



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA
EL CONTROL AUTOMÁTICO DE UN SISTEMA DE PRESIÓN DE
AIRE PARA EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y
CONTROL DE PROCESOS DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL
EJÉRCITO

TESIS DE GRADO PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

Wilmer Ramiro Moreno Salazar
Diana Fernanda Vargas Segovia

Latacunga, octubre 2011

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I

1. FUNDAMENTOS.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Sistemas de control de presión	2
1.3 El aire en compresión como variable física.....	3
1.4 Ventajas de aplicación del aire comprimido.....	6
1.5 Desventajas de aplicación del aire comprimido.....	8
1.6 Transmisores convencionales.....	9
1.6.1 Los instrumentos de tiempo real.....	11
1.6.2 Algunas ventajas de los transmisores analógicos.....	12
1.6.3 Desventajas de los transmisores analógicos.....	13
1.7 Controladores Lógicos Programables PLC características y arquitectura.....	13
1.7.1 Selección de un PLC.....	14
1.7.2 Estructura de un PLC.....	15
1.8 Pantalla Touch Screen HMI.....	26
1.8.1 Tecnologías para las pantallas táctiles.....	27
1.8.2 Ventajas de la Touch Sreen.....	30
1.8.3 Desventajas de la Touch Screen.....	31
1.8.4 Aplicaciones de la Touch Screen.....	31

CAPITULO II

2. DISEÑO DEL CONTROL AUTOMÁTICO PARA EL MÓDULO DIDÁCTICO DE PRESIÓN.....	31
2.1. Especificación de requisitos del sistema.....	31
2.2. Diagrama de bloques y P&ID del sistema.....	32
2.2.1. Diagrama de bloques.....	32
2.2.2. Diagrama P&ID.....	33
2.2.3. Diagrama de flujo.....	34
2.3. Desarrollo de HMI para sintonización y registro del sistema.....	36
2.4. Programación de la Touch Screen.....	39
2.5. Comunicación entre Touch Screen y PLC.....	41
2.5.1. Entorno Crimson 2.0.....	41
2.5.2. Comunicación entre la Touch Screen y el PLC.....	44
2.5.3. Medios Físicos.....	52

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	54
3.1. Descripción física del sistema.....	54
3.1.1. Cañerías y tuberías.....	54
3.1.2. Acoples neumáticos.....	59
3.1.3. Reguladores de presión.....	60
3.1.4. Reguladores de Flujo.....	61
3.1.5. Conversor de corriente 4-20 mA. a presión 3-15 psi	64
3.1.6. Actuador neumático de 3 a 15 PSI.....	65
3.1.7. Autómatas.....	67
3.1.8. Transmisor de presión.....	71
3.1.9. Tanques de almacenamiento.....	74
3.1.10. Manómetros Posteriores	74
3.1.11. Touch Screen.....	75
3.1.12. Rotámetro.....	76

3.1.13. Filtro silenciador de aire.....	77
3.1.14. Manguera para conexiones.....	77
3.1.15. Focos.....	77
3.1.16. Fuente de 24Vcc.....	77
3.1.17. Fuente de 110Vca.....	78
3.1.18. Switch con luz piloto.....	78
3.2. Pruebas experimentales al sistema.....	78
3.3. Funcionamiento en los distintos modos de control.....	80
3.3.1. Control Proporcional.....	80
3.3.2. Control Proporcional Derivativo.....	82
3.3.3. Control Proporcional-Integral.....	82
3.3.4. Control Proporcional Integral Derivativo.....	83
3.4. Análisis de las curvas de proceso.....	84
3.4.1. Control Proporcional (P).....	86
3.4.2. Control Proporcional Integral (PI).....	88
3.4.3. Control Proporcional Derivativo (PD).....	90
3.4.4. Control Proporcional Integral derivativo (PID).....	91
3.4.5. Control Proporcional Integral Derivativo con encendido de Alarmas.....	93
3.5. Alcance y limitaciones.....	95

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.....	97
4.2. Recomendaciones.....	98

ANEXOS

A Glosario De Términos

B Hojas de Especificaciones Técnicas

C Manual de practicas

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

Figura. 1.1. Sistema de presión de aire.....	2
Figura. 1.2. Compresor de embolo de simple efecto.....	4
Figura. 1.3. Compresor rotativo de tornillo.....	4
Figura. 1.5. Transmisor de presión analógico.....	8
Figura. 1.6. Transmisor analógico de dos hilos.....	9
Figura. 1.7. Estructura del PLC.....	13
Figura. 1.8. Ciclo de servicio de un PLC.....	17
Figura. 1.9. Sistema para el inicio de la programación con Step 7.....	19
Figura. 1.9. Módulo de expansión siemens.....	23
Figura. 1.10. Pantalla Táctil.....	24
Figura. 1.11. Pantalla táctil resistiva.....	25
Figura. 1.12. Pantalla táctil capacitiva.....	26

CAPITULO II

Figura 2.1 Diagrama de Bloques del Sistema.....	32
Figura. 2.2. Diagrama P&ID del sistema.....	34
Figura. 2.3. Diagrama de flujo del sistema.....	35
Figura. 2.4. Menú principal de Crimson 2.0.....	42
Figura 2.5. Creación de una nueva base de datos.....	45
Figura 2.6. Configuración del puerto.....	46

Figura 2.7. Creación de un bloque para las variables.....	47
Figura 2.8. Creación de la Tags.....	48
Figura 2.9. Selección de la dirección de las tags.....	49
Figura 2.10. Asignación de alarmas para la variable.....	50
Figura 2.11. Pantalla del panel frontal del proceso.....	51
Figura. 2.12. Conexión del PLC Siemens S7-200 con la Touch Screen Red Lion.....	52

CAPITULO III

Figura. 3.1. Diagrama de Dimensionamiento de la Tubería.....	55
Figura 3.2 Acoples Neumáticos.....	60
Figura. 3.2. Regulador de Presión.....	61
Figura. 3.3. Regulador de Flujo.....	62
Figura. 3.4. Válvula de Compuerta.....	63
Figura. 3.5. Válvula de bola.....	64
Figura. 3.6. Estructura Interno del Conversor I/P.....	65
Figura. 3.7. Actuador de Presión utilizado en el sistema.....	66
Figura. 3.8. Actuador de una válvula de control.....	67
Figura. 3.9. PLC Siemens CPU226.....	68
Figura 3.10. Esquema del módulo EM235.....	70
Figura. 3.11. Transmisor Foxboro IAP 20.....	71
Figura. 3.12. Pantalla del transmisor George Fisher Signed 8450.....	73
Figura. 3.13. Tanques de aire.....	74
Figura. 3.14. Manómetros Posteriores con rango de 0-200 PSI.....	75
Figura 3.15. Pantalla Táctil Red Lion G306A.....	75
Figura. 3.16. Rotámetro de 0-4 SCFM.....	76

Figura 3.17. Filtro Silenciador de Aire.....	77
Figura 3.18. Forma de respuesta del control proporcional.....	81
Figura 3.19. Forma de respuesta del control proporcional-derivativo.....	82
Figura 3.20. Forma de respuesta del control proporcional-integral.....	83
Figura 3.21. Forma de respuesta del control proporcional-integral-derivativo.....	84
Figura. 3.22. Pantalla de las variables del proceso.....	85
Figura. 3.23. Pantalla de históricos del proceso.....	86
Figura 3.24. Respuesta del sistema con un control proporcional con $K_p=59$	87
Figura. 3.25 Respuesta del sistema con un control proporcional con $K_p=60$	87
Figura 3.26. Pantalla para el ingreso de las constantes del control PI.....	88
Figura. 3.27. Respuesta del sistema con un control PI.....	89
Figura. 3.28. Respuesta del sistema con un control PI con una perturbación.....	90
Figura. 3.29. Respuesta del sistema con un control PD.....	91
Figura 3.30. Respuesta del sistema con un control PID.....	92
Figura 3.31. Respuesta del sistema con un control PID aplicando una perturbación.....	93
Figura 3.32. Respuesta del sistema con un control PID más las alarmas.....	94
Figura 3.33. Pantalla principal de proceso.....	95

INDICE DE TABLAS

CAPITULO I

Tabla 1.1 Tiempos Muertos de Transmisores.....	10
Tabla 1.2 Comparación de un Transmisor de presión Análogo y uno <i>Smart</i>	11

CAPITULO II

Tabla 2.1. Criterios de sintonización.....38

Tabla 2.2 Pines de Conexión del Db9 al RJ45.....53

CAPITULO III

Tabla 3.1. Valores ingresados para la sintonización del Control P.....88

Tabla 3.2 Parámetros de sintonización del control PI.....89

Tabla 3.3 Parámetros de sintonización para un control PD.....90

Tabla 3.4. Parámetros de sintonización para un control PID.....92

RESUMEN

Este artículo es acerca del diseño e implementación de un módulo didáctico para un sistema de control automático de presión de aire, se habla de los dispositivos, características de ellos, además de la programación del software tanto del PLC como de la pantalla táctil para obtener un HMI amigable en el cual se pueda ver el tipo de control que se haya elegido, además del comportamiento, tendencias, alarmas, etc.

El sistema requiere de dispositivos, elementos e instrumentos para realizar el control automático de presión de aire. Específicamente son la fuente de aire que debe tener la capacidad de proporcionar la cantidad de aire necesaria para llenar los dos tanques de almacenamiento, en los cuales de cada uno se obtendrá 10 litros de aire, los cuales podrán ser controlados a partir de un controlador lógico programable PLC, el cual realiza 4 tipos de control que son P, PI, PD, PID. El tipo de control que se realice depende de la necesidad del sistema y de la selección que se haga en la Touch Screen en donde se puede definir el control a ser aplicado, monitorear el proceso, cambiar el valor del set point, aceptar alarmas, tener seguridades de acceso de usuarios, un registro de eventos y observar los históricos. Además de que la interface humano máquina HMI será intuitiva y amigable y así podrá ser utilizada con gran facilidad y accesibilidad por el usuario.

Los sistemas de control tienen la función de mantener y regular la variable controlada, siendo en nuestro caso el aire comprimido, haciendo que se encuentre dentro de los límites deseados en el proceso de una manera eficiente, confiable y rápida como lo haría un operador humano. Para lograr esto se realiza la comparación del valor de una variable a controlar con un valor deseado y si existe algún tipo de desviación, entonces se hace una acción de corrección, esto sin intervención humana.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS

1.1 Descripción del problema

El desarrollo de este proyecto es importante, ya que cada nuevo semestre va incrementando el número de alumnos en la carrera de Ingeniería Electrónica quienes tienen la necesidad de poner en práctica todos los conocimientos adquiridos. Además es notorio que cuando los alumnos requieren hacer prácticas en el laboratorio de Redes Digitales Industriales y Control de Procesos, lo hacen en horas extracurriculares siendo esto un problema para el adecuado aprendizaje.

Es evidente que el laboratorio requiere una mayor implementación de módulos, que estén a la par con el avance de la tecnología en el ámbito industrial así poder consolidar el conocimiento en esta clase de procesos

“La práctica debe siempre ser edificada sobre la buena teoría.”¹

1.2 Sistema de control de Presión.

Los sistemas de control tienen la función de mantener y regular la variable controlada, siendo en nuestro caso el aire comprimido, haciendo que se encuentre dentro de los límites deseados en el proceso de una manera eficiente, confiable y rápida como lo haría un operador humano. Para lograr esto se realiza la comparación del valor de una variable a controlar con un valor deseado y si existe algún tipo de desviación, entonces se hace una acción de corrección, esto sin intervención humana.

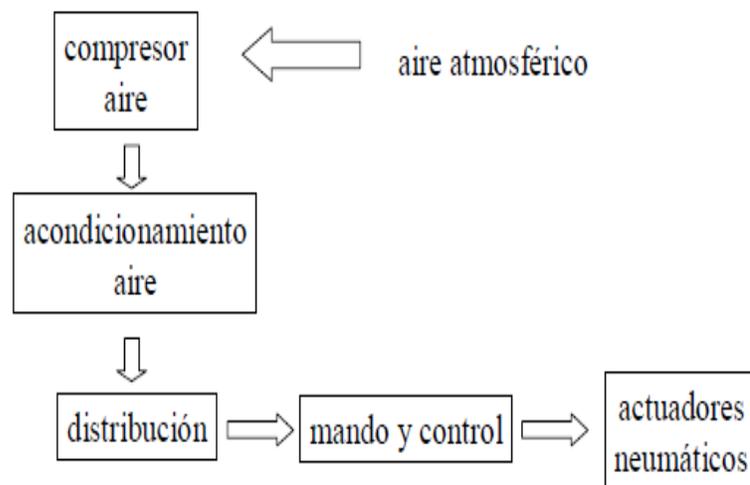


Figura. 1.1. Sistema de presión de aire

1.3 El aire en compresión como variable física

El aire comprimido ha sido muy utilizado como fuente energética desde el siglo XIX pero a mediados del siglo XX fue que se lo implanto a nivel industrial.²

¹ Leonardo Da Vinci

El aire en compresión es el aire tomado de la atmósfera y confinado a presión en un espacio reducido que en nuestro caso es el compresor.

Además se debe tener en cuenta que al trabajar con aire comprimido se debe contar con los siguientes dispositivos fundamentales:

- Filtro del compresor: Este dispositivo es utilizado para eliminar las impurezas del aire antes de la compresión con el fin de proteger al compresor y evitar el ingreso de contaminantes al sistema.
- Compresor: Es el encargado de convertir la energía mecánica, en energía neumática comprimiendo el aire. La conexión del compresor a la red debe ser flexible para evitar la transmisión de vibraciones debidas al funcionamiento del mismo.

Podemos clasificar los compresores en dos grandes tipos, según su principio de funcionamiento:

Compresores de desplazamiento positivo

En donde se comprime aire por una reducción de su volumen a veces con pistones, tornillos o compartimentos plásticos. Son los más empleados por la industria.

- a) Compresores alternativos o de émbolo, que constan de uno o varios cilindros como se aprecia en la figura 1.2, con sus correspondientes émbolos, y el sistema biela - manivela (que transforma el movimiento rotativo continuo de la máquina motora en un movimiento rectilíneo alternativo).

²Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales Escrito por Agustín González Ruiz, Pedro Mateo Floría, Diego González Maestre

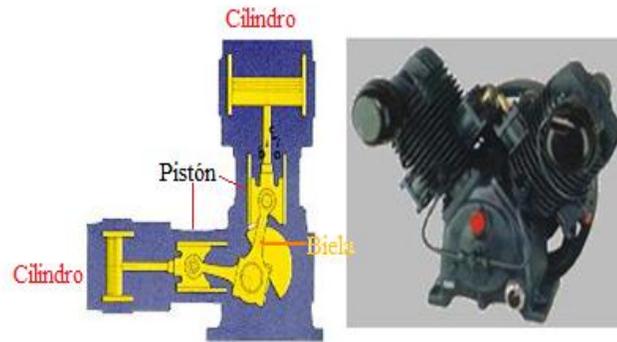


Figura. 1.2. Compresor de embolo de simple efecto

- b) Compresores rotativos, que constan de una carcasa y uno o varios rotores, que crean un volumen variable, con su movimiento rotativo. Este tipo de compresor se caracteriza ya que puede trabajar a altas revoluciones.



Figura. 1.3. Compresor rotativo de tornillo

- Post-enfriador: Es el encargado de eliminar gran parte del agua que se encuentra naturalmente dentro del aire en forma de humedad.

- Tanque de almacenamiento: Almacena energía neumática y permite el asentamiento de partículas y humedad.
- Filtros de línea: Se encargan de purificar el aire hasta una calidad adecuada para el promedio de aplicaciones conectadas a la red.
- Aplicaciones con sus purgas, unidades de mantenimiento (Filtro, reguladores de presión y lubricador) y secadores adicionales.

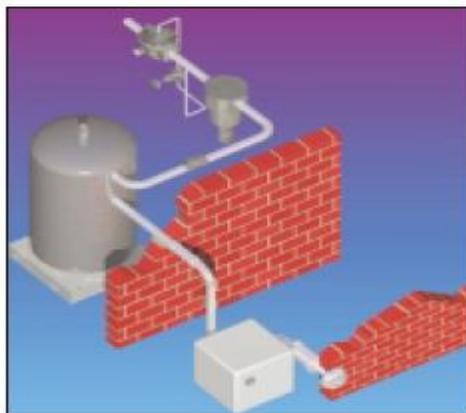


Figura. 1.4. Instalación típica de un compresor

Al utilizar el aire comprimido como una variable de trabajo se debe considerar las ventajas e inconvenientes de la aplicación como así también de la forma idónea de instalación de todos los dispositivos, un ejemplo de instalación es la figura 1.4.

1.4 Ventajas de aplicación del aire comprimido

Abundante: Está disponible para su compresión prácticamente en todo el mundo, en cantidades ilimitadas.

Transporte: El aire comprimido puede ser fácilmente transportado por tuberías, incluso a grandes distancias. No es necesario disponer tuberías de retorno.

Almacenable: No es preciso que un compresor permanezca continuamente en servicio. El aire comprimido puede almacenarse en depósitos y tomarse de éstos.

Temperatura: El aire comprimido es insensible a las variaciones de temperatura, garantiza un trabajo seguro incluso a temperaturas extremas.

Anti deflagrante: No existe ningún riesgo de explosión ni incendio; por lo tanto, no es necesario disponer instalaciones anti deflagrantes, que son caras.

Limpio: El aire comprimido es limpio y, en caso de faltas de estanqueidad en elementos, no produce ningún ensuciamiento. Esto es muy importante por ejemplo, en las industrias alimenticias, de la madera, textiles y del cuero.

Constitución de los elementos: La concepción de los elementos de trabajo es simple, por tanto, precio económico.

Velocidad: Es un medio de trabajo muy rápido y, por eso, permite obtener velocidades de trabajo muy elevadas.

1.5 Desventajas de aplicación del aire comprimido

Preparación: El aire comprimido debe ser preparado, antes de su utilización. Es preciso eliminar impurezas y humedad (al objeto de evitar un desgaste prematuro de los componentes).

Compresible: Con aire comprimido no es posible obtener para los émbolos velocidades uniformes y constantes.

Fuerza: El aire comprimido es económico sólo hasta cierta fuerza. Condicionado por la presión de servicio normalmente usual de 700 kPa (7 bar), el límite, también en función de la carrera y la velocidad, es de 20.000 a 30.000 N (2000 a 3000 kp).

Escape: El escape de aire produce ruido.

Costos: El aire comprimido es una fuente de energía relativamente cara para una fuerza mayor a 30N., este elevado costo se compensa en su mayor parte por los elementos de precio económico y el buen rendimiento.

1.6 Transmisores convencionales

Los transmisores tienen la función de captar la señal mediante el elemento primario y transmitirla convirtiéndola en una señal estándar a una cierta distancia.

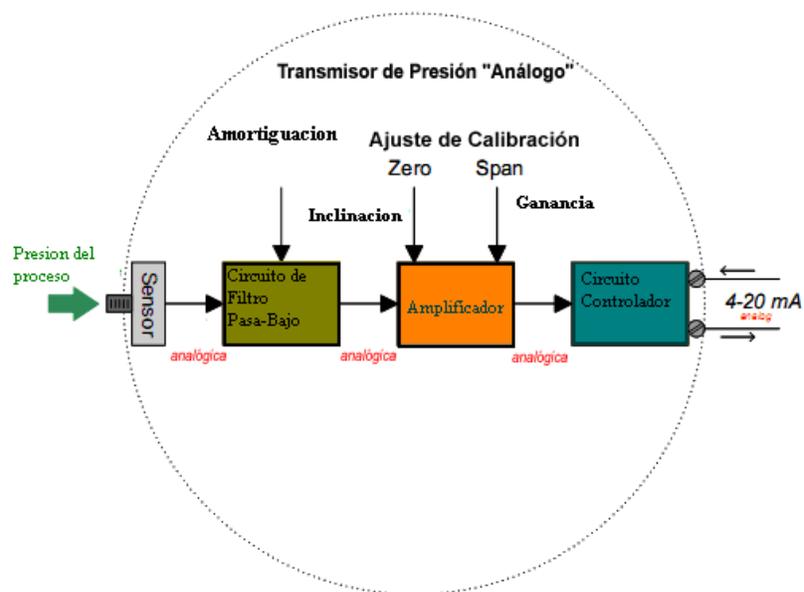


Figura. 1.5. Transmisor de presión analógico

Se debe tener en cuenta que los transmisores convencionales son todos aquellos que no tienen incorporadas funciones adicionales como los transmisores Smart que cuentan con funciones como las de comunicabilidad, compensación de no linealidad, etc.

La señal estándar para la transmisión eléctrica de variables de proceso es el lazo de corriente de 4 a 20 mA., tal como lo establece la norma ANSI/ISA S50.1.³

Las características principales del lazo de corriente de 4 a 20 mA., son las siguientes:

- Capacidad de transmitir la señal a distancias de hasta 1 km o más, dependiendo de la impedancia del cable.
- La existencia de un cero "vivo" (4 mA.), permite la posibilidad de detección de corte del lazo.
- La transmisión en corriente directa (CD) que permite filtrar más fácilmente las perturbaciones.

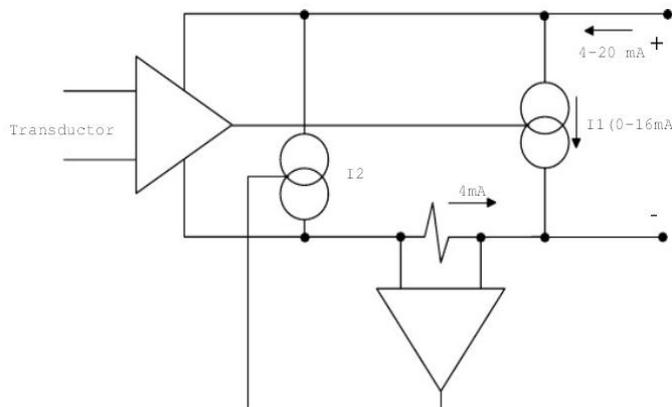


Figura. 1.6. Transmisor analógico de dos hilos

³ANSI/ISA S50.1 Normas IS A relacionados con la automatización de fábricas, plantas de energía, la tecnología informática, telemetría, comunicaciones y medición de prueba

1.6.1 Los instrumentos de tiempo real

Los instrumentos analógicos trabajan en tiempo real. Los instrumentos digitales se considera que trabajan en tiempo real si *sean time*⁴ es mucho menor que las constantes de retardo del proceso controlado. El instrumento digital tiene tiempos muertos introducidos por el ADC y por el tiempo de ejecución del programa del microprocesador.

La transmisión digital agrega más tiempo muerto, por ser comunicación serial, y de acuerdo a la eficiencia del protocolo entre el transmisor y receptor. En la siguiente tabla se muestra una comparación de tiempos muertos en lazos con distintos tipos de transmisores:

Tabla 1.1 Tiempos Muertos de Transmisores

Lazo	A	B	C
Tipo de transmisor	Análogo	Smart (Rosemount)	Digital (fieldbus)
Razón de actualización (Actualizaciones/s)		5,5	2,7
Tiempo muerto del transmisor (ms)	20	400	700
Tiempo muerto del controlador (ms)	250	250	250
Otros tiempos muertos (ms)	480	480	480
Tiempo muerto total (ms)	750	1130	1680

⁴ Sean time: tiempo de barrido

En la tabla 1.2 se realiza una comparación entre un transmisor analógico o convencional y un transmisor inteligente o Smart.

Tabla 1.2 Comparación de un Transmisor de presión Análogo y uno Smart⁵

Característica	Análogo	Smart
Rango:	0-5/30 0-25/150 0-125/750	0-.83/25 "H ₂ O 0-8,3/250 0-33,3/1000
Exactitud: Linealidad: Histéresis	±0,2 % span ±0,1 % span ±0,5 % span	±0,1 % span, incluye histéresis, linealidad y repetibilidad
Estabilidad:	±0,2 % URL - 6 meses	±0,1 % URL-12 meses

1.6.2 Algunas ventajas de los transmisores analógicos o convencionales

- Trabajan en tiempo real.
- En los instrumentos digitales se toman muestras en el orden de 2 a 20 muestra/s (sean time: 50 ms a 500 ms).

Por lo tanto, en procesos muy rápidos no se pueden utilizar instrumentos digitales, se deben usar analógicos.

⁵ Instrumentación industrial Escrito por Antonio Creus Solé

1.6.3 Desventajas de los Transmisores analógicos o convencionales

- Necesita re-calibración para cambiar el rango de medición, y es necesario experiencia.
- Se necesita retirar el instrumento de la línea para calibrar.
- Los componentes, como los potenciómetros, experimentan *drift*⁶.
- La Idealización es fija para un solo tipo de sensor.

1.7 Controladores lógicos programables (PLC) Características y arquitectura

El término PLC de amplia difusión en el medio significa, controlador lógico programable.

También se lo puede definir como un sistema industrial de control automático que trabaja bajo una secuencia almacenada en memoria, de instrucciones lógicas.

Es un sistema que contiene todo lo necesario para operar en la industrial ya que posee características como la robustez, necesaria para operar en los ambientes hostiles encontrados en la industria.

⁶Drift: Deriva, flujo

1.7.1 Selección de un PLC

Para realizar una adecuada selección del PLC se debe tener en cuenta ciertos criterios ya que de esta forma se podrá optimizar el uso del autómatas, estos son:

- Número de Entrada/Salidas que se vayan a controlar.
- Capacidad de la memoria de programa.
- Potencia de las instrucciones.
- Posibilidad de conexión de periféricos, módulos especiales y comunicaciones.

1.7.2 ESTRUCTURA DEL PLC

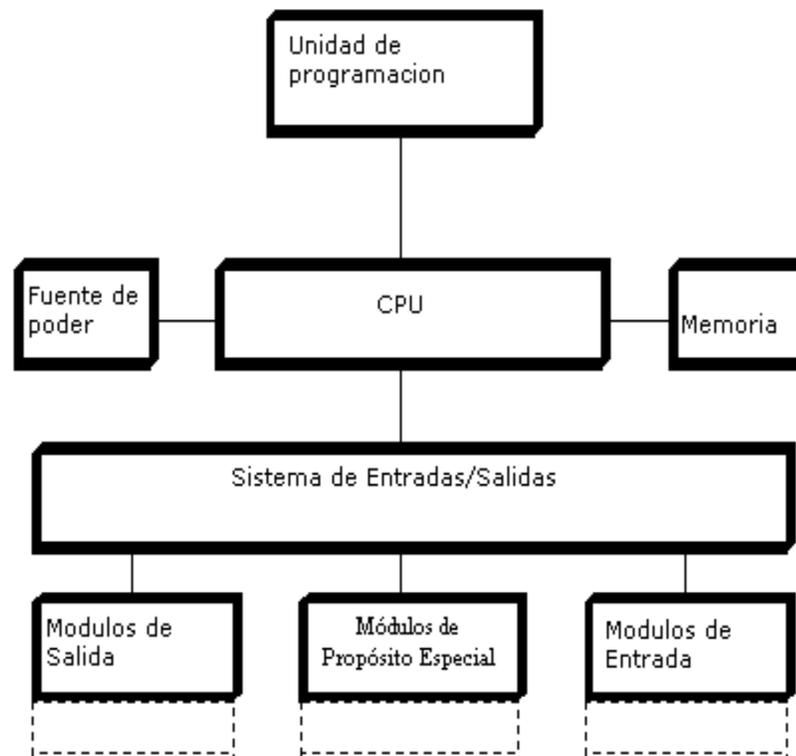


Figura. 1.7. Estructura del PLC

Fuente de Alimentación

La función de la fuente de alimentación en un controlador, es suministrar la energía a la CPU y demás tarjetas según la configuración del PLC.

Usualmente los suministros de voltaje de los PLC, requieren fuentes de poder AC; sin embargo, algunos PLC aceptan entradas de fuentes DC, estos son muy solicitados para aplicaciones en las operaciones de las plataformas de operación que están mar adentro donde comúnmente se usan las fuentes DC.

Los requerimientos más comunes son las fuentes de 120 VAC o 220 VAC, mientras algunos pocos controladores aceptan 24 VDC.

En vista de que es una experiencia común encontrar en las industrias fluctuaciones en las líneas de voltaje y en la frecuencia, una especificación importante para la fuente de poder de un PLC es la de tolerar ciertas condiciones de variación en la línea que está entre un 10% y un 15%.

Cuando la línea de voltaje excede estos límites ya sea por arriba o por debajo durante un tiempo específico (usualmente de 1 a 3 ciclos), muchas fuentes de poder están diseñadas para emitir un comando de parada (Shutdown) al procesador.

El sistema de suministro de poder provee la tensión DC para el circuito lógico del CPU y los circuitos de entrada / salida (E/S). Cada fuente de poder tiene una máxima cantidad de corriente que puede proveer a un nivel de voltaje dado (por ejemplo 10 A a 5 V).

La cantidad de corriente que puede dar una fuente de poder no siempre es la suficiente para suplir combinaciones particulares de los módulos de E/S. En los casos de condiciones de corriente baja habría un resultado impredecible en el sistema de E/S. Estos efectos deben ser considerados cuidadosamente al momento de hacer las combinaciones de los módulos de E/S en el diseño del PLC, tomando en cuenta cuales son los requerimientos de corriente y voltaje del sistema de entradas y salidas E/S. Las especificaciones típicas de los requerimientos de voltaje y corriente de los módulos de E/S, deben ser suministrados por el fabricante de los mismos.

Unidad de procesamiento central (C.P.U)

Es la parte más compleja e imprescindible del controlador programable, que en otros términos podría considerarse el cerebro del controlador. Diseñada a base de microprocesadores y memorias.

Otro factor que debe ser considerado al elegir un PLC es el tiempo que este requiere para hacer el recorrido por todo el programa, este proceso es llamado *Scan*⁷.

- *Ciclo de scan (scan time)*

⁷ Scan: Escanear

El ciclo de barrido o SCAN es uno de los parámetros más importantes en un PLC y es una de sus características que lo diferencian de la RTUs.

Para un PLC el tiempo de scan depende de:

- a) El número de entradas/salidas utilizadas.
- b) La longitud del programa de usuario.
- c) El número y tipo de periféricos conectados al PLC.

Durante un SCAN el PLC ejecuta las siguientes acciones:

1. Lectura de las Señales de Entradas

En este paso el CPU obtiene las entradas que están presentes en ese instante.

2. Ejecución de Instrucciones Lógicas

Paso en cual el CPU ejecuta las instrucciones contenidas en la lógica del diagrama escalera (RLL, Relay Logic Ladder), en diagrama de bloques lógicos o en secuencias de instrucciones.

3. Escritura de las señales de salida a los módulos de salida específicos.

4. Servicio de Periféricos, Diagnóstico y Comunicación.

El CPU se comunica con sus periféricos para chequeo de errores para la comunicación. Verifica el estado del procesador en cuanto a: Memoria, Procesador, Batería y Fuente de Poder.

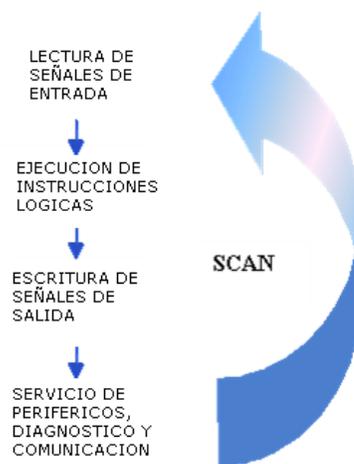


Figura. 1.8. Ciclo de servicio de un PLC

Memoria

La memoria es el lugar en donde se almacena el programa principal y todos los datos inherentes a la lógica de control. La memoria varía de acuerdo a su tipo y a su capacidad.

- Según su tipo: ROM (Read Only Memory), RAM (Random Access Memory), PROM (Programmable Read Only Memory), EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory).

- Según su capacidad: la memoria de los controladores programables pueden ser vistas como un conjunto de celdas que almacenan unidades de información, de acuerdo al sistema binario “1” o “0”. La capacidad de la memoria es un elemento vital cuando se está considerando la aplicación del PLC. Se debe especificar la cantidad justa de memoria que respalde el hardware y al mismo reservar capacidad para requerimientos futuros. La cantidad de memoria de aplicación se especifica en términos de K unidades, donde cada K representa 1024 palabras (words) de localizaciones, 2K es 2048 localizaciones, 4K es 4096, y así sucesivamente.

La memoria interna de un PLC es la que almacena el estado de las variables que maneja el autómatas: entradas, salidas, contadores, temporizadores, etc.

Esta memoria interna está caracterizada por el número de bits que utiliza.

Módulos o interfaces de entrada y salidas (E/S)

Los módulos de E/S son los que proporcionan el vínculo entre la CPU del controlador y los dispositivos del campo de sistema.

A través de ellos se originan el intercambio de información.

La característica principal que hace extremadamente atractivo a un PLC y que lo diferencia de un computador, es su sistema de entradas y salidas (E/S) compuesto en la mayoría de los casos por módulos diseñados especialmente para proveer la conexión física, entre el mundo exterior (Equipos de Campo) y la unidad de procesamiento.

Esta es la conexión real entre el CPU y del PLC y los dispositivos de campo.

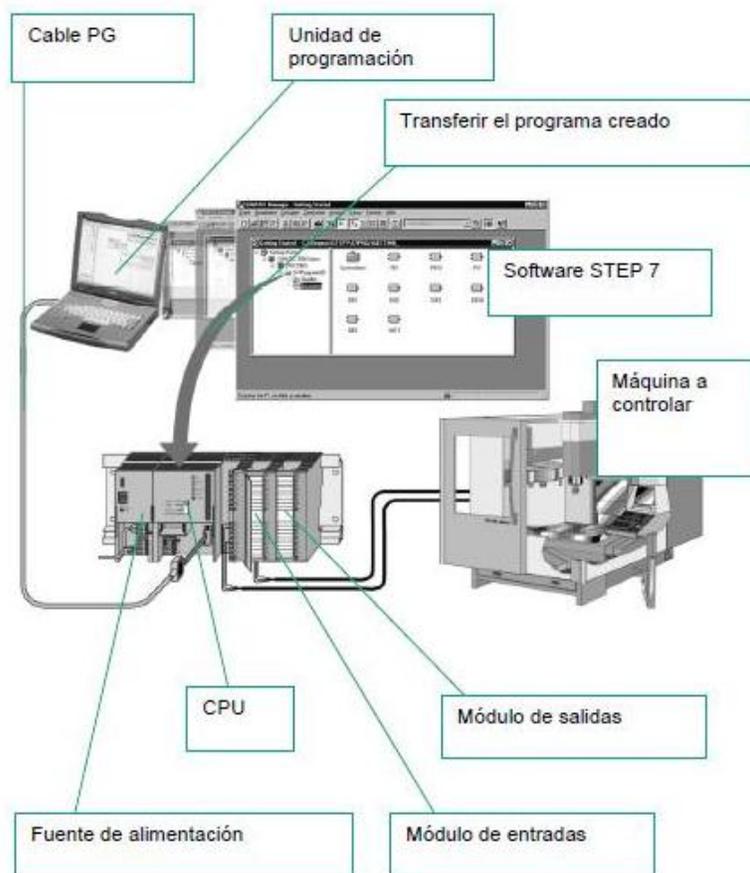


Figura. 1.9. Sistema para el inicio de la programación con Step 7

Resumiendo establecen la comunicación con la planta, permiten ingresar la información proveniente de los sensores, interruptores, etc. (entradas), y enviar la información a motores, electroválvulas, accionamientos en general.

Para ello las interfaces deben filtrar adaptar y codificar las señales de una manera adecuada.

Las señales se pueden clasificar según diferentes características como:

- Por tipo:
 - Analógicas
 - Digitales

- Por la tensión de alimentación
 - Corriente continua (24–110)V.
 - Corriente continua o colector abierto (PNP-NPN)
 - Corriente alterna (60-110-220)V.
 - Salidas por relé (libre tensión)

- Por el aislamiento
 - Con separación galvánica (ejemplo opto acopladas)
 - Acoplamiento directo

Existen PLC más sencillos en donde encontramos una gama más limitada de opciones

- Entradas

Corriente continua 24 o 48 V.

Corriente alterna 110 o 220 V.

Analógicas de 0-10Vcc. O 4-20 mA.

- Salidas

Por relé

Estáticas por triac de 220 Vca. Máximo.

Analógicas de 0-10 Vcc. o 4-20 mA.

Los antiguos predecesores a diferencia de los PLC de hoy, estaban limitados a interfaces de entradas/ salidas discretas, lo cual permitía conectar dispositivos del tipo ON/OFF. Esta limitación permitía al PLC solo un control parcial de muchos procesos.

Estos procesos requerían aplicaciones de medidas analógicas y manipulación de valores numéricos para el control de dispositivos analógicos y de instrumentación. Los controladores de hoy, sin embargo, tienen un rango completo y variedad de interfaces analógicas y discretas que les permiten a ellos ser aplicados prácticamente en cualquier tipo de control.

Módulos de memorias

Son dispositivos destinados a guardar información de manera provisional o de manera permanente

Se cuenta con dos tipos de memorias:

Volátiles (**RAM**)

No volátiles (**EPROM y EEPROM**)

Unidad de programación

Son el medio de comunicación entre el hombre y la máquina, estos aparatos están constituidos por teclados y dispositivos de visualización.

Existen tres tipos de programadores; los manuales (**Hand Held**) tipo de calculadora, consola de programación y la (**computadora**) tipo PC.

Ventajas

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos.
- No es necesario dibujar el esquema de contactos.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado y añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra de la instalación.
- Posibilidad de gobernar varias maquinas con un mismo autómata

1.8 Módulos de expansión.

Los módulos de expansión como se mira en la figura 1.9 permiten ampliar el número de entradas y salidas que posee el PLC, cuando la capacidad de éste no cumple con los requerimientos de una aplicación de automatización.



Figura. 1.9. Módulo de expansión siemens

Algunas de las características técnicas de los módulos de expansión son:

- Entradas y salidas digitales.
- Entradas y salidas análogas tipo 4 a 20 miliamperios.
- Entradas y salidas análogas tipo 0-10 voltios.
- Expansión de memoria.
- Conexión a redes de datos industriales (buses de campo).

Cuando el PLC se encuentra conformando un conjunto con los módulos de expansión recibe el nombre de Unidad Principal.

1.9 Pantallas Touch Screen HMI.

Una **pantalla táctil** es una pantalla a la cual mediante el contacto directo como se mira en la figura 1.10, o ya sea con el dedo, lápiz óptico u otros dispositivos semejantes sobre una membrana de vidrio con transductores emisores y receptores que están ubicados en los bordes frontales de la pantalla, se puede ingresar datos, seguir ordenes ver información, etc.



Figura. 1.10. Pantalla Táctil

Este funciona tanto como un dispositivo de entrada de datos o como un periférico de salida en la cual se puede observar los resultados a alguna información previa ingresada.

Los monitores touch screen se fabrican basados en 4 tipos de tecnologías principales.

1.9.1 Tecnologías para las Pantallas Táctiles

La tecnología Resistiva

Se basa en una membrana de poliéster que se coloca al frente del monitor o pantalla LCD. Contiene 5 hilos de material conductor entrecruzados, que detectan un cambio de resistencia cuando se les aplica presión con un objeto. Los hilos corren horizontal y verticalmente en la membrana para poder determinar el punto exacto de la presión. Es la tecnología más económica y utilizada en monitores touch screen. Detecta todo tipo de objetos que se acerquen a la pantalla, inclusive el presionar con guantes. Además resiste derrames de líquidos. Tiene la desventaja que usando un objeto punzo-cortante se puede dañar la membrana y se tendrá que substituir. Se recomienda usar estos monitores en ambientes controlados donde las personas sepan los posibles daños que se pueden causar. Normalmente, la vida útil es de aproximadamente 35 millones de toques en un solo lugar que corresponde a 5 años.



Figura. 1.11. Pantalla táctil resistiva

La tecnología capacitiva

Esta tecnología consiste en cubrir una pantalla con un material, habitualmente óxido de indio y estaño que conduce una corriente eléctrica continua a través del sensor. El sensor por tanto muestra un campo de electrones controlado con precisión tanto en el eje vertical como en el eje horizontal, es decir, adquiere capacitancia. El equipo detecta los objetos que hacen cambiar la capacitancia del sensor, y detecta la ubicación que se ha tocado. Con esta tecnología el sistema responde aún sin tocar la pantalla y esto pasa ya que el cuerpo humano también se puede considerar un dispositivo eléctrico en cuyo interior hay electrones, por lo que también dispone de capacitancia la cual hace variar la capacitancia normal del sensor. A diferencia de la tecnología resistiva estos monitores no detectan la presión realizada con guantes, objetos de plástico, y aislantes entre otros.

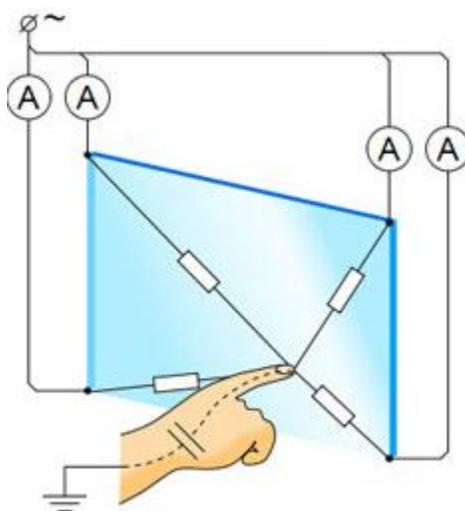


Figura. 1.12. Pantalla táctil capacitiva

La tecnología Infrarroja

Las pantallas táctiles por infrarrojos consisten en una matriz de sensores y emisores infrarrojos horizontales y verticales. En cada eje los receptores están en el lado opuesto a los emisores de forma que al tocar con un objeto la pantalla se interrumpe un haz infrarrojo vertical y otro horizontal, permitiendo de esta forma localizar la posición exacta en que se realizó el contacto. Este tipo de pantallas son muy resistentes por lo que son utilizadas en muchas de las aplicaciones militares que exigen una pantalla táctil.

La tecnología de Onda Acústica

Estas pantallas poseen sensores alrededor del monitor, a todo lo largo y ancho. Existe un transmisor y un receptor. Cuando un objeto interrumpe la señal, el equipo puede determinar las coordenadas donde se encuentra. Debido a que NO tiene ninguna membrana, resiste todo tipo de rasguños; es anti vandalismo. Es muy recomendado para aplicaciones donde el público en general tenga acceso. Su costo es mayor que los anteriores. Se usa en Bancos, Kioscos, Casinos. Tiene una vida útil aproximada de 50 millones de toques que corresponde a 10 años de uso.

Beneficios

Los beneficios de esta tecnología son grandes.

- Permite dirigir el flujo de la información tocando solamente una pantalla, esto hace que el sistema sea más intuitivo sin ningún dispositivo adicional.
- Lo que la gente quiere es lo que toca, de varias opciones es posible que simplemente tocando se obtiene lo que se quiere.
- Se puede poner imágenes en vez de texto. Muy útil para restaurantes, comida rápida.
- La idea es la misma no importando el idioma. El sistema determina lo que el cliente quiere, calcula el costo y dirige al usuario al siguiente paso. Esto es muy útil para lugares donde se hablen varios idiomas.

1.9.2 Ventajas de la touch screen

- Fácil interacción con el usuario.
- Gran resolución.
- Sellados contra el polvo.
- Fácil integración con aplicaciones existentes.

- Integrados con monitores LCD planos que no se calientan y dimensiones atractivas.

1.9.3 Desventajas de la touch screen

- Se ensucian por lo que requieren mantenimiento y limpieza.
- Destinado a interiores ya que en lugares con mucha luz es difícil ver la información.
- Dependen de la integridad del sistema que los controle. Si el software o la computadora fallan el sistema se inutiliza completamente.
- Difícil tener varias aplicaciones operando al mismo tiempo en un sistema.
- Uso rudo - Las membranas táctiles se dañan bajo el uso rudo. Para estos ambientes existen tecnologías capacitivas.

1.9.4 Aplicaciones

- Restaurantes y comida rápida.
- Autoservicio: selección del menú, bebidas, condimentos.
- Exámenes: manejo, escuelas y universidades.
- Kioscos: informativos, lugares de interés.

- Compra de boletos (autobuses, cines, teatro, eventos deportivos,).
- Donde no se puedan poner dispositivos como teclados o mouse.
- Hoteles: estado de cuenta, actividades, sitios de interés.
- Centros de diversión y parques temáticos.
- Cajeros automáticos.
- Entretenimiento en sitios de espera: terminales aéreas, terminales autobús. Sentados en un avión, camión, barco.
- Videojuegos educativos.
- Máquinas de apuesta: Casinos, poker, blackjack
- Reservaciones: Clínicas de belleza.
- Supermercados: Revisar precios, publicidad en cajas.

Se debe tener en cuenta que la mayoría de pantallas táctiles cuentan con IP65 y NEMA 4 que permite que sean lavados por sus usuarios y estar protegidos contra sobrecargas eléctricas, pueden resistir el impacto físico, temperaturas extremas, manipulación y los escombros en el aire.

CAPÍTULO II

DISEÑO DEL CONTROL AUTOMÁTICO PARA EL MÓDULO DIDÁCTICO DE PRESIÓN

2.1 Especificación de requisitos del sistema

El sistema requiere de dispositivos, elementos e instrumentos para realizar el control automático de presión de aire. Específicamente son la fuente de aire que debe tener la capacidad de proporcionar la cantidad de aire necesaria para llenar los dos tanques de almacenamiento, en los cuales de cada uno se obtendrá 10 litros de aire, los cuales podrán ser controlados a partir de un controlador lógico programable PLC, el cual realiza 4 tipos de control que son P, PI, PD, PID. El tipo de control que se realice depende de la necesidad del sistema y de la selección que se haga en la Touch Screen en donde se puede definir el control a ser aplicado, monitorear el proceso, cambiar el valor del set point, aceptar alarmas, tener seguridades de acceso de usuarios, un registro de eventos y observar los históricos. Además de que la interface humano máquina HMI será intuitiva y amigable y así podrá ser utilizada con gran facilidad y accesibilidad por el usuario.

2.2 Diagrama de bloques y P&ID del sistema

2.2.1 Diagrama de bloques

En el diagrama de bloques de la figura 2.1 se realiza el control automático de la presión de aire.

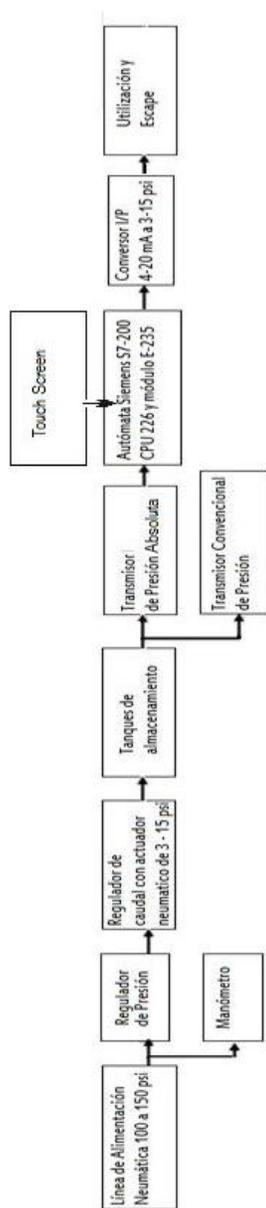


Figura 2.1 Diagrama de Bloques del Sistema

2.2.2 Diagrama P&ID

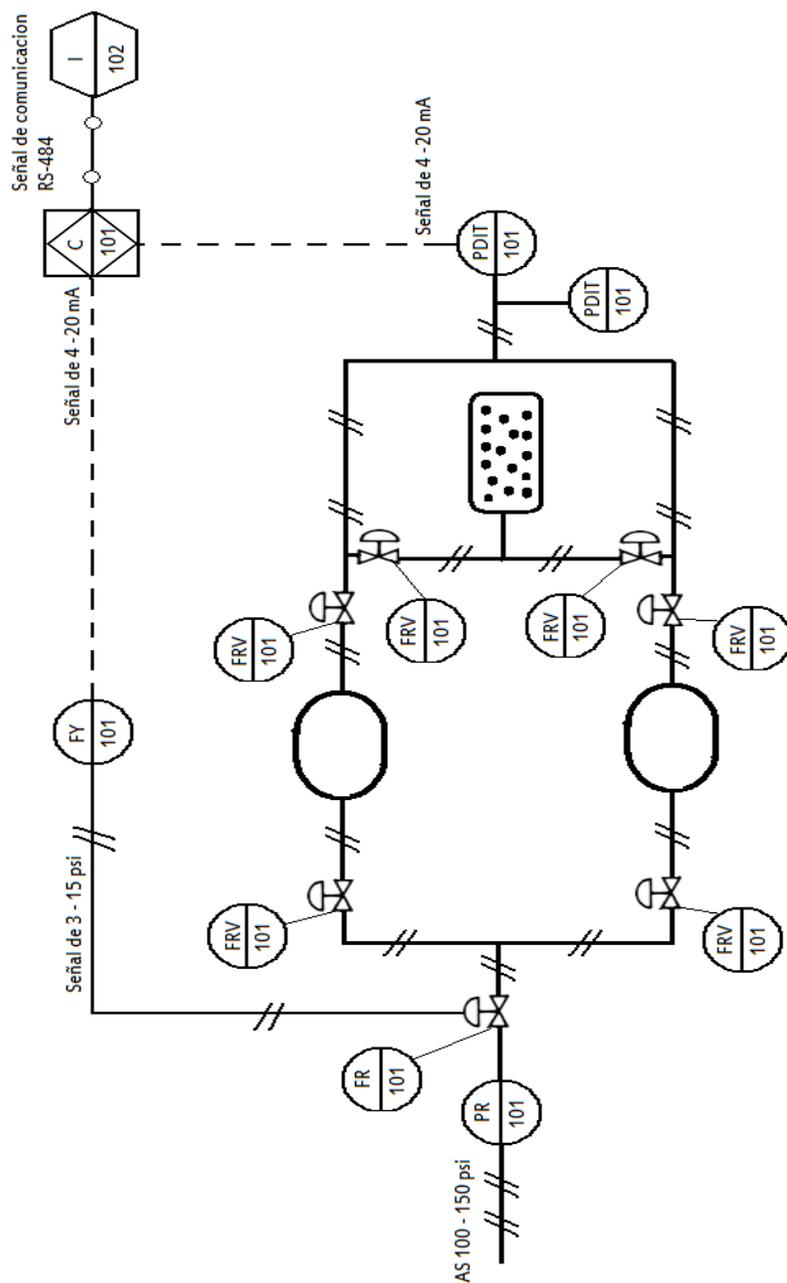


Figura. 2.2. Diagrama P&ID del sistema

El diagrama P&ID que se observa en la figura 2.2 se basa en el funcionamiento del sistema, en el cual se puede observar cómo están conectados los dispositivos, equipos e instrumentos para controlar el proceso. De esta manera se puede realizar las conexiones correctas para estos.

AS 0-150 PSI: Fuente de aire que proporciona una presión de 0 a 150 PSI.

PR101: Regulador de presión asociado al lazo de control 101, ubicado en tablero con el cual se podrá ir regulando la entrada de aire que proviene de la fuente (compresor).

FR101: Regulador de caudal asociado al lazo de control 101, ubicado en tablero.

FRV101: Válvula reguladora de caudal asociado al lazo de control 101, ubicado en tablero.

PIT101: Transmisor indicador de presión Foxboro IAP 20 asociado al lazo control 101, ubicado en tablero.

PLC101: Controlador lógico programable siemens S7-200 CPU 226, asociado al lazo de control 101.

 Señal neumática de 3-15 PSI

- - - Señal eléctrica de 4-20mA.

2.2.3 Diagrama de flujo

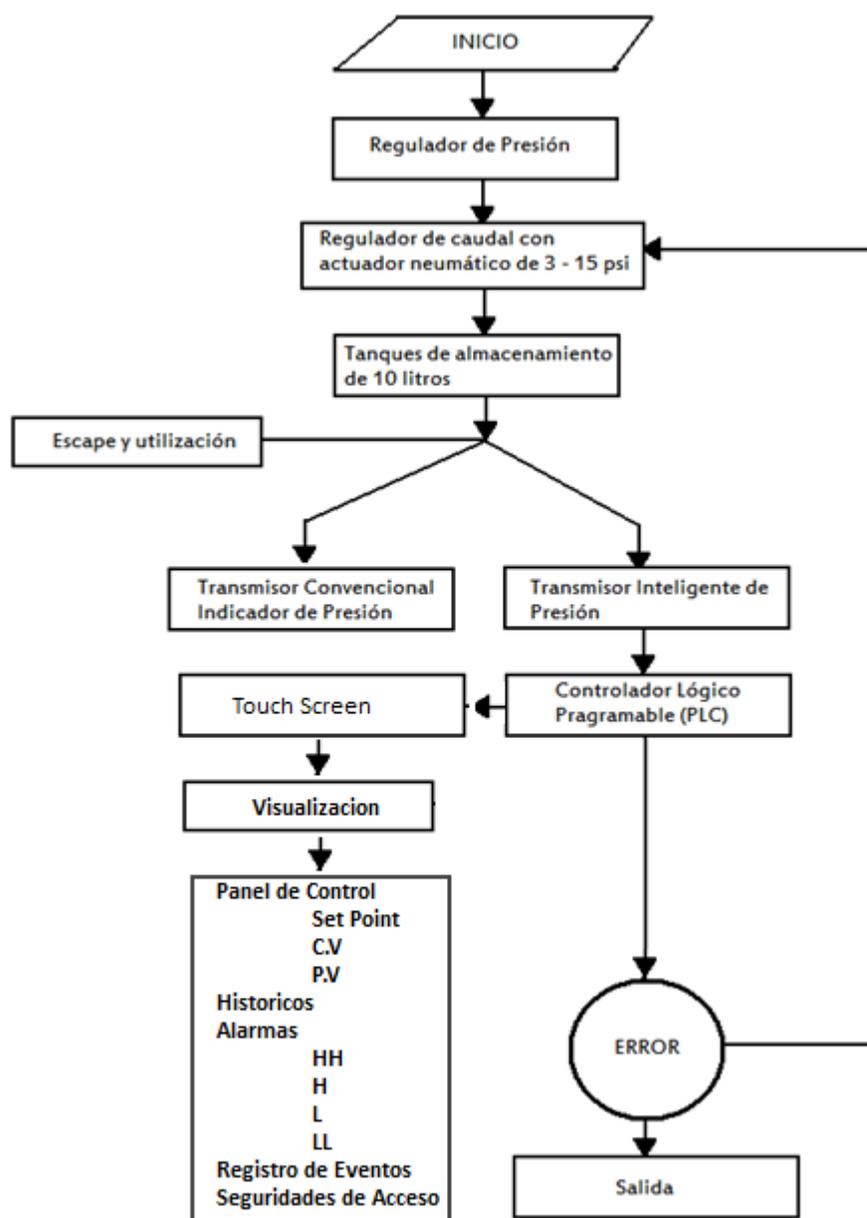


Figura. 2.3. Diagrama de flujo del sistema

2.3 Desarrollo de HMI para sintonización y registro del sistema

Introducción

HMI (human machine interface) es la interface entre el humano y la máquina que le permite al operador o supervisor mantener una visualización o supervisión de una máquina o proceso para determinar el estado encendido/apagado o magnitud de un dispositivos o variables físicas que estén siendo manipuladas por una planta o proceso industrial.

Una de sus características más importantes radican en que puede ser tan simple como una lámpara encendiéndose y apagándose indicando el estado de una máquina, hasta una o varias pantallas desarrolladas en una computadora que llegan a mostrar en el monitor representaciones esquemáticas de todo el proceso que está siendo supervisado incluyendo valores reales de las variables físicas que se encuentran presentes en dicho proceso.

Requerimientos visuales en un HMI

Los HMI deben ser lo más intuitivos y amigables posibles, es decir la interface humano máquina debe mostrar ni más ni menos de la información y datos necesarios referentes al sistema.

Para lo cual se debe mostrar el valor de presión medida por el transmisor en los tanques de almacenamiento el valor entregado por el controlador en este caso el PLC, que será conocido como control value y el valor dispuesto como valor de consigna o set point, además de los valores de las alarmas para lo cual se expondrá una tabla administradora de alarmas, los

registros de usuarios, las tendencias de la variable física y su data logger o registro de eventos del proceso.

Sintonización del proceso

La sintonización de un control proporcional integral derivativo PID puede llegar a ser un proceso bastante tedioso e incluso molesto si no se lo hace de la manera y aplicando las técnicas correctas de sintonización y esto simplemente consiste en el ajuste de los parámetros K_p , T_i y T_d del controlador.

Para poder realizar la sintonización de los controladores, primero debe identificarse la dinámica del proceso es decir que tan rápido varía en función del tiempo, y a partir de ésta, determinar los parámetros del controlador utilizando el método de sintonización seleccionado.

Métodos de sintonización

El desarrollo de los métodos de sintonización ha sido extenso desde que Ziegler y Nichols propusieron su procedimiento en 1942. Normalmente, se dividen en métodos de lazo abierto y métodos de lazo cerrado.

a. Métodos de lazo cerrado

El controlador opera automáticamente produciendo un cambio en el valor deseado se obtiene información del comportamiento dinámico del sistema para identificar un modelo de orden reducido para el proceso, o de las características de la oscilación sostenida del mismo, para utilizarla en el cálculo de los parámetros del controlador. Se restringirá la presentación de los métodos de sintonización y de los resultados de la comparación, a aquellos desarrollados para los controladores PID que operan como reguladores y utilizan un modelo del proceso. En particular, se hace referencia a los métodos de la tabla 2.1 los cuales son los más empleados:

- Ziegler y Nichols

- Cohen y Coon

Tabla 2.1. Criterios de sintonización

CONTROL	CRITERIO	
	Ziegler y Nichols	Cohen y Coon
P	$K_P = \frac{\delta_p \cdot T}{\delta_{cp} \cdot t_D}$	$K_P = \frac{\delta p}{\delta cp} \left(\frac{T}{t_D} + \frac{1}{3} \right)$
P.I.	$K_P = 0,9 \frac{\delta_p \cdot T}{\delta_{cp} \cdot T_D}$ $T_I = 3,33t_D$	$K_P = \frac{\delta p}{\delta cp} \left(0,3 \frac{T}{t_D} + \frac{1}{12} \right)$ $T_I = \left(\frac{30T + 3t_D}{9T + 20t_D} \right) t_D$
P.I.D.	$K_P = 1,2 \frac{\delta p * T}{\delta cp * t_D}$ $T_I = 2t_D$ $K_D = 0,5t_D$	$K_P = \frac{\delta p}{\delta cp} \left(1,33 \frac{T}{t_D} + \frac{1}{4} \right)$ $T_I = \left(\frac{32T + 6t_D}{13T + 8t_D} \right) t_D$ $K_D = \left(\frac{4T}{11T + 2t_D} \right) t_D$

Registro del sistema

El registro o data logging de la o las variables de algún proceso es un parámetro muy importante que no debe ser tomado a la ligera ya que es muy útil para obtener información de

eventos ocurridos en fechas pasadas. Nos sirve para realizar reparaciones, mantenimiento o tareas de corrección de errores su función principal es la de almacenar el recorrido que tiene la tendencia dentro del proceso.

El registro de la variable del proceso se almacenará dentro de la memoria EEPROM y de esta manera se podrá visualizar en la pantalla táctil los eventos ocurridos dependiendo de las especificaciones requeridas por el operario siendo éstas fecha y hora. La visualización que nos entregara será una gráfica de magnitud versus tiempo.

2.4 Programación de la Touch Screen

Touch Screen Red lion G306A

Una pantalla táctil es una pantalla que mediante un toque directo sobre su superficie permite la entrada de datos y órdenes al dispositivo. A su vez, actúa como periférico de salida, mostrando los resultados introducidos previamente. Este contacto también se puede realizar con lápiz u otras herramientas similares. Actualmente hay pantallas táctiles que pueden instalarse sobre una pantalla normal. Así pues, la pantalla táctil puede actuar como periférico de entrada y periférico de salida de datos.

Características técnicas de Touch Screen Redlion G306A

- LCD 5.7-pulgadas de 256 Colores QVGA 320 X 240 pixeles (G306A)
- Tercera Generación de HMI de Red Lion
- Configuración usando software Crimson 2.0
- Teclado numérico de 5-botones paramenús en pantalla

- Tres indicadores LED en el panel frontal
- Pantalla Táctil
- Hasta 5 puertos seriales RS-232/422/485
- Puerto Ethernet 10-Base-T/100-Base-TX
- Acceso Web Remoto y facilidad de control
- Puerto USB para descarga de configuración
- La configuración y el Firmware son almacenados en la memoria FLASH no volátil de 8MB(G306A)
- Ranura Compact Flash para registro de datos
- UL para utilizarse en lugares peligrosos.
- Puede instalarse en lugares peligrosos en donde exista vapor, gases siendo estos peligrosos
- Panel frontal NEMA 4X / IP66
- Operación a 24V DC

Software de programación Crimson 2.0

Crimson 2.0 es un software de programación gráfico orientado al diseño e implementación de HMIs en la touch screen (pantalla táctil) RedLion es muy fácil de utilizar ya que su entorno es muy amigable con muchas facilidades en cuanto a la utilización de tags y comunicaciones.

Crimson 2.0 está diseñado para funcionar con todas las versiones de Microsoft Windows desde Windows 95 hasta las nuevas versiones. Si se desea aprovechar el puerto USB suministrado por el módulo principal, tendrá que ser utilizado con versiones a partir de Windows 98. Si se va a utilizar el puerto USB de forma remota y acceso a la tarjeta CompactFlash de la touch screen, es recomendable que se utilice Windows 2000 o Windows XP.

Requerimientos del sistema para ejecutar Crimson 2.0

Crimson 2.0 está diseñado para ejecutarse en ordenadores con las siguientes especificaciones:

- Un procesador Pentium como lo requiere el sistema operativo elegido.
- RAM y espacio libre en disco como lo requiere el sistema operativo elegido.
- 50 MB adicionales de espacio en disco para la instalación de software.
- Una pantalla de al menos 800 por 600 píxeles, con 256 o más colores.
- Un puerto RS-232 o puerto USB para descargar.

2.5 Comunicación entre Touch Screen y PLC

2.5.1 Entorno Crimson 2.0

Cuando ya se accede al software Crimson 2.0 aparecerá la pantalla principal figura 2.4, para poder realizar la programación, en ella se puede observar un menú con distintas opciones.

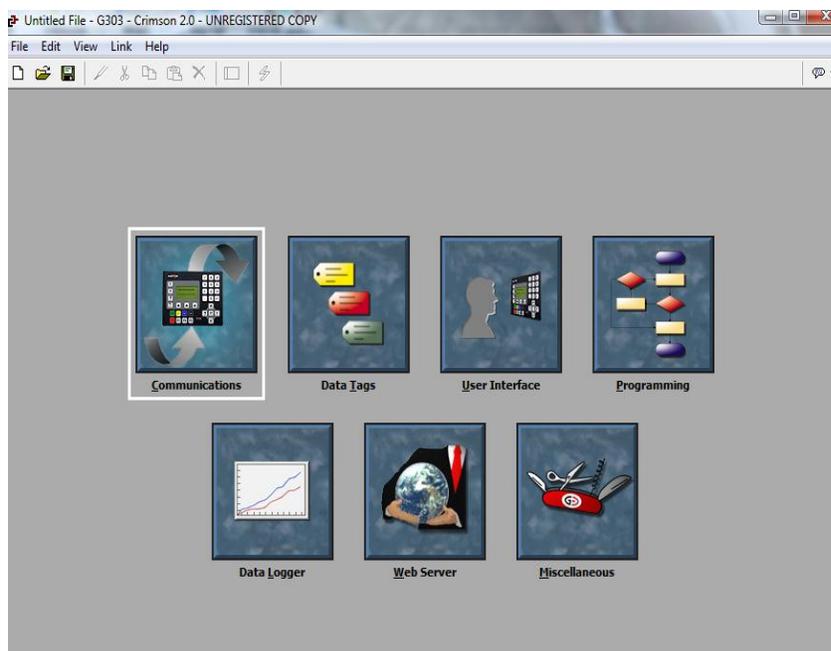


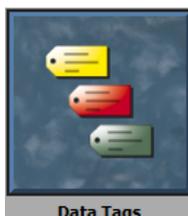
Figura. 2.4. Menú principal de Crimson 2.0

COMMUNICATION: Esta opción se utiliza para especificar los protocolos que se van a utilizar en los puertos serie, además de el puerto Ethernet de la Touch Screen.



En este icono también se define si el dispositivo será maestro o esclavo y si los datos serán de lectura o escritura. Se podrá mover los datos entre un dispositivo remoto y otro dispositivo cualquiera mediante los protocolos que Crimson ofrece.

DATA TAG: Este icono se utiliza para definir el tipo de datos y así acceder a los dispositivos remotos, o también para definir el tipo de datos internos que almacenaran la información en el propio terminal. Cada etiqueta tiene una variedad de propiedades asociadas a ella. La propiedad más básica es el formato de datos,

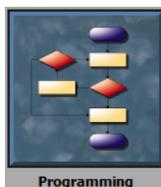


que se utiliza para especificar cómo los datos contenidos dentro de una etiqueta se muestra en la pantalla de la terminal, y en cosas tales como páginas web.

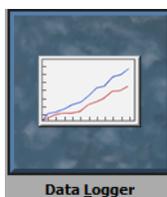
USER INTERFACE: Este icono se utiliza para crear y editar páginas de la pantalla, y que especifique qué acciones se deben tomar cuando las teclas del panel del operador se presionan, libera o se mantiene presionada. El editor de la página (User Interface) le permite visualizar varios elementos gráficos conocidos como primitivos. Estos varían de elementos simples, como rectángulos y líneas, a los elementos más complejos que pueden ser relacionados al valor de una variable o expresión particular.



PROGRAMMING: Este icono se utiliza para crear y editar programas utilizando la exclusiva C2 C-como el lenguaje de programación, siendo la sintaxis muy parecida a C++. Estos programas pueden realizar toma de decisiones complejas o las operaciones de manipulación de datos basados en los elementos de datos dentro del sistema. Que sirven para extender la funcionalidad de Crimson más allá de las funciones estándar incluidas en el software, lo que garantiza que las aplicaciones más complejas se pueden abordar con facilidad



DATA LOGGER: Se utiliza para crear y administrar los registros de datos, cada una de ellas puede registrar cualquier número de variables. Los datos pueden ser registrados tan pronto como sea una vez por segundo. Los valores registrados se almacenan en formato CSV (separados por comas variable) que pueden ser fácilmente importados en aplicaciones tales como Microsoft Excel.



WEB SERVER: Este icono se utiliza para configurar el servidor web de Crimson y para crear y editar páginas web. El servidor web es capaz de proporcionar acceso remoto a laG3 a través de una serie de mecanismos. En primer lugar, se puede utilizar Crimson para crear páginas web que contienen listas de etiquetas y cada una de estas con formato de acuerdo a sus propiedades. En segundo lugar, puede crear un sitio personalizado con un tercer editor HTML como MicrosoftFrontPage, a continuación,



incluir un texto especial para instruir a Crimson para insertar valores en vivo de etiquetas. Finalmente, se puede habilitar el acceso remoto único a la función de control, que permite a un navegador web ver la pantalla de la G3 y el control de su teclado. El servidor web también se puede utilizar para acceder a los archivos CSV (separados por comas variables) del registrador de datos.

SECURITY MANAGER: Este icono se utiliza para crear y gestionar los diferentes usuarios



del panel, así como los derechos de accesos concedidos a ellos. Se puede designar nombres reales, también permite registrar los datos que han sido cambiado y saber que datos fueron ingresados, así como también cuando fueron cambiados. Los derechos necesarios para poder modificar una

etiqueta en particular, o para acceder a una página, se establecen a través de las propiedades de seguridad de la partida individual

2.5.2 Comunicación entre la Touch Screen y el PLC

Para realizar la comunicación entre la Touch Screen Red Lion y el PLC Siemens S7-200 de CPU 226 se debe seguir los siguientes pasos:

- Se debe ingresar en la opción de COMMUNICATION
 1. Configurar el dispositivo con el cual se va a realizar la configuración.
 2. Elegir la marca del PLC que vamos a utilizar SIEMENS.
 3. Elegir el driver del PLC que es S7 vía PPI V2.0.
 4. Ok.

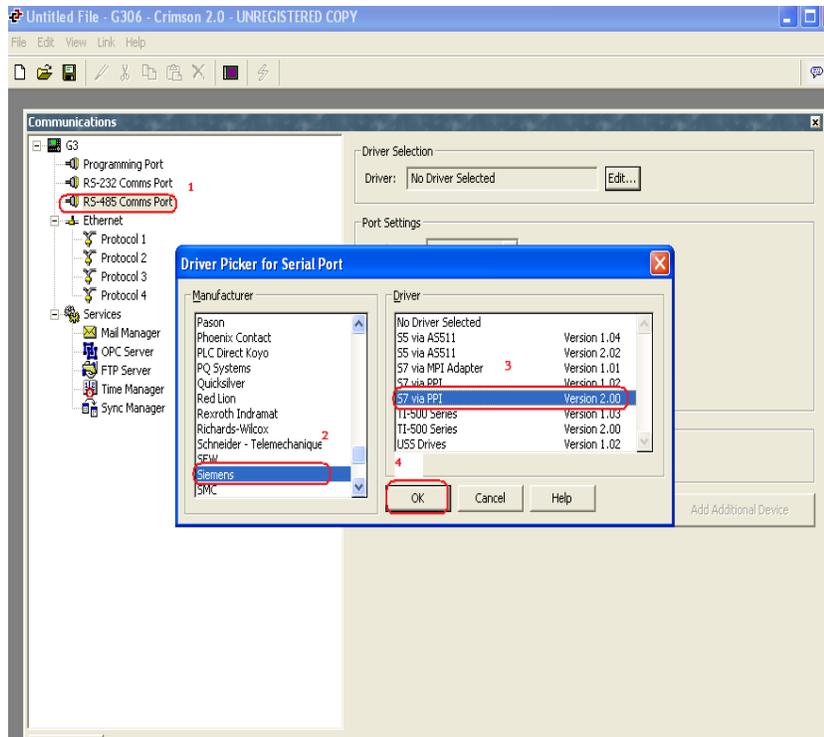


Figura 2.5. Creación de una nueva base de datos

- En la opción de COMMUNICATION

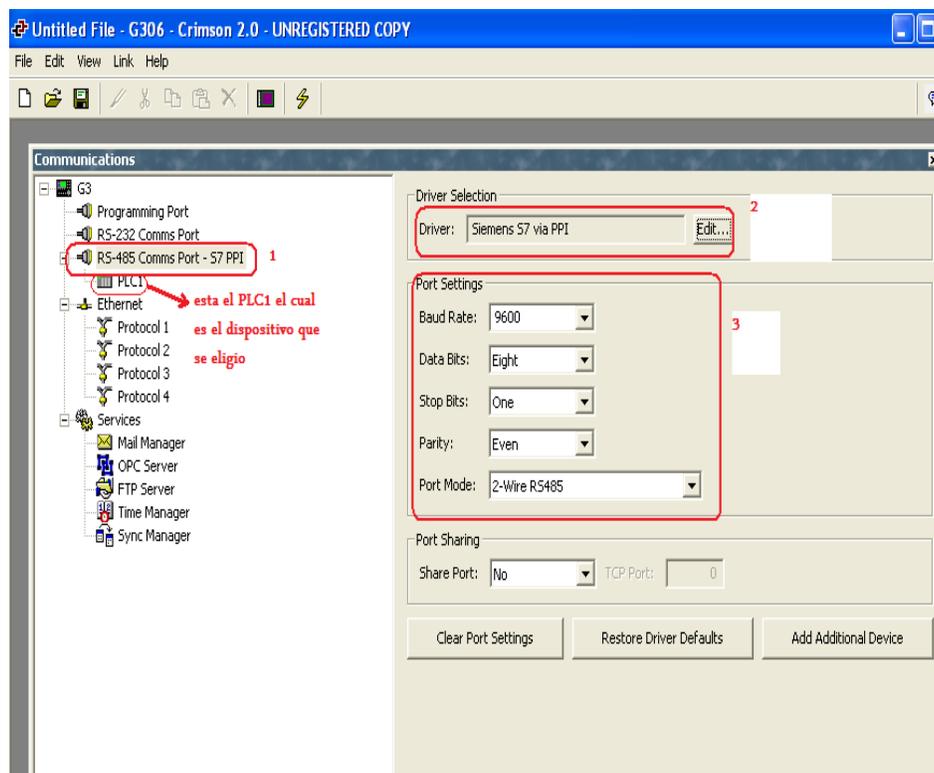


Figura 2.6. Configuración del puerto

1. Cerciorarse que ya este elegido el puerto a utilizar.
2. Ver que el driver sea el necesario para el PLC Siemens S7-200 vía PPI.
3. Finalmente configurar el puerto.

- El siguiente paso a seguir es crear un bloque para las variables utilizadas:

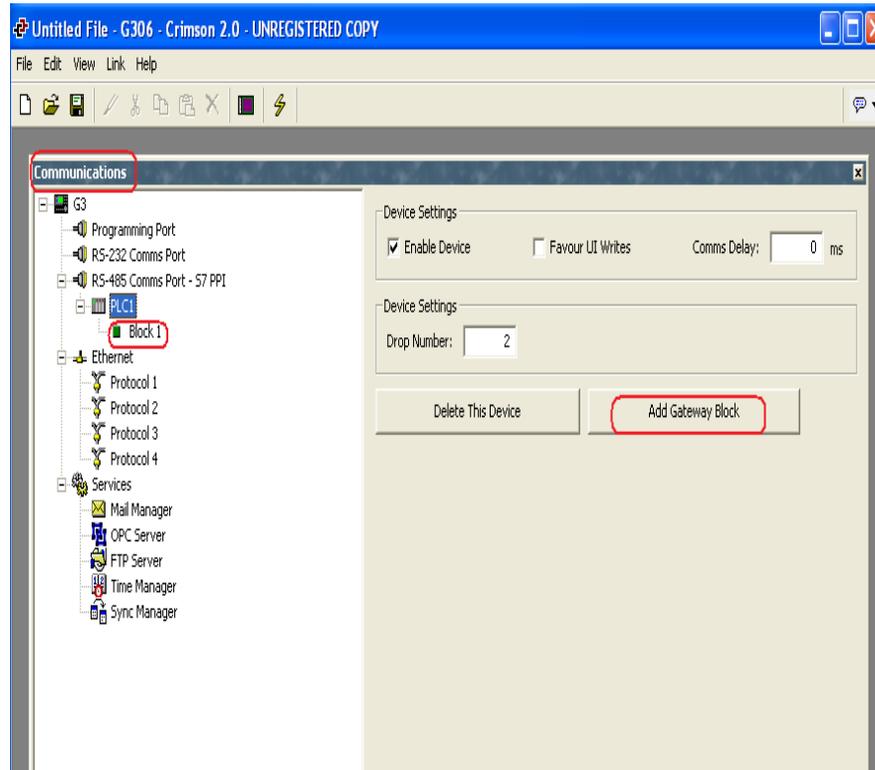


Figura 2.7. Creación de un bloque para las variables

- En la opción DATA TAGS se debe crear las variables que se necesitan en este caso son: SP, PV, CV

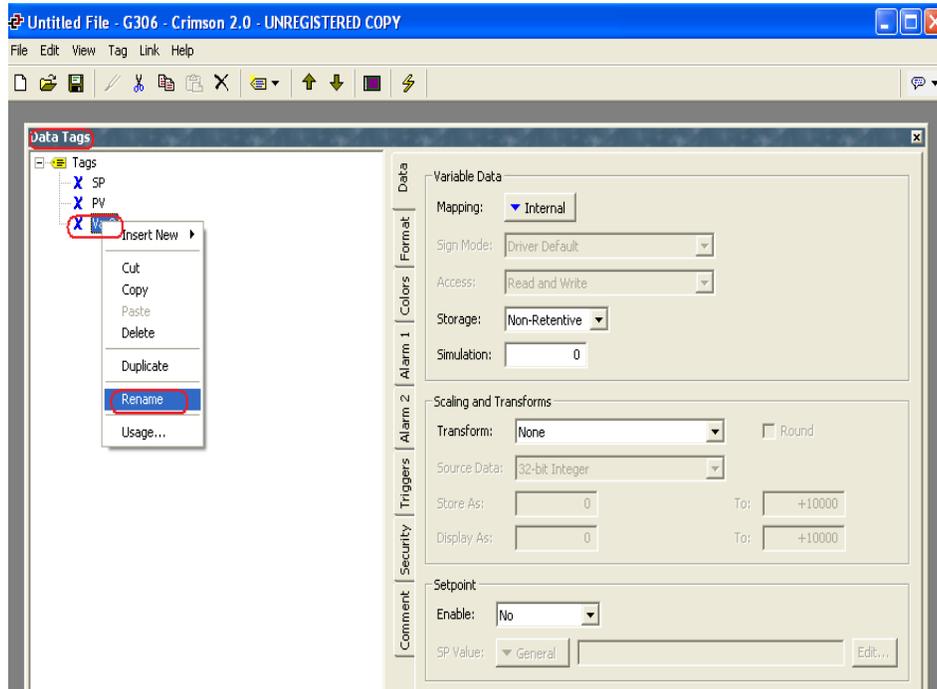


Figura 2.8. Creación de la Tags

- Elegir el tipo de datos de las variables

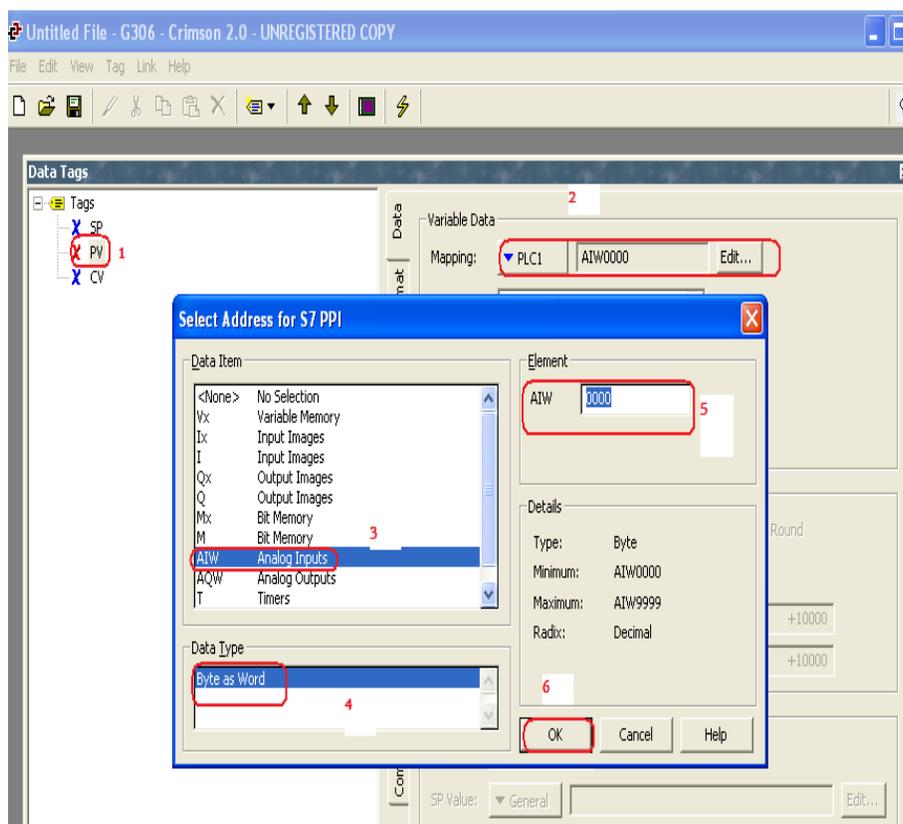


Figura 2.9. Selección de la dirección de las tags

1. Seleccionar un tag y le designamos un nombre.
2. Elegir el dispositivo de donde vendrán los valores que se manejarán.
3. En esta ventana elegimos la dirección del PLC.
4. Elegir el tipo de dato.
5. Escribir la dirección del dato.
6. Ok.

- Asignación de alarmas para la variable

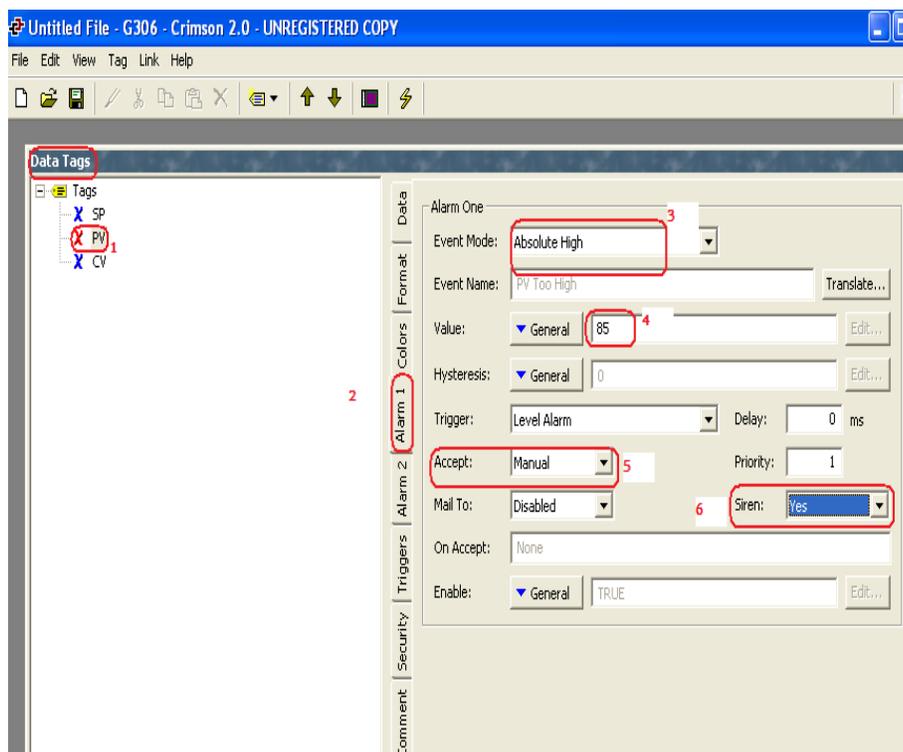


Figura 2.10. Asignación de alarmas para la variable

1. Elegir la tag a la cual se desee agregar una alarma
2. Elegir el ítem Alarm1
3. Seleccionar el tipo de evento en este caso la alarma se activará cuando este en alto, existen diferentes modos de activación.
4. Designar el valor al cual la alarma se activará
5. Si la forma de aceptar la alarma será de forma manual o automática
6. Activar la sirena de la alarma.

- Creación de la HMI en la opción USER INTERFACE que se encuentra en el programa Crimson V2.0

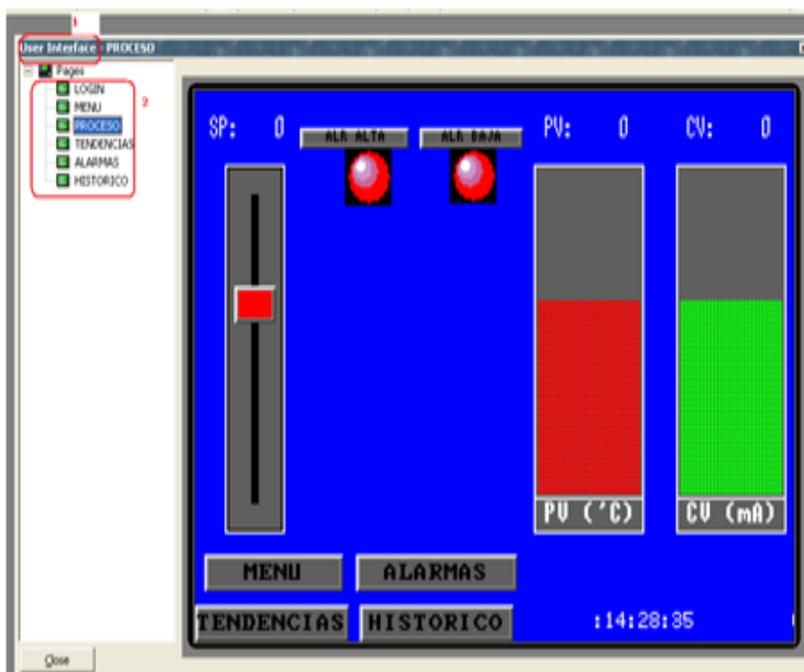


Figura 2.11. Pantalla del panel frontal del proceso

1. En la opción User Interface se debe dibujar la HMI, utilizando todas las herramientas que posee el software Crimson V2.0
2. En la figura 2.9 se observa que están creadas más de cinco páginas, en ellas se puede visualizar diferentes opciones que son:
 - a. Login: Para ingresar con un nombre de usuario y una contraseña.
 - b. Menú: En donde se encuentran todas las opciones a las que se puede acceder.
 - c. Proceso: En donde se observa las variables con que se está trabajando, SP, PV, CV.
 - d. Tendencias
 - e. Alarmas
 - f. Históricos
 - g. Tipo de control a realizarse.

2.5.3. Medios físicos

El nivel de capa física y el protocolo para la comunicación entre la Touch Screen Red Lion G306A y el dispositivo de control (PLC) depende de la marca de este último. En este proyecto se va a utilizar el PLC Siemens S7-200 con CPU 226, y para realizar la conexión entre el PLC y la Touch Screen se debe utilizar el protocolo RS-485⁸ y el medio físico es por medio de un cable de categoría 6 con un RJ-45 para conectar en la Touch Screen y DB9 macho en el otro extremo para conectar en el PLC, este medio permite la comunicación serie entre ambos dispositivos además de que ésta sea de altas prestaciones.

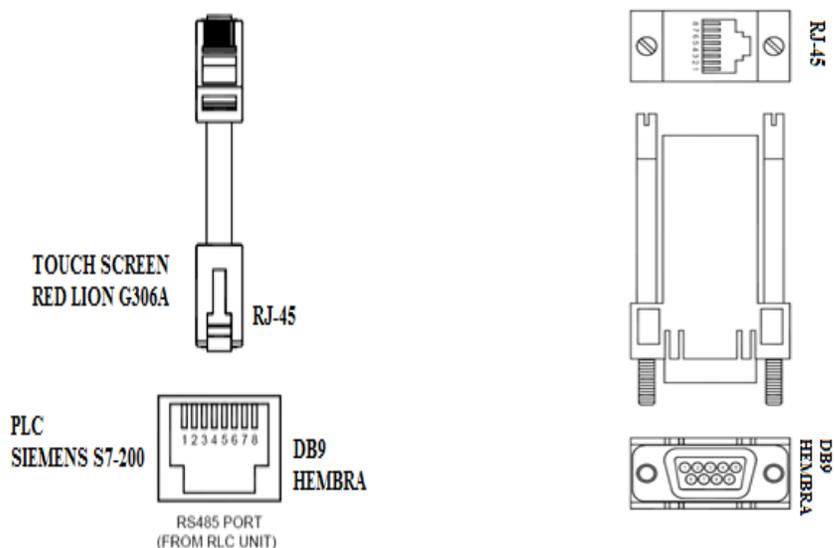


Figura. 2.12. Conexión del PLC Siemens S7-200 con la Touch Screen Red Lion

⁸ Anexo B. MANUAL C2, página 41

Tabla 2.2 Pines de Conexión del Db9 al RJ45

CONEXION			
UNIDAD	NOMBRE	CONECTOR DE PINES	
		RJ45	DB9 MACHO
1	TxB	1	3
2	TxA	2	8
3	RxA	3, 8	-
4	RxB	4, 7	-
5	TxEN	5	-
6	COMM	6	5
7	TxB	4, 7	-
8	TxA	3, 8	-

Una vez realizado el cable y la programación adecuada, la comunicación entre el PLC y la Touch Screen se realiza automáticamente, en otras palabras es una comunicación plug and play, y de esta manera se visualizará en la Touch Screen los tag del PLC que se encuentren direccionados a la Touch Screen.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.1 Descripción física del sistema

El sistema de presión consta de instrumentos y dispositivos, los cuales cumplen una función específica. He aquí la descripción física de cada uno de ellos:

3.1.1. Cañerías y Tuberías

Para la conducción de aire comprimido dentro del sistema, se deben realizar las conexiones didácticas en el panel frontal y para tomar el aire de las líneas de alimentación se requiere de cañerías, tubería o manguera la cual será adaptada al sistema.

Existe una gama bastante amplia en cuanto a mangueras para la conducción de fluidos o vapores, según los requerimientos del proyecto que son los de transportar aire a diferentes presiones, se pueden adoptar dos opciones muy convenientes en cuanto a precio y robustez que son las mangueras flexibles o sea las de nylon para las conexiones internas y externas

del módulo; en este módulo se hará el uso de mangueras flexibles debido al tipo de conexiones. En cuanto al dimensionamiento de las mangueras se procede a realizar el siguiente cálculo para el diámetro interno y externo de las tuberías.

Cálculo del Flujo

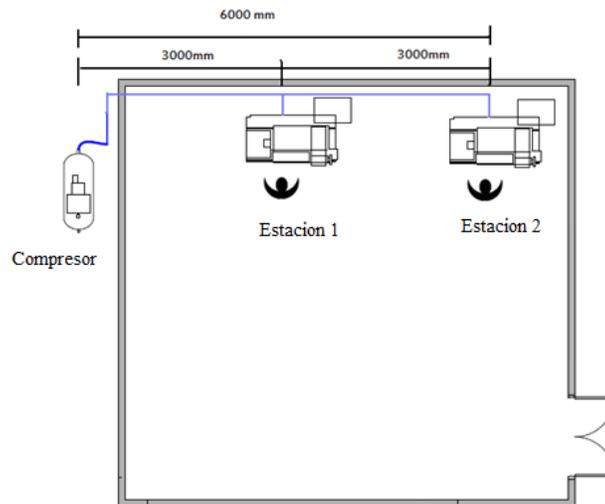


Figura. 3.1. Diagrama de Dimensionamiento de la Tubería

Para realizar el cálculo del flujo que se va a manejar se debe tener en cuenta los requerimientos del sistema como son el flujo de salida en las estaciones y las presiones de aire a utilizar, entonces decimos que vamos a tener en el laboratorio dos estaciones para el control de aire comprimido como se mira en la figura 3.1, con un flujo de salida de 50 lit/min y un máximo de presión de aire de 100 psi ($6.89 \text{ BAR} \approx 7 \text{ BAR}$) y la separación entre cada módulo es de 3 metros y la distancia de los módulos al compresor es de 6 metros (figura 3.1).

El tamaño (diámetro) de la tubería se identifica por su *nominal pipe size* “NPS” lo que en español es tamaño nominal del tubo. Para soportar diferentes presiones, la tubería en un

diámetro dado puede ser ofertada con diferentes grosores, esto es definido por la ANSI “*American National Standards Institute*” (Instituto Nacional Americano de Estándares).

1. Dimensionamiento de tubería

$$Q1 = Qa * \frac{Pmin}{Pmax} \quad (3.1)$$

Donde:

Q1=flujo requerido en la estación1

Qa= flujo de la acometida de la fuente

Pmin=presión mínima estimada

Pmax.= presión máxima estimada

$$Q1 = 50 \frac{l}{min} * \frac{7BAR}{9,01BAR} = 38,83 \frac{l}{min}$$

Q2= flujo requerido en la estación2

$$Q2 = Qa * \frac{Pmin}{Pmax} \quad (3.2)$$

$$Q2 = 50 \frac{l}{min} * \frac{7BAR}{9,01BAR} = 38,83 \frac{l}{min}$$

2. Diámetro preliminar línea principal

$$Qt = Q1 + Q2 \quad (3.3)$$

Donde:

Q1 es el flujo consumido por la estación 1

Q2 es el flujo consumido por la estación 2

Qt es el flujo total consumido cuando las dos estaciones se encuentran funcionando.

Reemplazando los valores en 3.3 obtenemos el flujo total que las dos estaciones consumen cuando se encuentran trabajando al mismo tiempo.

$$Q_t = \left(38,83 \frac{l}{min} + 38,83 \frac{l}{min} \right) = 77,669 \frac{l}{min}$$

Al valor del flujo total necesario para las dos estaciones, se le realiza una transformación de unidades para que este valor pueda ser utilizado en la ecuación 3.4.

$$Q_t = 77,669 \frac{l}{min} \times \frac{1min}{60seg} \times \frac{m^3}{1000l}$$

$$Q_t = 0,00129 \frac{m^3}{seg}$$

Por ser línea principal los valores de V estarán entre 6 y 10 l/min para diámetro mínimo y diámetro máximo.

$$Q = V * A \quad (3.4)$$

Donde:

Q es el flujo

V es la velocidad del flujo en una tubería

- Línea principal 10 a 17 m/s
- Línea del panel 15 a 23 m/s

Y A es el área de la tubería.

A la ecuación 3.4 se reemplaza A teniendo entonces

$$Q = V * \frac{\pi * D^2}{4} \quad (3.4.1)$$

Donde:

D vendrá a ser el diámetro de la tubería de la fuente

De 3.4.1 se despeja D ya que lo que se necesita conocer son el diámetro mínimo y máximo de la tubería de la fuente.

$$D_{min} = \sqrt{\frac{Q * 4}{V * \pi}} \quad (3.4.1.1)$$

$$D_{min} = \sqrt{\frac{0,00129 * 4}{17\pi}} = 0,0098m = 10mm$$

$$D_{max} = \sqrt{\frac{Q * 4}{V * \pi}}$$

$$D_{max} = \sqrt{\frac{0,00129 * 4}{10\pi}} = 0,0128m = 12.8mm$$

De las ecuaciones anteriores ya resueltas se deduce que la tubería a utilizar para la línea principal de la fuente, debe tener un diámetro interno de entre 10 y 12.8mm y en vista que la tubería estandarizada más cercana a esa medida es la de ½” que posee un diámetro interno de 12mm. es la que se utilizará.

3. Diámetro preliminar de la tubería del panel

Por ser línea del panel los valores de V estarán entre 15 y 23 l/min para diámetro mínimo y diámetro máximo, siendo estos los valores estimados del flujo interno. Para este cálculo se utilizará la ecuación 3.3 para saber el valor del flujo total y para conocer el diámetro mínimo y

máximo de la tubería del panel se usará la ecuación 3.4.1.1 en donde se reemplazara los valores requeridos.

$$Qt = \left(38,83 \frac{l}{min} + 38,83 \frac{l}{min} \right) = 77,669 \frac{l}{min}$$

$$Qt = 0,00129 \frac{m^3}{seg}$$

$$Dmin = \sqrt{\frac{Qt * 2}{V * \pi}}$$

$$Dmin = \sqrt{\frac{0,00129 * 2}{23\pi}} = 0,005974m = 5,9mm$$

$$Dmax = \sqrt{\frac{Qt * 2}{V * \pi}}$$

$$Dmax = \sqrt{\frac{0,00129 * 2}{15\pi}} = 0,0073m = 7,3mm$$

De lo anterior podemos deducir que la tubería a utilizar para la línea del panel debe tener un diámetro interno de entre 5,9y 7,3 mm entonces la tubería normalizada a ocupar es la de 6mm. El caso crítico que podría darse es que el flujo de aire sea mayor al calculado.

3.1.2. Acoples neumáticos

Los acoples neumáticos son una parte fundamental del sistemas de aire comprimido ya que radica en el objetivo de ser un medio didáctico de aprendizaje, entonces para lo cual se deben realizar múltiples conexiones y desconexiones de líneas neumáticas del panel frontal. Un aspecto que no se puede tomar a la ligera es la capacidad máxima de presión que pueden

soportar los acoples, para el sistema se utilizó los acoples de la marca Pisco y de características muy robustas.

Los acoples elegidos son en forma de T, pasa muros y codos, los cuales tienen un diámetro interno de 6mm, igual al de la manguera y para una presión máxima de 150 PSI.

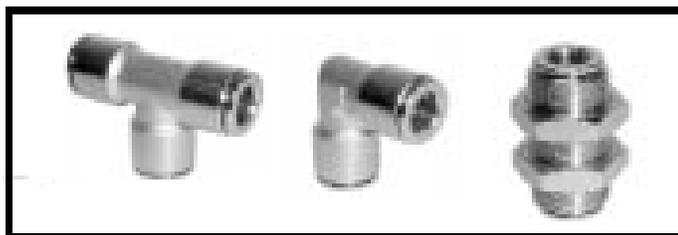


Figura 3.2 Acoples Neumáticos

3.1.3. Reguladores de presión

Los reguladores de presión son equipos que poseen la capacidad de regular la presión de líneas de aire a una inferior de la suministrada por la línea y la mantiene constante para suministrarla a equipos neumáticos de medición, regulación y control. En la figura 3.2 se observa la entrada, salida del aire y el vástago del regulador. En el sistema se usaron dos reguladores, uno de ellos se encuentra en la parte posterior del panel frontal con una regulación de hasta 20 PSI, este es la alimentación de aire al conversor I/P, el otro regulador se encuentra en el panel frontal, con el cual se puede realizar regulaciones de entre 0-100 PSI.



Figura. 3.2. Regulador de Presión

3.1.4. Reguladores de Flujo

Los reguladores de flujo permiten mantener constante el flujo en un conducto o tubería. Son conocidos también como válvulas.

Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases. Pueden trabajar con presiones que van desde el vacío hasta más de 20000 lb/in² (140 Mpa) y temperaturas desde las criogénicas hasta 1500 °F (815 °C).⁹ El regulador de flujo que se va a utilizar en el sistema es el que se indica en la figura 3.3.

⁹Manual de mantenimiento industrial. Robert C. Rosaler. James O. Rice. Tomo III

- Válvulas de apriete
- Válvulas de diafragma
- Válvulas de macho
- Válvulas de retención
- Válvulas de desahogo (alivio)

En el módulo se utilizan dos tipos de válvulas las que son las de compuerta y la de tipo bola.

Válvulas de Compuerta

La válvula de compuerta es de vueltas múltiples, en la cual se cierra el orificio con un disco vertical de cara plana que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento figura 3.4 es recomendada para una apertura o cierre total, sin estrangulación. Su aplicación está dada para una amplia gama de fluidos ya sean aceites, petróleo, gas, aire, etc. Sus ventajas más notables son su alta capacidad, cierre hermético, bajo costo, etc.

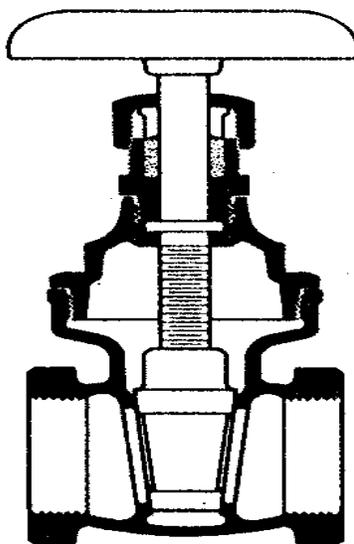


Figura. 3.4. Válvula de Compuerta

Válvulas de bola

Las válvulas de bola son de $\frac{1}{4}$ de vuelta, en las cuales una bola taladrada gira entre asientos elásticos, lo cual permite la circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola 90° y cierra el conducto (figura 3.5). Es recomendada para servicio de conducción y corte, sin estrangulación, cuando se requiere apertura rápida. Se aplica generalmente para servicio general, altas temperaturas y pastas semilíquidas. Sus ventajas son su bajo costo, alta capacidad, corte bidireccional, circulación en línea recta, pocas fugas, se limpia por sí sola, cierre hermético con baja torsión.¹⁰

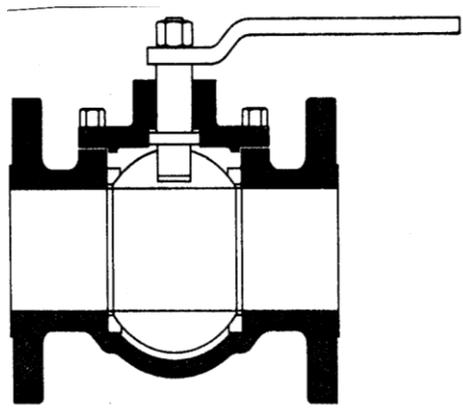


Figura. 3.5. Válvula de bola

3.1.5. Conversor de corriente 4-20 mA. a presión 3-15 psi

Un conversor de corriente a presión es un dispositivo capaz de transformar una señal de corriente eléctrica de 4 a 20 mA., a una neumática de 3 a 15 PSI, este dispositivo requiere de una alimentación de 20 psi los cuales son proporcionados mediante el regulador de presión que se encuentra en la parte posterior del panel frontal.

¹⁰Instrumentación para medición y control.W. G. Holzbock.

Funcionamiento

El dispositivo expuesto como convertor de corriente a presión está basado en un regulador de presión que ejerce más o menos presión a la salida del dispositivo dependiendo del desplazamiento realizado por una boquilla que es empujada por una membrana que a su vez es desplazada por un electroimán accionado y regulado por la señal de corriente de 4 a 20 mA.; en la entrada de presión encontramos una señal neumática de 20 psi y es regulada de 3 a 15 psi para entregar esta señal a la salida de presión.

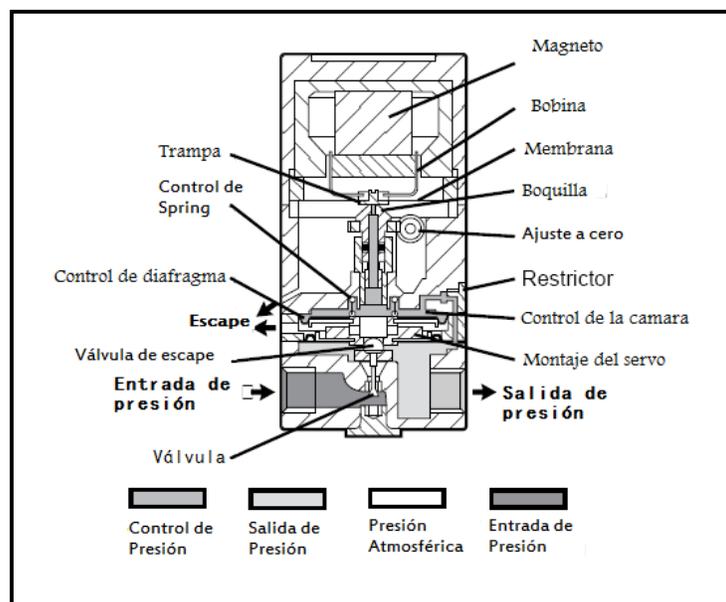


Figura. 3.6. Estructura Interno del Convertor I/P

3.1.6. Actuador neumático de 3 a 15 PSI

Aproximadamente el 90% de las válvulas utilizadas en la industria son accionadas neumáticamente. Los actuadores neumáticos constan básicamente de un diafragma, un vástago y un resorte tal como se muestra en la figura 3.8, lo que se busca en un actuador de tipo neumático es que cada valor de la presión recibida por la válvula corresponda una posición

determinada del vástago. Teniendo en cuenta que la gama usual de presión es de 3 a 15 psi (lbs. /pulg²).



Figura. 3.7. Actuador de Presión utilizado en el sistema

Funcionamiento

El aire elevado a una presión de 3 a 15 PSI ingresa por la entrada de alimentación neumática empujando al diafragma hacia arriba al tiempo que ejerce presión y deforma el resorte, elevando el vástago que está unido al de la válvula, dependiendo de la cantidad de presión de aire ingresada en la entrada neumática el vástago se elevará parcialmente o en su totalidad abriendo la válvula. Para cerrar la válvula se debe disminuir la cantidad de presión de aire ingresado en la entrada neumática dejando de ejercer fuerza en el resorte permitiéndole regresar a su forma original y devolviendo el vástago a su posición de inicio.

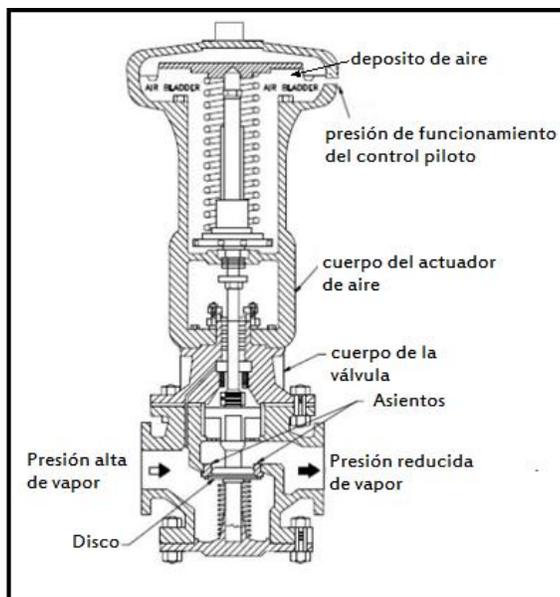


Figura. 3.8. Actuador de una válvula de control

3.1.7. Automatas

El autómata que se va a utilizar es el PLC siemens de la gama S7-200 con la CPU 226 de alto rendimiento y un módulo análogo EM-235, es un dispositivo muy versátil. El motivo principal por el que se utiliza el PLC con CPU 226 radica en la necesidad del sistema de usar los dos puertos PPI que posee, siendo que uno de ellos se va a utilizar para la comunicación con la pantalla táctil y el otro puerto para poder realizar cambios en la estructura del programa, y así poder realizar cambios y pruebas en el sistema al mismo tiempo, siendo esta una de las principales razones por las que no se utilizó la CPU 224, además otros de los motivos por los cuales se va a utilizar este autómata son su alta funcionalidad, su alta velocidad de procesamiento, su robustez y su facilidad de programación.



Figura. 3.9. PLC Siemens CPU226

Características más relevantes

- Fuente de alimentación integrada de 24 V. para sensores / carga: Para la conexión directa de sensores y encoders. Con una intensidad de salida de 400 mA., también sirve de fuente de alimentación para carga.
- Entradas / salidas digitales integradas: 24 entradas y 16 salidas.
- 2 interfaces de comunicación: A elección.
- Como interfaz PPI con protocolo PPI para funciones de programación, funciones HMI (TD 200, OP), comunicación interna CPU / CPU S7-200 (9,6/19,2/187,5 kbit/s) o como esclavo MPI para el intercambio de datos con maestros MPI (S7-300/-400, OPs, TDs, Push Button Panels).
- Bus de ampliación: Conexión para módulos de ampliación (sólo se pueden utilizar módulos de ampliación de la serie 22x).
- Entradas de alarma (interrupción): Para reacciones extremadamente rápidas a flancos ascendentes o descendentes de señales de proceso.

- Expansión sencilla mediante módulos de ampliación digitales y analógicas (EM, opcional)
- Potenciómetro analógico: Son 2 potenciómetros analógicos, fáciles de utilizar como selectores de valor de consigna en las tareas cotidianas, por ejemplo, para ajustar tiempos.
- Reloj en tiempo real: Con el que se puede etiquetar mensajes con fecha / hora, para medir tiempos de funcionamiento de máquinas o para el control por tiempo de procesos.
- Amplio juego de instrucciones, para la programación.
- Operaciones básicas tales como funciones lógicas, asignación de resultados, memorizar, contar, formar tiempos, cargar, transferir, comparar, desplazar, rotar, formar complementos, llamar subprogramas (con variables locales)
- Instrucciones de comunicación integradas (por ejemplo, comunicación. S7-200 (Network read NETR, Network write NETW) en modo Freeport (Transmit XMT, Receive RCV)
- Funciones sofisticadas como modulación de ancho de impulsos, trenes de impulsos, funciones aritméticas, aritmética en coma flotante, regulación PID, funciones de salto y bucle y conversión de códigos facilitan la programación.
- Las interrupciones temporizadas pueden ajustarse, con una base de tiempo de 1 ms, desde 1 ms hasta 255 ms.
- Alarmas de comunicación que proporcionan un intercambio de información rápido y sencillo con unidades periféricas, por ejemplo, impresoras o lectores de códigos de barras.
- Protección por contraseña: La protección por contraseña de 3 niveles ofrece seguridad anti copia para sus conocimientos tecnológicos. La protección ofrece las siguientes posibilidades de acceso al programa de usuario:
 - Acceso restringido: el programa puede modificarse a discreción.
 - Acceso restringido: El programa no puede ser modificado si no se tiene los derechos necesarios de acceso.

- Funciones matemáticas adicionales como: SIN, COS, TAN, LN, EXP
- Data-logging: Memorización controlada por tiempo o por evento de registros en el módulo de memoria EEPROM, por ejemplo, datos de rendimiento, datos de estadística, avisos de fallo / error, opcionalmente con etiqueta de hora / fecha. El Log-File se puede transmitir en todo momento a través del S7-Explorer a STEP 7-Micro/WIN.¹¹

Módulo analógico

Es de marca Siemens modelo EM-235, es un dispositivo para la expansión de entradas y salida analógicas. El cual se conecta al PLC Siemens S7-200 de CPU 226.

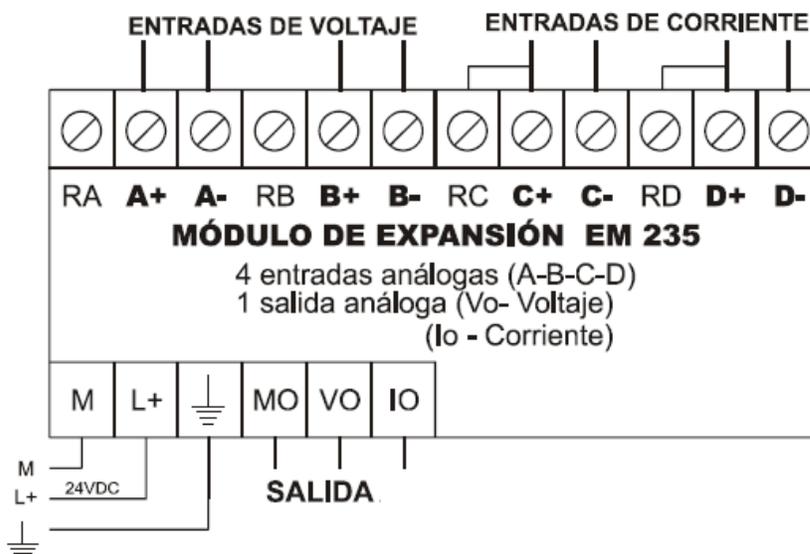


Figura 3.10. Esquema del módulo EM235

¹¹ http://www.control-technics.com/articulos_text_det.asp?IdArticulo=38

3.1.8. Transmisor de presión

El transmisor de presión es el dispositivo capaz de tomar valores correspondientes a la variable física del proceso y transformarlos en valores de voltaje o corriente para que puedan ser interpretados por el autómatas o PLC. El transmisor utilizado en el sistema es el FOXBORO IAP-20, el cual es un transmisor de presión absoluta muy robusto con alta capacidad de resistencia ante golpes y altas temperaturas, sin olvidar sus límites de resistencia a la presión neumática y sus capacidad de comunicación HART para la calibración, además de que este transmisor permite conectarse en red, de una manera muy eficiente.

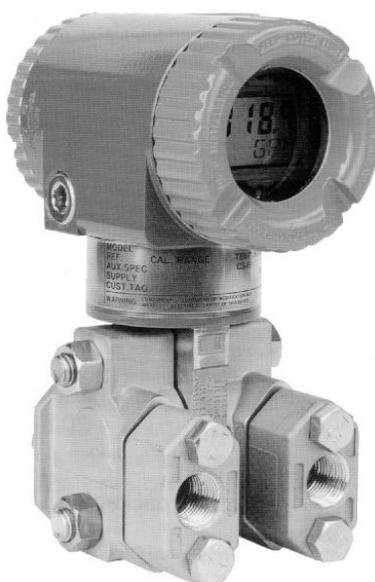


Figura. 3.11. Transmisor Foxboro IAP 20

CARACTERÍSTICAS

- Selección de estilos de montaje IAP20, montaje en soporte de rangos más bajos, más opciones de materiales, diseño a prueba de llamas ATEX.
- Resistente y fiable

Probada la tensión de silicio indicador de la tecnología.

Resistente a la corrosión acabado epoxi.

- Rendimiento Superior

La precisión de $\pm 0,05\%$ del rango

Efectos de la temperatura ambiente hasta $\pm (0,03\% \text{URL}, 0,06\%)$ abarcan un período de 28°C (50°F)

- Selección de los módulos electrónicos

4-20 mA /Foxcom

4-20 mA /HART

Foundation Fieldbus

4-20mA

1 a 5 Vcc versiones

- Indicador de LCD/configurador pulsador

Opciones de Foundation Fieldbus, Profibus, mA FoxCom/4-20, y las versiones HART/4-20; estándar de 4-20mA y de 1 a 5 versiones Vdc.

GEORGFISCHER SIGNED 8450



Figura. 3.12. Pantalla del transmisor George Fisher Signed 8450

Además del transmisor Foxboro IAP 20 se va a utilizar el transmisor Georg Fischer. Este transmisor posee empaques resistentes a productos químicos NEMA 4X/IP65 incluyen montaje altamente visible o instrumento de montaje de panel negro, ambos con una ventana de auto-sanación, un estándar de 1/4 DIN recorte. La versión de entrada dual permite calcular la diferencia (DP) y ofrece un ahorro de costos con salidas independientes duales.

- Entrada Digital (S3L) para la lectura estable y confiable
- Despliega psi, bar o kPa
- Montaje integral o remoto
- Un único punto de calibración
- Entradas duales/Opción de salida
- Función de salida de simulación para la prueba del sistema completo
- Opción de relés LI>
- Salida de escalabilidad
- NEMA 4X/IP65

3.1.9. Tanques de almacenamiento

En el sistema se utiliza dos tanques de almacenamiento en cada uno de ellos se deposita 10 litros de aire los cuales se usaran para el funcionamiento de la estación.

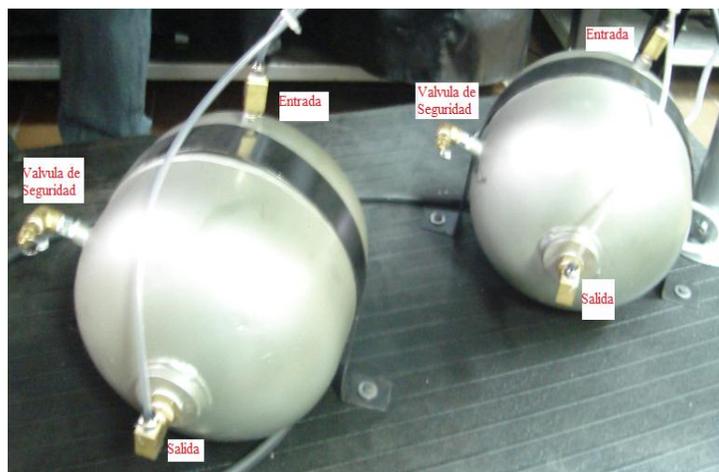


Figura. 3.13. Tanques de aire

3.1.10. Manómetros Posteriores

Se utiliza dos de ellos cada uno con un rango de medida de 0 a 200 PSI, los cuales se utilizan para realizar las mediciones de aire comprimido.



Figura. 3.14. Manómetros Posteriores con rango de 0-200 PSI

3.1.11. Touch Screen

Es una pantalla táctil de marca Red Lion G306A en la cual se visualiza el HMI. El software para la programación de este dispositivo es Crimson 2.0, con el cual se puede implementar históricos, alarmas, formas de onda, en si se permite tener acceso y control de recursos externos.



Figura 3.15. Pantalla Táctil Red Lion G306A

3.1.12. Rotámetro

Es un dispositivo de medición de flujo de aire, con un rango de medida de 0-4 SCF/min. que se encuentra ubicado en el panel frontal.

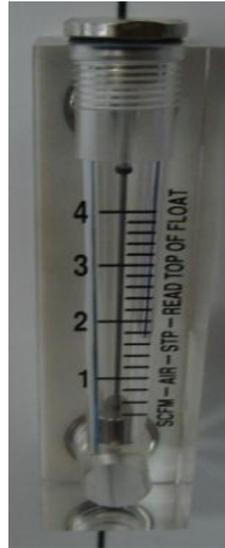


Figura. 3.16. Rotámetro de 0-4 SCFM

3.1.13. Filtro silenciador de aire

Se encuentra ubicado en la parte inferior del armario, está conectado directamente a la fuente de alimentación de aire para realizar la función de silenciar y de filtrar emulsiones y neblinas, mediante el principio de coalescencia, el cual consiste básicamente en tener una red aleatoria de fibras, la cual ante el paso de aire, produce formación de gotas alrededor de las fibras, cayendo luego estas a un recipiente de acumulación por efecto de gravedad. Como consecuencia del diseño del filtro pueden retenerse partículas sólidas, además de posibles residuos de agua.



Figura 3.17. Filtro Silenciador de Aire

3.1.14. Manguera para conexiones

La manguera utilizada en el sistema es flexible y de 6 mm. De diámetro interno, con la cual se realiza todas las conexiones neumáticas, se encuentra tanto en la parte interna como externa del módulo.

3.1.15. Focos

Son 4 utilizados como las luces de alarma, uno de ellos para alertar del nivel HH como uno para el nivel de LL, uno para alertar el nivel de H y otro para alertar el nivel de L. Estos se encuentran ubicados en el panel frontal, se alimentan de la fuente de 24V.

3.1.16. Fuente de 24Vcc

Es utilizada para alimentar tanto los transmisores así como, las luces de alarma y la Touch screen Red Lion G306A, proporciona una corriente máxima de 3.0 Amperios.

3.1.17. Fuente de 110Vca

Es la alimentación para el PLC, y para la luz del switch de encendido de la estación.

3.1.18. Switch con luz piloto

Se encuentra ubicado en el panel frontal. Con este elemento prendemos o apagamos la estación. Funciona con 110Vca.

3.2 Pruebas experimentales al sistema

Al haber ya culminado la programación del PLC como de la touch screen, la configuración, calibración y conexión del sistema se procede a realizar las pruebas de funcionamiento.

TRANSMISORES

Las pruebas en los transmisores se inician teniendo en cuenta que el sensor del transmisor Foxboro IAP-20 tiene un rango de medición máximo de 45 PSI la cual no debe ser excedida, ya que se puede tener daños en este.

También se cuenta con el transmisor Georg Fischer el cual tiene un rango de 0-100PSI. El rango de los dos transmisores pueden ser calibrados según los requerimientos que se tenga y la capacidad de estos, la señal que los transmisores entregan es proporcional a la entrada siendo de 4-20 mA.

La respuesta que tiene cada uno de los transmisores es muy rápida siendo el transmisor Foxboro IAP-20 el que menor tiempo de respuesta tiene al realizar los cambios de presión en el sistema.

Los dos transmisores entregan una señal bastante aceptable para poder ser utilizada pero con tiempos de respuestas diferentes.

PLC Siemens S7-200, Módulo analógico EM235

Este dispositivo procesa la señal que proviene desde el transmisor ya sea el Foxboro o el Georg Fischer. Luego este valor es utilizado en la pantalla táctil.

Actuador Neumático, Conversor I/P

Este dispositivo funciona de forma automática, recibe una señal de 3-15 PSI desde el conversor I/P, el cuál convierte el valor de la corriente a valores en presión, siendo esta la señal de control del actuador, este dispositivo es el encargado de ir variando el llenado de los tanques del sistema.

Touch Screen Red Lion G306A

La pantalla táctil recibe las señales que proporciona el PLC, las procesa mediante el programa realizado y finalmente los muestra en el HMI, en donde se puede observar el comportamiento de éstas.

3.3 Funcionamiento en los distintos modos de control.

Luego de haber realizado todas las conexiones necesarias para el funcionamiento del sistema se debe proceder a configurar los diferentes modos de control, esto se realiza en el panel frontal ingresando como ADMINISTRADOR, ya que es el único que tiene todos los privilegios como para poder realizar todos estos cambios.

El nombre designado para el ingreso como Administrador en el sistema es LABSCADA y la contraseña es SCADA.

En el sistema se tiene cuatro tipos de control que son:

- Proporcional
- Proporcional Derivativo
- Proporcional Integral
- Proporcional Integral Derivativo

3.3.1. CONTROL PROPORCIONAL

Para realizar este tipo de control se debe ingresar oprimiendo la opción de CONTROL que se encuentra en el menú principal del HMI. Aparecerá una pantalla más en la cual se encuentra los diferentes tipos de control, elegimos CONTROL PROPORCIONAL, y aparecerá una pantalla en la cual se debe ingresar el valor de la constante proporcional K_p .

CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO

Con el control proporcional se establece una relación lineal continua entre la variable controlada y la posición del elemento final de control, de esta manera la válvula de control se moverá el mismo valor para cada unidad de desviación.

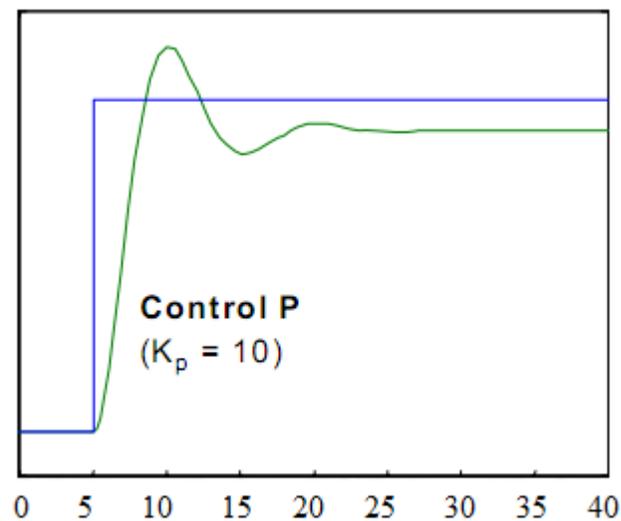


Figura 3.18. Forma de respuesta del control proporcional

Al elegir este tipo de control se debe tener en cuenta que el proceso se estabiliza y que además se puede reducir, pero NO eliminar el error en estado estacionario.

Un valor demasiado alto puede transformar al sistema inestable.

3.3.2. CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVO

En el HMI seleccionamos la pantalla de CONTROL, aparecerá el menú de los tipos de control y se seleccionará el control proporcional derivativo, en el cual se debe ingresar el valor de K_p y T_d .

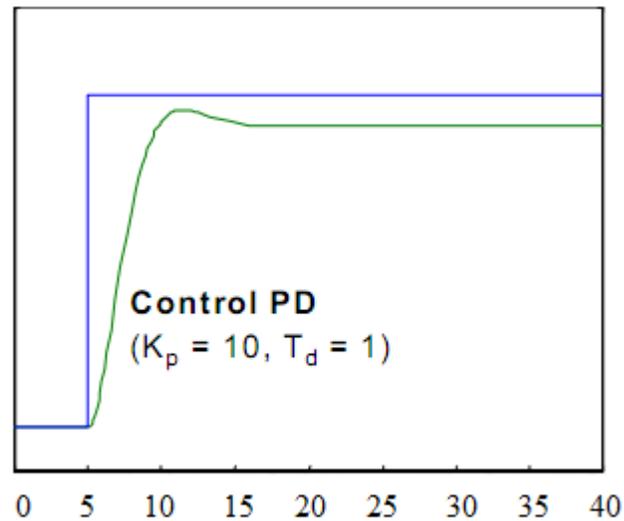


Figura 3.19. Forma de respuesta del control proporcional-derivativo

CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO

Con este tipo de control se proporciona una mayor estabilidad relativa que se traduce en una respuesta transitoria con menor sobre-impulso como se puede ver en la figura 3.19. Sin embargo cuando la influencia de este control es muy grande, se obtendrá una respuesta excesivamente lenta.

En esencia es un control anticipativo al error, tiende a ser inestable y es sensible al ruido.

3.3.3. CONTROL PROPORCIONAL-INTEGRAL

En el HMI seleccionamos la pantalla de CONTROL, aparecerá el menú de los tipos de control y se seleccionará el control proporcional integral, en el cual se debe ingresar el valor de K_p y T_i .

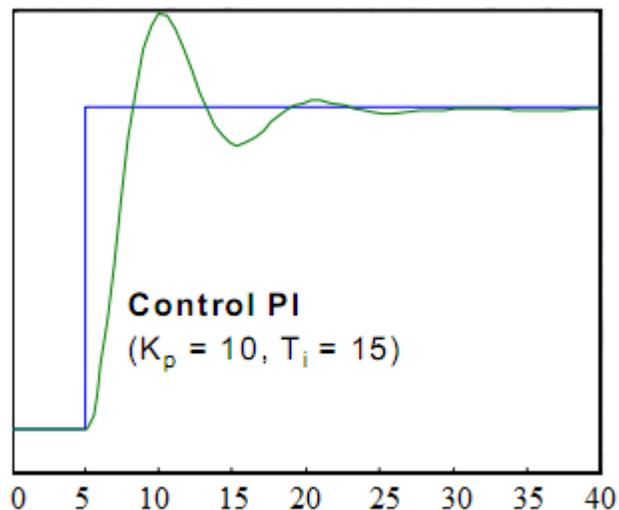


Figura 3.20. Forma de respuesta del control proporcional-integral

CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO

La suma de estos dos controles hace que se tenga una respuesta rápida sin oscilaciones por la acción proporcional y una respuesta que lleve exactamente al valor deseado por la acción integral (figura 3.20) teniendo en cuenta que ésta última tiene una respuesta muy lenta si estuviese sola.

3.3.4. CONTROL PROPOCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO

En el HMI seleccionamos la pantalla de CONTROL, aparecerá el menú de los tipos de control y se seleccionará el control proporcional-integral-derivativo, en el cual se debe ingresar el valor de K_p , T_i y T_d .

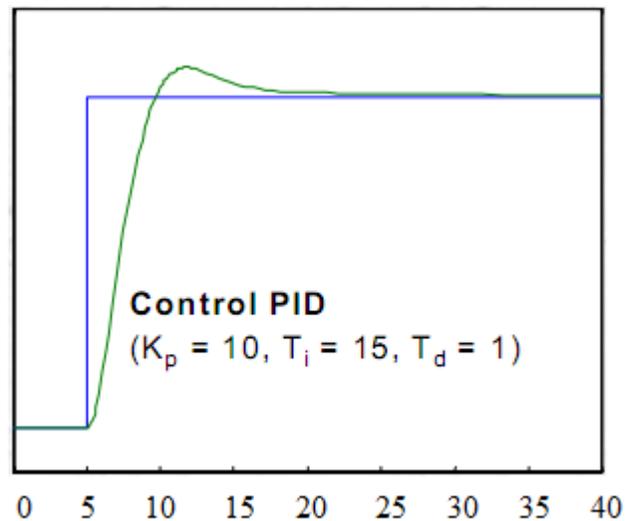


Figura 3.21. Forma de respuesta del control proporcional-integral-derivativo

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

En este tipo de control se tiene las características de los controles ya mencionados, de forma que si varía la señal de error lentamente en el tiempo predominará el control proporcional e integral y si la señal de error varía rápidamente predominará la señal derivativa.

3.4 Análisis de las curvas de proceso.

Las curvas que van a ser analizadas fueron tomadas directamente de la pantalla táctil, para de ésta forma poder observar directamente el comportamiento del sistema en los distintos modos de control.

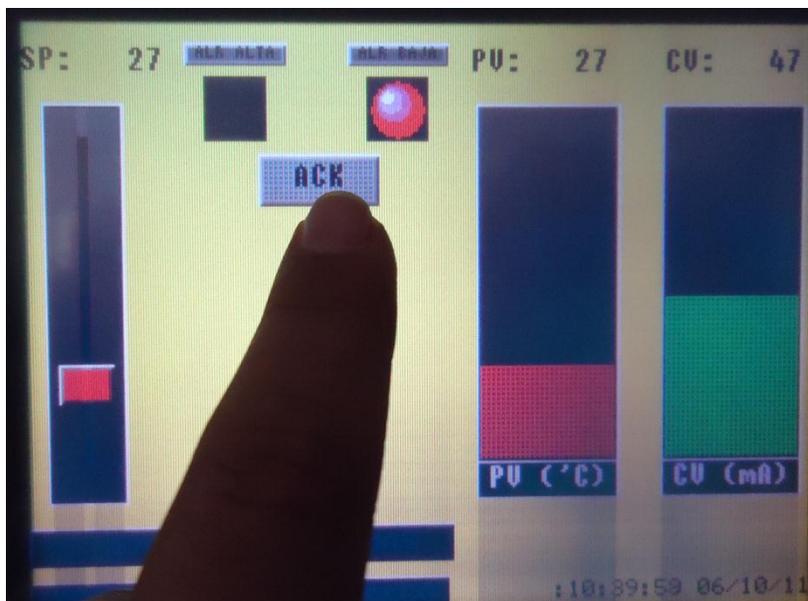


Figura. 3.22. Pantalla de las variables del proceso

En la figura 3.22 se observa las variables del proceso, siendo en esta pantalla en donde se puede ingresar e ir variando el valor del SP (set point), observar como es el comportamiento del CV (variable de control) para así alcanzar el valor de PV (variable del proceso), además se puede observar cuando una alarma se dispara, desde la pantalla de la figura 3.22, se puede ir hacia los históricos del sistema, en donde se observará las gráficas correspondientes al control elegido, como así también a las alarmas para poder aceptarlas y ver en qué valor se dispararon.

En las gráficas cada variable del proceso tiene designado un color para así poder diferenciarlas en la figura 3.23 se observa que para el SP es designado el color negro, para el CV el color verde y para el PV el color rojo.



Figura. 3.23. Pantalla de históricos del proceso.

En la figura 3.23 se observa que el valor del CV es de 100, esto se debe a que se está enviando el 100 % de la corriente para que PV pueda llegar al valor establecido del SP

3.4.1 Control Proporcional (P)

Para realizar el análisis de respuesta de este tipo de control, se ingresa el valor de K_p en la pantalla de selección del tipo de control del proceso en este caso en la pantalla de CONTROL PROPORCIONAL. Para la figura 3.24 y figura 3.25 se tiene los siguientes valores para la sintonización.

Tabla 3.1. Valores ingresados para la sintonización del Control P

SP (PSI)	K_p	PV(PSI)
77	59	inestable
77	60	76

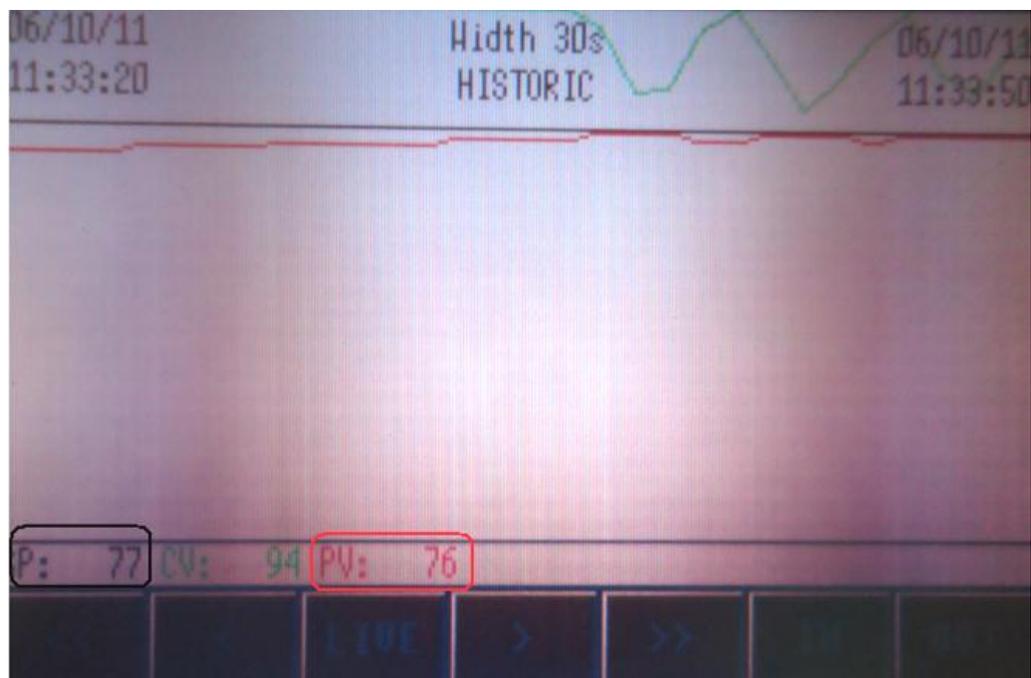


Figura 3.24. Respuesta del sistema con un control proporcional con $K_p=59$

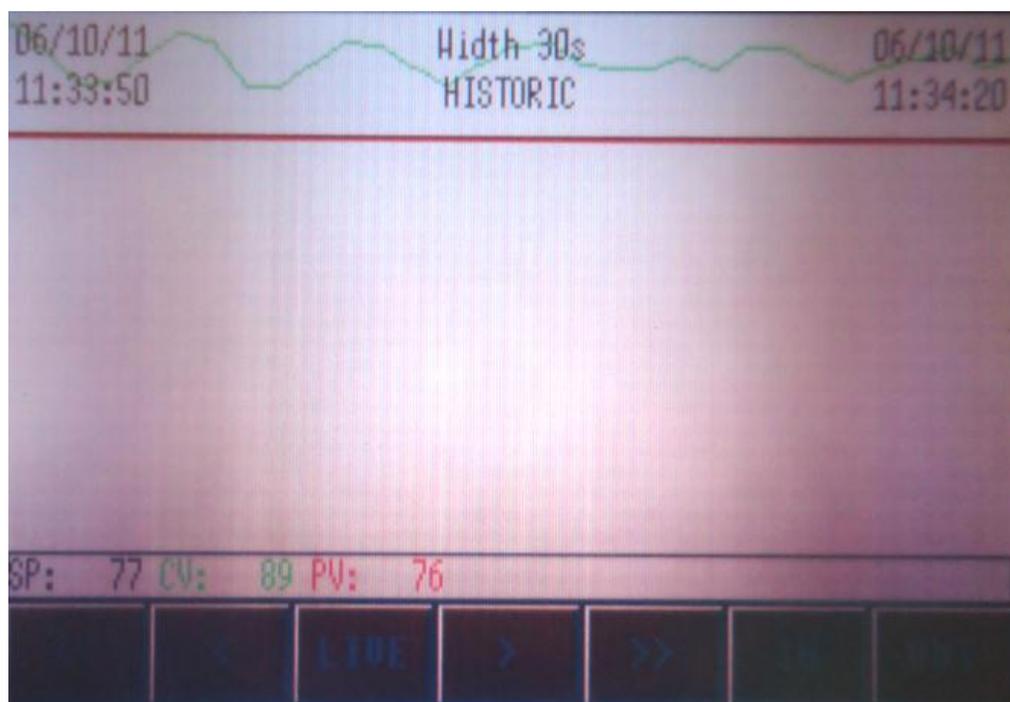


Figura. 3.25 Respuesta del sistema con un control proporcional con $K_p=60$

En la figura 3.25 se observa que el sistema se estabiliza a los 30 segundos teniendo un mínimo error en estado estacionario.

3.4.2 Control Proporcional Integral (PI)

Para el análisis de las curvas de respuesta del sistema con un control PI, se toma en cuenta los parámetros de sintonización, como los que se han ingresado en la figura 3.26.

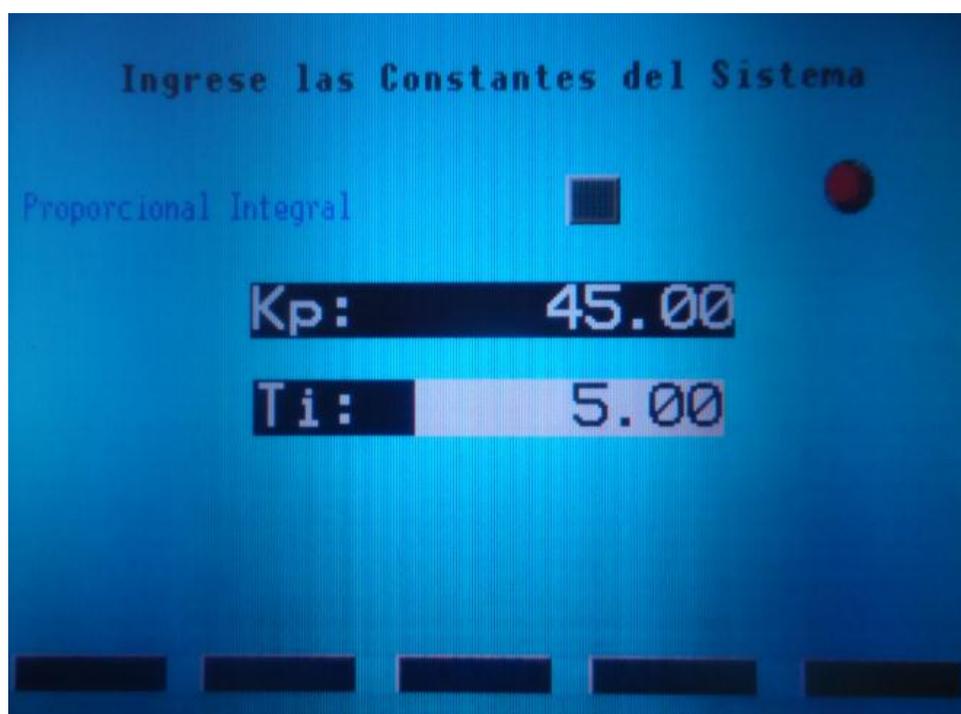


Figura 3.26. Pantalla para el ingreso de las constantes del control PI

Tabla 3.2 Parámetros de sintonización del control PI

SP(PSI)	Kp	Ti (min)	PV(PSI)
50	45.00	5.00	50
50	46.00	5.50	50



Figura. 3.27. Respuesta del sistema con un control PI

Como se puede observar en la figura 3.27 la respuesta del sistema es estable y sin error, luego de haber transcurrido el T_i (tiempo integral) ingresado tabla 3.2, la rapidez o lentitud de la respuesta del sistema es de acuerdo a este tiempo y se debe tener en cuenta que mientras mayor sea el T_i , el sistema se puede volver inestable además de lento.

En la figura 3.28 se incremento la carga siendo esta una perturbación y se puede observar que el sistema se demora en volver al valor de la consigna pero transcurrido el tiempo vuelva a estabilizarse.

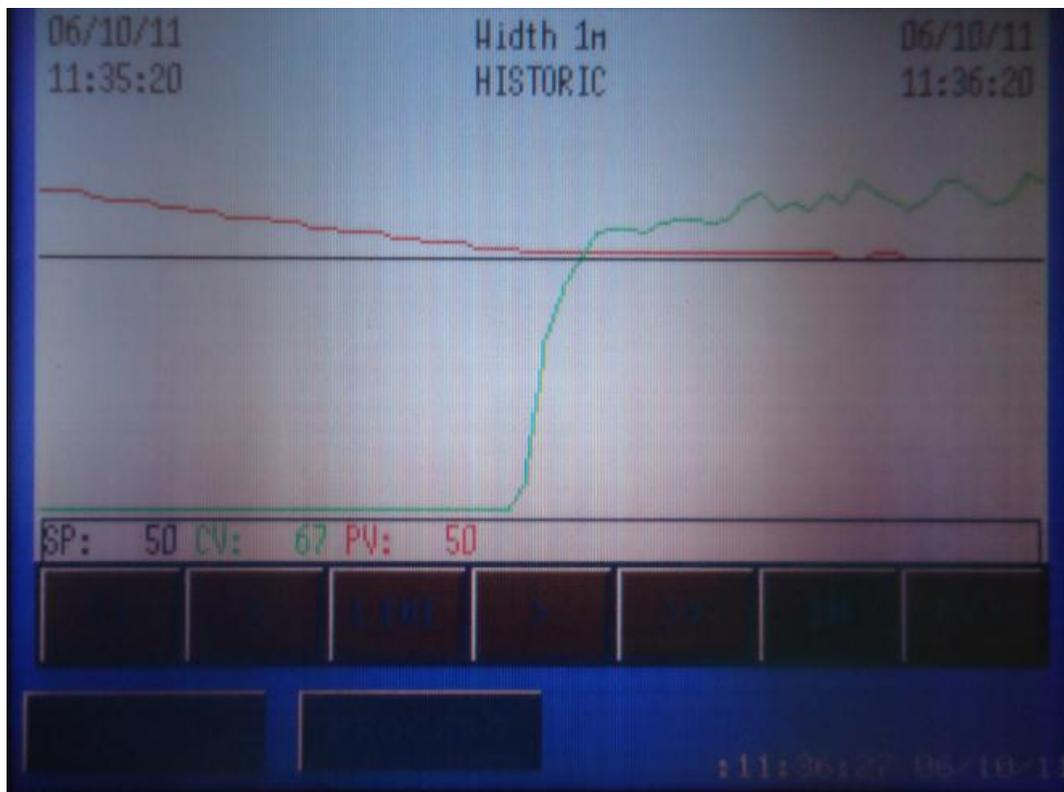


Figura. 3.28. Respuesta del sistema con un control PI con una perturbación

3.4.3 Control Proporcional Derivativo (PD)

Para realizar el análisis de curvas del sistema con un control PD se configura los siguientes parámetros:

Tabla 3.3 Parámetros de sintonización para un control PD

SP(PSI)	Kp	Td (min)	PV(PSI)
50	45	0.002	49
50	45	0.0015	47
50	44	0.02	46

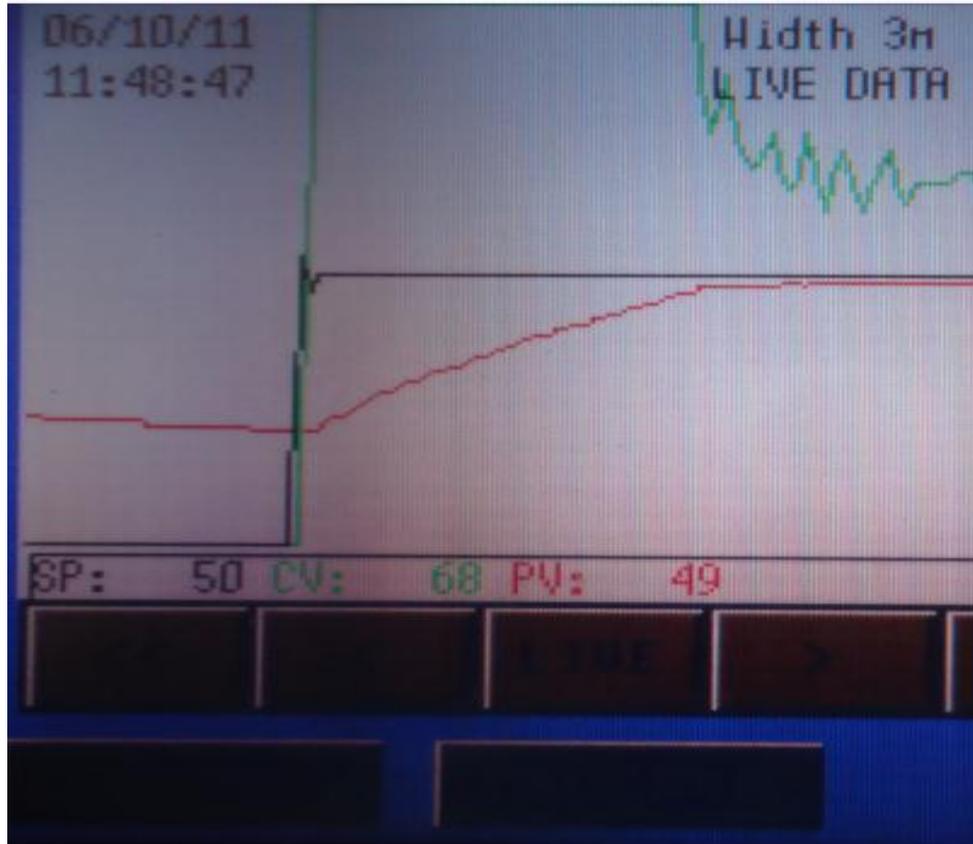


Figura. 3.29. Respuesta del sistema con un control PD

En la figura 3.29 se puede observar que con este tipo de control se tendrá un error en estado estable el cual será mínimo, propio de la acción de K_p pero así también será estable por la característica de la suma del T_d . Con este tipo de control cuando se tiene una perturbación el proceso vuelve a estabilizarse de una manera rápida.

3.4.4 Control Proporcional Integral derivativo (PID)

Cuando se elige el control PID se reúne las características de los tres tipos de control siendo esto una ventaja ya que se puede tener mayor eficiencia y rapidez de respuesta del sistema. Para realizar este control se utiliza los tres parámetros K_p , T_i , T_d .

Tabla 3.4. Parámetros de sintonización para un control PID

SP (PSI)	Kp	Ti (min)	Td (min)	PV (PSI)
41	60	2.00	0.001	41
41	55	2.00	0.001	41
41	58	2.00	0.010	41

Mediante el ingreso de los parámetros de la tabla 3.4 se obtiene un control PID, en la figura 3.30 se observa que la respuesta del sistema es rápida, estable y sin error, lo cual es necesario en un proceso industrial ya que así se obtiene una respuesta eficiente.

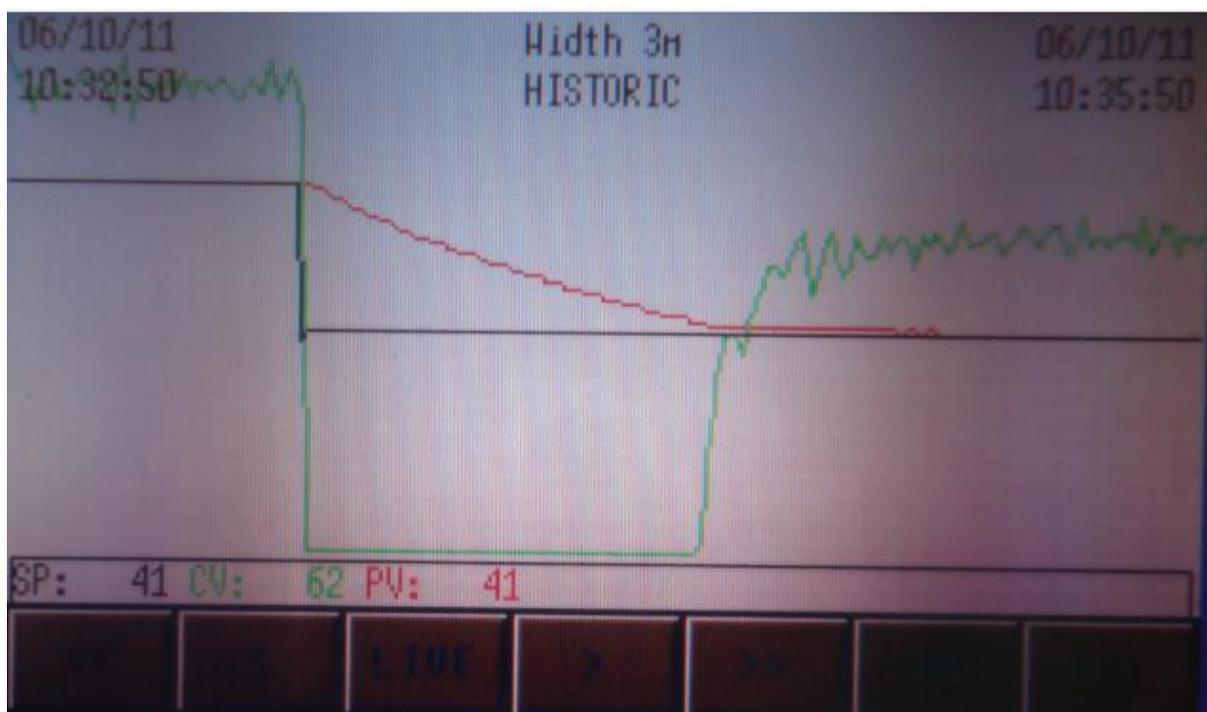


Figura 3.30. Respuesta del sistema con un control PID

En el sistema se aplicó una perturbación, apertura de la válvula de carga (V-5), y se observa en la figura 3.31 que el sistema se vuelve a estabilizar rápidamente, teniendo así un error por un tiempo mínimo, y luego de ello el sistema vuelve a la normalidad.



Figura 3.31. Respuesta del sistema con un control PID aplicando una perturbación

3.4.5 Control Proporcional Integral Derivativo con encendido de Alarmas

Cuando ya se sintonizó el sistema aplicando los parámetros de la tabla 3.4 entonces se cambió el valor del SP, a un valor bajo para que así se pueda ver el funcionamiento del control más el encendido de las luces de las alarmas. Como se observa en la figura 3.32, la respuesta del sistema es rápida por la misma razón de que se está aplicando el control PID. Llegado al valor del SP en un tiempo de 45 segundos.



Figura 3.32. Respuesta del sistema con un control PID más las alarmas

En la figura 3.33 se observa que el valor del SP es igual al valor del PV siendo exitoso el control del proceso, además que se puede observar cómo se enciende el aviso de alarma en este caso alarma baja y que además puede ser aceptada mediante la pulsación del botón ACK.

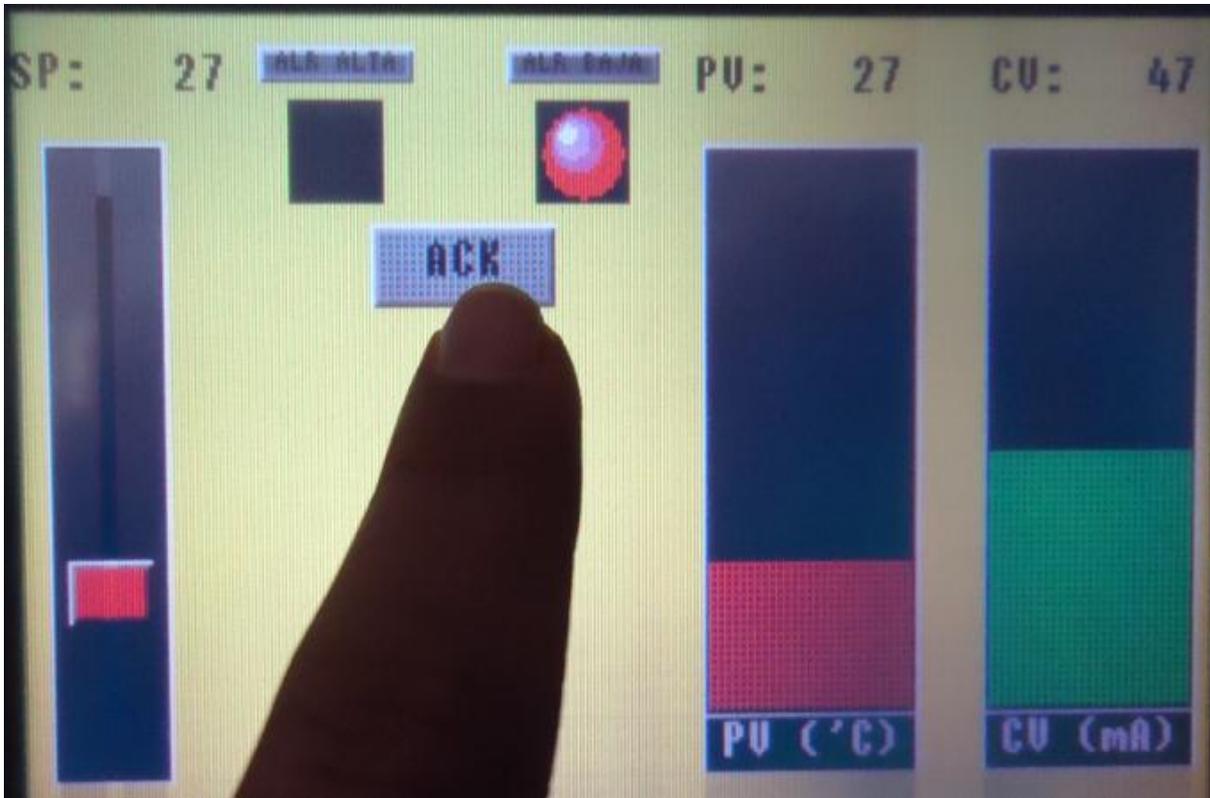


Figura 3.33. Pantalla principal de proceso

3.5 Alcance y limitaciones.

ALCANCES

Los alcances que presenta el sistema son:

- El PLC Siemens S7-200 con CPU 226 consta de dos puertos PPI, en los cuales puede estar conectado la Touch Screen mientras se sigue realizando cambios en el programa del Controlador Lógico Programable.
- Consta de cuatro alarmas de diferentes estados que se encuentran en el panel frontal, las cuales al activarse se pueden visualizar a largas distancias.
- Se puede realizar cambios tanto en el programa que contiene el PLC, como también en el programa de la Touch Screen.

- Se puede realizar un monitoreo, control y supervisión de la variable del proceso en tiempo real solo ingresando al menú de la Touch Screen.
- No se necesita de un registrador tangible para observar los cambios del sistema ya que solo es necesario ingresar a la opción de históricos que se encuentra en la pantalla táctil.

LIMITACIONES

Las limitaciones que el sistema presenta son:

- El transmisor Foxboro IAP-20, consta de un sensor con un rango máximo de 30PSI, si se supera éste valor se puede dañar el elemento primario.
- Para conectar ésta estación en red con las otras estaciones se debe realizar la adición de librerías al programa del PLC.
- El compresor de aire que abastece a ésta estación, también es utilizado para otras dos estaciones y para prácticas de otras carreras, por lo que existe una caída de flujo cuando todos trabajan al mismo tiempo.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Las conclusiones que se tienen al finalizar este proyecto son:

- La totalidad de las características implementadas al sistema de control de aire comprimido son el resultado de la aplicación de todos los conocimientos adquiridos durante la formación académica.
- La implementación de este sistema colabora con la mejor formación de nuevos profesionales, quienes podrán fomentar sus conocimientos de una forma más práctica, ya que con este sistema se puede realizar diferentes modos de control, similares a los procesos industriales.
- Los costos al culminar la implementación del sistema son relativamente menores a los costos que representaría adquirir un sistema en igual condiciones de funcionamiento.

- El HMI que se efectuó para el monitoreo, control y supervisión del sistema de control de la presión de aire comprimido cumple satisfactoriamente con su trabajo, ya que fue realizado con el software Crimson 2.0 propio de la Touch Screen Red Lion el cual consta con un entorno de programación muy amigable y además facilita la comunicación entre este dispositivo y el PLC Siemens S7-200 con CPU-226.
- El programa realizado en Micro/Win para el PLC Siemens S7-200 con CPU-226 cumple con todas las necesidades del sistema, ya que consta de herramientas poderosas para la programación una de ellas es el asistente PID.
- Se realizó los cálculos y estudio requerido para la instalación de las tuberías y tanques de almacenamiento de aire para el sistema de presión
- Mediante la utilización del calibrador Fluke-744, se realizó de una forma más rápida y sencilla la calibración del transmisor Foxboro IAP20.
- Mediante el uso de este sistema, la elaboración de las prácticas propuestas y a través del trabajo dirigido, se permitirá al estudiante la mejor comprensión y entendimiento que necesita para afianzar sus conocimientos en éstas aplicaciones tan importantes en el sector industrial.
- La implementación de este sistema además de complementar la infraestructura establecida del laboratorio de Redes Industriales, le posibilita al estudiante agrupar los conocimientos de diferentes materias de la ingeniería, logrando así un nivel académico muy competitivo.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar unas instalaciones eléctricas idóneas para el Laboratorio de Redes Industriales ya que es necesario para el buen funcionamiento de los equipos que se utilizan.

- Es necesario realizar un correcto estudio de los manuales de cada uno de los dispositivos usados, ya que esto es primordial antes de su manipulación y así evitar daños irreversibles a estos.
- Se debe tener cuidado al realizar las conexiones de los dispositivos ya que si estas tienen algún tipo de falla todo el sistema colapsará.
- Es recomendable tener en cuenta que para las conexiones neumáticas tanto internas como externas se usa la manguera color azul, que tiene un diámetro interno de 6mm. No se puede utilizar otra manguera ya que se podría dañar los elementos neumáticos.

REFERENCIAS

- Siemens, Referencia Conjunto Instrucciones, Controladores Programables PLC S7-200
- Box, G.E. y Jenkins, G., Time Series Analysis Forecasting and Control, Edición Revisada. Editorial Holden-Day, San Francisco, Estados Unidos (1976)
- Durdu O. Robust Control of Irrigation Canals, Fresenius Environmental Bulletin 14 (8), 648-662 (2005).
- Hernández S., L. y Hernández R., J., Sintonía de Reguladores PID. Departamento de Automática y Sistemas Computacionales, Universidad de Las Villas, Cuba (1999)
- Internet 1, es.geocities.com/jeeesusmeeerino/procesos/teoria pid/ teoria pid2.html, fecha acceso: Marzo (2006)
- Lee Y., Park S., Lee M. y Brosiliw C., "PID Controller Tunig for Desired Closed-Loop Response for SI/SO", AICHE J., 44 (1), 106-115 (2004)
- Ógata K., Ingeniería de Control Moderna, Cuarta Edición. Editorial Prentice Hall Internacional, Madrid, España (1978)
- Whan Sung S., Lee Tai-yog y Park S. "Optimal PID Controller Tuning Method for Single-Input /Single.-Output", AICHE Journal , Vol 48, (6), 1358 -1361 (2004).
- Paco Pumps. Booster System Selection Considerations and Pacoflo 9.000 Feature Description. F9b.2 6/90 New.
- H. W. King y E. F. Brater. Manual de Hidráulica. Editorial UTEHA. México, 1.962.
- Crane, División de Ingenieros, Flujo de fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuber.as. Editorial: McGraw
- Hill/Interamericana de México, S.A. México, 1990.

ANEXOS A GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

AC: Es la abreviatura de corriente alterna.

API: Es una interface de aplicación de programas. Es un conjunto de rutinas del sistema, que se pueden usar en un programa para la gestión entrada/salida, etc.

Area de datos: El área de datos de la S7-200, está dividida en 5 áreas de datos diferentes: imagen de procesos de las entradas y salidas, marcas internas, marcas especiales y memoria de variables.

ASCII: El código ASCII (American Standard Code for Information Interchange), sirve para representar información alfanumérica.

B

Bit: Es la unidad de una señal binaria, es la menor unidad de información y que puede tomar el valor de “0” o “1”, “activado” ó ”desactivado”, “verdadero” ó “falso”.

Byte: Está formado por 8 caracteres binarios sucesivos, es decir 8 bits. En un PLC esto permite agrupar en un byte de entrada (EB), un byte de salida (AB), los estados de señal de 8 entradas o 8 salidas. De la misma manera que para las entradas/salidas, se hablara de Byte de marca interna (MB) o de byte de memoria especial (VB)

C

Cable PC/PPI: El cable PC/PPI permite conectar el puerto RS-485 del S7-200 al puerto RS-232 de un PC estándar.

Conector de Bus: Este conector permite empalmar la CPU a un modulo de extensión adicional.

E

EEPROM: Es la abreviatura inglesa de Electrically Erasable Programmable Read Only Memory. Se trata de una memoria no volátil que sirve para almacenar datos.

M

Marcas Especiales: En el PLC se encuentra las marcas especiales, estas disponen una de una serie de funciones de estado y control, además sirven para intercambiar informaciones entre el autómatas y el programa. Las marcas especiales cuentan con áreas de solo lectura y de lectura/escritura. El área de solo lectura inicia en SM0 y termina en SM29.

Memoria no Volátil: La memoria no volátil no pierde su contenido aun sin aplicar corriente.

O

Ohmio: Unidad de medida de la Resistencia Eléctrica. Y equivale a la resistencia al paso de electricidad que produce un material por el cual circula un flujo de corriente de un amperio, cuando está sometido a una diferencia de potencial de un voltio.

P

Palabra: En el PLC una palabra consta de 16 bits.

Palabra doble: en el PLC una palabra doble consta de 32 bits

PSIA: La unidad de medida es la libra (fuerza) sobre pulgada cuadrada. La medida en PSIA expresa la “presión absoluta”, tomando como cero la ausencia total de presión.

PSIG: Mide la “presión relativa o manométrica”, que toma como cero el valor de la presión atmosférica (14,7 PSIA). Es una unidad práctica, porque los manómetros comunes marcan cero cuando están abiertos a la atmosfera. Y para convertir PSIG en PSIA se debe sumar 14,7 libras/pulg².

Puertos de Comunicación: es el elemento en donde se intercambian datos con otro dispositivo

R

RAM: Es la abreviatura de Random Access Memory, es la memoria de trabajo de la CPU. Contiene el programa y los datos a los que accede el programa durante su ejecución.

Resistencia Eléctrica: Se define como la oposición que ofrece un cuerpo a un flujo de corriente que intente pasar a través de si.

ROM: Es la abreviatura de Read Only Memory, que es la memoria de solo lectura, esta es una memoria permanente cuyo contenido no puede ser modificado.

RS-232: Conector de interfaz de un ordenador, utilizado para conectar dispositivos de puerto serie como instrumentos para la transferencia de información.

S

Sensibilidad: Es la entrada más pequeña que puede proporcionar una salida específica.

Sistema de Control: Es un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con la finalidad de obtener un funcionamiento establecido.

T

Temporizadores: los temporizadores (TON ó TONR), son elementos que cuentan intervalos de tiempo. Los temporizadores del S7-200 tiene intervalos de 1, 10, 100 milisegundos.

Tierra: Comprende a toda la conexión metálica directa, sin fusibles ni protección alguna, de sección suficiente entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo, con el objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones no existan diferencias potenciales peligrosas y que al mismo tiempo permita el paso a tierra de las corrientes de falla o la de descargas de origen atmosférico.

V

Voltio: Es la unidad de fuerza que impulsa a las cargas eléctricas a que puedan moverse a través de un conductor. Su nombre, voltio, es en honor al físico italiano, profesor en Pavia, Alejandro Volta quien descubrió que las reacciones químicas originadas en dos placas de zinc y cobre sumergidas en ácido sulfúrico originaban una fuerza suficiente para producir cargas eléctricas.

ANEXO B HOJAS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ANEXO C

MANUAL DE PRÁCTICAS

Ejercicio 1.-

Características del Tiempo de Respuesta de un Transmisor de presión FOXBORO IAP 20

OBJETIVOS

Para el cumplimiento de este proyecto, usted deberá ser capaz de montar un arreglo de prueba para observar las características de tiempo de respuesta de un transmisor de presión.

DISCUSION

Los transmisores de presión son muy exactos en la medición de presiones en estado estacionario. En muchas aplicaciones, los transmisores de presión deben tener la habilidad de tener una respuesta rápida y precisa a las condiciones de la dinámica de presión. Es importante conocer que tan rápido responde el transmisor de presión a la dinámica de las condiciones de presión. También es importante conocer que tan rápido responde a cambios de presión el transmisor.

Este ejercicio va a comparar el tiempo de respuesta de un proceso usando un transmisor con el tiempo de respuesta de un transmisor. La respuesta del transmisor debe ser más rápida que la respuesta a cambios de todo el proceso o de lo contrario el transmisor podría causar constantes oscilaciones en el proceso creando condiciones de inestabilidad.

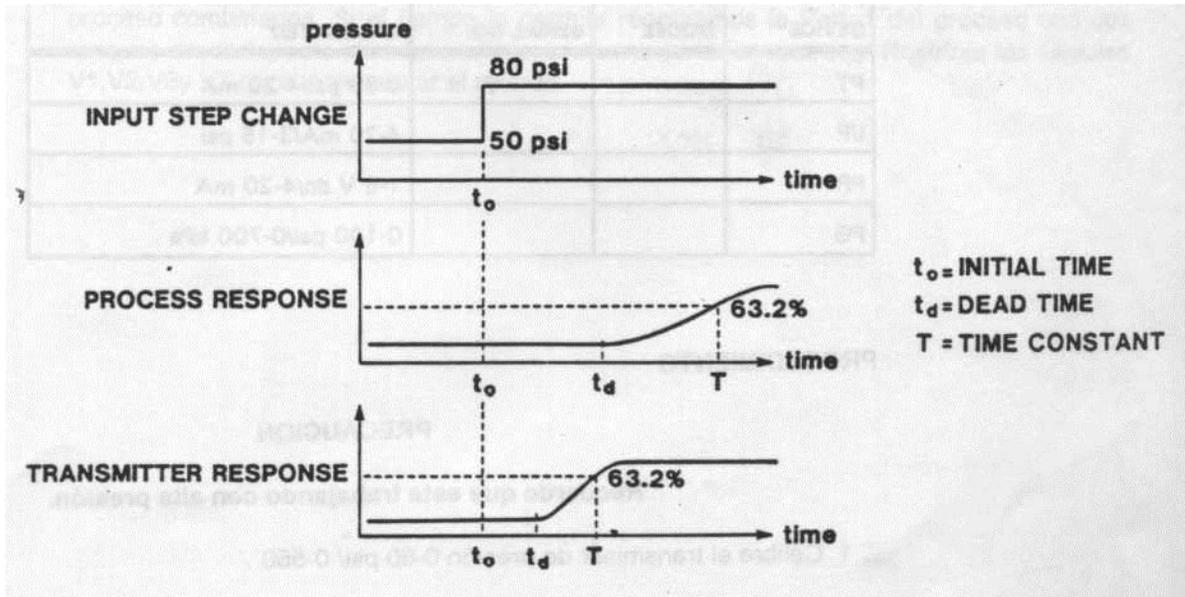


Figura 1-1

Hay tres importantes términos que son usados para caracterizar la reacción del proceso debida a perturbaciones. Estas son la ganancia del proceso, la constante de tiempo y el tiempo muerto. El efecto de cada uno de estos términos puede ser observado sobre el registro de gráficas, obtenidas del registro.

NOTAS DEL PROCEDIMIENTO

1. El procedimiento involucra cambios a escalón para el transmisor de presión desde 10 psi hasta 40 psi. Para el propósito de este ejercicio se considera instantáneo el cambio del escalón.
2. El proceso y el transmisor van a tomar algún tiempo para responder a cambios al escalón, el proceso incluye cambios en el tanque, en el flujo del aire a través de los tubos y turbinas y en el transmisor. Esta reacción va a ser tomada tan larga como la reacción de sólo el transmisor. La Figura 1-1 muestra curvas de respuestas típicas.

LISTA DE EQUIPO

La estación de procesos 3501 incluye:

1. Transmisor de Presión Electrónico (PT).
2. Transductor de Corriente a Presión (I/P).
3. Controlador lógico Programable (C).
4. Pantalla Táctil (PI).
5. Regulador de Presión (PR).

DATOS INSTRUMENTALES

DEVICE	MODEL	SERIAL NO.	CALIBRATED
PT			0-40 psi/4-20 mA
I/P			4-20 mA/3-15 psi
C			4-20 mA
PR			0-100 psi/0-700 kPa
PI			Comunicación serial RS-485

PROCEDIMIENTO

PRECAUCION

Recuerde que está trabajando con alta presión.

1. Calibre el transmisor de presión 0-40 psi.
2. Coloque y conecte el equipo como en el diagrama de lazo.

Parte 1

3. Mida la Respuesta del proceso y del transmisor.

- a. Coloque el PRR-1 a 10 psi y abra V-2
- b. Abra V-1 para cargar la cápsula del transmisor y conecte el proceso (encienda equipo).
- c. Cierre la V-2 Coloque PRR-1 a 40 psi.
- d. Empiece el registro abriendo la V-2 detenga el registro cuando el proceso sea estable.

Parte 2

4. Mida la Respuesta de sólo el transmisor.

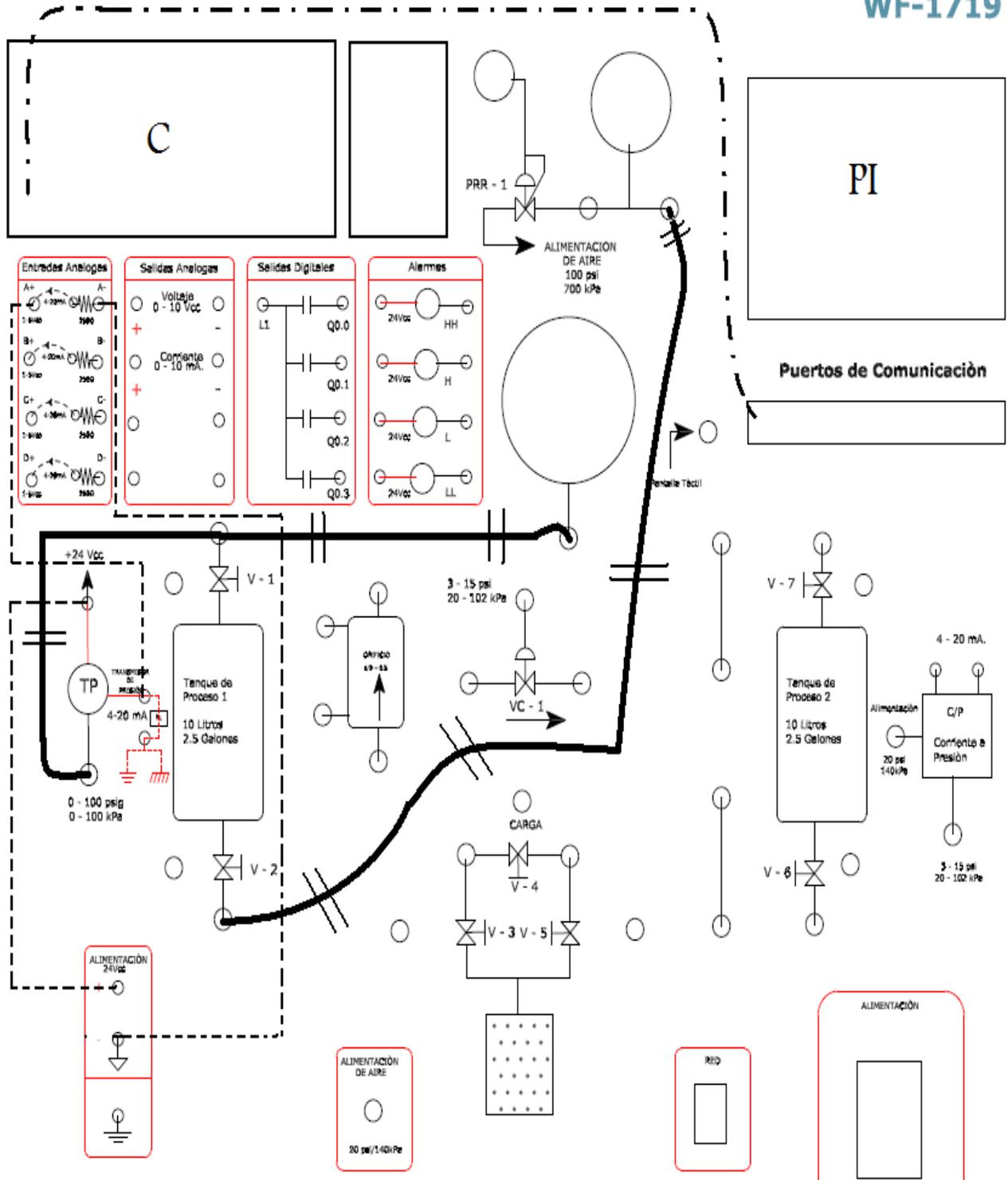
- a. Coloque el PRR-1 a 10 psi y abra V-2.
- b. Abra V-1 para cargar la cápsula del transmisor y conecte el proceso cierre V-2
- c. Incremente PRR-1 a 40 psi.
- d. Empiece el registro abriendo la V-2 detenga el registro cuando el proceso sea estable.

5. Compare las dos curvas del registro y observe las diferencias de tiempo.

6. La respuesta del trasmisor es más rápida que la respuesta de transmisor y el proceso combinados. Si el tiempo lo permite repetiremos la Parte 1 del proceso con dos tanques en serie, esto introduce al proceso considerables retardos. Restrinja las válvulas V-1, V-2, V-6 y V-7 para incrementar el retardo.

DIAGRAMA DE LAZO

Estación de Presión
WF-1719



PREGUNTAS

1. ¿Cuándo debería tener usted una rápida respuesta del transmisor?

2. Hay muchas explicaciones por las cuales no es deseable que el transmisor rápidamente.
Explique

3. Explique la importancia del lugar donde usted coloca el transmisor en el proceso

Ejercicio 2.-

Características del Tiempo de Respuesta de un Transmisor de presión GEORG FISHER SIGNED 8450

OBJETIVOS

Para el cumplimiento de este proyecto, usted deberá ser capaz de montar un arreglo de prueba para observar las características de tiempo de respuesta de un transmisor de presión.

DISCUSION

Los transmisores de presión son muy exactos en la medición de presiones en estado estacionario. En muchas aplicaciones, los transmisores de presión deben tener la habilidad de tener una respuesta rápida y precisa a las condiciones de la dinámica de presión. Es importante conocer que tan rápido responde el transmisor de presión a la dinámica de las condiciones de presión. También es importante conocer que tan rápido responde a cambios de presión el transmisor.

Este ejercicio va a comparar el tiempo de respuesta de un proceso usando un transmisor con el tiempo de respuesta de un transmisor. La respuesta del transmisor debe ser más rápida que la respuesta a cambios de todo el proceso o de lo contrario el transmisor podría causar constantes oscilaciones en el proceso creando condiciones de inestabilidad.

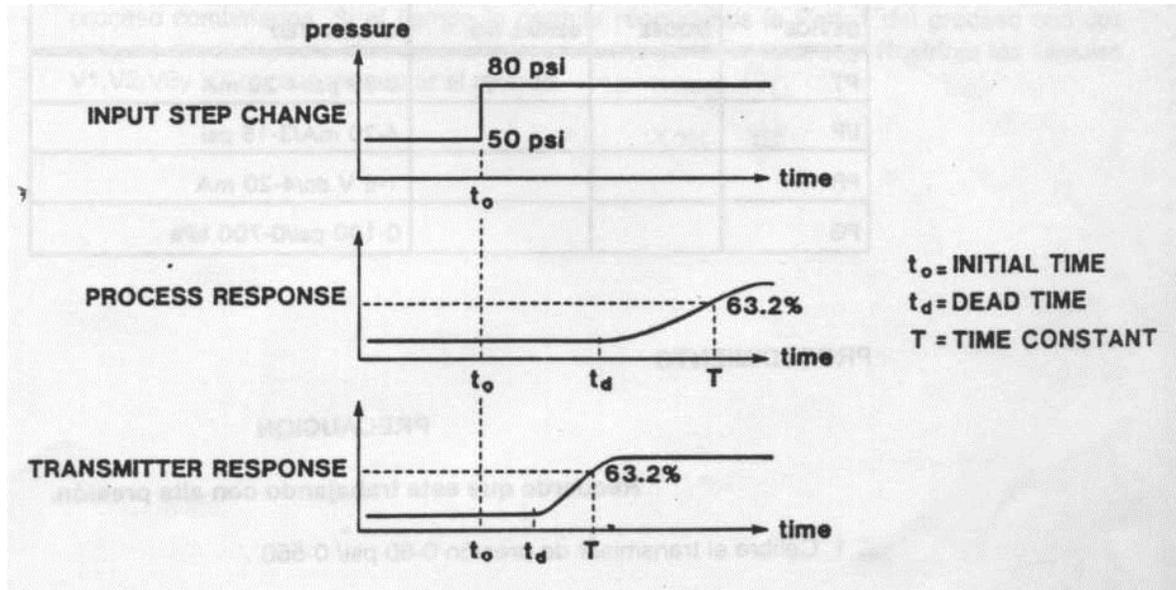


Figura 2-1

Hay tres importantes términos que son usados para caracterizar la reacción del proceso debida a perturbaciones. Estas son la ganancia del proceso, la constante de tiempo y el tiempo muerto. El efecto de cada uno de estos términos puede ser observado sobre el registro de gráficas, obtenidas del registro.

NOTAS DEL PROCEDIMIENTO

3. El procedimiento involucra cambios a escalón para el transmisor de presión desde 50 psi hasta 80 psi. Para el propósito de este ejercicio se considera instantáneo el cambio del escalón.

4. El proceso y el transmisor van a tomar algún tiempo para responder a cambios al escalón, el proceso incluye cambios en el tanque, en el flujo del aire a través de los tubos y turbinas y en el transmisor. Esta reacción va a ser tomada tan larga como la reacción de sólo el transmisor. La Figura 2-1 muestra curvas de respuestas típicas.

LISTA DE EQUIPO

La estación de procesos 3501 incluye:

1. Transmisor de Presión Electrónico (PT).
2. Transductor de Corriente a Presión (I/P).
3. Controlador lógico Programable (C).
4. Pantalla Táctil (PI).
5. Regulador de Presión (PR).

DATOS INSTRUMENTALES

DEVICE	MODEL	SERIAL NO.	CALIBRATED
PT			0-40 psi/4-20 mA
I/P			4-20 mA/3-15 psi
C			4-20 mA
PR			0-100 psi/0-700 kPa
PI			Comunicación serial RS-485

PROCEDIMIENTO

PRECAUCION

Recuerde que está trabajando con alta presión.

1. Calibre el transmisor de presión 0-80 psi.
2. Coloque y conecte el equipo como en el diagrama de lazo.

Parte 1

3. Mida la Respuesta del proceso y del transmisor.

- a. Coloque el PRR-1 a 50 psi y abra V-2
- b. Abra V-1 para cargar la cápsula del transmisor y conecte el proceso (encienda equipo).
- c. Cierre la V-2 Coloque PRR-1 a 80 psi.
- d. Empiece el registro abriendo la V-2 detenga el registro cuando el proceso sea estable.

Parte 2

4. Mida la Respuesta de sólo el transmisor.

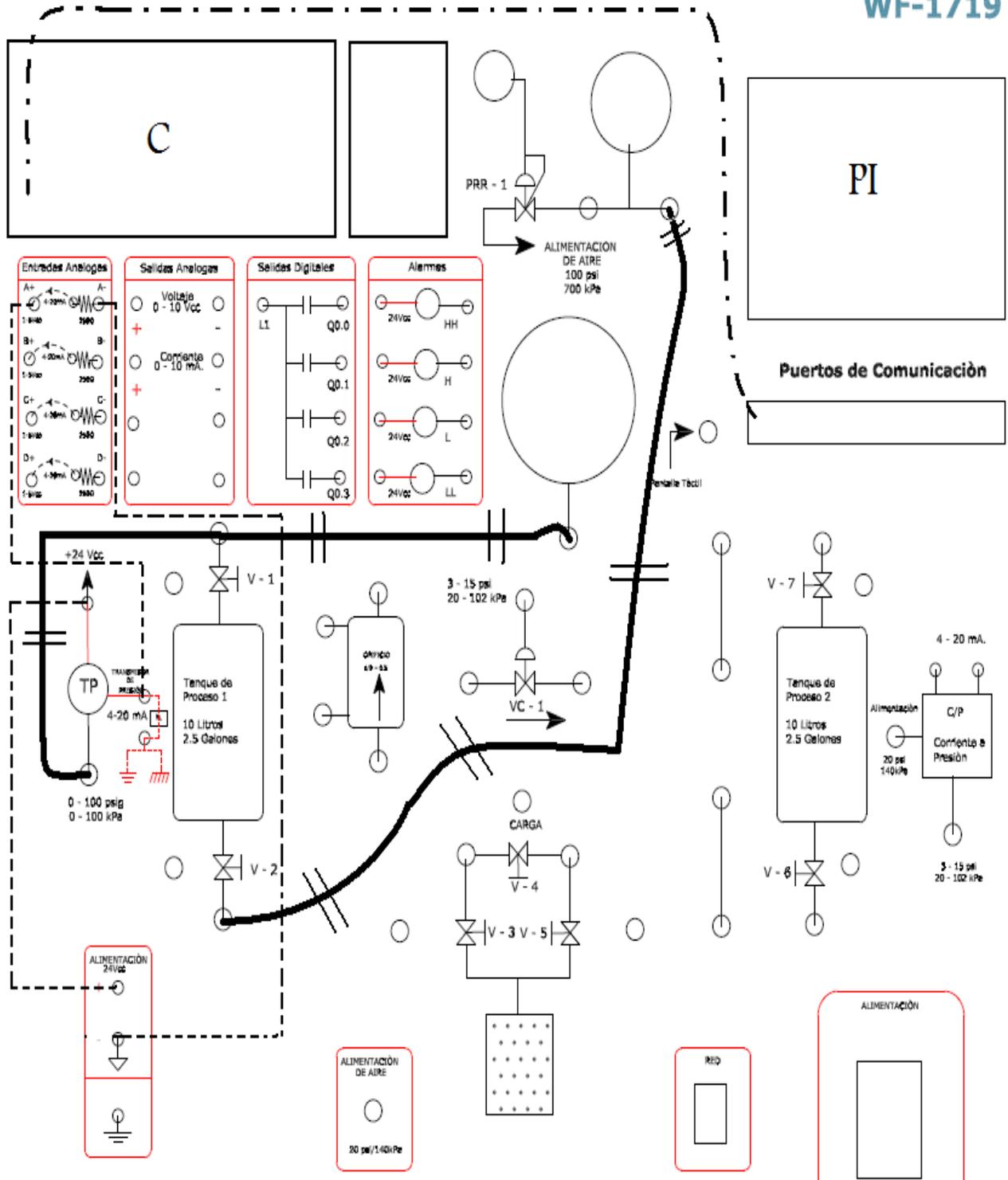
- a. Coloque el PRR-1 a 50 psi y abra V-2.
- b. Abra V-1 para cargar la cápsula del transmisor y conecte el proceso cierre V-2
- c. Incremente PRR-1 a 80 psi.
- d. Empiece el registro abriendo la V-2 detenga el registro cuando el proceso sea estable.

5. Compare las dos curvas del registro y observe las diferencias de tiempo.

6. La respuesta del trasmisor es más rápida que la respuesta de transmisor y el proceso combinados. Si el tiempo lo permite repetiremos la Parte 1 del proceso con dos tanques en serie, esto introduce al proceso considerables retardos. Restrinja las válvulas V-1, V-2, V-6 y V-7 para incrementar el retardo.

DIAGRAMA DE LAZO

Estación de Presión
WF-1719



PREGUNTAS

1. ¿Cuándo debería tener usted una rápida respuesta del transmisor?

2. Hay muchas explicaciones por las cuales no es deseable que el transmisor rápidamente.
Explique

3. Explique la importancia del lugar donde usted coloca el transmisor en el proceso

Ejercicio 3.-

Características del Proceso de Presión

OBJETIVOS

En la culminación de este proyecto usted deberá ser capaz de usar la instrumentación estándar del proceso para determinar las características del proceso de presión.

DISCUSION

Entendiendo como el proceso responde a cambios es importante para el individuo que calibra los instrumentos usados para controlar el proceso, entender como el proceso responde a cambios. También es importante conocer que tan rápido la salida medida del instrumento responde a condiciones cambiantes.

Un metodo fácil para observar las características de el proceso es por medio de perturbaciones al proceso y monitorear la reacción en el registrador de curvas.

NOTAS DEL PROCEDIMIENTO

1. El procedimiento involucra un cambio a escalón en el funcionamiento del calibrador ver (Figura 3-1) por medio de rápidos incrementos en las entradas de 4 a 12 mA.

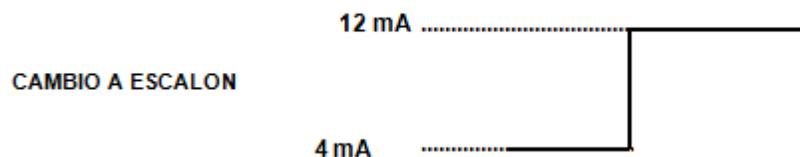


Figura 3-1

2. El proceso va a tomar algún tiempo para reaccionar al cambio instantáneo del escalón. Esto es debido a muchos factores, incluyendo el tiempo que éste toma para incrementar la presión del aire y el flujo a través del sistema. El cambio actual del escalón va a ser considerado instantáneo para simplificar cálculos. El cambio a escalón y la reacción del proceso resultante son mostrados en la figura 3-2.

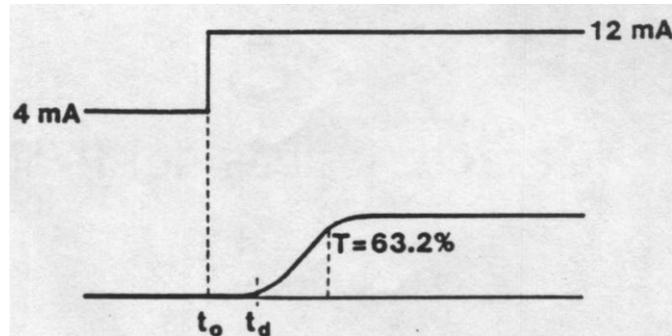


Figura 3-2

- a. Cambio a escalón ara el control de la válvula vía I/P.
- b. Reacción del proceso.

Donde:

t_0 = tiempo inicial

t_d = tiempo muerto (tiempo que toma el proceso en empezar a reaccionar al cambio del escalón)

t = constante de tiempo del proceso (tiempo que toma el proceso para alcanzar el 63.2% del valor del estado final)

LISTA DEL EQUIPO

La estación de procesos 3501 incluye:

1. Transmisor de Presión Electrónico (FT).
2. Transductor de Corriente a Presión (I/P).
3. Controlador lógico Programable (C).
4. Pantalla Táctil (PI).
5. Regulador de Presión (PR).

DATOS INSTRUMENTALES

DEVICE	MODEL	SERIAL NO.	CALIBRATED
PT			0-50 psi/4-20 mA
I/P			4-20 mA/3-15 psi
C			4-20 mA
PR			0-100 psi/0-700 kPa
PI			Comunicación RS-485

PROCEDIMIENTO

PRECAUCION Usted está trabajando a altas presiones.

1. Coloque y conecte el equipo como un diagrama de lazo.
2. Calibre el transmisor de presión.
3. Coloque el calibrador de 4 mA a 12 mA y coloque el PRR-1 a 50 psi / 0-350 KPa. Gire la válvula V-3 al 25% abierto. Empiece a registrar la presión en 5 mm/sec.
4. Coloque el calibrador de 4 mA a 12 mA. cuando el proceso se haya estabilizado, detenga el registro.
5. Registre el cambio en el proceso de presión y lea en PI-2 P inicio _____ P final _____
6. Haga los cálculos (Ver Notas y Cálculos).

NOTAS Y CALCULOSPresión inicial (P_I)_____Presión final (P_F)_____Cambio de Presión $P_c = P_F - P_I =$ _____**GANANCIA DEL PROCESO**

1. Exprese el cambio de presión (P_c) como un porcentaje de la expansión del transmisor.

$$P_c / \text{Expansión} \times 100\% = \underline{\hspace{2cm}}$$

2. Exprese el cambio en la posición del proceso como un porcentaje.

$$\frac{\underline{9 \text{ psi} - 3 \text{ psi}}}{12 \text{ psi}} \times 100\% = \underline{\hspace{2cm}}$$

3. Ganancia del Proceso = $\frac{\text{Cambio en la salida (en \% de expansión)}}{\text{Cambio en la entrada (en \% de expansión)}} =$

PROCSO DE TIEMPO MUERTO (td)

4. Proceso de Tiempo Muerto (td) = diferencia de tiempo entre los puntos cuando la señal de la válvula cambia de 3 a 9 psi y cuando el nivel de el proceso empieza a aumentar_____

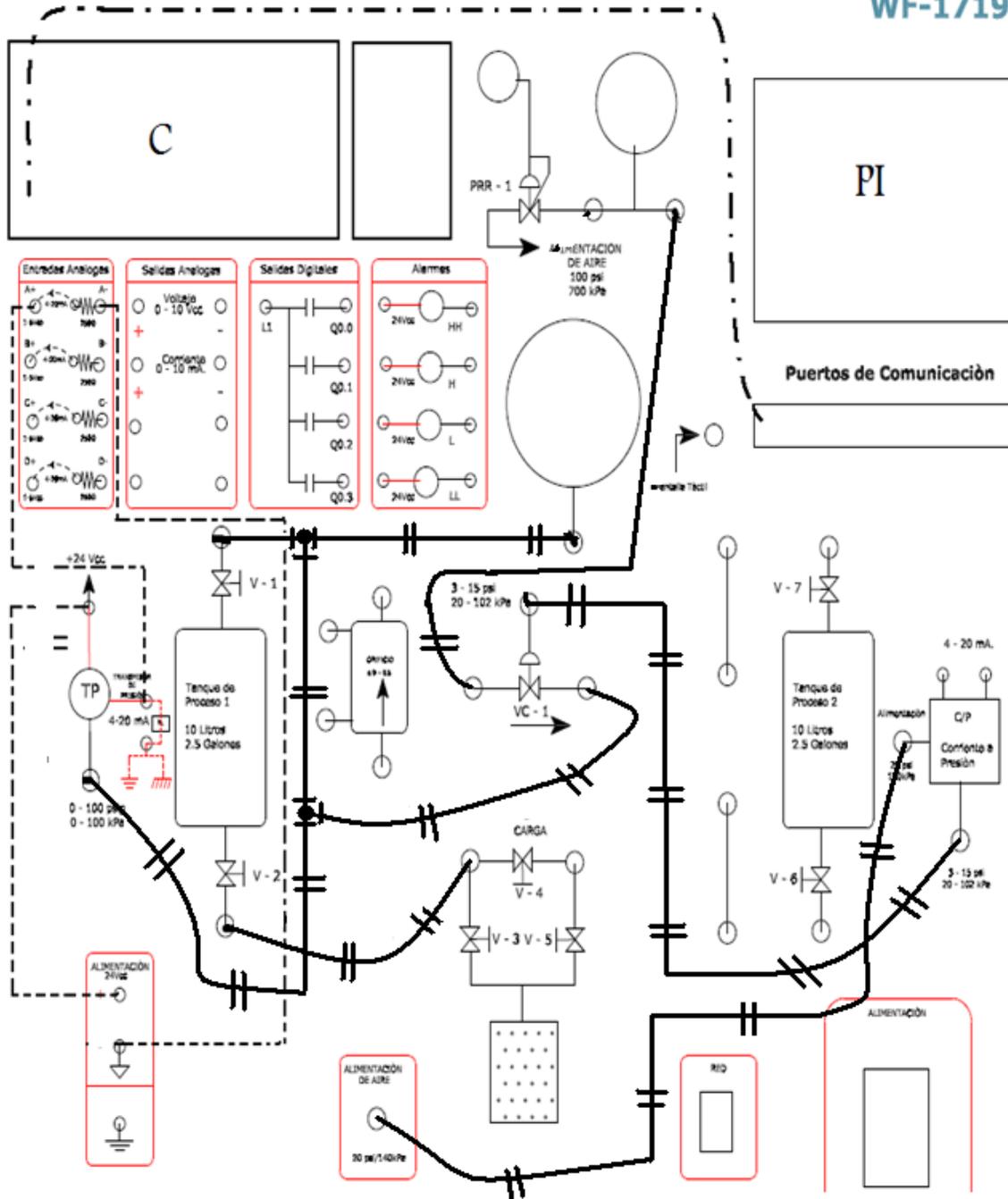
Nota: *Usted va a necesitar conocer la velocidad del registro*

CONSTANTE DE TIEMPO DEL PROCESO (t)

5. Determine la constante de tiempo del proceso (t) = al tiempo que toma el proceso en alcanzar 63.2% del valor del estado estacionario final.

DIAGRAMA DE LAZO

Estación de Presión
WF-1719



PREGUNTAS

1. ¿En las dos presiones de los tanques que fueron conectados en serie, el proceso va a ser rápido o lento? Explique

2. ¿Qué factores causan que se presente tiempo muerto en el proceso de presión?

3. ¿Por qué el proceso de presión alcanzó un valor de estado estacionario de menos de 50 psi/350 KPa?

Ejercicio 5

Control Proporcional de un Proceso de Presión

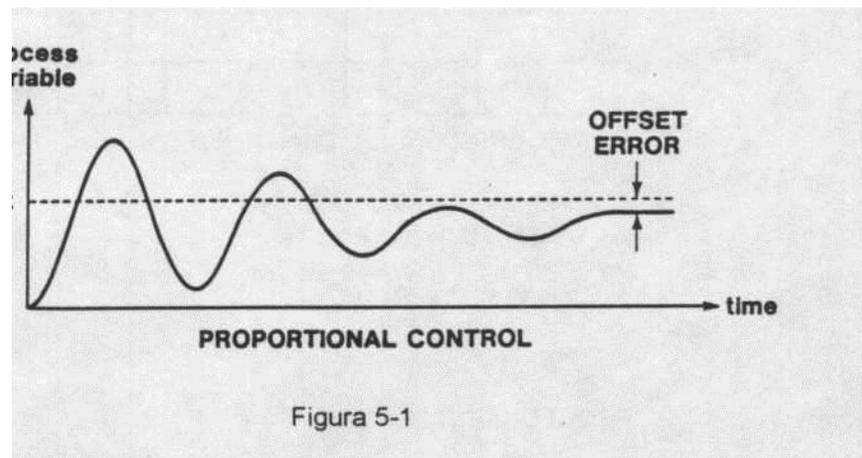
OBJETIVOS

Al finalizar este proyecto usted deberá ser capaz de usar el estándar de un proceso de instrumentación para observar y analizar los efectos de un controlador proporcional.

DISCUSION

Es importante para el individuo que debe calibrar los instrumentos usados para controlar el proceso, entender como el proceso responde a cambios. Un método fácil para observar cómo se afectan las características de ajuste del controlador de un proceso, es provocando perturbaciones en el proceso y monitoreando la reacción en un registro de velocidad variable.

El punto de referencia es escogido representando el valor deseado de la variable controlada. Las entradas del controlador resultan de la medida de la variable controlada y determina una salida apropiada para el elemento final de control, de acuerdo con la magnitud de la desviación desde el punto de referencia y como el operador haya establecido el instrumento. El resultado de las diferentes referencias puede ser observadas en la pantalla táctil.



Las funciones de un controlador proporcional que mantienen el proceso dentro de una banda específica de puntos de control. Este proporciona una relación lineal de salida entrada.

$$\text{Banda Proporcional} = \frac{\% \text{ Cambio de la entrada}}{\% \text{ Cambio de la salida}} \times 100\%$$

% Cambio en la salida

La Ganancia es la razón de salida a entrada de cualquier sección de un sistema controlado y es inversamente relacionado con la banda proporcional.

$$Ganancia = \frac{Cambio\ en\ la\ Salida}{Cambio\ en\ la\ Entrada}$$

Con una ganancia baja, un gran cambio en la señal de entrada se requiere para causar un cambio en la salida desde 0 - 100%. Dentro de la banda proporcional, la salida del controlador es proporcional a la entrada de la señal y el factor de ganancia determina la relación proporcional. La magnitud del error de offset se relaciona directamente con la banda proporcional. Una ganancia alta da como resultado un error de offset reducido pero incrementan la inestabilidad.

LISTA DE EQUIPO

Estación de Proceso de Presión WF 1719 , incluye:

1. PLC siemens (C)
2. Transmisor de Presión Electrónico.(PT)
3. Pantalla Táctil (PI)
4. Conversor de Corriente a Presión (I/P)

DATOS INSTRUMENTALES

DEVICE	MODEL	SERIAL NO.	CALIBRATED
PT			0-100 psi/4-20 mA
I/P			4-20 mA/3-15 psi
PR			1-5 V dc/4-20 mA

CONFIGURACION DEL CONTROL

Ganancia = 1 (PB=100%)

PROCEDIMIENTO

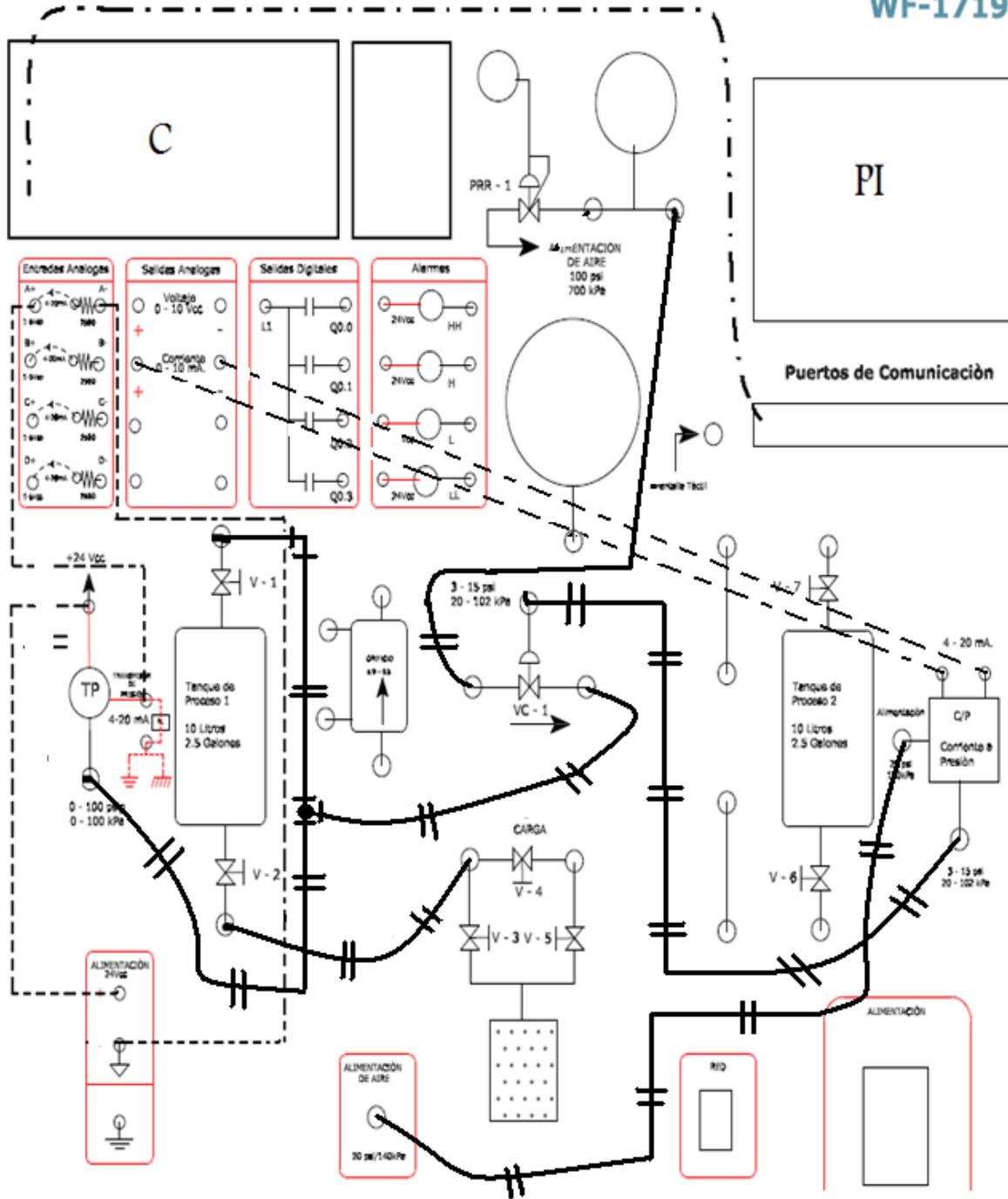
PRECAUCION Usted está trabajando con alta Presión.

1. Coloque y conecte el equipo como en el diagrama de lazo.

2. Calibre el transmisor de Presión.
3. Coloque el controlador en la Configuración Controlador.
4. Obstruya el puerto entre las válvulas V-4 y V-5 abra totalmente V-4. cierre V-5 y parcialmente. Abra V- 3 para introducir carga al proceso.
5. Manualmente ajuste la salida hasta que la variable medida sea igual al punto de referencia. Comience el registro y coloque el controlador en Automático.
6. Los efectos en la respuesta de la ganancia original cambian respecto a la carga.
 - a. Abra totalmente la válvula V5.
 - b. Detenga el registro cuando el proceso se estabilice.
 - c. Cierre la válvula V5 y deje que el proceso se estabilice.
7. Incremente la respuesta de la ganancia para cambiar la carga.
 - a. Incremente la ganancia a (% PB)
 - b. Comience el registro.
 - c. Repita los pasos 6 (a), (b), (c).
8. El efecto de la ganancia original en la respuesta cambia el punto de referencia.
 - a. Ajuste la ganancia a 1 (100% P.B)
 - b. Comience el registro rápidamente decremente el punto de referencia al 20%.
 - c. Detenga el registro cuando el proceso se estabilice y ajuste el punto de referencia al 50%, permita que el proceso se estabilice.
9. Incrementando la ganancia en la respuesta cambia el punto de referencia.
 - a. Ajuste la ganancia a (% P.B)
 - b. Comience el registro rápidamente decremente el punto de referencia al 20%.
 - c. Detenga el registro cuando el proceso se estabilice y apáguelo.

DIAGRAMA DE LAZO

Estación de Presión
WF-1719



PREGUNTAS

1. Para el efecto de la perturbación por el cambio de carga del proceso (Paso 6), describa la forma de onda en el registrador en términos del error de offset y la estabilidad.

2. Para el efecto del incremento en la ganancia sobre la respuesta al cambio de carga (Paso 6) describa la forma de onda en el registrador en términos de el error de offset y la estabilidad. Compare con el paso 6.

3. Para el efecto del incremento en la ganancia sobre la respuesta al cambio de punto de referencia (Paso 8) describa la forma de onda en el registrador en términos de el error de offset y la estabilidad.

4 Para el efecto del incremento en la ganancia sobre la respuesta al cambio de punto de referencia (Paso 9), describa la forma de onda en el registrador en términos del error de offset y la estabilidad. Compare con el paso 6.

5. Para el efecto del incremento en la estabilidad sobre la respuesta del proceso, utilizando un controlador proporcional, ¿usted incrementarla o decrementaría el ajuste de la ganancia? Explique.

6. En términos del offset y de la estabilidad, ¿cómo podría la respuesta en el punto de referencia cambiar si se afecta el proceso por un cambio pasando de 2 tanques de galón a un tanque de galón? Asuma que el ajuste de la ganancia del controlador no cambia.

7. En un controlador únicamente proporcional, ¿cómo podría el error de offset ser compensado luego de tener una perturbación?

Ejercicio 6.-

Control Proporcional e Integral en un Proceso de Presión

OBJETIVOS

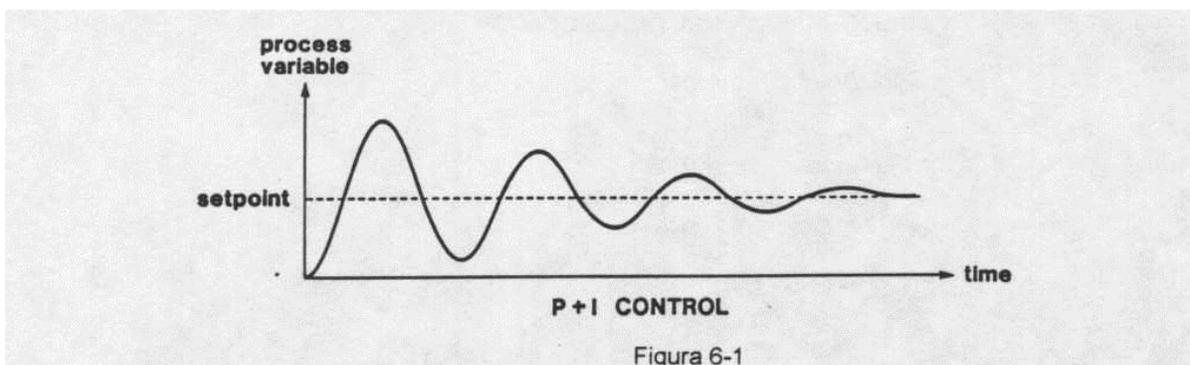
Al finalizar este proyecto usted deberá ser capaz de usar el estándar de un proceso de instrumentación, para observar y analizar los efectos de demanda y los cambios en el punto de referencia de un controlador proporcional e integral en un Proceso de Presión.

DISCUSION

Entendiendo como un proceso controlado responde a perturbaciones, esto es importante para el individuo que debe calibrar el instrumento usado en un proceso de control. Un método fácil para observar cómo se afectan las características de ajuste del controlador de un proceso es provocando perturbaciones en el proceso y monitoreando la reacción en un registro de velocidad variable.

La adición de la acción integral, algunas veces llamada la acción RESET, elimina el error de offset en el controlador proporcional.

La ventaja primordial en el modo de control integral, es que la salida del controlador continua reponiendo el elemento de control final antes de que se reduzca el error a cero, dentro de las limitaciones del sistema.



La mayor desventaja del modo de controlador integral es que la salida del controlador no es directamente inmediata al elemento de control final para una señal de error en una nueva posición.

El cambio en las salidas del controlador a la razón de cambio definida y al tiempo necesario en el elemento de control final deben reubicarse gradualmente.

La adición de la acción integral al control proporcional automático funciona estableciendo la ganancia que fue manualmente lograda. Por esta razón, los controladores proporcional-integrales son algunas veces referenciados como proporcionales más automáticos reajustados o simplemente proporcionales más controladores reajustados.

Establecer una alta ganancia da como resultado un incremento en la inestabilidad. Un incremento en el RESET (repetición por minuto) va a causar que el proceso se vuelva rápido al valor del punto de referencia, pero también produce inestabilidad si se ajusta muy alto.

LISTA DE EQUIPO

Estación de Proceso de Presión WF-1719 , incluye:

1. PLC siemens (C)
2. Transmisor de Presión Electrónico.(PT)
3. Pantalla Táctil (PI)
4. Conversor de Corriente a Presión (I/P)

DATOS INSTRUMENTALES

DEVICE	MODEL	SERIAL NO.	CALIBRATED
PT			0-40 psi/4-20 mA
I/P			4-20 mA/3-15 psi
C			4-20 mA
PI			Comunicación serial RS-485

CONFIGURACIÓN DEL CONTROLADOR

1. Setpoint = 50%
2. Modos del control = PI (proporcional integral)
3. Ganancia = diferente de cero
4. Reajuste =diferente de cero

PROCEDIMIENTO

PRECAUCION Usted está trabajando con alta presión.

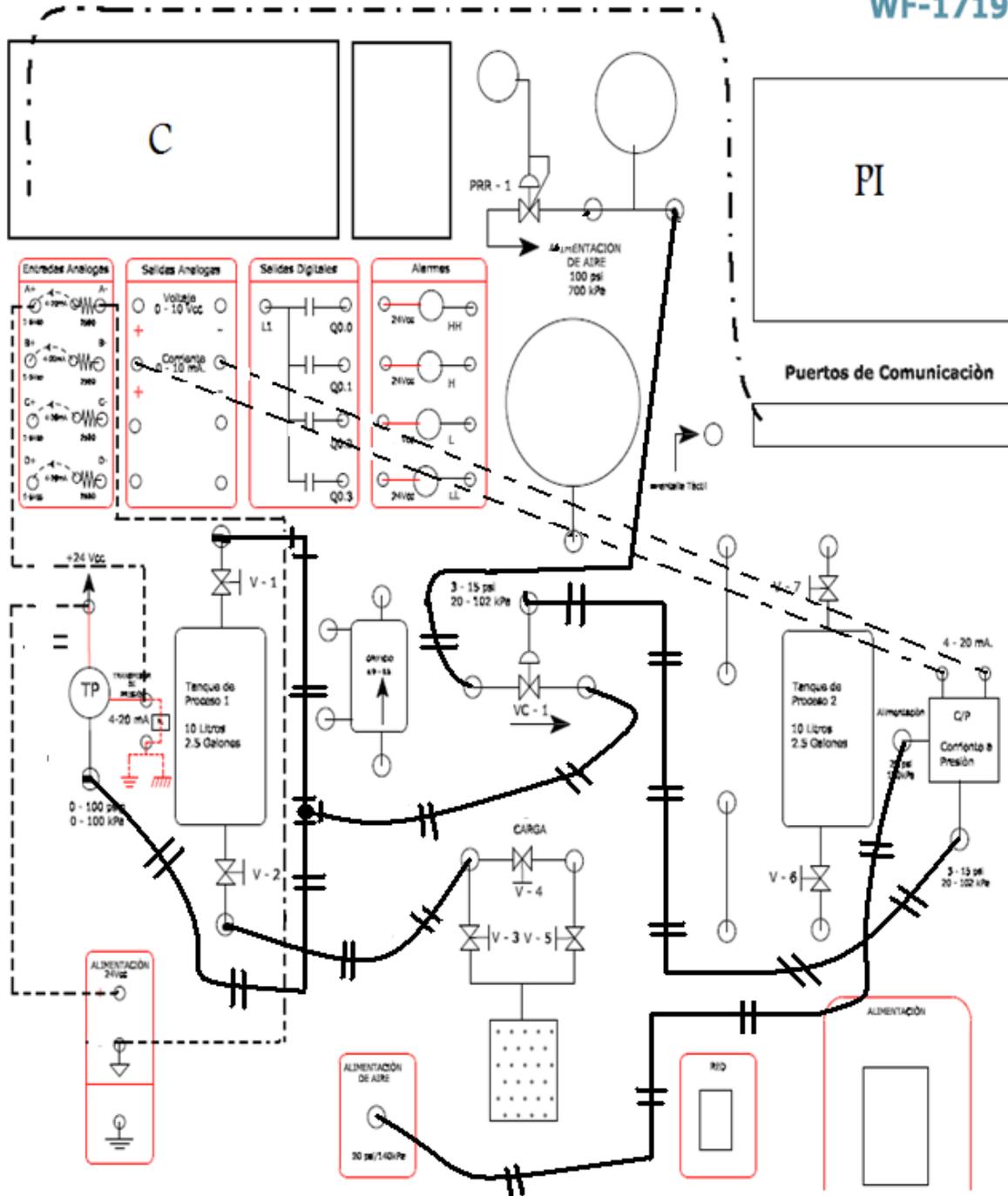
1. Coloque y conecte el equipo como en el diagrama de lazo.

2. Calibre el transmisor de Presión.
3. Coloque el controlador en la Configuración proporcional integral y agregue los valores a las constantes
4. Manualmente ajuste la salida hasta que la variable medida sea igual al punto de referencia. Arranque la pantalla táctil.
5. Coloque el controlador en automático.
6. Obstruya el puerto entre las válvulas V-4 v V-5. abra totalmente V-4, cierre V-5 y parcialmente. Abra V-3 para introducir carga al proceso.
7. Perturbaciones del cambio de carga del proceso
 - a. Abra totalmente la válvula V-5.
 - b. Detenga el registro cuando el proceso se estabilice.
 - c. Cierre la válvula V-5 y deje que el proceso se estabilice.
8. Incremente la respuesta de la ganancia para diferentes cargas
 - a. Incremente la ganancia a _____ (___ % PB)
 - b. Comience el registro.
 - c. Repita los pasos 7 (a), (b), (c).
9. Incremente la respuesta de la acción integral para diferentes cargas.
 - a. Reajuste a _____ rep/min (_____ min/rep).
 - b. Comience el registro.
 - c. Repita los pasos 7 (a), (b), (c).
10. El efecto de la ganancia original y la acción integral de la respuesta cambia el punto de referencia.
 - a. Ajuste la ganancia a 1 (100% P.B.) y reajuste a 10 rep/min (0.1 min/rep).

- b. Comience el registro rápidamente decremente el punto de referencia al 20%.
 - c. Detenga el registro cuando el proceso se estabilice
 - d. Ajuste el punto de referencia al 50%, permita que el proceso se estabilice.
11. Incrementando la ganancia de la respuesta el punto de referencia cambia.
- a. Ajuste la ganancia a _____ (____% P.B)
 - b. Repita los pasos 10 (b), (c) y (d).
12. Incrementando la acción integral de la respuesta el punto de referencia cambia.
- a. Ajuste la constante integral a: _____ rep/min (____ min/rep)
 - b. Repita los pasos 10 (b), (c) y (d).

DIAGRAMA DE LAZO

Estación de Presión WF-1719



PREGUNTAS

1. Para el Paso 7, describa la forma de la onda en el registro en términos del error de offset y de la estabilidad.

2. Para el Paso 8, describa la forma de la onda en el registro en términos del error de offset y de la estabilidad.

3. Para el Paso 9 describa la forma de la onda en el registro en términos del error de offset y de la estabilidad.

4. Para el paso 10 describa la forma de la onda en el registro en términos del error de offset y de la estabilidad.

5. Para el paso 11 describa la forma de la onda en el registro en términos del error de offset y de la estabilidad.

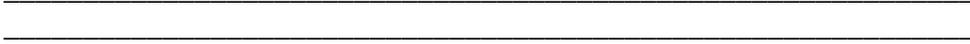
PREGUNTAS (Continuación)

6. Para el paso 12 describa la forma de la onda en el registro en términos del error de offset y de la estabilidad.

7. ¿Qué efectos ocurren con la adición de la acción integral, para un controlador proporcional teniendo todos los cambios de respuesta sobre el controlador?

8. ¿Tiene algún efecto sobre la acción integral el cambio del punto de operación de un controlador proporcional e integral?

9. ¿El cambio en las repeticiones por minuto del controlador, causados por la acción integral, proporcionan cambios en la ganancia? Explique.



Ejercicio 7

Control Proporcional, Integral y Derivativo en un Proceso de Presión

OBJETIVOS

Al finalizar este proyecto usted deberá ser capaz de usar el estándar de un proceso de instrumentación, para observar y analizar los efectos de demanda a los cambios en el punto de referencia de un controlador proporcional, integral y derivativo en un Proceso de Presión.

DISCUSION

Es importante para el individuo que debe calibrar los instrumentos usados para controlar el proceso, entender como el proceso responde a cambios. Un método fácil para observar como se afectan las características de ajuste del controlador de un proceso, es provocando perturbaciones en el proceso y monitoreando la reacción en un registro de velocidad variable.

Para un proceso que no pueda tolerar ciclos continuos, se usa un controlador proporcional. Para procesos que no puedan tolerar ciclos continuos o de error de offset, se usa un controlador proporcional e integral.

Para procesos que necesiten mejorar la estabilidad y que puedan tolerar el error de offset, se usa un controlador proporcional y derivativo.

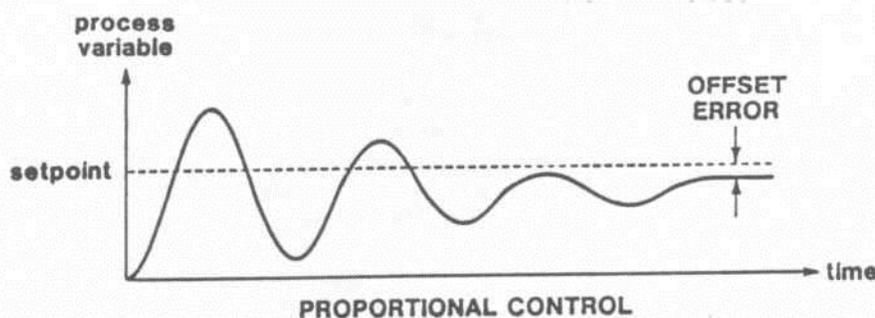


Figura 7-1

Raramente los controladores derivativos son usados con control proporcional. El control PD es deseable para procesos en donde se presentan diferentes tiempos de retardo. Algunos procesos no pueden tolerar el error de offset, aún cuando necesitan buena estabilidad.

En este caso se usa el modo de control combinando las ventajas del uso de un controlador proporcional, integral y derivativo (PID).

La acción derivativa causa una ventaja que proporciona una rápida señal de salida en el elemento de control final. Como el cambio en la razón del error de la señal se incrementa, la salida inicial del controlador es grande. Esto ayuda al controlador a anticipar grandes errores de amplitudes que son el resultado de cambios rápidos en los errores de las señales.

La acción derivativa no es usada comúnmente con respuestas rápidas del proceso, como control de Presión o procesos con ruido, debido a que la acción derivativa responde a una razón de cambio en la señal de error incluyendo ruido.

El control derivativo es usado en sistemas de control de procesos donde el tiempo de retardo (el tiempo que toma un cambio en la medida) es grande. El control derivativo es considerando difícil para implementar y ajustar. Este es sólo usado cuando la cantidad de tiempo de retardo es extensa. En las aplicaciones típicas de PID se encuentra el control de la temperatura u otros procesos lentos.

LISTA DE EQUIPO

Estación de Proceso de Presión WF 1719, incluye:

1. PLC siemens (C)
2. Transmisor de Presión Electrónico.(PT)
3. Pantalla Táctil (PI)
4. Conversor de Corriente a Presión (I/P)

DATOS INSTRUMENTALES

DEVICE	MODEL	SERIAL NO.	CALIBRATED
PT			0-40 psi/4-20 mA
I/P			4-20 mA/3-15 psi
C			4-20 mA
PI			Comunicación serial RS-485

CONFIGURACION DEL CONTROLADOR

1. Punto de Referencia = 50%
2. Modos del controlador = PID
3. Ganancia -1 (PB=100%)
4. Reajuste = 10 rep/min. (0.1 minutos tiempo integral)

PROCEDIMIENTO

PRECAUCION Usted está trabajando con alta presión.

1. Coloque y conecte el equipo como en el diagrama de lazo.
2. Calibre el transmisor de Presión.
3. Coloque el controlador según los datos instrumentales.
4. Manualmente ajuste la salida hasta que la variable medida sea igual al punto de referencia. Comience el registro.
5. Coloque el controlador en Automático.
6. Obstruya el puerto entre las válvulas V-4 y V-5, abra totalmente V-4, cierre V-5 y parcialmente abra V-3 para introducir carga al proceso.
7. Perturbaciones del cambio de carga del proceso
 - a. Abra totalmente la válvula V5.
 - b. Detenga el registro cuando el proceso se estabilice.
 - c. Cierre la válvula V5 y deje que el proceso se estabilice.
8. Incremente la respuesta de la ganancia para diferentes cargas.
 - a. Incremente la ganancia a _____ (____ % PB)
 - b. Comience el registro.
 - c. Repita los pasos 7 (a), (b), (c).
9. Incremente la respuesta de la acción Derivativa para diferentes cargas. 1
 - a. Reajuste a _____ rep/min (_____ min/rep).
 - b. Comience el registro.
 - c. Repita los pasos 7 (a), (b), (c).

10. Incremente la respuesta de la acción Derivativa para diferentes cargas
 - a. Coloque la acción derivativa a ___ minutos.
 - b. Comience el registro.
 - c. Repita los pasos 7 (a), (b), (c).

11. Coloque la ganancia en 1. Reajuste a 10 rep/min y el Derivativo a 0.05 minutos.

12. Comience el registro y rápidamente decremente el punto de referencia al 20%, pare el registro cuando el proceso se estabilice, ajuste el punto de referencia al 50%.

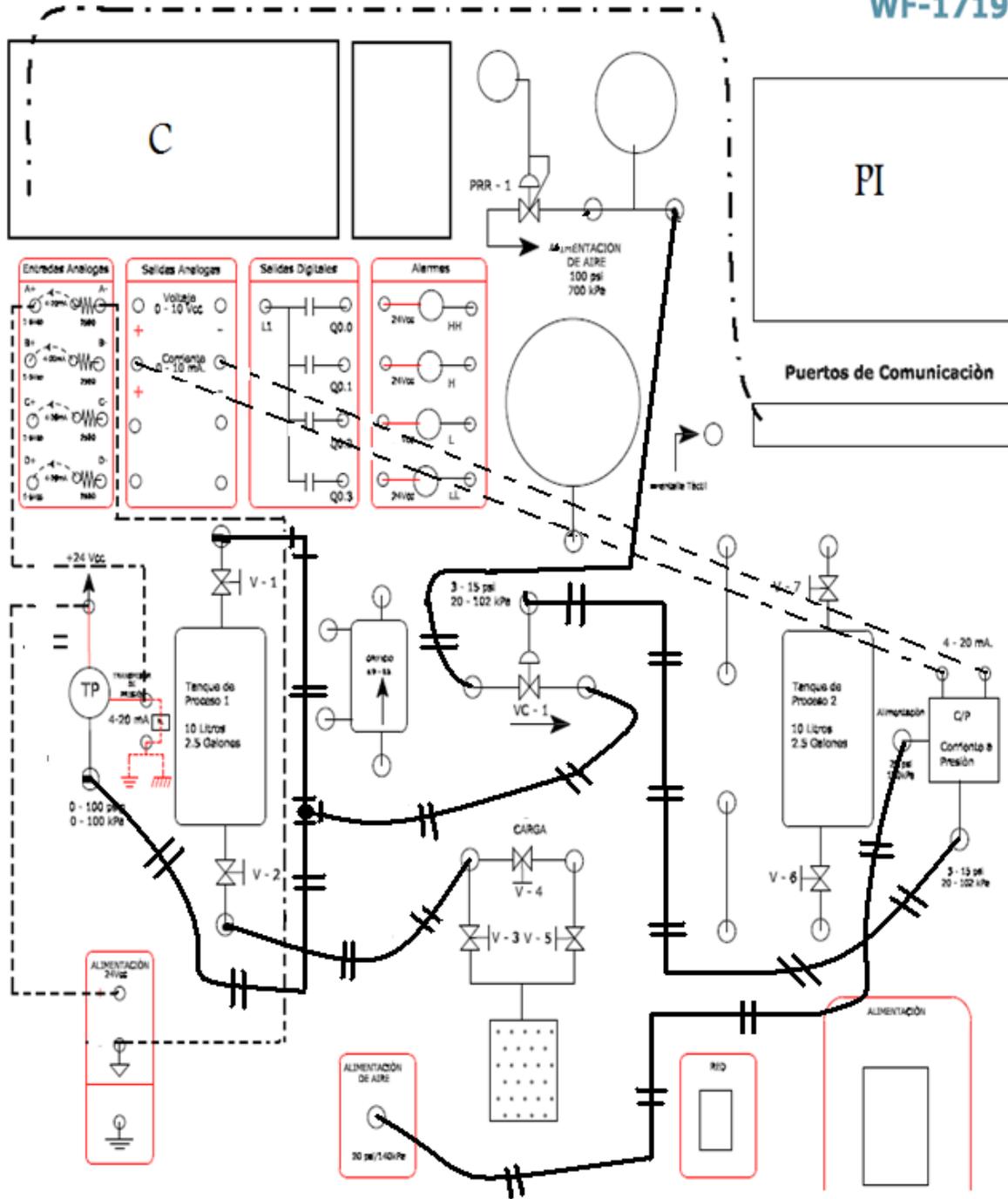
13. Incremente la ganancia en la respuesta para cambiar el punto de referencia.
 - a. Ajuste la ganancia a _____(_____% PB)
 - b. Repita el Paso 12

14. Incremente la acción integral de la respuesta para cambiar el punto de referencia.
 - a. Ajuste el control Integral (Reset) a ___rep/min (____ min/rep).
 - b. Repita el paso 12.

15. Incremente la acción derivativa de la respuesta para cambiar el punto de referencia.
 - a. Ajuste el control Derivativo a ___ minutos.
 - b. Repita el paso 12.

DIAGRAMA DE LAZO

Estación de Presión WF-1719



PREGUNTAS

1. Para el paso 7, describa la forma de la onda en el registro en términos del error de offset y de la estabilidad.

2. Para el Paso 8, describa la forma de la onda en el registro y compare con el paso 7.

3. Para el paso 9, describa la forma de la onda en el registro y compare con el paso 8.

4. Para el paso 10. describa la forma de la onda en el registro y compare con el paso 9.
Para el pasos 11 y 12, describa la forma de la onda en el registro y compare con el paso 9.

PREGUNTAS (Continuación)

5. Para el paso 13, describa la forma de la onda en el registro y compare con el paso 12.

6. Para el paso 14, describa la forma de la onda en el registro y compare con el paso 13

- 8 Para el Paso 15, describa la forma de la onda en el registro y compare con el paso 14.

9. ¿Cuál es la desventaja de usar un controlador Proporcional Integral y Derivativo?

PREGUNTAS (Continuación)

10. En el proceso de control, ¿cuál debería ser el resultado de colocar una alta acción derivativa?

11. Con las características del controlador, ¿cómo debería ser la respuesta del proceso si se usara un tanque de un galón en el paso 10?

Ejercicio 8

Sintonización de Notch en un Proceso de Presión

OBJETIVOS

Al finalizar este proyecto usted deberá ser capaz de usar el Método de Sintonización de Notch.

DISCUSION

El método de Sintonización de Notch de un controlador es un procedimiento sistemático para corregir la acción proporcional (Ganancia), la acción integral (Reset) y la acción derivativa (Razón). Este método consiste en hacer pequeños cambios, perturbar el proceso, luego evaluar la respuesta y determinar cuáles de los valores establecidos causan una ganancia unitaria en el proceso. Estos valores son luego usados para calcular los ajustes propios para alcanzar un Cuarto de la Amplitud de una reacción del proceso amortiguada.

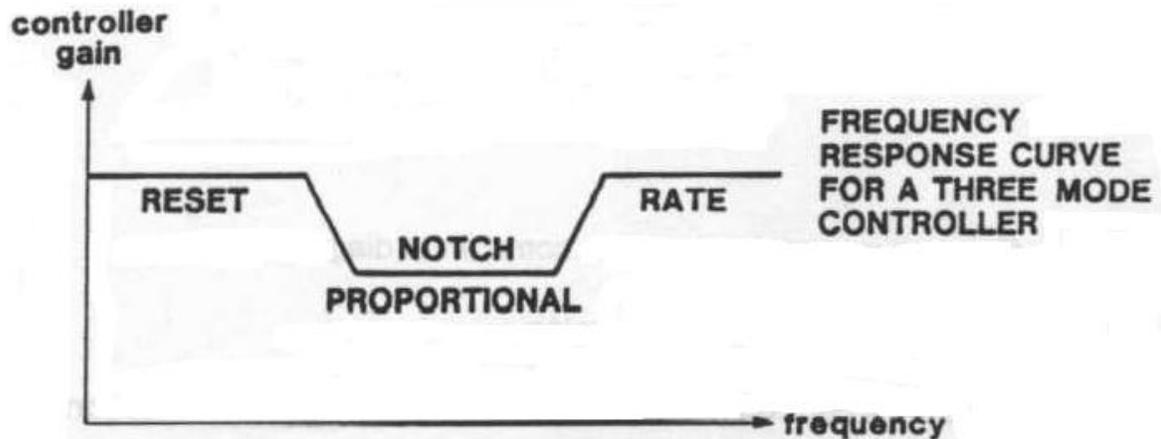


Figura 8-1

LISTA DE EQUIPO

Estación de Proceso de Presión WF 1719, incluye:

1. PLC siemens (C)
2. Transmisor de Presión Electrónico.(PT)
3. Pantalla Táctil (PI)
4. Conversor de Corriente a Presión (I/P)

CONFIGURACION DEL CONTROLADOR

1. Punto de Referencia = 50%
2. Modos = PID
3. Ganancia = 1 (Banda Proporcional 100%)
4. Reajuste = Mínimas repeticiones/minuto (Máximo tiempo integral) o apagado
5. Razón (Derivativo) = Mínimos minutos o apagado

DATOS INSTRUMENTALES

DEVICE	MODEL	SERIAL NO.	CALIBRATED
PT			0-40 psi/4-20 mA
I/P			4-20 mA/3-15 psi
C			4-20 mA
PI			Comunicación serial RS-485

PROCEDIMIENTO

PRECAUCION Usted está trabajando con alta presión.

1. Coloque y conecte el equipo como en el diagrama de lazo.
2. Calibre el transmisor de Presión.
3. Coloque el controlador de acuerdo con la configuración del controlador.
4. Coloque: La Banda proporcional a 100% (Ganancia = 1)
Tiempo Integral a los máximos minutos (mínimo rep/min.)
Derivativo a mínimos minutos
5. Perturbe el proceso haciendo cambios en el punto de referencia del 5%.
6. Alternativamente, continúe incrementando con pequeños cambios en la acción proporcional y los cambios del punto de referencia del 5% hasta que el registrador de curvas indique que el proceso está reaccionando con oscilaciones de amplitud constante.

7. Use este valor en la ecuación 1 en las notas y cálculos, y calcule el ajuste propio de la acción proporcional. Ajuste el controlador en este punto.
8. Repita el paso 6 cambiando con pequeños incrementos la acción integral y cambie el punto de referencia en 5%. Use en la ecuación 2 el valor integral que causa oscilaciones de amplitud constante. Ajuste el controlador en este punto.
9. Repita el paso 6 ajustando la acción derivativa. Use la ecuación 3 de las notas y cálculos para determinar el ajuste derivativo correcto.
10. Usando los tres cálculos establecidos, evalúe la respuesta del controlador para una perturbación. Es necesario hacer una sintonización fina.

NOTAS Y CALCULOS

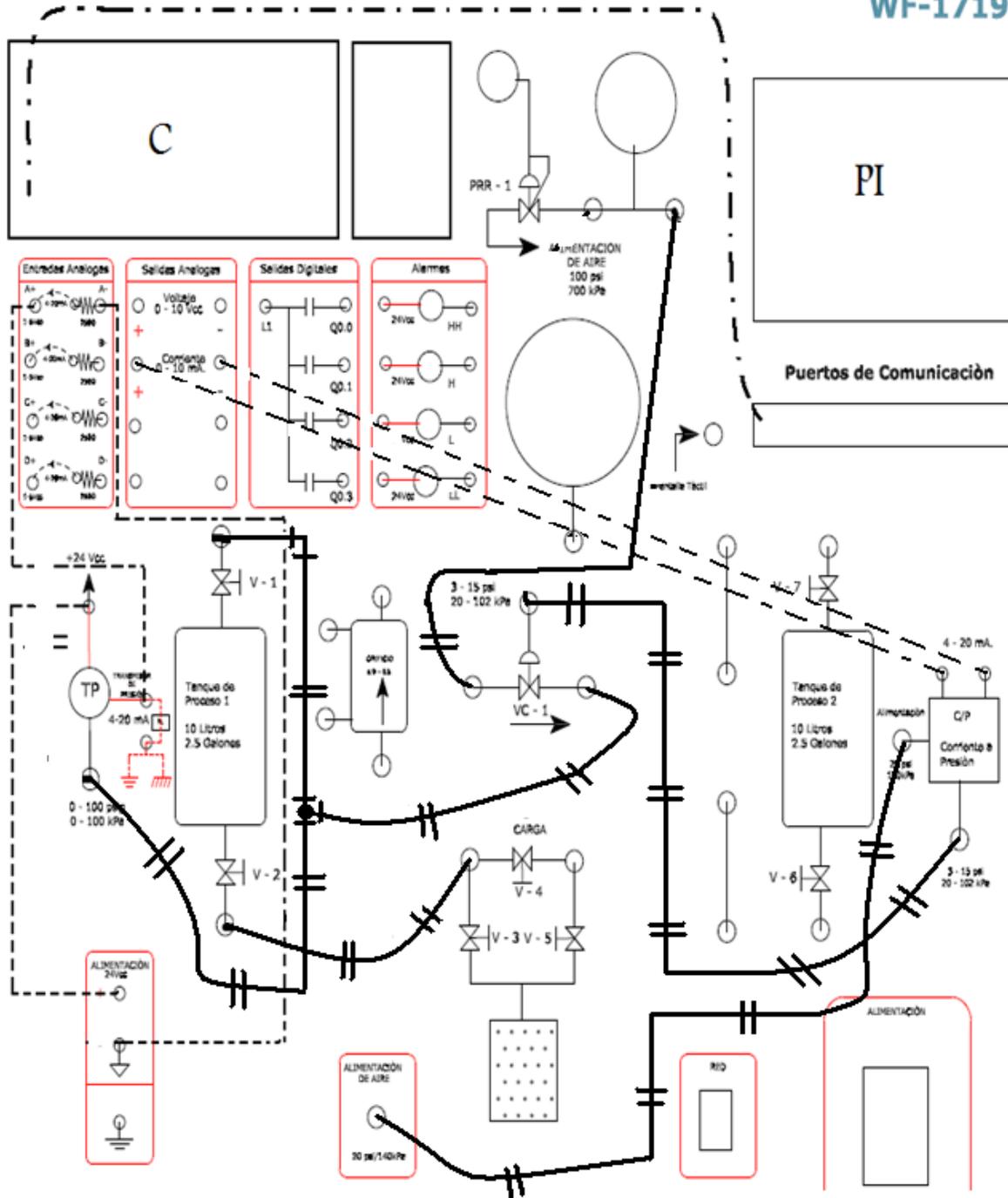
1. Ajuste en Ganancia = $\frac{Ganancia}{2} =$ Ajuste de P.B. = 2(P.B.)=

2. Ajuste Integral= $\frac{Repeticiones/Minuto}{3} =$
O 3 (Minutos/Repetición)

3. Ajuste derivativo = $\frac{Tiempo Derivativo}{3} =$

DIAGRAMA DE LAZO

Estación de Presión WF-1719



PREGUNTAS

1. ¿Por qué el incremento de la acción de control proporcional causa que el proceso se vuelva inestable?

2. ¿Por qué cada uno de los tres modos del controlador tiene la habilidad de causar inestabilidad en el proceso?

3. ¿Qué características del proceso determinan la necesidad de adicionar una acción derivativa en el controlador para alcanzar un buen control?

4. ¿Es el Método de Sintonización de Notch un método de lazo abierto o lazo cerrado que determina la sintonización del controlador? Explique.

LISTA DE EQUIPO

Estación de Proceso de Presión WF 1719, incluye:

1. PLC siemens (C)
2. Transmisor de Presión Electrónico.(PT)
3. Pantalla Táctil (PI)
4. Conversor de Corriente a Presión (I/P)

DATOS INSTRUMENTALES

DEVICE	MODEL	SERIAL NO.	CALIBRATED
PT			0-40 psi/4-20 mA
I/P			4-20 mA/3-15 psi
C			4-20 mA
PI			Comunicación serial RS-485

CONFIGURACIÓN DEL CONTROLADOR

1. Punto de referencia = 50%
2. Ganancia = 1 (banda proporcional=100%)
3. Reajuste = Mínimas repeticiones/minuto (Máximo tiempo integral)
4. Razón (Derivativo) = Mínimos-minutos.

PROCEDIMIENTO

PRECAUCION Usted está trabajando con alta presión.

1. Coloque y conecte el equipo como en el diagrama de lazo.
2. Calibre el transmisor de Presión.
3. Coloque el controlador de acuerdo a la configuración del Controlador.

4. Manualmente ajuste la salida hasta que la variable medida sea igual al punto de referencia. Comience el registro y coloque el controlador en Automático.

5. Incremente rápidamente el punto de referencia al 60%. Si en la pantalla de registro de la pantalla táctil las curvas del proceso se mantienen en oscilaciones de amplitud continua, proceda con el paso 9 De otra forma con el paso 6.
6. Decremento el setpoint al 50%. Ajuste la salida hasta que la medida de la variable de salida sea igual al setpoint.
7. Incremente la ganancia en el controlador (decremente la banda proporcional) para dar más acción proporcional.
8. Repita los pasos de 5 a 7 hasta que el proceso responda con oscilaciones de amplitud constante.
9. Usando el punto de referencia proporcional y el período de oscilación en la ecuación de Ziegler-Nichols de la página 4, determine el punto de operación óptima del controlador.
10. Usando los tres cálculos establecidos. evalúe la respuesta del controlador para una perturbación. Es necesario hacer una sintonización fina.

NOTAS Y CALCULOS

K_p = Ganancia proporcional calculada

PB= Banda proporcional calculada

T_i = Tiempo integral (minuto/repetición)

RPM = Reset (revoluciones/ min.)

T_d = tiempo diferencial (min.)

K_u = Ganancia del controlador que resulta de las oscilaciones de amplitud constante

P_u = Período de las oscilaciones (min.)

Proporcional

$K_p = 0.5 K_u = PB = 2 P_{Bu} =$

Reset v Proporcional

$K_p = 0.45 K_u = PB = 2.2 P_{Bu} =$

$T_i = P_u / 1.2 = RPM = 1.2 / P_u =$

Reset. Proporcional v Razón

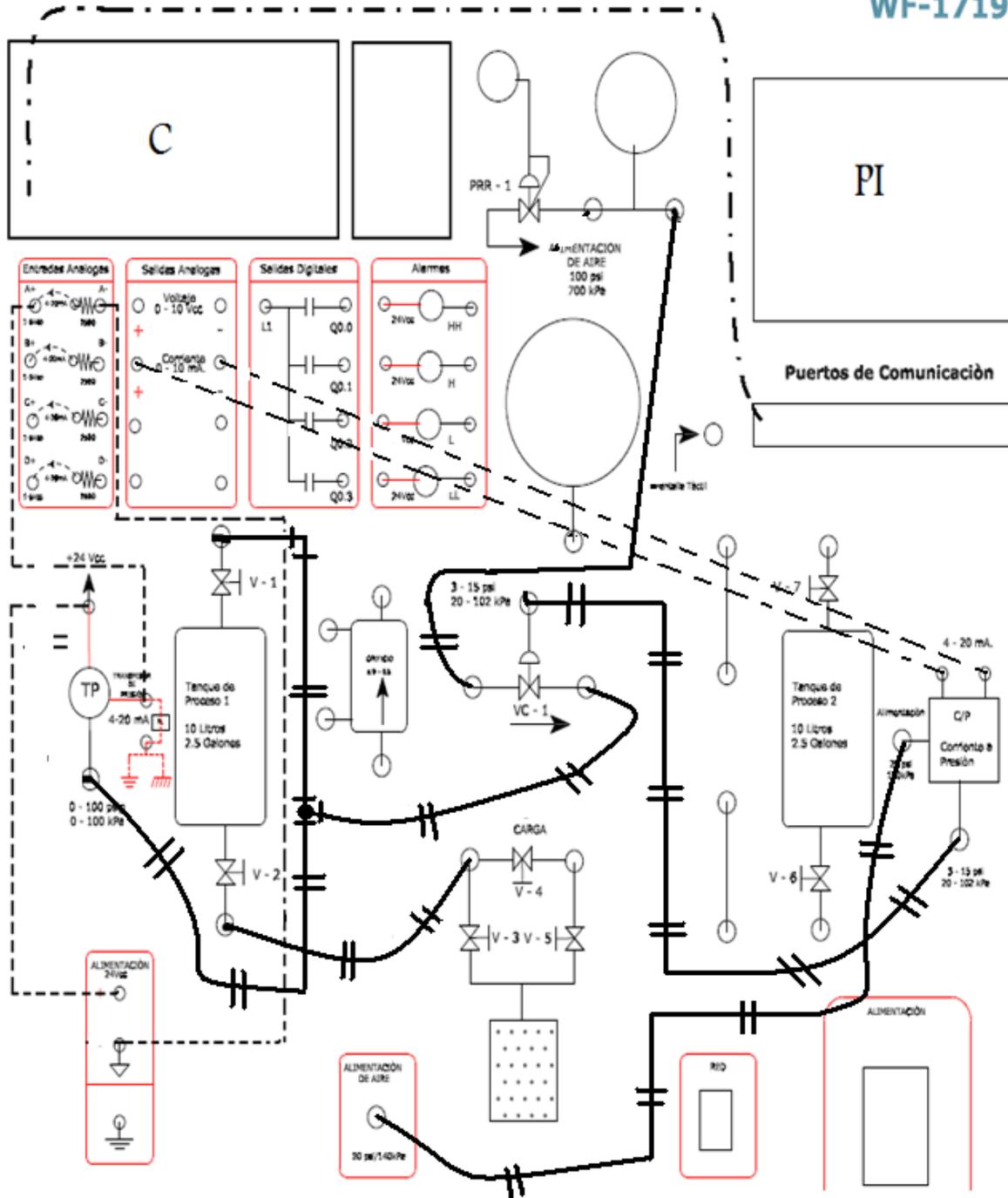
$K_p = 0.6 K_u = PB = 1.66 P_{Bu} =$

$T_i = P_u / 2 = RPM = 2 / P_u =$

$T_d = P_u / 8 =$

DIAGRAMA DE LAZO

Estación de Presión
WF-1719



PREGUNTAS

1. El Método del Último Período es un método de lazo abierto o lazo cerrado para la sintonización del controlador Explique,

2. Para el Método de Ultimo Período, ¿por qué el valor de la ganancia calculada es diferente para el controlador PI, I y proporcional?

3. ¿Qué información puede ser obtenida para sintonizar el controlador usando el método del último período y que se utiliza para determinarlo?

Ejercicio 10

Sintonización de Lazo Abierto en un Proceso de Presión

OBJETIVOS

Al finalizar este proyecto usted deberá ser capaz de usar el estándar de un proceso de instrumentación, para observar y analizar los efectos que demandan los cambios en el punto de referencia de un controlador y usando la información observada, determinar el punto óptimo requerido para sintonizar el controlador.

DISCUSION

Este procedimiento proporciona dos métodos de Sintonización de Lazo Abierto. Primero, el controlador se coloca en Manual para que las variables de medida puedan ser establecidas sin que el controlador afecte el proceso. El Registrador de Curvas indica y graba las variables de medida del proceso. La CURVA DE REACCION DEL PROCESO resultante proporciona la información necesaria para determinar los ajustes óptimos del controlador.

El METODO DE LA CONSTANTE DE TIEMPO usa los valores de la constante de tiempo, la ganancia del proceso y el tiempo muerto de la curva de reacción del proceso.

El METODO DE LA RAZON DE REACCION usa los valores de la razón de reacción y el tiempo muerto de la curva de reacción del proceso.

Después de establecer el controlador en un óptimo, usando las ecuaciones proporcionadas, el controlador es sintonizado para calcular los valores colocandolo en automático. Las perturbaciones en el punto de referencia son introducidas en el proceso, y los dos métodos de sintonización pueden ser evaluados y comparados. La respuesta amortiguada deseada es un Cuarto de la Amplitud.

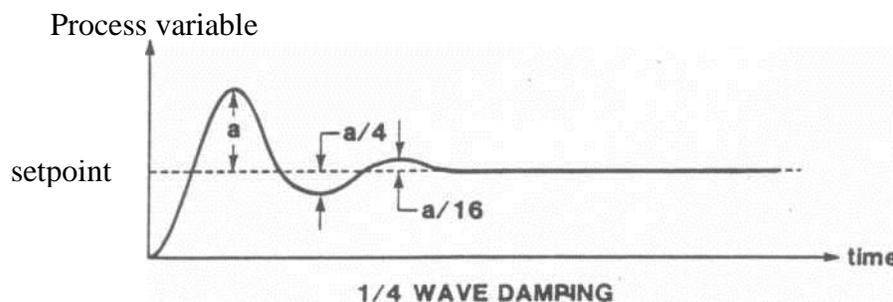


Figura10-1

LISTA DE EQUIPO

Estación de Proceso de Presión WF 1719, incluye:

1. PLC siemens (C)
2. Transmisor de Presión Electrónico.(PT)
3. Pantalla Táctil (PI)
4. Conversor de Corriente a Presión (I/P)

DATOS DEL CONTROLADOR.

1. Modos = PI

DATOS INSTRUMENTALES

DEVICE	MODEL	SERIAL NO.	CALIBRATED
PT			0-40 psi/4-20 mA
I/P			4-20 mA/3-15 psi
C			4-20 mA
PI			Comunicación serial RS-485

PROCEDIMIENTO

PRECAUCION Uste está trabajando con alta presión.

1. Coloque y conecte el equipo como en el diagrama de lazo.
2. Calibre el transmisor de Presión. Con el controlador en Manual ajuste la salida al 10%. Permita que el proceso se estabilice.

Nota: Ambos métodos de Sintonización de Lazo Abierto requieren el mismo procedimiento para obtener el gráfico de la respuesta del proceso de la pantalla táctil. Los métodos difieren solamente en las fórmulas matemáticas aplicadas para la medición y los valores derivados del registro de impresión de salida. Sin embargo es necesario perturbar el proceso sólo una vez.

5. Coloque el controlador en Manual. Incremente la salida un 10%.
6. Permita que el proceso se estabilice y comience el registro.

Nota: Es necesario conocer la velocidad del registrador Si esto no es disponible de la información del fabricante usted deberá hallar manualmente el tiempo de la velocidad del registrador, haciendo una prueba antes de continuar con este ejercicio.

7. Simultáneamente marque el registro de gráficas de papel e incremente la salida del controlador en un 25%. Cuando el proceso se estabilice, pare el registro.
8. Haga los cálculos en el final del ejercicio
9. Ajuste el controlador con los valores hallados en el Método de la Constante de Tiempo. Coloque el controlador en Automático. Comience el Registro.
10. Evalúe la respuesta del proceso con perturbaciones.
11. Repita los pasos 9 y 10 con los ajustes del controlador hallados en el Método de la Razón de Reacción.

NOTAS Y CALCULOS

Método de la Constante de Tiempo

$$K = \text{Ganancia del Proceso} = \frac{\text{Cambio \% del rango de la Variable Medida}}{\text{Cambio \% de la Salida del Controlador}} =$$

$$T = \text{Constante de Tiempo del Proceso} =$$

$$t_d = \text{Tiempo Muerto del Proceso} =$$

Acción Proporcional

$$\text{Ganancia (Kp)} = 0.9t / (t_d K) =$$

$$PB = 100\% / K_p =$$

Acción Integral

$$\text{Tiempo Integral (Ti)} = 3.33 t_d =$$

$$RPM = 1 / (33 t_d) =$$

Método de la Razón de reacción

Nota: Refiérase a la Figura 10-3

Rr = Razón de Reacción del Proceso

$Rr = \frac{\text{Cambio \% del rango de la Variable Medida}}{\text{Cambio en tiempo} \times \text{Cambio \% de la Salida del Controlador}}$

td = Tiempo Muerto del Proceso =

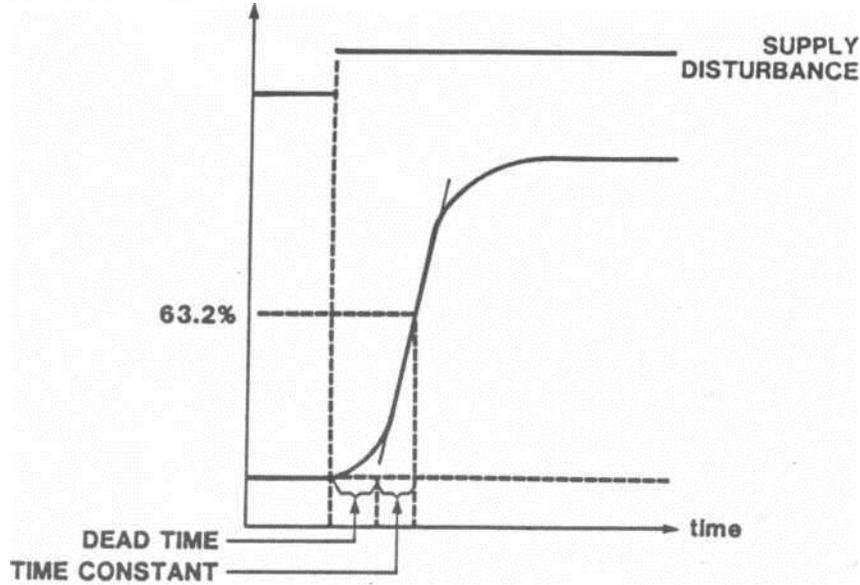
Acción Proporcional

Ganancia (K_p) = $0.9 / (Rr \text{ td}) =$ $PB = 100\% / K_p$

Acción Integral

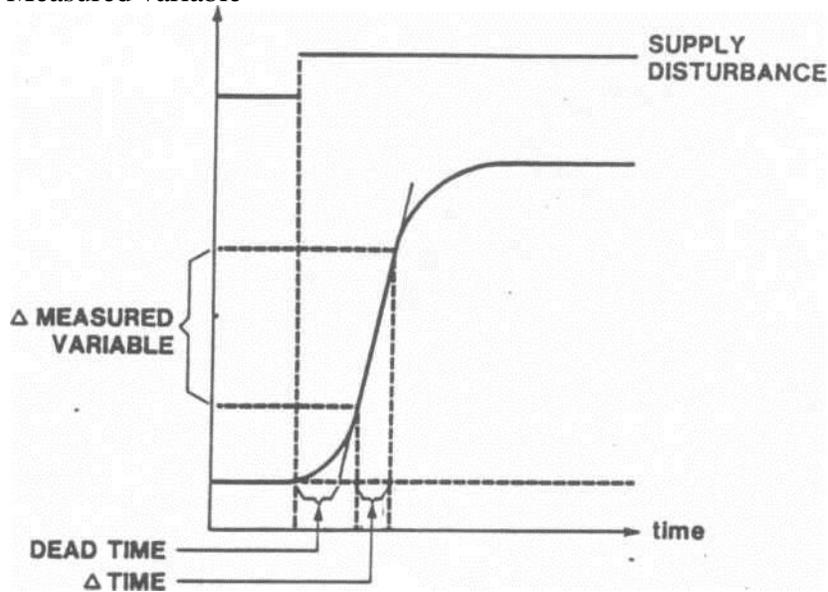
Tiempo Integral (T_i) $= 3.33 \text{ td} = RPM = 1 / (3.33 \text{ td}) =$

Measured variable



METODO DE LA CONSTANTE DE TIEMPO PARA UN PROCESO DE CAPACIDAD SIMPLE CON UNA APROXIMACION EN LA VARIABLE DE TIEMPO MUERTO

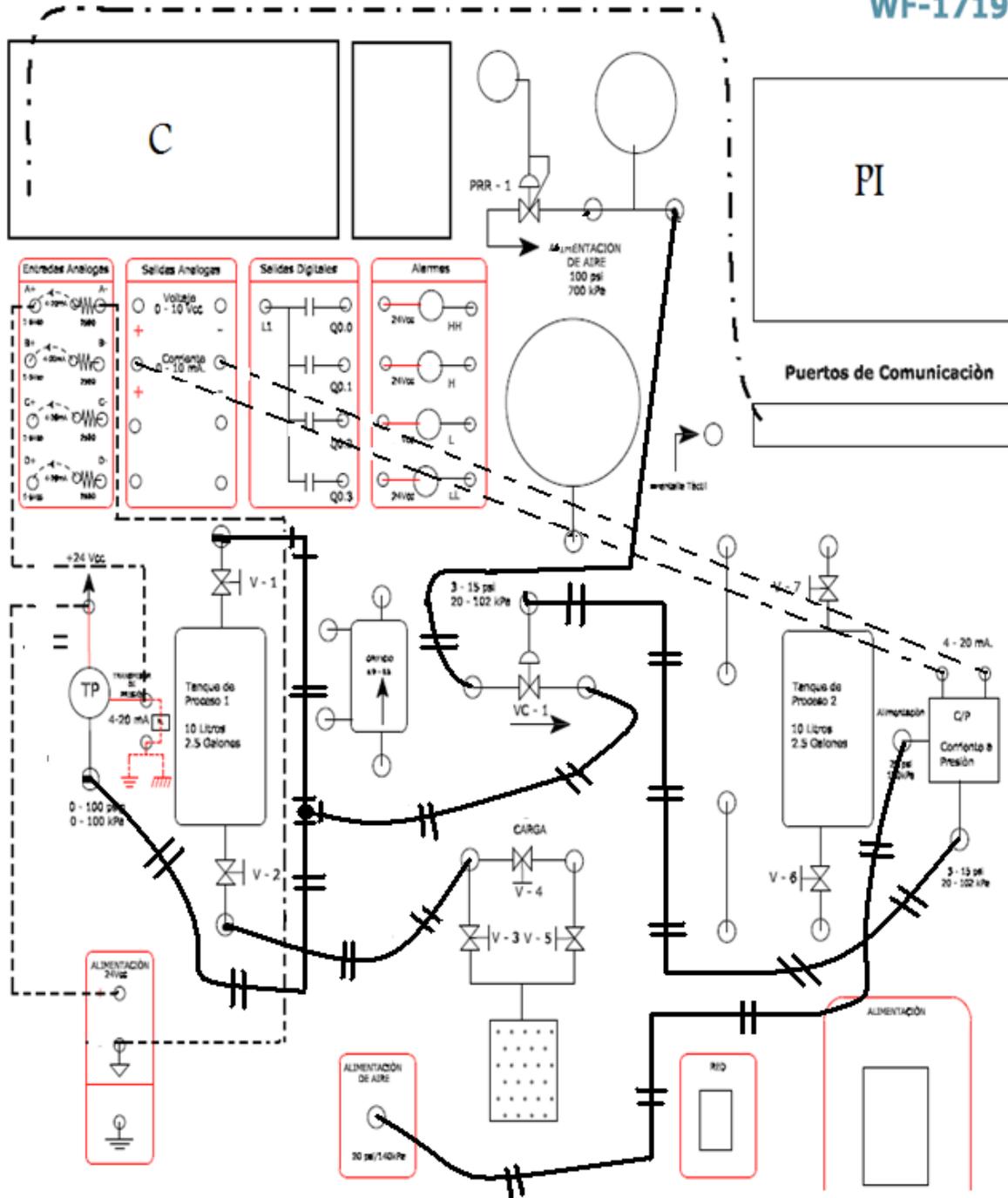
Measured variable



METODO DE LA RAZON DE REACCION PARA UN PROCESO DE CAPACIDAD SIMPLE CON UNA APROXIMACION DE TIEMPO MUERTO

DIAGRAMA DE LAZO

Estación de Presión WF-1719



PREGUNTAS

1. ¿Por qué el Amortiguamiento de un Cuarto de la Amplitud es una reacción normal deseada del proceso al sintonizar el controlador?

2. Si el proceso es muy lento para recobrase a una perturbación, ¿qué debe hacerse para ajustar la banda proporcional del controlador?

3. Si el controlador responde a la perturbación, pero toma un largo tiempo en eliminar el error de offset, ¿debería ajustarse la acción integral del controlador para altos o bajas repeticiones por minuto? Explique.

4. ¿Por qué el controlador fue configurado solamente como PI en este ejercicio?
