

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL

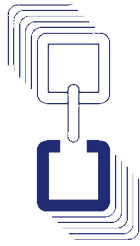
“FRANCISCO DE MIRANDA”

ÁREA DE TECNOLOGÍA

COMPLEJO ACADÉMICO EL SABINO

DEPARTAMENTO DE MECÁNICA Y TECNOLOGÍA DE LA PRODUCCIÓN

**CÁTEDRA: INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS**



## **TEMA N° 1**

# **MEDICIÓN E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL**

**GUIA DE ESTUDIO PREPARADA POR:**

**ING. Esp. JOSE E CUAURO S.**

**SANTA ANA DE CORO, Junio DE 2011**

## **TEMA Nº 1**

### **MEDICIÓN E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL**

- **TÉRMINOS RELACIONADOS CON LA SEÑAL Y EL CAMPO DE MEDIDA:**

En aquellos instrumentos que indican, transmiten o registran es importante conocer exactamente cual es la cantidad medida y la región de la escala sobre la cual esta siendo medida.

Para medir los aspectos anteriores se tienen:

#### **1.- VARIABLE MEDIDA:**

Es la cantidad física, propiedad o condición que esta siendo medida. Ej.: temperatura, presión, caudal, flujo, etc.

#### **2.- SEÑAL MEDIDA:**

Es una variable eléctrica, mecánica, neumática u otra variable aplicada a la entrada de un equipo. Ej.: en un termopar la señal medida es una fuerza electromotriz, la cual es el análogo eléctrico de la temperatura.

#### **3.- SEÑAL DE ENTRADA:**

Una señal aplicada a un dispositivo o sistema.

#### **4.- SEÑAL DE SALIDA:**

Una señal entregada por un dispositivo o sistema.

#### **5.- RANGO DE UN INSTRUMENTO (CAMPO DE MEDIDA):**

Es el conjunto de valores de la variable medida comprendidos dentro de los límites superiores e inferiores de la capacidad de medida o de transmisión de un instrumento. Ej. Un termómetro que esta calibrado entre 100°C y 200°C tiene un rango de 100°C a 200°C.

## **6.- AMPLITUD (SPAN):**

Es la diferencia algebraica entre los valores o límites superiores e inferiores del rango de un instrumento. En el ejemplo anterior el span de un instrumento (termómetro) es 100°C.

### **EJEMPLOS TÍPICOS:**

a.- Rango 0 a 100:

Valor mínimo = 0; Valor máximo= 100; amplitud =  $100 - 0 = 100$ .

b. - Rango 20 a 100

c. - Rango -20 a 150

d. - Rango -100 a -20

## **INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL**

### **- DEFINICIÓN:**

Es el campo de elementos que sirven para medir, controlar y registrar las variables de un proceso con el fin de optimizar los recursos utilizados en este.

En otras palabras la instrumentación nos permite en tiempo real de un proceso ver si el mismo va encaminado hacia donde deseamos y de no ser así se utilizan los instrumentos para actuar sobre el sistema y proceder de forma correctiva.

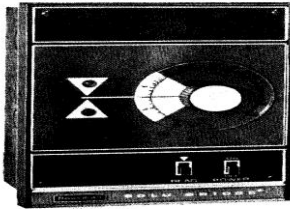
### **- CLASIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS:**

Los instrumentos de medición y control son relativamente complejos y su función puede comprenderse bien si están incluidos dentro de una clasificación adecuada. Como es lógico, pueden existir varias formas para clasificar los instrumentos, cada una de ellas tiene sus ventajas y limitaciones.

✓ **EN FUNCIÓN DEL INSTRUMENTO:**

➤ **INSTRUMENTOS CIEGOS:**

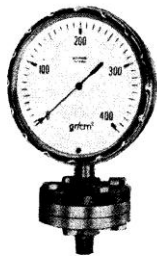
Son aquellos que no tienen indicación visible de la variable. Ej. Transmisores de caudal, nivel y temperatura sin indicación



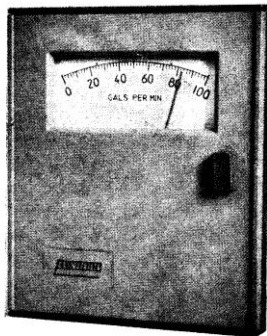
(Cortesía de Beckman)

➤ **INSTRUMENTOS INDICADORES:**

Disponen de un índice y una escala graduada en la que pueden leerse el valor de la variable. Existen también indicadores digitales que muestran una variable en forma numérica con dígitos.



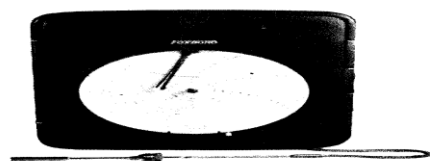
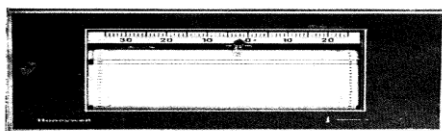
(Cortesía de Bourdon)



(Cortesía de Foxboro)

➤ **INSTRUMENTOS REGISTRADORES:**

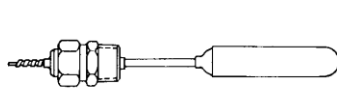
Registran con trazo continuo o a puntos la variable, y pueden ser circulares o de gráficos o alargados según sea la forma del grafico.



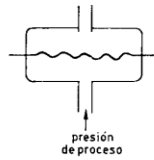
(Cortesía de Foxboro)

➤ **ELEMENTOS PRIMARIOS:**

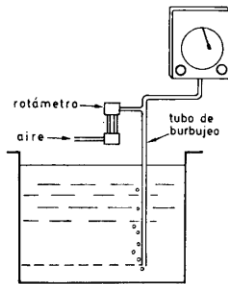
Están en contacto directo con la variable y utilizan o absorben energía del medio controlado para dar al sistema de medición una indicación en respuesta a la variación de la variable controlada.



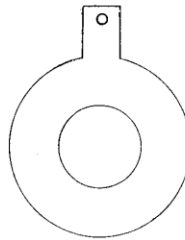
a - bulbo y capilar



b - sello de diaframa



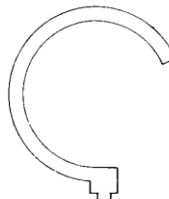
c - tubo de burbujeo



d - placa-orificio o diafragma



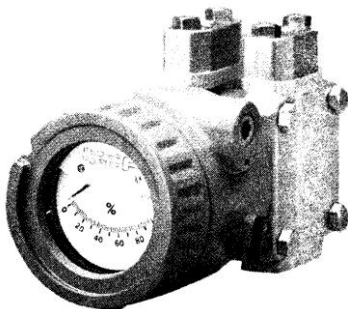
e - sonda termométrica



f - tubo Bourdon

➤ **TRANSMISORES:**

Captan la variable del proceso a través del elemento primario y la transmiten a distancia en forma de señal neumática de margen 3-15 Psia ( $\text{lb/in}^2$ ) o electrónica de 4-20 mA de corriente continua. El elemento primario puede o no ser parte integral del transmisor.



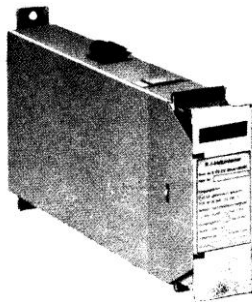
(Cortesía de Fischer Porter)

➤ **TRANSDUCTORES:**

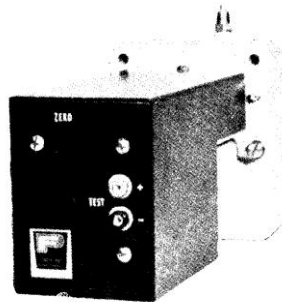
Reciben una señal de entrada función de una o más cantidades físicas y la convierten modificada o no a una señal de salida. Ej. Son transductores: un relé, un elemento primario, un transmisor, un convertidor PP/I (presión de proceso a intensidad), un convertidor PP/P (presión de proceso a señal neumática).

➤ **CONVERTIDORES:**

Son aparatos que reciben una señal de entrada neumática (3-15 Psia) o electrónica (4-20 mA c.c.) procedente de un instrumento y después de modificarla envía la resultante en forma de señal de salida estándar.



(Cortesía de Eckardt)



(Cortesía de Fischer Porter)

➤ **RECEPTORES:**

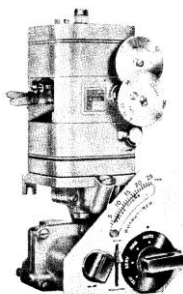
Reciben las señales procedentes de los transmisores y las indican o registran.

➤ **CONTROLADORES:**

Comparan la variable controlada con un valor deseado y ejercen una acción correctiva de acuerdo con la desviación.



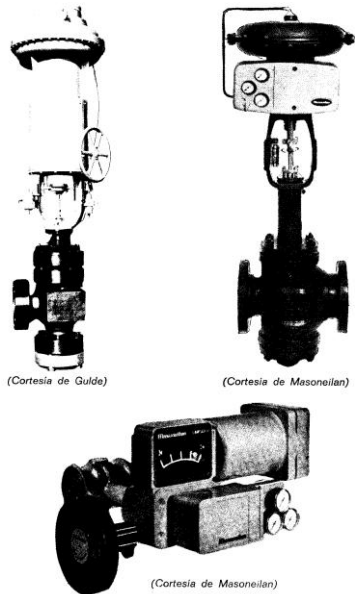
(Cortesía de Beckman)



(Cortesía de Fischer Porter)

➤ **ELEMENTO FINAL DE CONTROL:**

Recibe la señal del controlador y modifica el caudal del fluido o agente de control. En el control neumático el elemento suele ser una válvula neumática o un servomotor neumático.



✓ **EN FUNCION DE LA VARIABLE DEL PROCESO:**

De acuerdo con la variable del proceso, los instrumentos de caudal, nivel, presión, temperatura, densidad y peso específico, humedad y punto de ocio, viscosidad, posición, velocidad, pH, conductividad, frecuencia, fuerza, turbidez, etc.

- **CARACTERISTICAS ESTÁTICAS Y DINÁMICAS DE LOS INSTRUMENTOS:**

• **CARACTERISTICAS ESTÁTICAS:**

Son aquellas que exhiben un instrumento bajo condiciones de estado estacionario. Ellas permiten determinar la calidad de la medición bajo condiciones de estado estacionario.

Algunas características importantes son:

### **A.- EXACTITUD:**

Es la conformidad de un valor indicado con respecto a un valor real. Define los límites de errores que se cometen cuando un instrumento se utiliza bajo condiciones de referencia.

### **B.- ERROR ESTÁTICO:**

Es la diferencia algebraica entre el valor indicado por el instrumento y el valor real de la señal medida. Un error positivo indica que la medición indicada por el instrumento es mayor que el valor real.

### **C.- REPETIBILIDAD:**

Es el grado de igualdad con que un valor dado puede ser repetidamente medido. Un instrumento que tiene una repetibilidad perfecta es aquel que no tiene desviación ósea su calibración no varía gradualmente en un periodo de largo tiempo.

### **D.- DESVIACIÓN:**

Significa una separación gradual del valor medido con respecto al valor calibrado, generalmente después de un largo intervalo de tiempo durante el cual el valor de una variable no cambia; Ej. Las placas de orificio pueden presentar desviación debido al desgaste por erosión.

### **E.- SENSIBILIDAD:**

Es la señal mínima a la cual el instrumento responde, indicando un cambio en la variable de medición. Si el instrumento no responde a un cambio pequeño se dice que tiene una zona o banda muerta.

### **F.- BANDA MUERTA:**

Es el rango a través del cual un cambio en la señal de entrada no produce un cambio en la señal de salida. Generalmente se expresa como porcentaje de la amplitud o span.

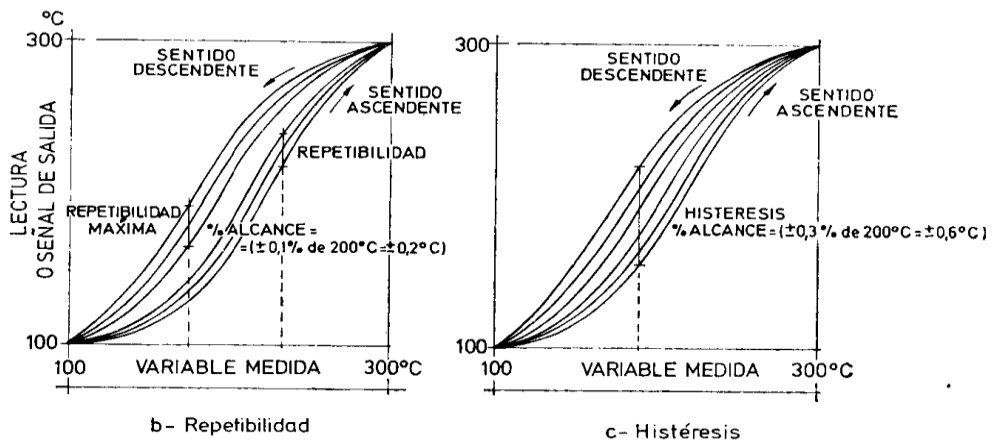
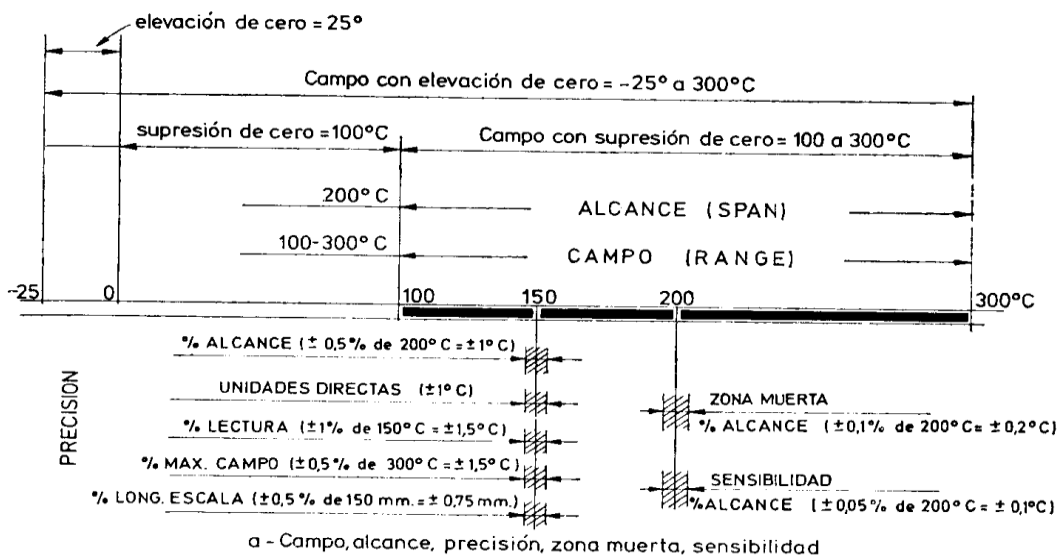


## G.- HISTERESIS:

Es la máxima diferencia en la respuesta de un instrumento frente a una misma entrada cuando el recorrido se hace en ambos sentidos de la escala.

## H.- CORRIMIENTO (DRIFT):

Es cuando ocurre un cambio en la relación entrada/salida de un instrumento sobre un periodo de tiempo, una repetibilidad perfecta significa que el instrumento no tiene corrimiento.



## • CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS:

Son aquellas que exhibe un instrumento bajo condiciones de estado estacionario. Ellas permiten conocer por ejemplo, si un instrumento es rápido estable, y las características de esa rapidez y estabilidad.

Algunas características son:

### **A.- VELOCIDAD DE RESPUESTA:**

Es la rapidez con que un instrumento responde a cambios en la cantidad medida.

### **B.- RETRAZO DE MEDICIÓN (MEASURIN LAG):**

Es un retardo en la respuesta de un instrumento frente a cambios en la cantidad medida.

### **C.- FIDELIDAD:**

Es el grado de igualdad con el cual un instrumento indica los cambios en la variable medida sin error dinámico.

### **D.- ERROR DINÁMICO:**

Es la diferencia del valor real de una cantidad que cambia con el tiempo y el valor indicado por el instrumento si se asume que no hay error estático.

### **E.- AMORTIGUAMIENTO (DAMPING):**

Es la reducción progresiva frente a la supresión de la oscilación de un sistema. Cuando la respuesta de un instrumento frente a una perturbación es lo mas rápida posible sin sobrepico, se dice que la respuesta es críticamente amortiguada, subamortiguada cuando ocurre un sobrepico y sobreamortiguada cuando la respuesta es mas lenta que las anteriores.

### **F.- TIEMPO DE RESPUESTA:**

El tiempo requerido desde que ocurre una perturbación a un sistema hasta que la respuesta del mismo alcanza el nuevo valor de estado estacionario.

- **IDENTIFICACIÓN Y SIMBOLOGÍA DE LOS INSTRUMENTOS (REPRESENTACIÓN GRÁFICA EN LOS P&ID- DIAGRAMAS DE INSTRUMENTACIÓN Y TUBERIAS)**

## **NORMA ISA-S5.1: “SIMBOLOGÍA E IDENTIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS”**

### **1.- PROPÓSITO:**

El propósito de esta norma es el de establecer un criterio uniforme para designar instrumentos y sistemas de instrumentación, utilizados en la medición y control. La simbología descrita en esta norma puede ser utilizada para identificar instrumentos y sistemas de medición y control en cualquier tipo de documento donde se requiere hacer referencia a un instrumento, tales como diagramas de flujo, diagramas de instrumentación, diagramas de instalación, especificaciones, etc. La norma proporciona la identificación de las funciones principales de un instrumento. Los detalles complementarios del instrumento se dejan para ser descrito en hojas de especificaciones apropiadas, hojas de datos, u otro documento.

### **2.- DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN:**

#### **2.1.- GENERALIDADES:**

2.1.1. Cada instrumento debe ser identificado por un sistema de letras utilizadas para clasificar su funcionalidad. La identidad del lazo al cual pertenece el instrumento se designa agregándole un número al sistema de letras.

Este número, en general será común para todos los instrumentos que forman parte del mismo lazo de control. Ocasionalmente, se le agrega un sufijo para completar la identificación del lazo. Como un ejemplo, a continuación se presenta un código típico de identificación (Tag Number) para un controlador registrador de temperatura.

<b>T</b>	<b>R</b>	<b>C</b>	<b>2</b>	<b>A</b>
<b>PRIMERA LETRA</b>	<b>LETRAS SUBSIGUIENTES</b>	<b>NUMERO DEL LAZO</b>	<b>SUFIJO</b>	
<b>IDENTIFICACION DE LA FUNCIÓN DEL INSTRUMENTO</b>		<b>IDENTIFICACIÓN DEL LAZO</b>		
<b>IDENTIFICACIÓN DEL INSTRUMENTO</b>				

2.1.2. El número de identificación del instrumento (Tag) puede incluir información codificada para designar el área de la planta.

2.1.3. Cada instrumento puede ser representado en diagramas por medio de un símbolo. El símbolo puede acompañarse por una identificación.

## **2.2. IDENTIFICACIÓN FUNCIONAL:**

2.2.1. La identificación de la función de un instrumento debe ser hecha utilizando las letras especificadas en la tabla 1 y debe incluir: una primera letra que indica la variable medida; una o más letras subsiguientes que indican las funciones de instrumento. Una excepción a esta regla es el uso de la letra L para designar una luz piloto que no forma parte de un lazo.

2.2.2. La identificación de la función de un instrumento debe hacerse de acuerdo a la "función" y no de acuerdo a su construcción. Por ejemplo: un registrador de diferencial de presión utilizado para medir flujo debe ser identificado como un FR; un indicador (tipo receptor) de presión y un interruptor de presión, conectados a la salida de un transmisor neumático de nivel, deben ser identificador como LI y LS respectivamente.

2.2.3. En un lazo de control, la primera letra del número de identificación debe seleccionarse de acuerdo a la variable medida y no de acuerdo a la variable manipulada. Por ejemplo, una válvula de control que varia el flujo de acuerdo a la señal de control suministrada por un controlador de nivel es un LV y no una FV.

2.2.4. Las letras subsiguiente del numero de identificación del instrumento designan una o mas lecturas o funciones pasivas, funciones de salidas.

2.2.5. Las letras del número de identificación deben ser escritas en mayúscula.

### **2.3. IDENTIFICACIÓN FUNCIONAL:**

2.3.1. La identificación del lazo al cual pertenece el instrumento debe hacerse asignándole un numero a dicho lazo. Cada lazo de instrumentación tendrá un número único. Un instrumento que es común a dos o más lazos puede tener un número de lazo separado, si lo desea.

2.3.2. Si un lazo tiene más de un instrumento para la misma función, preferiblemente se añade un sufijo a la identificación del lazo. Ejemplo; FV-2A, FV-2B, FV-2C, etc.

### **2.4. SIMBOLOS:**

2.4.1. Los diagramas presentados a continuación, ilustran los símbolos utilizados para representar la instrumentación en planos y otros diagramas, y cubren su aplicación a una gran variedad de procesos. Los ejemplos muestran una numeración típica para la interrelación entre instrumentos, pero esta puede ser cambiada para adaptarla a una situación particular.

2.4.2. Los instrumentos se representan por un círculo, dentro del cual se coloca el número de identificación del instrumento.

2.4.3. Los símbolos pueden ser dibujados con cualquier orientación siempre y cuando sean nítidos y legibles. De la misma forma, las líneas de señales pueden ser dibujadas en un diagrama entrando o saliendo de la parte apropiada del símbolo con cualquier ángulo. Flechas de dirección de señales pueden ser añadidas para aclarar la dirección del flujo.

2.4.4. La alimentación neumática, eléctrica o de otro tipo no tiene que ser mostrada a menos que sea esencial comprender la operación del instrumentación o del lazo.

2.4.5. En general, una sola línea de señal es suficiente para representar la interconexión entre dos instrumentos en diagrama de flujo, aun cuando ellos puedan estar conectados físicamente por más de una línea.

1° Letra		2° Letra		
Variable medida(3)	Letra de Modificación	Función de lectura pasiva	Función de Salida	Letra de Modificación
A. Análisis (4)		Alarma		
B. Llama (quemador)		Libre (1)	Libre (1)	Libre (1)
C. Conductividad			Control	
D. Densidad o Peso específico	Diferencial (3)			
E. Tensión (Fem.)		Elemento Primario		
F. Caudal	Relación (3)			
G. Calibre		Vidrio (8)		
H. Manual				Alto (6)(13)(14)
I. Corriente Eléctrica		Indicación o indicador (9)		
J. Potencia	Exploración (6)			
K. Tiempo			Estación de Control	
L. Nivel		Luz Piloto (10)		Bajo (6)(13)(14)
M. Humedad				Medio o intermedio (6)(13)
N. Libre(1)		Libre	Libre	Libre
O. Libre(1)		Orificio		
P. Presión o vacío		Punto de prueba		

Q. Cantidad	Integración (3)			
R. Radiactividad		Registro		
S. Velocidad o frecuencia	Seguridad (7)		Interruptor	
T. Temperatura			Transmisión o transmisor	
U. Multivariable (5)		Multifunción (11)	Multifunción (11)	Multifunción (11)
V. Viscosidad			Válvula	
W. Peso o Fuerza		Vaina		
X. Sin clasificar (2)		Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar
Y. Libre(1)			Relé o compensador (12)	Sin clasificar
Z. Posición			Elemento final de control sin clasificar	

**TABLA Nº 1. LETRAS DE IDENTIFICACIÓN**

1.- Para cubrir las designaciones no normalizadas que pueden emplearse repetidamente en un proyecto se han previsto letras libres. Estas letras pueden tener un significado como primera letra y otro como letra sucesiva. Por ejemplo, la letra N puede representar como primera letra el modelo de elasticidad y como sucesiva un osciloscopio.

2.- La letra sin clasificar X, puede emplearse en las designaciones no indicadas que se utilizan solo una vez o un número limitado de veces. Se recomienda que

su significado figura en el exterior del círculo de identificación del instrumento.  
Ejemplo XR-3 Registrador de Vibración.

3.- Cualquier letra primera se utiliza con las letras de modificación D (diferencial), F (relación) o Q (interpretación) o cualquier combinación de las mismas cambia su significado para representar una nueva variable medida. Por ejemplo, los instrumentos TDI y TI miden dos variables distintas, la temperatura diferencial y la temperatura, respectivamente.

4. La letra A para análisis, abarca todos los análisis no indicados en la tabla anterior que no están cubiertos por una letra libre. Es conveniente definir el tipo de análisis al lado del símbolo en el diagrama de proceso.

5.- El empleo de la letra U como multivariable en lugar de una combinación de primera letra, es opcional.

6.- El empleo de los términos de modificaciones alto, medio, bajo, medio o intermedio y exploración, es preferible pero opcional.

7.- El termino seguridad, debe aplicarse solo a elementos primarios y a elementos finales de control que protejan contra condiciones de emergencia (peligrosas para el equipo o el personal). Por este motivo, una válvula autorreguladora de presión que regula la presión de salida de un sistema mediante el alivio o escape de fluido al exterior, debe ser PCV, pero si esta misma válvula se emplea contra condiciones de emergencia, se designa PSV. La designación PSV se aplica a todas las válvulas proyectadas para proteger contra condiciones de emergencia de presión sin tener en cuenta las características de la válvula y la forma de trabajo la colocan en la categoría de válvula de seguridad, válvula de alivio o válvula de seguridad de alivio.

8.- La letra de función pasiva vidrio, se aplica a los instrumentos que proporciona una visión directa no calibrada del proceso.

9. - La letra indicación se refiere a la lectura de una medida real de proceso, No se aplica a la escala de ajuste manual de la variable si no hay indicación de ésta.



10.- Una luz piloto que es parte de un bucle de control debe designarse por una primera letra seguida de la letra sucesiva I. Por ejemplo, una luz piloto que indica un periodo de tiempo terminado se designara KI. Sin embargo, si se desea identificar una luz piloto fuera del bucle de control, la luz piloto puede designarse en la misma forma o bien alternativamente por una letra única I. Por ejemplo, una luz piloto de marcha de un motor eléctrico puede identificarse. EL, suponiendo que la variable medida adecuada es la tensión, o bien XL. Suponiendo que la luz es excitada por los contactos eléctricos auxiliares del arrancador del motor, o bien simplemente L.

11.- El empleo de la letra U como multifunción en lugar de una combinación de otras letras es opcional.

12.- Se supone que las funciones asociadas con el uso de la letra sucesiva Y se definirán en el exterior del símbolo del instrumento cuando sea conveniente hacerlo así.

13.- Los términos alto, bajo y medio o intermedio deben corresponder a valores de la variable medida, no a los de la señal a menos que se indique de otro modo. Por ejemplo, una alarma de nivel alto derivada de una señal de un transmisor de nivel de acción inversa debe designarse LAH incluso aunque la alarma sea actuada cuando la señal cae a un valor bajo.

14.- Los términos alto y bajo, cuando se aplican a válvulas, o a otros dispositivos de cierre o abertura, se definen como sigue:



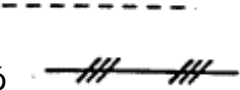



Alto: indica que la válvula esta, o se aproxima a la posición de abertura completa.



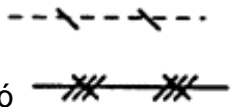



Bajo: Denota que se acerca o esta en la posición completamente cerrada.

- **SIMBOLOS DE LINEA**

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.

	<p>Conexión a proceso, enlace mecánico, o alimentación de instrumentos.</p>
	<p>Señal indefinida</p>
<p>ó</p>  <p>E.U. Internacional</p>	<p>Señal Eléctrica</p>
	<p>Señal Hidráulica</p>
	<p>Señal Neumática</p>
	<p>Señal electromagnética o sónica (guiada)</p>

	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.**

- **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	Montado en Campo	Ubicación Auxiliar.
	Normalmente accesible al operador		Normalmente accesible al operador.
Instrumento Discreto o Aislado			
Display compartido, Control compartido.			
Función de Computadora			
Control Lógico Programable			

Las líneas punteadas indican que el instrumento está montado en la parte posterior del panel el cual no es accesible al operador.

Instrumento Discreto	
Función de Computadora	
Control Lógico Programable	