

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE TECNÓLOGOS

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL POR DIFERENCIAL DE PRESION.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO

GUERRERO CHANGO PABLO CÉSAR
(pabldu@hotmail.com)

LÒPEZ CHANGO JULIO ALBERTO
(julyobarce@hotmail.com)

DIRECTOR: Ing. Fernando Jácome
(luis.jacome@epn.edu.ec)

Quito, Febrero 2009

DECLARACIÓN

Yo, Pablo César Guerrero Chango, Julio Alberto López Chango declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Nombre 1

Pablo César Guerrero Chango

Nombre 2

Julio Alberto López Chango

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Pablo César Guerrero Chango y Julio Alberto López Chango bajo mi supervisión.

(Nombre)

DIRECTOR DE PROYECTO

ÍNDICE

GENERALIDADES	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	2
1.1. HISTORIA DEL CONTROL AUTOMÁTICO	2
1.1.1. LOS RELOJES DE AGUA:	2
1.1.2. LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL:	2
1.1.3. CONTRIBUYENTES PRINCIPALES:	3
1.2. INTRODUCCIÓN A LA INSTRUMENTACIÓN:	4
1.3. CONTROL DE PROCESOS	5
1.3.1. INTRODUCCIÓN:	5
1.3.2. SISTEMAS DE CONTROL:	5
1.3.3. CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO:	7
1.3.3.1. Elementos de medida (Sensores)	7
1.3.3.2. Elementos de control lógico (Controladores)	7
1.3.3.3. Elementos de actuación (Válvulas y otros elementos finales de control)	7
1.3.4. DIFERENCIAS ENTRE CONTROL MANUAL Y CONTROL AUTOMÁTICO:	8
1.3.5. VARIABLES UTILIZADAS EN EL PROCESO DE CONTROL:	9
1.3.6. COMPONENTES DE CONTROL:	9
1.4. TIPOS DE CONTROL	10
1.4.1 CONTROL ON-OFF	11
1.4.1.1 Principio de operación del control de dos posiciones	11
1.4.1.2. Efectos del control dos-posiciones en un proceso:	12
1.4.2. CONTROL PROPORCIONAL	13
1.4.3. CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL P.I.	18
1.4.4. CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVO P.D.	20
1.4.5. CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO P.I.D.	21
1.5. TRANSMISORES DE PRESIÓN	23
1.5.1. TRANSMISORES NEUMÁTICOS:	23
1.5.2. TRANSMISOR DE EQUILIBRIO DE MOVIMIENTOS	28
1.5.3. TRANSMISOR DE EQUILIBRIO DE FUERZAS:	29
1.5.4. TRANSMISORES ELECTRÓNICOS DE EQUILIBRIO DE FUERZAS:	29

1.5.5. EN EL TRANSMISOR DE EQUILIBRIO DE FUERZAS CON DETECTOR FOTOELÉCTRICO.....	30
1.6. TRANSDUCTORES DE PRESIÓN:.....	30
1.6.1. TRANSDUCTORES RESISTIVOS:	31
1.6.2. TRANSDUCTORES MAGNÉTICOS.....	31
1.6.3. TRANSDUCTORES CAPACITIVOS	32
1.6.4. TRANSDUCTORES PIEZOELÉCTRICOS	32
1.6.5. TRANSDUCTORES TÉRMICOS.....	32
1.7. CONVERTIDORES.....	33
1.8. CONTROLADORES:.....	33
1.8.1. LA FUNCIÓN DEL CONTROLADOR EN UN PROCESO:.....	33
1.8.2. BANDA PROPORCIONAL:	34
1.8.3. CLASIFICACIÓN DE LOS CONTROLADORES:.....	34
CAPÍTULO 2	35
2.1 DEFINICIONES BÁSICAS DE PRESIÓN Y NIVEL.....	35
2.1.1 PRESIÓN	35
2.1.1.a Densidad de fuerza	35
2.1.1.b Presión absoluta.....	36
2.1.1.c Presión atmosférica.....	36
2.1.1.d Presión manométrica	36
2.1.1.e Vacío.....	37
2.1.2 PROPIEDADES DE LA PRESIÓN EN UN MEDIO FLUIDO	37
2.1.3 CONTROL DE PRESIÓN EN PROCESOS INDUSTRIALES	38
2.1.4 GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO	38
2.1.4.a Tipos de compresores	39
2.2 NIVEL	40
2.2.1 DEFINICIÓN	40
2.2.2 NIVELES EN TANQUES ABIERTOS	41
2.2.2.a Visual	41
2.2.3 MÉTODOS PARA MEDIR NIVEL	41
2.2.4 PRINCIPIO DE MEDICIÓN DE NIVEL DE LÍQUIDOS QUE APROVECHAN LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA.	43
2.2.4.a Método de columna de vidrio	43

2.2.4.b	Flotadores en la medición de nivel	43
2.2.4.c	Medición con flotador y palanca	43
2.2.4.d	Medición con flotador y cinta.....	44
2.2.4.e	Método del tubo burbuja.....	44
2.2.4.f	Medidor de presión diferencial	45
2.2.4.g	El medidor de tipo burbujeo:.....	47
2.3	TIPOS DE INSTRUMENTOS PARA MEDIR PRESIÓN Y NIVEL.....	49
2.3.1	Medidor manométrico	49
2.3.2	Medidor de membrana.....	49
2.3.3	Medidor tipo burbujeo	49
2.3.4	Medidor de presión diferencial.....	50
2.4	TERMINOLOGÍA Y SIMBOLOGÍA	50
2.4.1	Aplicación en la industria	51
2.4.2	Aplicaciones en actividades de trabajo.....	51
2.5	LAZO DE CONTROL	52
2.5.1	Control en lazo abierto	52
2.5.2	Control en lazo cerrado	53
2.5.3	Identificación de un lazo de control	53
CAPÍTULO 3		54
VÁLVULAS.....		54
3.1	INTRODUCCIÓN.....	54
3.2.1	VÁLVULAS DE CONTROL	55
3.2.2	PARTES DE LA VÁLVULA DE CONTROL	55
3.2.2.1	Actuador	55
3.2.2.2	Cuerpo de la válvula.....	56
3.3	TIPOS DE VÁLVULAS	57
3.3.1	VÁLVULAS DE COMPUERTA.....	57
3.3.1.1	Aplicaciones	57
3.3.2	VÁLVULAS DE MACHO	58
3.3.2.1	Aplicaciones	58
3.3.3	VÁLVULAS DE GLOBO.....	58
3.3.3.1	Aplicaciones	59
3.3.4	VÁLVULAS DE BOLA	59

3.3.4.1 Aplicaciones	59
3.3.5 VÁLVULAS DE MARIPOSA.....	59
3.3.5.1 Aplicaciones	60
3.3.6 VÁLVULAS DE DIAFRAGMA	60
3.3.6.1 Aplicaciones	60
3.3.7 VÁLVULAS DE APRIETE.....	60
3.3.7.1 Aplicaciones	61
3.3.8 VÁLVULAS DE RETENCIÓN (CHECK) Y DE DESAHOGO (ALIVIO).....	61
3.3.8.1 Válvulas de retención (check).	61
3.3. 8.2 Válvulas de retención del columpio.	61
3.3.8.2.1 Aplicaciones	62
3.3.9 VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE ELEVACIÓN	62
3.3.9.1 Aplicaciones	62
3.3.10 VÁLVULA DE RETENCIÓN DE MARIPOSA.....	62
3.3.10.1 Aplicaciones	63
3.3.11 VÁLVULAS DE DESAHOGO (ALIVIO).....	63
3.3.11.1 Aplicaciones	64
3.4 VÁLVULA CON ACTUADOR DE DIAFRAGMA NORMALMENTE CERRADA ON-OFF.....	64
3.5 VÁLVULAS DE ACCIÓN NEUMÁTICA	65
3.6 FACTORES PARA LA ELECCIÓN DE UNA VÁLVULA.....	67
3.6.1 ¿CUÁL ES EL FLUIDO DEL SISTEMA?.....	68
3.6.2 ¿CUÁLES SON LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL SISTEMA? ..	69
3.6.3 EL SISTEMA ¿ES UN SISTEMA DE SERVICIO CRÍTICO?	69
3.6.4 ¿QUÉ CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LA VÁLVULA SON NECESARIAS?.....	69
3.6.5 DIMENSIONAMIENTO DE VÁLVULAS	72
3.6.6 ¿QUÉ PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIÓN SE DEBEN SEGUIR?.....	73
CAPÍTULO 4	74
MANUAL DE OPERACIÓN	74
CAPITULO 5	97
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y RESULTADOS	97
5.1 DISEÑO	97

5.2. CONSTRUCCIÓN	98
5.3. RESULTADOS	99
CAPITULO 6	100
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	100
6.1 CONCLUSIONES:.....	100
6.2 RECOMENDACIONES:	101
ANEXO 1	102
1.1 SÍMBOLOS Y NÚMEROS DE INSTRUMENTACIÓN.....	102
1.2 DESCRIPCIÓN DE CÓMO LOS CÍRCULOS INDICAN LA POSICIÓN DE LOS INSTRUMENTOS	102
1.3 NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS O NÚMEROS TAG.....	103
1.4 SÍMBOLOS DE LÍNEAS	104
1.5 SIMBOLOGÍA DE VÁLVULAS Y ACTUADORES	106
1.5.a Válvulas	106
1.5.b Actuadores	106
1.6 ACCIÓN DEL ACTUADOR EN CASO DE FALLO DE AIRE (O DE POTENCIA)	107
ANEXO 2	108
2.1 TERMINOLOGÍA UTILIZADA PARA LAS VÁLVULAS	108
ANEXO 3	112
3.1 CONVERSIÓN Y EQUIVALENCIAS DE UNIDADES DE PRESIÓN Y NIVEL	112
3.2 CONVERSIÓN Y EQUIVALENCIAS DE UNIDADES DE ÁREA.	113
ANEXO 4	114
4.1 ESTRUCTURA	114
ANEXO 5	115
5.1 SISTEMA DE AGUA	115
ANEXO 6	116
6.1 SISTEMA DE AIRE	116
ANEXO 7	117
7.1 SISTEMA ELÉCTRICO ELECTRÓNICO	117
BIBLIOGRAFÍA	118

GENERALIDADES

INTRODUCCIÓN

La presente tesis se realizó tomando en cuenta algunos aspectos el más importante fue la necesidad en la actualidad de los estudiantes de la carrera de Tecnología Electromecánica de contar con un laboratorio equipado para realizar prácticas en el área de instrumentación una de las materias de mayor despliegue en la industria, en base a un estudio profundo a los temas que trata dicha materia y a lo que se posee en el laboratorio se presentaba la ausencia de un equipo para demostrar de forma práctica un sistema de control de nivel por diferencial de presión, este método para medir nivel es uno de los tantos empleados en el campo industrial, en base a este análisis y con el objeto de realizar algo que realmente sea útil y tenga una aplicación práctica se puso en marcha el mencionado proyecto de titulación.

Como es conocido, un alto número de industrias en la actualidad automatizadas, se requiere de un sistema para medir nivel, existen diversos métodos para ello, el que nosotros llevaremos a cabo se basa en la diferencia o diferencial de presión.

Este método es el más común en la medición de nivel para tanques abiertos o cerrados. Las tomas de presión diferencial; se hacen, una en la parte inferior, otra en la parte superior, siempre y cuando se trate de tanques cerrados sometidos a presión, cuando es para tanques abiertos en nuestro caso la toma de baja presión se ventea a la atmósfera.

CAPÍTULO 1

1.1. HISTORIA DEL CONTROL AUTOMÁTICO

1.1.1. LOS RELOJES DE AGUA:

“El primer dispositivo realimentado fue el reloj de agua inventado por el griego Ktesibios en Egipto aproximadamente en el tercer siglo A.C.

El reloj de agua fue implementado mediante un regulador de flotador, el cual tenía la función de mantener el nivel del agua de un tanque a una profundidad constante. Al ser la profundidad de agua constante, se produce un flujo también constante que atraviesa por un tubo y llena un segundo tanque. Según sea el nivel del segundo tanque así será el tiempo transcurrido.

El flotador de este reloj funcionaba de manera que mediante una válvula se controlaba el nivel del agua del tanque por lo que la misma se abría en caso de que el nivel del tanque bajara y se cerraba cuando se llegaba al nivel deseado. El flotador era el encargado de medir el nivel del tanque e indicarle a la válvula como debía permanecer.

Entre los años 800 y 1200, varios ingenieros árabes usaron el regulador para relojes de agua y otras aplicaciones. En el mismo período, el principio de control de “todo/nada” comenzó a utilizarse.

1.1.2. LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL:

La Revolución Industrial en Europa logró la introducción de motores principales, o máquinas auto-conducidas. Esto fue marcado según la invención de molinos de grano avanzados, hornos, calderas, y el motor de vapor. Estos dispositivos no se podían regular adecuadamente a mano, por lo que surgió una nueva exigencia para sistemas de control automáticos. Una variedad de dispositivos de control fue inventada, incluyendo reguladores de flotador, reguladores de temperaturas, reguladores de presión, y dispositivos de control de velocidad.

1.1.3. CONTRIBUYENTES PRINCIPALES:

Ktesibios: Ktesibios era un barbero que vivió en Alejandría. Pronto se convirtió en un constructor de máquinas bajo el mando del rey Ptolomeo II. Se le acredita la invención de la bomba de agua, del órgano de agua, varias formas diferentes de catapultas y el reloj de agua, convertido en el primer dispositivo automático.

James Watt: Watt determinó las propiedades del vapor, diseñó una cámara de condensación independiente para la máquina de vapor que evitaba las enormes pérdidas de vapor en el cilindro e intensificaba las condiciones de vacío. La primera patente de Watt, en 1769, cubría este dispositivo y otras mejoras de la máquina de Newcomen, como la camisa de vapor, el engrase de aceite y el aislamiento del cilindro con el fin de mantener las altas temperaturas necesarias para una máxima eficiencia.

Watt continuó con sus investigaciones y patentó otros muchos e importantes inventos, como el motor rotativo para impulsar varios tipos de maquinaria; el motor de doble efecto, en el que el vapor puede distribuirse a uno y otro lado del cilindro, y el indicador de vapor que registra la presión de vapor del motor.

Watt realizó otros importantes aportes. Un ejemplo en el campo del control automático es el gobernador centrífugo de bolas (Fig. 1.1), que inventó y que consistía en un servomecanismo realimentado que regulaba automáticamente la velocidad de una máquina.- La unidad eléctrica vatio (watt) recibió el nombre en su honor.

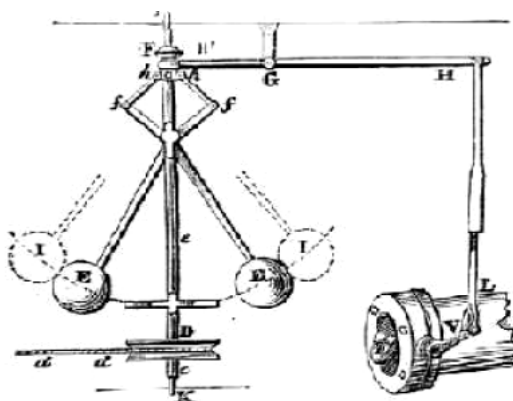


Fig.1.1 Gobernador centrífugo de watt

Harry Nyquist: Entre sus numerosas contribuciones, se puede señalar la primera explicación cuantitativa del ruido térmico, algunos estudios sobre señales de transmisión de datos, la invención del sistema de transmisión de banda lateral vestigial ahora muy usado en la televisión y el conocido diagrama de Nyquist para determinar la estabilidad de los sistemas realimentados.

Nathaniel B. Nichols: Creó un método gráfico para determinar la ganancia y la fase máxima de un sistema de lazo cerrado a partir de las características de lazo abierto. Esto consiste en la utilización de un gráfico para determinar la información mencionada. Se ha probado que esta carta ha sido la herramienta más útil en la historia del Control.”¹

1.2. INTRODUCCIÓN A LA INSTRUMENTACIÓN:

Si analizamos nuestras actividades cotidianas, desde el momento que suena la alarma de un despertador y nos preparamos para desarrollar nuestras actividades diarias, así como encender un foco o escuchar el encendido o apagado del motor de la bomba, etc., nos auxiliaremos de instrumentos que nos ayudan a desarrollar ciertas actividades oportunamente con eficiencia, rapidez, etc.

De igual manera mecánicos, electricistas, médicos, ingenieros y arquitectos, se auxilian de instrumentos para llevar a cabo sus actividades diarias, con el objetivo de lograr un avance con la mayor eficiencia, calidad y volumen de producción.

Es lógico pensar que para las industrias, sin importar el tamaño de estas, es imprescindible el uso de instrumentos industriales, para facilitar la manufactura de sus productos.

¹ Historia del control automático hasta 1950 - Universidad de Costa Rica - facultad de Ing. Eléctrica, monografías - Págs. 3 – 20.

¿Que es la Instrumentación Industrial?

Es el conocimiento de la correcta aplicación de los equipos encaminados para apoyar al usuario en la medición, regulación, observación, transformación, ofrecer seguridad, etc., de una variable dada en un proceso productivo.

Los instrumentos industriales pueden realizar las siguientes funciones:

1. Sensar o captar una variable
2. Acondicionar una variable dada
3. Transmitir una variable
4. Controlar una variable
5. indicar la magnitud de una variable
6. Totalizar una variable
7. Convertir una variable
8. Alarmar por magnitud una variable
9. Interrumpir o permitir una secuencia dada
10. Transmitir una señal
11. Amplificar una señal
12. Manipular una variable del proceso

1.3. CONTROL DE PROCESOS

1.3.1. INTRODUCCIÓN:

“El objeto de todo proceso industrial será la obtención de un producto final, de unas características determinadas de forma que cumpla con las especificaciones y niveles de calidad exigidos por el mercado, cada día más restrictivos.

Esta constancia en las propiedades del producto sólo será posible gracias a un control exhaustivo de las condiciones de operación, ya que tanto la alimentación al proceso como las condiciones del entorno son variables en el tiempo.

1.3.2. SISTEMAS DE CONTROL:

Son aquellos dedicados a obtener la salida deseada de un sistema o proceso. En un sistema general se tienen una serie de entradas que provienen del sistema a controlar, llamado planta, y se diseña un sistema para que, a partir de estas entradas, modifique ciertos parámetros en el sistema planta, con lo que las señales anteriores volverán a su estado normal ante cualquier variación.

A continuación se ilustra un sistema básico de control (Fig.1.2)

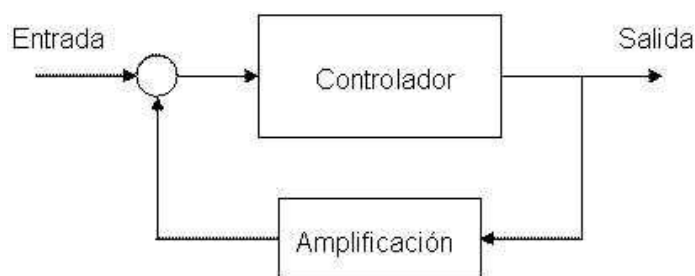


Fig. 1.2 Sistema básico de control

La misión del sistema de control de proceso será corregir las desviaciones surgidas en las variables de proceso respecto de unos valores determinados, que se consideran óptimos para conseguir las propiedades requeridas en el producto producido.

El sistema de control nos permitirá una operación del proceso más fiable y sencilla, al encargarse de obtener unas condiciones de operación estables, y corregir toda desviación que se pudiera producir en ellas respecto a los valores de ajuste.

Las principales características que se deben buscar en un sistema de control serán:

- Mantener el sistema estable, independiente de perturbaciones y desajustes.
- Conseguir las condiciones de operación objetivo de forma rápida y continua.
- Trabajar correctamente bajo un amplio abanico de condiciones operativas.
- Manejar las restricciones de equipo y proceso de forma precisa.

La implantación de un adecuado sistema de control de proceso, que se adapte a las necesidades de nuestro sistema, significará una sensible mejora de la operación. Principalmente los beneficios obtenidos serán:

- Incremento de la productividad
- Mejora de los rendimientos
- Mejora de la calidad
- Ahorro energético
- Control medioambiental
- Seguridad operativa
- Optimización de la operación del proceso/ utilización del equipo
- Fácil acceso a los datos del proceso

1.3.3. CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO:

El control del proceso consistirá en la recepción de unas entradas, variables del proceso, su procesamiento y comparación con unos valores predeterminados por el usuario, y posterior corrección en caso de que se haya producido alguna desviación respecto al valor preestablecido de algún parámetro de proceso.

El bucle de control típico estará formado por los siguientes elementos, a los que habrá que añadir el propio proceso.

1.3.3.1. Elementos de medida (Sensores): Generan una señal indicativa de las condiciones de proceso.

1.3.3.2. Elementos de control lógico (Controladores): Leen la señal de medida, comparan la variable medida con la deseada (punto de consigna) para determinar el error, y estabilizan el sistema realizando el ajuste necesario para reducir o eliminar el error.

1.3.3.3. Elementos de actuación (Válvulas y otros elementos finales de control):

Reciben la señal del controlador y actúan sobre el elemento final de control, de acuerdo a la señal recibida.

Esta serie de operaciones de medida, comparación, cálculo y corrección, constituyen una cadena cerrada constituyen ciclo cerrado.

El conjunto de elementos que hacen posible este control reciben el nombre de bucle de control (Fig.1.3).

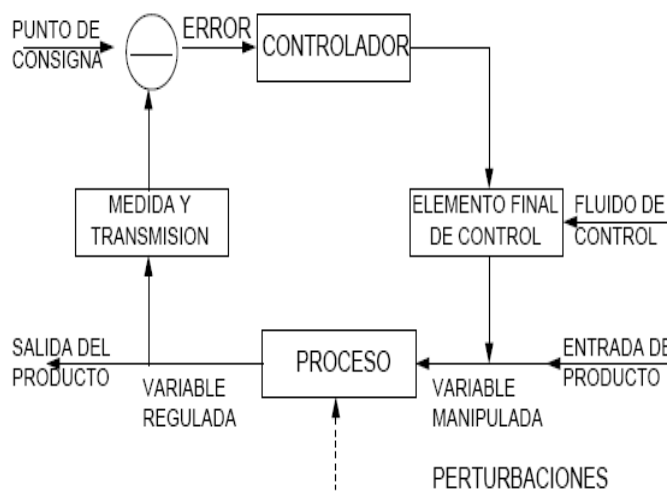


Fig. 1.3 Bucle de control

1.3.4. DIFERENCIAS ENTRE CONTROL MANUAL Y CONTROL AUTOMÁTICO:

Cuando se conduce un automóvil, el tripulante debe considerar ciertas variables. La velocidad es una de esas variables, la cual es necesaria para reunir información acerca de que tan rápido avanza el auto. El velocímetro indica la velocidad actual del auto. La velocidad límite del auto indica la velocidad deseada del auto. Estos valores pueden ser comparados para tomar una decisión. El estado actual de la variable comparado con el estado deseado es lo que determina una apropiada acción, con el objeto de aumentar o disminuir la velocidad, o simplemente no llevar a cabo ninguna acción.

Una vez que la decisión ha sido tomada e implementada, el siguiente paso es verificar de nuevo la velocidad del auto, para determinar que efecto han tenido los cambios hechos con anterioridad. Cuando la información ha sido reunida, se ha

tomado una decisión y realizado una acción, se dice que se lleva a cabo un control manual del auto. La decisión de aumentar, disminuir, o mantener la velocidad del auto, es realizada automáticamente por un instrumento. El control que se realiza por medio de instrumentos, se dice que es un control automático.

1.3.5. VARIABLES UTILIZADAS EN EL PROCESO DE CONTROL:

El lazo de control de un proceso es diseñado para tener todas las variables bajo control. El término utilizado para llamar a la variable que a sido manipulada, es el de “**variable manipulada**”. A la, o las variables que han sido medidas con anterioridad se les denomina “**variable medida**”. De la misma manera, el término utilizado para expresar el valor de ajuste, es “**set-point**”, y la diferencia entre el valor actual de la variable y el set point, se denomina “**desviación**”.

La acción es realizada para eliminar la desviación en el proceso de control, la acción es el ajuste de la variable, a este ajuste se le denomina “**variable manipulada**”.

En términos prácticos, el control es un ciclo continuo de medición, toma de decisión, y realizar una acción. El proceso de control es un lazo diseñado para mantener la variable controlada en el set-point.

1.3.6. COMPONENTES DE CONTROL:

Un disturbio es un cambio en la demanda del sistema, usualmente es un factor fuera del lazo, el cual afecta la variable controlada. Con el fin de compensar los disturbios y mantener el control, el proceso de toma de decisión debe ser continuo.

Feedback es el término utilizado para indicar una medición y respuesta continuas a la información generada. Esta es la forma más simple de control, el término usado para definir los instrumentos en un sistema de control da información,

decide y toma acción en un sistema de control retroalimentado, es un lazo de control retroalimentado.

El lazo de control retroalimentado, incluye un sensor, un transmisor, un controlador, y un elemento final de control. Sensores, transmisores, y los elementos finales de control, a menudo están localizados en campo cerca del proceso. Los controladores, comúnmente se localizan en el cuarto de control.”²

1.4. TIPOS DE CONTROL

Sistemas de control con realimentación:

Son sistemas de control de bucle cerrado en los que existe una realimentación continua de la señal de error del proceso al controlador, actuando conforme a esta señal buscando una reducción gradual del error hasta su eliminación. Es el tipo de sistemas que más extendido se encuentra en la actualidad.

Existen diversos diagramas de actuación con la característica común de la realimentación de la señal de error. Sin embargo, seguirán distintos fundamentos para conseguir la eliminación del error del sistema.

Los principales tipos de sistemas de control son:

- On – Off.
- Proporcional
- Proporcional derivativo
- Proporcional integral
- Proporcional integral derivativo (PID).

A continuación se explicará el fundamento de actuación de algunos de ellos, aquellos de mayor importancia y aplicación.

² MAVAINSA – Control De Procesos – Págs. 3 – 8

Para ello se recurrirá al ejemplo práctico de un depósito de cierta capacidad en el que es necesario regular el nivel de líquido.

1.4.1 CONTROL ON-OFF

1.4.1.1 Principio de operación del control de dos posiciones.

En procesos en los que no se requiere un control muy preciso, el control dos-posiciones on-off, puede ser el adecuado. El funcionamiento del control dos-posiciones se ilustra en la (Fig. 1.4). El líquido en el tanque puede ser mantenido en una temperatura específica, la temperatura es la variable controlada, en este ejemplo sería el vapor.

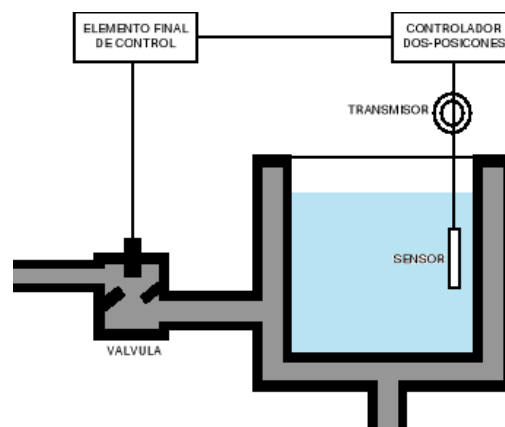


Fig. 1.4 Controles de dos posiciones (válvula abierta)

Los componentes en este lazo son: un sensor, un transmisor, un controlador dos-posiciones, y un elemento final de control, que en este caso es un válvula de dos posiciones: abierto o cerrado.

Cualquier cambio en la temperatura del producto almacenado en el tanque es detectado por el sensor, la señal detectada es transmitida al controlador. El controlador determina que la temperatura está por debajo del set-point y envía una señal para abrirla válvula del vapor. La válvula abre incrementando el flujo de vapor (variable manipulada), para calentar el tanque.

Cuando el flujo de vapor en el tanque es iniciado, la temperatura regresará al valor del set-point. La temperatura continuará subiendo hasta que una nueva acción sea tomada. Cuando la temperatura del líquido excede el set-point, una señal para cerrar la válvula es enviada al elemento final de control, como se muestra en la (fig. 1.5)

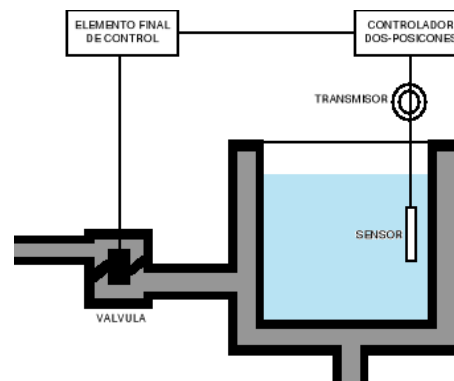


Fig. 1.5 Control de dos posiciones (válvula cerrada)

1.4.1.2. Efectos del control dos-posiciones en un proceso:

En el ejemplo anterior se nota que el lazo de control no puede responder inmediatamente a los cambios. Dos factores son los que impiden la inmediata respuesta, el tiempo de respuesta del sensor y el tiempo requerido por el líquido en el tanque para responder a los cambios en la variable manipulada.

Consecuentemente, el control dos posiciones puede causar oscilaciones significativas en el proceso. Si el proceso puede tolerar las oscilaciones en la variable controlada, el control dos posiciones es el adecuado. Si el proceso no tolera las oscilaciones, debe ser usado otro modo de control.

Los controladores de éste tipo tienen dos posiciones estables, conmutando entre uno y otro según el valor de la variable de entrada $E(s)$.

Para evitar que el control conmute en forma **descontrolada**, la variable de control $m(s)$ cambiará de valor sólo cuando $E(s)$ presente valores fuera de un cierto intervalo, de esta manera se define como zona muerta ó **brecha diferencial** al intervalo dentro del cual el controlador no conmuta.

La brecha diferencial permite que el controlador no conmute indiscriminadamente ante pequeñas variaciones de $E(s)$, (en general debido a **ruidos**).

Lo anterior se puede expresar con un diagrama de un bloque (Fig. 1.6), donde las variables son:

Variable de entrada $E(s)$: El error (diferencia entre el valor deseado y el realmente existente).

Variable de control $m(s)$: Variable de control sin embargo este tipo de controles no puede tener un tratamiento como bloque de un sistema lineal pues el control **on - off** no lo es.

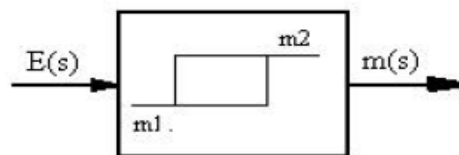


Fig. 1.6 Diagrama de bloques de un control On-Off

1.4.2. CONTROL PROPORCIONAL.

“La respuesta proporcional es la base de los tres modos de control, si los otros dos, acción integral (reset) y acción derivativa están presentes, éstos son sumados a la respuesta proporcional.

“Proporcional” significa que el cambio presente en la salida del controlador es algún múltiplo del porcentaje de cambio en la medición.

Este múltiplo es llamado “ganancia” del controlador. Para algunos controladores, la acción proporcional es ajustada por medio de tal ajuste de ganancia, mientras que para otros se usa una “banda proporcional”. Ambos tienen los mismos propósitos y efectos.

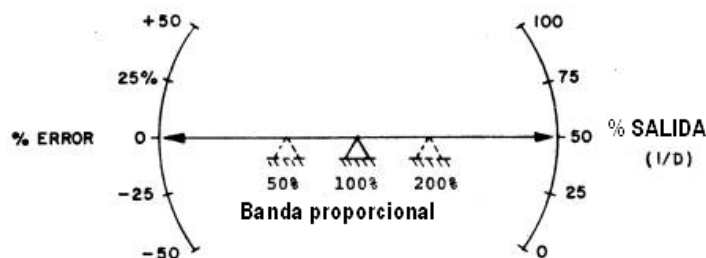


Fig. 1.7. Acción proporcional

La (Fig. 1.7) ilustra la respuesta de un controlador proporcional por medio de un indicador de entrada/salida pivotando en una de estas posiciones. Con el pivót en el centro entre la entrada y la salida dentro del gráfico, un cambio del 100% en la medición es requerido para obtener un 100% de cambio en la salida, o un desplazamiento completo de la válvula. Un controlador ajustado para responder de ésta manera se dice que tiene una banda proporcional del 100%.

Cuando el pivót es hacia la mano derecha, la medición de la entrada debería tener un cambio del 200% para poder obtener un cambio de salida completo desde el 0% al 100%, esto es una banda proporcional del 200%.

Finalmente, si el pivót estuviera en la posición de la mano izquierda y si la medición se moviera sólo cerca del 50% de la escala, la salida cambiaría 100% en la escala. Esto es un valor de banda proporcional del 50%. Por lo tanto, cuanto mas chica sea la banda proporcional, menor será la cantidad que la medición debe cambiar para el mismo tamaño de cambio en la medición, O en otras palabras, menor banda proporcional implica mayor cambio de salida para el mismo tamaño de medición.

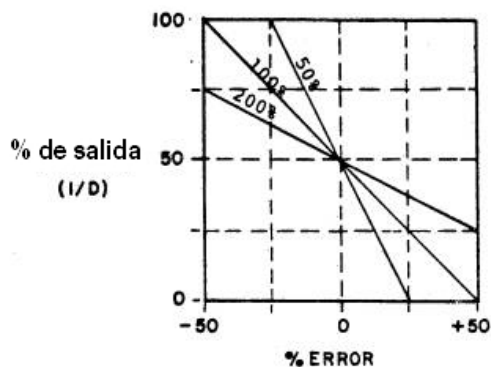


Figura. 1.8 Relaciones banda proporcional

Este gráfico (Fig. 1.8) muestra cómo la salida del controlador responderá a medida que la medición se desvía del valor de consigna (set-point). Cada línea sobre el gráfico representa un ajuste particular de la banda proporcional. Dos propiedades básicas del control proporcional pueden ser observadas a partir de éste gráfico:

- Por cada valor de la banda proporcional toda vez que la medición se iguala al valor de consigna, la salida es del 50%.
- Cada valor de la banda proporcional define una relación única entre la medición y la salida. Por cada valor de medición existe un valor específico de salida. Por ejemplo, usando una línea de banda proporcional del 100%, cuando la medición está 25% por encima del valor de consigna, la salida del controlador deberá ser del 25%. La salida del controlador puede ser del 25% sólo si la medición está 25% por encima del valor de consigna. De la misma manera, cuando la salida del controlador es del 25%, la medición será del 25% por encima del valor de consigna. En otras palabras, existe un valor específico de salida por cada valor de medición.

Para cualquier lazo de control de proceso sólo un valor de la banda proporcional es el mejor. A medida que la banda proporcional es reducida, la respuesta del controlador a cualquier cambio en la medición se hace mayor y mayor. En algún punto dependiendo de la característica de cada proceso particular, la respuesta en el controlador será lo suficientemente grande como para controlar que la variable medida retorne nuevamente en dirección opuesta a tal punto de causar

un ciclo constante de la medición. Este valor de banda proporcional, conocido como la última banda proporcional, es un límite en el ajuste del controlador para dicho lazo. Por otro lado, si se usa una banda proporcional muy ancha, la respuesta del controlador a cualquier cambio en la medición será muy pequeña y la medición no será controlada en la forma suficientemente ajustada. La determinación del valor correcto de banda proporcional para cualquier aplicación es parte del procedimiento de ajuste para dicho lazo. El ajuste correcto de la banda proporcional puede ser observado en la respuesta de la medición a una alteración.

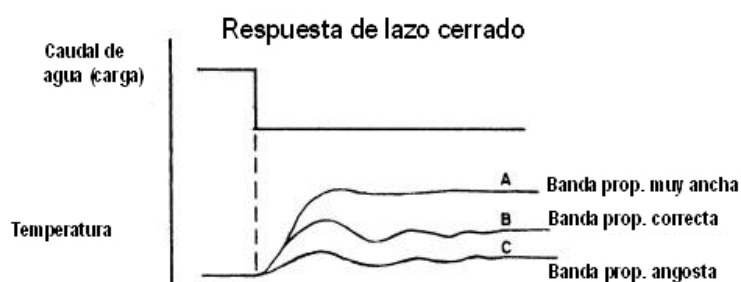


Figura 1.9 Ejemplos de bandas proporcionales.

La (Fig. 1.9) muestra varios ejemplos de bandas proporcionales variadas para el intercambiador de calor.

Idealmente, la banda proporcional correcta producirá una amortiguación de amplitud de cuarto de ciclo en cada ciclo, en el cual cada medio ciclo es $\frac{1}{2}$ de la amplitud del medio ciclo previo. La banda proporcional que causará una amortiguación de onda de un cuarto de ciclo será menor, y por lo tanto alcanzará un control mas ajustado sobre la variable medida, a medida que el tiempo muerto en el proceso decrece y la capacidad se incrementa .

Una consecuencia de la aplicación del control proporcional al lazo básico de control es el offset. Off-set significa que el controlador mantendrá la medida a un valor diferente del valor de consigna. En otras palabras, para restaurar el balance entre el caudal de entrada y el de salida, el nivel se debe estabilizar a un valor debajo del valor de consigna (o set-point). Esta diferencia, que será mantenida por el lazo de control, es llamada off-set, y es característica de la aplicación del

control proporcional único en los lazos de realimentación. La aceptabilidad de los controles sólo-proporcionales dependen de si este valor de off-set será o no tolerado, ya que el error necesario para producir cualquier salida disminuye con la banda proporcional, cuanto menor sea la banda proporcional, menor será el off-set. Para grandes capacidades, aplicaciones de tiempo muerto pequeñas que acepten una banda proporcional muy estrecha, el control sólo-proporcional será probablemente satisfactorio dado que la medición se mantendrá a una banda de un pequeño porcentaje alrededor del valor de consigna. Si es esencial que no haya una diferencia de estado estable entre la medición y el valor de consigna bajo todas las condiciones de carga, una función adicional deberá ser agregada al controlador.

El sistema de control proporcional se basa en establecer una relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control. Así, la válvula de control se moverá el mismo valor para cada unidad de desviación.

En el ejemplo del depósito, el control de nivel abrirá más o menos la válvula de drenaje en función de la desviación existente en el nivel respecto del valor de consigna.

En la (Fig. 1.10) podemos apreciar la relación nivel – apertura. Es decir, si el nivel ha subido a valores muy altos tendremos una gran apertura de la válvula. Por el contrario, para un nivel inferior al de ajuste la válvula se encontrará en una posición más cerrada que la que correspondería al set-point (ajuste).

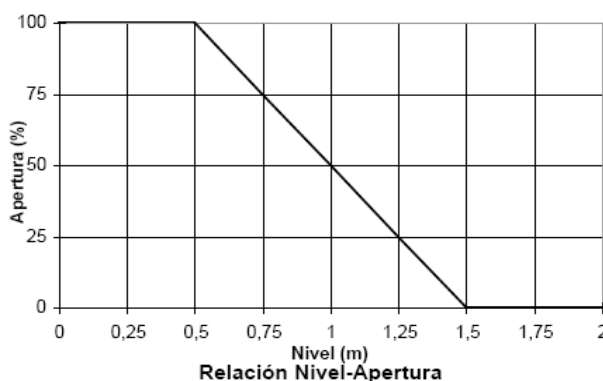


Figura 1.10 Relación nivel apertura de válvula

El principal problema de este sistema es la imposibilidad de alcanzar de nuevo el punto de consigna cuando se cambian las variables de entrada al proceso.

Imaginemos que el nivel de nuestro equipo está ajustado a un metro y el caudal de entrada es de 5 m³/h, encontrándose la válvula de drenaje en la posición correspondiente al nivel de ajuste seleccionado. Así para que exista constancia de nivel la posición de la válvula de drenaje permitirá que se evacuen los 5 m³/h de caudal entrante.

Si el caudal de entrada aumenta a 7 m³/h en un primer momento el nivel del depósito subirá rebasando el de ajuste, el controlador tendrá que abrir la válvula de drenaje buscando restablecer el nivel del depósito. Sin embargo, ahora el caudal a evacuar será superior al anterior por lo que la válvula tendrá que estar más abierta, valor que correspondería a un nivel diferente al de ajuste. De esta forma el sistema de control tendería a estabilizarse en un nivel distinto al de ajuste, donde el paso de la válvula permita evacuar los 7 m³/h de caudal entrantes al sistema. La desviación existente entre el valor de ajuste y la estabilización se denominará off-set.

Como ventajas: se pueden mencionar: La instantaneidad de aplicación, la facilidad de comprobar los resultados, Como desventajas: La falta de inmunidad al ruido, la imposibilidad de corregir algunos errores en el régimen permanente.

El aumento de la ganancia proporcional en forma exagerada puede hacer que polos de la transferencia no modelados que para ganancias bajas no influyen, adquieran importancia y transformen al sistema en inestable.

1.4.3. CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL P.I.

El modo de control Integral tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario, provocado por el modo proporcional.

El error es integrado, lo cual tiene la función de promediarlo o sumarlo por un periodo de tiempo determinado; luego es multiplicado por una constante.

El modo integral presenta un desfase en la respuesta de 90° que sumados a los 180° de la retroalimentación (negativa) acercan al proceso a tener un retraso de 270° , luego entonces solo será necesario que el tiempo muerto contribuya con 90° de retardo para provocar la oscilación del proceso.

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

El control integral basa su funcionamiento en abrir o cerrar la válvula, a una velocidad constante, hasta conseguir eliminar la desviación. La velocidad de accionamiento será proporcional al error del sistema existente, Volviendo al caso de nuestro depósito, debido a la variación de nivel ocasionada por el paso del caudal entrante de 5 a 7 m^3/h el controlador del sistema actuará de forma que se recupere el nivel de consigna.

Por control integral el controlador actuará sobre la válvula de drenaje a una velocidad constante, proporcional a la desviación existente, durante el tiempo necesario para recuperar el valor de ajuste.

Analizaremos lo que ocurre realmente en la válvula, en un primer momento el paso de la válvula permitirá la circulación de los 5 m^3/h de la alimentación. Al variar el caudal de alimentación a las nuevas condiciones se produce un aumento de nivel al existir una acumulación de materia en el tanque. El controlador del sistema irá aumentando la sección de paso de la válvula a velocidad constante llegándose a alcanzar valores de caudal de salida superiores a los 7 m^3/h entrantes para conseguir extraer la acumulación de materia producida. Cuando se llegue de nuevo a restablecer el nivel de ajuste, el controlador actuará sobre la válvula de la forma necesaria para conseguir de nuevo la estabilidad del sistema. Este sistema presenta la ventaja de carecer de off-set, por lo que resulta posible recuperar las condiciones de operación de ajuste después de producirse una variación en las entradas del sistema.

En la (Fig. 1.11) se representará como evolucionan la posición de la válvula, el error del sistema y la variable de control en el tiempo.

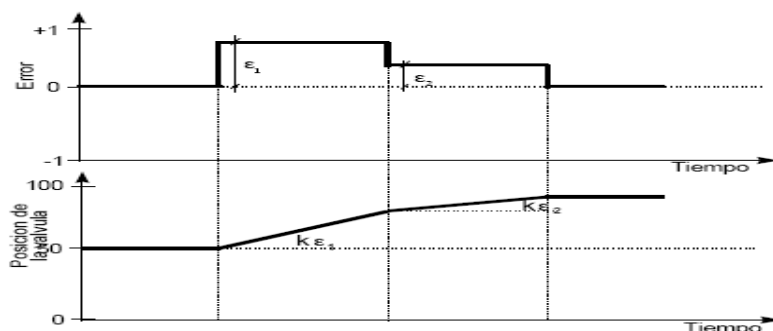


Figura 1.11 Evolución de la válvula y error en el tiempo

1.4.4. CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVO P.D.

En la regulación derivada la posición de la válvula será proporcional a la velocidad de cambio de la variable controlada. Así, la válvula sufrirá un mayor o menor recorrido dependiendo de la velocidad de cambio del error del sistema.

Nos remitimos a las curvas de variación de las variables del sistema (Fig. 1.12), para una mejor comprensión del fundamento operativo de este modo de regulación.

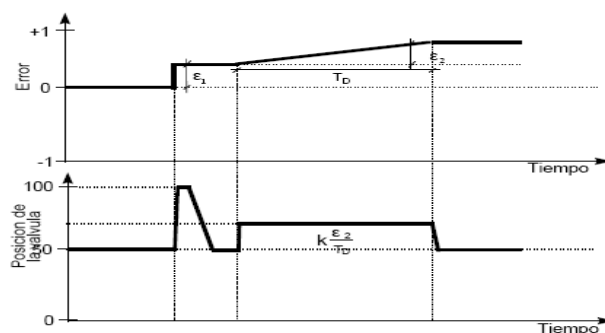


Figura 1.12 Evolución de la válvula y error en el tiempo

Volviendo al ejemplo del depósito, la regulación de la válvula dependerá de como se haya producido la variación de nivel del sistema. Si el nivel varía lentamente la válvula tendrá un paso menor, al que tendría en caso de mayores velocidades de variación de nivel.

Supongamos que la variación de caudal entrante de 5 a 7 m³/h nos produce que el nivel suba 1 metro cada diez minutos, regulándose el sistema de forma que se extraen 8 m³/h hasta recuperar las condiciones de ajuste. Sin embargo, si tuviéramos el caso de que el nivel variase 2 metros cada cinco minutos sería necesario regular la válvula para tener una extracción de unos 15 m³/h con objeto de recuperar las condiciones de consigna de forma más rápida y eficiente.

La adopción de este sistema de control nos permitirá una regulación sin off set.

El control derivativo nos permite tener una mayor velocidad de corrección de las desviaciones del sistema, contribuye a una operación más estable y continua.

1.4.5. CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO P.I.D.

Un controlador **PID (Proporcional Integral Derivativo)** es un sistema de control que, mediante un actuador, es capaz de mantener una variable o proceso en un punto deseado dentro del rango de medición del sensor que la mide.

La unión en un circuito de los 3 controladores descritos anteriormente da lugar a un instrumento electrónico proporcional + integral + derivativo. El circuito simplificado consiste en un modulo proporcional más integral, donde se fija la ganancia o banda proporcional, se amplifica la desviación entre la variable y el punto de consigna, se fija el valor del punto de consigna y se selecciona la acción directa o la inversa del controlador y un modulo de acción derivada modificada donde se encuentra el potenciómetro de acción derivada.

Es uno de los métodos de control más frecuentes y precisos dentro de la regulación automática.

Funcionamiento:

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

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

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

El controlador lee una señal externa que representa el valor que se desea alcanzar. Esta señal recibe el nombre de punto de consigna o punto de referencia, la cual es de la misma naturaleza y tiene el mismo rango de valores que la señal que proporciona el sensor. Para hacer posible esta compatibilidad y que, a su vez, la señal pueda ser entendida por un humano, habrá que establecer algún tipo de interfaz.

El controlador resta la señal de punto actual a la señal de punto de consigna, obteniendo así la señal de error, que determina en cada instante la diferencia que hay entre el valor deseado y el valor medido. La señal de error es utilizada por cada una de las 3 componentes de un controlador PID propiamente dicho para generar las 3 señales que, sumadas, componen la señal que el controlador va a utilizar para gobernar al actuador. La señal resultante de la suma de estas tres señales, que posteriormente explicaremos, se llama variable manipulada y no se aplica directamente sobre el actuador, si no que debe ser transformada para ser compatible con el actuador que usemos.

Las tres componentes de un controlador PID son: parte **P**roportional, acción **I**ntegral y acción **D**erivativa. El peso de la influencia que cada una de estas partes tiene en la suma final, viene dado por la constante proporcional, el tiempo integral y el tiempo derivativo, respectivamente.

Normalmente en las aplicaciones de control no se recurre solamente al empleo de un solo tipo de regulación, dando lugar a sistemas de control combinados. Así surgen los controles PI (Proporcional+Integrado), PD (Proporcional+Diferencial) y PID (Proporcional+Integrado+Diferencial).

Estos sistemas suponen la ventaja de disponer de las características de regulación de los sistemas de control integrados en ellos.

La actuación de este tipo de sistemas se podrá comprender mejor si vemos el siguiente gráfico (Fig. 1.13), en el que se presenta conjuntamente la evolución del error en el tiempo y la posición correspondiente de la válvula en un control PID³.

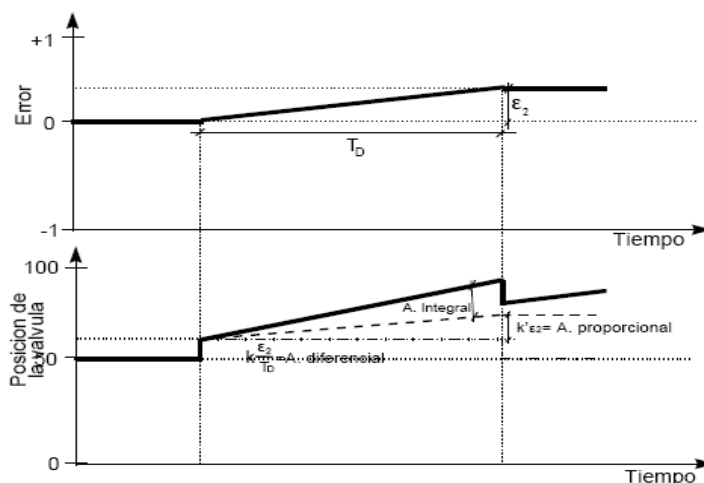


Figura 1.13 Evolución de la válvula y error en el tiempo

1.5. TRANSMISORES DE PRESIÓN.

1.5.1. TRANSMISORES NEUMÁTICOS:

“Los transmisores neumáticos se basan en el sistema tobera-obturador (Fig. 1.14), que convierte el movimiento del elemento de medición en una señal neumática.

³ MAVAINSA – Control De Procesos – Págs. 4 – 8
Estudio de la linealidad y la histéresis en una válvula neumática

El sistema tobera-obturador consiste en un tubo neumático aumentado a una presión constante P con una reducción en su salida en forma de tobera, la cual puede ser obstruida por una lámina llamada obturador cuya posición depende del elemento de medida.

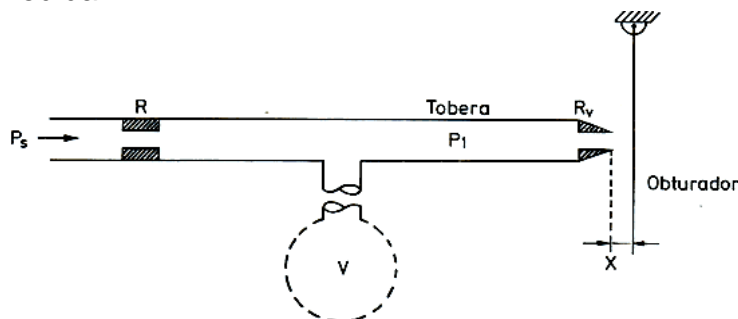


Figura 1.14. Sistema tobera-obturador

El aire de alimentación de presión normalizada 1,4 bares. (20 psi) pasa por la restricción R y llena el volumen cerrado V escapándose a la atmósfera por la tobera R. Ésta tiene un diámetro muy pequeño, de unos 0,25-0,5 mm, mientras que la restricción R tiene un diámetro alrededor de 0,1 mm. Con el obturador abierto la presión posterior remanente es de unos 0,03 bar., lo cual indica que la relación de presiones diferenciales a través de la restricción R es de $1,4/0,03 = 50$ veces. El consumo de aire del conjunto tobera-obturador es relativamente pequeño, del orden de 3 NI/min.

El escape de aire a través de la tobera depende de la posición del obturador, es decir, del valor de x . Debido a este escape, el volumen V se encontrará a una presión P , intermedia entre P_s y la presión atmosférica. En efecto: para $x = 0$ el obturador tapa casi totalmente a la tobera, con lo cual no hay escape de aire a la atmósfera y P llega a ser casi igual a la presión P_s del aire de alimentación: para x relativamente grande el obturador está bastante separado de la tobera y no limita el escape a la atmósfera siendo la presión P , próxima a la atmosférica.

En la (Fig.1.15), se representa una tobera ejerce una fuerza sobre el obturador F P , X S que tiende a desplazarlo. Esta curva de respuesta típica de un sistema tobera-obturador, pudiendo verse que la misma no es lineal.

El aire que se escapa de la fuerza debe hacerse despreciable con relación a la fuerza del elemento de medida que posiciona el obturador, Con este objeto, en el amplificador de dos etapas se utiliza sólo una parte reducida de la curva, y se disminuye además la sección de la tobera a diámetros muy pequeños de 0,1 a 0,2 mm (no se consideran diámetros más pequeños para evitar que la tobera se tape por suciedad del aire). De este modo, la parte reducida de la curva puede aproximarse a una línea recta con lo cual se consigue una relación prácticamente lineal entre el valor de la variable y la señal transmitida.

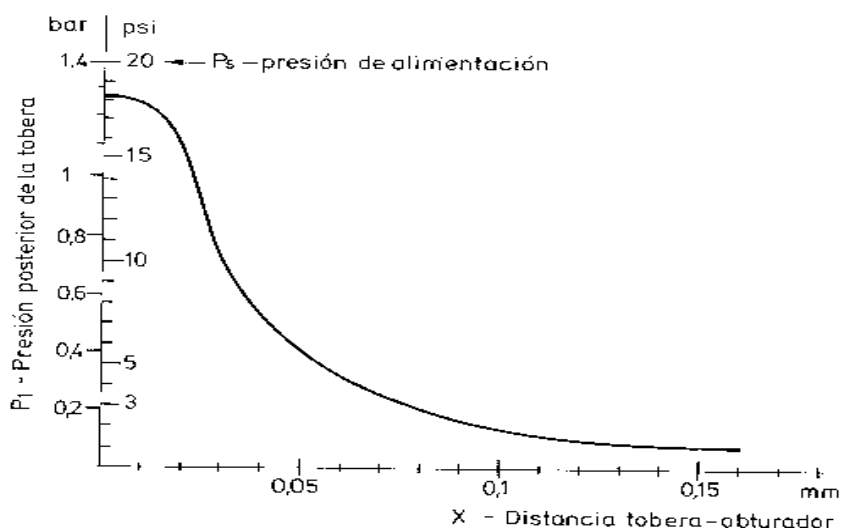


Figura 1.15. Curva de respuesta de un sistema tobera-obturador

Como la restricción fija R es 3 a 4 veces menor que la tobera R ; sólo pasa por la misma un pequeño caudal de aire, por lo cual, el volumen V debe ser tan reducido como sea posible para obtener un tiempo de respuesta del sistema inferior al segundo.

La válvula piloto (amplificador neumático) empleada en el amplificador de dos etapas (Fig.1.16), cumple las siguientes funciones:

1. Aumento del caudal de aire suministrado, o del caudal de escape para conseguir tiempos de respuesta inferiores al segundo.

2. Amplificación de presión (ganancia) que suele ser de 4 a 5, en general, para obtener así la señal neumática estándar 3-15 psi (0,2-1 bar.).

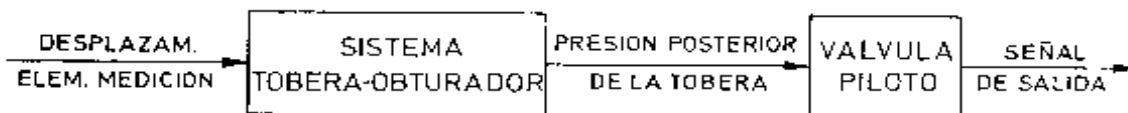


Figura 1.16. Bloque amplificador de dos etapas

En la válvula piloto con realimentación, sin escape continuo (Fig. 1.17), la presión posterior P_1 , de la tobera actúa sobre la membrana de superficie S_1 , mientras que la presión de salida P_0 lo hace sobre la membrana S_2 . El conjunto móvil de las dos membranas tiende al equilibrio y cuando éste se establece se verifica la siguiente ecuación:

$$P_1 \cdot S_1 = P_0 \cdot S_2$$

La relación

$$K = P_0 / P_1 = S_1 / S_2$$

$P_1 \cdot S_2$ es el factor de amplificación o de ganancia de la válvula piloto.

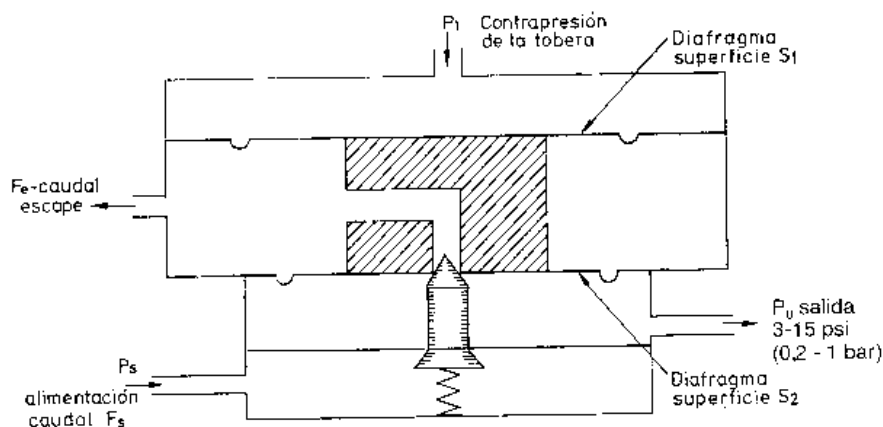


Figura 1.17. Válvula piloto con realimentación

En la posición de equilibrio y ante un aumento de la presión posterior P_1 de la tobera, el aire de alimentación entra en la válvula aumentando el valor de P_0 . Por

el contrario, si P_1 disminuye, el aire contenido en el receptor escapa a través del orificio de escape, con lo cual P_0 baja. Entre estas dos reacciones del sistema existe una zona muerta debida a la histéresis mecánica de las partes móviles que esta representada en las curvas características de caudal y presión de la válvula (Fig.1.18 a y b)

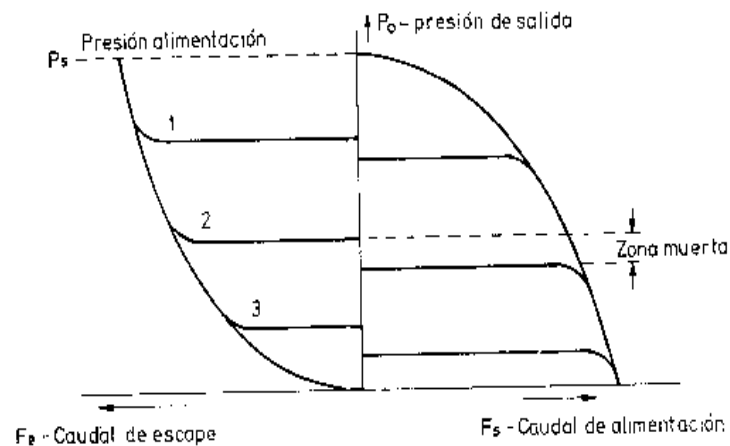


Figura 1.18a. Característica de caudal

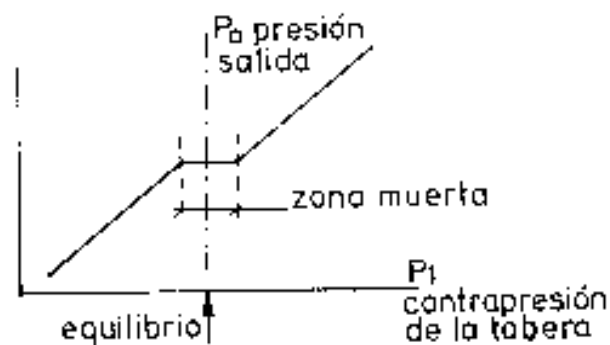


Figura 1.18b Característica de presión

El sistema descrito compuesto por el conjunto tobera-obturador y la válvula piloto presenta las siguientes desventajas:

- Las variaciones en la presión del aire de alimentación influyen en la señal de salida.
- Las vibraciones que pueden existir en el proceso influyen en el juego mecánico entre el obturador y el elemento de medida y dan lugar a

pulsaciones en la señal de salida, ya que el factor de amplificación del sistema tobera-obturador es muy grande.

Estos inconvenientes se evitan disminuyendo la ganancia del conjunto por realimentación negativa de la señal posterior de la tobera P, sobre el obturador. Se utilizan así tres sistemas de transmisión, el transmisor de equilibrio de movimientos, el de equilibrio de fuerzas y el de equilibrio de momentos.

1.5.2. TRANSMISOR DE EQUILIBRIO DE MOVIMIENTOS

El transmisor de equilibrio de movimientos (Fig. 1.19) compara el movimiento del elemento de medición asociado al obturador con un fuelle de realimentación de la presión posterior de la tobera. El conjunto se estabiliza según la diferencia de movimientos alcanzando siempre una posición de equilibrio tal que existe una correspondencia lineal entre la variable y la señal de salida. Hay que señalar que en este tipo de transmisores, las palancas deben ser livianas, pero bastante fuertes para que no se doblen.

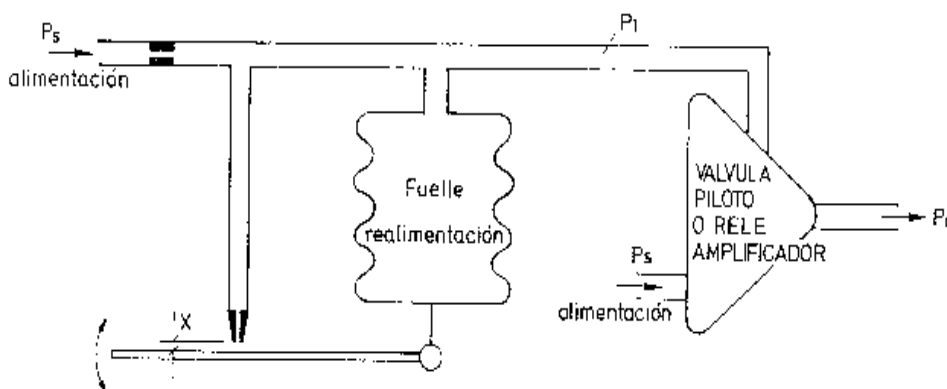


Figura 1.19 Transmisor de equilibrio de movimientos

Estos instrumentos se utilizan, en particular, en la transmisión de presión y temperatura donde los elementos de medida tales como tubos Bourdon, manómetros de fuelle, elementos de temperatura de bulbo y capilar son capaces de generar un movimiento amplio, sea directamente o bien a través de palancas con la suficiente fuerza para eliminar el error de histéresis que pudiera producirse. Si la fuerza disponible es pequeña, aparte de la histéresis, el tiempo necesario

para el movimiento es grande y el transmisor es lento en responder a los cambios de la variable. En este caso, se acude a los transmisores de equilibrio de fuerzas en los que básicamente el elemento primario de medida genera una fuerza que se equilibra con otra igual y opuesta producida por el transmisor.

1.5.3. TRANSMISOR DE EQUILIBRIO DE FUERZAS:

En la (Fig. 1.20) puede verse que el elemento de medición ejerce una fuerza en el punto A sobre la palanca AC que tiene su punto de apoyo en D. Cuando aumenta la fuerza ejercida por el elemento de medición, la palanca AC se desequilibra, tapa la tobera, la presión aumenta y el diafragma ejerce una fuerza hacia arriba alcanzándose un nuevo equilibrio. Hay que señalar, como se ha dicho, que en este transmisor los movimientos son inapreciables.

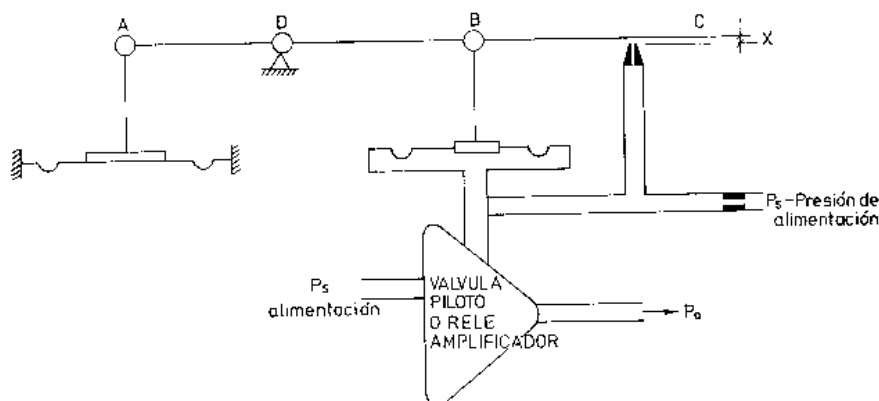


Figura 1.20 Transmisor de equilibrio de fuerzas

Como elementos neumáticos consideramos los instrumentos transmisores neumáticos cuyo elemento de medida es la presión adecuado al campo de medida correspondiente.

1.5.4. TRANSMISORES ELECTRÓNICOS DE EQUILIBRIO DE FUERZAS:

En este instrumento el elemento mecánico de medición (tubo Bourdon, espiral, fuelle...) ejerce una fuerza sobre una barra rígida del transmisor.

Para cada valor de la presión, la barra adopta una posición determinada excitándose un transductor de desplazamiento tal como un detector de inductancia, un transformador diferencial o bien un detector fotoeléctrico. Un circuito oscilador asociado con cualquiera de estos detectores alimenta una unidad magnética y la fuerza generada reposiciona la barra de equilibrio de fuerzas. Se completa así un circuito de realimentación variando la corriente de salida en forma proporcional al intervalo de presiones del proceso.

1.5.5. EN EL TRANSMISOR DE EQUILIBRIO DE FUERZAS CON DETECTOR FOTOELÉCTRICO

La barra rígida tiene en su extremo una ventanilla ranurada que interrumpe total o parcialmente un rayo de luz que incide en una célula fotoeléctrica de dos elementos. Esta célula forma parte de un circuito de puente de Wheatstone auto equilibrado y, por lo tanto, cualquier variación de presión que cambie la barra de posición, moverá la ventana ranurada y desequilibrará el puente. La señal diferencial que se produce en los dos elementos de la célula es amplificada y excita un servomotor. Éste, al girar, atornilla una varilla roscada la cual comprime un resorte de realimentación que a su vez aprieta la barra de equilibrio de fuerza con una fuerza tal que compensa la fuerza desarrollada por el elemento de presión. De este modo, el sistema se estabiliza en una nueva posición de equilibrio.

Este transmisor dispone de un contador óptico-mecánico acoplado al servomotor que señala los valores de presión en una pantalla exterior.”⁴

1.6. TRANSDUCTORES DE PRESIÓN:

“El transductor de presión recibe una señal y a partir de un sistema de control y mediante propiedades físicas, químicas, etc. La transforma en otra señal amplificada o más cómoda.

⁴ Instrumentación Industrial - Antonio Creus sole - Capítulo 3 – Págs. 63-79
www.indutecnica.cl 19/11/01

1.6.1. TRANSDUCTORES RESISTIVOS:

En la (Fig. 1.21) puede verse un transductor resistivo representativo que consta de un muelle de referencia, el elemento de presión y un potenciómetro de precisión.

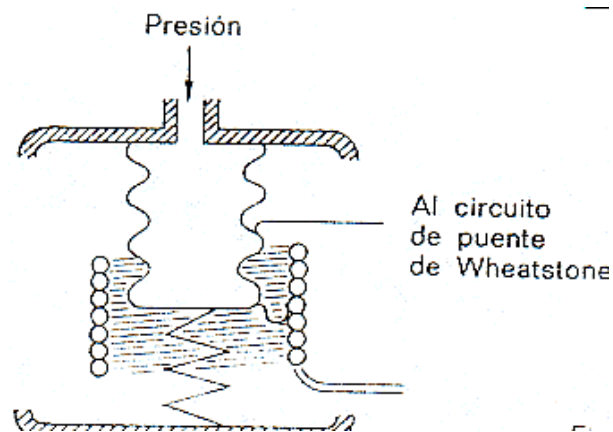


Figura 1.21 Transductor resistivo

1.6.2. TRANSDUCTORES MAGNÉTICOS

“Se clasifican en dos grupos según el principio de funcionamiento.

a) Transductores de inductancia variable (Fig. 1.22) en los que el desplazamiento de un núcleo móvil dentro de una bobina aumenta la inductancia de esta en forma casi proporcional a la porción metálica del núcleo contenida dentro de la bobina.

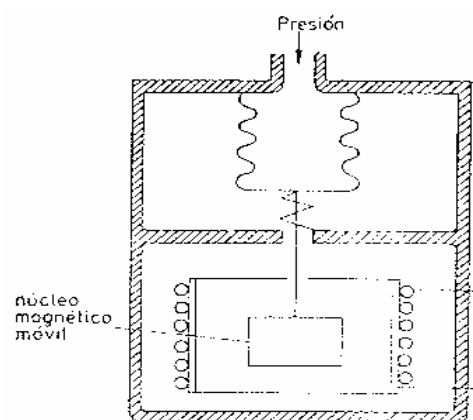


Figura 1.22 Transductor de inductancia variable.

b) Los transductores de inductancia variable consisten en un imán permanente o un electroimán que crea un campo magnético dentro del cual se mueve una armadura de material magnético.

1.6.3. TRANSDUCTORES CAPACITIVOS

Se basan en la variación de capacidad que se produce en un condensador al desplazarse una de sus placas por la aplicación de presión, (Fig. 1.23).

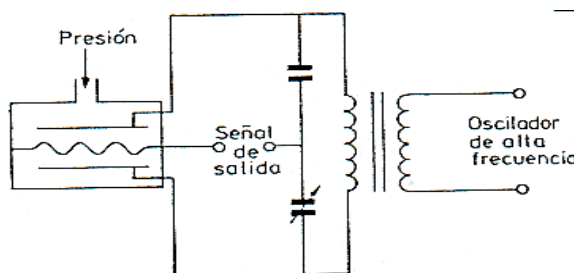


Figura 1.23 Transductor capacitivo

1.6.4. TRANSDUCTORES PIEZOELÉCTRICOS

Los elementos piezoeléctricos (Fig. 1.24) son materiales cristalinos que, al deformarse físicamente por la acción de una presión, generan una señal eléctrica.

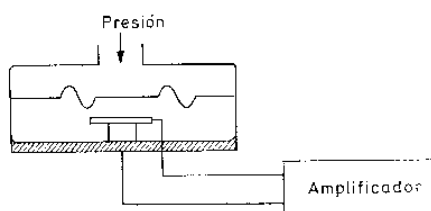


Figura 1.24 Transductor piezoeléctrico

1.6.5. TRANSDUCTORES TÉRMICOS

Se basan en el principio de la proporcionalidad entre la energía disipada desde la superficie caliente de un filamento calentado por una corriente constante y la

presión del gas ambiente cuando el gas está a bajas presiones absolutas.”⁵ (Fig. 1.25)

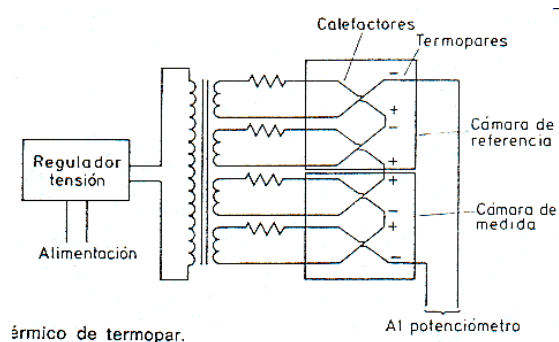


Figura 1.25 transductor térmico de termopar

1.7. CONVERTIDORES.

“El convertidor de señales de corriente a neumático es un instrumento montado en campo que transforma una señal de entrada de miliamperios CC en una señal de salida neumática proporcional. Dicha señal de salida puede utilizarse bien para accionar dispositivos neumáticos como amortiguadores o actuadores de válvulas, o bien como entrada para instrumentos neumáticos de diverso tipo.

1.8. CONTROLADORES:

- PID's (proporcional-integral-derivativo)
- PLC (controladores lógicos programables)

1.8.1. LA FUNCIÓN DEL CONTROLADOR EN UN PROCESO:

El controlador compara la señal con el set-point, y basado en la desviación, decide cual es la acción adecuada a realizar.

⁵ Instrumentación Industrial - Su ajuste y calibración - Antonio Creus sole - Capítulo 3 - Págs. 21-24

La señal de salida del controlador posiciona el elemento final de control. El elemento final de control responde a la señal de salida cambiando el valor de la variable manipulada.

1.8.2. BANDA PROPORCIONAL:

Muchos fabricantes de controladores no utilizan el término ganancia para designar la cantidad de sensibilidad, sino que utilizan el término Banda Proporcional (PB).

La relación entre la ganancia y la banda proporcional se expresa mediante

$$PB = \frac{100}{K_p}$$

1.8.3. CLASIFICACIÓN DE LOS CONTROLADORES:

Los controladores se pueden clasificar como de acción inversa y acción directa:

- **Acción Inversa:** Si el error es negativo la salida del controlador decrece, si el error es positivo la salida del controlador aumenta.

$$K_p > 0$$

- **Acción Directa:** Si el error es negativo la salida del controlador aumenta, si el error es positivo la salida del controlador decrece".⁶

$$K_p < 0^6$$

⁶ Resumen instru.control de procesos – Págs. 2, 26

CAPÍTULO 2

2.1 DEFINICIONES BÁSICAS DE PRESIÓN Y NIVEL

2.1.1 PRESIÓN

Cuando sobre una superficie plana de área A se aplica una fuerza normal F de manera uniforme y perpendicularmente a la superficie, la presión P viene dada por:

(Fórmula 2.1)

$$P = \frac{F}{A}$$

En un caso más general donde la fuerza puede tener cualquier dirección y no estar distribuida uniformemente en cada punto la presión se define como:

(Fórmula 2.2)

$$P = \frac{d\vec{F}}{dA} \cdot \vec{n}$$

Donde \vec{n} es un vector unitario y normal a la superficie en el punto donde se pretender medir la presión.

2.1.1.a Densidad de fuerza

La densidad de fuerza \vec{f} es igual al gradiente de la presión:

(Fórmula 2.3)

$$\vec{f} = \frac{d\vec{F}}{dV} = \nabla P$$

Si hace referencia a la fuerza gravitacional, la densidad de la fuerza es el peso específico. La anterior igualdad hace que podamos interpretar a la presión como una fuente de energía potencial por unidad de volumen.

2.1.1.b Presión absoluta

Es la presión de un fluido medido con referencia al vacío perfecto o cero absoluto, la presión absoluta es cero únicamente cuando no existe choque entre las moléculas lo que indica que la proporción de moléculas en estado gaseoso o la velocidad molecular es muy pequeña. Este término se creó debido a que la presión atmosférica varía con la altitud y muchas veces los diseños se hacen en otros países a diferentes altitudes sobre el nivel del mar por lo que un término absoluto unifica criterios.

2.1.1.c Presión atmosférica

El hecho de estar rodeados por una masa gaseosa (aire), y al tener este aire un peso actuando sobre la tierra, quiere decir que estamos sometidos a una presión (atmosférica), la presión ejercida por la atmósfera de la tierra, tal como se mide normalmente por medio del barómetro (presión barométrica). Al nivel del mar o a las alturas próximas a este, el valor de la presión es cercano a 14.7 lb/plg^2 ($101,35 \text{ Kpa}$), disminuyendo estos valores con la altitud.

2.1.1.d Presión manométrica

Son normalmente las presiones superiores a la atmosférica, que se mide por medio de un elemento que se define la diferencia entre la presión que es desconocida y la presión atmosférica que existe, si el valor absoluto de la presión es constante y la presión atmosférica aumenta, la presión manométrica disminuye; esta diferencia generalmente es pequeña mientras que en las mediciones de presiones superiores, dicha diferencia es insignificante, es evidente que el valor absoluto de la presión puede obtenerse adicionando el valor real de la presión atmosférica a la lectura del manómetro.

La presión puede obtenerse adicionando el valor real de la presión atmosférica a la lectura del manómetro.

$$\text{Presión Absoluta} = \text{Presión Manométrica} + \text{Presión Atmosférica.}$$

2.1.1.e Vacío

Se refiere a presiones manométricas menores que la atmosférica, que normalmente se miden, mediante los mismos tipos de elementos con que se miden las presiones superiores a la atmosférica, es decir, por diferencia entre el valor desconocido y la presión atmosférica existente. Los valores que corresponden al vacío aumentan al acercarse al cero absoluto y por lo general se expresa a modo de centímetros de mercurio (cmHg), metros de agua, etc.

De la misma manera que para las presiones manométricas, las variaciones de la presión atmosférica tienen solo un efecto pequeño en las lecturas del indicador de vacío.

Sin embargo, las variaciones pueden llegar a ser de importancia, que todo el intervalo hasta llegar al cero absoluto solo comprende 760 mmHg.

2.1.2 PROPIEDADES DE LA PRESIÓN EN UN MEDIO FLUIDO

2.1.2.a La presión en un punto de un fluido en reposo es igual en todas las direcciones (principio de Pascal).

2.1.2.b La presión en todos los puntos situados en un mismo plano horizontal en el seno de un fluido en reposo (y situado en un campo gravitatorio constante) es la misma.

2.1.2.c En un fluido en reposo la fuerza de contacto que ejerce en el interior del fluido una parte de este sobre la otra es normal a la superficie de contacto (Corolario: en un fluido en reposo la fuerza de contacto que ejerce el fluido sobre la superficie sólida que lo contiene es normal a ésta).

2.1.2.d La fuerza asociada a la presión en un fluido ordinario en reposo se dirige siempre hacia el exterior del fluido, por lo que debido al principio de acción reacción, resulta en una compresión para el fluido, jamás una tracción.

2.1.2.e La superficie libre de un líquido en reposo (y situado en un campo gravitatorio constante) es siempre horizontal. Eso es cierto sólo en la superficie de la tierra y a simple vista, debido a la acción de la gravedad no es constante. Si no hay acciones gravitatorias, la superficie de un fluido es esférica y, por tanto, no horizontal.

2.1.2.f En los fluidos en reposo, un punto cualquiera de una masa líquida está sometida a una presión en función únicamente de la profundidad a la que se encuentra el punto. Otro punto a la misma profundidad, tendrá la misma presión. A la superficie imaginaria que pasa por ambos puntos se llama superficie equipotencial de presión o superficie isobárica.

2.1.3 CONTROL DE PRESIÓN EN PROCESOS INDUSTRIALES

El control de la presión en los procesos industriales da condiciones de operación seguras. Cualquier recipiente o tubería posee cierta presión máxima de operación y de seguridad variando de acuerdo con el material y la construcción. Las presiones excesivas no solo pueden provocar la destrucción del equipo, si no también puede provocar la destrucción del equipo adyacente y ponen al personal en situaciones peligrosas, particularmente cuando están implícitas, fluidos inflamables o corrosivos. Para tales aplicaciones, las lecturas absolutas de gran precisión con frecuencia son tan importantes como lo es la seguridad extrema.

2.1.4 GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

Para generar aire comprimido se utilizan los denominados compresores que elevan la presión del aire al valor de trabajo deseado según los requerimientos. Los mecanismos y mandos neumáticos se alimentan desde una estación central. Entonces no es necesario calcular ni proyectar la transformación de la energía para cada uno de los consumidores.

Con el fin de poder alimentar aparatos neumáticos nuevos que se adquirieran en el futuro es necesario sobredimensionar la instalación, al objeto de que el compresor no resulte más tarde insuficiente, lo que a la larga ocasionaría problemas y pérdidas económicas.

Es de mucha importancia que el aire sea puro y seco. Si es puro el generador de aire comprimido tendrá una larga duración. También debería tenerse en cuenta la aplicación correcta de los diversos tipos de compresores de acuerdo a la necesidad tenemos varios tipos de los cuales hablaremos a continuación:

2.1.4.a Tipos de compresores

Según la necesidad y los requerimientos de suministro de aire en el mercado se posee una gran variedad de compresores.

Existen dos tipos básicos de compresores de acuerdo a su principio de funcionamiento:

- Según el principio de desplazamiento
- Según el principio de la dinámica de fluidos.

A continuación en las figuras 2.1 y 2.2 se ilustran la clasificación de los diferentes tipos de compresores.

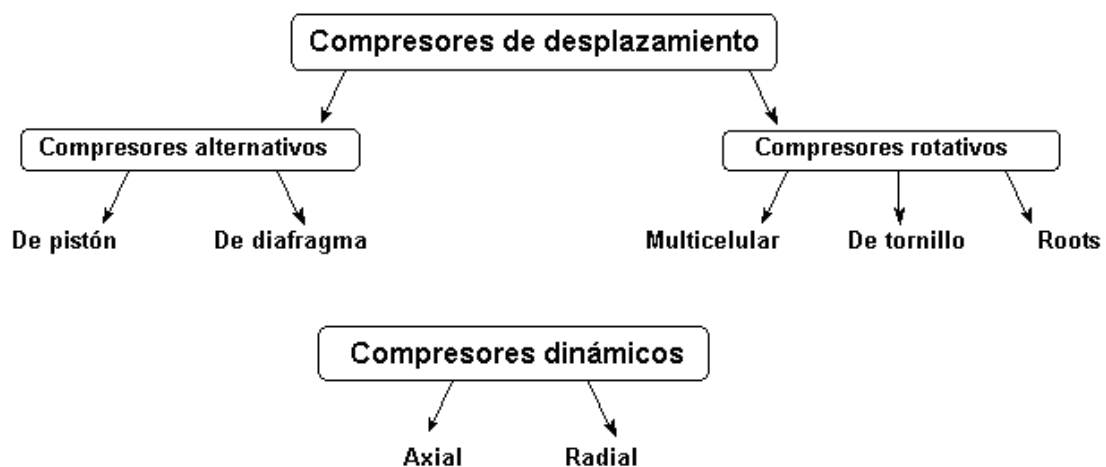


Figura 2.1 Clasificación de los compresores por su principio de funcionamiento

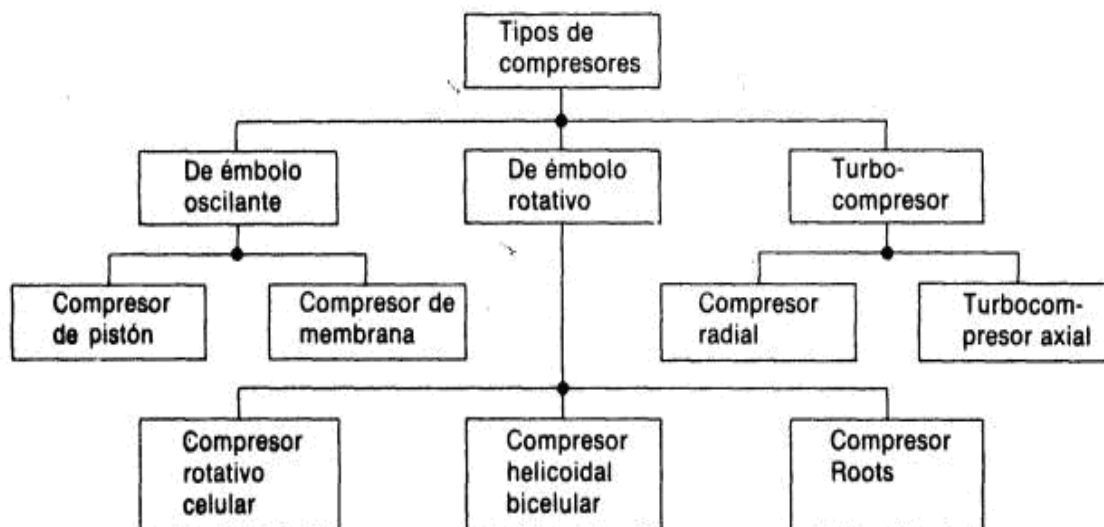


Figura 2.2 Clasificación de los compresores en general

Es necesario e importante en este punto conocer las unidades de medida y conversiones relacionadas con presión y nivel **Anexo 1**.

2.2 NIVEL

2.2.1 DEFINICIÓN

“Realmente esta definición se la puede explicar de forma más clara con ejemplos, de acuerdo a nuestro tema cuando hablamos de nivel nos referiremos a nivel de líquido específicamente.

El nivel de un líquido nos indica cantidad de este líquido en un determinado espacio, por ejemplo en un tanque o en cualquier sitio.

En la selección correcta de un instrumento para la medición de nivel intervienen en mayor o menor grado los siguientes factores:

1. Rango de medición.
2. Naturaleza del fluido que va a ser medido.

3. Condiciones de operación.

Los instrumentos que se mencionan a continuación cubren prácticamente todas las aplicaciones de medición de nivel. Estos se aplican básicamente en 2 formas: medición de nivel en tanques abiertos y tanques cerrados. Cuando el caso lo requiere, controladores. Cuando las distancias entre el punto de medición y el lugar donde queremos la lectura son muy grandes nos podemos auxiliar con transmisores como es el caso del presente proyecto.

2.2.2 NIVELES EN TANQUES ABIERTOS

Los instrumentos que se usan para la medición de nivel en tanques abiertos se clasifican dentro de varias categorías: visuales, de presión o cabeza hidrostática (columna de agua), de contacto directo o sea flotadores y otros tipos.

2.2.2.a Visual

Este método es uno de los más antiguos y de los más simples para la medición continua de nivel de líquidos contenidos en un tanque o vasija (olla). Se usa solamente cuando se requiere indicación local directa sobre el proceso y cuando el líquido es (apreciablemente) limpio. Las mirillas y los manómetros de vidrio consisten simplemente en un vidrio transparente o tubo plástico (transparente), adjunto al tanque; de tal manera que la cabeza del líquido en el tubo sea igual al nivel del líquido en el tanque. Una escala calibrada marcada en el tubo o colocada dentro de este, nos proporciona un medio conveniente para leer el nivel en plgs, pies, cm., mts o unidades de volumen: galones, pies³, m³.

2.2.3 MÉTODOS PARA MEDIR NIVEL

Existen varios métodos para realizar medición de nivel, de acuerdo al requerimiento, o las necesidades, también dependiendo mucho de las condiciones, tipo de fluido o sustancia, a continuación se mencionara los más importantes dentro de estos el método por diferencial de presión que es el que se utilizara para la presente tesis.

A continuación un resumen de los métodos de medición de nivel para líquidos y sólidos.”⁷

Medición de nivel en líquidos (Fig.2.3)

Medición de nivel para sólidos. (Fig. 2.4)

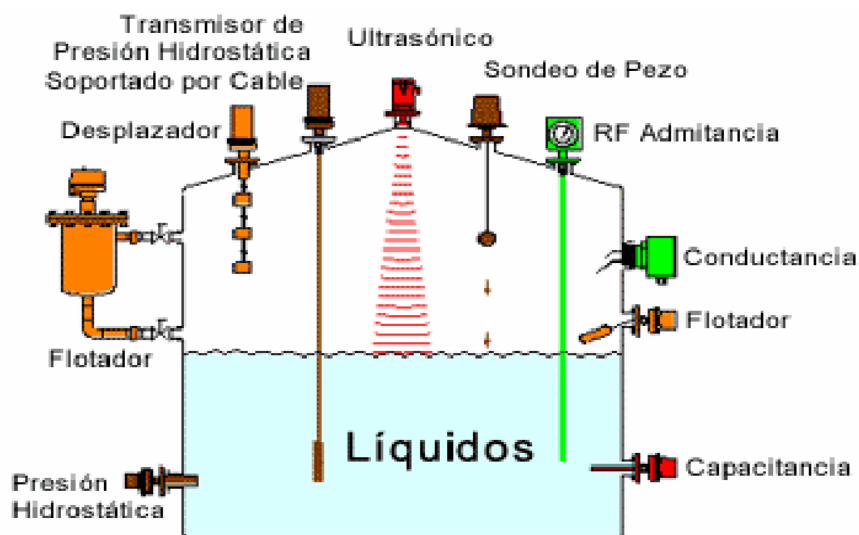


Figura 2.3 Representación de diferentes métodos para medir nivel en líquidos.

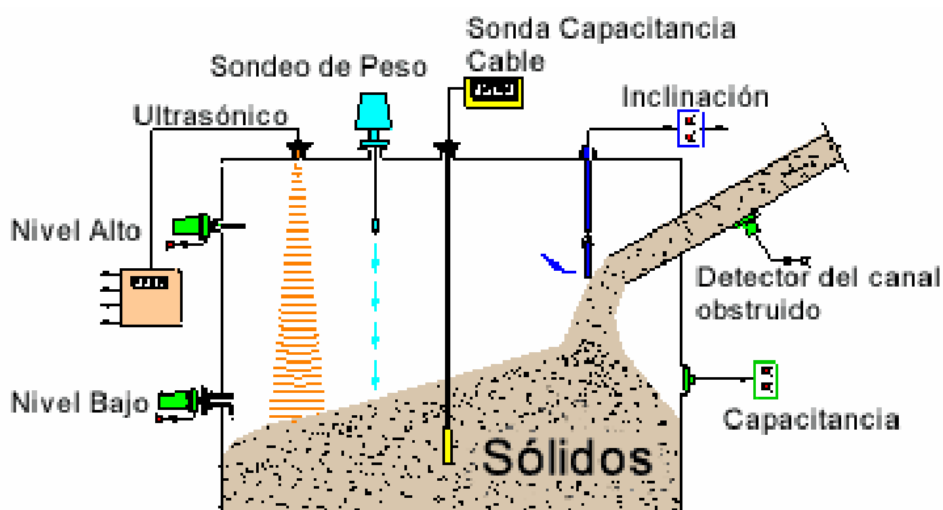


Figura 2.4 Representación de diferentes métodos para medir nivel en sólidos.

⁷ Internet [http:// controldenivell.ppt_com.htm](http://controldenivell.ppt_com.htm)

2.2.4 PRINCIPIO DE MEDICIÓN DE NIVEL DE LÍQUIDOS QUE APROVECHAN LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA.

2.2.4.a Método de columna de vidrio

“Este método se usa para depósitos abiertos y cerrados, normalmente la mirilla es de vidrio y mide el nivel de líquidos en forma visual aún con fluctuaciones, existe un operador que controla el nivel del líquido dentro de los límites escogidos según la aplicación, un depósito alto y angosto permite realizar mediciones más exactas con respecto al volumen de los depósitos más bajos y anchos.

El nivel de cristal consiste en un tubo de vidrio con sus extremos conectados a bloques metálicos y cerrados por prensaestopas que están al tanque generalmente mediante tres válvulas, dos de cierre de seguridad en los extremos del tubo para impedir el escape del líquido en caso de rotura del cristal y una purga.

2.2.4.b Flotadores en la medición de nivel

Cuando se necesita una indicación ó un registro de la medición se usan métodos que tengan flotador y cinta, en depósitos cerrados al vacío ó bajo presión, que se deben tener sellados, se usan flotadores con brazo de torsión, flotadores de jaula y flotadores magnéticos, acoplados a dispositivos hidráulicos, el flotador se debe construir de tal forma que flote dentro del líquido a medir, esto significa que la densidad del flotador debe ser menor a la del líquido que lo sostiene.

2.2.4.c Medición con flotador y palanca

Este método utiliza un cuerpo hueco (flotador) el cual flota sobre la superficie del líquido variando su posición de acuerdo a los cambios de nivel, el flotador actúa sobre un indicador por medio de palancas, su rango está limitado por la dimensión del brazo de las palancas.

2.2.4.d Medición con flotador y cinta

En este caso el flotador actúa al mecanismo indicador por medio de una cinta que se enrolla sobre un carrete cilíndrico, un contrapeso mantiene tensa la cinta, usando este método el rango de medición ya no es una limitante, las limitaciones en una medición de nivel con flotador y cinta, palancas o cadenas son según las variaciones del nivel que se va a medir en el depósito ó en la columna hidrostática en particular, para controlar el nivel en forma remota se montan relevadores que funcionen como pilotos sobre el eje giratorio que lleva la cadena ó la cinta, se debe utilizar un contrapeso para mantener tensa la cadena ó la cinta, conforme el flotador se eleva o desciende con el nivel del medio que se esta midiendo, la rotación del eje se transforma en indicaciones por medios neumáticos, hidráulicos, eléctricos ó electrónicos para usarse en equipos remotos, para convertir el movimiento angular en una señal medible, los flotadores se sujetan a una rueda dentada que hace girar el eje, el rango máximo de nivel es el rango multiplicado por dos, es decir, el doble de la longitud del brazo para un arco de 180 desde el nivel vacío hasta el nivel lleno, para mediciones prácticas el arco que describa el brazo no debe sobrepasar los 60 grados para obtener una respuesta lineal satisfactoria en la medición.

2.2.4.e Método del tubo burbuja.

Los sistemas de burbujeo o de purga continua, realizan la medición de nivel midiendo la presión requerida para que un flujo constante de aire contraponga la presión hidrostática de un líquido, al salir el aire lo hace a manera de burbujeo, de ahí el nombre del sistema.

La presión en el tubo es igual a la presión hidrostática causada por el nivel, si se mide la presión dentro del tubo se obtiene la medición del nivel, este método se puede utilizar en recipientes abiertos o cerrados, la entrada del manómetro se monta por encima del nivel máximo del recipiente para que los sedimentos no se acumulen en el tubo de conexión.

2.2.4.f Medidor de presión diferencial (método aplicado en la presente tesis)

Este método es muy común en la medición de nivel para tanques abiertos o cerrados. Las tomas de presión diferencial; se hacen, una en la parte inferior, otra en la parte superior, siempre y cuando se trate de tanques cerrados sometidos a presión, cuando es para tanques abiertos la toma de baja presión se ventea a la atmósfera.

Consiste en un diafragma en contacto con el líquido del tanque, que mide la presión hidrostática en un punto del fondo del tanque. En un tanque abierto esta presión es proporcional a la altura del líquido en ese punto y a su peso específico como se expresa en la formula 2.4.

(Formula 2.4).

$$P = h \cdot \gamma \cdot g$$

P = Presión

h= altura de líquido sobre el instrumento

γ = densidad del líquido

g = 9,8 m/s²

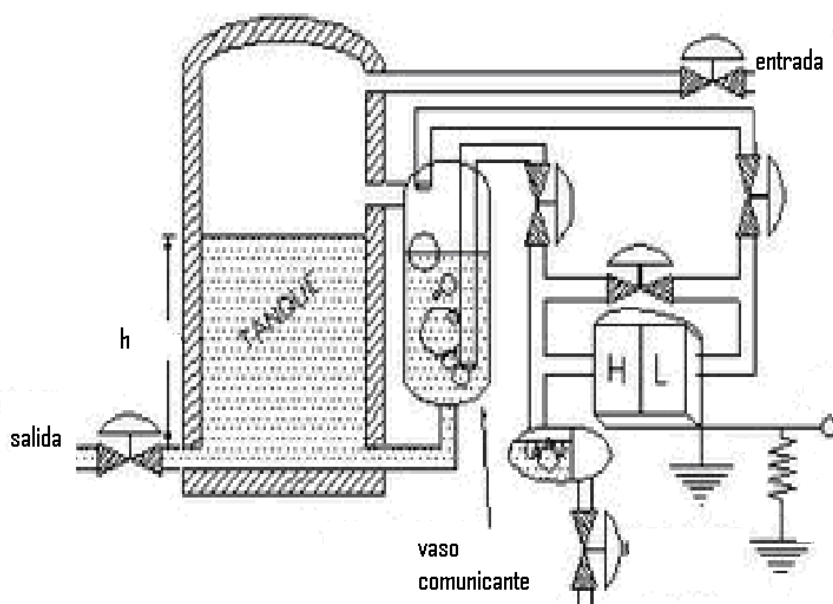


Figura 2.5 Medidor por presión diferencial

El diafragma que nos muestra en la (Fig. 2.5) forma parte de un transmisor neumático, electrónico o digital de presión diferencial semejante a los transmisores de caudal de diafragma.

En el tipo más utilizado, el diafragma está fijado en una brida que se monta rasante al tanque para permitir sin dificultades la medida de nivel de fluidos, tales como pasta de papel y líquidos con sólidos en suspensión, pudiendo incluso ser de montaje saliente para que el diafragma engrase completamente con las paredes interiores del tanque tal como ocurre en el caso de líquidos extremadamente viscosos en que no puede admitirse ningún recodo.

Hay que señalar que el nivel cero del líquido se seleccionan en un eje a la altura del diafragma. Si el instrumento se calibra en el tanque, el 0 % del aparato debe comprobarse con el nivel más bajo en el borde inferior del diafragma (entre el borde inferior y el superior del diafragma la señal de salida no ésta en proporción directa al nivel).

Otro tipo es el manómetro diferencial, y que en su funcionamiento equivale al transmisor de diafragma.

En el caso de que el tanque esté cerrado y bajo presión, hay que corregir la indicación del aparato para la presión ejercida sobre el líquido debiendo señalar que la lectura será muy poco precisa, si la presión es grande.

Se suele conectar un tubo en la parte superior del tanque y medir la diferencia de presiones entre la toma inferior y superior, utilizando transmisores de presión diferencial de diafragma.

Cuando los gases o vapores encima del líquido son condensables, la línea desde la toma superior se llena gradualmente con el condensado hasta llenar todo el tubo, en cuyo caso la tubería a la derecha del transmisor, tendrá mayor presión que la tubería izquierda, y por lo tanto, habrá que cambiar las conexiones del instrumento ya que éste indicará bajo cuando el nivel sea alto y viceversa.

De este modo, el instrumento tendrá que estar graduado a la inversa, es decir, indicar 0 % a 3 psi y 100 % a 15 psi en un transmisor neumático, o bien señalar 0 % a 4 mA y 100 % a 20 mA en un transductor de señal de salida 4-20 miliamperios en corriente continua.

Para corregir este inconveniente se utiliza un muelle llamado de supresión que está aplicado a la barra de equilibrio de fuerzas del transmisor y que produce una fuerza igual a la diferencia entre el nivel máximo y el mínimo. Como es natural, puede ajustarse la tensión del muelle para cada caso particular.

No obstante, como el movimiento del diafragma es muy pequeño y se considera el sólido algo flexible, continúa aplicándose la presión del fluido a todo el diafragma; sin embargo, si parte del diafragma queda rígido, el instrumento marcará de forma errática o permanente menos nivel del real.

Este inconveniente se resuelve empleando un transmisor de presión diferencial con membranas de sello que responde a la presión transmitida en lugar de la fuerza creada por el líquido sobre la membrana.

En tanques cerrados y a presión con líquido de vapor condensable existe el riesgo de obturación de la línea de compensación, en particular si el fluido no es limpio.

Para evitarlo puede purgarse la línea con líquido o gas, método que no se recomienda por los problemas de mantenimiento y la posible pérdida de precisión que presenta, o bien emplear un transmisor de presión diferencial unido con dos capilares o dos diafragmas conectados en las partes inferior y superior del tanque. Es importante que los dos diafragmas estén a la misma temperatura para evitar los errores en la medida que se presentarían por causa de las distintas dilataciones del fluido contenido en el tubo capilar.

2.2.4.g El medidor de tipo burbujeo:

Este emplea un tubo sumergido en el líquido a cuyo través se hace burbujear aire mediante un rotámetro con un regulador de caudal incorporado. La presión del

aire en la tubería equivale a la presión hidrostática ejercida por la columna del líquido, es decir, el nivel.

El regulador de caudal permite mantener un caudal de aire constante a través del líquido independientemente del nivel (es normal un caudal de 150 New-lts/h); si no existiera, habría una gran diferencia en los caudales de aire necesarios desde el nivel mínimo al máximo, con el inconveniente de un gasto de aire indebido.

La tubería empleada suele ser de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, con el extremo biselado para una fácil formación de las burbujas de aire.

Una tubería de menor diámetro tipo capilar reduciría el tiempo de respuesta pero produciría un error en la medida provocado por la pérdida de carga en el tubo. La presión de aire en la tubería, es decir, el nivel, se mide mediante un manómetro de fuelles cuyo campo de medida corresponde a la presión máxima ejercida por el líquido.

El manómetro receptor puede colocarse hasta distancias de 200 metros. El sistema puede emplearse también en tanques cerrados con dos juegos rotámetro-regulador y con las señales de aire conectadas a un transmisor de presión diferencial. Como es lógico, la presión del aire de purga debe ser superior a la presión interna del tanque.

Señalemos que no solo puede utilizarse aire sino también otros tipos de gases e incluso líquido como fluido de purga y que el tubo debe tener una longitud adecuada para evitar que las variaciones bruscas del nivel introduzcan en su interior una cierta columna de líquido que retarde el paso del aire y falsee momentáneamente la lectura.

El método de burbujeo es simple y da buen resultado, en particular, en el caso de líquidos muy corrosivos o con sólidos en suspensión y en emulsiones. No se recomienda su empleo cuando el fluido de purga perjudica al líquido y para fluidos altamente viscosos donde las burbujas formadas del aire o del gas de

purga presentan el riesgo de no separarse rápidamente del tubo. Desde el punto de vista de mantenimiento, es muy útil situar una T con un tapón en la parte superior del tubo para su limpieza periódica.”⁸

2.3 TIPOS DE INSTRUMENTOS PARA MEDIR PRESIÓN Y NIVEL

2.3.1 Medidor manométrico

Consiste en un manómetro conectado directamente a la parte inferior del tanque. El manómetro mide la presión debida a la altura de líquido h que existe entre el nivel del tanque y el eje del instrumento.

El instrumento sólo sirve para fluidos limpios ya que si el líquido es corrosivo, coagula o bien tiene sólidos en suspensión, el fuelle puede destruirse o bien bloquearse perdiendo su elasticidad; por otra parte, como el rango de medida es pequeño no es posible utilizar sellos de diafragma. La medida está limitada a estanques abiertos y el nivel viene influido por las variaciones de densidad del líquido.

2.3.2 Medidor de membrana

Utiliza una membrana conectada con un tubo estanco al instrumento receptor. La fuerza ejercida por la columna de líquido sobre el área de la membrana comprime el aire interno a una presión igual a la ejercida por la columna de líquido. El instrumento es delicado ya que cualquier pequeña fuga del aire contenido en el diafragma destruiría la calibración del instrumento.

2.3.3 Medidor tipo burbujeo

Mediante un regulador de caudal se hace pasar por un tubo (sumergido en el depósito hasta el nivel mínimo), un pequeño caudal de aire o gas inerte hasta producir una corriente continua de burbujas. La presión requerida para producir el flujo continuo de burbujas es una medida de la columna de líquido. Este sistema

⁸ Internet [http:// www.mediciondenivelmonografias .com](http://www.mediciondenivelmonografias.com)

es muy ventajoso en aplicaciones con líquidos corrosivos con materiales en suspensión (el fluido no penetra en el medidor, ni en la tubería de conexión).

2.3.4 Medidor de presión diferencial

Consiste en un diafragma en contacto con el líquido del estanque, que mide la presión hidrostática en un punto del fondo del estanque. En un estanque abierto esta presión es proporcional a la altura del líquido en ese punto y a su peso específico, es decir: $P = h\gamma g$ en la que:

P = presión

h = altura del líquido sobre el instrumento

γ = densidad del líquido

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$

El diafragma forma parte de un transmisor neumático, electrónico o digital de presión diferencial. En el tipo más utilizado, el diafragma está fijado y se monta rasante al estanque para permitir si dificultades la medida de nivel de fluidos, tales como pasta de papel y líquidos con sólidos en suspensión, pudiendo incluso ser de montaje saliente para que el diafragma engrase completamente con las paredes interiores del estanque tal como ocurre en el caso de líquidos extremadamente viscosos en que no puede admitirse ningún recodo.

2.4 TERMINOLOGÍA Y SIMBOLOGÍA

A continuación presentamos la simbología utilizada en nuestro proyecto así como también la simbología mas utilizada en esta área, la misma que esta normalizada. Un sistema de símbolos ha sido estandarizado por la ISA (Sociedad de Instrumentistas de América). La siguiente información es de la norma: ANSI/ISA-S5.1-1984(R 1992).

2.4.1 Aplicación en la industria

La norma es conveniente para el uso en la química, petróleo, generación de poder, aire acondicionado, refinando metales, y otros numerosos procesos industriales.

Ciertos campos, como la astronomía, navegación, y medicina, usan instrumentos muy especializados, diferentes a los instrumentos de procesos industriales convencionales. Se espera que la norma sea flexible, lo bastante para encontrarse muchas de las necesidades de campos especiales.

2.4.2 Aplicaciones en actividades de trabajo

La norma es conveniente para usar siempre cualquier referencia de un instrumento o de una función de sistema de control se requiere para los propósitos de simbolización e identificación. Pueden requerirse tales referencias para los usos siguientes, así como otros:

- Bocetos del plan
- Ejemplos instrucción
- Papeles técnicos, literatura y discusiones
- Diagramas de sistemas de instrumentación, diagramas de vuelta, diagramas lógicos
- Descripciones funcionales
- Diagramas de flujo: Procesos, Mecánicos, Ingeniería, Sistemas, que Conduce por tuberías (el Proceso) e instrumentación
- Dibujos de construcción
- Especificaciones, órdenes de compra, manifiestos, y otras listas
- Identificación (etiquetando) de instrumentos y funciones de control
- Instalación, operación e instrucciones de mantenimiento, dibujos, y archivos

El simbolismo y métodos de identificación proporcionados en esta norma son aplicables a todas las clases de medida del proceso e instrumentación de control.

Ellos no sólo son aplicables a la descripción discreta de instrumentos y sus funciones, pero también para describir las funciones análogas de sistemas que son "despliegue compartido," "control compartido", "control distribuido" y "control por computadora".

La simbología y terminología de este capítulo se la detalla en el **Anexo 2**

2.5 LAZO DE CONTROL

El lazo de control es el conjunto de dispositivos capaces de realizar un sistema de control automático. Se compone de: un elemento sensor, un elemento de control (donde se configura set point, velocidad de respuesta, integración; derivación etc.), dependiendo de lo que se quiere controlar, y un elemento de salida que es el controlado.

Los lazos de control generalmente están normalizados, por ejemplo 4mA a 20 mA ó 0v a 10 V entre otros.

El elemento sensor entregara una salida entre 4 y 20 mA entre el nivel mínimo y máximo de la variable controlada, el controlador procesará ésa lectura y de acuerdo a lo configurado en él, entregará a su salida una señal también entre 4 a 20 mA al elemento de salida para que la variable controlada sea igual al set point.

2.5.1 Control en lazo abierto

El control en lazo abierto (Fig. 2.6) se caracteriza porque la información o variables que controlan el proceso circulan en una sola dirección desde el sistema de control al proceso. El sistema de control no recibe la confirmación de que las acciones que a través de los actuadores ha de realizar sobre el proceso se han ejecutado correctamente.

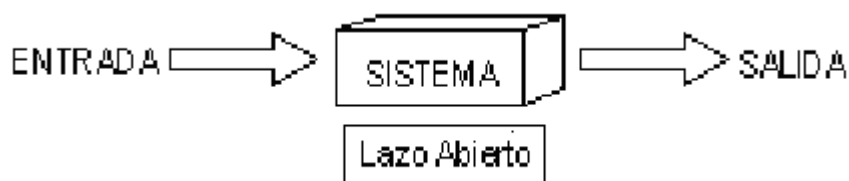


Figura 2.6 Control en lazo abierto

2.5.2 Control en lazo cerrado

El control en lazo cerrado (Fig. 2.7) se caracteriza porque existe una realimentación a través de los sensores desde el proceso hacia el sistema de control, que permite a este último conocer si las acciones ordenadas a los actuadores se han realizado correctamente sobre el proceso.

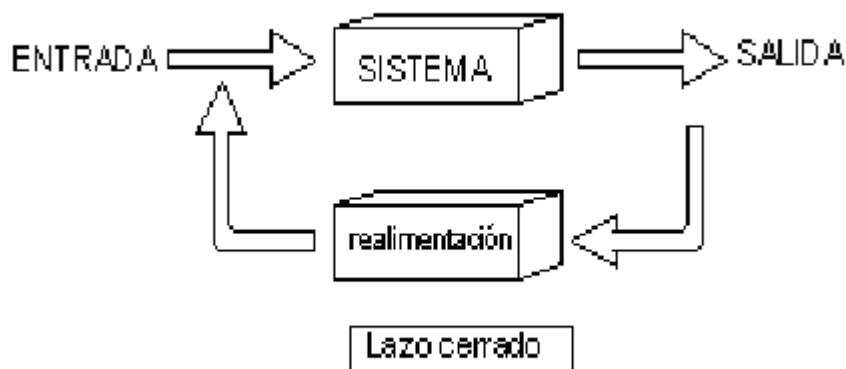


Figura 2.7 Control en lazo cerrado

2.5.3 Identificación de un lazo de control

La identificación del lazo consiste en la primera letra y un número. Cada instrumento en un lazo tiene asignado a él el mismo número de lazo y, en caso de una numeración paralela, la misma primera letra. Cada lazo de instrumentos tiene un único número de identificación de lazo. Un instrumento común a dos o más lazos podría cargar la identificación del lazo al cual se le considere predominante.

La numeración de los lazos puede ser paralela o serial. La numeración paralela involucra el inicio de una secuencia numérica para cada primera letra nueva, por ejemplo: TIC-100, FRC-100, LIC-100, AL-100, etc. La numeración serial involucra el uso de secuencias simples de números para proyectar amplias secciones. Una secuencia de numeración de un lazo puede realizarse con uno o cualquier otro número conveniente, tal como 001, 301 o 1201. El número puede incorporarse al código de operación; de cualquier manera su uso es recomendado.⁹

⁹ Automatización, J. Pedro Romera; J. Antonio Lorite; Sebastián Montoso/ Tercera Edición. Pág. 1-5.

CAPÍTULO 3

VÁLVULAS

3.1 INTRODUCCIÓN

El elemento final de control es uno de los componentes fundamentales de un lazo de control por retroalimentación, o control en “feedback”. Su función es actuar sobre la variable manipulada, regulando un caudal de entrada de materia o energía al proceso, en una magnitud relacionada con el error que presente en cada momento la variable controlada. La relación entre el error y la magnitud de la actuación la establece un controlador que opera sobre la base de determinados algoritmos matemáticos.

En cualquier instalación industrial pueden encontrarse elementos finales de control muy diversos, como bombas, compresores, reóstatos, etc. Pero, sin lugar a dudas, el elemento más frecuente son las válvulas. El sistema de accionamiento de las válvulas automáticas, denominado actuador, puede ser eléctrico (electro hidráulicos o electromecánicos) o neumático (de diafragma o de pistón), siendo en último extremo una señal eléctrica o la presión de una línea de aire la variable manipulada.

Debido a su distinto principio de funcionamiento, las válvulas equipadas con actuadores neumáticos y eléctricos presentan ciertas diferencias en su operación que las hace aplicables en diferentes situaciones. Las prestaciones de cualquier válvula controlada automáticamente dependen, entre otros factores, de la rapidez con que se desplaza el vástago (que redundará en la rapidez con que se modifica el caudal que se manipula) y la precisión en el posicionamiento del mismo (que condiciona las diferencias que puedan existir entre el valor de caudal demandado o valor de la variable manipulada y el valor real del caudal obtenido) y que depende de la capacidad de la válvula para posicionar el vástago exactamente igual cada vez que se demanda el mismo valor de caudal. Puede admitirse que se

trata de dos aspectos antagónicos, ya que, generalmente, a mayor velocidad de respuesta menor precisión y viceversa.

En general, los actuadores eléctricos (especialmente los electromecánicos) son sistemas de respuesta lenta pero que alcanzan gran precisión. Por el contrario, los sistemas neumáticos son mucho más rápidos pero menos precisos. La elección de uno u otro sistema vendrán condicionada, entre otros aspectos por la dinámica que presente el sistema en el que la válvula se encuentre.

Las válvulas neumáticas son masivamente utilizadas en la industria para la regulación del caudal de todo tipo de fluidos por su sencillez técnica y bajos costos de adquisición, instalación y mantenimiento.

3.2.1 VÁLVULAS DE CONTROL

“La válvula automática de control generalmente constituye el último elemento en un lazo de control instalado en la línea de proceso y se comporta como un orificio cuya sección de paso varia continuamente con la finalidad de controlar un caudal en una forma determinada.

3.2.2 PARTES DE LA VÁLVULA DE CONTROL

Las válvulas de control constan básicamente de dos partes que son: la parte motriz o actuador y el cuerpo.

3.2.2.1 Actuador: El actuador también llamado accionador o motor, puede ser neumático, eléctrico o hidráulico, pero los más utilizados son los dos primeros, por ser las más sencillas y de rápida actuaciones. 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 (Fig. 3.1). 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 lb. /pulg. En la mayoría de los actuadores se

selecciona el área del diafragma y la constante del resorte de tal manera que un cambio de presión de 12 lbs/pulg², produzca un desplazamiento del vástago igual al 100% del total de la carrera.

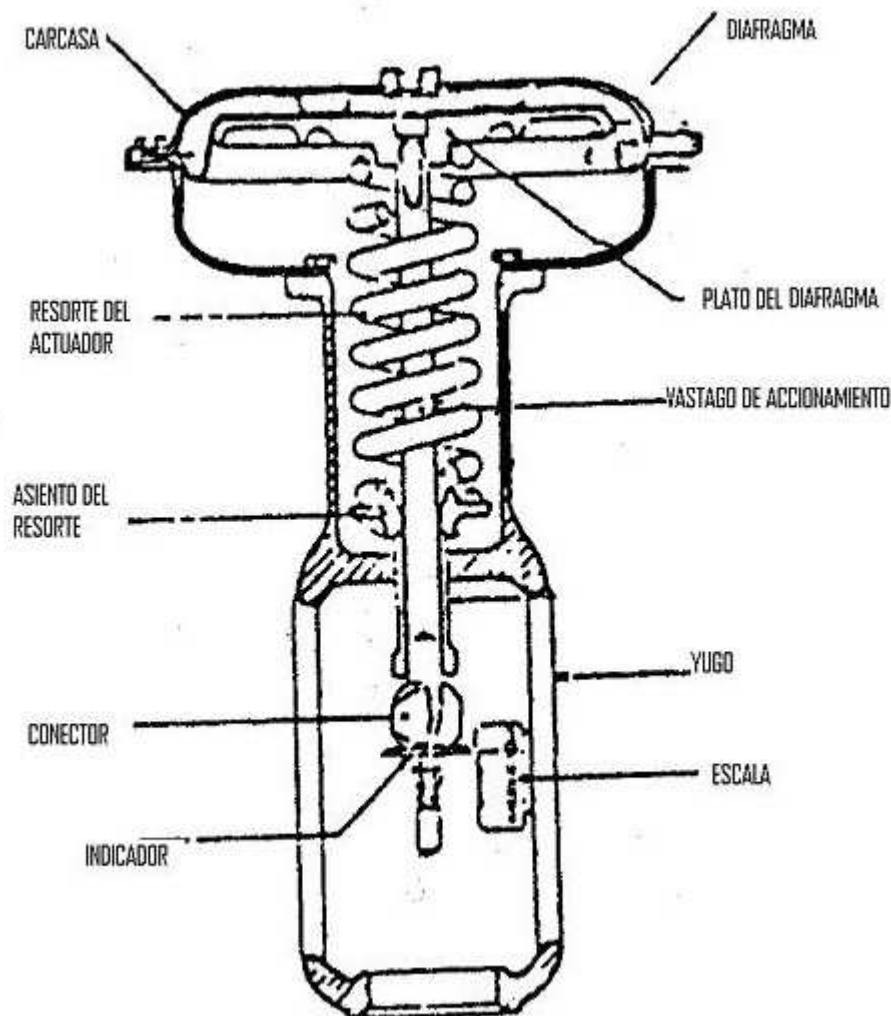


Figura 3.1 Actuador de una válvula de control.

3.2.2.2 Cuerpo de la válvula. Este esta provisto de un obturador o tapón, los asientos del mismo y una serie de accesorios. La unión entre la válvula y la tubería puede hacerse por medio de bridas soldadas o roscadas directamente a la misma. El tapón es el encargado de controlar la cantidad de fluido que pasa a través de la válvula y puede accionar en la dirección de su propio eje mediante un movimiento angular. Esta unido por medio de un vástago al actuador.”¹⁰

¹⁰ Internet http://WWW.Válvulas.monografías_com.htm

3.3 TIPOS DE VÁLVULAS

“Debido a las diferentes variables, no puede haber una válvula universal; por tanto, para satisfacer los cambiantes requisitos de la industria se han creado innumerables diseños y variantes con el paso de los años, conforme se han desarrollado nuevos materiales. Todos los tipos de válvulas recaen en nueve categorías: válvulas de compuerta, válvulas de globo, válvulas de bola, válvulas de mariposa, válvulas de apriete, válvulas de diafragma, válvulas de macho, válvulas de retención y válvulas de desahogo (alivio).

Estas categorías básicas se describen a continuación. Sería imposible mencionar todas las características de cada tipo de válvula que se fabrica y no se ha intentado hacerlo. Más bien se presenta una descripción general de cada tipo en un formato general, se dan recomendaciones para servicio, aplicaciones, ventajas, desventajas y otra información útil para el lector.

3.3.1 VÁLVULAS DE COMPUERTA.

La válvula de compuerta (Fig. 3.2) 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.

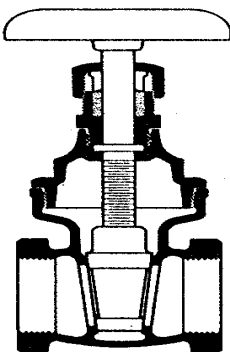


Figura 3.2 Válvula de compuerta.

3.3.1.1. Aplicaciones

Servicio general, aceites y petróleo, gas, aire, pastas semilíquidas, líquidos espesos, vapor, gases y líquidos no condensables, líquidos corrosivos.

3.3.2 VÁLVULAS DE MACHO

La válvula de macho (Fig. 3.3) es de $\frac{1}{4}$ de vuelta, que controla la circulación por medio de un macho cilíndrico o cónico que tiene un agujero en el centro, que se puede mover de la posición abierta a la cerrada mediante un giro de 90° .

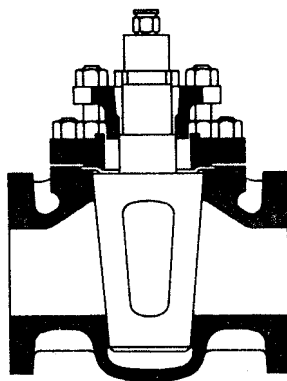


Figura 3.3 Válvula de macho.

3.3.2.1 Aplicaciones

Servicio general, pastas semilíquidas, líquidos, vapores, gases, corrosivos.

3.3.3 VÁLVULAS DE GLOBO

Una válvula de globo (Fig.3.4) es de vueltas múltiples, en la cual el cierre se logra por medio de un disco o tapón que sierra o corta el paso del fluido en un asiento que suele estar paralelo con la circulación en la tubería.

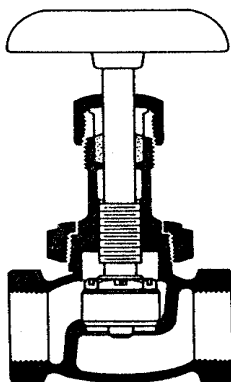


Figura 3.4 Válvula de globo.

3.3.3.1 Aplicaciones

Servicio general, líquidos, vapores, gases, corrosivos, pastas semilíquidas.

3.3.4 VÁLVULAS DE BOLA

Las válvulas de bola (Fig. 3.5) 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.

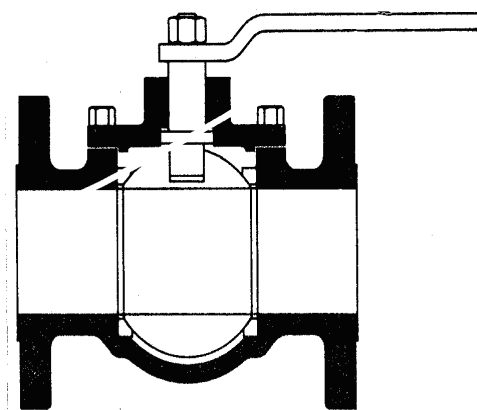


Figura 3.5 Válvula de bola.

3.3.4.1 Aplicaciones

Servicio general, altas temperaturas, pastas semilíquidas.

3.3.5 VÁLVULAS DE MARIPOSA

La válvula de mariposa (Fig. 3.6) es de $\frac{1}{4}$ de vuelta y controla la circulación por medio de un disco circular, con el eje de su orificio en ángulos rectos con el sentido de la circulación.



Figura 3.6 Válvula de mariposa.

3.3.5.1 Aplicaciones

Servicio general, líquidos, gases, pastas semilíquidas, líquidos con sólidos en suspensión.

3.3.6 VÁLVULAS DE DIAFRAGMA

Las válvulas de diafragma (Fig. 3.7) son de vueltas múltiples y efectúan el cierre por medio de un diafragma flexible sujeto a un compresor. Cuando el vástago de la válvula hace descender el compresor, el diafragma produce sellamiento y corta la circulación.

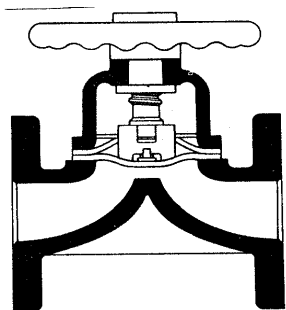


Figura 3.7 Válvula de diafragma.

3.3.6.1 Aplicaciones

Fluidos corrosivos, materiales pegajosos o viscosos, pastas semilíquidas fibrosas, lodos, alimentos, productos farmacéuticos.

3.3.7 VÁLVULAS DE APRIETE

La válvula de apriete (Fig.3.8) es de vueltas múltiples y efectúa el cierre por medio de uno o mas elementos flexibles, como diafragmas o tubos de caucho que se pueden apretar u oprimir entre si para cortar la circulación.

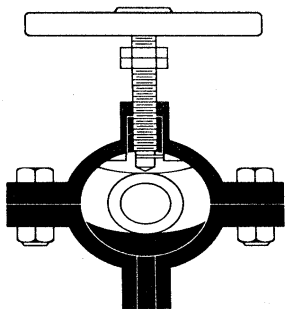


Figura 3.8 Válvula de apriete.

3.3.7.1 Aplicaciones

Pastas semilíquidas, lodos y pastas de minas, líquidos con grandes cantidades de sólidos en suspensión, sistemas para conducción neumática de sólidos, servicio de alimentos.

3.3.8 VÁLVULAS DE RETENCIÓN (CHECK) Y DE DESAHOGO (ALIVIO)

Hay dos categorías de válvulas y son para uso específico, más bien que para servicio general: válvulas de retención (check) y válvulas de desahogo (alivio). Al contrario de los otros tipos descritos, son válvulas de accionamiento automático, funcionan sin controles externos y dependen para su funcionamiento de sentido de circulación o de las presiones en el sistema de tubería. Como ambos tipos se utilizan en combinación con válvulas de control de circulación, la selección de la válvula, con frecuencia, se hace sobre la base de las condiciones para seleccionar la válvula de control de circulación.

3.3.8.1 Válvulas de retención (check).

La válvula de retención esta destinada a impedir una inversión de la circulación. La circulación del líquido en el sentido deseado abre la válvula; al invertirse la circulación, se cierra. Hay tres tipos básicos de válvulas de retención: 1) válvulas de retención de columpio, 2) de elevación y 3) de mariposa.

3.3. 8.2 Válvulas de retención del columpio.

Esta válvula tiene un disco embisagrado que se abre por completo con la presión en la tubería y se cierra cuando se interrumpe la presión y empieza la circulación inversa. Hay dos diseños: uno en "Y" que tiene una abertura de acceso en el cuerpo para el esmerilado fácil del disco sin desmontar la válvula de la tubería y un tipo de circulación en línea recta que tiene anillos de asiento reemplazables.

Recomendada para:

- Cuando se necesita resistencia mínima a la circulación.
- Cuando hay cambios poco frecuentes del sentido de circulación en la tubería.
- Para servicio en tuberías que tienen válvulas de compuerta.
- Para tuberías verticales que tienen circulación ascendente.

3.3.8.2.1 Aplicaciones

Para servicio con líquidos a baja velocidad.

3.3.9 VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE ELEVACIÓN

Una válvula de retención de elevación (Fig. 3.9) es similar a la válvula de globo, excepto que el disco se eleva con la presión normal e la tubería y se cierra por gravedad y la circulación inversa.

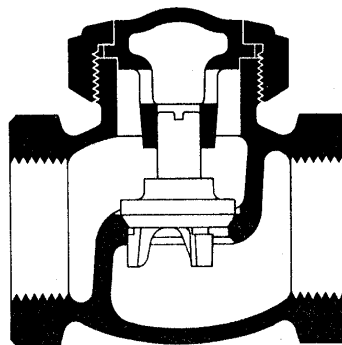


Figura 3.9 Válvula de retención (tipo de elevación).

3.3.9.1 Aplicaciones

Tuberías para vapor de aire, gas, agua y vapores con altas velocidades de circulación.

3.3.10 VÁLVULA DE RETENCIÓN DE MARIPOSA

Una válvula de retención de mariposa tiene un disco dividido embisagrado en un eje en el centro del disco, de modo que un sello flexible sujeto al disco este a 45° con el cuerpo de la válvula, cuando esta se encuentra cerrada. Luego, el disco

solo se mueve una distancia corta desde el cuerpo hacia el centro de la válvula para abrir por completo.

Recomendada para:

- Cuando se necesita resistencia mínima a la circulación en la tubería.
- Cuando hay cambios frecuentes en el sentido de la circulación.
- Para uso con las válvulas de mariposa, macho, bola, diafragma o de apriete.

3.3.10.1 Aplicaciones

Servicio para líquidos o gases.

3.3.11 VÁLVULAS DE DESAHOGO (ALIVIO)

Una válvula de desahogo (Fig. 3.10) es de acción automática para tener regulación automática de la presión. El uso principal de esta válvula es para servicio no comprimible y se abre con lentitud conforme aumenta la presión, para regularla.

La válvula de seguridad es similar a la válvula de desahogo y se abre con rapidez con un "salto" para descargar la presión excesiva ocasionada por gases o líquidos comprimibles.

El tamaño de las válvulas de desahogo es muy importante y se determina mediante fórmulas específicas.

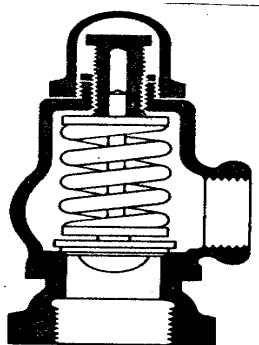


Figura 3.10 Válvula de desahogo (alivio).

3.3.11.1 Aplicaciones

Agua caliente, vapor de agua, gases, vapores".¹¹

3.4 VÁLVULA CON ACTUADOR DE DIAFRAGMA NORMALMENTE CERRADA ON-OFF

Es una válvula con actuador de diafragma de acción simple de apertura o cierre tipo ON-OFF, (Fig. 3.11). Cuando la señal de aire falla la válvula cierra automáticamente, controlando el paso de los flujos, mediante un obturador de inoxidable especialmente diseñado para una operación rápida, con disco indicador para saber el porcentaje de apertura.



Figura 3.11 Válvula de diafragma ON/OFF

El vástago esta elaborado en una pieza para evitar vibraciones y conectado a una extensión de vástago y acoplado al Actuador Neumático.

Acción de Falla-Cierre:

Dependiendo del Tipo ON/OFF, las válvulas son normalmente cerradas o abiertas, estas válvulas cuando no hay aire en el diafragma (Falla-Aire) las válvulas cierran automáticamente (Falla-Cierra).

¹¹ Creus Antonio (1998).” Instrumentación Electrónica”. Pág. 361-365

El asiento de la válvula es en PTFE, Acero Inoxidable, Grafito, Neopreno, Viton, etc. Garantizando “0” fugas con sellos 100% herméticos con asientos intercambiables sin quitar los cuerpos de la instalación sin tener la necesidad de usar selladores ni ajustes alguno, con un tiempo de mantenimiento máximo de 15 min.

3.5 VÁLVULAS DE ACCIÓN NEUMÁTICA

Las válvulas de acción neumática (Fig. 3.12) activada por diafragma para una regulación neumática con una válvula de globo de un solo asiento con obturador equilibrado. El cuerpo de la válvula puede ser de construcción en varios materiales (hierro fundido, acero al carbono, acero inoxidable o acero aleado). El obturador puede ser: lineal para control modulante o de apertura rápida para funciones on-off.

Las características principales son:

- Linealidad perfecta en el posicionamiento de la válvula según la variación de la señal neumática en el diafragma del actuador.
- Mínima fricción del vástago y el obturador.
- Diversas curvas características.
- Construcción robusta del cuerpo y el cierre.
- Óptima resistencia al desgaste.



Figura 3.12 Válvula de acción neumática

A continuación en la (Fig. 3.13) se hace la representación de las principales partes que conforman este tipo de válvula muy utilizada en la industria, especialmente en el manejo de líquidos y gases.

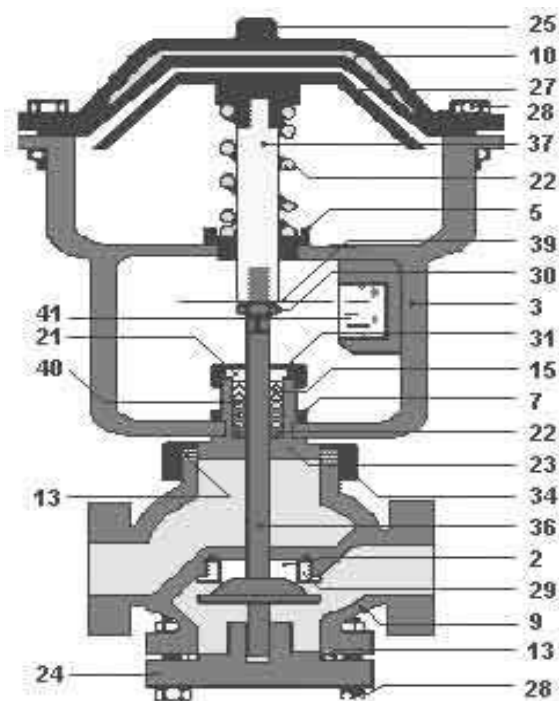


Figura 3.13 Identificación de las partes de una válvula de diafragma neumático.

- 2.- Asiento
- 3.- Base Diafragma
- 5.- Base Resorte On-Off
- 7.- Contra Tuerca Diafragma
- 9.- Cuerpo 3 Vías
- 10.- Diafragma Medida
- 13.- Empaque Medida
- 15.- Estoperos Diafragma
- 21.- Prensa Estopa Diafragma
- 22.- Resorte Diafragma
- 23.- Soporte Diafragma
- 24.- Tapa 3 Vías
- 25.- Tapa Diafragma
- 27.- Tapa Resorte

- 28.- Tornillos Hexagonales
- 29.- Tuerca Asiento
- 30.- Tuerca Cap Medida
- 31.- Tuerca Chica Diafragma
- 34.- Tuerca Grande
- 36.- Vástago Diafragma
- 37.- Vástago Extensión
- 39.- Disco Indicador
- 40.- Resorte Estoperos
- 41.- Placa Indicadora

3.6 FACTORES PARA LA ELECCIÓN DE UNA VÁLVULA

Las válvulas inadecuadas son motivo de pérdidas de millones de dólares cada año. La incorrecta selección de las válvulas, puede ocasionar fallos, lo cual supone fugas de fluidos de sistemas, producción fuera de especificación, gastos de paradas, condiciones de trabajo poco seguras y daños al medio ambiente.

El procedimiento para el dimensionamiento de la válvula de control es:

- Calcular el coeficiente C_v requerido con los datos del proceso y los del fabricante.
- Consultar las tablas de C_v del fabricante contra el tamaño de la válvula; selecciónese la válvula con C_v mayor o igual al requerido.
- Si la válvula seleccionada es mas pequeña que la tubería en que se instalara, se reducirá el C_v efectivo de la válvula por los efectos de los reductores
- Necesarios para el tubo. Compruébese si esta reducción en la capacidad de la válvula requiere seleccionar una más grande. Si es necesario, selecciónese una válvula con C_v más alto.

La necesidad universal de normalizar el cálculo de las dimensiones de las válvulas, no solo en cuanto a tamaño sino también en cuanto a capacidad de

paso del fluido, ha llevado a los fabricantes y a los usuarios a adoptar un coeficiente que refleja y representa la capacidad de las válvulas de control. El primer coeficiente de dimensionamiento de válvula que se utilizó fue el denominado Cv, se define como: “El caudal de agua en galones americanos por minuto a la temperatura de 60 °F, que pasa a través de la válvula en posición completamente abierta y con una pérdida de carga de una libra por pulgada cuadrada (1 psi).” En los países que se emplean unidades métricas se suele aplicar el factor de caudal Kv que la norma internacional IEC – 534- 1987 sobre válvulas de control de procesos industriales define del siguiente modo: “Caudal de agua a 20° C en m³/h que pasa a través de la válvula a una apertura dada y con una pérdida de carga de 1 bar. (1,02 Kg. /cm.²).

El factor Kv para la válvula totalmente abierta se denomina Kvs mientras que el mínimo valor recibe el nombre de Kvo. Por lo tanto, la relación es:

$$\frac{Kvs}{Kvo}$$

3.6.1 ¿CUÁL ES EL FLUIDO DEL SISTEMA?

Antes de especificar cualquier válvula, tenga en cuenta el tipo de fluido presente en el sistema. ¿Es viscoso, o ligero? ¿Gas o líquido? ¿Corrosivo o inerte? Este tipo de variables pueden afectar a los componentes y a la operativa. Por ejemplo, la viscosidad del fluido afecta a los requisitos de caudal de la válvula. Los fluidos más viscosos, reducen tanto el caudal del sistema como las fugas. Y en el caso contrario, un gas ligero a alta presión tendrá tendencia a fluir, pero será más difícil de contener.

Algunos gases, como el hidrógeno o el metano tienen tendencia a la ignición, y la más pequeña fuga a la atmósfera puede tener consecuencias catastróficas. Si se trata de un gas tóxico como la arsina o la fosfamina, las consecuencias pueden ser incluso peores. Los gases y líquidos corrosivos, como el cloruro de hidrógeno,

el sulfuro de hidrógeno o incluso el vapor pueden dañar componentes y hasta eliminar materiales química o físicamente.

3.6.2 ¿CUÁLES SON LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL SISTEMA?

Las condiciones de operación del sistema, como la temperatura o la presión, también son factores importantes al seleccionar una válvula. Por ejemplo, en aplicaciones con altas o bajas temperaturas, se debe tener en cuenta el material; los diferentes coeficientes de dilatación de los materiales pueden provocar fugas. Los componentes plásticos se pueden deformar y fugar, o absorber agua u otros fluidos del sistema, debilitándose a temperaturas más bajas. Los elastómeros, también, pueden endurecerse y romperse en servicio criogénico, y tienen coeficientes de dilatación altos. Por último, la presión diferencial también puede afectar a la capacidad de cierre. Como ejemplo, un sistema a 68.9 bar. (1000 psig) puede fugar diez veces más que si la presión fuese de 6.89 bar. (100 psig).

3.6.3 EL SISTEMA ¿ES UN SISTEMA DE SERVICIO CRÍTICO?

Si necesita una válvula fiable para servicio crítico, tenga en cuenta válvulas aprobadas o con certificados para ese tipo de servicio, y confirme que cumplen las normativas y códigos industriales actuales. A continuación mostramos algunos ejemplos de aplicaciones y sus correspondientes códigos industriales reconocidos.

3.6.4 ¿QUÉ CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LA VÁLVULA SON NECESARIAS?

“Tras comprobar las características del fluido y las condiciones operativas, también se debe tener claro qué características de diseño son críticas para un buen rendimiento. Como los fabricantes de válvulas no pueden controlar los parámetros de diseño del sistema como el fluido o las condiciones de operación, deben controlar las características de diseño que afectarán al rendimiento de la válvula.

Una característica importante, es la forma en que la válvula cierra a la atmósfera. Todas las válvulas pueden tener empaquetadura, o no tenerla. Las válvulas con empaquetadura pueden tener empaquetaduras convencionales o "auto compensadas". Normalmente, las válvulas con empaquetadura convencional tienen un cilindro de PTFE que se adapta alrededor del vástago de la válvula (Fig. 3.14). Al apretar la tuerca de la empaquetadura, el PTFE es forzado a expandirse hacia fuera contra el bonete de la válvula, y hacia dentro contra el vástago para crear el cierre.

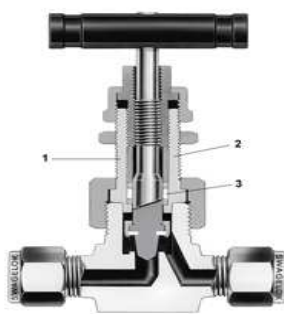


Figura 3.14 Válvula con empaquetadura convencional

- 1 – Vástago
- 2 – Bonete
- 3 - Empaquetadura de PTFE

Otro diseño de empaquetadura de válvula, es el cierre "auto compensado" (fig. 3.15). El sistema auto compensado sujeta la empaquetadura a una presión constante, y asegura un cierre sin fugas aunque el sistema experimente cambios frecuentes en la presión o la temperatura, o un alto número de actuaciones. Las empaquetaduras auto compensadas bien diseñadas, ejercen una mínima presión para cerrar—sin aumentar el par de actuación de la válvula. Este tipo de cierre auto compensado reduce el desgaste y la merma de la empaquetadura en aplicaciones con un alto número de ciclos. Los dos métodos más comunes de cierre auto compensado son el de elastómero y el de empaquetadura de plástico comprimida por muelles.

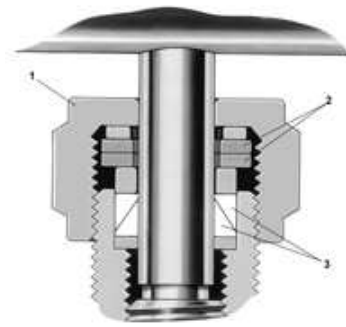


Figura 3.15 Válvula con empaquetadura compensada

- 1 - Tuerca de la empaquetadura
- 2 - Muelles
- 3 - Empaquetadura de plástico

El diseño más sencillo utiliza una junta tórica de elastómero. En este caso, la carga de auto compensación la proporciona la elasticidad de la junta tórica. En el método de empaquetadura comprimida por muelles, el cierre utiliza una empaquetadura de plástico, y como los plásticos no tienen la elasticidad de los elastómeros, el cierre auto compensado viene dado por una serie de muelles. Para mantener una carga constante sobre la empaquetadura, la tuerca de la empaquetadura comprime los muelles.

Las válvulas sin empaquetadura, como las de diafragma o de fuelle ofrecen cierres estáticos metal-metal. También en este caso, hay muchos factores bajo el control del fabricante, que pueden afectar a la integridad del cierre metálico. Un ejemplo es la relación directa entre la calidad del acabado superficial y el rendimiento e integridad del cierre de la válvula. Y un caso concreto; un obturador y un asiento con superficies pulidas, entrarán en un contacto mucho más cercano que si son superficies rugosas.

Otro factor que afecta a los cierres metálicos, es la diferencia de dureza entre los materiales. El obturador debe ser más duro que el asiento, para que pueda haber cierta deformación y un cierre más íntegro.”¹²

¹² Antonio Creus (1998) Instrumentación industrial Pág.428, 450. Editores Boixarev México.

3.6.5 DIMENSIONAMIENTO DE VÁLVULAS

A menudo, el tamaño de la válvula lo determina el tamaño nominal de la conexión final. Pero para la mayoría de los sistemas, es más importante el caudal que pueda asumir la válvula. Los principios del cálculo del caudal ponen de manifiesto que algunos aspectos del caudal conocer el paso de caudal, como:

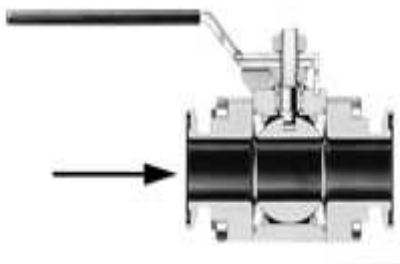


Figura 3.16



Figura 3.17

1. Tamaño y forma del orificio y del paso de caudal
2. Diámetro interno de la tubería o del tubo
3. Características del fluido, como densidad y temperatura
4. Diferencial de presión entre la entrada y la salida.

Es sencillo ver que un paso de caudal recto, como el de una válvula de bola (Fig. 3.16), ofrecerá un caudal superior al de una válvula de aguja de tamaño equivalente (Fig. 3.17), debido a que el paso de caudal es más tortuoso. Para no tener que hacer cálculos complicados, podemos simplemente comparar el coeficiente de caudal (CV). El Cv reúne los efectos de todas las restricciones de caudal de la válvula y se nos ofrece como una simple cifra. Otras características

de diseño de la válvula a tener en cuenta, son la actuación manual o neumática y los tipos de conexión. La experiencia demuestra que las válvulas con conexiones finales integrales, tienen menos puntos potenciales de fuga y facilitan la instalación y mantenimiento.

3.6.6 ¿QUÉ PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIÓN SE DEBEN SEGUIR?

Una vez seleccionada la válvula más ajustada para su aplicación, tenga en cuenta cómo se instala y las características que optimizarán el rendimiento y minimizarán el mantenimiento. Una instalación incorrecta afectará al rendimiento y la fiabilidad. Observe las siguientes sugerencias:


- Seleccione válvulas con opción de montaje en panel, montaje por la parte inferior o con conjuntos de montaje específicos. Los conjuntos de montaje de las válvulas deben poder soportar cargas externas como la expansión del sistema, y también deben poder absorber el par de actuación de la válvula, para que el esfuerzo no se transmita a las conexiones finales, la tubería o el tubo.
- La válvula debe estar sujeta por su sistema de montaje, y no por el tubo o la tubería.
- También deben estar a la vista, deben ser fácilmente accesibles y estar protegidas contra actuaciones accidentales.
- La flecha indicadora del caudal, debe señalar en la dirección del caudal.
- Se deben instalar en lugares donde no se puedan utilizar como reposapiés o perchas.

En resumen, seleccionar la válvula más ajustada ayuda a mantener un entorno sano, elimina paradas y aumenta la fiabilidad y un rendimiento sin fugas.

La terminología empleada en este capítulo se detalla en el **Anexo 3**.

CAPÍTULO 4

MANUAL DE OPERACIÓN

 ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	MANUAL DE TABLERO		
	OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Pablo Guerrero Julio López	Pág. 1 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Febrero 2009	


1. OBJETIVO:
 Recoger información detallada acerca de la manipulación y operación de los diferentes instrumentos del tablero, tanto de control como de medida utilizados en este proyecto.

2. ALCANCE:
 Familiarizar al estudiante de la carrera de tecnología Electromecánica con lo que se refiere a manipulación y operación de instrumentos, de una manera práctica y con las seguridades necesarias.

3. ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL Y EL MODULO NEUMÁTICO.

CONTROLADOR INDICADOR DE PRESIÓN (M.N.1.1):

- FOXBORO modelo 43AP
- Rango: 3-15 psi
- Supply: 20 psi , input: 3-15 psi, output: 3-15 psi
- Temperatura de operación: 5-40° C

 <p>ESCUELA POLITECNICA NACIONAL</p>	MANUAL DE TABLERO		
	OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Pablo Guerrero Julio López	Pág. 2 de 1
			Revisión Nº 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Febrero 2009	

VÁLVULA DE CONTROL NEUMÁTICA (M.N.1.3):


- Marca: MNT.NL
- Válvula de globo de control neumático de diafragma
- Rango de operación: 3-15 psi. (regulada)
- Material: Bronce
- Tamaño: 1½"
- Temperatura máx.: 270° C

MANÓMETROS (M.N.1.4):

- Manómetro ASHCROFT (M.N.1.4.1)
- Rango de operación: 0-100 psi
- Tipo: Seco
- Temperatura máx.: 175° F
- Manómetros WIKA y US GAUGE (USG) (M.N.1.4.2 y M.N.1.4.3)
- Rango de operación: 0-30 psi
- Tipo: Seco y de glicerina
- Temperatura máx.: 175° F

TUBERÍAS:

- Tipo de material: tubería PVC
- Tamaños: 1"
- Tipo de material: Acero inoxidable 316 SST
- Tamaños: ¼"

 <p>ESCUELA POLITECNICA NACIONAL</p>	MANUAL DE TABLERO		
	OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Pablo Guerrero Julio López	Pág. 3 de 1
			Revisión Nº 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Febrero 2009	

TANQUES PARA AGUA

Tipo de material: Plástico transparente, plástico oscuro

Tamaño: Diámetro: 30 cm. y 40 cm.; altura 75 cm. y 90 cm.

BOMBA DE AGUA

Características:

Motor: ½ Hp, 110 V. salida ¾" 20lts/min.

TRANSMISOR DE PRESIÓN

Dwyer Transductor

Rango 0... 1psi

Output 4...20mA

Supply 10... 36Vcc.

Serial No./ 673-1

TRANSDUCTOR IP

Entrada: 4 a 20 mA

Salida: 3 a 15 psi

Supply:24V; 2-10V


Z: 500 ohmios

VÁLVULA DE ALIVIO

Entrada: 0-150psi

Salida: 40psi

Diámetro: 1"

 <p>ESCUELA POLITECNICA NACIONAL</p>	MANUAL DE TABLERO		
	OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Pablo Guerrero Julio López	Pág. 3 de 1
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Revisión Nº 1
		Fecha: Febrero 2009	

FUENTE DE PODER

Entrada: 120V / 60 Hz

Salida: 24Vdc / 3A

4. PROCEDIMIENTO PARA OPERACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL DE NIVEL.

Para entender de mejor manera la operación del tablero de control de nivel nos ayudaremos de la figura 4.1, en la cual podemos observar los elementos que conforman dicho tablero.

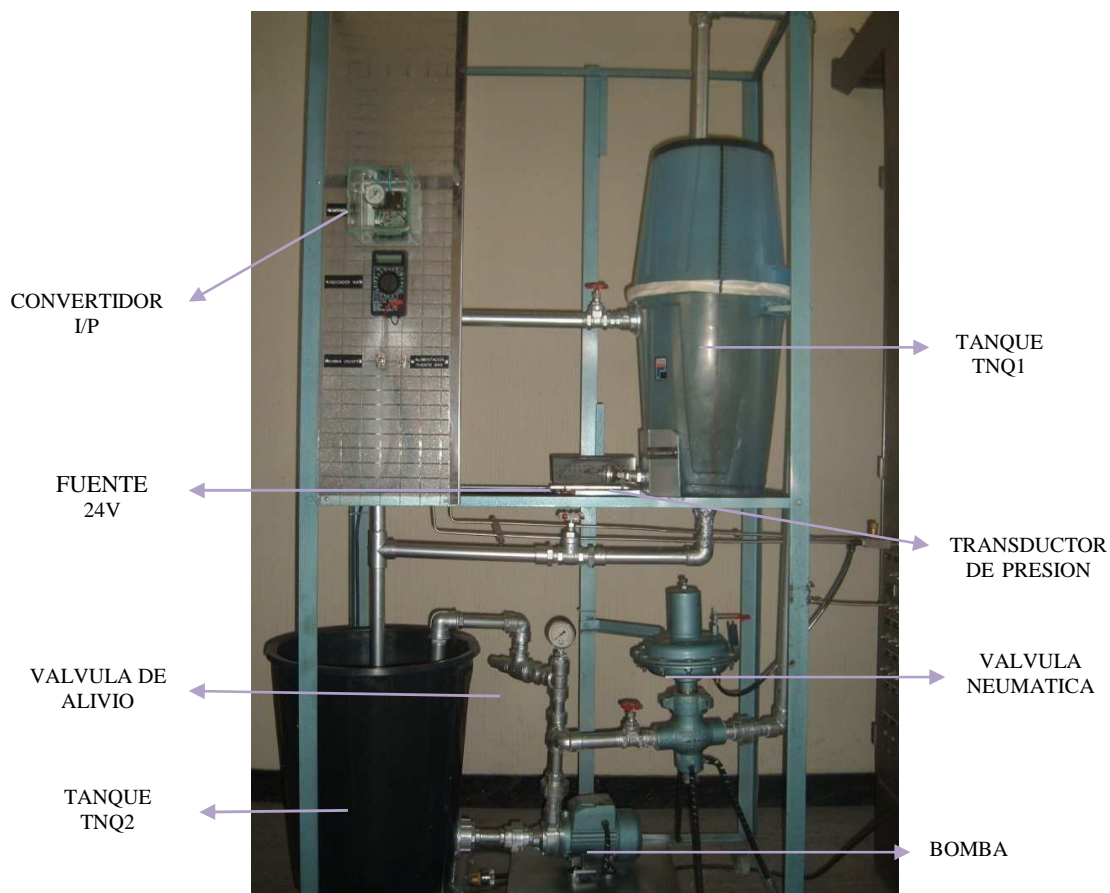




Figura 4.1. Tablero de control de nivel (vista frontal).

 <p>ESCUELA POLITECNICA NACIONAL</p>	MANUAL DE TABLERO		
	OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Pablo Guerrero Julio López	Pág. 4 de 1
			Revisión Nº 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Febrero 2009	

1.- El tanque en donde se va a realizar el control de nivel es el tanque superior fig. 4.2 y lo denominara (TNQ 1), el cual se llenara hasta un metro de columna de agua aproximadamente.



Fig. 4.2 tanque superior (TNQ 1)

	MANUAL DE TABLERO		
	OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Pablo Guerrero Julio López	Pág. 5 de 1
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Revisión Nº 1
		Fecha: Febrero 2009	

2.- El transmisor de presión Dwyer (fig. 4.3) nos da la señal cuando el nivel del líquido en el tanque aumenta o decrece en un rango de salida de 4 a 20 mA proporcional al nivel de 0 a 1m de columna de agua.



Fig. 4.3 Transmisor de presión

3.- Fijar el punto de consigna (Set point) con la perilla Nº C1 que posee el controlador indicador (P.I.C.) Nº M.N.1.1 según la figura 4.4, de acuerdo al valor que se desea mantener la variable.

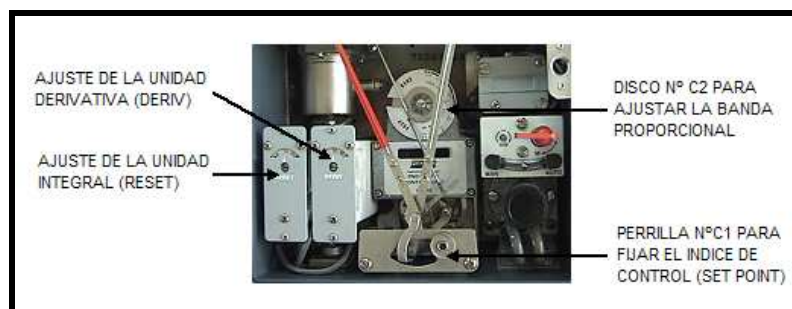



Figura 4.4. Mecanismos para el ajuste de la acción de control del P.I.C.

	MANUAL DE TABLERO	
	OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS	
	Elaborado por:	Pablo Guerrero Julio López
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome
		Pág. 6 de 1 Revisión N° 1 Fecha: Febrero 2009

4.- Ajustar la banda proporcional (B.P.) girando el disco N° C2, según figura N° 4.4 hasta el valor escogido.

5.- Fijar los valores del reset y derivativo, de acuerdo a los cambios que se requiere para mantener el punto de consigna de la variable si requiere el caso según la aplicación y evitar la excesiva oscilación del índice de control debido a las perturbaciones dadas en el proceso.


6.- Encender la bomba de agua (110 V) fig. 4.5, para la circulación del líquido entre el tanque (TNQ 1) y el tanque de reserva (tanque inferior) TNQ2. fig. 4.6



Fig. 4.5 bomba de agua



Fig. 4.6 tanque de reserva (TNQ2)

 <p>ESCUELA POLITECNICA NACIONAL</p>	MANUAL DE TABLERO	
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS	
	Elaborado por:	Pablo Guerrero Julio López
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome
		Pág. 1 de 1 Revisión N° 1 Fecha: Febrero 2009

1. OBJETIVO:

Establecer una guía de procedimientos, para la calibración de los instrumentos utilizados en la realización de esta práctica.


2. ALCANCE:

Acentuar los conocimientos teóricos de los estudiantes de una forma más directa y enfocada a la industria, de todo lo que hace relación a la calibración de instrumentos.


3. CALIBRACIÓN DE VÁLVULA DE CONTROL

Para calibrar la válvula de control se debe ajustar el tornillo de cero y el de multiplicación según la figura 4.7 que muestra las partes de la válvula de control, con el propósito que la carrera completa de la válvula se efectúe en el rango de 3 a 15 psi. Dado que la válvula empleada es de acción inversa es decir sin aire cierra. El procedimiento para la calibración de la carrera de la válvula es el siguiente:

- Sin aire sobre la válvula se sitúa en el vástago el indicador (flecha indicadora), con el propósito de posicionar el inicio de la carrera del obturador de la válvula en la posición cerrada.

 <p>ESCUELA POLITECNICA NACIONAL</p>	MANUAL DE TABLERO	
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS	
	Elaborado por:	Pablo Guerrero Julio López
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome
		Pág. 2 de 1 Revisión Nº 1 Fecha: Febrero 2009

- Se manipula el regulador de presión que posee el P.I.C para aumentar lentamente la señal neumática que se aplica sobre el diafragma de la válvula, de tal manera que a 3 psi la válvula debe estar cerrada, pero al superar los 3 psi la válvula debe iniciar su apertura. Pero si la válvula no inicia su apertura al superar los 3 psi, se manipula el tornillo de regulación, como se ve en la figura 5.4; que regula la carrera del vástago; lo necesario para que la válvula comience a abrir a 3 psi. En esta posición se fija el indicador de posición de carrera de la válvula de modo que marque la posición de inicio de la carrera, es decir 0% de apertura de la válvula.
- Se vuelve a manipular el regulador de presión que posee el P.I.C., para suministrar aire a la presión de 15 psi, ante lo cual el indicador de posición debe marcar 100% abierto. Caso contrario se debe apretar el tornillo de regulación, como se ve en la figura 4.7; el cual permite regular el recorrido del muelle hasta que el indicador de posición señale 100% de la carrera de la válvula.
- Y finalmente se debe repetir los ajustes de 0% y 100% de la carrera de la válvula, las veces necesarias para que la válvula quede calibrada correctamente.

	MANUAL DE TABLERO	
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS	
	Elaborado por:	Pablo Guerrero Julio López
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome
		Pág. 3 de 1
		Revisión Nº 1
		Fecha: Febrero 2009

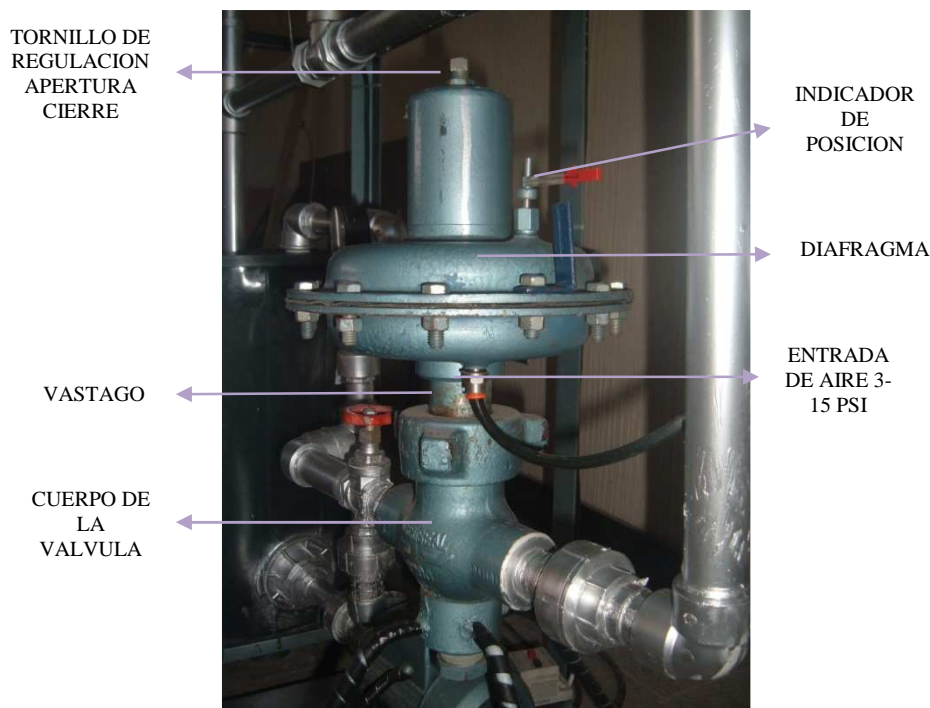



Figura 4.7. Válvula de control de acción inversa (sin aire cierra)

4. CALIBRACIÓN DE MANÓMETROS

Para la calibración de los manómetros se tiene dos métodos de calibración los cuales son: calibración seca y calibración húmeda. Las cuales se describen a continuación.

4.1 Calibración seca

Se la realiza con aire de instrumentación es decir sin lubricación, es introducido a presión y depurado en el interior del sistema y del manómetro, no alcanza los mismos rangos que en calibración húmeda aunque podría hacerlo, se utiliza para calibrar instrumentos que van a trabajar en procesos delicados como la industria farmacéutica, alimenticia o instalaciones de hospitales.

 <p>ESCUELA POLITECNICA NACIONAL</p>	MANUAL DE TABLERO	
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS	
	Elaborado por:	Pablo Guerrero Julio López
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome
		Pág. 4 de 1
		Revisión Nº 1
		Fecha: Febrero 2009

4.2. Calibración húmeda

Se la realiza con líquidos de densidad conocida como agua, aceite o mercurio, que se someten a presión al interior del sistema, manómetros y presostatos; como tienen características anti compresibles pueden trabajar a altas presiones, esta calibración puede resultar peligrosa ya que los líquidos pueden llegar a ser tóxicos.

4.3. Calibración de un manómetro utilizando un calibrador tipo peso muerto


Para una mejor comprensión de la calibración de un manómetro con un calibrador tipo peso muerto nos basaremos en la figura 4.8.

Primero con un destornillador retiramos la cubierta del manómetro y verificamos que la aguja señale el cero; caso contrario procedemos a encerar el manómetro, para esto nos ayudamos de un tornillo que se encuentra alrededor de la aguja; si no tiene este tornillo tenemos que realizar manualmente el encerado, sacando la aguja mediante un santiago apropiado para dicho manómetro.

Luego de encerarlo colocamos el manómetro a calibrar en el calibrador de tipo peso muerto, extraemos todo el aire del calibrador mediante la palanca (tenemos que realizarlo de 5 a 6 veces hasta que este totalmente libre de aire)

Procedemos a poner los pesos según el alcance del manómetro a calibrarse, mediante la palanca hacemos girar lentamente hasta cuando las pesas se levanten y giren libremente.

Si la aguja sobrepasa el alcance del manómetro debemos reducir el factor de multiplicación caso contrario, es decir si no llega al rango; debemos aumentar el factor de multiplicación mediante los tornillos que se encuentran en el tubo bourdon.

	MANUAL DE TABLERO	
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS	
	Elaborado por:	Pablo Guerrero Julio López
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome
		Pág. 5 de 1
		Revisión Nº 1
		Fecha: Febrero 2009

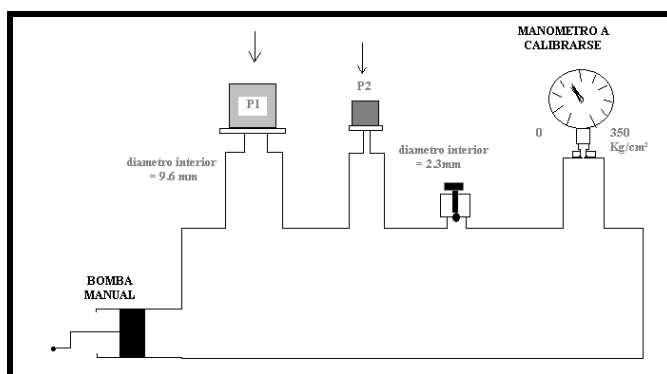



Figura 4.8. Calibrador tipo peso muerto

5. CALIBRACIÓN DEL CONTROLADOR NEUMÁTICO (PIC)

5.1. Principio de Operación

El principio de operación del controlador indicador de presión es el que se describe a continuación, para lo cual se utiliza la figura 4.9.

1. Un enlace diferencial mide la diferencia entre la pluma de medición y las posiciones del índice de control. Esta señal de error mueve la palanca proporcional.
2. Los pivotes de la palanca proporcional están en el centro sobre el final de los fuelles proporcional e integral.

	MANUAL DE TABLERO	
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS	
	Elaborado por:	Pablo Guerrero Julio López
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome
		Pág. 6 de 1
		Revisión Nº 1
		Fecha: Febrero 2009

3. Este movimiento cambia la relación lengüeta - tobera, causando que el relé neumático establezca una salida presión.

4. La presión de salida realimenta al fuelle proporcional, que actúa a través de la palanca proporcional para reequilibrar la tapa de la tobera.

5. El fuelle integral y la unidad integral se utiliza cuando la medición se debe mantener exactamente en el punto de control sin desviación estable (off-set).

6. La unidad derivativa se utiliza para mejorar la respuesta del sistema.

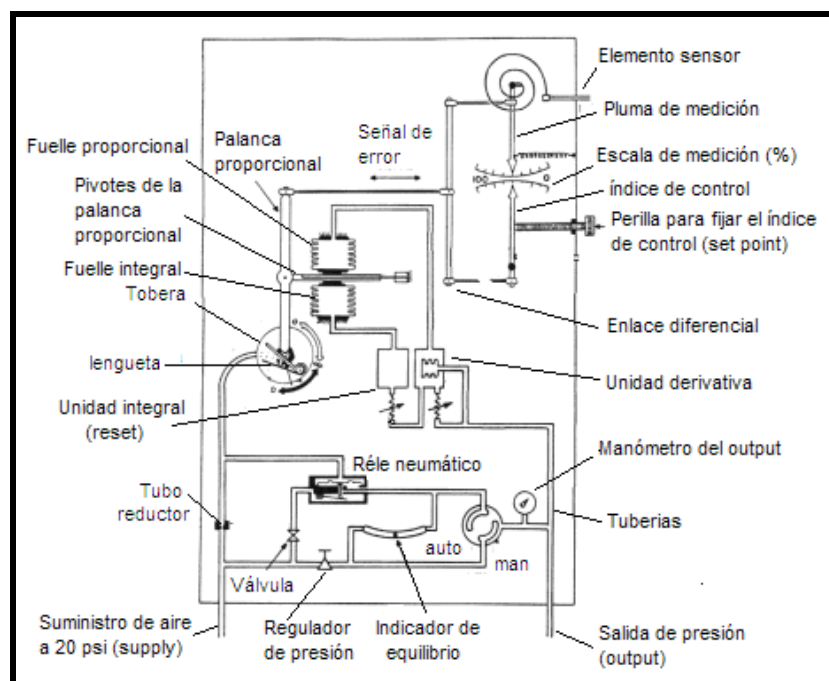



Figura 4.9. Esquema del controlador indicador de presión (P.I.C.).

 <p>ESCUELA POLITECNICA NACIONAL</p>	MANUAL DE TABLERO		
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Pablo Guerrero Julio López	Pág. 7 de 1
			Revisión Nº 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Febrero 2009	


6. Calibración de un transmisor:

1. Chequeo y Ajustes Preliminares:

- Observar el estado físico del equipo, desgaste de piezas, limpieza y respuesta del equipo.
- Determine los errores de indicación del equipo comparado con un patrón adecuado (según el rango y la precisión).
- Llevar ajustes de cero, multiplicación, angularidad y otros adicionales a los márgenes recomendados para el proceso o que permita su ajuste en ambas direcciones (no en extremos) encuadramientos preliminares. Lo cual reducirá al mínimo el error de angularidad.

2. Ajuste de cero:

- Colocar la variable en un valor bajo de cero a 10% del rango o en la primera división representativa a excepción de los equipos que tienen supresión de cero o cero vivo, para ello se debe simular la variable con un mecanismo adecuado, según rango y precisión lo mismo que un patrón adecuado.
- Si el instrumento que se esta calibrando no indica el valor fijado anteriormente, se debe ajustar del mecanismo de cero (un puntero, un resorte, reóstato, tornillo, micrométrico, etc.).

 <p>ESCUELA POLITECNICA NACIONAL</p>	MANUAL DE TABLERO		
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Pablo Guerrero Julio López	Pág. 8 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Febrero 2009	

- Si el equipo tiene ajustes adicionales con cero variables, con elevaciones o supresiones se debe hacer después del punto anterior de ajuste de cero.

3. Ajuste de multiplicación:


- Colocar la variable en un valor alto del 70 al 100%.
- Si el instrumento no indica el valor fijado, se debe ajustar el mecanismo de multiplicación o span (un brazo, palanca, reóstato o ganancia)

4. Repetir los dos últimos pasos hasta obtener la calibración correcta para los valores alto y bajo.

5. Ajuste de angularidad:

- Colocar la variable al 50% del span.
- Si el incremento no indica el valor del 50% ajustar el mecanismo de angularidad según el equipo.

6. Repetir los dos últimos pasos 4 y 5 hasta obtener la calibración correcta, en los tres puntos.

	MANUAL DE TABLERO	
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS	
	Elaborado por:	Pablo Guerrero Julio López
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome
		Pág. 9 de 1
		Revisión Nº 1
		Fecha: Febrero 2009

Nota: Después de terminar el procedimiento se debe levantar un acta de calibración, aproximadamente en cuatro puntos: Valores teóricos contra valores reales (lo más exactamente posible), tanto ascendente como descendente para determinar si tiene histéresis.

Diagrama De calibración: A continuación se ilustra el diagrama de calibración de un transmisor neumático de presión figura 5

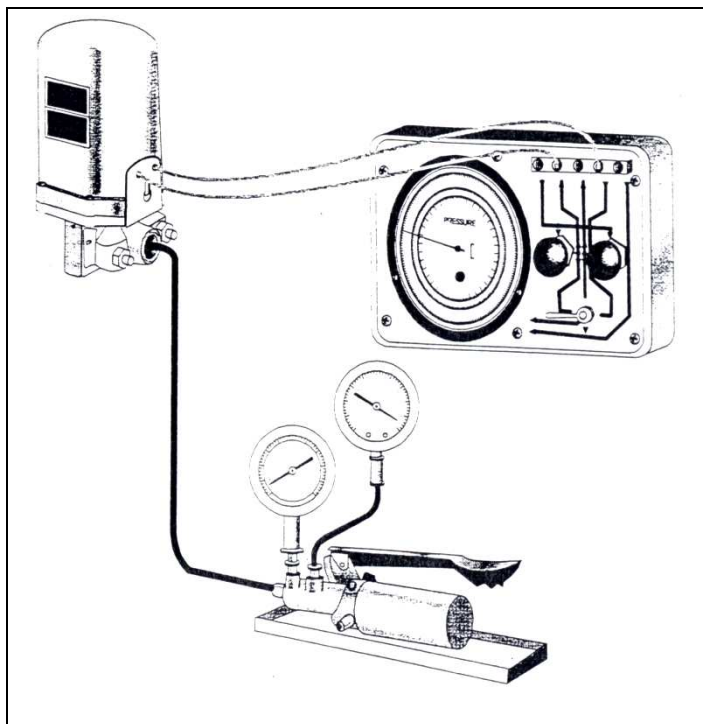



Figura 5. diagrama de calibración de un transmisor.

	MANUAL DE TABLERO	
	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	
	Elaborado por:	Pablo Guerrero Julio López
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome
		Pág. 1 de 1 Revisión Nº 1 Fecha: Febrero 2009

1. OBJETIVO.

Documentar las pruebas realizadas al modulo de control neumático, para determinar su correcto funcionamiento.


2. ALCANCE.

Verificar el correcto funcionamiento del modulo de control neumático, para que suministre una presión constante hacia el proceso.

3. DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS REALIZADAS

Las pruebas realizadas consisten en el control de un nivel de liquido (agua), se utilizara el principio de diferencial de presión para realizar el control de nivel en nuestro caso un metro de columna de agua, mediante un transmisor por diferencial de presión obtendremos una señal de miliamperios de 4 a 20mA a la salida luego mediante un convertidor la señal eléctrica la pasara a neumática con un rango de 3 a 15 psi, con lo cual llegará al controlador neumático el mismo que nos comandara una válvula de control neumático la cual abrirá y cerrara de forma proporcional de acuerdo a los parámetros que se coloquen y a los requerimientos.

Este control se lleva a cabo por medio de la banda proporcional, la misma que tiende a mantener la válvula de control en una posición proporcional y correspondiente a la demanda del sistema.

	MANUAL DE TABLERO	
	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	
	Elaborado por:	Pablo Guerrero Julio López
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome
		Pág. 2 de 1
		Revisión Nº 1
		Fecha: Febrero 2009

En la banda proporcional existe una y solamente una posición de la válvula para cada posición de la pluma dentro del rango de la banda proporcional en la cual la amplitud de la banda proporcional se expresa en porcentaje (%) de la escala total del instrumento. La modificación del valor de la banda proporcional se realiza mediante un medio mecánico empleado en los instrumentos de control; para obtener movimientos más pequeños de la válvula de control, para un movimiento dado de la pluma al alejarse del punto de control.

En la siguiente figura 5.1, se muestra la escala de medición del controlador indicador (P.I.C.) con sus principales componentes.

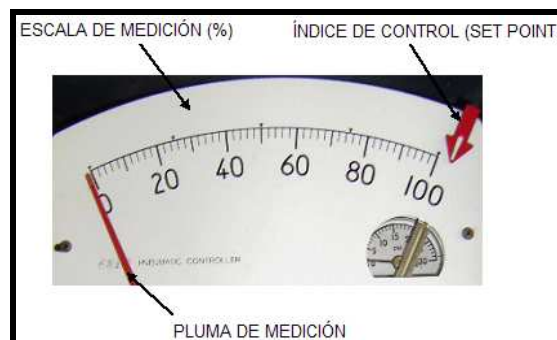



Figura 5.1. Escala de medición del P.I.C.

Según la figura 5.2, se describe a continuación la reacción del P.I.C. al variar su banda proporcional.

La parte proporcional consiste en el producto entre la señal de error y la constante proporcional, tal que el error en estado estacionario sea casi nulo, pero en la mayoría de los casos, estos valores solo serán óptimos para cada porción del rango.

 ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	MANUAL DE TABLERO		
	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO		
	Elaborado por:	Pablo Guerrero Julio López	Pág. 3 de 1
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Revisión Nº 1
		Fecha: Febrero 2009	

Sin embargo, existe también un valor límite en la constante proporcional a partir del cual en algunos casos el sistema alcanza valores superiores a los deseados

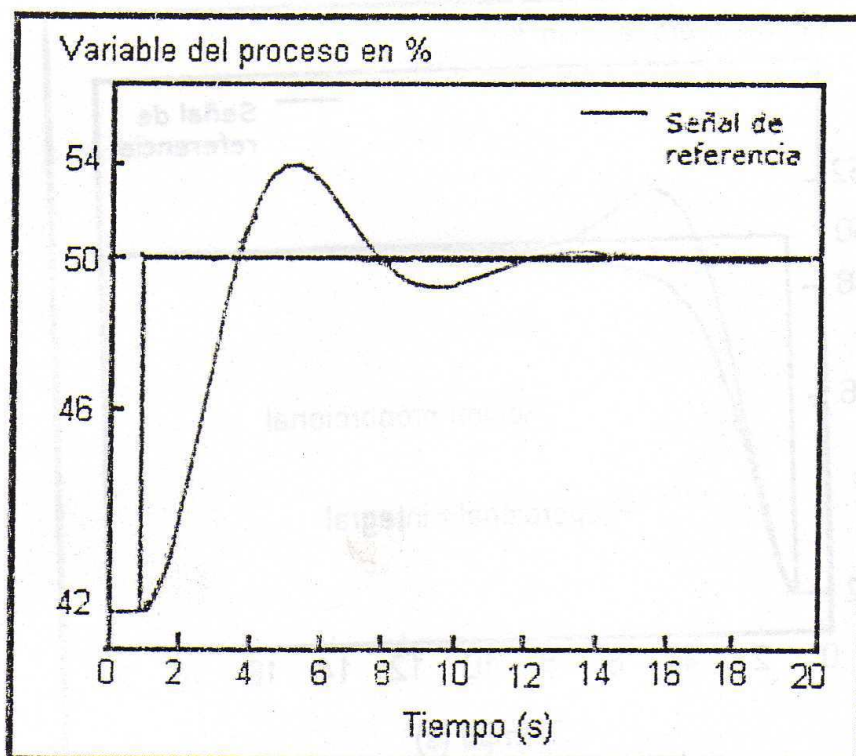



Figura 5.2. Reacción del proceso con control proporcional. Con set point en 50% de la variable y banda proporcional de 20%.

	MANUAL DE TABLERO	
	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	
	Elaborado por:	Pablo Guerrero Julio López
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome
		Pág. 4 de 1
		Revisión Nº 1
		Fecha: Febrero 2009

El modo de control integral tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario, provocado por el modo proporcional. El control integral actúa cuando hay una desviación entre la variable y el punto de consigna, integrando esta desviación en el tiempo y sumándola a la acción proporcional. El error es integrado, lo cual tiene la función de promedio o sumarlo por un periodo de tiempo determinado, figura 5.3.

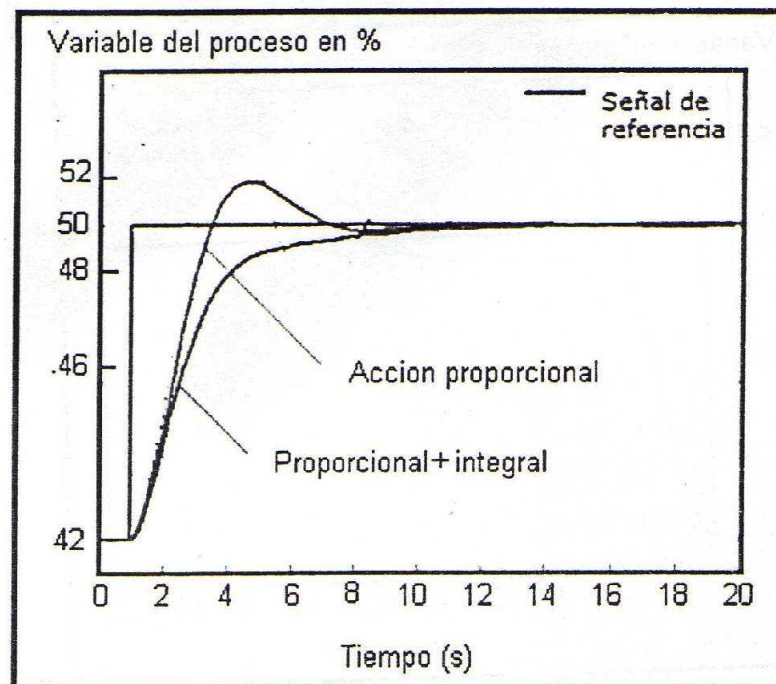



Figura 5.3. Reacción del proceso de control proporcional + integral. Con set point en 50% de la variable, banda proporcional de 20% e integral a 0.2(veces por minuto)

	MANUAL DE TABLERO	
	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	
	Elaborado por:	Pablo Guerrero Julio López
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome
		Pág. 5 de 1
		Revisión Nº 1
		Fecha: Febrero 2009

La acción derivativa se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error; (si el error es constante, solamente actúan los modos proporcional e integral). El error es la desviación existente entre el punto de medida y el valor consigna, o "set point". La función de la acción derivativa es mantener el error al mínimo corrigiéndolo proporcionalmente con la misma velocidad que se produce; de esta manera evita que el error se incremente, figura 5.4.

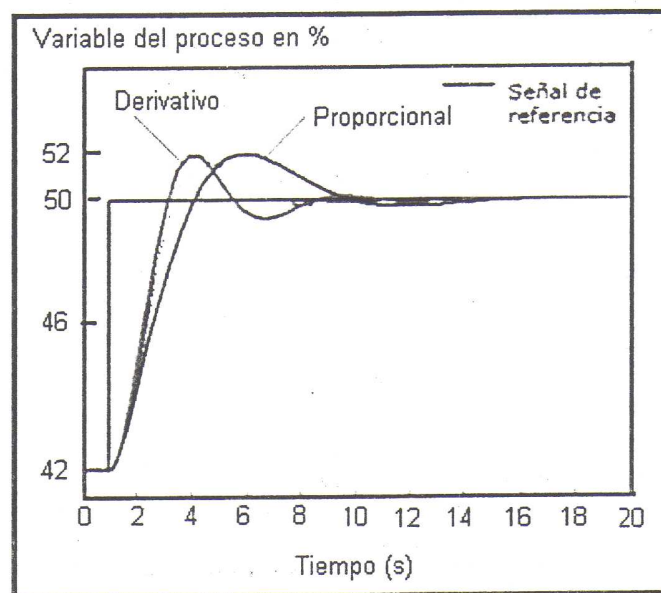



Figura 5.4. Reacción del proceso con control proporcional + derivado. Con set point en 50% de la variable, banda proporcional de 20% y derivativo igual a 5 (por minuto)

	MANUAL DE TABLERO	
	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	
	Elaborado por:	Pablo Guerrero Julio López
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome
		Pág. 5 de 1
		Revisión Nº 1
		Fecha: Febrero 2009

El objetivo de los ajustes de los parámetros P.I.D. es lograr que el bucle de control corrija eficazmente y en el mínimo tiempo los efectos de las perturbaciones; se tiene que lograr la mínima integral de error. Si los parámetros del control P.I.D. (banda proporcional, integral y derivativa) se eligen incorrectamente el proceso a controlar puede ser inestable, por ejemplo, que la salida de este varíe con o si oscilación, figura 5.5.

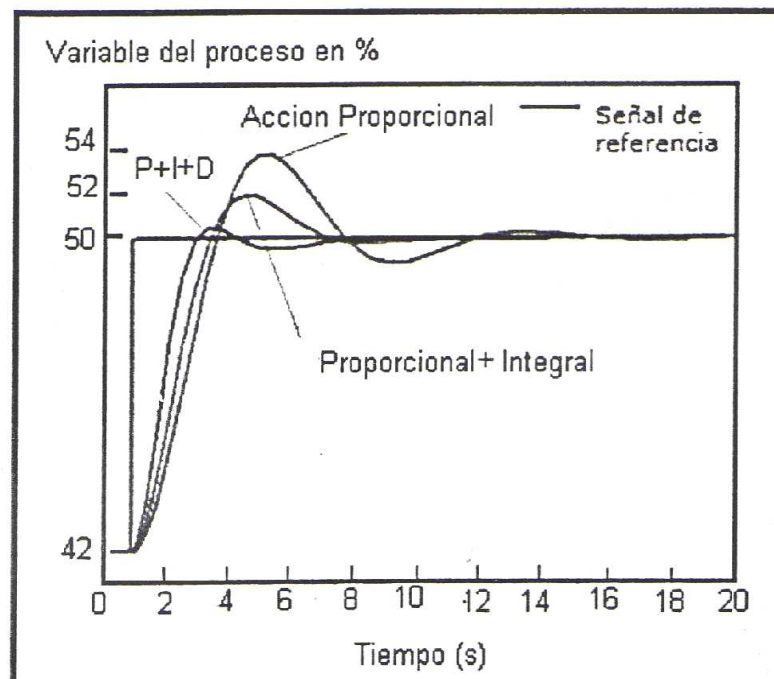



Figura 5.5. Reacción del proceso con control proporcional + integral + derivativo. Con set point en 50% de la variable, banda proporcional de 20%, integral igual a 0.2 (veces por minuto) y derivativa igual a 5 (por minuto).

 <p>ESCUELA POLITECNICA NACIONAL</p>	MANUAL DE TABLERO		
	APLICACIÓN		
	Elaborado por:	Pablo Guerrero Julio López	Pág. 1 de 1
			Revisión Nº 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Febrero 2009	

1. OBJETIVO.
 Detallar los diferentes campos destinados a la utilización de un control de nivel

2. ALCANCE.
 Dar a conocer al estudiante de la carrera de tecnología electromecánica las aplicaciones más frecuentes en la industria, de un control de nivel por diferencial de presión.

3. APLICACIÓN:
 Aplicaciones frecuentes son las medidas de los niveles de los estanques y recipientes de todo tipo, en canales, pozos, vertederos, etc.
 Esta medida sirve para determinar el contenido de los tanques para accionar dispositivos de alarma y seguridad en los recipientes a presión, para el accionamiento de válvulas y vertederos en la regulación de las centrales hidroeléctricas, para la determinación de la altura de la lámina en los vertederos de medidas, etc.
 En la industria química la medida de nivel se requiere para determinar la cantidad exacta de líquidos que hay que administrar en un proceso de mezcla, etc. El conocimiento del nivel de un líquido dentro de un recipiente puede necesitarse simplemente para comprobar la cantidad de material en existencia, para determinar la cantidad de líquido que se suministra a un proceso, o bien puede ser la medición primaria en un sistema de regulación destinado a mantener el nivel en un recipiente que forma parte de un proceso continuo.

CAPITULO 5

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y RESULTADOS

5.1 DISEÑO

Para el diseño del proyecto se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

- El tamaño de la estructura metálica, la misma que se elaboro de dos niveles para los dos tanques a utilizar de un metro cada uno aproximadamente, y con un diámetro de 60 cm., por lo que la estructura tiene las dimensiones que se detallan en el **ANEXO 4**
- La tubería utilizada es de una pulgada PVC para tener un flujo de agua que vaya de acuerdo con la presión que utilizaremos es decir 40 psi aproximadamente, con lo cual se utilizó todos los acoples del mismo diámetro.
- En lo que se refiere a tubería y acoples de aire todo el sistema tiene tubería de acero inoxidable de $\frac{1}{4}$ de pulgada, ya que se trata de presiones bajas y se quiere optimizar el funcionamiento de todos los instrumentos.
- Para las tuberías tanto de agua como de aire se tomo en cuenta el espacio y las dimensiones de la estructura
- El diseño de los tanques también se lo realizo calculando el rango de presión que se va a utilizar, la altura de un metro en el tanque principal es porque a un metro de altura se obtiene 1psi aproximadamente de presión que es el rango con el cual trabaja nuestro transductor de presión.

5.2. CONSTRUCCIÓN

La estructura del modulo de pruebas, es de ángulos soldados entre si, bases de tool para el asentamiento de recipientes, bomba y válvula.

El montaje de recipientes y tubería se realizo con la ayuda de herramientas y principios de plomería básica, ya que el liquido que va a circular es agua y se debe evitar a toda costa fugas tanto en las uniones, codos, neplos con los que se realizo el circuito por donde constantemente a va estar circulando el liquido; como en la unión del balde superior al transmisor y tubería de desfogue, y en el balde inferior en la unión con la bomba.

Los elementos como el convertidor I/P y miliamperímetro, están montados sobre una base de mica en la parte superior del modulo ya que tienen que estar siempre a la vista, al igual que el encendido de la bomba y la alimentación que va a la fuente de 24Vdc.

Las tuberías de aire tanto del supply y salida que va al controlador en el convertidor, así como la señal que llega a la válvula están hechas de Acero inoxidable de ¼", para evitar fugas en las uniones de estas se utilizo conectores de rosca ¼", selladas con teflón.

El circuito de fuerza para la bomba consta de un guarda motor, la alimentación se realizo con cable 12AWG, para el encendido se utiliza un interruptor y el control se lo realizo con cable 18AWG, al igual que el circuito de control de los elementos electrónicos.

- En el **ANEXO 5** se presenta un plano de todo el circuito de agua y su distribución detallada, así como el circuito de aire que se detalla en el **ANEXO 6**.
- El lo que se refiere a la instrumentación, el circuito de conexionado se lo detalla en el plano eléctrico **ANEXO 7**

5.3. RESULTADOS

Una vez concluido el proyecto y realizadas las calibraciones y pruebas respectivas de cada elemento y de todo el sistema se procede a hacer un análisis de resultados de nuestro control de nivel por diferencial de presión.

En base a los objetivos planteados antes de iniciar el diseño y construcción de este sistema se pudo demostrar que el trabajo realizado es realmente útil tanto para profesores como estudiantes afines con la carrera de TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA, ya que con este nuevo equipo acoplado al modulo neumático en el Laboratorio de Instrumentación se pueden realizar clases practicas en donde los estudiantes van a aplicar los conocimientos adquiridos en la teoría de lo que es una parte de la amplia rama de la instrumentación industrial campo que es muy amplio ya que en toda planta industrial se va a encontrar control de procesos en bases a lo que es la instrumentación industrial.

Los estudiantes de la carrera pueden visualizar, manipular de una manera práctica como funciona un sistema de control de nivel por diferencia de presión, así como se familiarizaran con elementos como: sensores, equipo de medición, actuadores entre otros que antes no se poseía en el laboratorio.

Finalmente se comprobara, luego de realizadas las respectivas practicas como funciona cada elemento y sus respectivas calibraciones y aplicaciones dentro de un sistema de control.

Con todo este análisis realizado se puede concluir que los resultados que se pretendía lograr se cumplieron quedando también a disposición un manual de operación así como recomendaciones de la correcta utilización y mantenimiento de todo el equipo y diagramas de todo el sistema, dando paso también al mejoramiento y adecuamiento de otros proyectos futuros para el beneficio tanto de estudiantes como de la carrera.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES:

- Para realizar un control de nivel se pueden emplear muchos métodos. En esta práctica trabajamos con el método por presión diferencial, el cual puede utilizarse en tanques abiertos y cerrados, tiene una buena sensibilidad y precisión.
- El convertidor IP no se pudo utilizar directamente y conectarlo de la forma tradicional, ya que necesitaba una fuente de mA a la entrada y no una señal de mA que es lo que se tiene a la salida del transmisor para que trabaje, por lo tanto fue necesario colocar una impedancia calculando su valor para crear una fuente de mA con lo que funciona el convertidor. El calculo de la impedancia utilizada se lo demuestra en la formula 6.1.

Para el suplay del convertidor 2 a 10V

Para la salida del transmisor 4 a 20 mA

Formula 6.1 $Z = V/I$

$$Z = 10v/20mA = 0.5 \times 1000 = 500\Omega$$

Con esto conseguimos el objetivo de tener una variación de 3 psi cuando tenemos 4mA es decir a nivel 0, a 15 psi con 20mA a máximo nivel es decir 1m aproximadamente.

- También es necesario a la salida del convertidor IP tener una carga mecánica en este caso nuestra válvula para que actué el mismo y tener una señal de salida en este caso de 3 a 15psi, ya que en vacío no se puede apreciar variación alguna.

- En la práctica realizada se pudo apreciar que el transmisor y el convertidor IP vienen calibrador de fábrica y sellados para no realizar ningún ajuste, sin embargo estos instrumentos son fáciles de calibrar ya que cuentan con el cero y el span para calibrar.
- Las válvulas de diafragma neumático tienen la posibilidad de realizar una calibración en un cierto rango, en caso de que no se pueda calibrar en el rango que se necesita se debe sustituir el resorte interno con las especificaciones necesarias para tener un mayor o menor rango de calibración según los requerimientos, en nuestro caso de 3 a 15 psi.





6.2 RECOMENDACIONES:

- Realizar un correcto manejo y calibración de los equipos, tanto el transmisor, el actuador así como el elemento de control neumático para tener un control lo mas exacto posible.
- Tener una buena escala de referencia para obtener buenos resultados.
- Mantener lo mas visible posible los tanques así como los elementos de control utilizados ya que al tratarse de un proyecto de uso didáctico es necesario que sea apreciable claramente el proceso.
- Calibrar el equipo cada vez que se vaya a utilizar el tablero debido a que es muy variante y esto causaría errores al momento de realizar la practica correspondiente.
- Mantener en óptimas condiciones los instrumentos asociados al sistema
- Tener un control del tiempo y la rutina de mantenimiento aplicados a cada uno de los instrumentos especialmente con los mas sensibles como el transmisor, transductor y controlador.
- Verificar las señales del transmisor, convertidor para comprobar que existe una interrelación con el control.

ANEXO 1




1.1 SÍMBOLOS Y NÚMEROS DE INSTRUMENTACIÓN










“La representación de los símbolos de varios instrumentos o funciones han sido aplicados en las típicas formas. El uso no implica que la designación o aplicaciones de los instrumentos o funciones estén restringidas en ninguna manera. Donde los símbolos alternativos son mostrados sin una preferencia, la secuencia relativa de los números no implica una preferencia.




Instrumento Discreto	
Display Compartido, Control Compartido	
Función de computadora	
Control Lógico Programable	

1.2 DESCRIPCIÓN DE CÓMO LOS CÍRCULOS INDICAN LA POSICIÓN DE LOS INSTRUMENTOS

Los símbolos también indican la posición en que están montados los instrumentos. Los símbolos con o sin líneas nos indican esta información. Las líneas son variadas como son: una sola línea, doble línea o líneas punteadas.

	Montado en Tablero Normalmente accesible al operador	Montado en Campo	Ubicación Auxiliar. Normalmente accesible al operador.
Instrumento Discreto o Aislado			

Display compartido, Control compartido.			
Función de Computadora			
Control Lógico Programable			

Instrumento Discreto	
Función de Computadora	
Control Lógico Programable	

1.3 NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS O NÚMEROS TAG

Cada instrumento o función para ser designada esta diseñada por un código alfanumérico o etiquetas con números. La parte de identificación del lazo del número de etiqueta generalmente es común a todos los instrumentos o funciones del lazo. Un sufijo o prefijo puede ser agregado para completar la identificación.

NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN TÍPICO (NÚMERO TAG)	
TIC 103	• Identificación del instrumento o número de etiqueta
T 103	• Identificación de lazo
103	• Número de lazo
TIC	• Identificación de funciones
T	• Primera letra
IC	• Letras Sucesivas

NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN EXPANDIDO	
10-PAH-5A	<ul style="list-style-type: none"> • Número de etiqueta
10	<ul style="list-style-type: none"> • Prefijo opcional
A	<ul style="list-style-type: none"> • Sufijo opcional
Nota: Los guiones son optativos como separadores.	





El número de lazo del instrumento puede incluir información codificada, tal como la designación del área de la planta que lo designe. Esto también es posible para series específicas de números para designar funciones especiales.

Cada instrumento puede ser representado en diagramas por un símbolo. El símbolo puede ser acompañado por un número de etiqueta.

1.4 SÍMBOLOS DE LÍNEAS

La simbología de líneas representa la información única y crítica de los diagramas de instrumentación y tuberías. Las líneas indican la forma en que se interconectan los diferentes instrumentos así como las tuberías dentro de un lazo de control.

Las líneas pueden indicar diferentes tipos de señales como son neumáticas, eléctricas, ópticas, señales digitales, ondas de radio etc.

	Conexión a proceso, enlace mecánico, o alimentación de instrumentos.
	Señal indefinida
	Señal Eléctrica
	Señal Hidráulica

	Señal Neumática
	Señal electromagnética o sónica (guiada)
	Señal electromagnética o sónica (no guiada)
	Señal neumática binaria
	Señal eléctrica binaria
	Tubo capilar
	Enlace de sistema interno (software o enlace de información)
	Enlace mecánico

Se sugieren las siguientes abreviaturas para representar el tipo de alimentación (o bien de purga de fluidos):

AS Alimentación de aire.

ES Alimentación eléctrica.

GS Alimentación de gas.

HS Alimentación hidráulica.

NS Alimentación de nitrógeno.

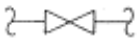




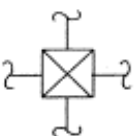


SS Alimentación de vapor.

WS Alimentación de agua.

1.5 SIMBOLOGÍA DE VÁLVULAS Y ACTUADORES


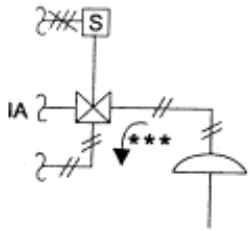
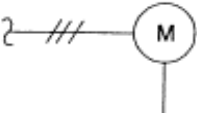
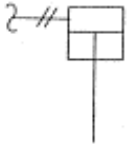
1.5.a Válvulas

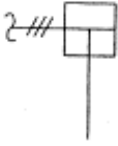

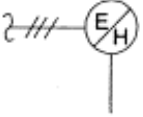
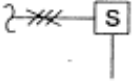

Símbolos para válvulas de control

 <p>Globo</p>	 <p>Ángulo</p>	 <p>Mariposa</p>	 <p>Obturador rotativo o válvula de bola</p>
 <p>Tres vías</p>	 <p>Cuatro vías</p>	 <p>Globo</p>	 <p>Diafragma</p>

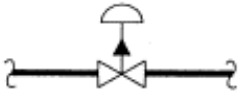
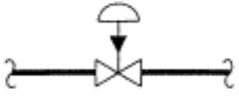
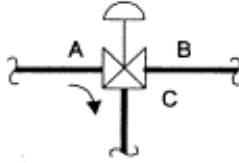
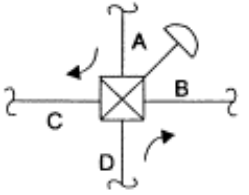


1.5.b Actuadores

Símbolos para actuadores.

 <p>Diafragma con muelle</p>	<p>Diafragma con muelle, posicionador y válvula piloto y válvula que presuriza el diafragma al Actuar.</p> 
 <p>Motor rotativo</p>	<p>Cilindro sin posicionador u otro piloto</p> 

 <p>Preferido para cualquier cilindro</p>	 <p>Actuador manual</p>	 <p>Electro hidráulico</p>
 <p>Solenoide</p>	 <p>Para Válvula de alivio o de seguridad</p>	

1.6 ACCIÓN DEL ACTUADOR EN CASO DE FALLO DE AIRE (O DE POTENCIA)

 <p>Abre en fallo</p>	 <p>Cierra en fallo</p>	 <p>Abre en fallo a vía A-C</p>
 <p>Abre en fallo a vías A-C y D-B</p>	 <p>Se bloquea en fallo</p>	 <p>Posición indeterminada en fallo</p>

„13

ANEXO 2

2.1 TERMINOLOGÍA UTILIZADA PARA LAS VÁLVULAS

“Actuador a Diafragma:

Actuador cuyo elemento de transformación de presión en fuerza es un diafragma que es un elemento flexible sensible a la presión que trasmite la fuerza a la placa del diafragma y esta a su vez al vástago del actuador.

Anillo de Retención:

Anillo dividido que se usa para sujetar la brida separable del cuerpo de la válvula.

Apoyo del Resorte:

En los actuadores a diafragma se regula la precarga del resorte con dos piezas una es el apoyo del resorte y la otra un tornillo de ajuste que a su vez es hueco y oficia buje de guía del vástago del actuador en algunas disposiciones.

Asiento:

Abertura a través de la cual pasa el fluido en general un asiento metálico resistente de diámetro determinado de material resistente al desgaste que provoca el paso del fluido. Muchas veces intercambiable para efectuar mantenimiento de la válvula.

El macho o Plug de la válvula toma contacto con el asiento para lograr el cierre total, el grado de cierre está clasificado.

Asiento con elastómero

El macho o Plug de la válvula toma contacto con el asiento donde el mismo tiene un parte de elastómero o plástico de manera de para lograr un buen cierre total.

Bonete o Cuello:

Pieza principal del conjunto a tapa de cuerpo de Válvula denominado usualmente con este nombre.

Es decir esta pieza y el conjunto se llaman del mismo usualmente del mismo modo.

Para servicios en los que la válvula debe manejar fluidos muy fríos o calientes se usa un bonete extendido que separa el receptáculo de la empaquetadura del resto cuerpo de la válvula.

Bonete con fuelle de Sello:

Tapa de cuerpo de Válvula con un fuelle que permite el sellado hermético para evitar los escapes de gases o fluidos peligrosos alrededor del vástago de la válvula.

Brida separable:

Brida que se puede separar del cuerpo de la válvula en el que ajusta y se sujeta mediante un anillo de retención, las bridas del cuerpo fijas o separables permiten la conexión de la válvula a la cañería.

Brida inferior:

Brida que cierra la abertura que algunas válvulas tienen en la parte del cuerpo opuesta al bonete, generalmente la inferior.

Bujes de Guía:

El vástago de la válvula que soporta al obturador puede estar guiado por un buje en el bonete, dos bujes uno en el bonete y otro en la brida inferior, o bien por un buje en el bonete y por la jaula etc.

Desviación de Flujo:

Es una de las formas en que trabajan las válvulas de control, haciendo una derivación del flujo que interviene en alguna operación o proceso.

Carcasa del Diafragma:

Contenedor de dos piezas (superior e inferior) que contienen al diafragma permitiendo en conjunto el establecimiento de una diferencia de presiones y su transformación en una fuerza para mover el vástago de la válvula.

Camisa

Encamisado para mantener temperatura en cañerías espacio envolvente por el que circula un fluido generalmente para termostatar. Encamisada con cámara de vacío

Cilindro

Actuador neumático compuesto de cilindro y pistón deslizante con acción por aire en una dirección y retorno a resorte (simple efecto) o bien en dos direcciones (doble efecto).

La actuación puede ser directa o inversa según sea que la presión del aire haga salir el vástago o viceversa. También llamado Actuador a Pistón, Cilindro Neumático, etc.

La ventaja de los cilindros de doble efecto es que pueden realizar fuerzas casi iguales en ambos sentidos.

Conector del Vástago:

Abrazadera en dos partes que solidariza el vástago del actuador y el del macho de la válvula.

Cuerpo de Válvula:

Alojamiento de los interiores y restantes piezas de la válvula que además permite la conexión de la misma a la cañería, se clasifican según las vías y los asientos

Estrangular:

Si bien el término inglés no significa estrangular el hecho de hacer pasar por una garganta el flujo tiene en castellano una descripción clara con esta palabra, que de hecho es lo que provoca la pérdida de carga en la Válvula de Control.

Ganancia, Ganancia de la Válvula:

La ganancia es en términos generales la relación entre el incremento de la salida respecto de la entrada, en las condiciones de estado estacionario se la suele denominar ganancia estática, también a la ganancia aplicada a las mediciones se la suele denominar sensibilidad.”¹⁴

¹⁴ Internet/válvulas de control en procesos-com.

ANEXO 3

3.1 CONVERSIÓN Y EQUIVALENCIAS DE UNIDADES DE PRESIÓN Y NIVEL

	bar	p.s.i	kPa	MPa	Kg/cm²	mm H₂O	mm Hg	atm
1 bar	1	14,503	100	0,1	1,02	10197,2	750,06	0,9869
1psi	0,0689	1	6,895	0,00689	0,00703	703,069	51,7149	0,0680
1 kPa	0,01	0,145	1	0,001	0,0102	102	7,5	0,0099
1 MPa	10	145,037	1000	1	10,197	1020000	7500,62	9,9
1 Kg/cm²	0,9806	14,223	98,066	0,0981	1	10000	735,56	0,9678
1 mm H₂O	$9,81 \cdot 10^{-5}$	$14,22 \cdot 10^{-5}$	$9,81 \cdot 10^{-4}$	$9,81 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-4}$	1	0,0735	0,0001
1 mm Hg	0,0013	0,0193	0,1333	0,00013	0,0014	13,5962	1	0,0013
1 atm	1,0133	14,695	101,325	0,1013	1,0332	10.333,11	760	1

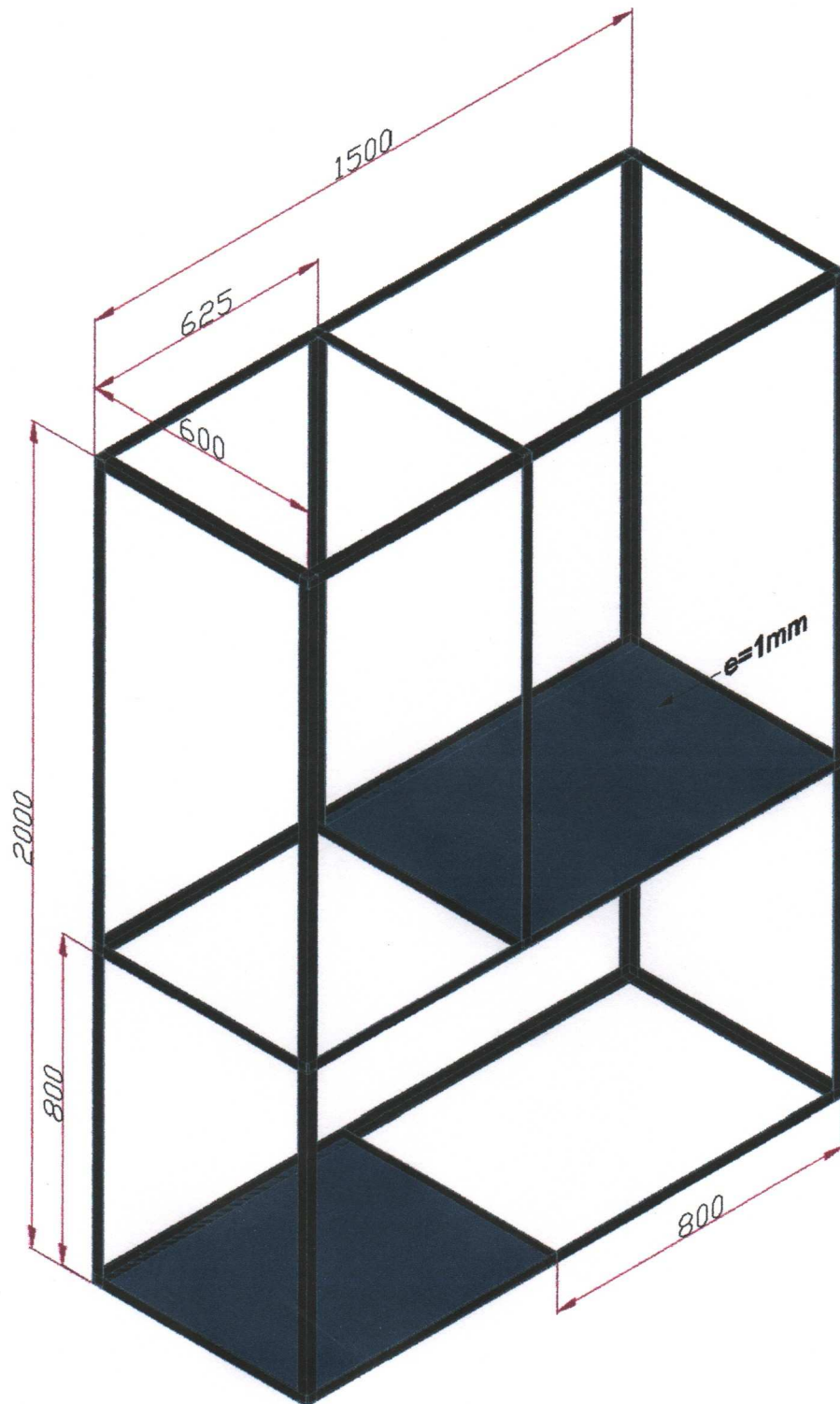
3.2 CONVERSIÓN Y EQUIVALENCIAS DE UNIDADES DE ÁREA.

Unidad	cm^2	m^2	km^2	$pulg^2$	pie^2
1 cm^2	1	1×10^{-4}	1×10^{-10}	0,155	$1,076 \times 10^{-3}$
1 m^2	1×10^4	1	1×10^{-6}	1550	10,764
1 km^2	1×10^{10}	1×10^6	1	$1,550 \times 10^9$	$1,076 \times 10^7$
1 $pulg^2$	6,451	$6,451 \times 10^{-4}$	$6,451 \times 10^{-10}$	1	$6,944 \times 10^{-3}$
1 pie^2	929,03	0,0929	$9,290 \times 10^{-8}$	144	1

1BAR \approx 10m de columna de H₂O \approx 1atm.

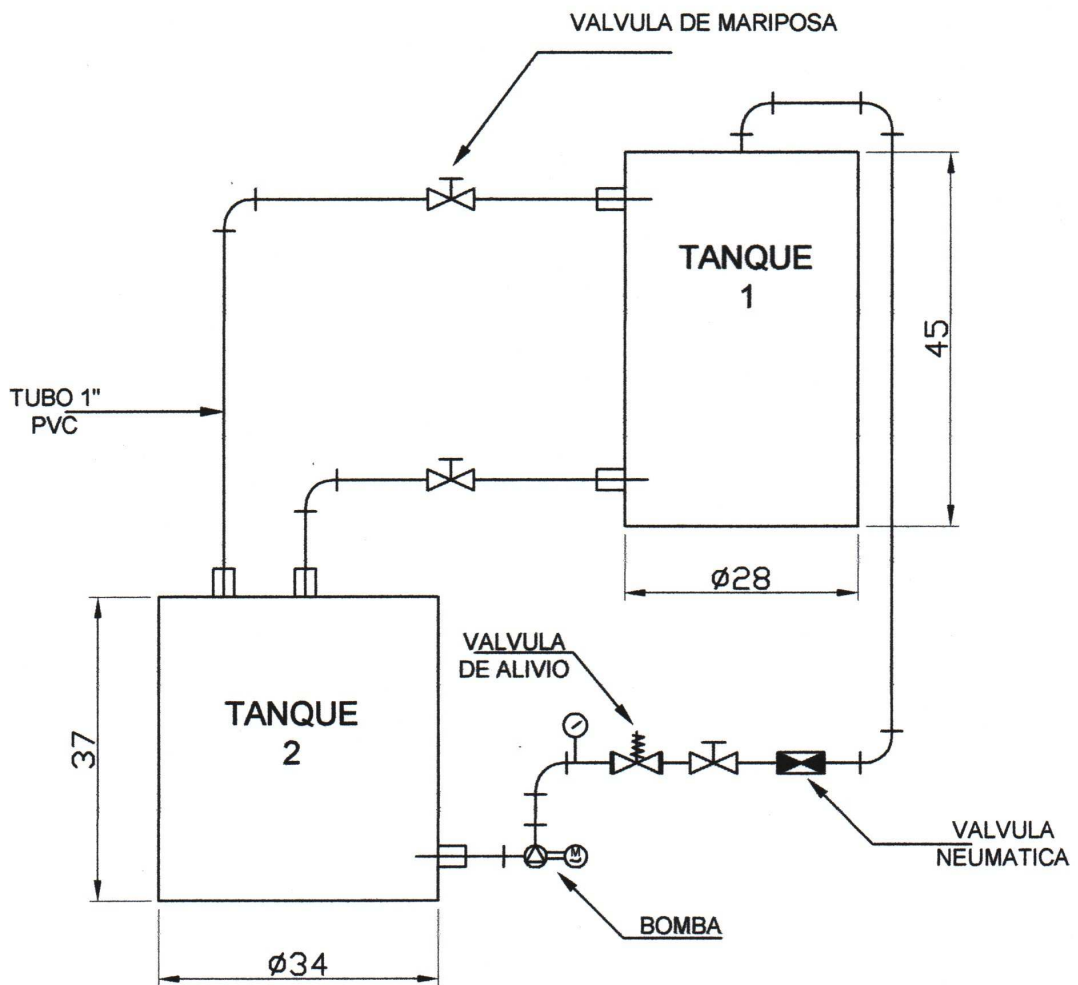
ANEXO 4

4.1 ESTRUCTURA



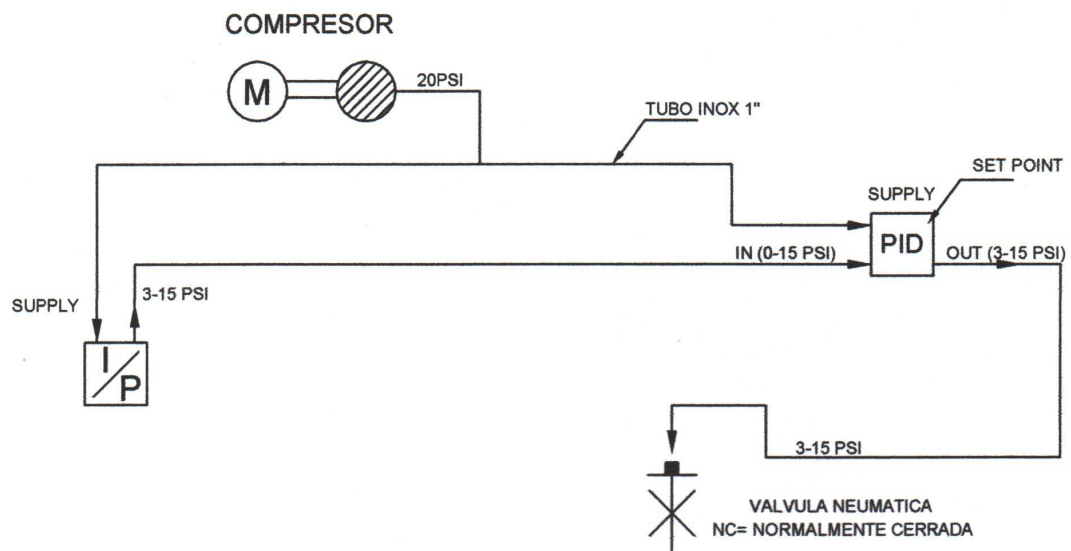
ANEXO 5

5.1 SISTEMA DE AGUA



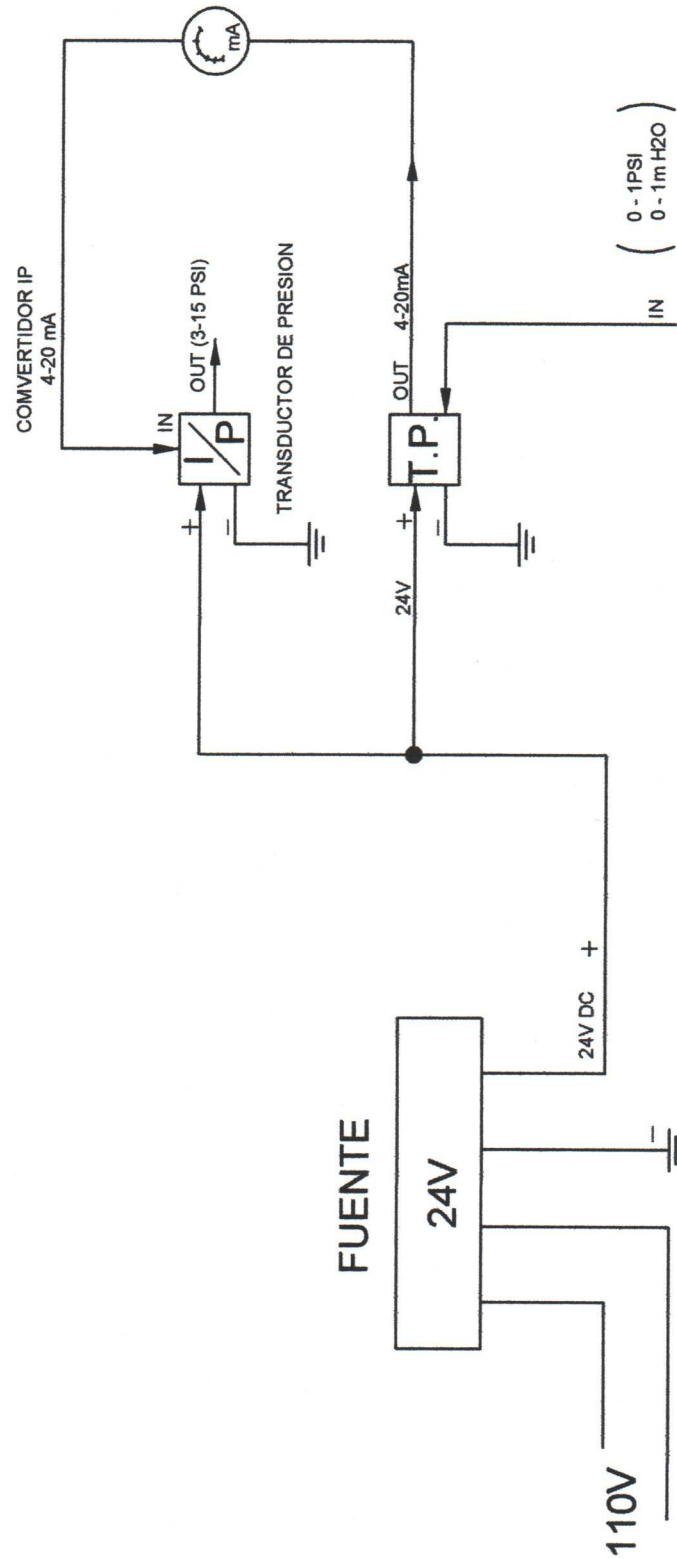
ANEXO 6

6.1 SISTEMA DE AIRE



ANEXO 7

7.1 SISTEMA ELÉCTRICO ELECTRÓNICO



BIBLIOGRAFÍA

- UNE - EN 5167 - 1: 1996. Medición de caudal y nivel de fluidos mediante aparatos de presión diferencial.
- William D. Cooper / Albert D. Helfrick; Instrumentación electrónica moderna, técnicas de medición Pág.: 339...343.
- J. Pedro Romero; J. Antonio Lorite; Sebastián Montoro. AUTOMATIZACIÓN, Tercera Edición; Editorial Paraninfo España. Pág.: 1..5
- Parte 1: diafragmas, toberas y tubos de Venturi intercalados en conducciones en carga de sección Circular (ISO 5167 - 1: 1991).
- Colegio Salesiano de Concepción, Escuela Industrial "San José" Departamento de Electrónica Preparado por: Cristhian Beltrán Provoste. Guías de Medición de nivel.
- Antonio Creus Sole – Instrumentación industrial 7ª edición, págs. 15,..22; 361,..367; 485,..501.
- Internet [http:// www.presión monografias_com.htm](http://www.presión.monografias_com.htm)
- Creus Antonio (1997) "Instrumentación Electrónica" Editores Marcombo Barcelona
- Internet <http://www.valvulas.monografias.com.ec>
- Apuntes y folletos tomados en clases Ing. Germán Castro. Control Industrial; Ing. Fernando Jácome; Instrumentación Industrial.