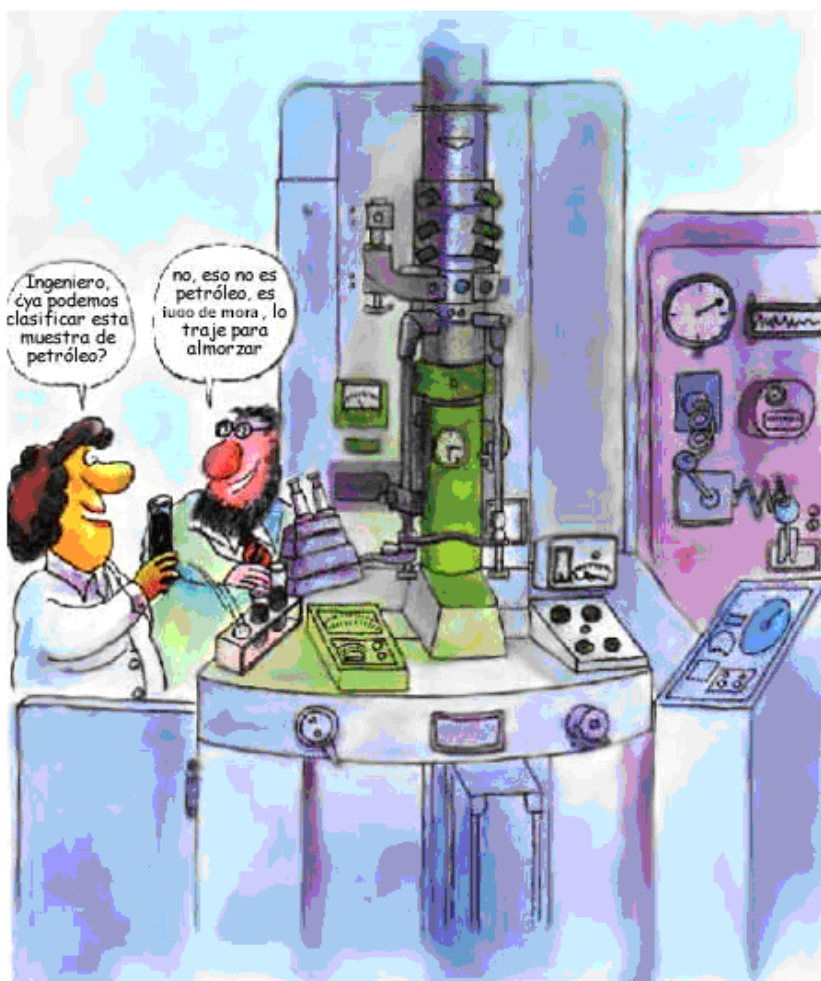


# 3

## INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL



### 3.1.



### INTRODUCCIÓN

Escribir todo lo que implica la expresión *INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL* es absurdo. Son innumerables los instrumentos y transductores que se emplean en los procesos industriales y un estudio desde el punto de vista físico, o de modelo implicaría más de un capítulo de texto.

El propósito en esta parte del libro es hacer una exposición rápida de algunos instrumentos que forman parte de los procesos industriales, especificaciones y su identificación en un diagrama esquemático (plano).

**3.2.****CONCEPTOS PREVIOS**

De cursos anteriores de instrumentación electrónica, se estudiaron algunos conceptos importantes para determinar las especificaciones de los instrumentos en general. Algunos de estos conceptos son:

**PRECISION (o EXACTITUD):** Todo sistema sensor responde a un principio físico, químico o biológico que permite su funcionamiento y, por ser real, tendrá limitaciones que serán inherentes a sus principios. Una de tales limitaciones es la precisión, que regula el margen de imprecisión instrumental. Por ejemplo, una medición de temperatura, de precisión  $0.05\text{ }^{\circ}\text{C}$ , cuando su lectura fuese de  $37.2\text{ }^{\circ}\text{C}$  significa que la temperatura del ambiente medido está entre  $37.15$  y  $37.25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Generalmente, la precisión se expresa como porcentaje de la escala completa. Por ejemplo, un termómetro cuya escala completa fuese  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  y de precisión  $0.5\%$  significa que toda lectura de temperatura estará sujeta a una imprecisión de  $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (si se mide  $37.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la temperatura estará entre  $36.7$  y  $37.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

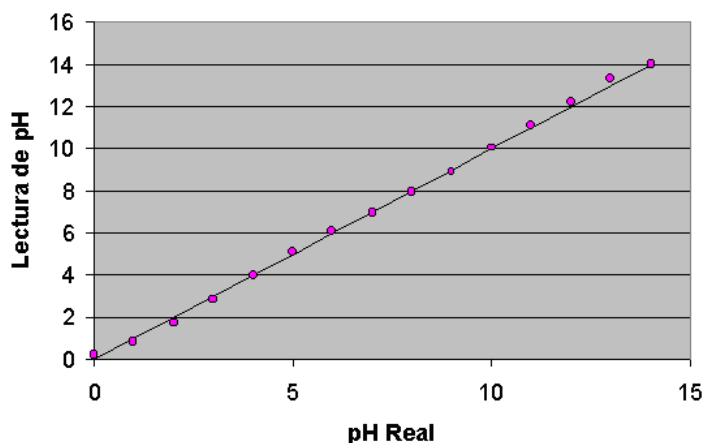
La precisión está asociada al cálculo de la desviación estándar del instrumento o de un procedimiento analítico.

**ERROR:** Expresa la diferencia entre la magnitud medida y la lectura instrumental. En toda medición se desea que el error sea 0; sin embargo, todos los instrumentos modifican su comportamiento a lo largo de su vida y es por esto que los fabricantes recomiendan calibrarlos periódicamente. Un instrumento tan sencillo como un termómetro de mercurio se debe calibrar para corregir el error. Por ejemplo, si un reactor está a  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  y el instrumento lee  $69\text{ }^{\circ}\text{C}$ , el error será de  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

El error se define, habitualmente, como  $\text{Lectura} - \text{Valor real}$ ; si bien podría usarse a la inversa sin mayores confusiones, con tan sólo especificar que opción se usa.

**ERROR de NO LINEALIDAD:** Los instrumentos ideales son lineales. De hecho, la mayoría de los sistemas instrumentales comerciales tienen respuesta lineal. Puede ocurrir, sin embargo, que la respuesta no sea estrictamente lineal, así que ocurre un error por no linealidad de la respuesta del instrumento.

**Ganancia real pH**



**Figura 3.1.** ERROR DE NO LINEALIDAD EN UN MEDIDOR DE pH

La figura 3.1 muestra el error de no linealidad para un medidor de pH en donde los puntos gruesos son el resultado de la medida que, como se observa, están corridos respecto de la recta (respuesta lineal).

**REPETIBILIDAD:** Especifica la habilidad del instrumento para entregar la misma lectura en diferentes mediciones repetidas del mismo valor de la variable medida. Así, por ejemplo, si a una misma presión de 25 **psig** (pound(s) per square inch gauge), un manómetro de precisión de 1 psi, entrega las lecturas de 25.5; 26; 24.3; y 24 psig, su operación es repetible; una lectura de 27 psig indicará un problema de repetibilidad del instrumento (suponiendo que no se trata de un error de histéresis).

**REPRODUCIBILIDAD:** Se refiere a la capacidad del instrumento de mantener una misma lectura cuando el valor de la variable sensada es constante. También se utiliza este término para describir la capacidad de entregar el mismo valor medio y desviación estándar al medir repetidamente un mismo valor.

**SENSIBILIDAD:** Característica del medidor que describe el mínimo cambio en la variable sensada que el instrumento puede detectar. Su definición es similar a la definición de ganancia pero se refiere, más bien, a la posibilidad de discriminar dos valores muy cercanos entre si. La sensibilidad se expresa cuantitativamente mediante la rata de cambio de la medición respecto del cambio en la variable sensada.

La sensibilidad es diferente a la escala de lectura; por ejemplo, si una escala de temperatura tiene divisiones cada grado Celsius, se podría pensar que la sensibilidad fuese de  $\frac{1}{2}$  grado porque no sería posible "estimar" valores como  $\frac{1}{4}$  de grado. En realidad, es posible que el sistema termómetro en uso necesite un cambio de un grado antes de modificar su aguja indicadora.

**RESOLUCIÓN:** Expresa la posibilidad de discriminar entre valores, debido a las graduaciones del instrumento. Se suele hablar de número de dígitos para indicadores numéricos digitales y de porcentaje de escala para instrumentos de aguja. Por ejemplo, los termómetros de baja calidad sólo tienen indicaciones cada 10 °C, sin subdivisiones, a fin de enfatizar al usuario que el instrumento sólo da una noción y no se debe usar como instrumento de alta resolución. La resolución está en directa relación a la escala del instrumento.

**RANGO:** Expresa los límites inferior y superior del instrumento. Por ejemplo, los sistemas de medición de pH suelen ser de rango 0 a 14 (aún cuando la "escala" conceptual de pH puede exceder este rango).

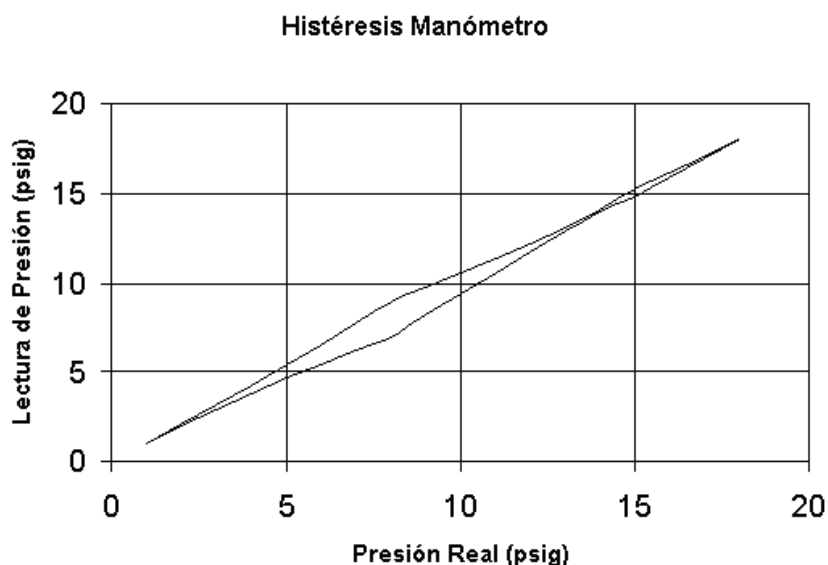
**RANGO de TRABAJO o de OPERACIÓN:** Muchos instrumentos, sobre todo los industriales, permiten definir sub-rangos de su rango intrínseco; por ejemplo en los medidores de pH, puede tener sub-rangos de 0 a 1.4; de 1 a 2.4; de 2 a 3.4; etc. El rango de trabajo mejora la resolución pero no necesariamente la sensibilidad.

**BANDA MUERTA:** Los instrumentos suelen ser insensibles a muy pequeños cambios, porque su sensibilidad así lo impone. Este concepto puede ser visto a la inversa, especificando, en cambio, la banda muerta del instrumento, es decir, cuan grande debe ser el cambio de la variable sensada para que el instrumento reaccione. Este término también se aplica a los rangos de valor de la variable sensada para los que el instrumento no responde; por ejemplo, temperaturas debajo o sobre el rango de un termómetro.

**CORRIMIENTO DEL CERO:** La lectura en cero suele cambiar por razones asociadas al uso de un instrumento. Los instrumentos deben especificar su tolerancia al corrimiento del cero y, además, los procedimientos y periodicidad de recalibraciones. Un caso muy típico es el cero de la escala de pH (la concentración molar de  $H^+$  es igual a la de  $OH^-$  a pH 7.00), que se debe recalibrar frecuentemente.

**TIEMPO DE RESPUESTA:** La medición de cualquier variable de proceso puede implicar una demora, (debida a fenómenos de equilibrio, transporte, etc.) que debe ser definida adecuadamente. Si la medición tiene una cinética más lenta que la de la propia variable, habrá que disponer de sistemas complejos de predicción del valor en lugar de descansar sólo sobre la medición instrumental. Los tiempos de respuesta se definen con base al tiempo necesario para obtener una medida que corresponda al 96% (o cualquier otro porcentaje) del valor final.

**HISTÉRESIS:** Algunos instrumentos presentan un fenómeno de "memoria" que impone una histéresis a su respuesta. En particular, un sistema de medición de presión podría indicar los cambios de presión según si la presión anterior era más alta o más baja que la actual, debido a fenómenos de resistencia viscosa al desplazamiento de partes interiores del sensor. Así, una presión de 3 psig, por ejemplo, podría leer 3,1 si la presión acaba de bajar, pero 2,9 si esta ha subido. El diagrama tradicional de las respuestas con histéresis consiste de dos curvas, en lugar de la línea recta hipotética, como se ilustra en la figura 3.2.



**Figura 3.2.** CURVA DE HISTÉRESIS DE UN MEDIDOR DE PRESIÓN

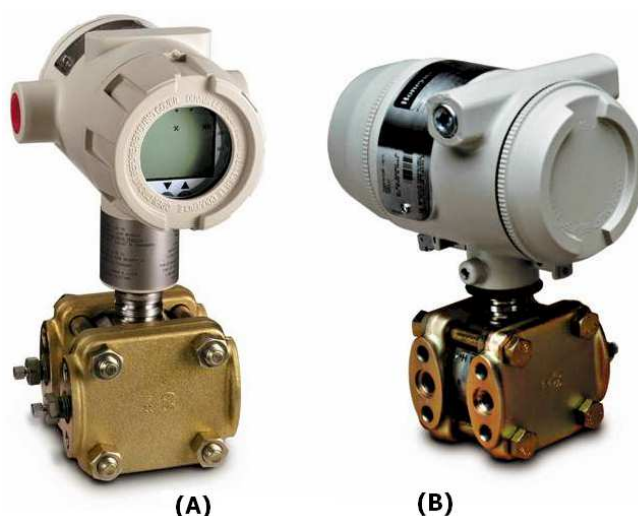
**FUNCION DE TRANSFERENCIA:** Un instrumento se puede caracterizar formalmente mediante su función de transferencia, es decir, por su modelo matemático Entrada/Salida, donde la entrada es el valor real de la propiedad sensada y la salida es la lectura en el instrumento. Se espera que la ganancia debería ser unitaria; pero tanto la forma dinámica de la respuesta (si oscila, por ejemplo) entre cambios como el tiempo de respuesta pueden ser importantes para la aplicación que se esté diseñando. Las funciones de transferencia de instrumentos de alta calidad son suministradas por el fabricante. Si esta especificación no es dada, se deberá construir mediante el análisis dinámico clásico.

### 3.3. INSTRUMENTOS INDUSTRIALES

Se exponen en esta sección diferentes instrumentos industriales, mostrando su descripción, especificaciones y fotos de algunos de ellos.

#### 3.3.1. INSTRUMENTOS CIEGOS

Son aquellos que no tienen indicación visible. Son ciegos los instrumentos de alarma como presostatos, termostatos, transmisores de caudal, presión y temperatura.



**Figura 3.3.** INSTRUMENTOS CIEGOS. (A) TRANSMISOR DE PRESIÓN  
(B) TRANSMISOR MULTIVARIABLE MARCA HONEYWELL

La figura 3.3(A) es la foto de un transmisor de presión marca HONEYWELL. Está construido con tecnología de microprocesadores; mide las presiones con excepcional precisión, estabilidad y fiabilidad. Las funciones de autodiagnóstico y las comunicaciones de dos vías, reducen la mayoría de horas de trabajo y costos que requiere un transmisor convencional.

El transmisor multivariable inteligente de la figura 3.3(B) (presión diferencia, presión absoluta o efectiva, temperatura y caudal compensado), proporciona hasta cuatro variables del proceso desde el mismo instrumento, lo que permite reducir espacio, tiempo de mantenimiento y costos.

La siguiente tabla muestra las especificaciones del transmisor de presión.

<b>Salida:</b>	Lineal o de raíz cuadrada, 4 a 20 mA cc, Protocolo DE digital mejorado, Fieldbus y HART
<b>Precisión de Referencia</b> <b>Modo Analógico:</b> <b>Modo Digital:</b>	$\pm 0,075\%$ del alcance $\pm 0,0625\%$ del alcance
<b>Efecto de Temperatura Combinado de Cero y</b>	

<b>Alcance <math>\times 28^{\circ}\text{C}</math></b> <b>Modo Analógico:</b> <b>Modo Digital:</b>	$\pm 0,1\%$ del alcance $\pm 0,075\%$ del alcance
<b>Efecto de Presión Estática Combinado de Cero y Alcance (70 bar -1000 psi) – Sólo modelos DP</b> <b>Modo Analógico:</b>	0,15% del alcance
<b>Límites de la Temperatura Ambiente:</b>	-40 a $93^{\circ}\text{C}$
<b>Límites de la Temperatura del Cuerpo del Medidor:</b>	-40 a $125^{\circ}\text{C}$
<b>Amortiguamiento:</b>	Ajustable de 0 a 32 segundos
<b>Alimentación:</b>	11 a 45 Vcc
<b>Aprobaciones de Seguridad:</b>	Cumplen con las normas internacionales

La siguiente tabla presenta las especificaciones del transmisor multivariable.

<b>Precisión de Referencia</b> <b>Presión Diferencial:</b> <b>Presión Absoluta:</b>	$\pm 0,1\%$ del alcance calibrado $\pm 0,1\%$ del alcance calibrado
<b>Temperatura:</b>	$\pm 1,0^{\circ}\text{C} \pm 0.025\%$ del alcance calibrado
<b>Alcances (presión)</b> <b>Presión Diferencial:</b> <b>Presión Absoluta:</b> <b>Presión Efectiva:</b>	2,5 to 1.000 mbar/1,0 a 400" $\text{H}_2\text{O}$ 0,35 a 52 bara/5 a 750 psia 4,1 a 210 barg/60 a 3.000 psig
<b>Sensores de Temperatura</b> <b>Termorresistencia:</b>	Platino 100 $\Omega$
<b>Termopares:</b>	E, J, K y T
<b>Límites de Temperatura Ambiente:</b> <b>Cuerpo del Medidor:</b>	-40 a $85^{\circ}\text{C}$ -40 a $110^{\circ}\text{C}$
<b>Alimentación:</b>	11 a 45 Vcc
<b>Salida:</b>	4 a 20 mA cc o protocolo digital DE
<b>Aprobaciones de Seguridad:</b>	Cumplen con las normas internacionales

### 3.3.2. INSTRUMENTOS INDICADORES

Disponen de un índice y de una escala graduada en la que puede leerse el valor de la variable. Según la amplitud de la escala, se dividen en indicadores concéntricos y excéntricos. Se dispone de los indicadores digitales que muestran la variable en un display.

Ejemplos de instrumentos indicadores: manómetros, tensiómetros, termómetros.



**Figura 3.4.** FOTOS DE DISTINTOS INSTRUMENTOS INDICADORES

La figura 3.4 muestra fotos de distintos instrumentos indicadores y la siguiente tabla contiene las especificaciones de algunos de ellos.

<b>MU-1 m</b> Graduación de la escala: 0,001 mm Curso: 1 mm. Precisión según norma DIATEST Diversas presiones de medida	<b>Micro comparator (F-1000)</b> Graduación de la escala: 0,001 mm. Curso: $\pm 0,05$ mm. Precisión según DIN 879 Diversas presiones de medida	<b>MDU-125</b> Campo de medida: 12,5 mm. (0,5" seleccionable) Resolución: 0,01 mm/ 0,001 mm. (0,0005"/0,00005") Visualización digital LCD Selección mm/pulgadas Salida datos: opto-RS232 Versión MDU-A con semáforo Versión MDU-M con función Min/Max. (solo para unidades y cabezas de medida)
<b>MU-10 m</b> Graduación de la escala: 0,01 mm. Curso: 1 mm. Precisión según DIN 878 Diversas presiones de medida	<b>Analogig ANA</b> Campo de medida: $\pm 0,2$ mm. digital $\pm 0,05$ mm. analógico Resolución: 0,001 mm. Opcional con salida similar a RS-232 y función Min/Max	

Tabla con especificaciones de algunos instrumentos de la FIG3.4.

### 3.3.3. INSTRUMENTOS REGISTRADORES

Son instrumentos que registran los datos que se van originando en el desarrollo del proceso. Los medios de registro son variados, desde los equipos que entregan datos en un papel hasta los sistemas que almacenan la información en medios magnéticos o en memorias de computadora.

La figura 3.5 muestra la foto de tres instrumentos registradores.





**Figura 3.5.** INSTRUMENTOS REGISTRADORES

Especificaciones dadas por fabricante de un instrumento registrador.

**Modelo de ALTAS PRESTACIONES**

Ancho de banda hasta 50 kHz/canal.

Frecuencia de muestreo hasta 500 kHz/canal.

Máxima frecuencia total de muestreo hasta 1 MHz (por ejemplo, 50 canales a 20 kHz cada uno).

Muestreo simultáneo o independiente por grupos.

Formato ultracompacto, expandible, alimentación 10-32 Vdc, resistente a impactos, -20...60 °C, SAI interno

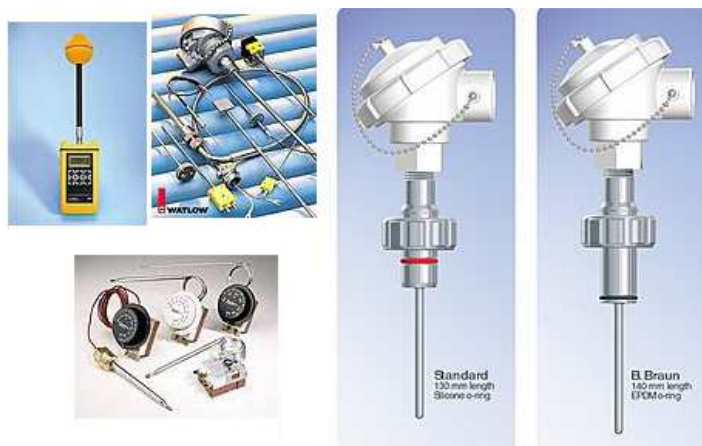
Equipo especialmente desarrollado para cubrir las necesidades y requerimientos de la industria del automóvil, aeronáutica y militar.

### 3.3.4. ELEMENTOS PRIMARIOS

Son los elementos que están en contacto directo con las variables del proceso y utilizan o absorben energía del medio controlado para dar al sistema de medición una indicación como respuesta a la variación de la variable controlada.

Se puede considerar que son elementos cuya entrada y salida dan respuestas físicas, mientras que los transductores son del dominio eléctrico.





**Figura 3.6.** FOTOS DE DISTINTOS ELEMENTOS PRIMARIOS

Algunos de estos elementos primarios son:

*Sensores de temperatura:* entre los que se tiene los *bimetales*. Son elementos formados por dos metales con distinto coeficiente de dilatación térmica y unidos firmemente. Cuando son sometidos a la temperatura alta, el arreglo bimetal se deforma según un arco circular uniforme.

Estos dispositivos se emplean en el margen desde  $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+540\text{ }^{\circ}\text{C}$  y particularmente desde  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta los  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Se emplean directamente para abrir o cerrar contactos -termostatos, control ON-OFF- y para protección de interruptores térmicos de circuitos eléctricos.

*Sensores de presión:* La medida de presiones en líquidos o gases es de las más frecuentes en los procesos industriales. La presión es una fuerza por unidad de superficie y para su medida se recurre a su comparación con otra fuerza conocida o a la detección de su efecto sobre un elemento elástico.

En los manómetros de columna de líquido como el tubo en U, el resultado de la comparación de la presión a medir y una presión de referencia, se determina por su diferencia de altura en el tubo.

En cuanto a la técnica de detección sobre elemento elástico, al aplicar presión sobre un elemento de esta naturaleza, este se deforma hasta el punto en que las tensiones internas igualan a la presión aplicada; según sea el material y la geometría empleados, el desplazamiento o deformación resultantes son apreciables. Los dispositivos utilizados se derivan del tubo Bourdon, o de diafragmas sujetos por sus bordes.

*Sensores de flujo y caudal:* El flujo -flow- es el movimiento de fluidos por conductos o canales abiertos o cerrados. El caudal -flow rate- es la cantidad de material, en peso o volumen, que fluye en la unidad de tiempo.

Las medidas de caudal están presentes en todos los procesos de transporte de materia y energía mediante fluidos, bien sea para el control de dichos procesos o como simple indicación, como en los equipos registradores usados para la tarificación.

La mayoría de los caudalímetros se basan en métodos de medida indirecta; entre ellos la detección de diferencias de presión provocadas por la inserción de un elemento en la tubería en donde se requiere medir.

Los dispositivos más usuales para la medición del flujo y caudal son el tubo de Pitot, los caudalímetros de obstrucción, los rotámetros, caudalímetros de turbina y los vertederos de aforo.

Los vertederos de aforo son aberturas practicadas en la parte superior de una presa o pared perpendicular a la dirección del flujo, que provoca un estancamiento atrás del sensor, de modo que el líquido se vierte a través de la abertura. Se convierte así energía cinética del fluido en energía potencial y el fluido alcanza una altura sobre el punto inferior de la abertura, que es función del caudal.

**Sensores de fuerza y par.** Los métodos para medir fuerza (o un par de fuerzas) consisten en compararlas con otra conocida con exactitud, como se hace en las balanzas. Otro método consiste en medir el efecto de la fuerza sobre un elemento elástico, conocido como celda de carga. En las celdas de carga eléctricas, el efecto es una deformación o desplazamiento. En las celdas de carga neumática o hidráulica, el efecto es un aumento de la presión de un gas o un líquido.

Al aplicar un esfuerzo mecánico a un elemento elástico inmóvil, éste se deforma hasta que las tensiones generadas por la deformación igualan las causadas por el esfuerzo aplicado. El resultado es un cambio en las dimensiones del elemento, que si tiene una forma adecuada, puede ser proporcional al esfuerzo mecánico.

### 3.3.5. TRANSMISORES

Captan la señal del elemento primario de medida y lo transmiten a distancia en forma de señal eléctrica, neumática, hidráulica, mecánica o ultrasónica.

Las fotos de la figura 3.7 muestran cuatro transmisores y su descripción y especificaciones tomadas del fabricante son las siguientes:

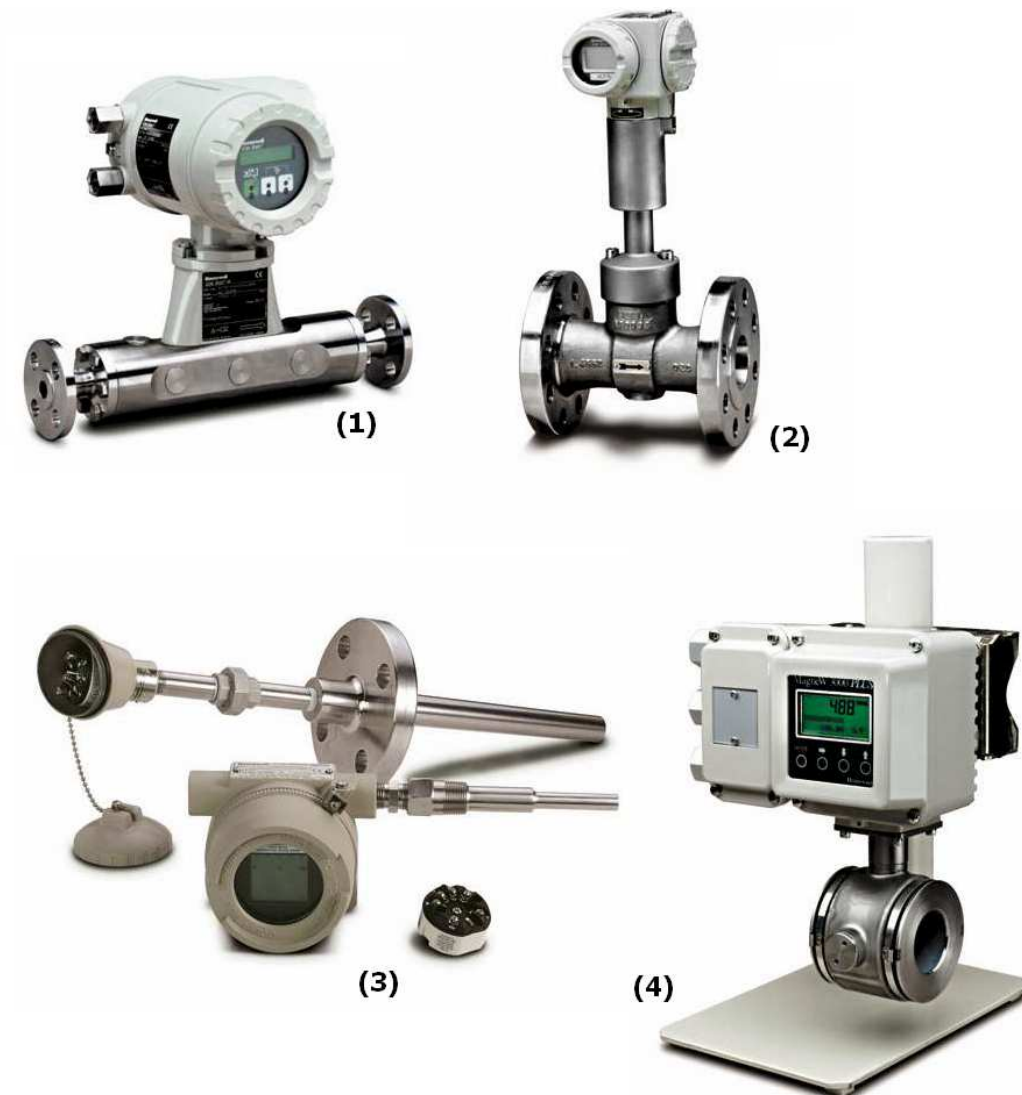
(1) El transmisor mide *caudal másico o volumétrico, densidad, temperatura y porcentaje de sólidos*. Se basa en el diseño de tubo de medición recto, el más popular en la industria y ya probado en campo. El SCM 3000 PLUS puede medir caudal másico desde 0,1 a 200 toneladas por hora. Hay disponibles ocho tamaños de medidores, desde 2 a 80 mm, cubriendo la mayoría de las necesidades de medición de caudal en procesos.

Las especificaciones de este transmisor se muestran en la siguiente tabla.

<b>Precisión de Referencia</b>	
<b>Caudal:</b>	$< \pm 0,1\%$ del caudal
<b>Densidad:</b>	$< \pm 0,02$ kg/l
<b>Temperatura:</b>	$< \pm 0,5^{\circ}\text{C}$
<b>Diámetros del Medidor:</b>	DN 2 a DN 80
<b>Repetibilidad:</b>	$\pm 0,05\%$ del caudal
<b>Materiales del Tubo:</b>	Acero inoxidable, titanio y Hastelloy C
<b>Conexiones de la Brida:</b>	ANSI, DN o Tri-Clamp (abrazadera); acero inoxidable o Hastelloy C
<b>Límites de Temperatura</b>	
<b>Proceso:</b>	-50 a $200^{\circ}\text{C}$
<b>Ambiente:</b>	-25 a $60^{\circ}\text{C}$
<b>Alimentación:</b>	85 a 260 Vca
<b>Salida:</b>	4 a 20 mA <sub>cc</sub> , frecuencia, RS485 o protocolo HART

(2) *Caudalímetro para medir líquidos gases o vapor.* El caudalímetro inteligente SVM 3000 PLUS es adecuado para medir líquidos, gases y vapor. Proporciona una medida volumétrica directa para aire comprimido, agua desmineralizada, productos derivados del petróleo, fluidos criogénicos y disolventes

industriales, por citar algunos. Este transmisor tiene las ventajas de un bajo costo de instalación, pocas pérdidas de presión, alta estabilidad a largo plazo y un amplio rango de medida.



**Figura3.7.** FOTOS DE DISTINTOS TRANSMISORES INDUSTRIALES

Las especificaciones dadas por fabricante de este transmisor se entregan en la siguiente tabla.

<b>Precisión de Referencia</b> <b>Líquidos:</b>	< 0,75% del caudal
--	--------------------

<b>Vapor:</b>	< 1% del caudal
<b>Diámetros del Medidor:</b>	DN 15 a DN 300
<b>Repetibilidad:</b>	± 0,2% del caudal
<b>Rangeabilidad:</b>	Hasta 45:1
<b>Piezas soldadas:</b>	Acero inoxidable, Monel, Hastelloy C y titanio
<b>Límites de Temperatura</b>	
<b>Proceso:</b>	-200 a 400°C
<b>Ambiente:</b>	-40 a 80°C
<b>Alimentación:</b>	12 a 30 Vca
<b>Salida:</b>	4 a 20 mAcc, RS485 o protocolo HART
<b>Aprobaciones de Seguridad:</b>	Cumplen las normas internacionales

(3) *Transmisor de Temperatura* Fabricante, fabricante Honeywell. La gama STT3000 de transmisores inteligentes de temperatura incluye los modelos STT350/STT35F de altas prestaciones y funcionalidad, y el STT250, con un rendimiento y funcionalidad competitivos. Ambos modelos comparten características comunes tales como tener salidas analógicas de 4 a 20 mA o digitales para la integración digital con el TDC 3000/TPS, aislamiento galvánico en entradas/salidas, sensor de entrada seleccionable entre diversas termorresistencias (RTD) y T/C estándar, configuración remota y gran amplitud de rangos, aprobaciones de seguridad y opciones. El modelo STT35F tiene soporte FOUNDATION fieldbus.

**Aprobaciones de Seguridad:** Cenelec EEx está aprobado como IIC T6, FM y CSA para aplicaciones de seguridad intrínseca (rail DIN o caja montada en campo); Cenelec EEx está aprobado como IIC T6, FM y CSA para aplicaciones a prueba de explosión; certificado como Zona 2.

**Otras Opciones Disponibles:** Medidores de indicación integral, protección contra tormentas eléctricas, configuración, etiquetado, kit de montaje etc.

La siguiente tabla entrega las especificaciones de este transmisor.

<b>Precisión de Referencia:</b>	0,1°C para Pt 100, 0,2°C para T/C Tipo J
<b>Precisión CJ:</b>	0,25°C
<b>Sensores Disponibles:</b>	Más de 20 sensores de temperatura estándar seleccionables según la entrada a medir
<b>Capacidad de Entrada con Doble Sensor:</b>	Para temperatura diferencial u operación T/C redundante
<b>Aislamiento Galvánico:</b>	1,4 kVca durante 1 minuto
<b>Precisión de Referencia:</b>	0,15°C para Pt 100, 0,3°C para T/C Tipo J
<b>Precisión CJ:</b>	0,5°C
<b>Sensores Disponibles:</b>	12 sensores de temperatura estándar seleccionables según sea la entrada a medir
<b>Aislamiento Galvánico:</b>	500 Vca durante 1 minuto
<b>Tipos de Salida:</b>	A 2 hilos de 4 a 20 mA, protocolo digital DE o HART
<b>Instalación:</b>	Montaje directo de la cabeza del sensor en alojamiento DIN Form A, o montaje en rail DIN

(4) *Transmisor de caudal*, Fabricante Honeywell. Los caudalímetros inteligentes MagneW 3000 PLUS ofrecen una amplia gama de detectores y convertidores de caudal, montados de forma integral o remotos. Hay detectores para tubos de diámetro interno de 2,5 mm hasta 600 mm y miden velocidades de caudal desde 0,1 a 10 metros por segundo. Su tecnología digital amplía la tasa de rangeabilidad a 100:1, convirtiendo al MagneW 3000 PLUS en un instrumento muy versátil para una amplia gama de aplicaciones, con una precisión excepcional en todo su rango de medida.

Tabla de especificaciones del transmisor:

<b>Precisión de Referencia:</b>	± 0,5% del caudal
<b>Rango de Velocidades de Caudal:</b>	0,1 a 10 metros por segundo
<b>Rango de Temperaturas de Proceso</b> <b>Detector Forrado de Teflón:</b> <b>Detector Forrado de Poliuretano:</b>	-40 a 160°C -40 a 50°C
<b>Rango de Temperatura Ambiente</b> <b>Detector Forrado de Teflón:</b> <b>Detector Forrado de Poliuretano:</b>	-30 a 80°C -30 a 60°C
<b>Alimentación:</b>	100/110/120/200/220/240 Vca, 50/60 Hz, 24 Vcc
<b>Salida:</b>	4 a 20 mAcc, protocolo digital mejorado DE y HART, salida de impulsos opcional para contador externo
<b>Diámetros Interiores del Tubo:</b>	2,5 a 600 mm Hasta 1100 mm por petición
<b>Rango de Caudal:</b>	Hasta 10,179 m <sup>3</sup> por hora

### 3.3.6. TRANSDUCTORES

Dispositivos que reciben una o más señales provenientes de la variable medida y pueden modificarla en otra señal.

La gama de transductores de presión miniatura ha sido diseñada con el fin de conciliar tamaño pequeño y robustez. De tecnología piezorresistiva, con membrana de acero inoxidable, abarcan las siguientes características: perfiles planos, rangos desde 0 ... 0.13 bar hasta 0 ... 2500 bar, ancho de banda desde DC hasta 1.7 MHz, nivel de protección hasta IP68, diámetro del cuerpo desde 1.27 mm, altura desde 1 mm.



**Figura 3.8.** FOTOS DE DISTINTOS TRANSDUCTORES

Los sensores de presión industriales tienen las siguientes especificaciones:

- Tecnología piezorresistiva con característica lineal
- Medidas de presión tanto absolutas como relativas sin mecanismos de amortiguamiento

- Medidas de presión tanto en líquidos como en gases
- Modelo con membrana afluente o membrana protegida
- Rangos de presión hasta 400 bar
- Cuerpo y membrana de acero inoxidable
- Señales de salida: 4 a 20 mA, 0 a 10 V, 0 a 5 V
- Amplia variedad de tensiones de alimentación
- Protecciones hasta de IP65 para su utilización en ambientes severos

Los transductores de temperatura por IR tienen tiempo de respuesta menor a 20 ms, permitiendo así registrar picos de temperatura que tecnologías convencionales no son capaces de seguir. A través de una ventana de zafiro de alta resistencia, mide un sensor de infrarrojos la cantidad de energía térmica emitida por el objeto a medir. Debido a su construcción se mide realmente dentro de la máquina y no solamente sobre la superficie.

Temperaturas hasta 600 °C, resistencia a presiones hasta 1500 bar, tiempo de respuesta menor a 20 ms, montaje dentro de la máquina, ventana de zafiro altamente resistente.

### 3.3.7. LOS CONVERTIDORES

En los sistemas de medida surge la necesidad de medir en puntos muy alejados del lugar donde se va a procesar o presentar la información, se habla, entonces, de los sistemas de telemedida y con estos sistemas surgen los convertidores.

La situación más frecuente en el acondicionamiento de transductores consiste en *convertir* señales eléctricas análogas en digitales. Un convertidor A/D posee una impedancia de entrada limitada, un margen dinámico fijo, con entradas análogas que varían entre 0 V a 10 V y una velocidad de conversión limitada.

Dentro de los circuitos que conforman al convertidor A/D, están: el filtro que debe impedir el paso de señales con frecuencia superior a la mitad de la frecuencia de muestreo y en la práctica es recomendable que su frecuencia de corte sea del orden de diez veces inferior a dicha frecuencia; el circuito de muestreo y retención cuya acción se da cuando la velocidad de cambio de la señal a convertir es excesiva comparada con el tiempo de conversión.

Algunos de los convertidores son:

*Convertidor de V/V:* El método más simple para transmitir la información de la magnitud medida es convertir la señal de salida del transductor en una tensión proporcional a dicha magnitud, conectarla a una línea formada por dos hilos conductores y medir la tensión en el extremo receptor.

El valor normalizado para la tensión conectada es de 1 V para el umbral inferior y 5 V para el valor máximo, ambos de tensión DC. Como no se emplea 0 V como valor inferior, se pueden detectar fácilmente los cortocircuitos. Otros márgenes habituales son de 0 a  $\pm 1$ , 0 a  $\pm 10$  V todos para continua, y 0 a 5 V para tensión alterna.

*Convertidores de corriente:* Los problemas que se presentan con la conversión de voltaje se superan al convertir la variable medida en una corriente proporcional que se envía a la línea y se detecta en el extremo receptor, viendo la caída de tensión en una resistencia conocida. Los valores normalizados de corriente son 4 mA a 20 mA, 0 a 5 mA, 0 a 20 mA, 10 mA a 50 mA y 2 mA a 10 mA, entre otros. El rango más usual industrialmente es el primero, es decir de 4 mA a 20 mA; al emplear como valor mínimo 4 mA, para el nivel cero, es que permite distinguirlo de un circuito abierto.

Aparte de su mayor inmunidad a las interferencias, otra ventaja del manejo de corrientes es que un mismo dispositivo de lectura o registro puede explorar varios canales con distinta longitud de cable sin

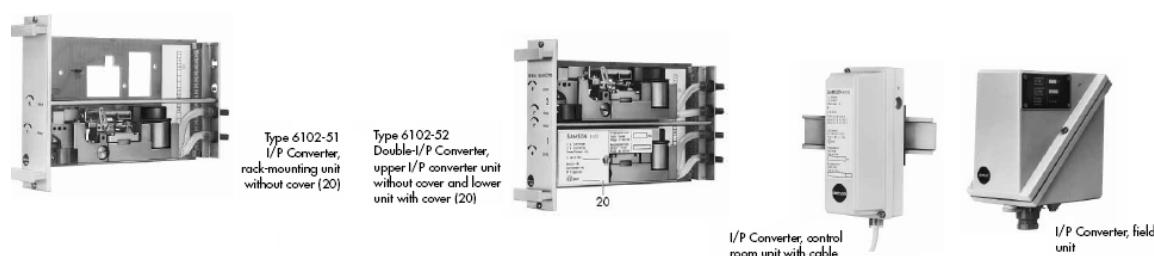
que se afecte la exactitud. Otra ventaja importante es que, si el transmisor es flotante, a veces es posible realizar el enlace con sólo dos hilos compartidos por la alimentación y la señal.

*Convertidor V/F:* Estos obtienen a partir de una corriente o tensión de entrada un tren de pulsos o una señal cuadrada compatible con los estados lógicos TTL, cuya frecuencia de repetición es linealmente proporcional a la magnitud analógica de entrada.

Utilizando V/F integrados, se pueden obtener frecuencias de salida de 100 KHz hasta 10 MHz, margen de variación de frecuencia de 1 a 10000, lo que equivale a una resolución de 13 BITS en un convertidor A/D. Para aumentar la inmunidad al ruido se puede emplear un par de hilos diferenciales (flotantes, no puestos a tierra).

*Convertidores I/P:* Son aparatos que reciben una señal de entrada neumática o electrónica procedente de un instrumento y después de modificarla envían la resultante en forma de señal de salida estándar. Se tienen los convertidores I/P, que convierten la corriente en el estándar 4 a 20 mA en presión en el estándar 3 a 15 psi (0.2 a 1 bar) o de 6 a 30 psi (0.4 a 2 bar).

Las siguientes fotos muestran diferentes tipos de convertidores I/P.



**Figura 3.9.** FOTOS DE DIFERENTES CONVERTIDORES I/P

### 3.3.8. LOS RECEPTORES

Reciben las señales procedentes de los transmisores y las indican o registran. Los receptores controladores envían otra señal de salida normalizada a los valores 3-15 psi en señal neumática, o 4-20 mA en señal electrónica que actúan sobre el elemento final de control.



**Figura 3.10.** FOTOS DE RECEPTORES INDUSTRIALES

### 3.3.9. ELEMENTOS FINALES DE CONTROL

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



neumático que efectúa su carrera completa de 3-15psi. En el control electrónico la válvula o el servomotor son accionados a través de un convertidor de intensidad a presión.



Figura 3.11. ELEMENTOS FINALES DE CONTROL

### 3.4. NORMAS ANSI/ISA PARA INSTRUMENTACIÓN

**ANSI** son las iniciales de la *Asociación Americana de Estándares de Instrumentación* (American National Standard Instrument) y la sigla **ISA** es la *Asociación de Instrumentación, sistemas y Automatización* (Instrument System Automation).

Estas sociedades han propuesto una normatividad que estandariza todo lo concerniente con la instrumentación industrial; el propósito de esta estandarización es establecer un medio uniforme para designar los sistemas de instrumentos e instrumentación que son usados para las medidas y el control. Estas normas se aplican en las industrias químicas, de petróleo, generadoras de energía, aire acondicionado, campos de la manufactura y muchos otros procesos industriales.

Los métodos de simbolismo e identificación suministrados en la norma son aplicables a toda clase de procesos que impliquen medición y control; no solamente pueden ser usados para describir instrumentación y sus funciones, sino que también describen las funciones análogas de los sistemas en su variada terminología como: control distribuido, control compartido, control computarizado.

La norma cubre la identificación del instrumento y todas las otras funciones asociadas con los lazos de control. El experto puede aplicar identificación adicional como: número serial, número de unidad, número de área, número de planta, o cualquier otra información complementaria a la norma.

#### 3.4.1. DEFINICIONES.

Con el fin de entender la norma, se debe tener en cuenta una serie de términos y expresiones importantes. Algunas definiciones son las siguientes (el término en inglés está dentro de los paréntesis):

**Accesibilidad** (Accessible): Un término aplicado a un dispositivo o función que puede ser usado por un operario con el propósito de desarrollar acciones de control. Por ejemplo, cambiar referencias (set point), cambio de automático a manual o apagado-conectado de una acción de control.

**Alarma** (alarm): Un dispositivo o función que señala la existencia de una condición anormal por medio de un cambio audible o visible o ambos, que intenta atraer su atención.

**Asignación** (assignable): Un término aplicado a una característica de canalización o direccionamiento de una señal o un dispositivo a otro sin la necesidad de conmutar o alambrear.

*Estación auto-manual* (Auto-manual station): sinónimo de control de estación.

*Balón* (Balloon): sinónimo de marcador.

*Detrás del panel* (Behind the panel): Término aplicado a la posición que tiene dentro del área un panel de instrumentos, un rack o una tarjeta de circuito dentro del panel. Los dispositivos que están detrás del panel "no son accesibles al operario".

*Tarjeta* (board): sinónimo de panel.

*Marcador* (Bubble): Es un símbolo circular usado para denotar e identificar el propósito de un instrumento o función. Puede contener una etiqueta.

*Dispositivo de cómputo* (Computing device): Un dispositivo o función que desarrolla uno o más cálculos u operaciones lógicas o ambos y transmite una o más señales de salida como resultado.

*Controlador* (controller): Es un dispositivo cuya salida varía para regular una variable de una manera específica. Un controlador puede tener instrumentos digitales o análogos o puede ser el equivalente de tales instrumentos en un sistema de control compartido. Un controlador automático varía su salida automáticamente en respuesta a una entrada directa o indirecta de una variable medida de proceso; un controlador es manual cuando su salida no depende de la medida de una variable del proceso, sino que su ajuste es manual.

*Control de estación* (Control station): Es una estación que puede ser conmutada manualmente para que opere en modo automático o manual en un lazo de control. También se conoce como estación auto-manual.

*Válvula de control* (Control Valve): Un dispositivo que opera en el modo ON/OFF, que manipula el flujo de uno o más fluidos en procesos de tuberías.

*Convertidor* (converter): Un dispositivo que recibe información en una forma de una señal de algún instrumento y la señal de salida la entrega en otra forma. Un instrumento que cambia la salida de un sensor a una señal estándar se identifica como un transmisor y no un convertidor.

*Sistema de control distribuido* (Distributed control system): Un sistema integrado que consiste de subsistemas que pueden ser físicamente separados y remotamente localizados uno del otro.

*Elemento de control final* (Final control element): Es el elemento que controla directamente el valor de la variable manipulada del lazo de control.

*Función* (Function): El propósito o acción desarrollada por un dispositivo.

*Identificación* (Identification): La secuencia de letras o dígitos o ambos, usados para designar un instrumento individual o lazo.

*Instrumento* (Instrument): Un dispositivo usado directa o indirectamente para medir y/o controlar una variable. El término incluye elementos primarios, elementos de control final, dispositivos de cómputo o eléctricos tales como alarmas, interruptores, pulsadores, etc.

*Instrumentación* (Instrumentation): Una colección de instrumentos o sus aplicaciones con el propósito de observación, medición, control o combinación de esas operaciones.

*Local* (Local): Localización de un instrumento que está ubicado cerca de un elemento primario o elemento final de control. No se encuentra en panel ni control ni está en la sala de control. Una palabra sinónima es *campo* (field). Entonces se dice: tal instrumento está en campo.

*Panel local* (Local panel): Un panel que no está ni en la central ni en un panel principal. El panel local está generalmente cercano a subsistemas de la planta o sub-áreas.

*Lazo (Loop)*: Una combinación de dos o más instrumentos o funciones de control, adecuadas para que esas señales pasen de uno a otro con el propósito de medir y/o controlar la variable de un proceso.

*Programa (Program)*: Una secuencia repetida de acciones que definen el estatus de salida como una respuesta a un conjunto de entradas.

*Panel (panel)*: Una estructura que tiene un grupo de instrumentos montados en él y se escogen para tener una única designación. El panel puede consistir de uno o más secciones, consolas o escritorios.

*Elemento primario (Primary element)*: sinónimo de sensor.

*Proceso (Process)*: Alguna operación o secuencia de operaciones involucradas para cambiar la energía, estado, combinación, dimensión o alguna otra propiedad que pueda ser definida con respecto a un dato.

*Sensor (sensor)*: La parte de un lazo o instrumento que primero recibe el valor de una variable de proceso y entrega un correspondiente, predeterminado e inteligente estado o salida. El sensor puede estar separado o integrado con otros elementos funcionales de un lazo. El sensor también se conoce como un detector o elemento primario.

*Referencia (Set point)*: Una variable de entrada que coloca el valor deseado de la variable controlada. La referencia se puede colocar manualmente, automáticamente o mediante programa. Su valor es expresado en las mismas unidades que la variable controlada.

*Controlador compartido (Shared Controller)*: Es un controlador que contiene algoritmos preprogramados que son generalmente accesibles, configurables y asignables. Esto permite a un número de variables de proceso ser controladas por un mismo dispositivo.

*Conmutador (Switch)*: Un dispositivo que conecta, desconecta, selecciona o transfiere uno o más circuitos.

*Relé (Relay)*: Un dispositivo cuya función es pasar una información en una forma inalterable en alguna forma modificada. También es usado para significar un dispositivo de cómputo.

*Transductor (Transducer)*: Término general para un dispositivo que recibe información en la forma de una o más cantidades físicas, modifica la información y/o su forma, si se requiere, y produce una señal de salida resultante. Dependiendo de la aplicación, el transductor puede ser un elemento primario, un transmisor, un convertidor u otro dispositivo.

*Transmisor (Transmitter)*: Un dispositivo que sensa la variable de un proceso a través de un sensor y tiene una salida cuyo valor de estado estable varía solamente como una función predeterminada de la variable del proceso. El sensor puede o no estar integrado con el transmisor.

### 3.4.2. IDENTIFICACIÓN FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS

Cada instrumento o función se identifica asignando un código alfanumérico o número de etiqueta. La figura 3.12 ilustra un ejemplo de la identificación de un instrumento particular. En la parte inferior del cuadro, se indica que a la identificación básica – para el ejemplo el instrumento TIC103 – se puede añadir un prefijo o sufijo, si así lo requiere el instrumento, para mayor claridad en su descripción.

Algunas aclaraciones y recomendaciones se deben tener al asignar el nombre al instrumento o función en el proceso, así se tiene:

1. El número del lazo del instrumento puede incluir la información codificada de la designación del área de la planta en donde se ubica el instrumento en cuestión, como también se pueden asignar número de serie para designar funciones especiales, por ejemplo, las series 200 a 250 puede ser asignadas a lazos cuya función especial es seguridad

TYPICAL TAG NUMBER	
TIC 103	- Instrument Identification or Tag Number
T 103	- Loop Identification
103	- Loop Number
TIC	- Functional Identification
T	- First-letter
IC	- Succeeding-Letters
EXPANDED TAG NUMBER	
10-PAH-5A	- Tag Number
10	- Optional Prefix
A	- Optional Suffix
<b>Note:</b> Hyphens are optional as separators	

**FIG3.12.** EJEMPLO DE LA IDENTIFICACIÓN DE UN INSTRUMENTO

2. Cada instrumento puede ser representado en el diagrama por un símbolo y el símbolo se puede acompañar por un número de etiqueta para su identificación.
3. La identificación funcional de un instrumento se hace de acuerdo a la función y no a su construcción.
4. Un dispositivo con funciones múltiples puede ser simbolizado en un diagrama por tantos marcadores como variables medidas, salidas y/o funciones halla.
5. Un instrumento que desarrolla dos o más funciones puede ser designado por todas sus funciones, separándolas con: /

La siguiente: **TABLA1** corresponde al **IDENTIFICADOR DE LETRAS** que se aplicará para designar la instrumentación y las funciones en los lazos de control en un proceso industrial. En algunas de las definiciones aparecen algunos números que se refieren a notas de aclaración. Esas notas son las siguientes.

- (1) Una letra escogida por usuario (user's choice) se usan en aquellas funciones no incluidas en la tabla y que serán usadas frecuentemente en un proyecto particular. Al asignarlas a alguna función como primera letra, tendrá otro significado en las letras sucesivas. Por ejemplo la letra **N**, puede asignarse como primera letra: módulo de elasticidad y como letra sucesiva puede ser osciloscopio.
- (2) La letra no clasificada **X** está destinada a cubrir significados no incluidos en la tabla, que será usada una vez o usada pocas veces. Puede tener un significado como primera letra y diferente significado cuando se usa en letras sucesivas.
- (3) La forma gramatical de "las letra sucesivas" significa que puede ser modificada como se requiera. Por ejemplo, "indicate" puede ser utilizada como indicador, o indicación; "transmit" como transmisor o transmitiendo, etc.

- (4) Alguna primera letra, si es usada en combinación con las letras modificadoras: **D** (diferencial), **F** (razón), **M** (momentáneo), **K** (rata de cambio en el tiempo), **Q** (integra o totaliza), o alguna combinación de ellas, su intención es representar una nueva y separada variable medida y la combinación de la primera letra y la modificadora es tratada como una primera letra única.
- (5) **A** (analysis) como primera letra cubre todos los análisis no descritos por las letra “escogidas por usuario”. Se debe definir fuera del marcador el tipo de análisis que se efectúa.
- (6) El uso como primera letra de **U** para “multivariable” en lugar de una combinación de primeras letras, es opcional.
- (7) El uso de los términos modificadores “alto”, “bajo”, “medio” o “intermedio” y “scan” es opcional.
- (8) El término “seguridad” (safety) se aplica a protecciones de emergencia de elementos primarios y de elementos finales de control únicamente, en condiciones que son peligrosas para el personal y el equipo y que no se esperan que aparezcan normalmente.
- (9) La función pasiva **G** se aplica a instrumentos o dispositivos que presentan una descalibración visual, tales como lentes de vidrio y monitores de televisión.
- (10) Indicador (indicate) normalmente se aplica a lecturas – análogas o digitales – de una medida actual.
- (11) Una luz piloto que es parte de un lazo de instrumento sería asignada por una primera letra seguida por la letra sucesiva **L**.
- (12) Usar la letra sucesiva **U** para “multifunción” en lugar de una combinación de otras letras funcionales es opcional.
- (13) Un dispositivo que conecta, desconecta o transfiere uno o más circuito, puede ser un interruptor o un relé o un controlador ON-OFF, o una válvula de control, dependiendo de la aplicación.
- (14) Se espera que la función asociada con el uso de **Y** como letras sucesivas, será definida externamente al marcador en un diagrama cuando una definición adicional es considerada necesaria. Esta aclaración no es necesario hacerla cuando la función es evidente, como para una válvula solenoide en una línea de fluido.
- (15) Los modificadores de alto, bajo, medio e intermedio corresponden a valores de una variable medida no a valores de la señal, a menos que se diga otra cosa.
- (16) Los términos alto y bajo cuando son aplicados a la posición de una válvula y otros dispositivos de cierre-apertura son definidos como sigue: alto significa que la válvula está en o aproximándose a la posición de completamente abierta y bajo significa que la válvula está completamente cerrada.
- (17) La palabra registrar (record) aplica a alguna forma de almacenaje permanente de la información que permite recuperarse por algún medio.
- (18) Ver las definiciones de transmisor y convertidor dadas anteriormente.
- (19) La primera letra **V** “vibración o análisis mecánico” se asigna para indicar el monitoreo en las acciones de la maquinaria y que la letra **A** indica el desarrollo en un análisis más general.
- (20) La primera letra **Y** se aplica cuando el control o respuesta de monitoreo son eventos opuestos al tiempo. También puede representar presencia o estado
- (21) La primera letra **K** en combinación con la primera letra **L**, **T** o **W** significa una razón de cambio del tiempo de la variable medida o de la variable de iniciación. Por ejemplo, **WKIC** puede representar una razón de pérdida de peso de un controlador.
- (22) **K** como letras sucesivas es una opción de usuario para designar una estación de control, mientras que **C** en letras sucesivas puede ser usada para describir un controlador automático o manual.

**TABLA1: IDENTIFICADOR DE LETRAS**

	FIRST-LETTER (4)		SUCCEEDING-LETTERS (3)		
	MEASURED OR INITIATING VARIABLE	MODIFIER	READOUT OR PASSIVE FUNCTION	OUTPUT FUNCTION	MODIFIER
A	Analysis (5,19)		Alarm		
B	Burner, Combustion		User's Choice (1)	User's Choice (1)	User's Choice (1)
C	User's Choice (1)			Control (13)	
D	User's Choice (1)	Differential (4)			
E	Voltage		Sensor (Primary Element)		
F	Flow Rate	Ratio (Fraction) (4)			
G	User's Choice (1)		Glass, Viewing Device (9)		
H	Hand				High (7, 15, 16)
I	Current (Electrical)		Indicate (10)		
J	Power	Scan (7)			
K	Time, Time Schedule	Time Rate of Change (4, 21)		Control Station (22)	
L	Level		Light (11)		Low (7, 15, 16)
M	User's Choice (1)	Momentary (4)			Middle, Intermediate (7,15)
N	User's Choice (1)		User's Choice (1)	User's Choice (1)	User's Choice (1)
O	User's Choice (1)		Orifice, Restriction		
P	Pressure, Vacuum		Point (Test) Connection		
Q	Quantity	Integrate, Totalize (4)			
R	Radiation		Record (17)		
S	Speed, Frequency	Safety (8)		Switch (13)	
T	Temperature			Transmit (18)	
U	Multivariable (6)		Multifunction (12)	Multifunction (12)	Multifunction (12)
V	Vibration, Mechanical Analysis (19)			Valve, Damper, Louver (13)	
W	Weight, Force		Well		
X	Unclassified (2)	X Axis	Unclassified (2)	Unclassified (2)	Unclassified (2)
Y	Event, State or Presence (20)	Y Axis		Relay, Compute, Convert (13, 14, 18)	
Z	Position, Dimension	Z Axis		Driver, Actuator, Unclassified Final Control Element	

La siguiente: **TABLA2**, muestra las **COMBINACIONES TÍPICAS DE LETRAS**.

**TABLA2: COMBINACIONES TÍPICAS DE LETRAS**

First-Letters	Initiating or Measured Variable	Controllers				Readout Devices		Switches and Alarm Devices*		
		Recording	Indicating	Blind	Self-Actuated Control Valves	Recording	Indicating	High**	Low	Comb
A	Analysis	ARC	AIC	AC		AR	AI	ASH	ASL	ASHL
B	Burner/Combustion	BRC	BIC	BC		BR	BI	BSH	BSL	BSHL
C	User's Choice									
D	User's Choice									
E	Voltage	ERC	EIC	EC		ER	EI	ESH	ESL	ESHL
F	Flow Rate	FRC	FIC	FC	FCV, FICV	FR	FI	FSH	FSL	FSHL
FQ	Flow Quantity	FQRC	FQIC			FQR	FQI	FQSH	FQSL	
FF	Flow Ratio	FFRC	FFIC	FFC		FFR	FFI	FFSH	FFSL	
G	User's Choice									
H	Hand		HIC	HC						HS
I	Current	IRC	IIC			IR	II	ISH	ISL	ISHL
J	Power	JRC	JIC			JR	JI	JSH	JSL	JSHL
K	Time	KRC	KIC	KC	KCV	KR	KI	KSH	KSL	KSHL
L	Level	LRC	LIC	LC	LCV	LR	LI	LSH	LSL	LSHL
M	User's Choice									
N	User's Choice									
O	User's Choice									
P	Pressure/ Vacuum	PRC	PIC	PC	PCV	PR	PI	PSH	PSL	PSHL
PD	Pressure, Differential	PDRC	PDIC	PDC	PDCV	PDR	PDI	PDSH	PDSL	
Q	Quantity	QRC	QIC			QR	QI	QSH	QSL	QSHL
R	Radiation	RRC	RIC	RC		RR	RI	RSH	RSL	RSHL
S	Speed/Frequency	SRC	SIC	SC	SCV	SR	SI	SSH	SSL	SSHL
T	Temperature	TRC	TIC	TC	TCV	TR	TI	TSH	TSL	TSHL
TD	Temperature, Differential	TDRC	TDIC	TDC	TDCV	TDR	TDI	TDSH	TDSL	
U	Multivariable					UR	UI			
V	Vibration/Machinery Analysis					VR	VI	VSH	VSL	VSHL
W	Weight/Force	WRC	WIC	WC	WCV	WR	WI	WSH	WSL	WSHL
WD	Weight/Force, Differential	WDRC	WDIC	WDC	WDCV	WDR	WDI	WDSH	WDSL	
X	Unclassified									
Y	Event/State/Presence		YIC	YC		YR	YI	YSH	YSL	
Z	Position/Dimension	ZRC	ZIC	ZC	ZCV	ZR	ZI	ZSH	ZSL	ZSHL
ZD	Gauging/Deviation	ZDRC	ZDIC	ZDC	ZDCV	ZDR	ZDI	ZDSH	ZDSL	



**TABLA2 (cont): COMBINACIONES TÍPICAS DE LETRAS**




First-Letters	Initiating or Measured Variable	Transmitters			Solenoids, Relays, Computing Devices	Primary Element	Test Point	Well or Probe	Viewing Device, Glass	Safety Device	Final Element
		Recording	Indicating	Blind							
A	Analysis	ART	AIT	AT	AY	AE	AP	AW			AV
B	Burner/Combustion	BRT	BIT	BT	BY	BE		BW	BG		BZ
C	User's Choice										
D	User's Choice										
E	Voltage	ERT	EIT	ET	EY	EE					EZ
F	Flow Rate	FRT	FIT	FT	FY	FE	FP		FG		FV
FQ	Flow Quantity		FQIT	FQT	FQY	FQE					FQV
FF	Flow Ratio					FE					FFV
G	User's Choice										
H	Hand										HV
I	Current	IRT	IIT	IT	IY	IE					IZ
J	Power	JRT	JIT	JT	JY	JE					JV
K	Time	KRT	KIT	KT	KY	KE					KV
L	Level	LRT	LIT	LT	LY	LE		LW	LG		LV
M	User's Choice										
N	User's Choice										
O	User's Choice										
P	Pressure/ Vacuum	PRT	PIT	PT	PY	PE	PP			PSV, PSE	PV
PD	Pressure, Differential	PDRT	PDIT	PDT	PDY	PE	PP				PDV
Q	Quantity	QRT	QIT	QT	QY	QE					QZ
R	Radiation	RRT	RIT	RT	RY	RE		RW			RZ
S	Speed/Frequency	SRT	SIT	ST	SY	SE					SV
T	Temperature	TRT	TIT	TT	TY	TE	TP	TW		TSE	TV
TD	Temperature, Differential	TDRT	TDIT	TDT	TDY	TE	TP	TW			TDV
U	Multivariable				UY						UV
V	Vibration/Machinery Analysis	VRT	VIT	VT	VY	VE					VZ
W	Weight/Force	WRT	WIT	WT	WY	WE					WZ
WD	Weight/Force, Differential	WDRT	WDIT	WDT	WDY	WE					WDZ
X	Unclassified										
Y	Event/State/Presence			YT	YY	YE					YZ
Z	Position/Dimension	ZRT	ZIT	ZT	ZY	ZE					ZV
ZD	Gauging/Deviation	ZDRT	ZDIT	ZDT	ZDY	ZDE					ZDV

La **TABLA3** muestra una serie de bloques de funciones y designación de funciones.

**TABLA 3: BLOQUES Y DESIGNACIÓN DE FUNCIONES**

NO	FUNCTION	SYMBOL	MATH EQUATION
1	SUMMING	$\Sigma$	$M = X_1 + X_2 + \dots + X_n$
2	AVERAGING	$\Sigma/n$	$M = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$
3	DIFFERENCE	$\Delta$	$M = X_1 - X_2$
4	PROPORTIONAL	$K \begin{matrix} 1:1 & 2:1 \end{matrix}$	$M = KX$
5	INTEGRAL	$\int$	$M = \frac{1}{T_I} \int X dt$
6	DERIVATIVE	$d/dt$	$M = T_D \frac{dX}{dt}$
7	MULTIPLYING	$\times$	$M = X_1 X_2$
8	DIVIDING	$\div$	$M = \frac{X_1}{X_2}$
9	ROOT EXTRACTION	$\sqrt[n]{\phantom{x}}$	$M = \sqrt[n]{X}$
10	EXPONENTIAL	$X^n$	$M = X^n$
11	NONLINEAR OR UNSPECIFIED FUNCTION	$f(X)$	$M = f(X)$
12	TIME FUNCTION	$f(t)$	$M = Xf(t)$ $M = f(t)$
13	HIGH SELECTING	$>$	$M = \begin{cases} X_1 \text{ FOR } X_1 \geq X_2 \\ X_2 \text{ FOR } X_1 \leq X_2 \end{cases}$
14	LOW SELECTING	$<$	$M = \begin{cases} X_1 \text{ FOR } X_1 \leq X_2 \\ X_2 \text{ FOR } X_1 \geq X_2 \end{cases}$
15	HIGH LIMITING	$\rhd$	$M = \begin{cases} X \text{ FOR } X \leq H \\ H \text{ FOR } X \geq H \end{cases}$
16	LOW LIMITING	$\lhd$	$M = \begin{cases} X \text{ FOR } X \geq L \\ L \text{ FOR } X \leq L \end{cases}$
17	REVERSE PROPORTIONAL	$-K$	$M = -KX$


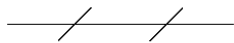
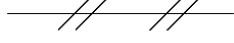
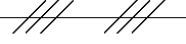
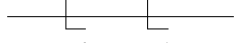

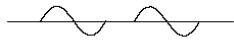
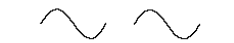

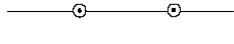
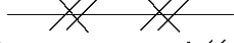
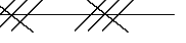
**TABLA 3 (cont): BLOQUES Y DESIGNACIÓN DE FUNCIONES**

NO	FUNCTION	SYMBOL	MATH EQUATION
18	VELOCITY LIMITER		$\frac{dM}{dt} = \frac{dX}{dt} \begin{cases} \frac{dX}{dt} \leq H \text{ AND} \\ M = X \end{cases}$ $\frac{dM}{dt} = H \begin{cases} \frac{dX}{dt} \geq H \text{ OR} \\ M \neq X \end{cases}$
19	BIAS		$M = X \pm b$
20	CONVERT		OUTPUT = f (INPUT)

**LAS VARIABLES USADAS EN LA TABLA SON:**

- b** — VALORES DE POLARIZACIÓN ANÁLOGA
- d/dt** — DERIVADA CON RESPECTO A TIEMPO
- H** — VALOR ANÁLOGO ARBITRARIO ALTO
- 1/T1** — RAZÓN DE INTEGRACIÓN
- L** — VALOR ANÁLOGO ARBITRARIO BAJO
- M** — VARIABLE DE SALIDA ANÁLOGA
- n** — NÚMERO DE ENTRADA ANÁLOGA O VALOR DE EXPONENTE
- t** — TIEMPO
- T<sub>D</sub>** — DERIVADA
- X** — VARIABLE DE ENTRADA ANÁLOGA

**TABLA 4: SÍMBOLOS PARA LAS LÍNEAS DE INSTRUMENTACIÓN**

- |   |  |
|---|--|
| (1) INSTRUMENT SUPPLY *<br>OR CONNECTION TO PROCESS     |           |
| (2) UNDEFINED SIGNAL                                    |           |
| (3) PNEUMATIC SIGNAL **                                 |           |
| (4) ELECTRIC SIGNAL                                     | ----- OR  |
| (5) HYDRAULIC SIGNAL                                    |           |
| (6) CAPILLARY TUBE                                      |           |
| (7) ELECTROMAGNETIC OR SONIC SIGNAL ***<br>(GUIDED)     |           |
| (8) ELECTROMAGNETIC OR SONIC SIGNAL ***<br>(NOT GUIDED) |           |
| (9) INTERNAL SYSTEM LINK<br>(SOFTWARE OR DATA LINK)     |           |
| (10) MECHANICAL LINK                                    |           |
| <u>OPTIONAL BINARY ( ON-OFF ) SYMBOLS</u>               |  |
| (11) PNEUMATIC BINARY SIGNAL                            |           |
| (12) ELECTRIC BINARY SIGNAL                             | ----- OR  |

**NOTE: "OR" SIGNIFICA QUE LO ESCOGE EL USUARIO**

**\* LAS SIGUIENTES ABREVIATURAS SON SUGERIDAS PARA INDICAR EL TIPO DE FUENTE DE PODER ESTAS DESIGNACIONES TAMBIÉN PUEDEN SER APLICADAS A FUENTES DE PURGA DE FLUIDOS**

**AS - FUENTE DE AIRE**

**IA - INSTRUMENTO DE AIRE**

**PA - PLANTA DE AIRE**

**ES - FUENTE ELÉCTRICA**

**GS - FUENTE DE GAS**

**HS - FUENTE HIDRÁULICA**

**NS - FUENTE DE NITRÓGENO**

**SS - FUENTE DE VAPOR**













**WS - FUENTE DE AGUA**

**EL NIVEL DE LA FUENTE SE PUEDE AÑADIR AL SÍMBOLO DE LA FUENTE, POR EJEMPLO: UNA FUENTE DE AIRE DE 100psi, SE ESCRIBE COMO: AS-100; UNA FUENTE DE VOLTAJE DE 24vdc, SE ESCRIBE COMO: ES-24.**

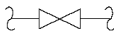




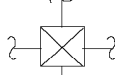






**\*\* EL SÍMBOLO DE LA SEÑAL NEUMÁTICA SE APLICA A SEÑALES QUE USAN ALGÚN GAS COMO EL MEDIO DE LA SEÑAL. SI EL GAS UTILIZADO ES DIFERENTE AL AIRE, SE ACLARA MEDIANTE UNA NOTA.**

**\*\*\* EL FENÓMENO ELECTROMAGNÉTICO INCLUYE CALOR, ONDAS DE RADIO, RADIACIÓN NUCLEAR Y LUZ**


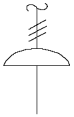
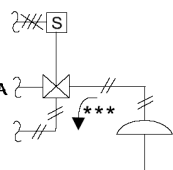
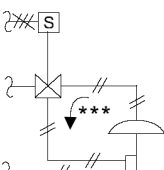
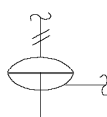
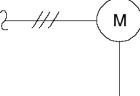

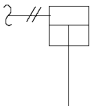
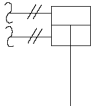
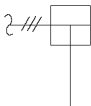
**TABLA 5: SÍMBOLOS DE INSTRUMENTACIÓN O FUNCIONES GENERALES**


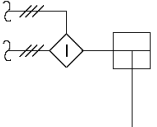
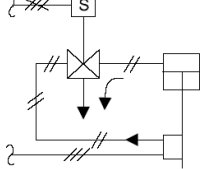
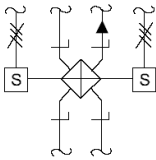

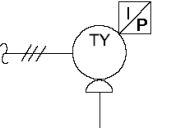
	PRIMARY LOCATION ***NORMALLY ACCESSIBLE TO OPERATOR	FIELD MOUNTED	AUXILIARY LOCATION ***NORMALLY ACCESSIBLE TO OPERATOR
DISCRETE INSTRUMENTS	1 	2 	3 
SHARED DISPLAY, SHARED CONTROL	4 	5 	6 
COMPUTER FUNCTION	7 	8 	9 
PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL	10 	11 	12 

**TABLA 6: SÍMBOLOS PARA VÁLVULAS DE CONTROL**

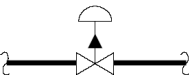
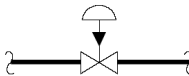
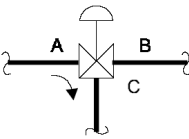
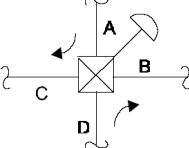
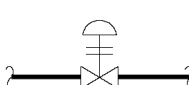
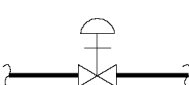
1  GENERAL SYMBOL	2  ANGLE	3  BUTTERFLY	4  ROTARY VALVE
5  THREE-WAY	6  FOUR-WAY	7  GLOBE	8 
9  DIAPHRAGM	10  DAMPER OR LOUVER	11 	12 

**TABLA 7: SÍMBOLOS PARA ACTUADORES**

1  WITH OR WITHOUT POSITIONER OR OTHER PILOT DIAPHRAGM, SPRING-OPPOSED OR UNSPECIFIED ACTUATOR	2  PREFERRED FOR DIAPHRAGM ASSEMBLED WITH PILOT *. ASSEMBLY IS ACTUATED BY ONE INPUT (SHOWN TYPICALLY WITH ELECTRIC INPUT)	3  PREFERRED ALTERNATIVE	4  OPTIONAL ALTERNATIVE
5  DIAPHRAGM, PRESSURE-BALANCED	6  ROTARY MOTOR (SHOWN TYPICALLY WITH ELECTRIC SIGNAL. MAY BE HYDRAULIC OR PNEUMATIC)	7  DIGITAL	
8  SPRING-OPPOSED SINGLE-ACTING CYLINDER, WITHOUT POSITIONER OR OTHER PILOT	9  DOUBLE-ACTING	10  PREFERRED FOR ANY CYLINDER THAT IS ASSEMBLED WITH A PILOT * SO THAT ASSEMBLY IS ACTUATED BY ONE CONTROLLED INPUT	

<p>11</p>  <p>SOLENOID</p>	<p>12</p>  <p>PREFERRED ALTERNATIVE. A BUBBLE WITH INSTRUMENT TAGGING, E.G., TY-I, MAY BE USED INSTEAD OF THE INTERLOCK SYMBOL</p> <p>CYLINDER WITH POSITIONER AND OVERRIDING PILOT VALVE</p>	<p>13</p>  <p>SINGLE-ACTING CYLINDER (IMPLIED I/P)</p>
<p>14</p>  <p>DUAL SOLENOIDS SWITCHING 4-WAY HYDRAULIC VALVE</p>	<p>15</p>  <p>ELECTROHYDRAULIC</p>	<p>16</p>  <p>VALVE ACTUATOR WITH ATTACHED ELECTRO-PNEUMATIC CONVERTER</p>

**TABLA 8: SÍMBOLO DE LA ACCIÓN DE ACTUADORES SI FALLAN**

<p>1</p>  <p>TWO-WAY VALVE, FAIL OPEN</p>	<p>2</p>  <p>TWO-WAY VALVE, FAIL CLOSED</p>	<p>3</p>  <p>THREE-WAY VALVE, FAIL OPEN TO PATH A-C</p>
<p>4</p>  <p>FOUR-WAY VALVE, FAIL OPEN TO PATHS A-C AND D-B</p>	<p>5</p>  <p>ANY VALVE, FAIL LOCKED (POSITION DOES NOT CHANGE)</p>	<p>6</p>  <p>ANY VALVE, FAIL INDETERMINATE</p>

Las siguientes tablas: **TABLA 9 SÍMBOLOS PARA ESTRUCTURAS DE PROCESOS** muestran los símbolos para distintos procesos industriales; de cada uno de esos procesos se suministra la siguiente información:

GRUPO: Una clasificación asociada de símbolos similares.

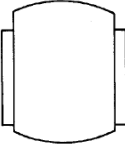
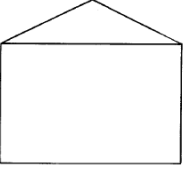
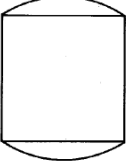
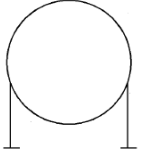

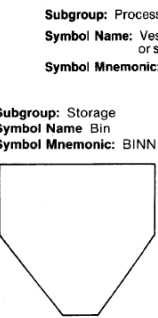
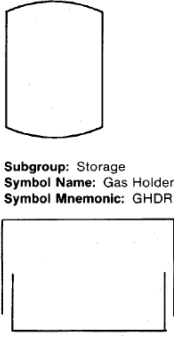
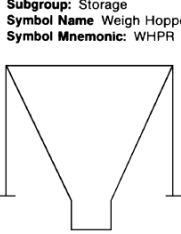
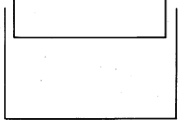
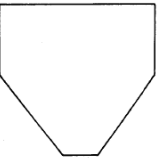
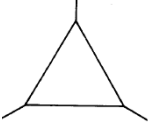
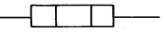
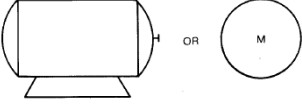
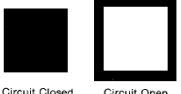

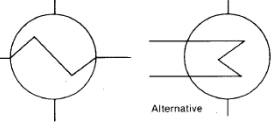
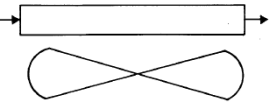
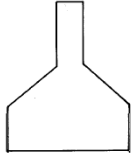
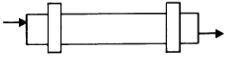
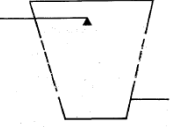
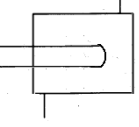
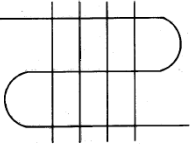
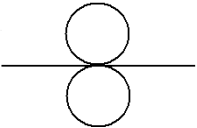
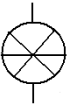
SUBGRUPO: Representa una división adicional dentro de un grupo.

NOMBRE DE SÍMBOLO: Nombre del proceso que representa el símbolo.

MNEMONICO DEL SÍMBOLO: El nombre del símbolo expresado en 4 caracteres y que son usados como su nombre de referencia en un sistema de cómputo.

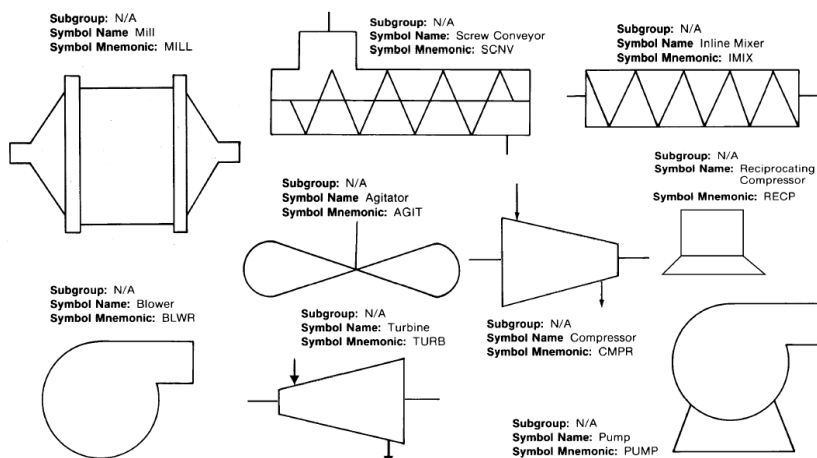
DESCRIPCIÓN: una breve descripción de lo que representa el símbolo dibujado.

**TABLA 9: SÍMBOLOS PARA ESTRUCTURAS DE PROCESOS**

 <p>Subgroup: Process Symbol Name: Jacketed Vessel Symbol Mnemonic: JVSL</p>	 <p>Subgroup: Storage Symbol Name: Atmospheric Tank Symbol Mnemonic: ATNK</p>	 <p>Subgroup: Process Symbol Name: Reactor Symbol Mnemonic: RCTR</p>	 <p>Subgroup: Storage Symbol Name: Pressure Storage Vessel Symbol Mnemonic: PVSL</p>
 <p>Subgroup: Process Symbol Name: Distillation Tower Symbol Mnemonic: DTWR</p>	 <p>Subgroup: Process Symbol Name: Vessel or separator Symbol Mnemonic: VSSL</p>	 <p>Subgroup: Storage Symbol Name: Gas Holder Symbol Mnemonic: GHDR</p>	 <p>Subgroup: Storage Symbol Name: Weigh Hopper Symbol Mnemonic: WHPR</p>
 <p>Subgroup: Storage Symbol Name: Floating Roof Tank Symbol Mnemonic: FTNK</p>	 <p>Subgroup: Storage Symbol Name: Bin Symbol Mnemonic: BINN</p>		
 <p>Subgroup: N/A Symbol Name: Delta Connection Symbol Mnemonic: DLTA</p>	 <p>Subgroup: N/A Symbol Name: Fuse Symbol Mnemonic: FUSE</p>	 <p>Subgroup: N/A Symbol Name: Motor Symbol Mnemonic: MOTR</p>	 <p>Subgroup: N/A Symbol Name: State Indicator Symbol Mnemonic: STAT</p>
	 <p>Subgroup: N/A Symbol Name: Circuit Breaker Symbol Mnemonic: CBRK</p>	<p>OR</p>	<p>Circuit Closed      Circuit Open</p>
 <p>Subgroup: N/A Symbol Name: Exchanger Symbol Mnemonic: XCHG</p>	 <p>Subgroup: N/A Symbol Name: Forced Air Exchanger Symbol Mnemonic: FAXR</p>	 <p>Subgroup: N/A Symbol Name: Furnace Symbol Mnemonic: FURN</p>	 <p>Subgroup: N/A Symbol Name: Rotary Kiln Symbol Mnemonic: KILN</p>
 <p>Subgroup: N/A Symbol Name: Cooling Tower Symbol Mnemonic: CTWR</p>	 <p>Subgroup: N/A Symbol Name: Evaporator Symbol Mnemonic: EVPR</p>	 <p>Subgroup: N/A Symbol Name: Finned Exchanger Symbol Mnemonic: FNXR</p>	 <p>Subgroup: N/A Symbol Name: Roll Stand Symbol Mnemonic: RSTD</p>
			 <p>Subgroup: N/A Symbol Name: Rotary Feeder Symbol Mnemonic: RFDR</p>



**TABLA 9 (cont): SÍMBOLOS PARA ESTRUCTURAS DE PROCESOS**



**Subgroup:** Storage  
**Symbol Name:** Floating Roof Tank  
**Symbol Mnemonic:** FTNK

**Description:** A tank for liquids with roof of vessel moving up and down with a change in stored volume.

**Subgroup:** Storage  
**Symbol Name:** Gas Holder  
**Symbol Mnemonic:** GHDR

**Description:** A tank for gases with roof of vessel moving up and down with a change in stored volume.

### Group: Containers and vessels

**Subgroup:** Process  
**Symbol Name:** Distillation Tower  
**Symbol Mnemonic:** DTWR

**Description:** A packed or trayed distillation tower used for separation. Packing or trays may be shown to indicate type of distillation tower.

**Subgroup:** Process  
**Symbol Name:** Jacketed Vessel  
**Symbol Mnemonic:** JVSJ

**Description:** A vessel with a heating or cooling jacket. Jacket may be on straight shell, on bottom head, on top head, or any combination, as required to match the actual process vessel.

**Subgroup:** Process  
**Symbol Name:** Reactor  
**Symbol Mnemonic:** RCTR

**Description:** A chemical reactor. Internal details may be shown to indicate type of reactor.

**Subgroup:** Storage  
**Symbol Name:** Pressure Storage Vessel  
**Symbol Mnemonic:** PVSL

**Description:** A pressurized spherical vessel for storage of gases and liquids.

**Subgroup:** Storage  
**Symbol Name:** Weigh Hopper  
**Symbol Mnemonic:** WHPR

**Description:** A vessel used for weighing material.

**Subgroup:** Process  
**Symbol Name:** Vessel  
**Symbol Mnemonic:** VSSL

**Description:** A vessel or separator. Internal details may be shown to indicate type of vessel. Can also be used as a pressurized vessel in either a vertical or horizontal arrangement.

**Subgroup:** Storage  
**Symbol Name:** Atmospheric Tank  
**Symbol Mnemonic:** ATNK

**Description:** A tank for material stored under atmospheric pressure.

**Subgroup:** Storage  
**Symbol Name:** Bin  
**Symbol Mnemonic:** BINN

**Description:** A container used to store solid or granular material that is discharged from the bottom.

### Group: Electrical

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Circuit Breaker

**Symbol Mnemonic:** CBRK

**Description:** Representation of a circuit breaker for electrical systems. See STATE INDICATOR symbol for alternative use.

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Fuse

**Symbol Mnemonic:** FUSE

**Description:** Representation of a fuse as an over-current protection device.

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** State Indicator

**Symbol Mnemonic:** STAT

**Description:** Used to represent binary states. For example: Circuit Closed/Circuit Open, etc.

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Delta Connection

**Symbol Mnemonic:** DLTA

**Description:** Representation of a 3-phase delta connection.

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Motor

**Symbol Mnemonic:** MOTR

**Description:** An ac or dc motor.

### Group: Heat transfer devices

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Exchanger

**Symbol Mnemonic:** XCHG

**Description:** Heat transferral equipment. An alternative symbol is depicted.

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Furnace

**Symbol Mnemonic:** FURN

**Description:** Process heater or furnace. Internal details may be shown as needed.

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Forced Air Exchanger

**Symbol Mnemonic:** FAXR

**Description:** A forced-air heat exchanger.

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Rotary Kiln

**Symbol Mnemonic:** KILN

**Description:** Typical gas, oil, coal or coke-fired kiln.

### Group: HVAC (heating ventilation & air conditioning)

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Cooling Tower

**Symbol Mnemonic:** CTWR

**Description:** A device for use in HVAC or other processes indicating the atmospheric cooling of water by forced evaporation.

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Finned Exchanger

**Symbol Mnemonic:** FNXR

**Description:** A high surface transfer device used to exchange heat between a liquid or gas and air.

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Evaporator

**Symbol Mnemonic:** EVPR

**Description:** An HVAC device used to represent the exchange of heat between a liquid or gas and a refrigerant.

### Group: Material handling

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Conveyor

**Symbol Mnemonic:** CNVR

**Description:** Belt conveyors, chain conveyors, and roller conveyors used in association with other symbols to represent more complex equipment such as a paper machine.

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Roll Stand

**Symbol Mnemonic:** RSTD

**Description:** Roll stand used in metal, paper, rubber, plastic, and glass industries.

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Mill

**Symbol Mnemonic:** MILL

**Description:** Rotating rod, ball, autogenous, or semiautogenous mill used for size reduction of solids.

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Rotary Feeder

**Symbol Mnemonic:** RFDR

**Description:** A rotary feeder used to convey material in dry powder form from one location to another.

### Group: Material handling

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Conveyor

**Symbol Mnemonic:** CNVR

**Description:** Belt conveyors, chain conveyors, and roller conveyors used in association with other symbols to represent more complex equipment such as a paper machine.

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Roll Stand

**Symbol Mnemonic:** RSTD

**Description:** Roll stand used in metal, paper, rubber, plastic, and glass industries.

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Mill

**Symbol Mnemonic:** MILL

**Description:** Rotating rod, ball, autogenous, or semiautogenous mill used for size reduction of solids.

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Rotary Feeder

**Symbol Mnemonic:** RFDR

**Description:** A rotary feeder used to convey material in dry powder form from one location to another.

### Group: Rotating equipment

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Blower

**Symbol Mnemonic:** BLWR

**Description:** A device used to convey a gas under slight pressure.

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Pump

**Symbol Mnemonic:** PUMP

**Description:** Represents that class of equipment used to transport slurries or liquids by internal rotary action. Examples are centrifugal, gear, lobe, etc.

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Compressor

**Symbol Mnemonic:** CMPR

**Description:** A device used to convey a gas under high pressure.

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Turbine

**Symbol Mnemonic:** TURB

**Description:** A device using the force of expanding gas to propel rotating equipment.

### Group: Reciprocating equipment

**Subgroup:** N/A

**Symbol Name:** Reciprocating Compressor

**Symbol Mnemonic:** RECP

**Description:** A reciprocating compressor or pump represents that class of equipment used to transport slurries or liquids by reciprocating action. Examples are pistons, diaphragms, plungers, etc.

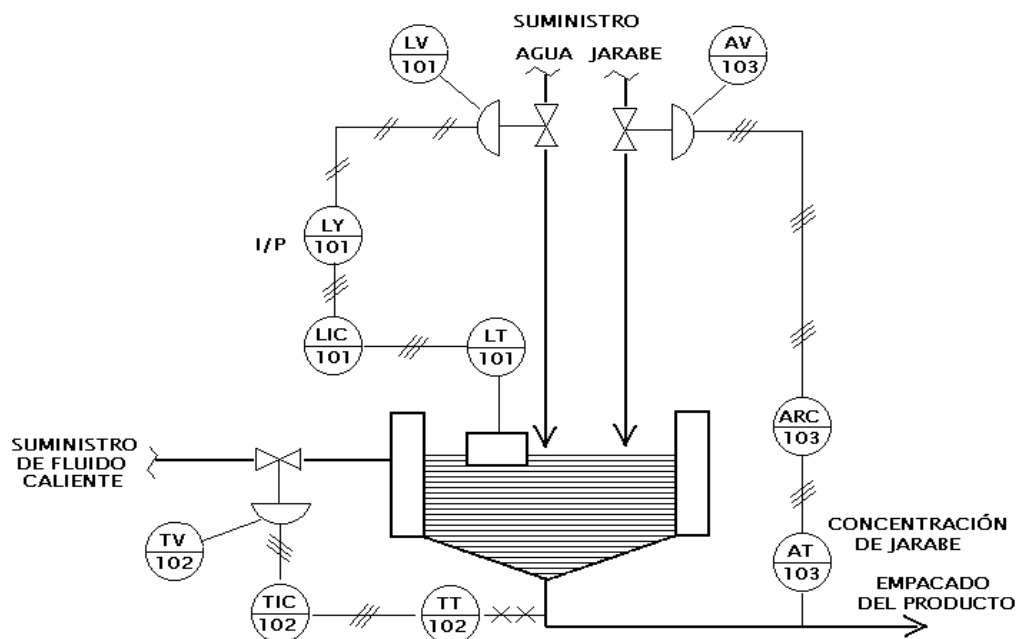
### 3.4.3. EJEMPLOS

Se presentan a continuación algunos ejemplos en donde se aplica la simbología de las normas ANSI/ISA a los procesos industriales.



#### EJEMPLO

1. La figura 3.13 ilustra un ejemplo de un proceso utilizando la simbología mencionada.



**Figura 3.13.** EJEMPLO DE PROCESO INDUSTRIAL UTILIZANDO LAS NORMAS ANSI/ISA

El proceso mezcla y calienta una combinación de agua y jarabe. El sistema tiene tres lazos de control identificados con los números 101, 102 y 103; los primeros dos dígitos indican el área de la planta en donde se ubica cada control (10) y el tercer dígito indica el lazo de control en particular.

El funcionamiento del proceso se explica en la siguiente forma:

El lazo 101 se inicia desde un sensor de nivel **LT** (nivel-transmisor) por ejemplo un flotador, en donde se determina el nivel de la sustancia dentro del tanque; este transductor entrega una señal eléctrica, luego sigue un indicador de nivel y el control que se muestran con el balón **LIC** (nivel-indicador-control). La señal que entrega este control es también eléctrica; enseguida, el control actúa sobre un relé **LY** (nivel-relé),

suministrando a su salida una señal neumática que actúa finalmente sobre una válvula con la que se permite la entrada de agua al tanque.

El lazo 102 hace un control de la temperatura; de un tubo de capilaridad derivado de la parte inferior del tanque se coloca el sensor térmico como lo muestra el instrumento **TT** (temperatura-transmisor); la señal que entrega es eléctrica y actúa sobre el control permitiendo, además mostrar la temperatura actual **TIC** (temperatura-indicador-control). Finalmente el lazo termina en otra válvula con la que se controla la entrada de vapor al tanque.

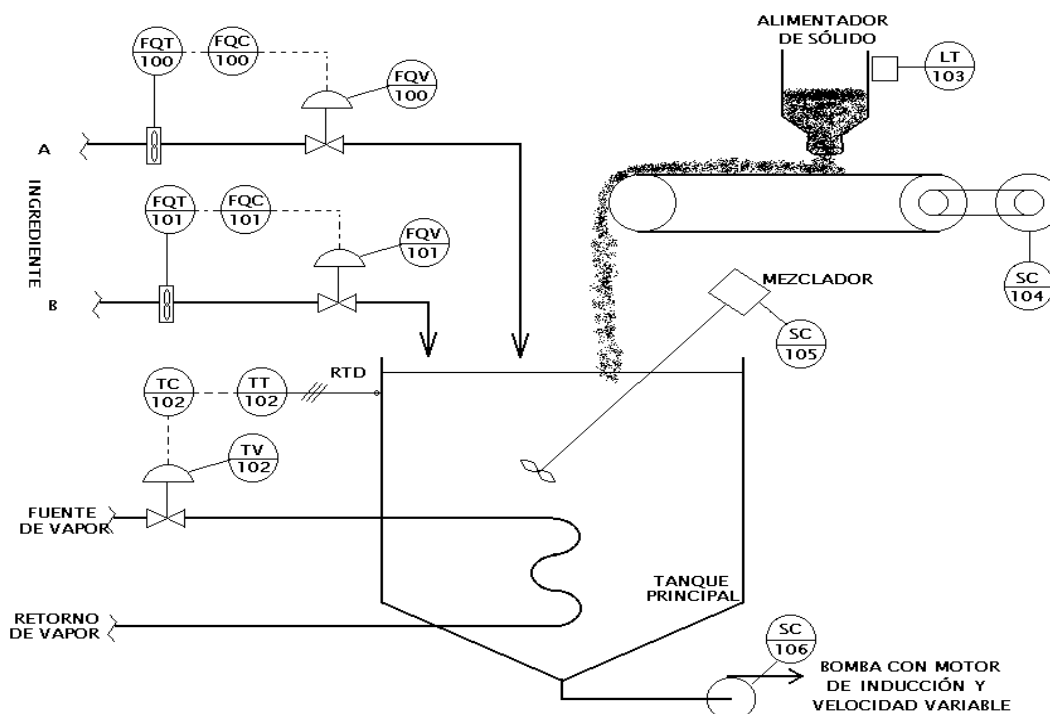
El lazo 103 corresponde a un análisis de la combinación, sensando la concentración de agua y jarabe con el transductor adecuado **AT** (análisis-transmisor), entrega un registro de esta concentración y efectúa el control actuando sobre otra válvula con la que se permite la entrada de jarabe.

Resumen de la simbología del ejemplo:

<b>LT-101</b>	NIVEL TRANSMISOR Usa un flotador para sensar el nivel de líquido en el tanque y traduce la señal en señal eléctrica de corriente en el estándar 4 a 20 mA.
<b>LIC-101</b>	NIVEL INDICADOR CONTROLADOR Usa la señal de miliamperios del sensor de nivel para producir una señal de control en el rango de 4 a 20 mA.
<b>LY-101</b>	NIVEL DE CORRIENTE A CONVERTIDOR NEUMÁTICO Convierte la salida en miliamperios del controlador a señal neumática en el rango de 3 a 15 psi.
<b>LV-101</b>	NIVEL CONTROL DE VÁLVULA Usa la señal neumática del conversor I/P para posicionar el vástago de la válvula de control de nivel.
<b>TT-102</b>	TEMPERATURA TRANSMISOR Usa un tubo de capilaridad para sensar la temperatura del producto dentro del tanque y traduce la señal en señal eléctrica de corriente en el rango de 4 a 20 mA.
<b>TIC-102</b>	TEMPERATURA INDICADOR CONTROLADOR Usa la señal de miliamperios del transmisor de temperatura para producir una señal en el rango de 4 a 20 mA.
<b>TV-102</b>	TEMPERATURA VÁLVULA DE CONTROL Usa la señal de miliamperios del controlador de temperatura para posicionar el vástago de la válvula de control de temperatura.
<b>AT-103</b>	ANÁLISIS TRANSMISOR Sensa la concentración de jarabe en el producto y traduce la señal en señal de corriente de 4 a 20 mA.
<b>ARC-103</b>	ANÁLISIS GRABAR CONTROLADOR Usa la señal de corriente del transmisor de concentración y produce una señal de control en el estándar de corriente.
<b>AV-103</b>	ANÁLISIS CONTROL DE VÁLVULA Usa la señal de corriente del controlador de concentración para posicionar el vástago de la válvula que permite la entrada de jarabe.

2. La figura 3.14 muestra otro proceso industrial que se caracteriza por ser secuencial de acuerdo a los tiempos anotados:

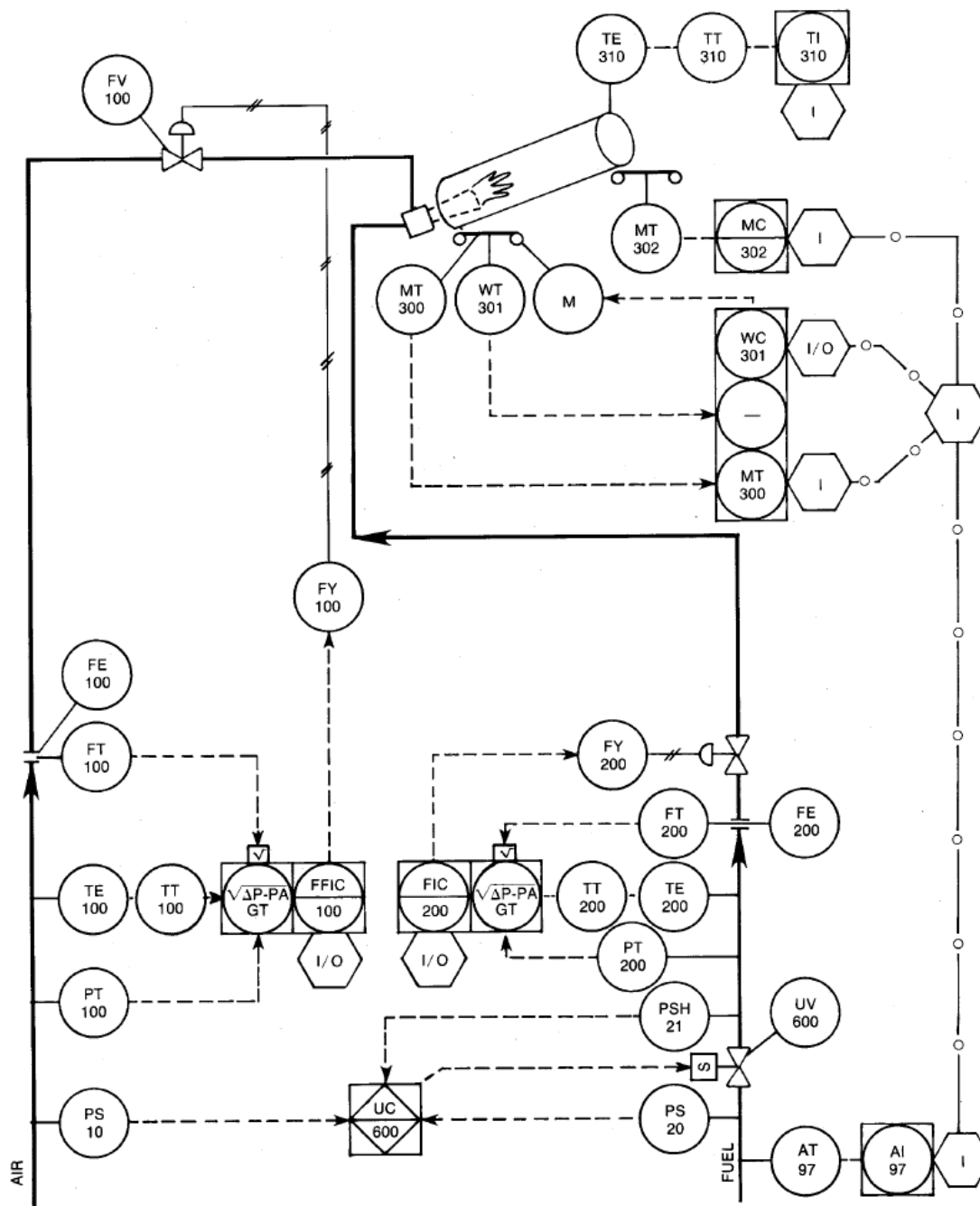
Dos ingredientes A y B son mezclados y calentados hasta que se obtiene un líquido uniforme, luego un material sólido se añade al líquido anterior manteniendo la mezcla de esta nueva sustancia hasta que el sólido es completamente disuelto por la mezcla líquida y, finalmente, el combinado líquido es bombeado para llevarse a la línea de embotellamiento. Todo el proceso de mezcla de los tres componentes se efectúa a temperatura elevada para facilitar que el sólido se disuelva fácilmente. Además se efectúa en tiempos determinados, así que se plantean los siguientes pasos:



**Figura 3.14.** PROCESO INDUSTRIAL DE MEZCLA DE SUSTANCIAS

1. (4 minutos). Prepara la cantidad de sólido necesaria para la mezcla.
2. (30 segundos). Presiona el botón START.
3. (3 minutos). Llena el tanque principal con las cantidades medidas de las sustancias A y B.
4. (4 minutos). Calienta y mezcla el contenido del tanque.
5. (5 minutos). Poco a poco libera el material sólido llevándolo al tanque principal a través de la cinta transportadora. El mezclador y calentamiento siguen funcionando.
6. (2 minutos). Continúa la mezcla y calentamiento de las sustancias. No hay más entrada del material sólido.
7. (30 segundos). Detiene el calentamiento y mezcla. La sustancia final está lista. Se deja este tiempo corto en reposo.
8. (5 minutos). La bomba comienza a expulsar la mezcla a los recipientes de embotellado.

3. El proceso mostrado en la figura 3.15 hace el control de la mezcla de aire y combustible adecuados para producir una combustión adecuada. Este proceso de control se efectúa con un sistema de control distribuido (DCS). La explicación del proceso se detalla a continuación:



**Figura 3.13.** PROCESO DE MEZCLA DE OXÍGENO Y COMBUSTIBLE



- 3.1) Volumetric fuel and air flows provide inputs for combustion system firing rate and fuel air ratio via distributed control instrumentation. Set points for both rate and ratio can be computer generated.
- 3.2) Combustion air and gas pressures are monitored by pressure switches which control the gas safety shutoff valve via UC-600 "distributed control interconnecting logic."
- 3.3) Material moisture content is measured, dry weight of the input material is calculated, and feed rate is controlled by MT-300 and WC-301. Discharged material moisture content is read by MT-302. At this point, firing rate and/or feed rate could be controlled by the Distributed Control System (DCS) instrumentation or by the computer taking other process variables into consideration.
- 3.4) British thermal unit (Btu) analysis (AT-97) is input to the computer system to generate feed forward control adjusting firing rate, in Btu/hr. The set point is calculated by the computer, based on feed rate, weight, and moisture content.
- 3.5) Internal system links are shown for selected computer input/output, while the firing rate and ratio set points are implied. Shown in the same manner, the links between the calculation modules and the controllers are implied by contiguous symbols, while the wild flow to the ratio control is shown in the system link symbol.
- 

## 4 FABRICACIÓN DE MERMELADA.

### INGREDIENTES:

- Frutas.
- Acido Cítrico - Azúcar.
- Conservantes - Pectina.

El Proceso de fabricación es el siguiente:

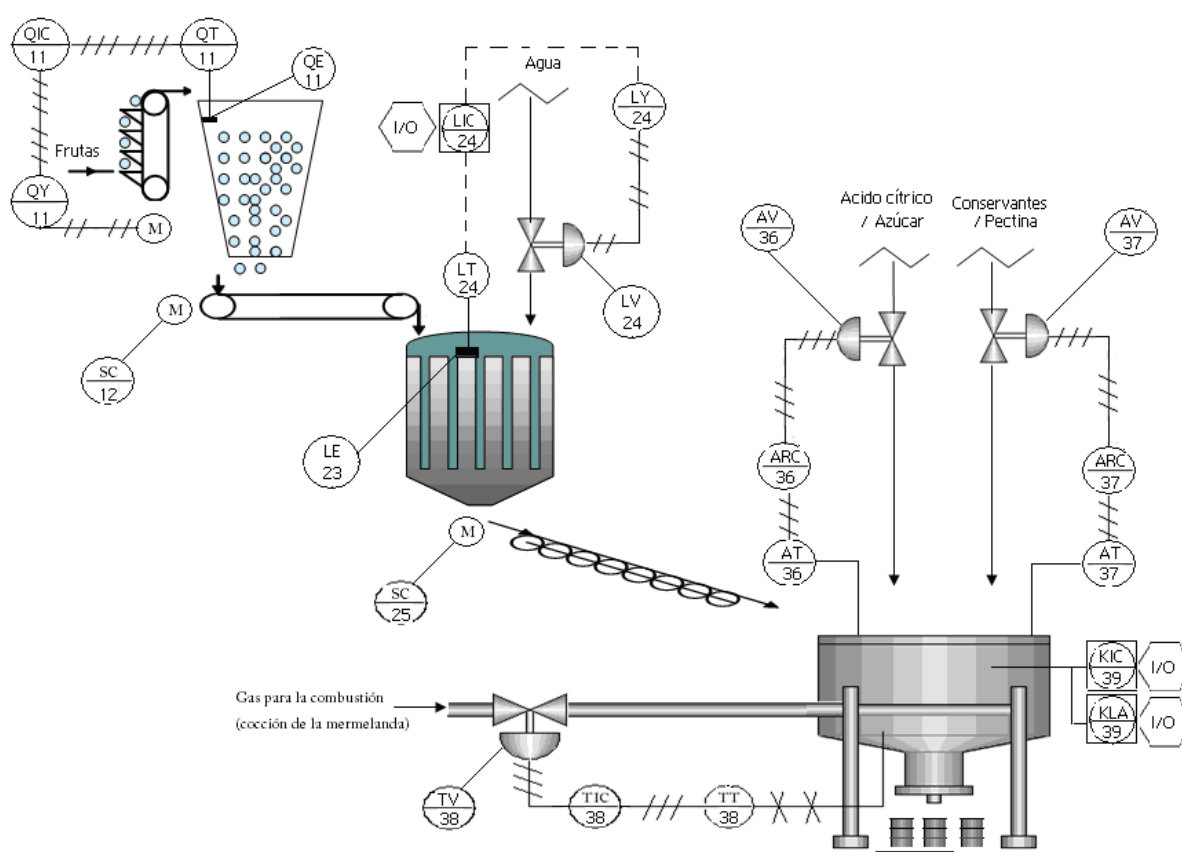
1. Recepción y Selección de las frutas cultivadas.
3. Limpieza, Despulpado y Troceado de la fruta.
5. Dosificación y adición de ingredientes.
6. Cocción definitiva.
7. Envasado en frascos previamente esterilizados.
8. Enfriamiento progresivo.
9. Control de final de la calidad, Sellado, etiquetado y empaque.

### Descripción:

Se reciben las frutas que han sido cultivadas y recolectadas, y se seleccionan con el fin de desechar aquellas que puedan tener algún daño. Las frutas que están listas, se colocan en el alimentador, el cual va llenando lentamente un tanque, en el cual se está sensando constantemente la cantidad de fruta almacenada, que será la cantidad necesaria para un lote de 200 frascos de mermelada. Cuando se alcance la cantidad óptima, el lazo de control 1 detiene el motor que mueve el alimentador del tanque. Estas frutas almacenadas pasan a otro tanque por medio de una banda transportadora, en el cual serán limpiadas, despulpadas y troceadas. El lazo de control 4 permite mantener un nivel de agua adecuada para la limpieza de todas las frutas. Una nueva banda transportadora lleva la pulpa a un horno, donde se mezclan los demás ingredientes (acido cítrico, azúcar, conservantes, pectina). Los lazos de control 6 y 7 permiten analizar y controlar la cantidad mezclada de los ingredientes para obtener una mezcla homogénea. Después de esto, comienza la cocción de la mezcla, por un tiempo determinado. El lazo de control 8 permite controlar la temperatura a la que se cocina la mezcla, y ésta se puede modificar mediante la válvula que permite el paso del gas para este

proceso. Esto se hace, ya que los tiempos y la temperatura de cocción son diferentes para cada tipo de fruta. Este tanque tiene displays de control que permiten estar monitoreando los tiempos de cocción a través de una red interna. Estos visualizadores están enviando información constantemente y pueden ser modificados en cualquier momento. Además tiene una Alarma luminosa que avisa cuando los tiempos son erróneos, o se ha producido algún fallo en esta etapa del proceso. Una vez que la mezcla está lista, es envasada directamente en frascos de vidrio previamente esterilizados. El envase se hace en caliente, para que a través de un enfriado progresivo de la mermelada, ocurra una contracción de la mermelada dentro del envase, lo que viene a ser la formación de vacío, que es el factor más importante para la conservación del producto.

En el siguiente diagrama se aprecia todo el proceso, y los instrumentos necesarios para un correcto funcionamiento:



**Figura 3.14.** Proceso de fabricación de mermelada y su instrumentación

### Simbología Utilizada:

QE-11 CANTIDAD SENSOR. Instalado en el tanque y permite sensor la cantidad de frutas que se han depositado.

QT-11 NIVEL TRANSMISOR. Traduce la señal de la cantidad de frutas que se han depositado en una señal eléctrica de corriente en el estándar 4 a 20 mA.

QIC-11 CANTIDAD INDICADOR CONTROLADOR. Usa la señal de miliamperios del sensor de cantidad para producir una señal de control en el rango de 4 a 20 mA.

QY-101 NIVEL DE CORRIENTE A CONVERTIDOR NEUMÁTICO. Convierte la salida en miliamperios del controlador a señal neumática para controlar el motor que acciona el alimentador.

SC-12 VELOCIDAD, FRECUENCIA CONTROLADOR. Permite controlar la velocidad de la banda transportadora, que transporta la pulpa hacia el tanque de limpieza y troceado.

LE-23 NIVEL SENSOR. Sensor instalado dentro del tanque de limpieza y troceado, que permite determinar el nivel de agua presente para la limpieza.

LT-24 NIVEL TRANSMISOR. Traduce la señal del LE en señal eléctrica de corriente en el estándar 4 a 20 mA.

LIC-24 NIVEL INDICADOR CONTROLADOR. Usa la señal de miliamperios del sensor de nivel para producir una señal de control en el rango de 4 a 20 mA. Posee una función de computador Entrada/Salida, para controlar y poder cambiar la cantidad de agua, o para bloquear el flujo en caso de avería.

LY-24 NIVEL DE CORRIENTE A CONVERTIDOR NEUMÁTICO. Convierte la salida en miliamperios del controlador a señal neumática en el rango de 3 a 15 psi, para el control de la válvula

LV-24 NIVEL CONTROL DE VÁLVULA. Usa la señal neumática del conversor I/P para posicionar el vástago de la válvula de control de nivel.

SC-25 VELOCIDAD, FRECUENCIA CONTROLADOR. Permite controlar la velocidad de la banda transportadora, que transporta la pulpa hacia el horno.

AT-36 ANÁLISIS TRANSMISOR. Sensa la concentración de ácido cítrico y azúcar en el producto y traduce la señal en señal de corriente de 4 a 20 mA.

ARC-36 ANÁLISIS GRABAR CONTROLADOR. Usa la señal de corriente del transmisor de concentración y produce una señal de control en el estándar de corriente.

AV-36 ANÁLISIS CONTROL DE VÁLVULA. Usa la señal de corriente del controlador de concentración para posicionar el vástago de la válvula que permite la entrada Acido nítrico y Azúcar.

AT-37 ANÁLISIS TRANSMISOR. Sensa la concentración de Conservantes y Pectina en el producto y traduce la señal en señal de corriente de 4 a 20 mA.

ARC-37 ANÁLISIS GRABAR CONTROLADOR. Usa la señal de corriente del transmisor de concentración y produce una señal de control en el estándar de corriente.

AV-37 ANÁLISIS CONTROL DE VÁLVULA. Usa la señal de corriente del controlador de concentración para posicionar el vástago de la válvula que permite la entrada de Conservantes y Pectina.

TT-38 TEMPERATURA TRANSMISOR. Usa un tubo de capilaridad para sensar la temperatura del producto dentro del tanque y traduce la señal en señal eléctrica de corriente en el rango de 4 a 20 mA.

TIC-38 TEMPERATURA INDICADOR CONTROLADOR. Usa la señal de miliamperios del transmisor de temperatura para producir una señal en el rango de 4 a 20 mA.

TV-38 TEMPERATURA VÁLVULA DE CONTROL. Usa la señal de miliamperios del controlador de temperatura para posicionar el vástago de la válvula de control de la entrada de gas para la combustión.

KIC-39 CRONOGRAMA DE TIEMPOS, INDICADOR CONTROLADOR. Envía señales indicadoras de los tiempos de cocción y permite la modificación de estos por la función de computador.

KLA-39 CRONOGRAMA DE TIEMPOS, ALARMA LUMINOSA. Es una señal de alarma luminosa que se registra en toda la red, cuando los tiempos de cocción no son los adecuados, son mayores o menores, o cuando se presenta una avería en el horno. Permite el cierre automático del horno y de la inyección de gas.

---

## 5. PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA CERVEZA

El proceso elegido para realizar la automatización es el proceso de elaboración de la cerveza, el cual se divide en varias etapas, dependiendo de que tipo de proceso va a elaborar. Estos procesos se muestran a continuación:

**Recepción de Materia Prima:** En este proceso se tiene la Malta y el Arroz, y se pasa por el proceso de clasificación de los elementos, los cuales se almacenan en tanques de protección para los elementos.

- **Silo de Malta:** aquí se almacenan los granos de malta para protegerlos de cualquier contaminación.
- **Silo de Arroz:** aquí se almacenan los granos de arroz para protegerlos de cualquier contaminación.

**Proceso de Trituración:** Se hacen pasar tanto los granos de malta como los granos de arroz por sendos molinos con el objeto de disminuir el tamaño del grano.

**Proceso de Mezclas:** En este proceso se mezclan los elementos con agua pura para convertirlas en líquidos azucarados. En cada uno se coloca un elemento, para luego unir las mezclas.

- **Olla de Masas:** Adicionando agua a los granos de malta y controlando el tiempo y la temperatura, los almidones de dichos granos se convierten en azúcar, dando como resultado un líquido azucarado.
- **Olla de (adjuntos) Arroz:** Adicionando agua a los granos de arroz y controlando el tiempo y la temperatura, los almidones de dichos granos se convierten en azúcar, dando como resultado un líquido azucarado. Estos dos líquidos se juntan en la olla de masas dando como resultado un líquido denominado Mosto.

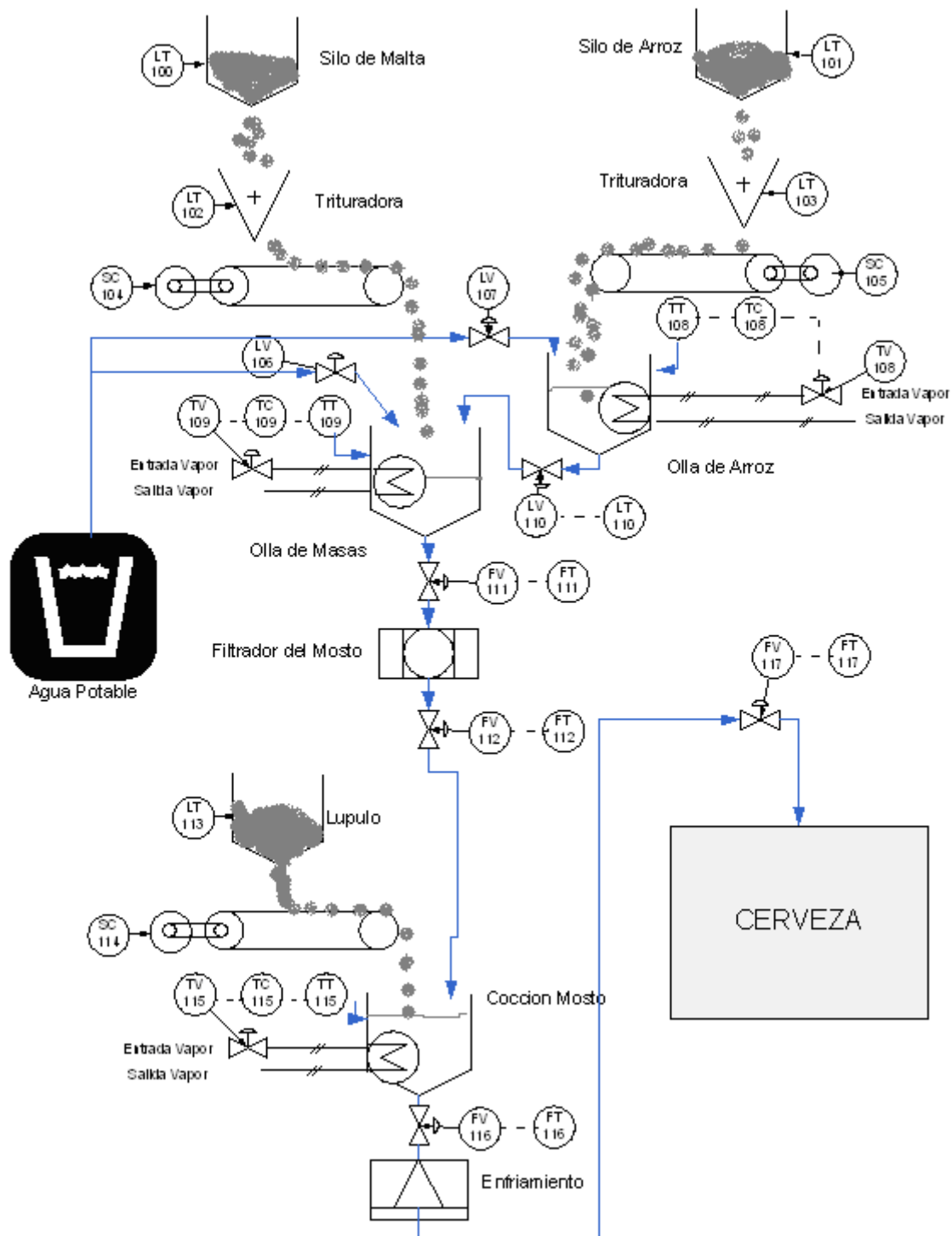
**Proceso de Filtración y Cocción:** En este proceso se filtra la mezcla resultante para retirar sólidos que se encuentren presentes y posteriormente se cocina esta mezcla.

- **Filtración de Mosto:** Consiste en la separación de los sólidos presentes en el Mosto. La mayor parte de estos sólidos lo conforman la cáscara o afrecho de la malta que van al secador para luego venderlos como subproducto.
- **Cocción:** Por medio de altas temperaturas, 96 grados C, se esteriliza el mosto y se propicia la incorporación del lúpulo y sus amargos.

**Proceso de Enfriamiento y Maduración de la Cerveza:** En este proceso se tienen pasos de enfriamiento y transformación de los componentes, fermentando y madurando la cerveza.

- **Enfriamiento:** Utilizando agua fría, en un intercambiador de calor, se hace pasar el mosto hasta conseguir una temperatura cercana a los 10 °C.
- **Fermentación del Mosto:** Una vez que el mosto ha sido enfriado se deja en un tanque a 12 °C. durante 7 días, permitiendo que la levadura transforme los azúcares en alcohol y en gas carbónico. Aquí se obtiene un líquido que se denomina cerveza (no madura). En este proceso es en donde se produce el gas carbónico. El que sobra va a la planta de tratamiento de gas.
- **Maduración de la Cerveza:** Después de retirar la levadura y enviarla al secador, se deja la cerveza en reposo durante 15 días, a temperaturas bajas, 0 °C aproximadamente, logrando una estabilización química y un refinamiento del sabor.

En este proceso, ya se tiene un modelo de la cerveza lista, a continuación se muestra el diagrama de automatización del proceso de la cerveza, con sus correspondientes elementos y símbolos de las normas ANSI/ISA:

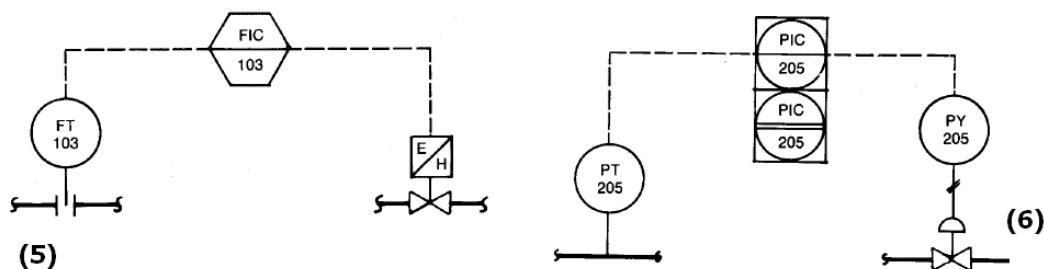
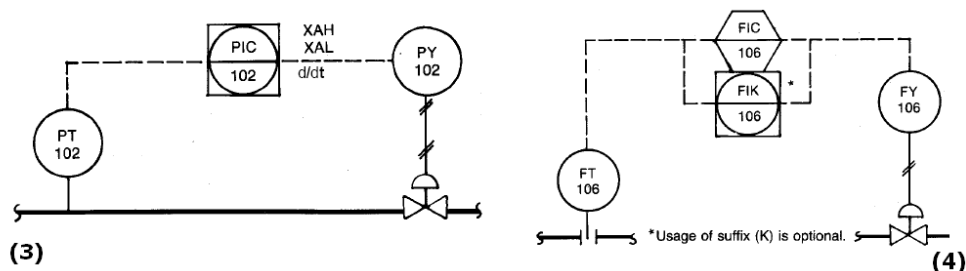
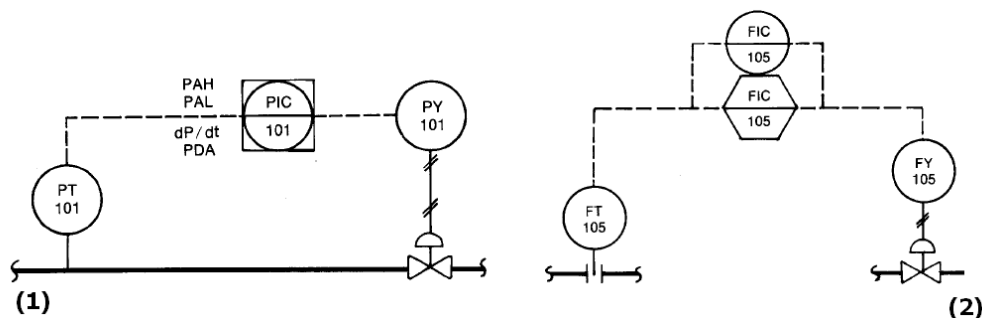


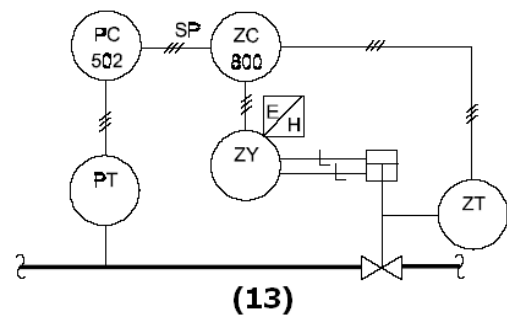
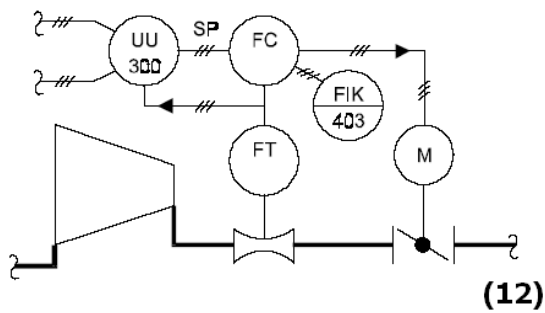
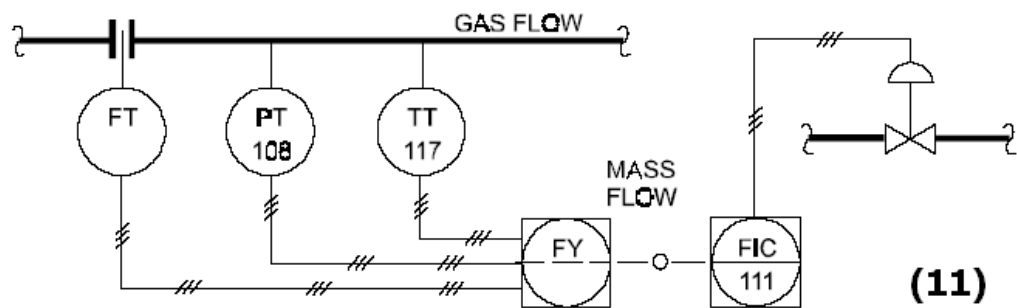
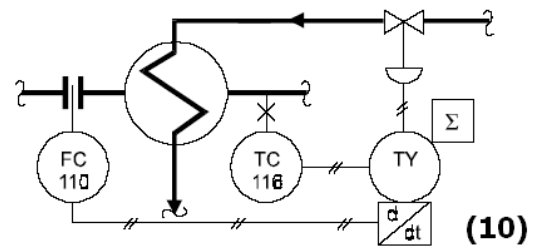
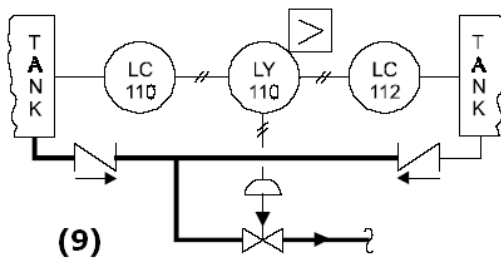
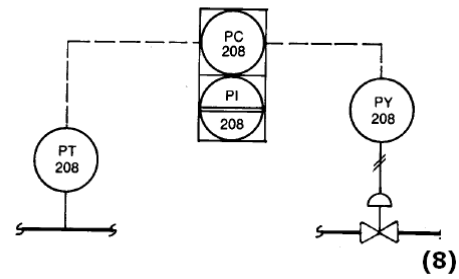
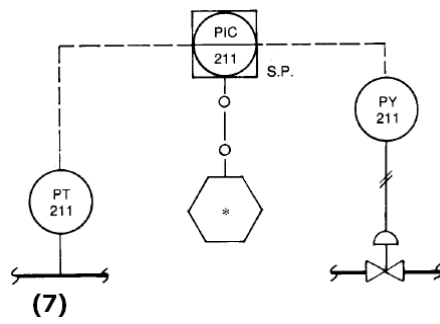
**Figura 3.15.** Fabricación de la cerveza y la instrumentación del proceso

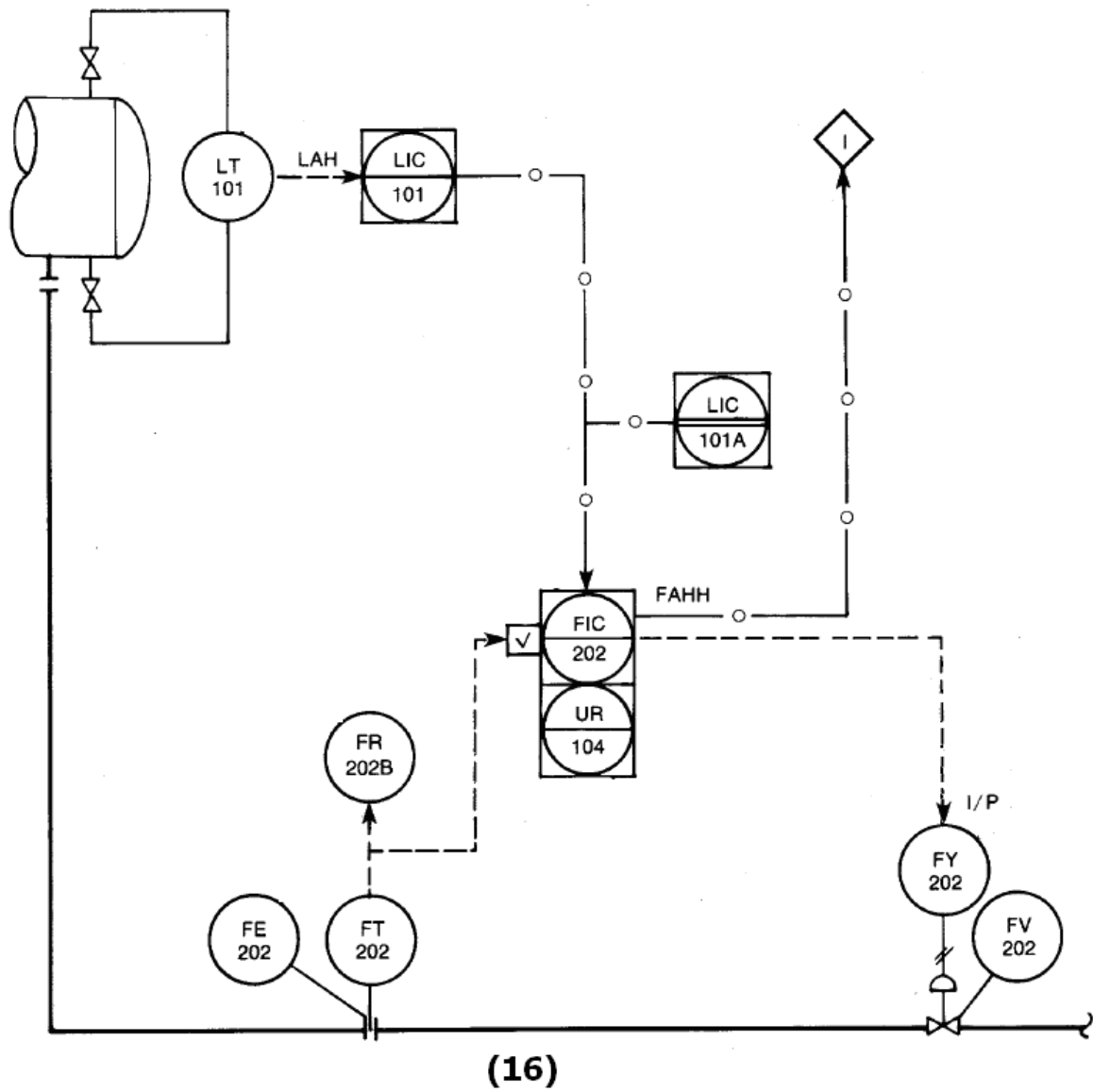
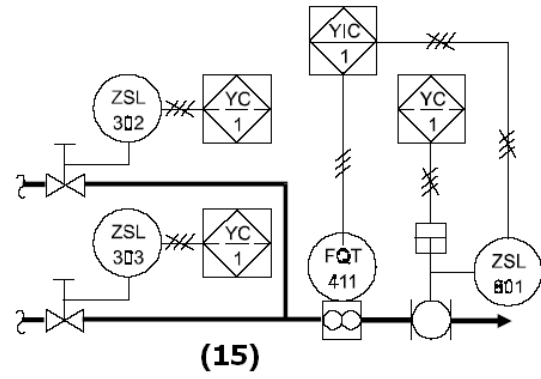
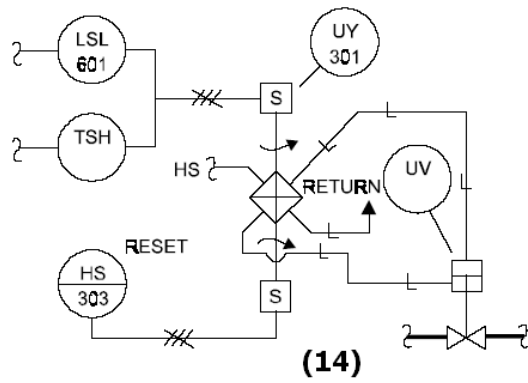
Se propone explicar el significado y la función de la instrumentación mostrada en el proceso de la figura 3.15.

## EJERCICIO

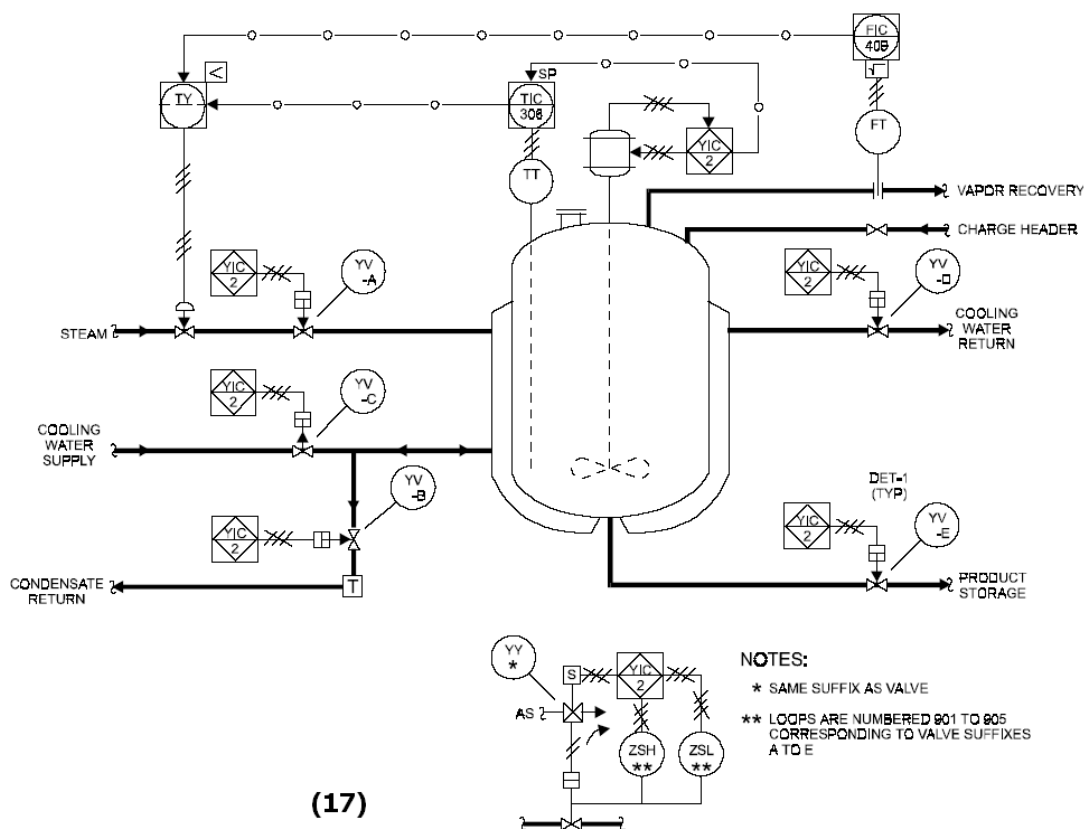
1. Extraer 20 palabras claves del capítulo y escribir su significado.
2. De acuerdo a la lectura del capítulo, que objetivos generales y específicos puede proponer y que, efectivamente se cumplieron.
3. Escriba el significado y país de origen de las siguientes normas internacionales: UNE, NF, UTE, BS, DIN, SEW, VDA, VDE, UNI, NEN, ANSI, API, ASME, ASTM, SAE, UL, EN, ENV, CEI, CIE, CISPR, ETS, IEC, ISO, ITU, OIML, UIC, JIS, AS, CSA, UNE, EIA, ISA, MIL, NFMA, NFPA, NSF.
3. Dibuje un diagrama en bloques de algún proceso industrial en lazo cerrado y escriba en cada bloque los instrumentos utilizados, de acuerdo a los instrumentos mencionados hasta la sección 3.10.
4. Escriba tres razones por las que es necesario utilizar las normas ANSI/ISA.
5. Explicar cada uno de los siguientes subprocesos, de acuerdo a la simbología.





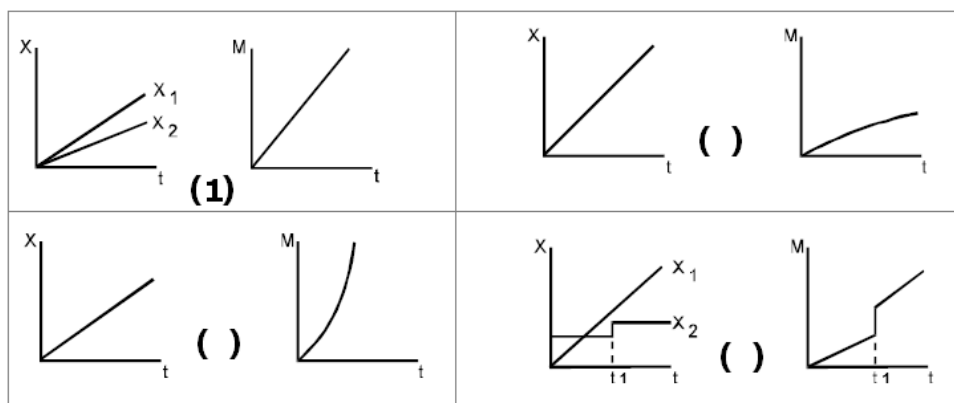


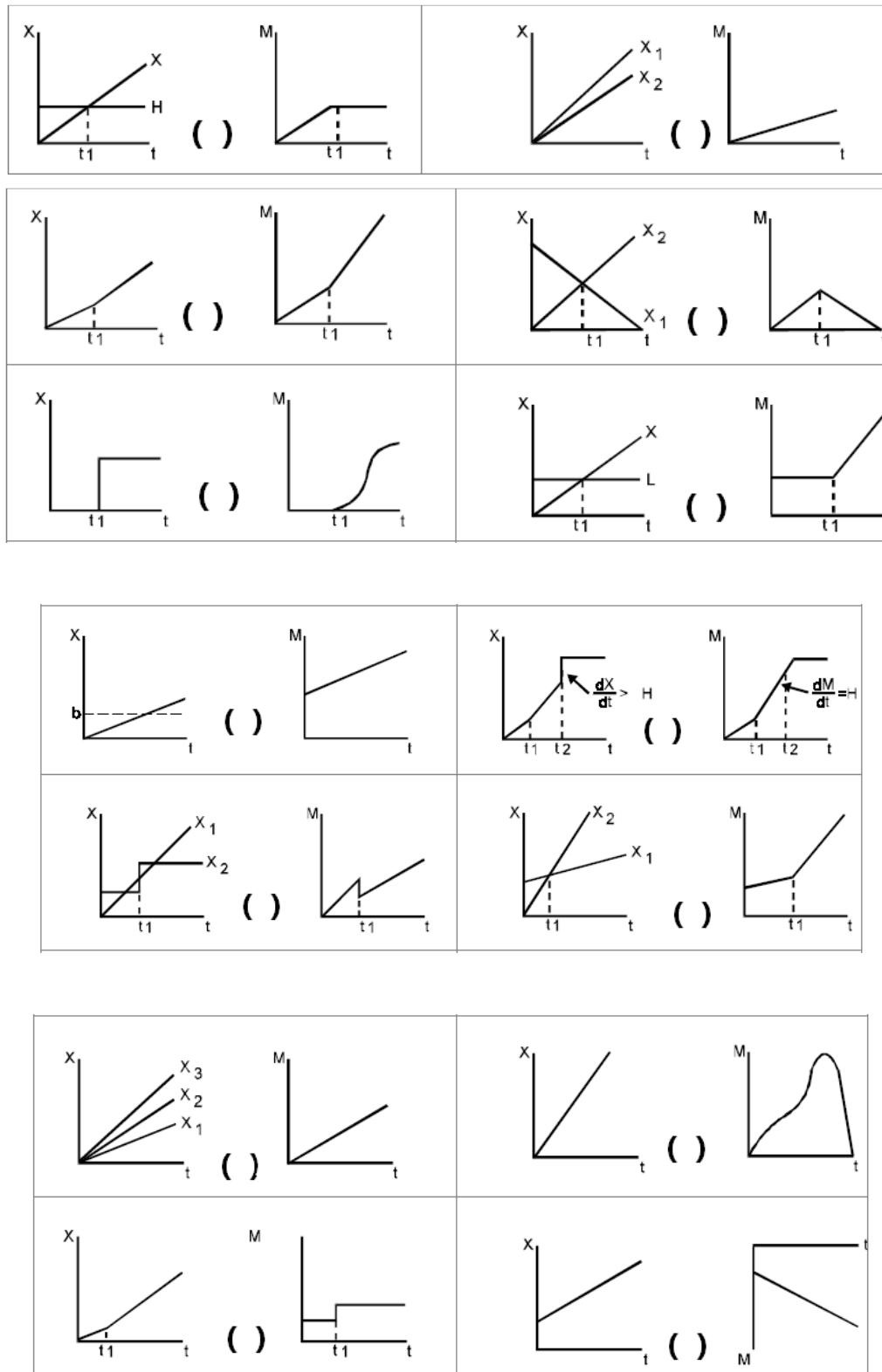




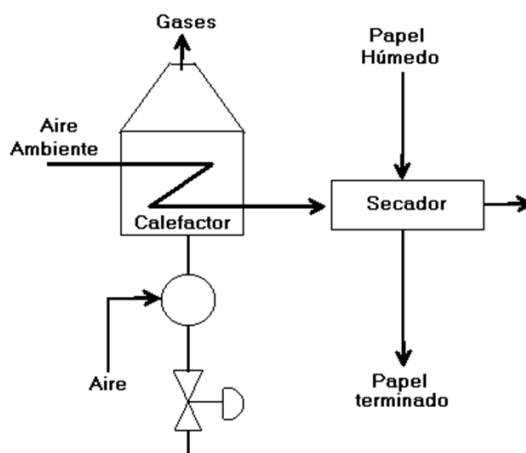
(17)

6. En cada cuadro de la siguiente figura aparece una señal de entrada ( $X, t$ ) y la señal de salida ( $M, t$ ). Estas gráficas se asocian a las funciones indicadas en la **TABLA 3**. Por ejemplo, la función suma (No 1 en la **TABLA3**) es la primera gráfica a la izquierda, así que en el espacio se escribe (1). Completar todos los espacios, de acuerdo a las gráficas y las funciones indicadas en la TABLA 3.





**7. Problema:** el proceso de secado de papel húmedo es una de las últimas etapas en la fabricación del papel. El siguiente diagrama muestra esta fase.



El proceso del control es el siguiente:

7.1 Cuando el papel húmedo pasa por un sensor, su humedad es medida, dándole una indicación al controlador para establecer la temperatura del aire caliente para secar suficientemente el papel y evitar sobre calentamiento.

7.2 La temperatura del aire caliente se controla a través de una válvula neumática.

7.3 Cuando el papel sale, se vuelve a medir su humedad, para ajustar aun más el aire, con el fin de ahorrar energía y mejorar la calidad del papel.

7.4. El control toma las decisiones adecuadas de acuerdo a la humedad en la entrada y la salida y la presión del combustible.

Coloque los instrumentos de control de acuerdo a la simbología ANSI/ISA. Dibuje el diagrama de bloques correspondiente.

**8. Problema:** El proceso que se muestra en la siguiente gráfica es el de una planta de fabricación de panela.

↳ Una vez listo el sistema para iniciar (recipientes y filtro limpio, caña lista, vagazo eliminado), se presiona un botón de arranque.

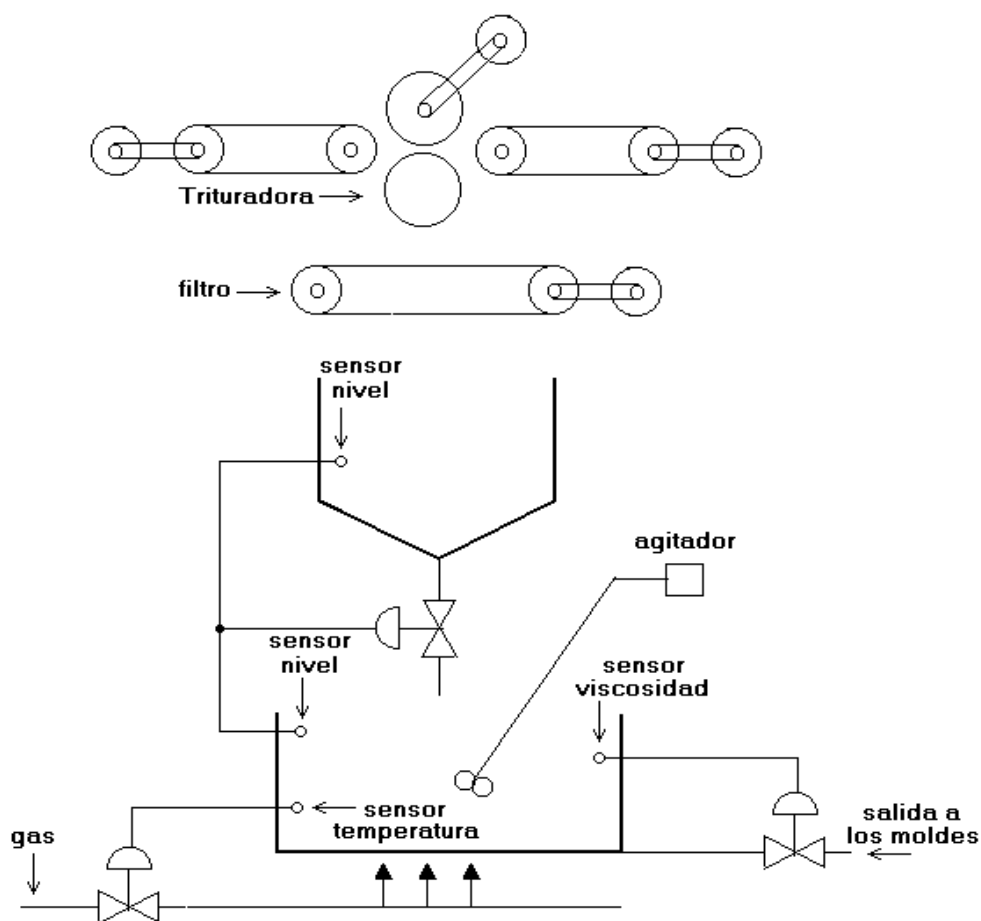
↳ Inmediatamente se accionan automáticamente los motores correspondientes a:

- Motor que mueve la banda que transporta la caña al molino (trapiche)
- Motor que mueve el trapiche
- Motor que mueve la banda que desaloja el bagazo.

El motor que se encarga de mover el filtro, para evitar que se tape.

↳ A medida que la caña va pasando por el molino, se obtiene el jugo, el cual, luego de pasar por el filtro, se recoge en el recipiente de arriba de la gráfica.

- ↳ Cuando el jugo llega al nivel establecido en el primer tanque, se suspende la acción de los motores, se determina el nivel del segundo tanque (inferior en la gráfica) el cual debe estar desocupado. Si es así, se abre la válvula del primer tanque y el jugo pasa al tanque inferior.
- ↳ Se inicia el proceso de cocción, mediante la válvula que permite el paso de gas. La temperatura del recipiente se monitorea para asegurar el calentamiento adecuado de la melaza.
- ↳ Simultáneamente con el calentamiento se agita la mezcla con un agitador, que es movido por otro motor. La velocidad de agitación también es controlada.
- ↳ El líquido se va endureciendo y esta característica se monitorea con un sensor de viscosidad. El grado de viscosidad va a depender de la temperatura de calentamiento y del mezclado de la melaza.
- ↳ Cuando se llega a la dureza adecuada, se interrumpe el calentamiento, el agitador se detiene y, un tiempo después, se abre una válvula a través de la cual sale la melaza espesa, de donde pasa a los moldes en donde forma la panela propiamente, para el consumo.



Estudiar el diagrama según el funcionamiento descrito y colocar los instrumentos de control usando la simbología ANSI/ISA. Dibuje el diagrama de bloques del proceso.

Si se *puede mejorar el proceso*, anotar sus sugerencias.

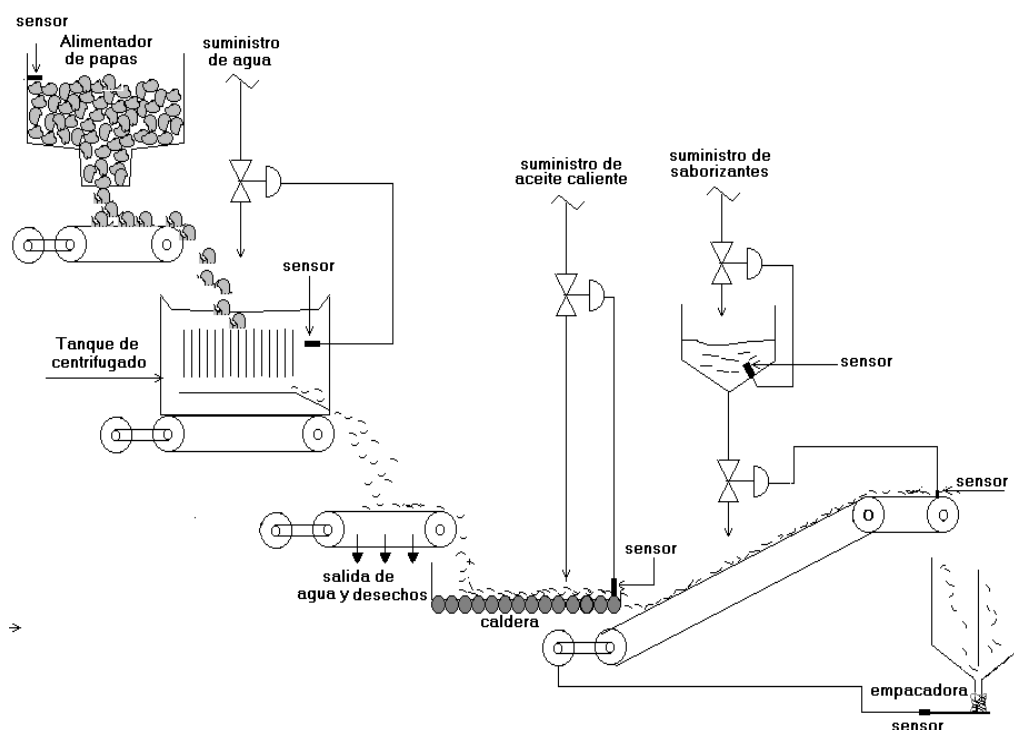
9. **Problema:** El siguiente diagrama ilustra una planta procesadora para la preparación y empackado de papas fritas.

El funcionamiento de esta planta es así:

9.1. Se prepara la cantidad necesaria de papas.

9.2. Fija el nivel de agua en el tanque de centrifugado, en donde se pelan, lavan y cortan las papas.

9.3. Se inicia el proceso con un botón de arranque (start) efectuado por un operario. Las papas se desplazan por la banda y caen en el tanque de centrifugado.



9.4. Las papas ya cortadas salen a otra banda en donde se secan; de allí pasan a la caldera. En esta banda se extrae el agua y desechos.

9.5. Las papas atraviesan la caldera que ya estaba previamente caliente; en esta parte las rodajas de papas son sumergidas en una capa de aceite caliente.

9.6. Salida de las papas ya fritas, en donde se hace un control de calidad.

9.7. Paso de las papas a una banda en donde se le adicionan los saborizantes.

9.8. Esta banda distribuye las rodajas de papa para que los saborizantes penetren a cada rodaja y para que el empackado sea más fácil.

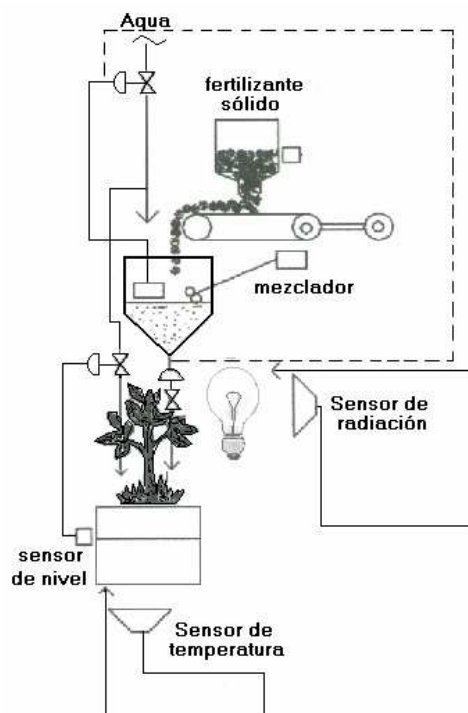
9.9. Empackado del producto controlando el peso en cada bolsa.

9.10. Sellado del empaque y almacenamiento para su distribución.

Basado en el esquema y el funcionamiento anotado, colocar los instrumentos de control necesarios para el proceso. Utilizar la simbología ANSI/ISA.

Si tiene *sugerencias para que el proceso sea mejorado*, anotar sus comentarios y dibujar las alteraciones.

**10. Problema:** El diagrama mostrado en la siguiente figura indica la manera en que se controlan las variables de un cultivo hidropónico.



Dispone de los siguientes controles:

**Control de nivel de agua:** se encarga de medir el nivel de agua conveniente para ser mezclado con el fertilizante que se agregará al cultivo. Este circuito funciona cada 24 horas durante 15 minutos.

**Control de nivel de fertilizante:** en un recipiente se almacena una cantidad determinada de fertilizante sólido que se disuelve con agua, de acuerdo con la característica de la planta. Se activa al mismo tiempo que el sensor de nivel de agua pero solo dura activado 10 minutos.

**Control de velocidad de la banda:** que transporta el fertilizante sólido, de manera que se disponga solo de la cantidad requerida. Funciona simultáneamente con los dos anteriores sensores.

**Control de velocidad del mezclador:** funciona simultáneamente con los sensores anteriores, y mientras se este introduciendo fertilizante.

**Control de nivel de agua en las materas:** se ubica dentro de las materas y controla que la cantidad de agua en el cultivo sea la adecuada al cultivo. Opera durante las 24 horas activándose cuando sea necesario.

**Control de luminosidad:** Es un sensor de radiación ubicado cerca de las plantas y permite fijar la iluminación suficiente para el crecimiento normal de la planta.

**Control de temperatura:** basado en un termómetro y permite que la temperatura se mantenga dentro de los rangos permitidos por las plantas para su desarrollo normal.

Añadir los instrumentos de control y sensado necesarios para efectuar el control completo de las variables anotadas utilizando la simbología ANSI/ISA. Describa los tipos de sensores que utilizaría para este control, cuáles se adquieren comercialmente e indicar fabricantes y especificaciones.

#### 11. FABRICA DE GALLETAS RECUBIERTAS

Funcionamiento de La Planta De Producción.

La planta cuenta con un interruptor de encendido principal que hace que las fases R, S, T (Sistema de alimentación trifásico) se conecten o se desconecten cuando la planta este o no en funcionamiento. A continuación se dispone de dos pulsadores, uno de Start (Inicio) que da comienzo al funcionamiento de la planta y un pulsador de Stop que detiene los procesos de la fábrica cuando se presente alguna emergencia (pulsador parada de emergencia).

Al iniciar el funcionamiento, se activan las válvulas de los ingredientes para que estos sean depositados dentro del contenedor. Allí se cuenta con un sensor de nivel que indica cuando debe iniciar el proceso de mezclado de los ingredientes, donde un temporizador a la conexión (ton) controla el tiempo de este proceso; luego se da paso a una banda transportadora que lleva los contenedores (moldes de las galletas) y mediante un sensor de posición que indica que los moldes están en la posición correcta, la banda transportadora se detiene y la mezcla es vertida dentro de los contenedores (moldes); la acción de llenado es regulada por un temporizador que controla el tiempo de llenado.

Una vez lleno el contenedor (molde de las galletas), la banda transportadora que lleva los moldes de las galletas continua su operación, enseguida los moldes van al horno el cual se enciende desde el momento en que son vertidos los ingredientes principales de la masa para preparar las galletas, este horno cuenta con un sensor de temperatura el cual evita que las galletas queden crudas o se quemen. Este horno cuenta con una banda transportadora interna que permite que las galletas salgan por el costado contrario por el que entraron.

Una vez cocidas las galletas el molde saliente del horno es entregado a una segunda banda transportadora que conduce al sector de saborizantes (cremas), donde se coloca la crema que recubre las galletas. Allí se tienen tres sensores de posición y cada uno con un contador que permite fabricar una cierta cantidad de galletas recubiertas de dicha crema; este contador es programado según los requerimientos del fabricante de galletas. Los sensores de posición hacen que se detenga la banda transportadora para poner cada uno de los sabores sobre el producto, las electroválvulas dan paso a la capa de sabor y se encuentran controladas por un temporizador que regula la cantidad de sustancia a colocar y por el contador que le indica si ya completo la producción de un cierto tipo de galletas.

Luego de finalizado el proceso de recubrimiento de la galleta, se pasa al proceso de empaque; el accionar de este proceso es de la siguiente manera: el brazo robot toma el molde con las galletas ya recubiertas y lo ubica sobre una de las cajas que van sobre la banda transportadora tres, una vez hecho este proceso el gira de manera delicada el molde boca abajo vertiendo las galletas dentro de la misma; en este procedimiento se cuenta con un contador de eventos para indicar que la caja ya está llena de galletas y activa la tercera banda transportadora para que pase la siguiente caja vacía. Cuando la caja llegue al final de la banda transportadora sonará una sirena y se encenderá un indicador luminoso para indicar que la caja se encuentra llena de galletas, sea recogida y sellada por un operario.

#### Señalización:

*H0*, Indica que ocurrió un evento de emergencia en el proceso de la fabrica.

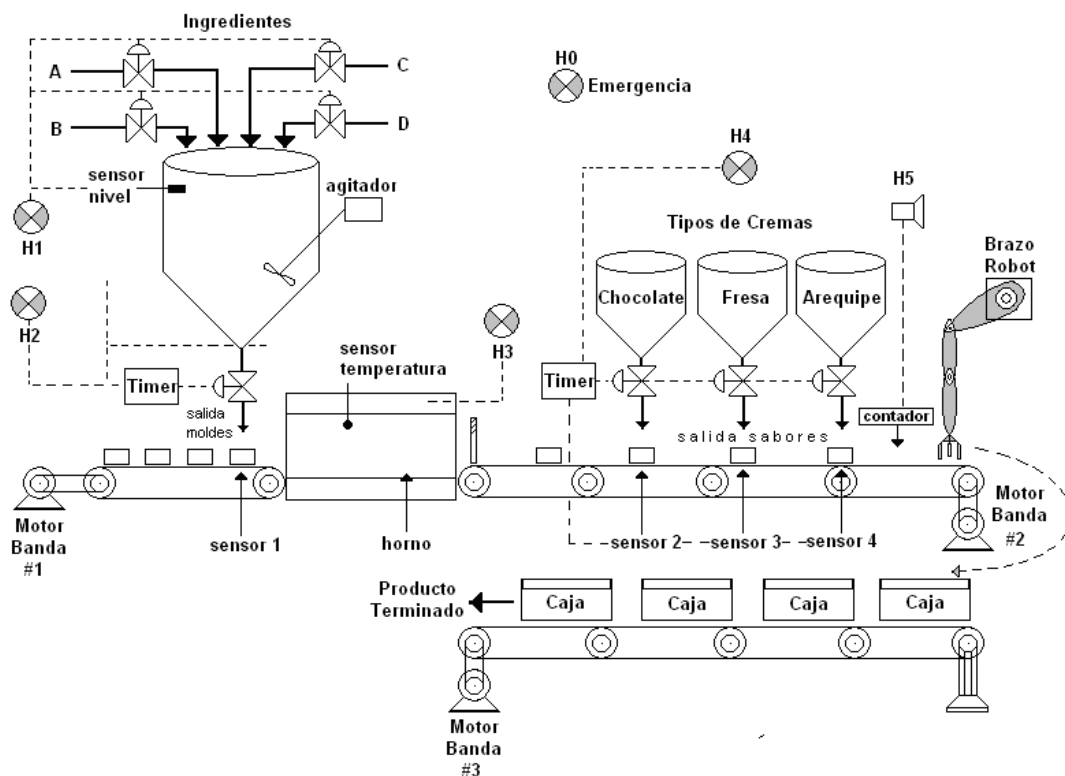
H1, Indica que los ingredientes A, B, C y D ya están en el contenedor principal, listos para ser mezclados y cocinados.

H2, Indica que la sustancia del contenedor tiene la mezcla adecuada, lista para ser servida en los moldes.

H3, Indica que el horno ya esta a la temperatura optima para hornear las galletas.

H4, Indica que hay moldes en la banda #2 para que se les coloque los sabores.

H5, Indica que ya hay una caja lista con galletas para que sean recogidas.



Para seguridad de la planta se disponen de algunas medidas para cuidar la integridad de los operarios dentro de la fábrica:

- En la zona del brazo robot se encontraran barreras de seguridad para impedir que ningún ser humano tenga acceso a esta parte.
- En la zona del horno se encontraran cortinas de seguridad que separen este lugar de las demás zonas de proceso, indicando que allí hay un alto riesgo, debido a las temperaturas que se manejan en este sitio.
- En los lugares donde se encuentran motores también habrán barreras de seguridad especiales que aislé este sito de algún contacto con el ser humano.

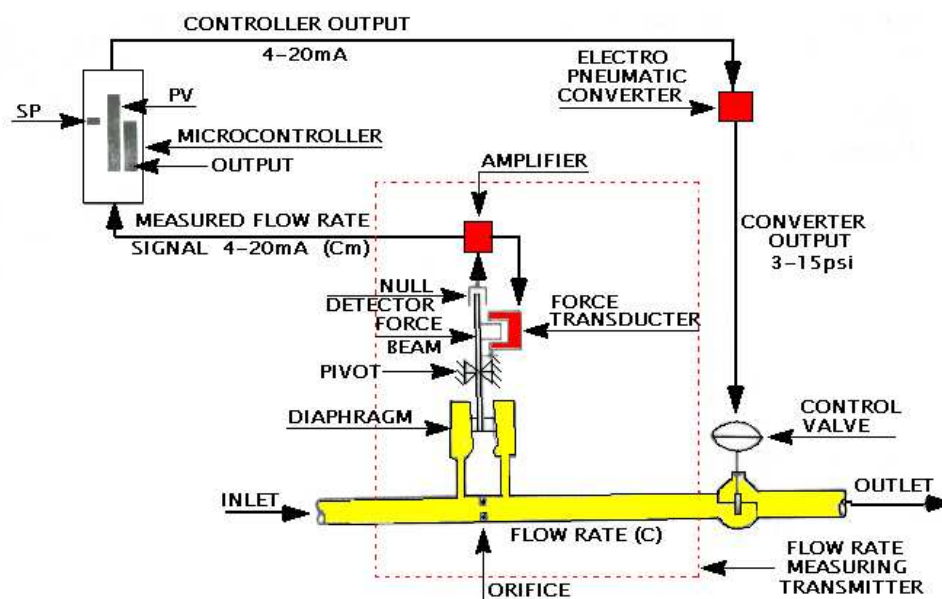
De acuerdo al proceso explicado, colocar la instrumentación necesaria para automatizar la fabricación de las galletas, de acuerdo a la norma ANSI/ISA. Explicar la función de cada instrumento adicionado.



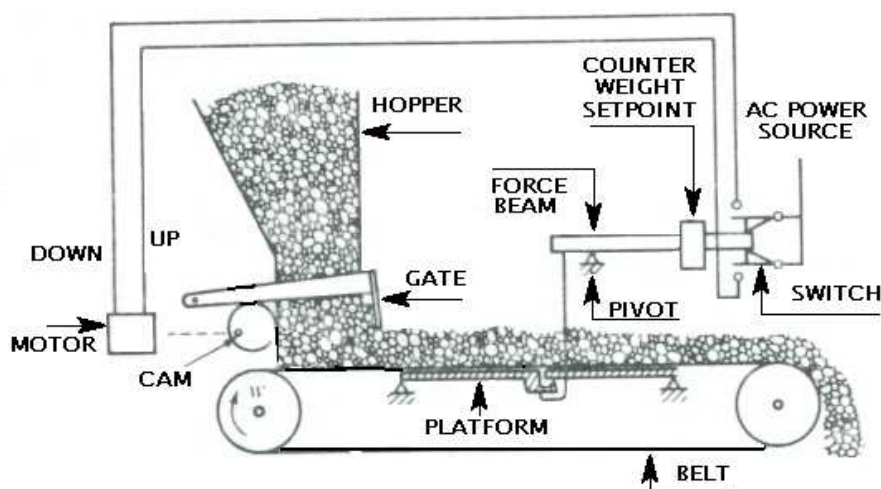
12. Los siguientes diagramas esquemáticos corresponden a distintos sistemas de control; así se encuentran sistemas para el control de velocidad, nivel, rata de flujo de líquido, presión de gas, velocidad de una máquina, espesor de papel, composición de la mezcla de un líquido. Para cada uno de esos procesos efectuar:

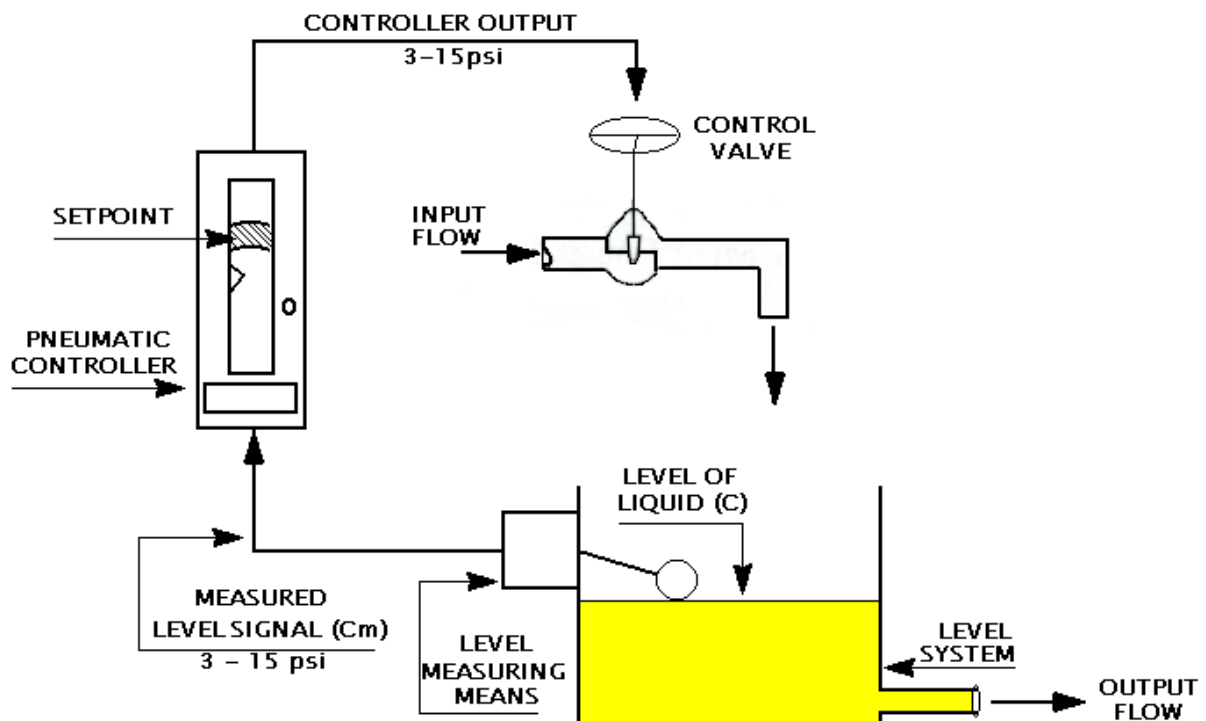
- Explicación del funcionamiento del proceso detalladamente.
- Asignación de los instrumentos de control de acuerdo a la simbología ANSI/ISA
- Dibujar el diagrama de bloques correspondiente que representa cada proceso.
- De los instrumentos que se menciona en cada proceso, asignar los que se pueden adquirir comercialmente, de acuerdo al listado de equipos e instrumentados dados en la sección 3.3 o su consulta en otros medios
- A cada control, dar una aplicación industrial, explicando el proceso correspondiente.

12.1.

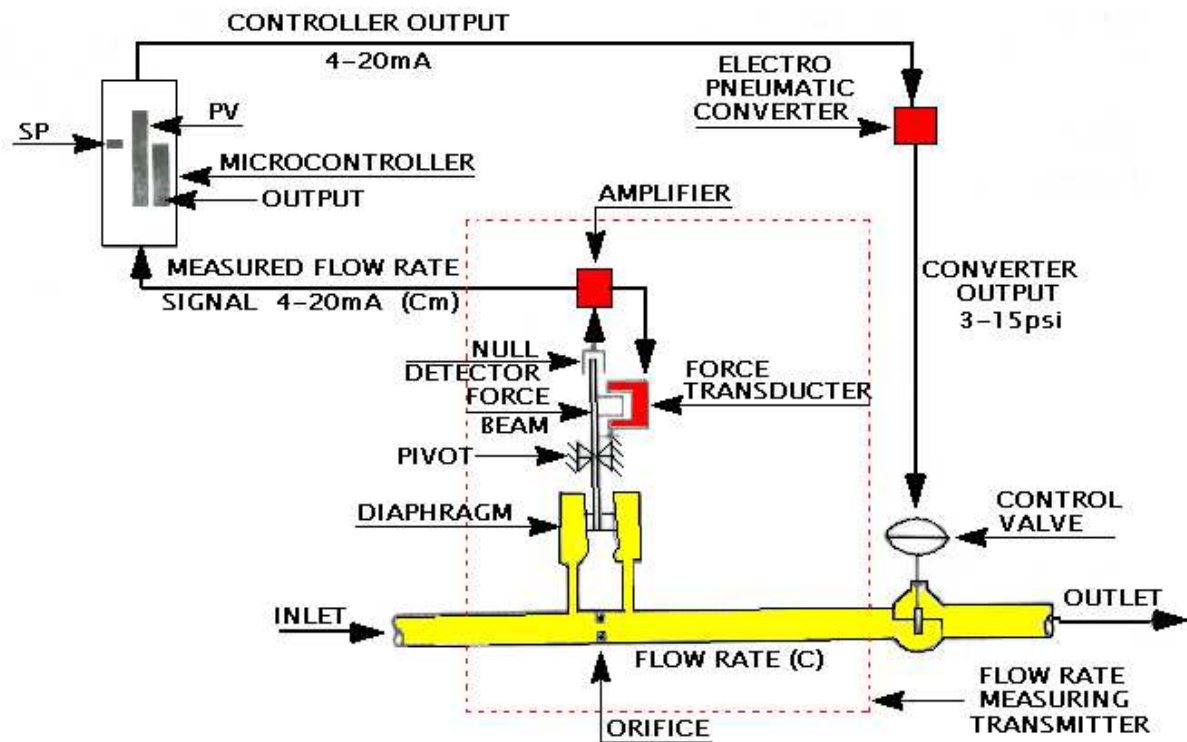


12.2.

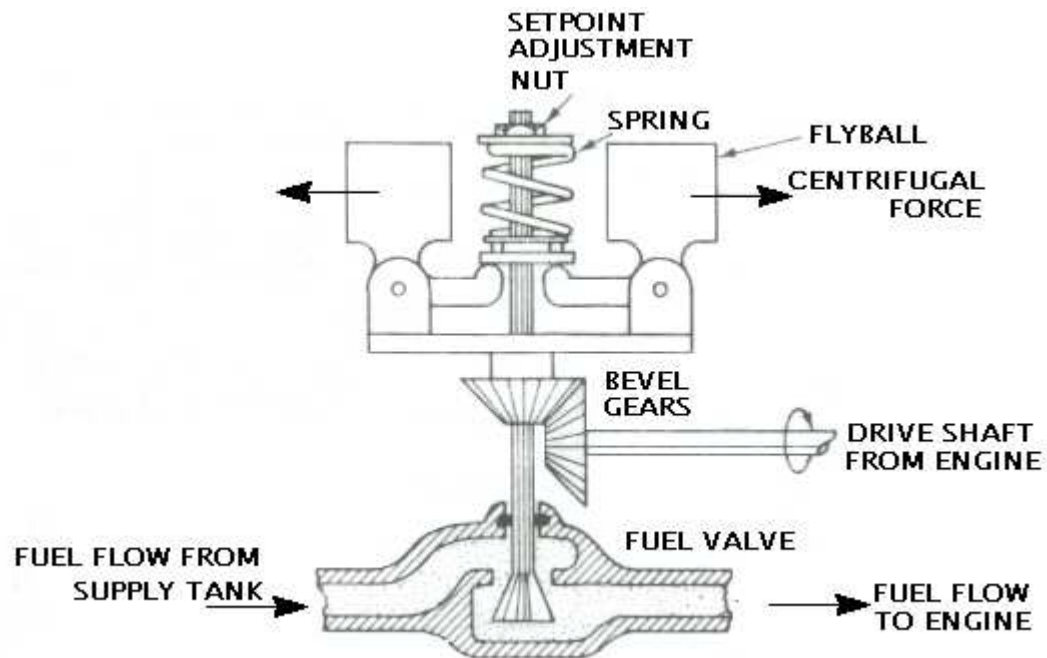




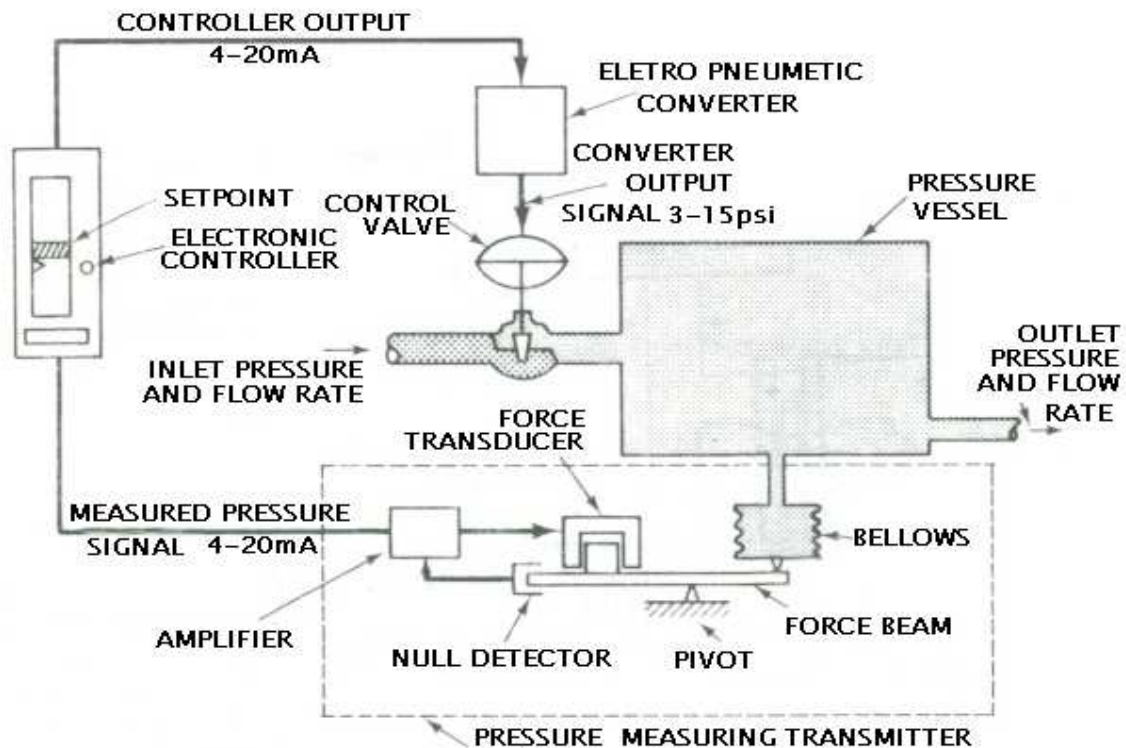
12.3.



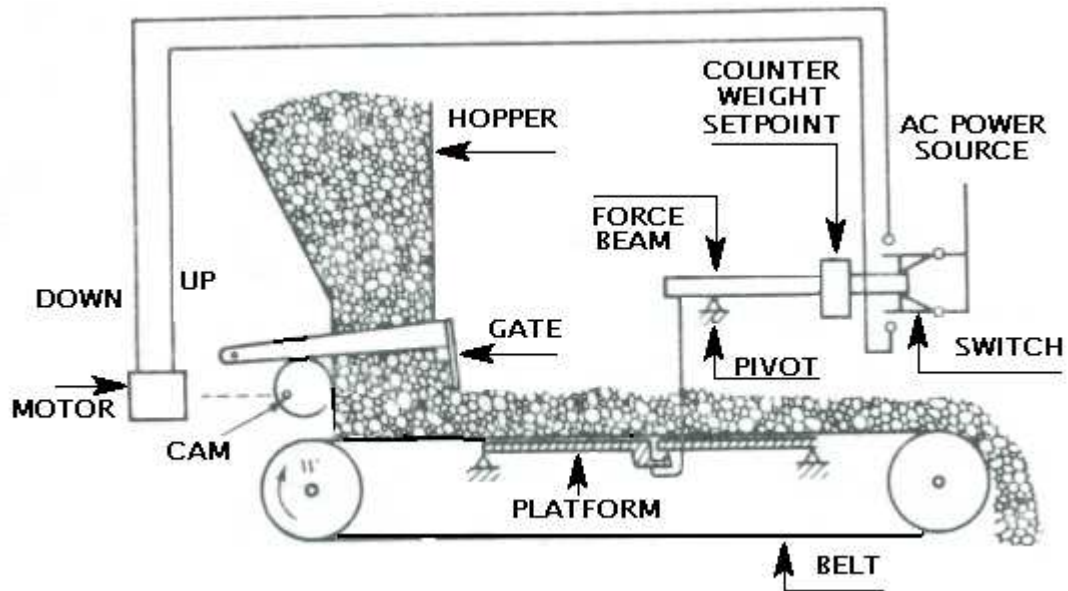
12.4.



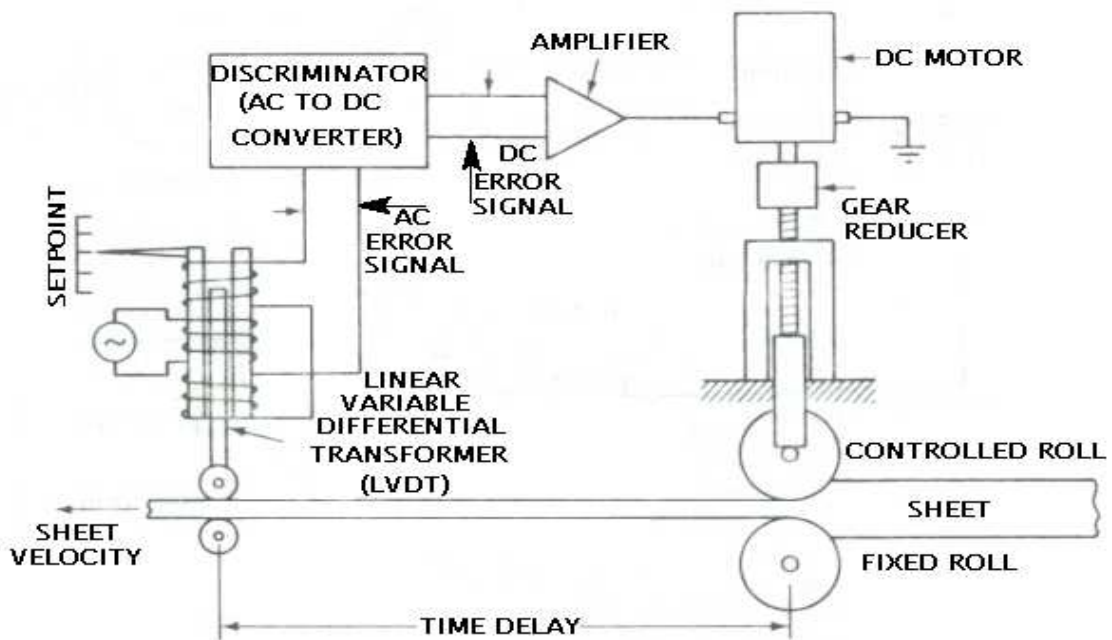
12.5.



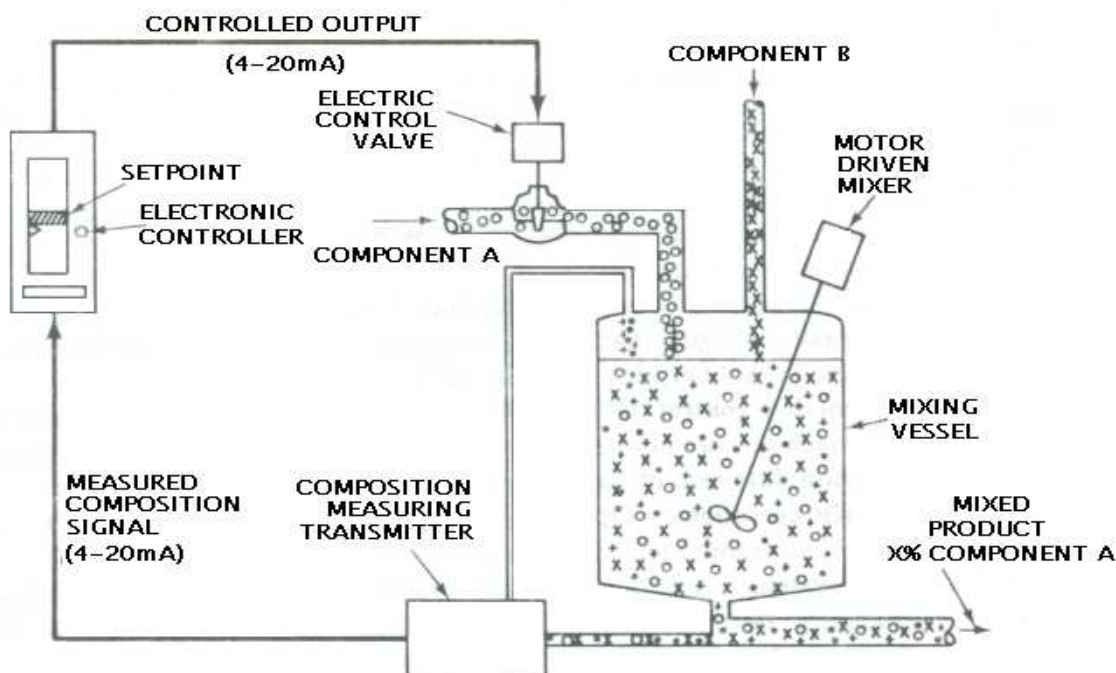
12.6.



12.7.



12.8.



13. Basado en los ejemplos desarrollados y ejercicios propuestos, invente algún proceso industrial. **Explicarlo detalladamente** y dibujar su diagrama de funcionamiento incluyendo la **mayor cantidad de instrumentación y controles posible**. Utilizar la simbología anotada según las normas ANSI/ISA.

Para mencionar *algunos* ejemplos de procesos industriales, se proponen los siguientes temas:

- 13.1 Fabricación de chocolatinas.
- 13.2 Fabricación de la leche condensada.
- 13.3 Proceso de fabricación de la cerveza.
- 13.4 Proceso de fabricación del papel.
- 13.5 Elaboración industrial de los jugos.
- 13.6 Proceso de fabricación de la leche asada.
- 13.7 Fabricación del vidrio.
- 13.8 Fabricación de las láminas de poliestireno mediante la extrusión
- 13.9 Proceso de producción de la torta y manteca de cacao.
- 13.10 Proceso de producción del Tolú (derivado de la soya).
- 13.11 Proceso de fabricación de la margarina.
- 13.12 Planta procesadora de cemento
- 13.13 Planta de refinamiento del petróleo
- 13.14 Etc., etc.