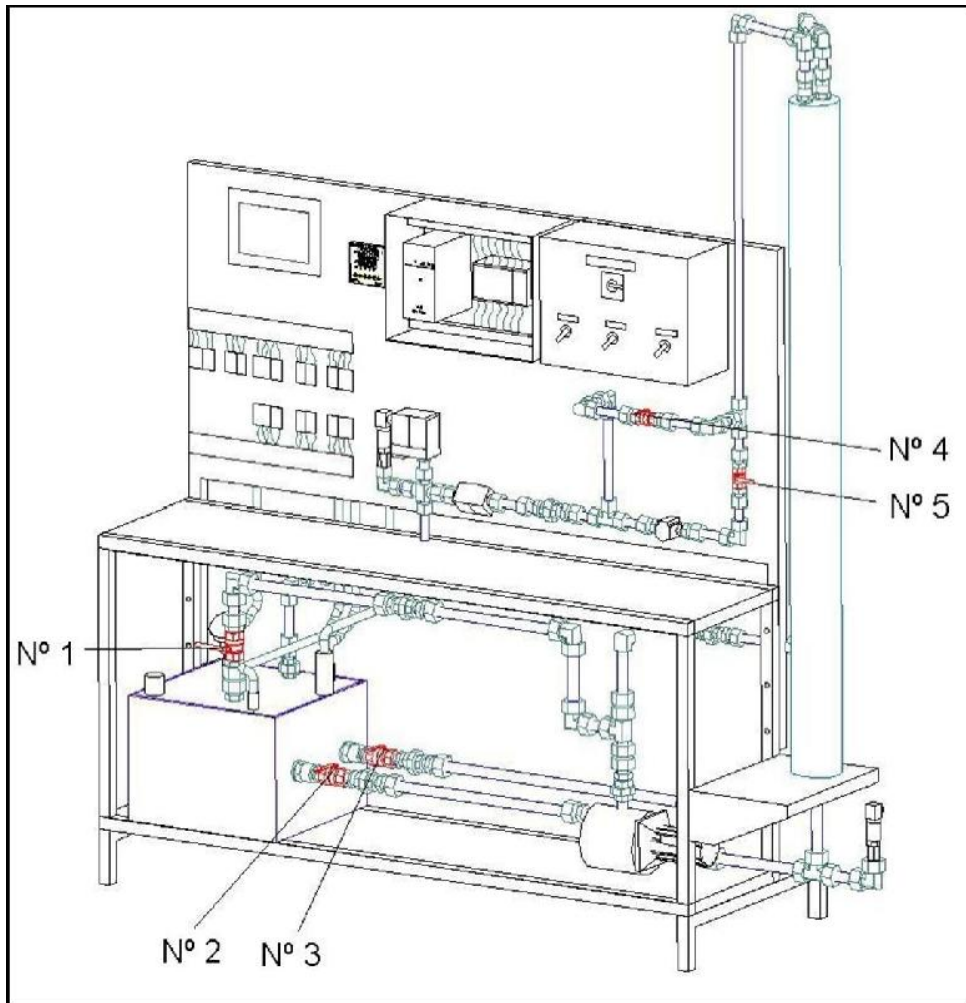


FIGURA N° 40. Enumeración de las válvulas de bola del banco de prueba

4.1 EXPERIENCIA N° 1: CONTROL DE NIVEL PID

Objetivo general

- Monitorear el comportamiento al realizar control PID en la variable de Nivel.

Trabajo previo a la experiencia

Al ingresar al laboratorio el estudiante debe tener claro los conceptos de nivel, conceptos de PID y conocimientos básicos de control. Además de haber leído el manual de operaciones del banco de control de procesos.

Se trabajará en la pantalla de nivel en la opción Automático, la forma de determinar que este en Automático es que en la pantalla de nivel se visualice Manual.

Los elementos que participan en la experiencia son: la pantalla HMI, variador de frecuencia, PLC, bomba, transmisor de presión. Estos elementos son mostrados con color rojo (FIGURA N° 41).

Las posiciones de las válvulas tienen que ser, válvula N°1 cerrada, válvula N°2 abierta, válvula N°3 abierta, válvula N°4 abierta, válvula N°5 cerrada. La enumeración de las válvulas (FIGURA N° 40).

Realizar la conexión de la lógica cableada del circuito de la experiencia N°1, (FIGURA N° 42)

Actividades

1. Alimentar sólo el PLC y la fuente de poder para esta experiencia.
2. En la pantalla HMI, la ventana de Nivel, ajustar el valor del set point el rango es 100mm a 900mm.

3. Ajustar los valores de PID, tales como proporcional, integral y derivativo. Como se explica en el Manual de Operaciones, en referencia al control PID del PLC.
4. Ajustar los valores de las alarmas de nivel alto y bajo para visualizarlas en el PLC, en las salidas OUT (Y) números 2 y 3 respectivamente.
5. En la pantalla HMI utilizar la ventana Varios apretar Star y luego ir a la ventana de nivel para visualizar la experiencia.

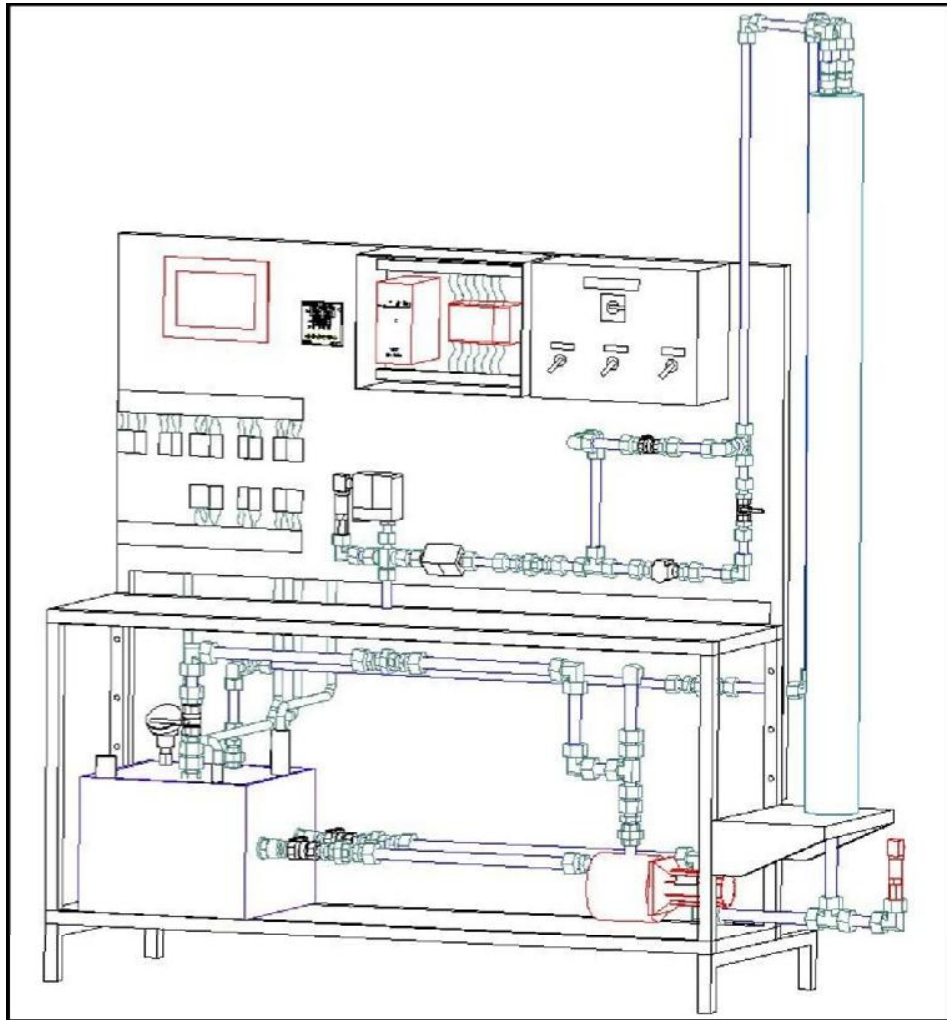


FIGURA N° 41. Representación de la experiencia N°1

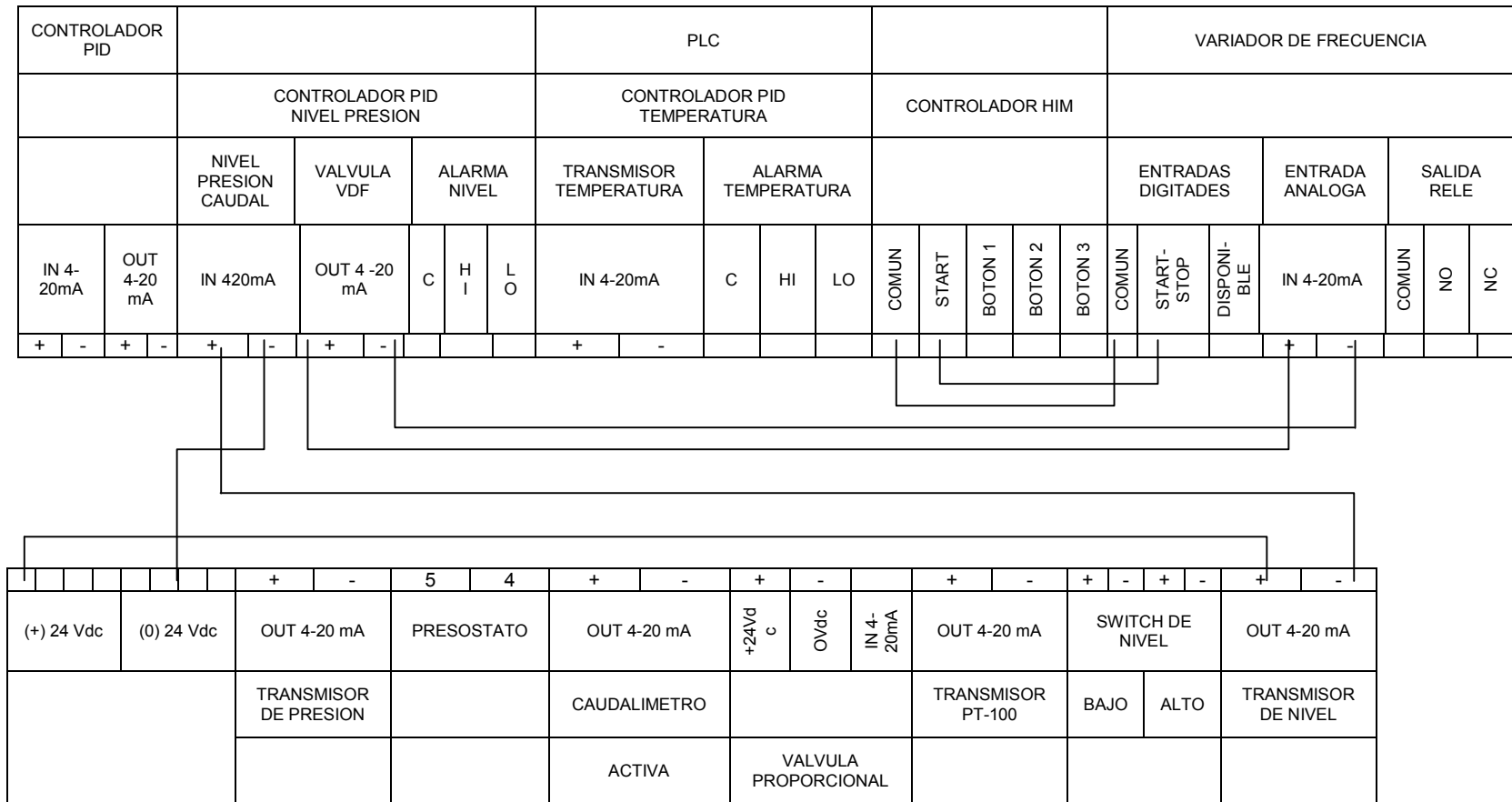


FIGURA N° 42: Diagrama cableado experiencia N°1

4.2 EXPERIENCIA N° 2: CONTROL DE NIVEL ON/ OFF

Objetivo general

- Monitorear el comportamiento al realizar control On/ Off en la variable de Nivel.

Objetivo específico

- Visualizar el control On /Off de la variable de Nivel.

Trabajo previo a la experiencia

Al ingresar al laboratorio el estudiante debe tener claro los conceptos de Nivel y conocimientos básicos de control. Además de haber leído el manual de operaciones del banco de control de procesos. Se trabajara en la pantalla de Nivel.

Se trabajará en la pantalla de nivel en la opción Manual, la forma de determinar que este en Manual es que en la pantalla de nivel se visualice Automático.

Los elementos que participan en la experiencia son: la pantalla HMI, variador de frecuencia, PLC, bomba, transmisor de nivel. Estos elementos son mostrados con color rojo (FIGURA 43).

Las posiciones de las válvulas tienen que ser, válvula N°1 cerrada, válvula N°2 abierta, válvula N°3 abierta, válvula N°4 abierta, válvula N°5 cerrada. La enumeración de las válvulas (FIGURA 40).

Realizar la conexión de la lógica cableada del circuito de la experiencia N°3, (FIGURA 44).

Actividades

1. Alimentar solo el PLC y la fuente de poder para esta experiencia.
2. Ajustar la alarma de nivel alto.
3. Ajustar la alarma de nivel bajo.
4. Visualizar los Led de las alarmas de nivel alto y bajo en el PLC, en las salidas OUT (Y) números 2 y 3 respectivamente.
5. En la pantalla HMI, utilizar la ventana de Varios apretar Star y luego ir a la ventana de nivel para visualizar la experiencia

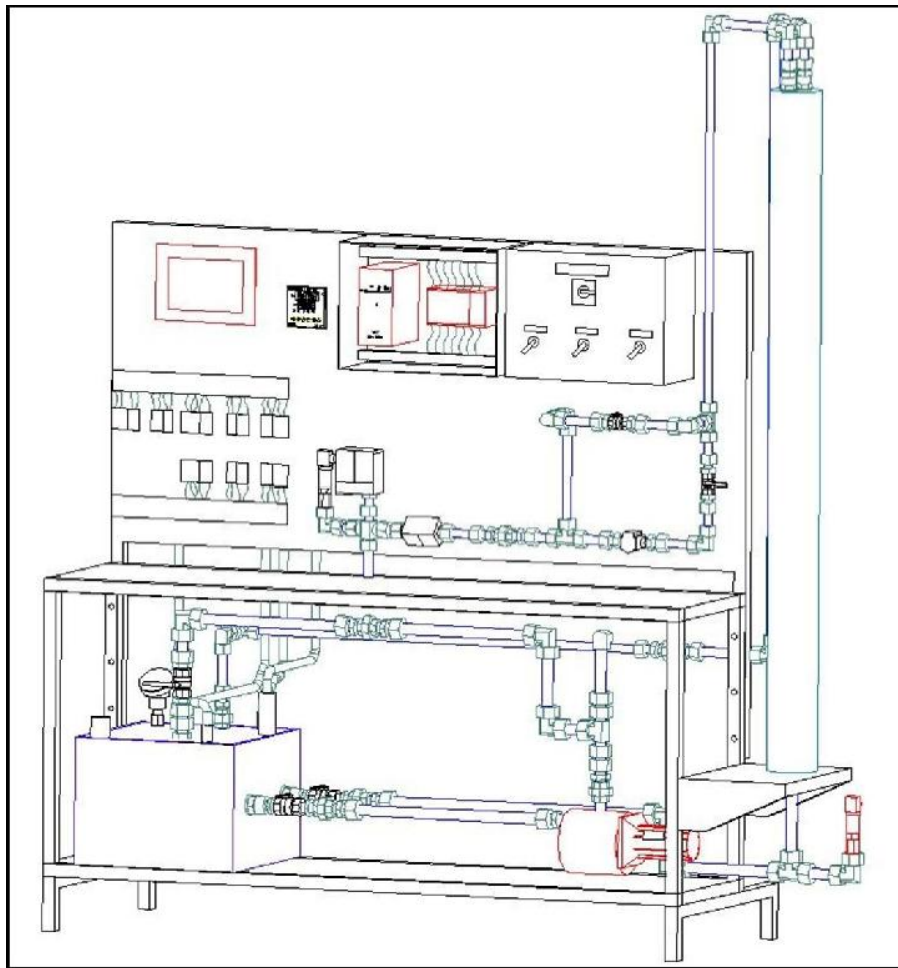


FIGURA N° 43. Representación de la experiencia N°2

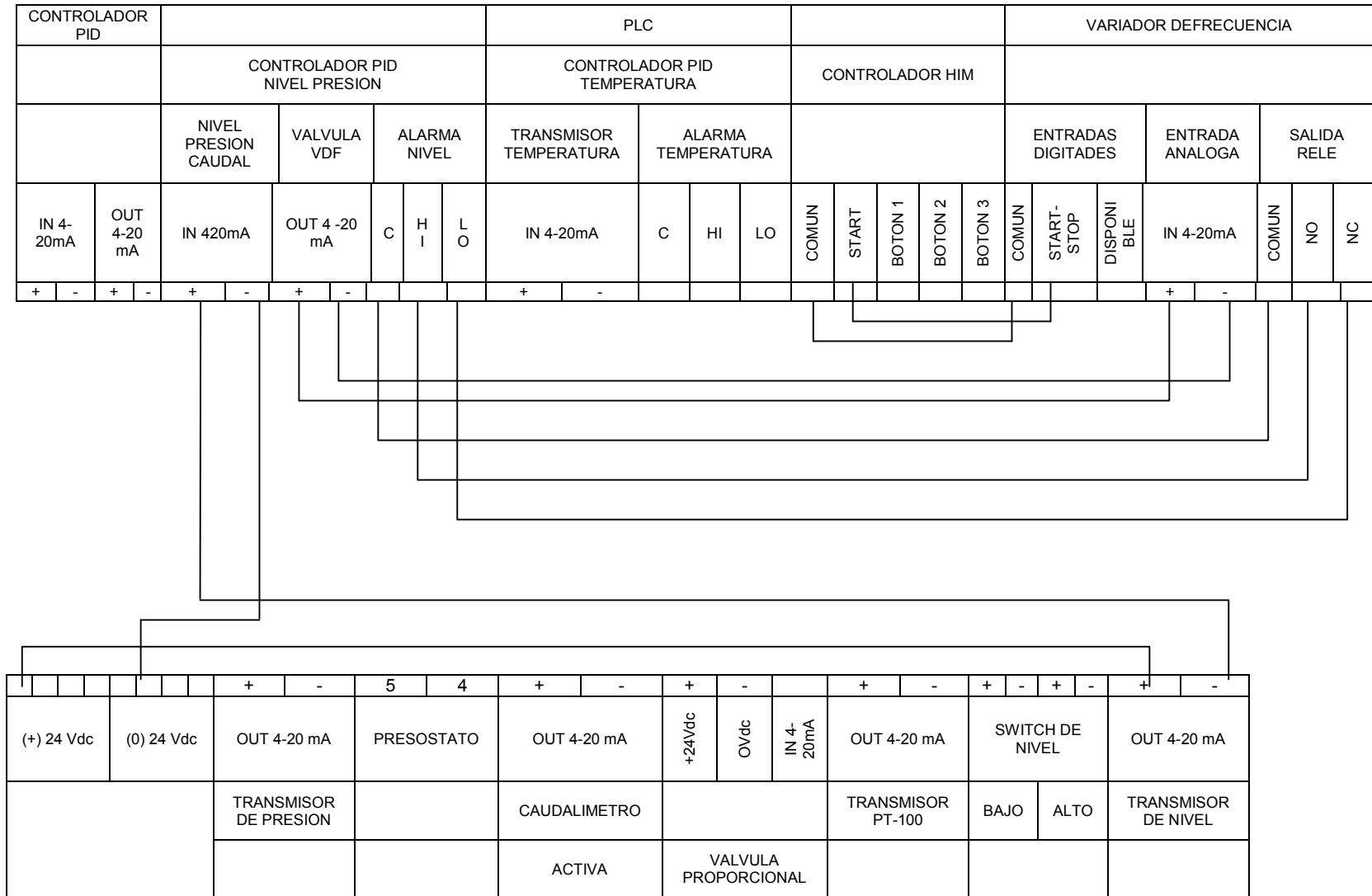


FIGURA N° 44: Diagrama cableado experiencia N°2

4.3 EXPERIENCIA N° 3: CONTROL DE CAUDAL DESVIACION DE FLUJO

Objetivo general

- Monitorear el comportamiento al realizar control sobre la variable caudal la cual es controlada por medio de la válvula proporcional

Trabajo previo a la experiencia

Al ingresar al laboratorio el estudiante debe tener claro los conceptos de Caudal y conocimientos básicos de control. Además de haber leído el manual de operaciones del banco de control de procesos. Se trabajara en la pantalla de Caudal.

Los elementos que participan en la experiencia son: la pantalla HMI, variador de frecuencia, PLC, bomba, medidor de caudal y válvula proporcional. Estos elementos son mostrados con color rojo (FIGURA 45).

Las posiciones de las válvulas tienen que ser, válvula N°1 cerrada, válvula N°2 abierta, válvula N°3 abierta, válvula N°4 cerrada, válvula N°5 abierta. La enumeración de las válvulas (FIGURA 40).

Realizar la conexión de la lógica cableada del circuito de la experiencia N°4, (FIGURA 46).

Actividades

1. Alimentar solo el PLC y la fuente de poder para esta experiencia.
2. Ajustar el setpoint del caudal de 30 lpm.
3. En la pantalla HMI, en la ventana Varios apretar Star y luego ir a la ventana de Caudal para visualizar la experiencia.
4. Cambiar en el medidor de caudal de lpm a gpm.

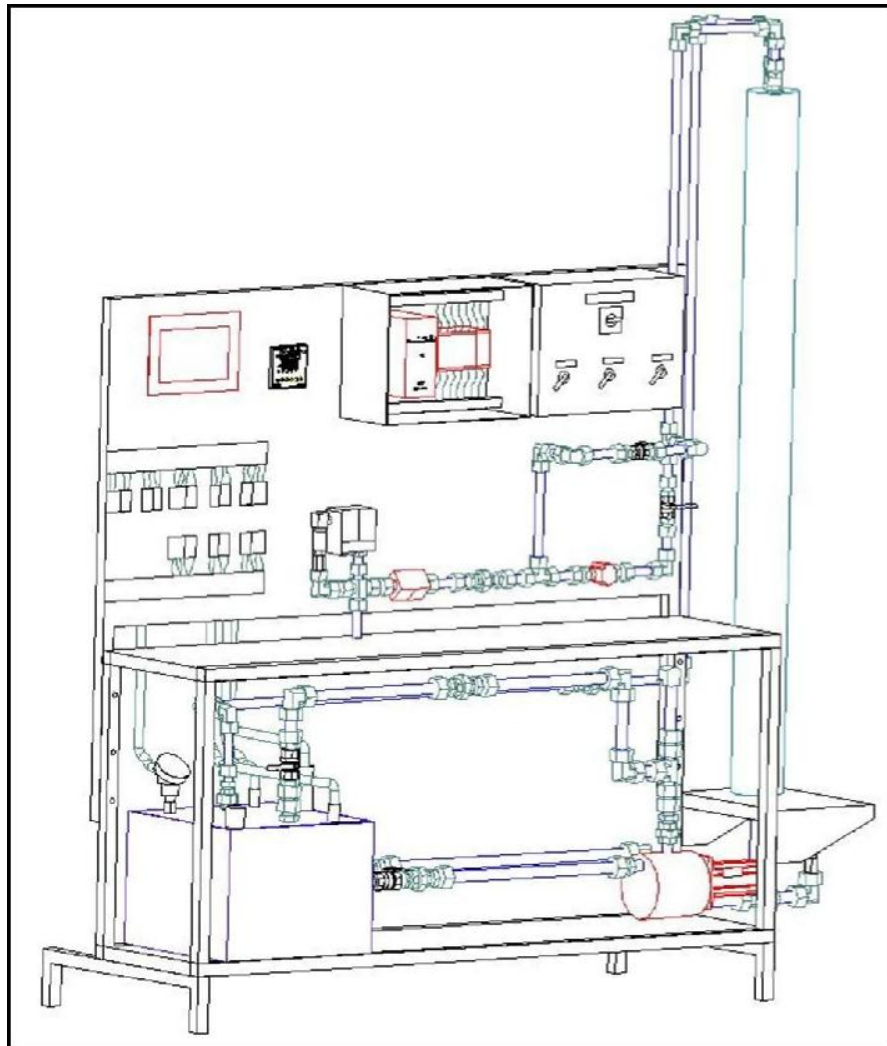


FIGURA N° 45. Representación de la experiencia N° 3

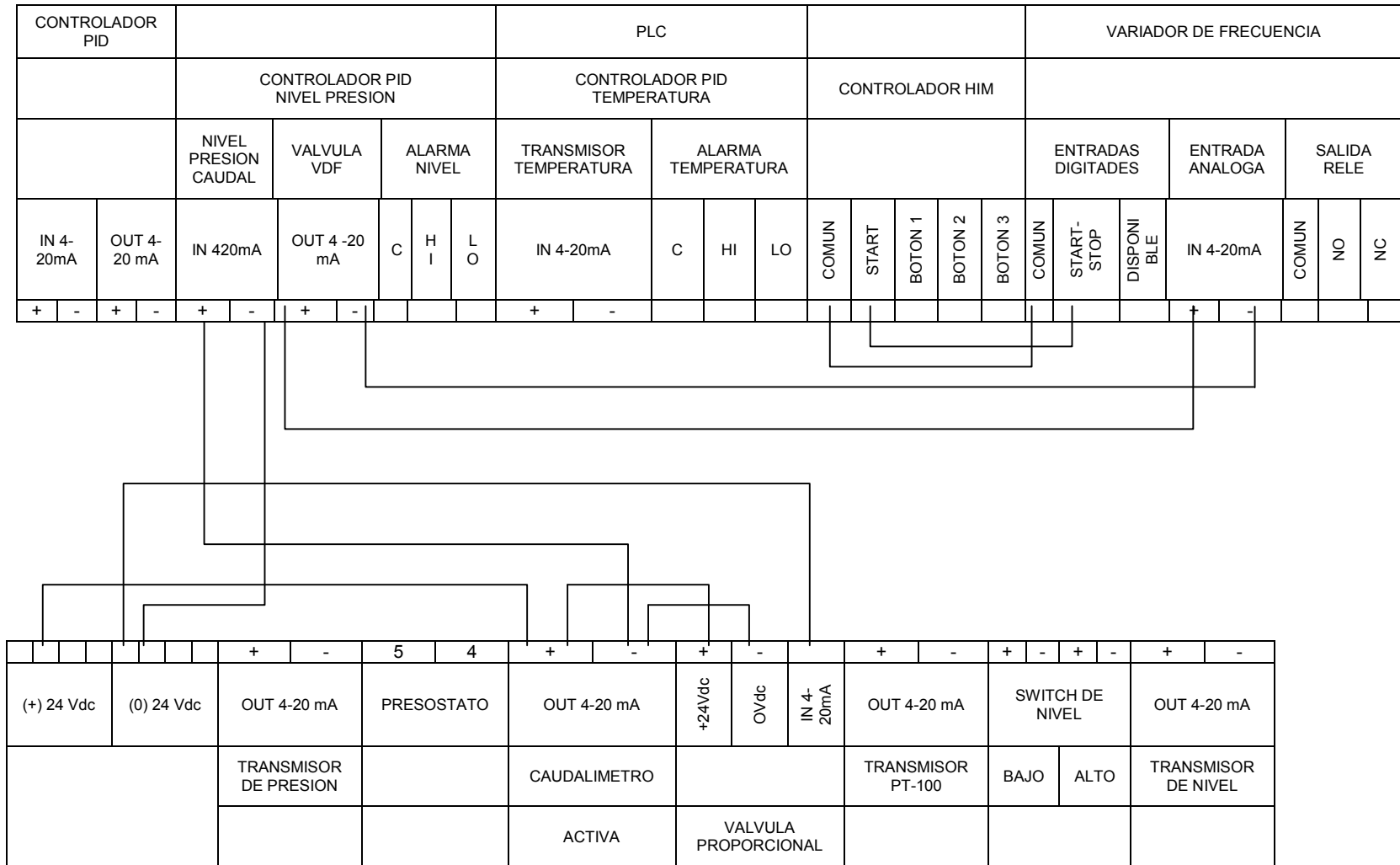


FIGURA N° 46: Diagrama cableado experiencia N° 3

4.4 EXPERIENCIA N° 4: CONTROL DEL CAUDAL POR VARIACION DE GIRO

Objetivo general

- Realizar un control de caudal variando las revoluciones de la bomba
- Monitorear el comportamiento al realizar la variación de las revoluciones de la bomba

Trabajo previo a la experiencia

Al ingresar al laboratorio el estudiante debe tener claro los conceptos de Caudal, Amper, Frecuencia y conocimientos básicos de control. Además de haber leído el manual de operaciones del banco de control de procesos.

Los elementos que participan en la experiencia son: variador de frecuencia, bomba y medidor de caudal. Estos elementos son mostrados con color rojo (FIGURA 47).

Las posiciones de las válvulas tienen que ser, válvula N°1 cerrada, válvula N°2 abierta, válvula N°3 abierta, válvula N°4 abierta, válvula N°5 cerrada. La enumeración de las válvulas (FIGURA 40).

Realizar la conexión de la lógica cableada del circuito de la experiencia N°6, (FIGURA 48).

Actividades

1. Alimentar solo el PLC y la fuente de poder para esta experiencia.
2. Hacer partir la bomba desde el variador de frecuencia apretando el botón Hand On
3. Disminuir la frecuencia del variador a 40 Hz.

4. Visualizar el medidor de caudal para saber que caudal equivalen los 40 Hz.
5. Cambiar en el medidor de caudal de lpm a gpm

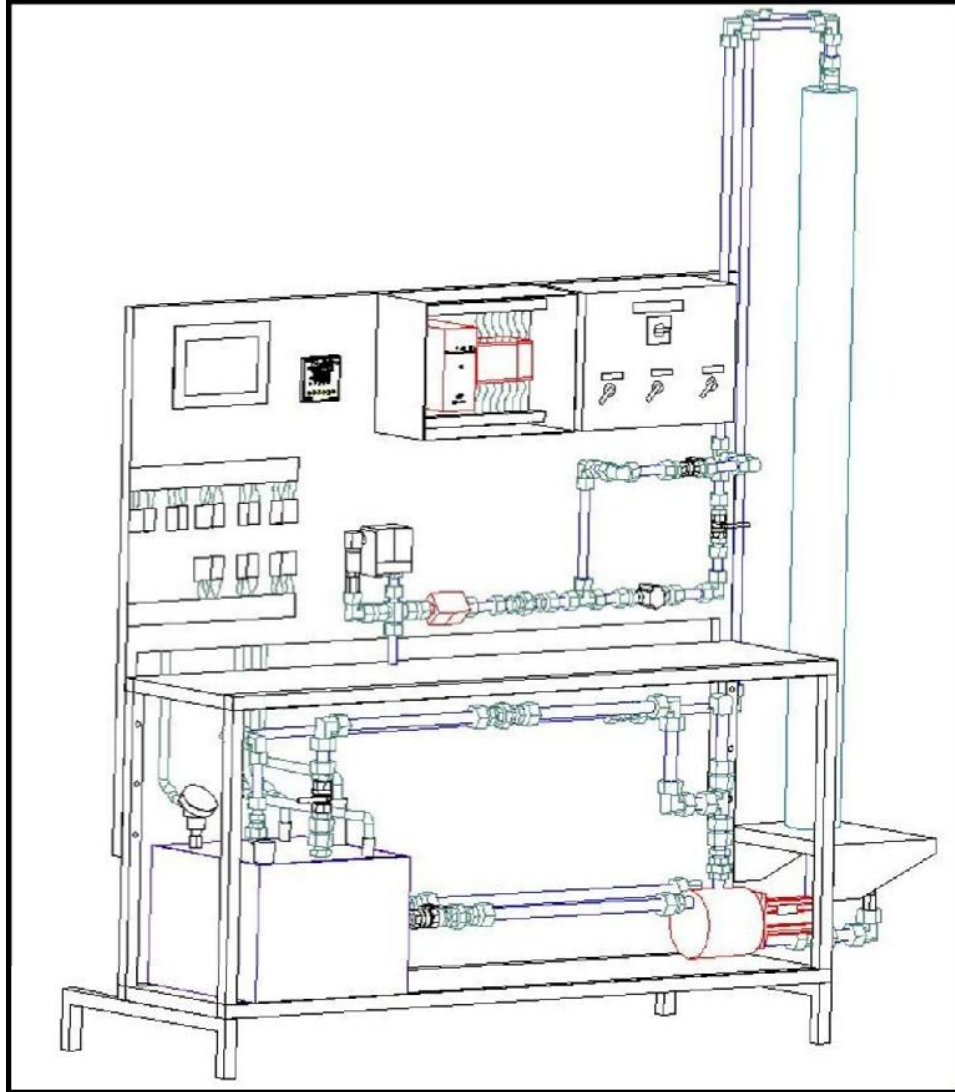


FIGURA N° 47. Representación de la experiencia N°4

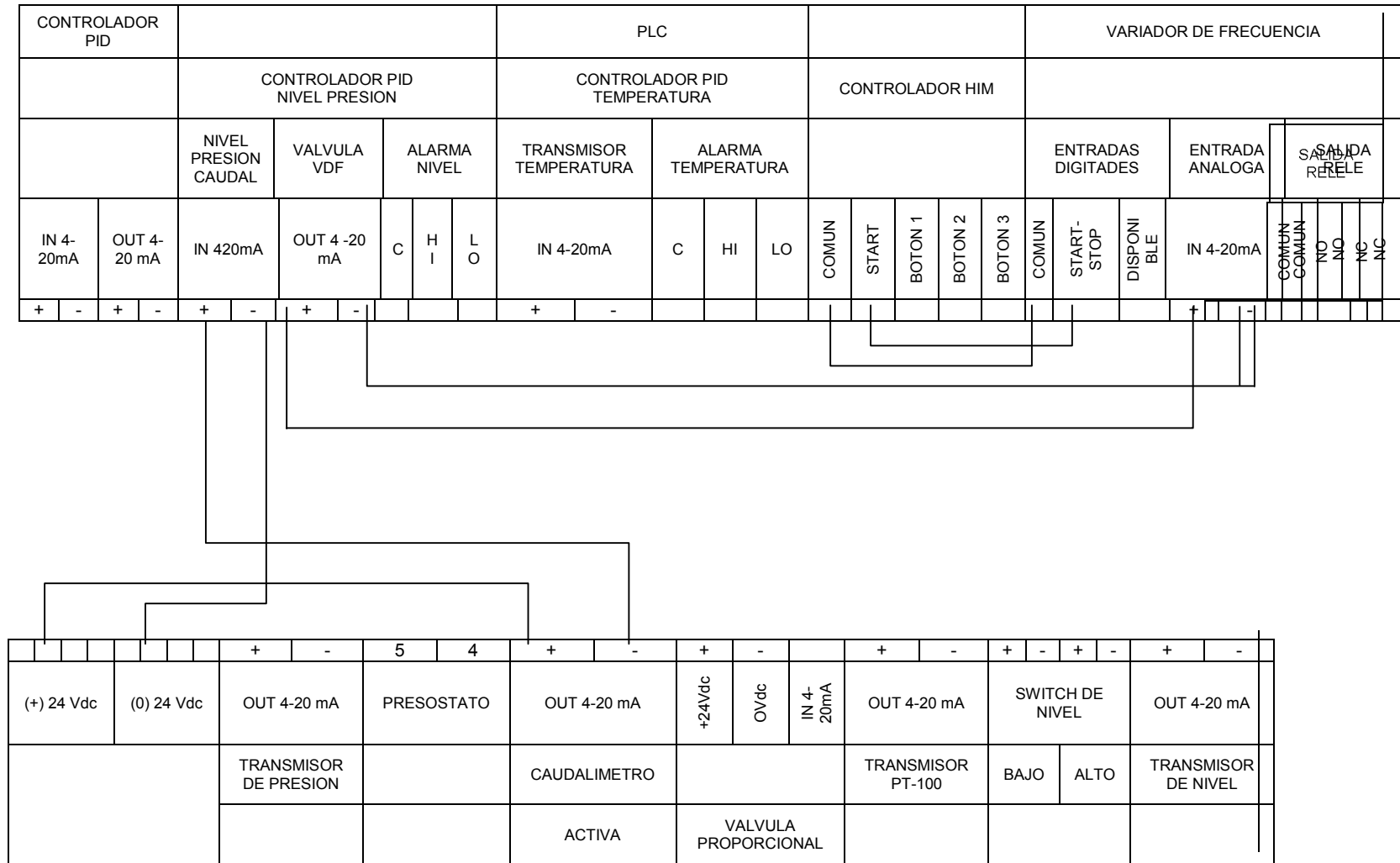


FIGURA N° 48: Diagrama cableado experiencia N° 4

4.5 EXPERIENCIA N° 5: CONTROL DE PRESIÓN ON/ OFF

Objetivo general

- Monitorear el comportamiento al realizar control On/ Off de la variable Presión.

Trabajo previo a la experiencia

Al ingresar al laboratorio el estudiante debe tener claro los conceptos de Presión y conocimientos básicos de control. Además de haber leído el manual de operaciones del banco de control de procesos. Se trabajara en la pantalla de Presión.

Los elementos que participan en la experiencia son: la pantalla HMI, variador de frecuencia, PLC, bomba, transmisor de presión y presostato. Estos elementos son mostrados con color rojo (FIGURA 49).

Las posiciones de las válvulas tienen que ser, válvula N°1 cerrada, válvula N°2 abierta, válvula N°3 abierta, válvula N°4 abierta, válvula N°5 cerrada. La enumeración de las válvulas (FIGURA 40).

Realizar la conexión de la lógica cableada del circuito de la experiencia N°5, (FIGURA 50).

Actividades

1. Alimentar solo el PLC y la fuente de poder para esta experiencia.
2. En la pantalla HMI, la ventana de Presión, ajustar el valor del set point deseado.
3. ajustar las alarmas de Presión
4. En la pantalla de Varios apretar Star y luego ir a la pantalla de Presión para visualizar la experiencia.

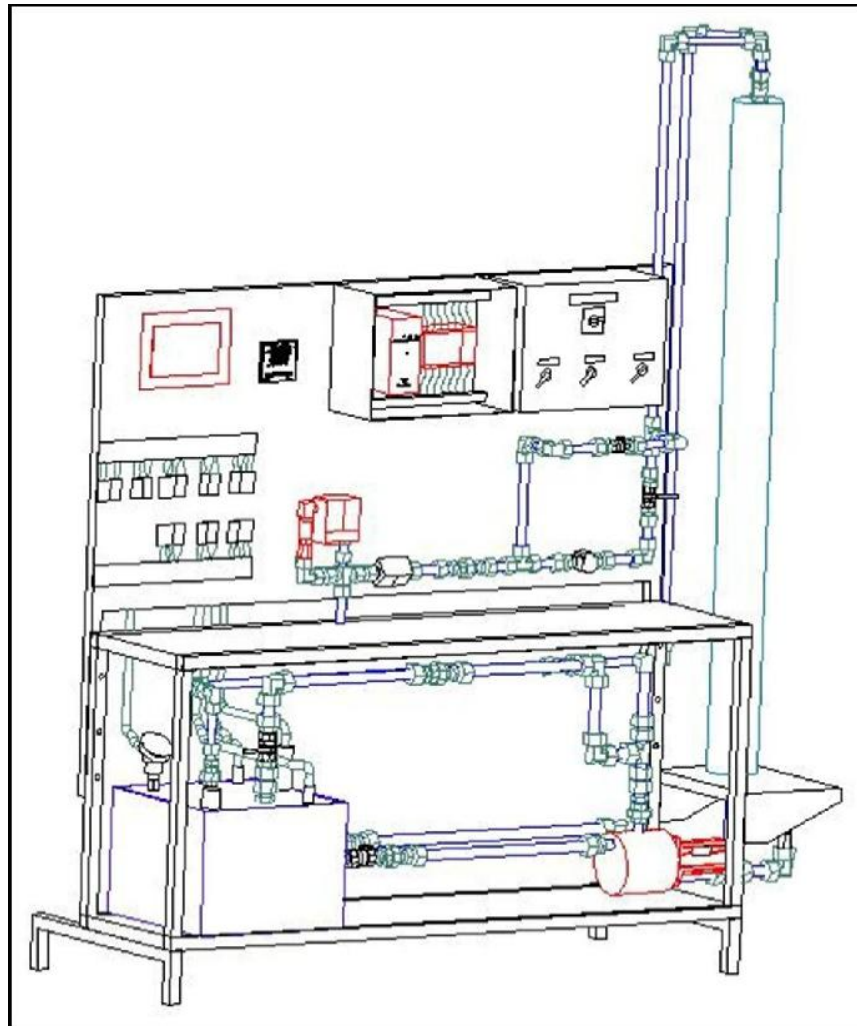


FIGURA N° 49. Representación de la experiencia N° 5

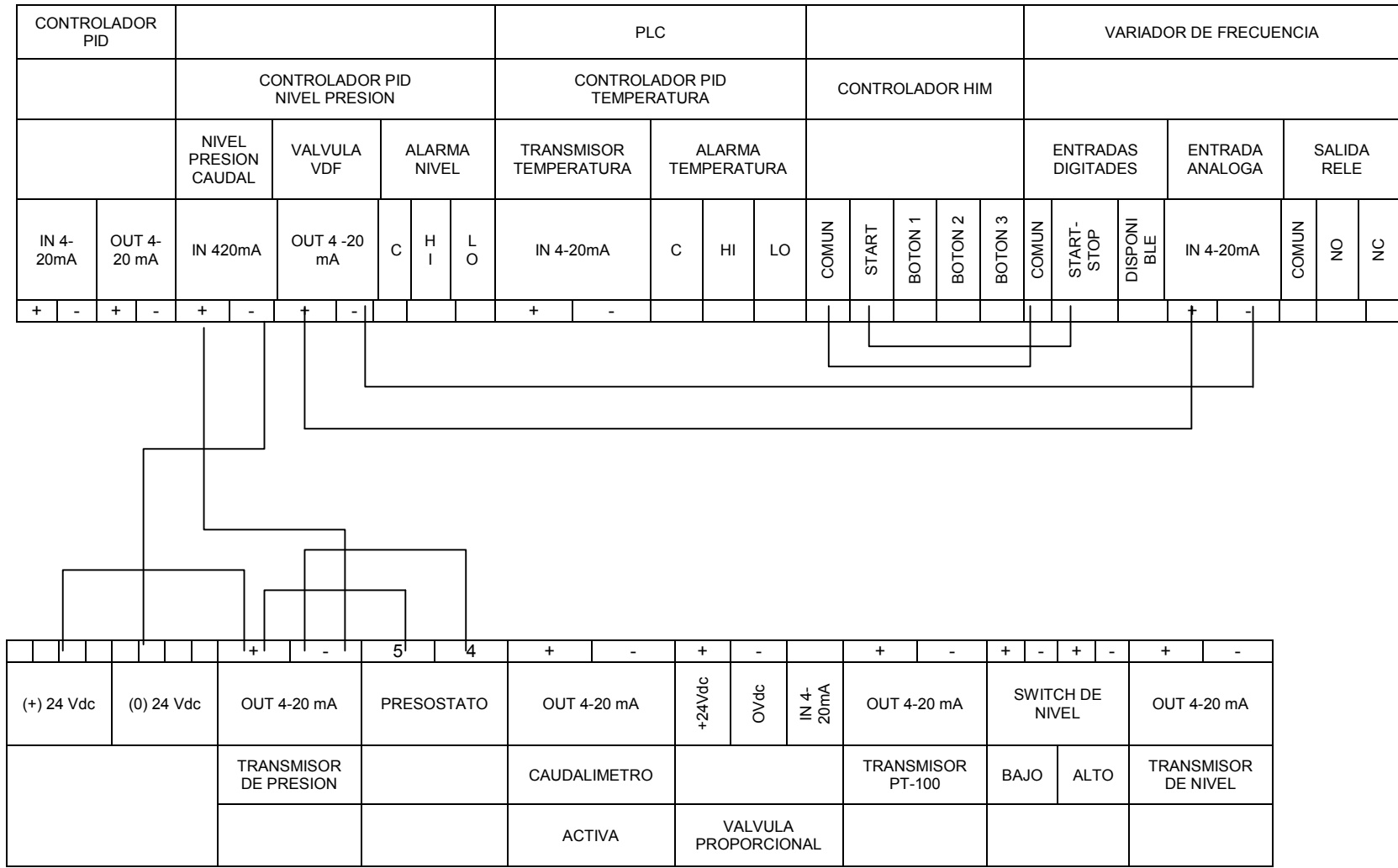


FIGURA N° 50: Diagrama cableado experiencia N° 5

4.6 EXPERIENCIA N° 6: CONTROL DE TEMPERATURA ON/ OFF

Objetivo general

- Monitorear el comportamiento al realizar control On/ Off en la variable de Temperatura.

Trabajo previo a la experiencia

Al ingresar al laboratorio el estudiante debe tener claro los conceptos de temperatura y conocimientos básicos de control. Además de haber leído el manual de operaciones del banco de control de procesos. Se trabajará en la pantalla de temperatura.

Los elementos que participan en la experiencia son: la pantalla HMI, transmisor de temperatura PT-100, calefactor y PLC. Estos elementos son mostrados con color rojo (FIGURA 51).

En esta experiencia no se requiere recircular el agua, cuando este concluida la experiencia se podrá recircular el agua para disminuir la temperatura del estanque con agua.

Realizar la conexión de la lógica cableada del circuito de la experiencia N°2, (FIGURA 52)

Actividades

1. Alimentar sólo el PLC y la fuente de poder para esta experiencia.
2. En la pantalla HMI Ajustar en la ventana temperatura el setpoint rango es de 15° C. a 32°C de temperatura que se quiere visualizar.
3. En la ventana de temperatura encender el calefactor.

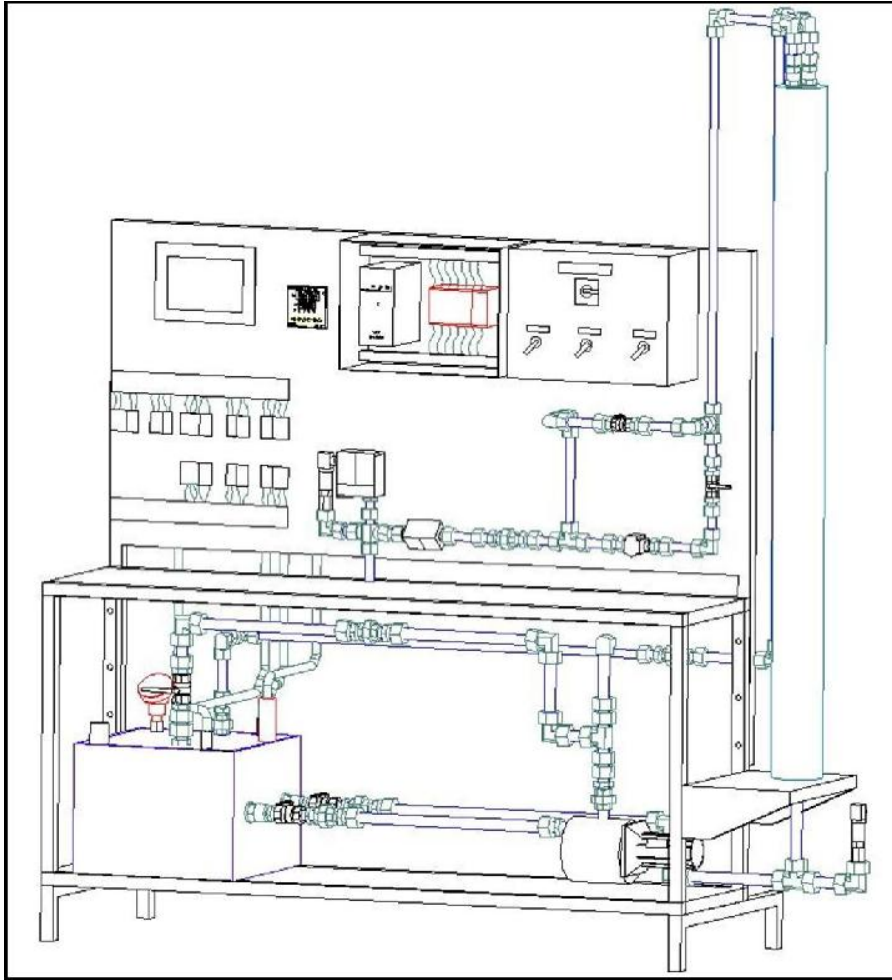


FIGURA N° 51. Representación de la experiencia N° 6

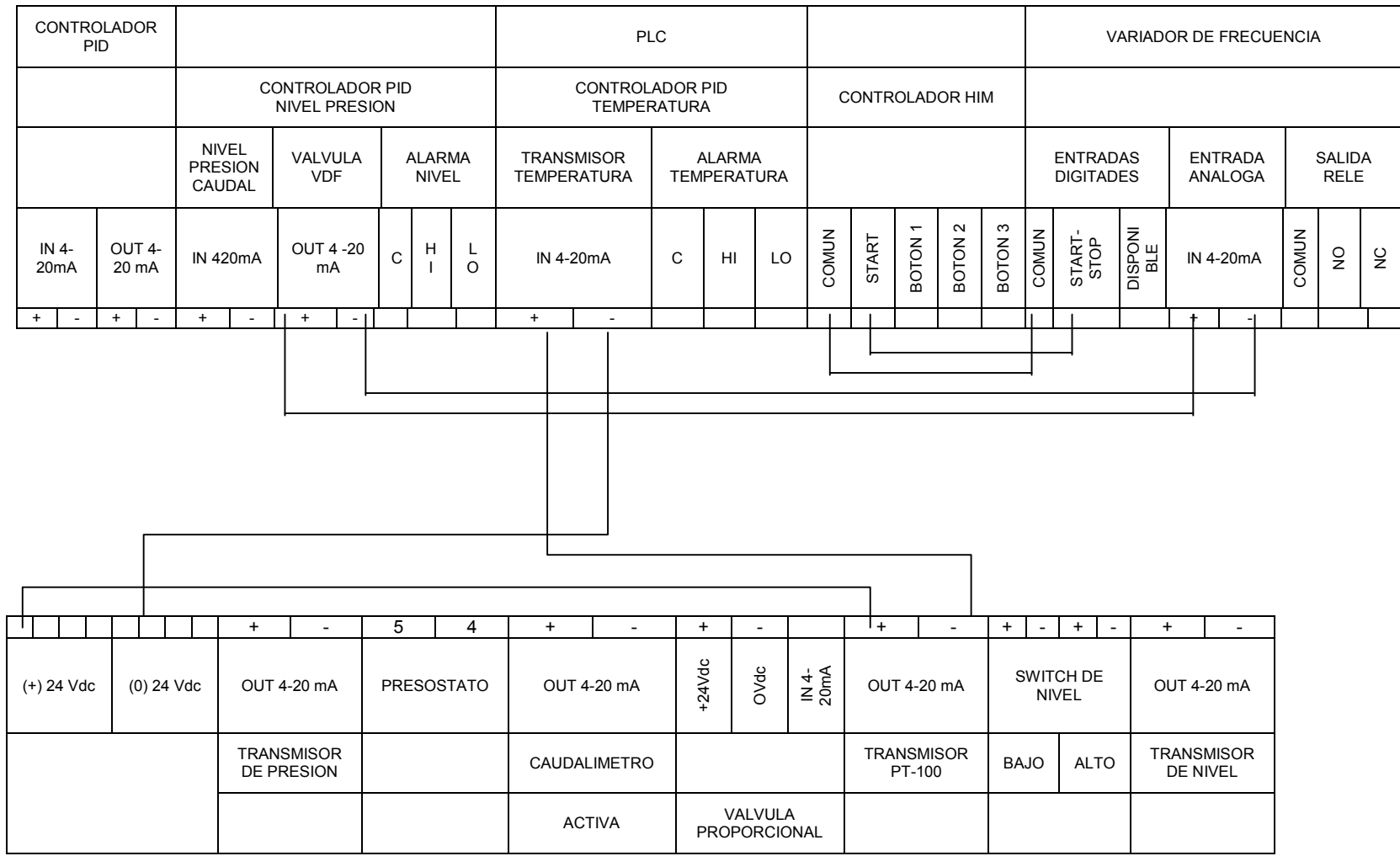


FIGURA N° 52: Diagrama cableado experiencia N° 6

CONCLUSIONES

Como resultado de la implementación y estudio del banco didáctico de control de procesos, se desarrolló un manual de operaciones y una guía de experiencias, que sirva como instrumento de ayuda, con el fin que al estudiante le sea familiar los elementos que se presentan y su funcionamiento. Lo anterior, debido a que hoy en día la gran mayoría de las industrias se están automatizando.

El manual de operaciones establece la descripción de cada componente, la forma en que éstos se pueden manipular y su funcionamiento en general.

A partir de lo anterior, se pudo desarrollar una guía de experiencias, que contiene 6 experiencias prácticas, las cuales entregan a los estudiantes los pasos básicos a seguir y las recomendaciones que se deben tener en cuenta para la operación del banco didáctico. Cabe mencionar que de las 6 experiencias mencionadas, 3 de ellas no es posible realizarlas, debido a que actualmente no se encuentran configuradas en el PLC, lo que una vez configurado, abrirá la posibilidad de realizar una nueva tesis de grado, que será la continuación del presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- ANGULO J M^a Y NÓ JOSE, 1989. Control de procesos industriales por computador, Edit. Paraninfo, pag. 1-8
- BADIRU ADEDEJI BODUNDE. 2006. Industrial and Systems Engineering, New York. Taylor & Francis / CRC, pag. 3-1; 3-4
- LIPTAK, B.G. (Catalogo de Diaz de Santo) Instruments Engineers Handbook, Process Control, <http://www.depeca.uah.es/wwwnueva/docencia/IT-INF/ctr-eco/Tema4.pdf>
- MARLIN THOMAS E. 2005. 174 Process Control. In: The Engineering Handbook Second Edition, Mc Master University / CRC Press LLC, pag.1-3
- MARLIN THOMAS E. 2000. 156 Process Control. In: The Engineering Handbook, Mc Master University / CRC Press LLC, pag. 1
- ROMAGNOLI JOSE A., PALAZOGLU AHMET, 2006. Introduction to process control, CRC Taylor & Francis, pag. 3-4.
- VIGNOLA S.A., Manual de Operaciones y catalogo de components para banco de entrenamiento, Santiago Chile Abril 2008.

.....ANEXOS

Anexos	Página
PLC	83
Variador de Frecuencia	90
Válvula Proporcional	97
Controlador de Temperatura	103
Transmisor de Presión	111
Transmisor de Nivel	119
Presostato	123
Pantalla	130
Medidor de flujo	131
Bomba	139
Software de monitoreo Scada 32	140