



- **CÁTEDRA: “SISTEMAS DE CONTROL (PLAN 2004)”**
- **DOCENTE: Prof. Ing. Mec. Marcos A. Golato**

ELEMENTOS DE CONTROLES AUTOMÁTICOS INDUSTRIALES

Universidad Nacional de Tucumán

Fundada el 25 de mayo de 1914

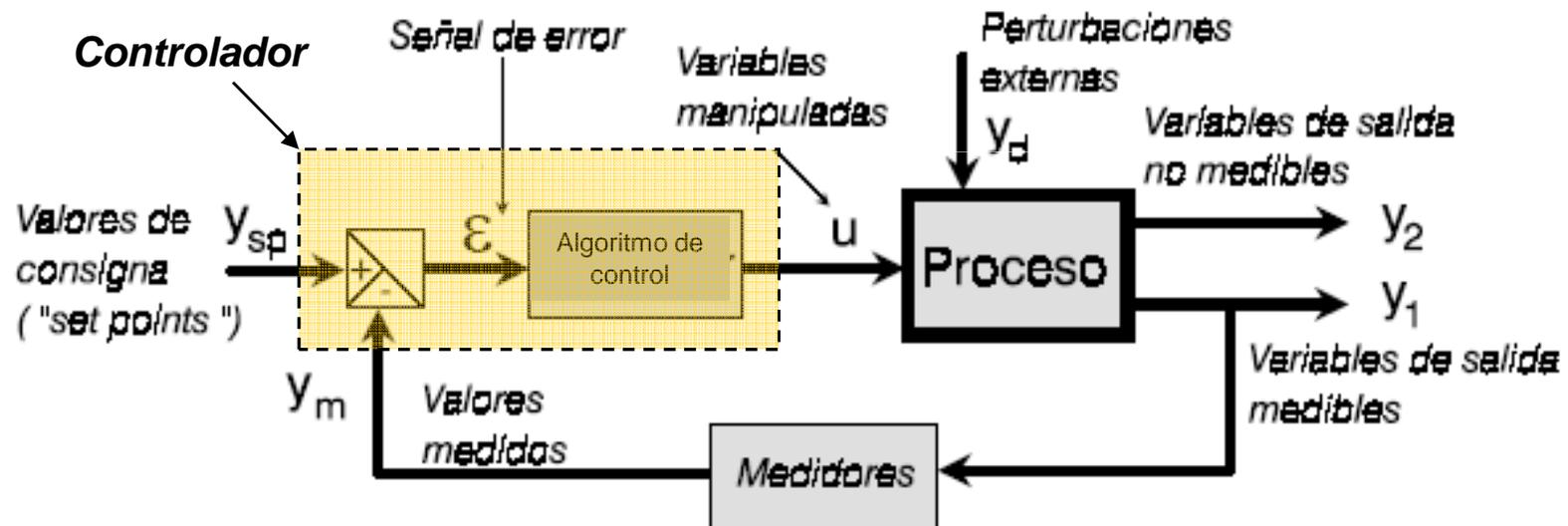


INTRODUCCIÓN

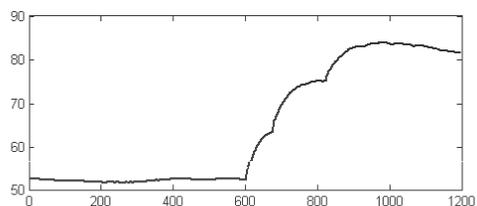
Anteriormente se indicó que los componentes básicos de un sistema de control eran:

- Elemento primario de medición
- Elemento secundario
- Controlador
- Elemento final de control

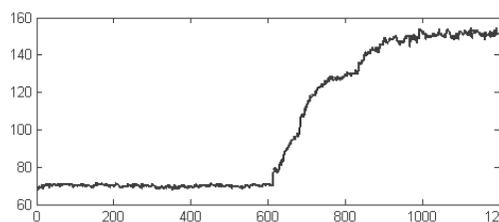
Por otro lado, un sistema de control característico de lazo cerrado se indicaba como:



Ejemplo: Intercambiador de calor

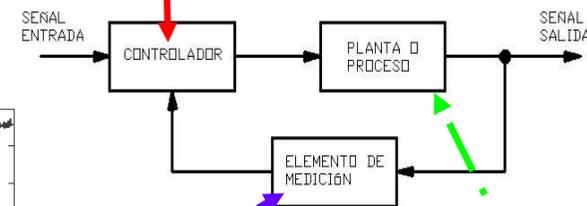


Salida de Control "CO"

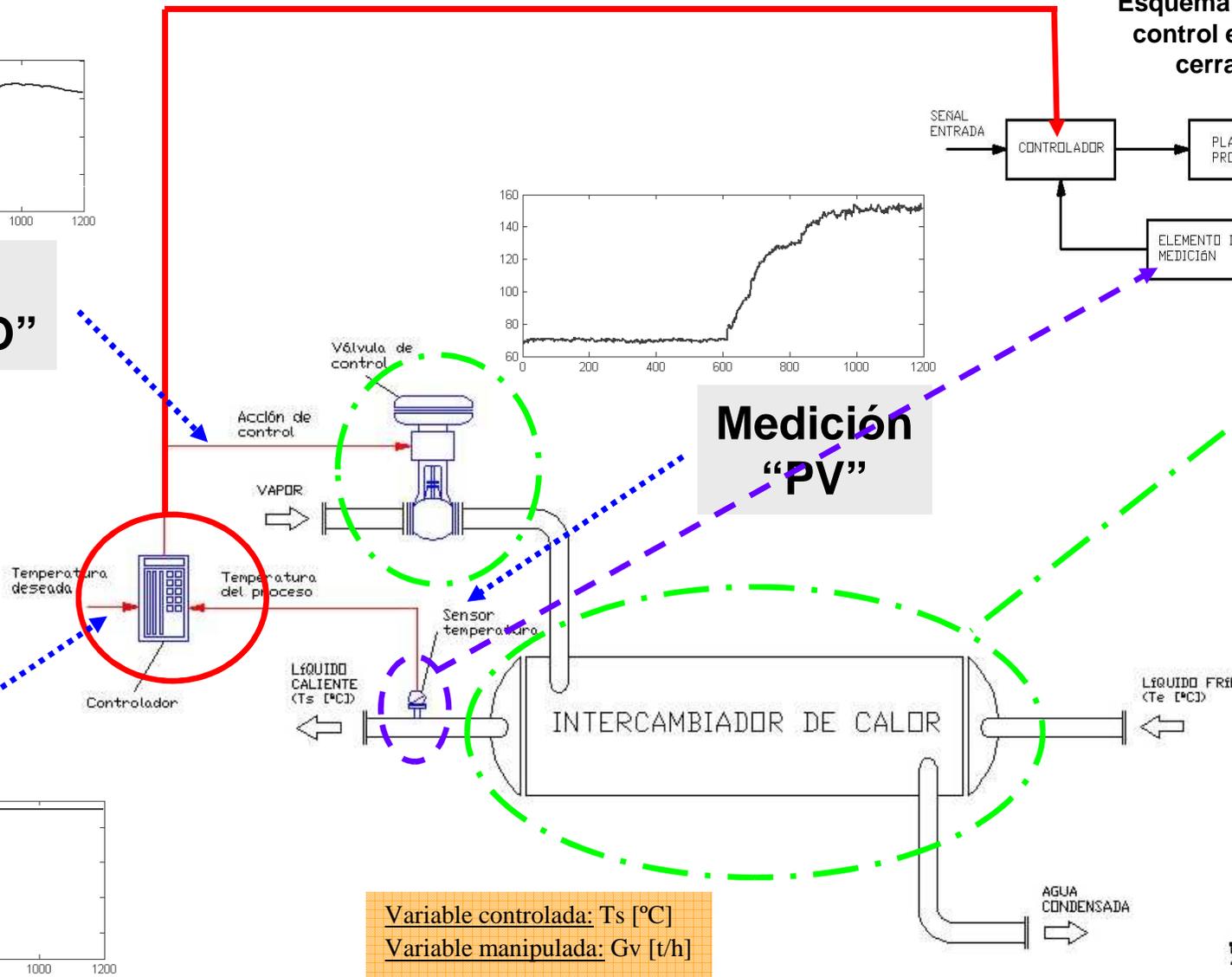
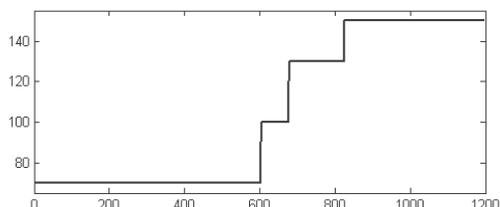


Medición "PV"

Esquema gral del control en lazo cerrado



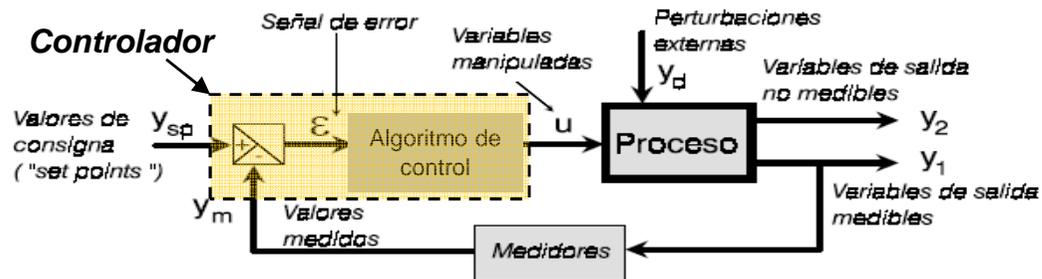
Objetivo "SP"



Variable controlada: T_s [°C]
 Variable manipulada: G_v [t/h]

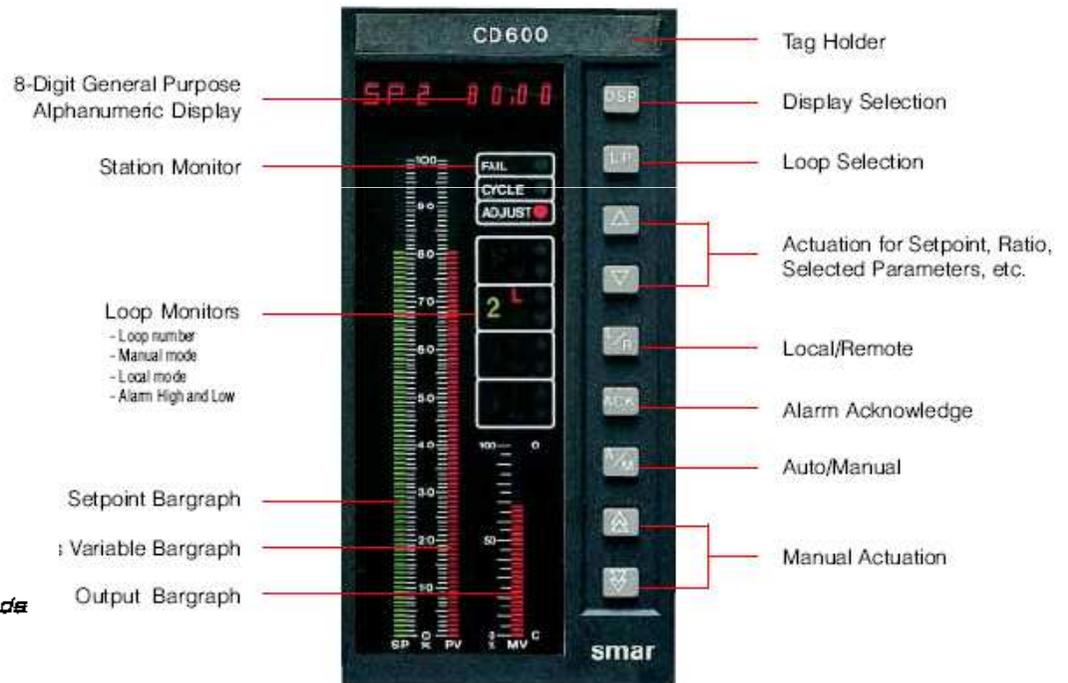
CONTROLADORES PID

Un controlador automático compara el valor real de la salida de una planta con la entrada de referencia (valor deseado), determina el error, y produce una señal de control que reducirá el error a cero, o a un valor muy pequeño. La forma como el controlador automático produce la señal de control, se denomina acción de control.



Cada controlador debe proporcionar lo siguiente:

1. Indicar el valor de la variable controlada: la señal del transmisor.
2. Indicar el valor de la señal siendo enviada a la válvula: la salida del controlador.
3. Indicar el valor de referencia (“setpoint”).
4. Tener un “switch” manual / automático.
5. Tener una perilla para fijar el setpoint cuando el controlador está en automático.
6. Tener una perilla para fijar la señal a la válvula cuando el controlador está en manual.



ESTRUCTURA INTERNA BÁSICA DE UN CONTROLADOR

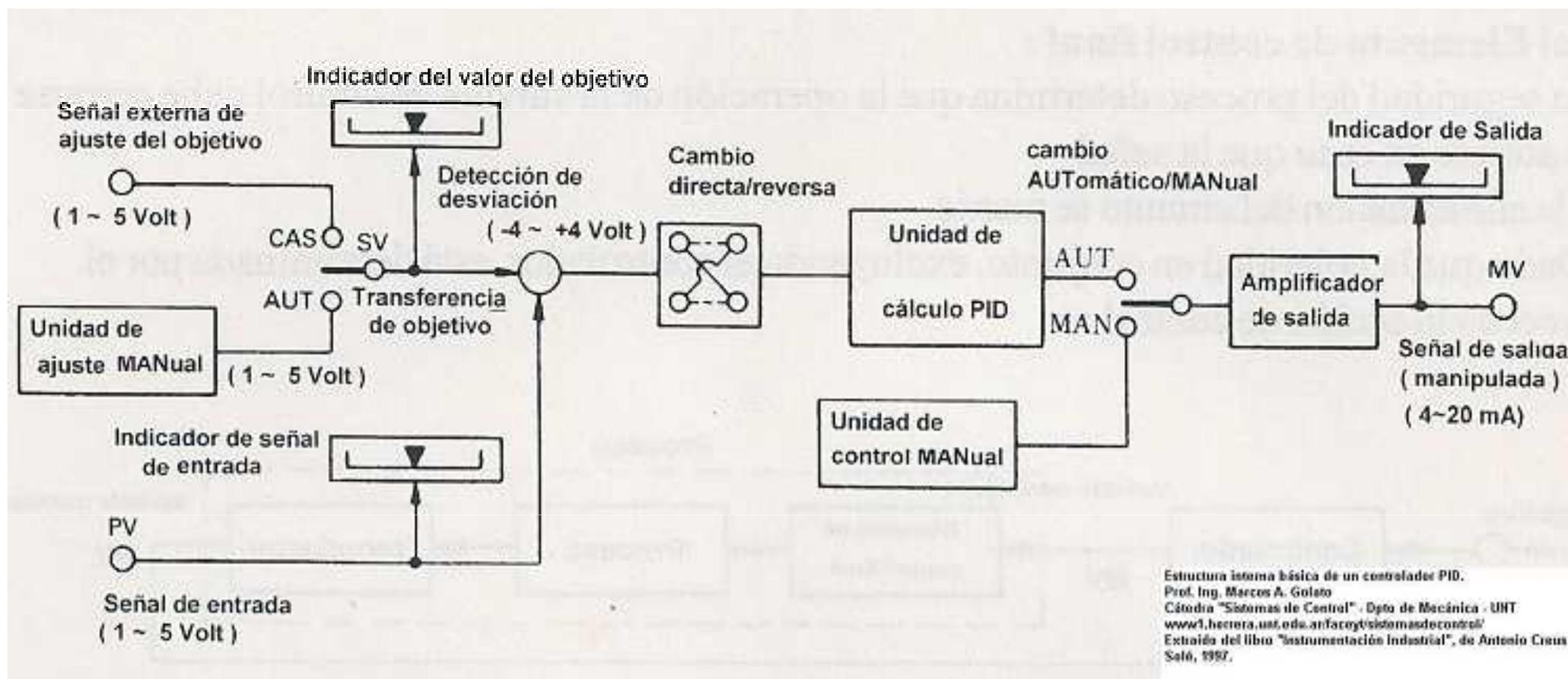
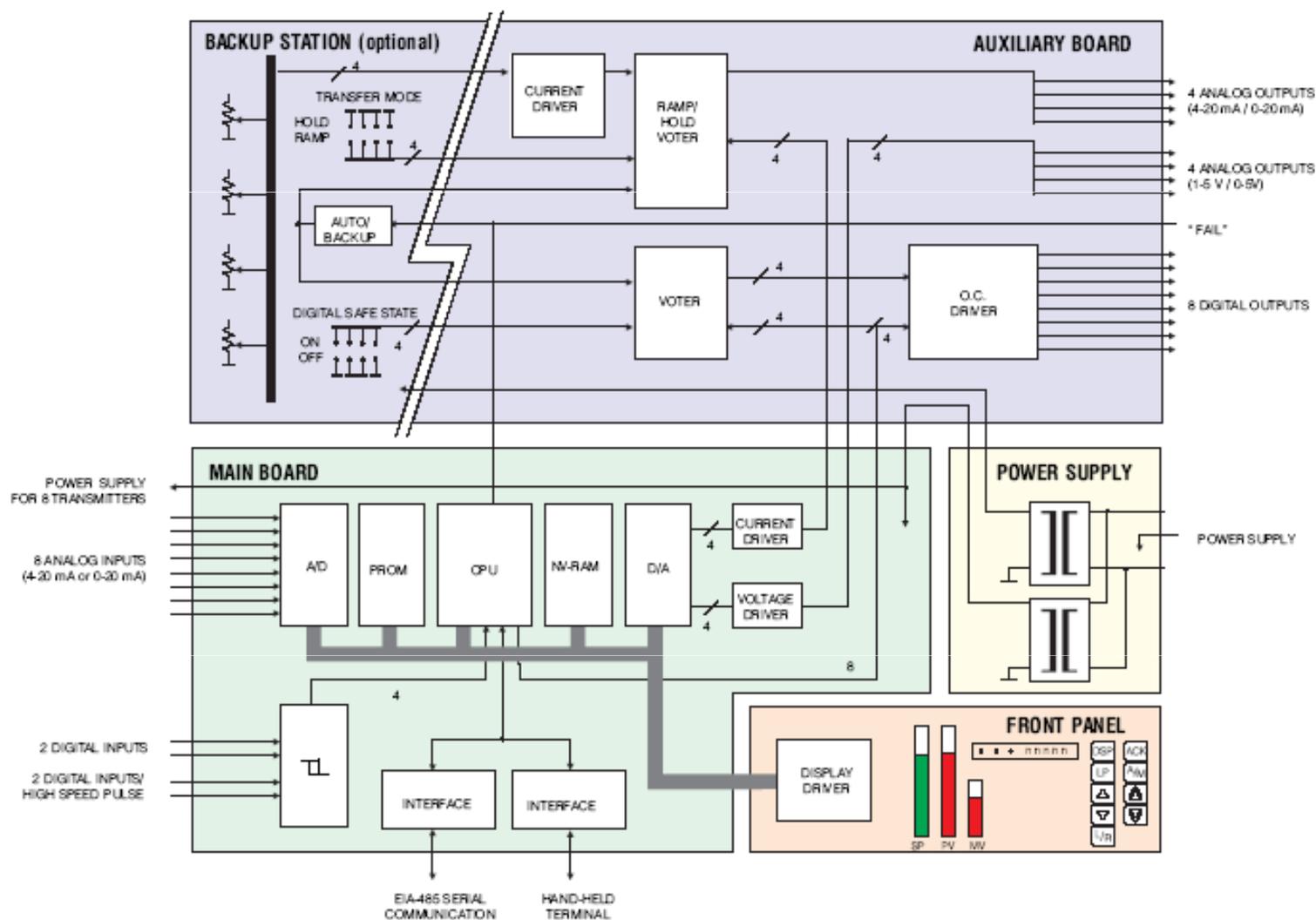


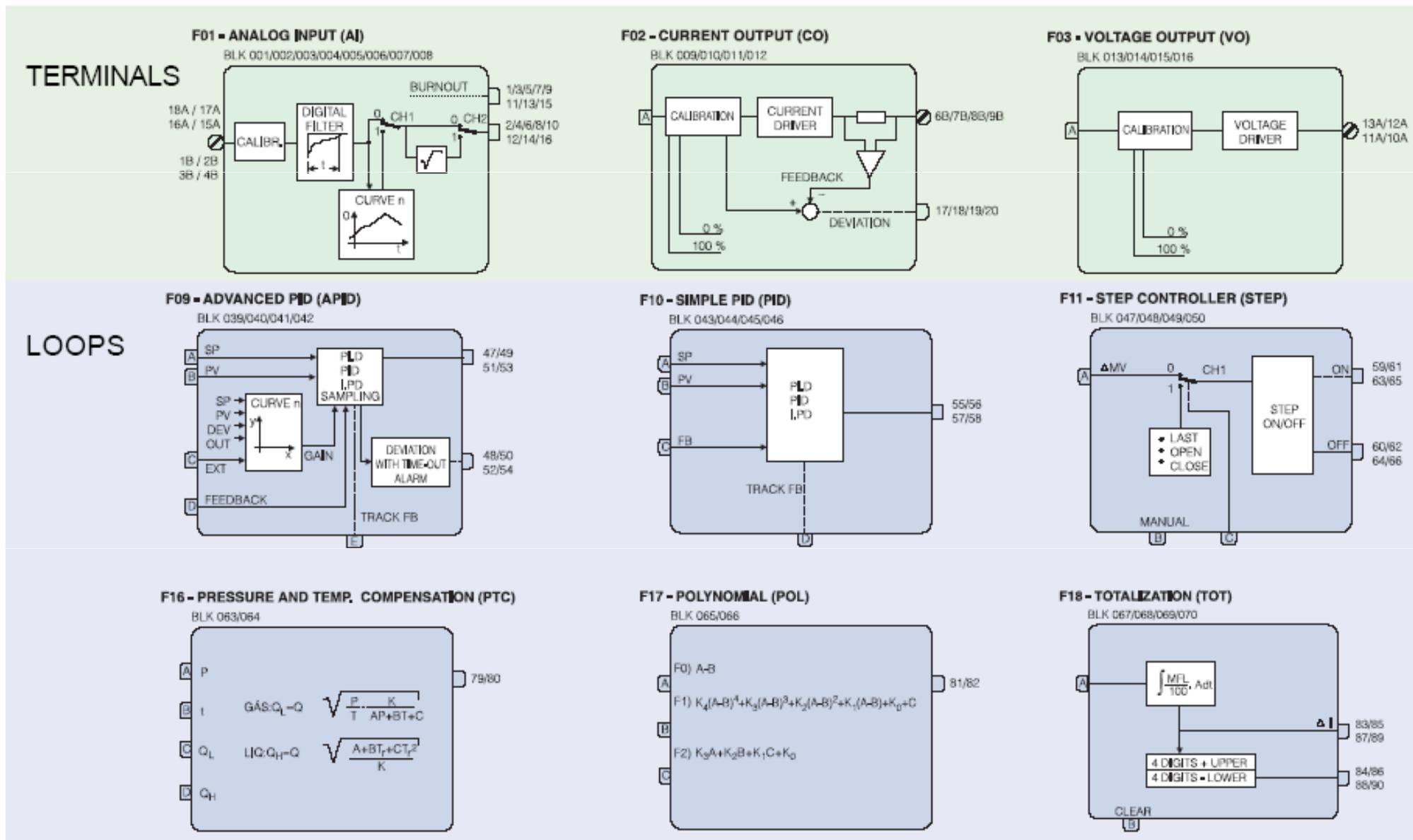
DIAGRAMA ELECTRÓNICO COMPLETO DE UN CONTROLADOR



CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE UN CONTROLADOR

| | | |
|------------------------------------|------------------------|---|
| Power Supply | | 24 Vdc 110/127/220/240 Vac - 60/50 Hz |
| Loops Monitored | 4 | Simple or complex loops with up to 8 PIDs |
| Analog Inputs | 8 | 1 to 5 Vdc or 0 to 5 Vdc, with input impedance of 1 MΩ 4 to 20 mAdc or 0 to 20 mAdc, with 250Ω shunt resistors (removable) Conversion accuracy: ±0.010 V |
| Digital Inputs | 4 | Open contact: 10 kΩ minimum or 3 to 24 Vdc Closed contact: 200Ω maximum or 0 to 1.7 Vdc maximum 2 inputs may be used for frequency, from 0 Hz to 10 kHz |
| Analog Outputs | 8 | 4 - 4 to 20 mAdc or 0 to 20 mAdc, with maximum load of 750Ω Resolution: ±0.050 mA 4 - 1 to 5 Vdc or 0 to 5 Vdc, with minimum load of 1500Ω Resolution: ±0.015 V |
| Digital Outputs | 8 | Transistor open collector, 45 Vdc, 100 mA maximum on resistive load |
| Auxiliary Power Supply | 1 | 24 Vdc, 160 mA maximum for up to 8 field transmitters |
| Front Panel Indication and Control | 2 1 1 23 9 | 101-element LED bargraphs for Setpoint and Process Variable indication 41-element LED bargraph for Output indication 8-digit, general purpose alphanumeric display LEDs for alarm, status and loop monitoring Function keys |
| Processing Cycle Time | | Adjustable (100 - 250 ms) |
| Serial Communication Port | 1 | EIA-485 |
| Configuration Definition | | Software function blocks (programming) or pre-programmed control configurations |
| Configuration Entry | | Hand-Held Terminal or IBM-PC compatible personal computer |
| Optional Backup Station | 1 | Provides backup for the 4 analog current outputs and for 4 digital outputs Both preset and follow-up modes selectable |
| Installation Conditions | | Ambient: 0 to 43°C, 20 to 90% RH Maximum Consumption: Basic 12.5 VA(ac)/10 W(dc) Backup 10 VA(ac)/8 W(dc) Add 0.7 VA(ac) or 0.5 W(dc) / transmitter powered |
| Dimensions | | 2.834 x 5.669 x 19.468 (inches) 72 x 144 x 494 (mm) |
| Weight | | DC Models: Set with backup - 3.14 kg/6.92 lb Set without backup - 2.83 kg/6.24 lb AC Models: Set with backup - 4.12 kg/9.08 lb Set without backup - 3.60 kg/7.93 lb |

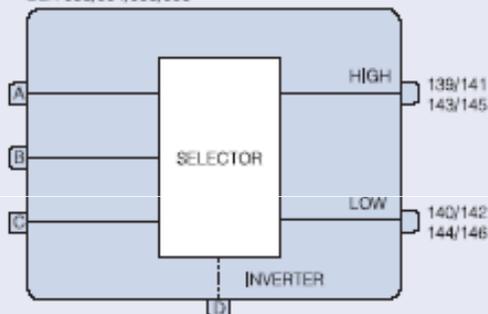
BLOQUES OPERACIONALES DE UN CONTROLADOR



BLOQUES OPERACIONALES DE UN CONTROLADOR

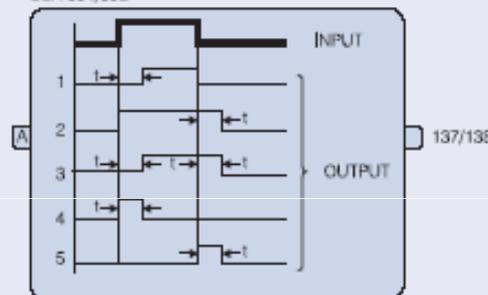
F26 - HIGH / LOW SELECTOR (H/L)

BLK 093/094/095/096



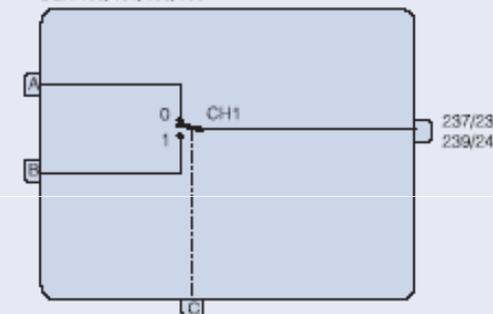
F25 - TIMER (TMR)

BLK 091/092



F29 - INPUT SELECTOR (ISEL)

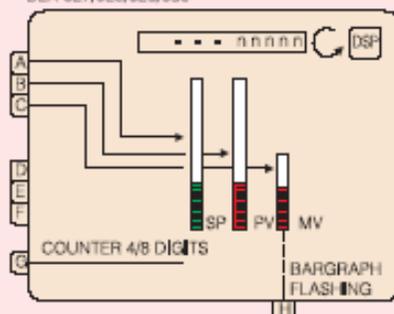
BLK 103/104/105/106



PANEL

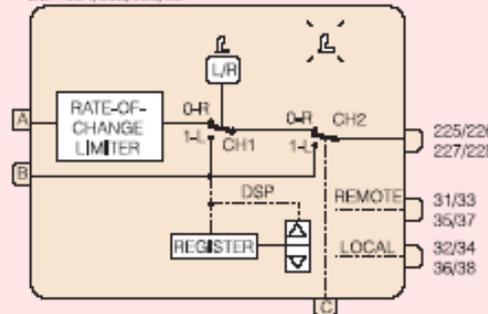
F06 - FRONT VIEW (FV)

BLK 027/028/029/030



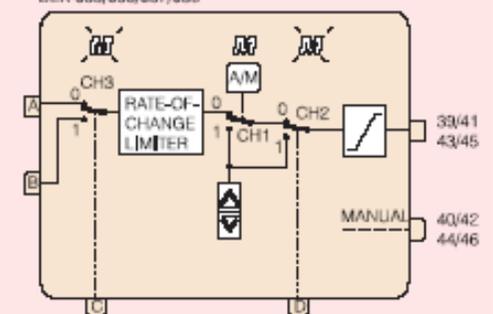
F07 - LOCAL / REMOTE SP SELECTOR (L/R)

BLK 031/032/033/034



F08 - AUTOMATIC / MANUAL STATION (A/M)

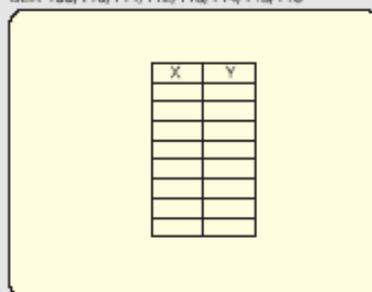
BLK 035/036/037/038



GENERAL

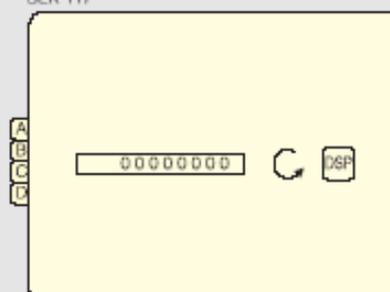
F31 - LINEARIZATION CURVE (PNT)

BLK 109/110/111/112/113/114/115/116



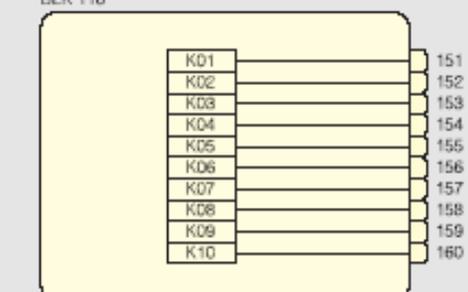
F32 - GENERAL VISUALIZATION (GV)

BLK 117



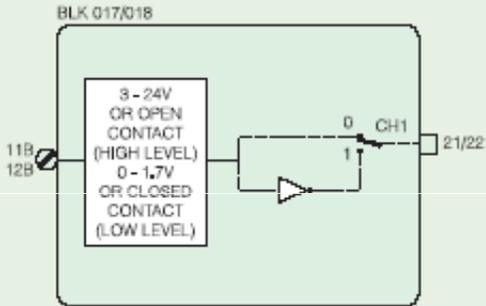
F33 - CONSTANTS (K)

BLK 118

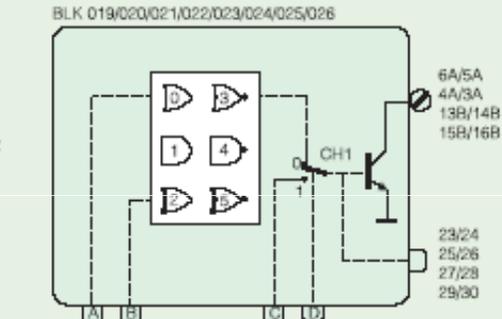


BLOQUES OPERACIONALES DE UN CONTROLADOR

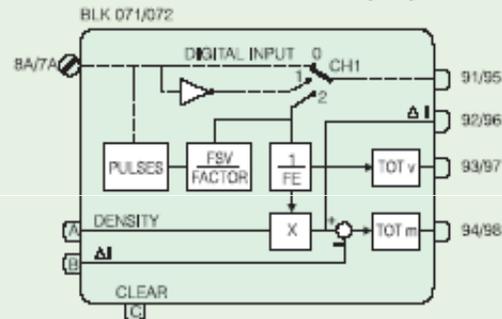
F04 - DIGITAL INPUT (DI)



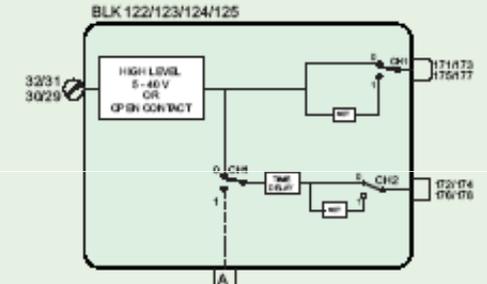
F05 - DIGITAL OUTPUT (DO)



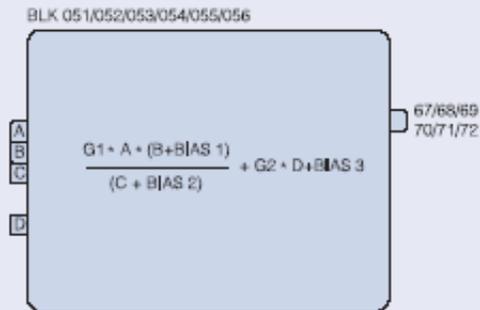
F19 - PULSE TOTALIZATION INPUT (P/DI)



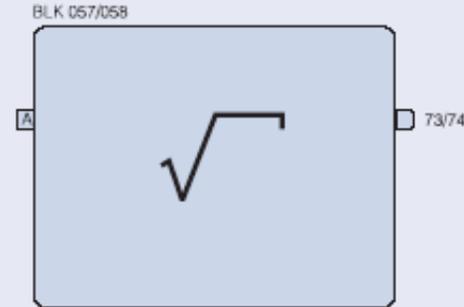
F37 - DIGITAL INPUT WITH CONTROL TEMPORIZATION



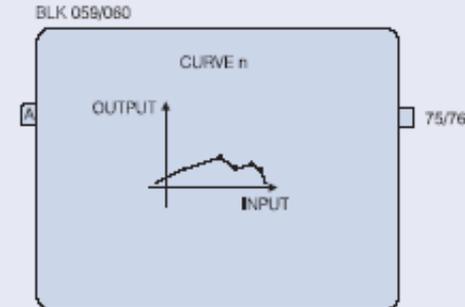
F12 - MULTIPLIER-DIVIDER-ADDER-SUBTRACTOR (ARTH)



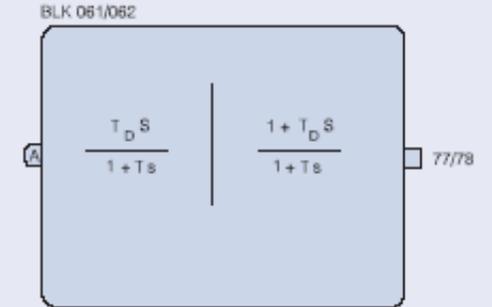
F13 - SQUARE ROOT (SQR)



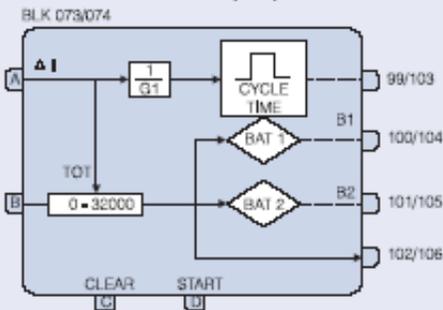
F14 - LINEARIZATION (LIN)



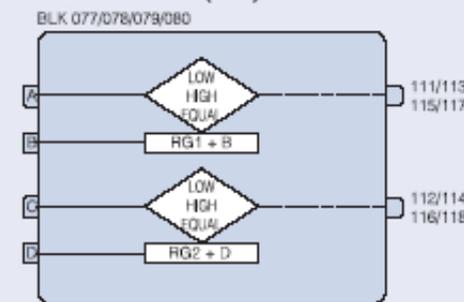
F15 - DERIVATIVE / LEAD-LAG (LL)



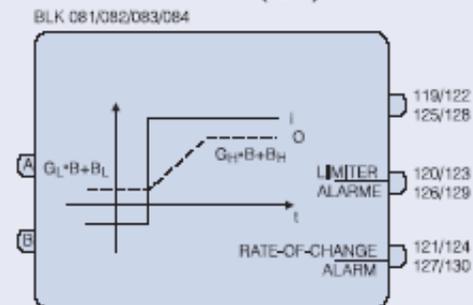
F20 - BATCH COMPARATOR (BAT)



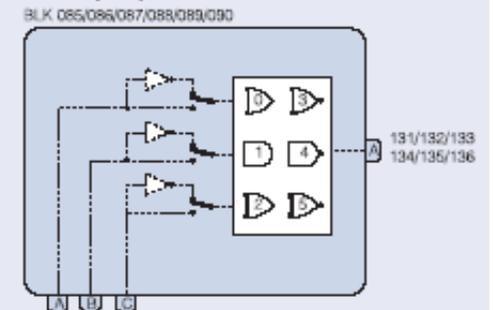
F22 - DOUBLE ALARM (ALM)



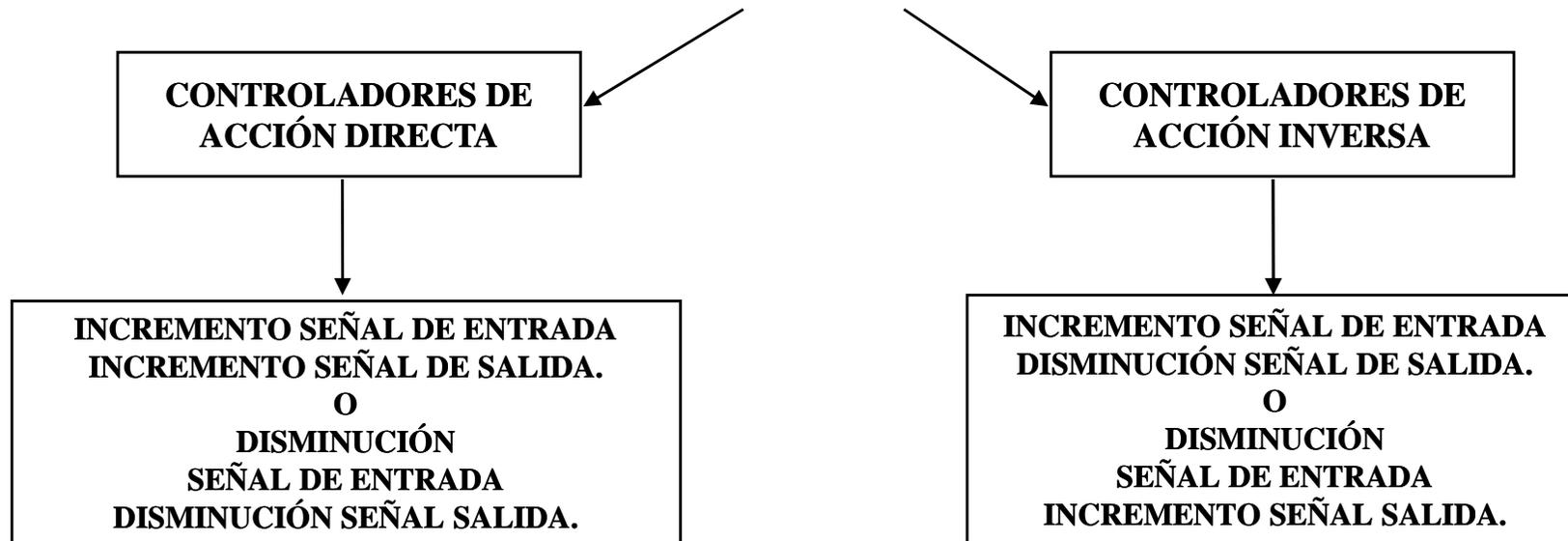
F23 - LIMITER WITH ALARM (LMT)



F24 - LOGIC (LOG)



TIPOS DE CONTROLADORES



DEL ALGORITMO DE CONTROL PROPORCIONAL:

$$m_{(t)} = K_p \times (SP - PV)$$

PODEMOS VER QUE:

SI "PV" AUMENTA Y SI "Kp(-)", ENTONDES $m_{(t)}$ AUMENTA.

SI "PV" DISMINUYE Y SI "Kp(-)", ENTONDES $m_{(t)}$ DISMINUYE.

LE CORRESPONDE GANANCIA NEGATIVA (-Kp)

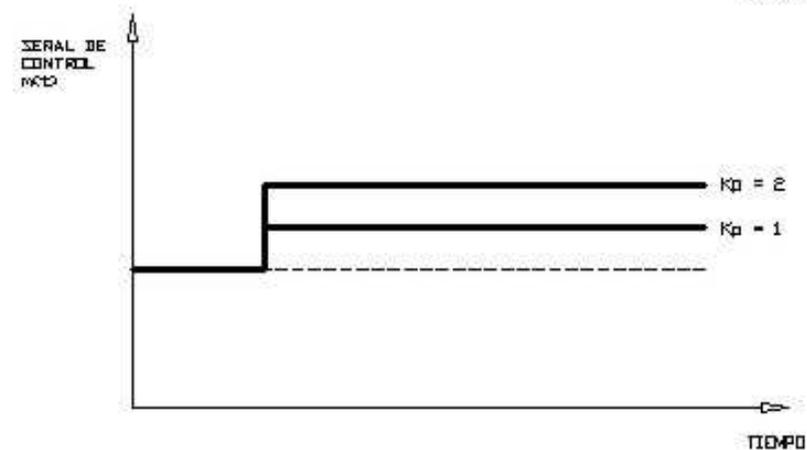
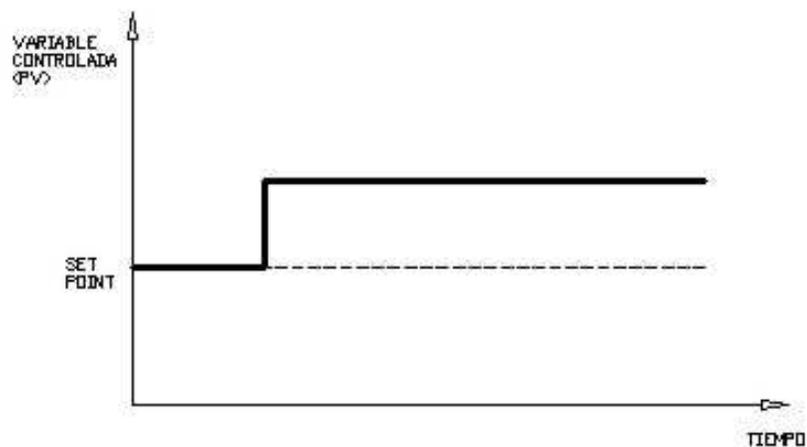
AHORA SÍ:

SI "PV" AUMENTA Y SI "Kp(+)", ENTONDES $m_{(t)}$ DISMINUYE.

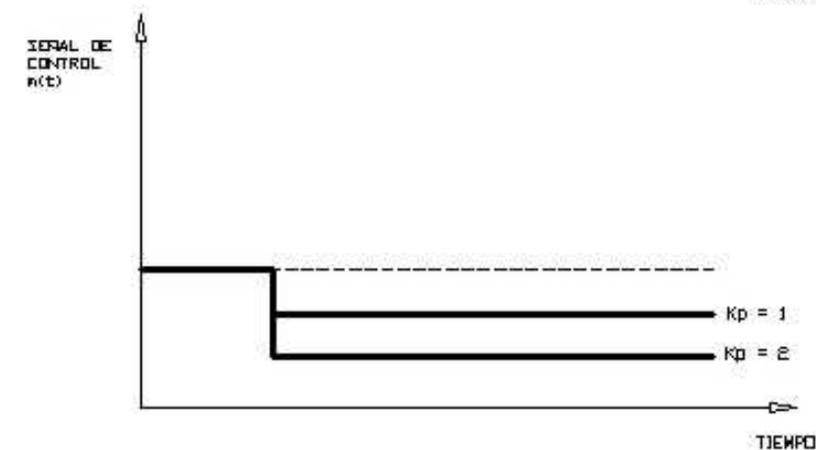
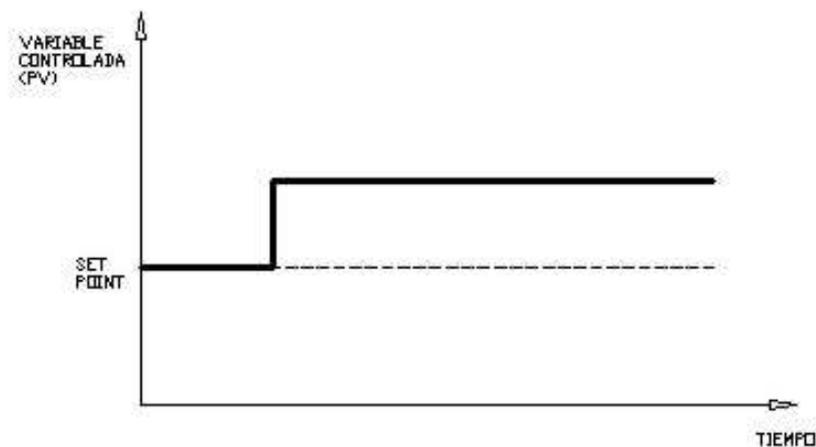
SI "PV" DISMINUYE Y SI "Kp(+)", ENTONDES $m_{(t)}$ AUMENTA.

LE CORRESPONDE GANANCIA POSITIVA (+Kp)

EFFECTO DE LA GANANCIA DEL CONTROLADOR SOBRE LA SALIDA DEL MISMO.



RESPUESTA DE UN CONTROLADOR DE ACCIÓN DIRECTA



RESPUESTA DE UN CONTROLADOR DE ACCIÓN INVERSA

SENSORES Y TRANSMISORES

Con estos elementos se realizan operaciones de medición y adaptación de señales en un sistema de control.

En el sensor se produce un fenómeno mecánico u eléctrico, el cual se relaciona con la variable de proceso que se mide.

En el transmisor, se convierte este fenómeno en una señal que se puede transmitir en relación con esta variable de proceso.



CARACTERISTICAS DE ESTOS ELEMENTOS

Sensores (Elementos Primarios):

Son instrumentos que están en contacto con el fluido o variable, utilizando o absorbiendo energía del medio controlado para dar al sistema de medición una indicación en respuesta a la variación de la variable controlada. Ejemplos: placas de orificio, termocuplas, termo resistencias, celdas de presión, etc).

Los instrumentos compactos como manómetros, termómetros, transmisores de presión, etc., se supone que el sensor está incluido dentro del propio instrumento.

Transmisores (Elementos Secundarios):

Son instrumentos que captan la variable de proceso, generalmente puede ser a través de un sensor, y la transmiten a distancia en forma de señal neumática (3-15 [psi]), electrónica (4-20 [mA]), pulsos, protocolarizada (hart) o bus de campo (Fieldbus Foundation, Profibus, etc.).

Estos instrumentos dan una señal continua de la variable de proceso. Dentro de los transmisores los hay ciegos (sin indicador local) y con indicador local incorporado.



FAMILIA DE ELEMENTOS PRIMARIOS DE MEDICIÓN (SENSORES)

Los elementos primarios de medición mas comunes son:

■ Temperatura

- Termómetros bimetalicos
- Termómetros de vástago de vidrio
- Pirómetros de radiación ópticos
- Pirómetros de radiación infrarrojos
- Indicadores pirometricos
- Termómetros de cristal de cuarzo
- Sistemas termales
- Termopares
- Resistencias eléctricas (termoresistencias)

■ Presión

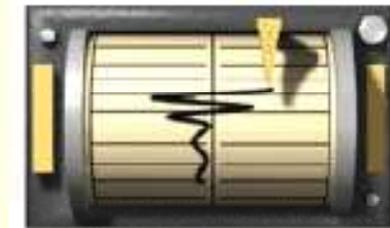
- Tubo Bourdon
- Columnas
- Sensores electrónicos (piezoeléctricos)
- Diafragmas
- Fuelles
- Cápsulas
- Campanas

■ Flujo (volumétricos y de masa)

- Tubo pifot
- Magnético
- Turbina
- Bomba dosificadora
- Tubo venturi
- Derramadores
- Tubo de Dali
- Tubo de Gentile
- Rotámetro
- Annubar
- Placa de orificio
- Tarjet
- Remolino
- Vortex

■ Otras variables

- Nivel (sólidos y líquidos)
- pH
- Conductividad
- Cromatógrafos
- Analizador infrarrojo
- Redox
- Conductividad térmica



CONCEPTOS DE UN INSTRUMENTO

Rango: está definida por los valores superior e inferior de la variable del proceso a medir. Ejemplo: si consideramos un Sensor/Transmisor calibrado para medir una presión entre 20 y 50 [psig], la escala del conjunto S/T es de 20-50 [psig].

Escala: es la diferencia entre el valor superior y el inferior de la escala (en el ejemplo: 30 [psig]).

Cero: es el valor inferior de la escala, no necesariamente debe ser cero (en el ejemplo: 20 [psig]).

Precisión: Grado en que la medida que proporciona el instrumento se aproxima a un valor patrón de medida o a la medida ideal.

Estabilidad: Variación experimentada de la precisión de la medida del Instrumento en un periodo de tiempo determinado.



| | | | | |
|-------------------|-------|-------------------------------------|---|-----|
| Rango calibración | bar-g | 0 | - | 130 |
| Precisión | | +/-0,025% del rango de medida | | |
| Estabilidad | | 0,2% del rango superior por 10 años | | |

SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Para poder controlar, supervisar o alarmar una variable de proceso hace falta medirla adecuadamente. Esto significa medir con la suficiente precisión, rapidez, fiabilidad y estabilidad.

Para seleccionar un instrumento hay que tener en cuenta la naturaleza de la variable que se desea medir, la magnitud del valor nominal de operación de esa variable y el rango de trabajo. Además, se debe especificar si el instrumento es de lectura local o remota y la naturaleza de la medida.



Indicación local



Indicación local y contacto



Indicación local y medida analógica

CLASIFICACION DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

1) Atendiendo su aplicación:

- **INDICACION-MONITORIZACION:** Indican al operador el estado de la variable.
- **CONTROL:** El instrumento envía la medida a un controlador, o sea proporcionan una señal eléctrica o neumática que puede ser utilizada directamente por un equipo de control.



2) Atendiendo el origen de la energía para realizar la medición:

- **PASIVOS:** La energía necesaria para realizar la medida la aporta el proceso físico que se desea medir.
- **ACTIVOS:** Además de la energía del proceso necesitan de una fuente de energía externa para realizar la medida.



3) Atendiendo al tipo de medida proporcionada:

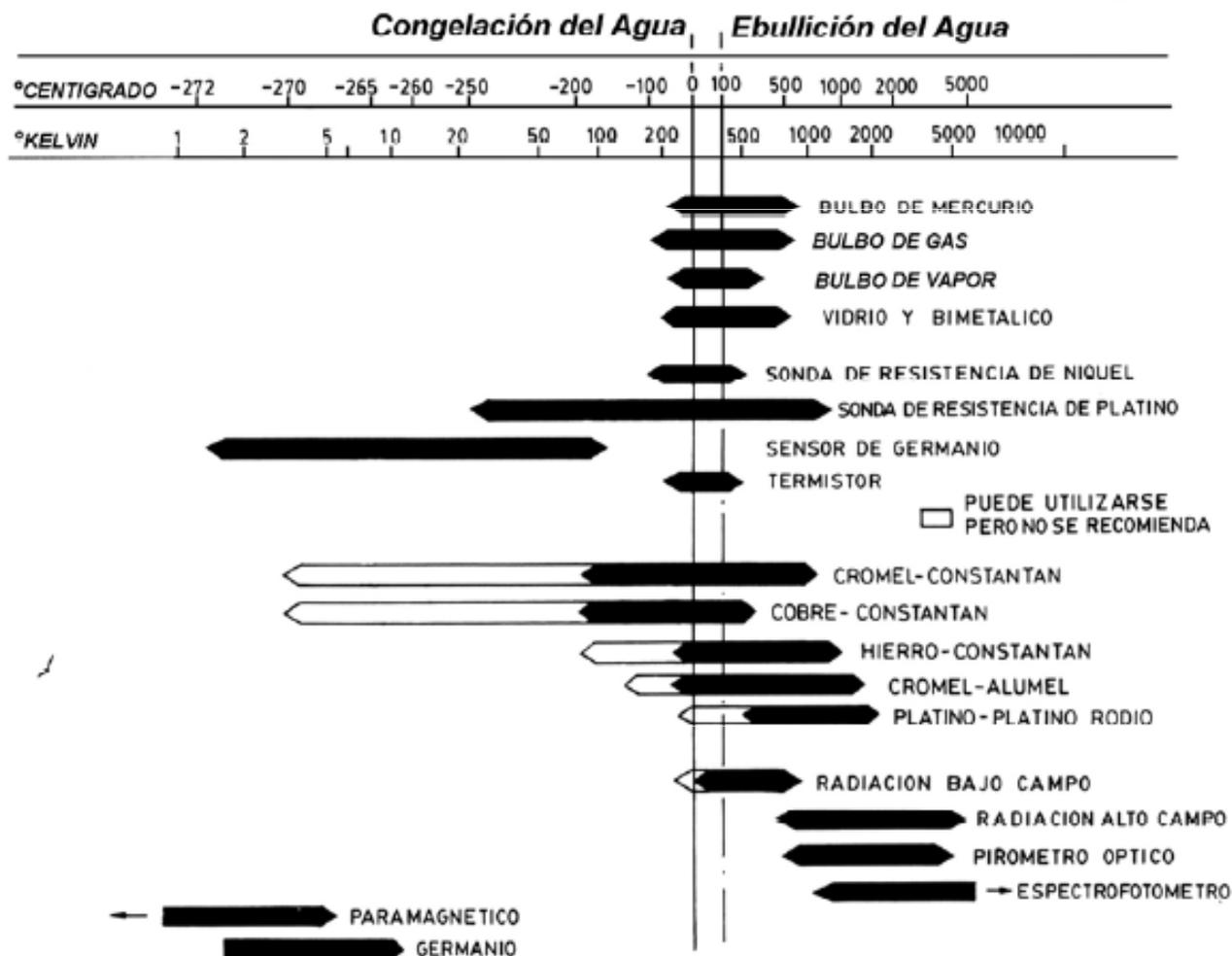
- **MEDIDA CONTINUA:** La medida que proporciona varía de forma continua (instrumentos instalados en línea).
- **MEDIDA DISCRETA:** La medida que proporciona sólo puede tomar un valor entre un conjunto finito de valores (medición de nivel de domo).



CLASIFICACION DE INSTRUMENTOS DE MEDIDA ATENDIENDO AL TIPO DE SEÑAL GENERADA

| | TIPO DE SEÑAL GENERADA | | |
|-----------------|---|---|---|
| VARIABLE MEDIDA | No genera señal INDICADOR | Genera señal digital todo - nada INTERRUPTOR | Genera señal analógica continua TRANSMISOR |
| TEMPERATURA | TERMOMETRO | TERMOSTATO | TRANSMISOR DE TEMPERATURA |
| PRESION | MANOMETRO | PRESOSTATO | TRANSMISOR DE PRESION |
| CAUDAL | INDICADORES DE CAUDAL | INTERRUPTOR DE CAUDAL | TRANSMISOR DE CAUDAL |
| NIVEL | INDICADOR DE NIVEL | INTERRUPTOR DE NIVEL | TRANSMISOR DE NIVEL |

MEDICIÓN DE TEMPERATURA – CAMPOS DE TRABAJO



Campo de medida de los instrumentos de temperatura.

| Sistema | Rango en °C |
|-------------------------|--------------|
| Termocuplas | -200 .. 2800 |
| Sistemas de Dilatación | -195 .. 760 |
| Termorresistencias | -250 .. 850 |
| Termistores | -195 .. 450 |
| Pirómetros de Radiación | -40 .. 4000 |

MEDICIÓN DE TEMPERATURA – CURVAS CARACTERÍSTICAS DE TERMOPARES



CURVAS CARACTERÍSTICAS DE TERMOPARES:

Los pares mas usados tienen tabulaciones de su salida en milivoltios para el rango de temperaturas en los que es conveniente aplicarlos, hay que fijarse con qué temperatura de referencia han sido hechas las tablas en general se considera la junta fría a 0°C.

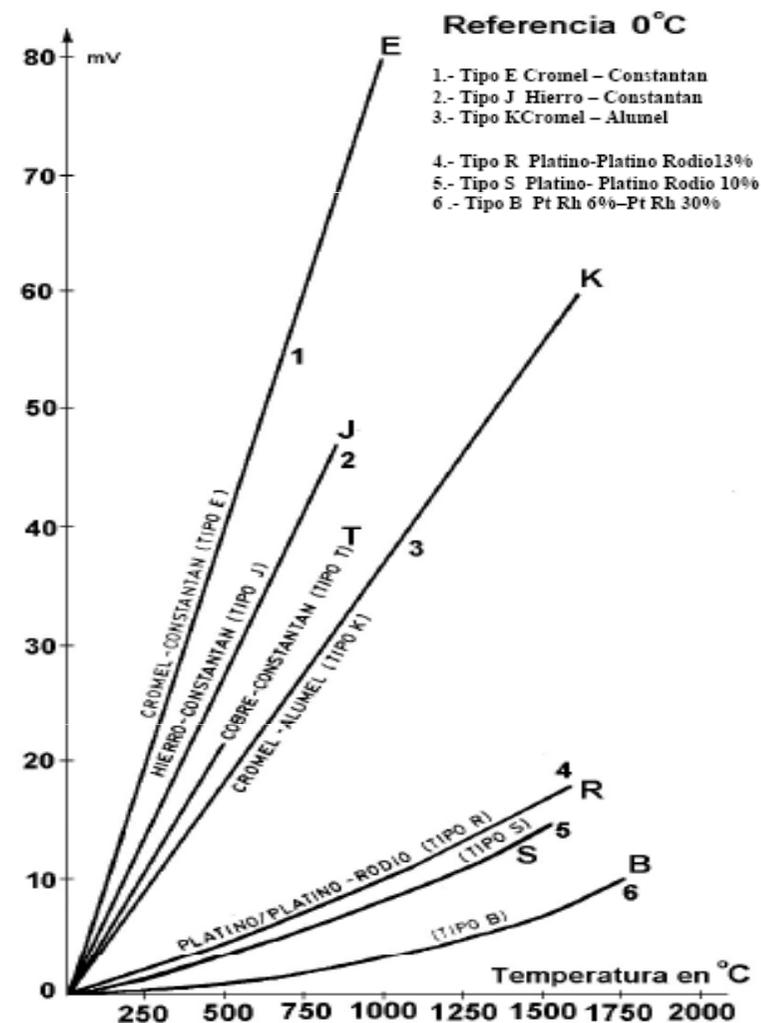
Por ejemplo: si en la realidad se usara una temperatura estabilizada de 30°C para la junta fría, la fem generada será menor, pues será la tabulada respecto de cero grados menos la tabulada para 30°C respecto de cero.

Para hallar la temperatura habrá que sumarle a la fem de la medición la fem de los 30°C que usamos como referencia en este caso.

En la Figura se grafican las fem producidas por distintas termocuplas respecto de las mismas a 0°C como temperatura de referencia.

La sensibilidad de las termocuplas no es constante, depende de la temperatura, es decir no son lineales

| Tipo | +/- | Material | Termopares, Composición porcentual salvo trazas | | | | | | | | |
|------|-----|--------------|---|----|-------|-------|-------|-------|-------|------|----|
| | | | Pt | Rh | Al | Cu | Ni | Si | Mn | Fe | Cr |
| J | + | Hierro | -- | -- | <0.5% | <0.5% | <0.5% | <0.5% | <0.5% | 99.5 | -- |
| | - | Constantan | -- | -- | -- | 55 | 45 | -- | -- | -- | -- |
| T | + | Cobre | -- | -- | -- | 100 | -- | -- | -- | -- | -- |
| | - | Constantan | -- | -- | -- | 55 | 45 | -- | -- | -- | -- |
| K | + | Cromel | -- | -- | -- | -- | 90 | -- | -- | -- | 10 |
| | - | Alumel | -- | -- | 2 | -- | 95 | 1 | 2 | -- | -- |
| R | + | Pt +13%Rodio | 87 | 13 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | - | Platino | 100 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| S | + | Pt+10%Rodio | 90 | 10 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | - | Platino | 100 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| B | + | Pt+30%Rodio | 70 | 30 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | - | Pt+6%Rodio | 94 | 6 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |



CARACTERÍSTICAS DE TERMOPARES Y EXTENSIONES S/IEC 584-1982



| Tipo | Rango de medición en °C | Errores de las termocuplas | | | Cables de extensión Limites | | |
|---------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | Clase 1 | Clase 2 | Clase 3 | Temperatura °C | Error | |
| | | | | | | Superior | Normal |
| Cromel Constantan Tipo E | -40..800 | +/- 1,5°C +/-0,4% | | | -60 a 200 | ND | +/- 1,5°C +/-2,0% |
| | -40..900 | | +/- 2,5°C +/-0,75% | | | | |
| | -200..40 | | | +/- 2,5°C +/-1,5% | | | |
| Cobre Constantan Tipo T | -40..350 | +/- 0,5°C +/-0,4% | | | -60 a 95 | +/- 0,5°C +/-0,5% | +/- 1,5°C +/-2,0% |
| | -40..350 | | +/- 1,0°C +/-0,75% | | | | |
| | -200..40 | | | +/- 1,0°C +/-1,5% | | | |
| Hierro Constantan Tipo J | -40..750 | +/- 1,5°C +/-0,4% | | | 0 a 200 | +/- 1,0°C +/-0,75% | +/- 2,5°C +/-1,25% |
| | -40..750 | | +/- 2,5°C +/-0,75% | | | | |
| | | | | | | | |
| Cromel Alumel Tipo K | -40..1000 | +/- 1,5°C +/-0,4% | | | 0 a 200 | +/- 1,0°C +/-0,75% | +/- 2,5°C +/-2,5% |
| | -40..1200 | | +/- 2,5°C +/-0,75% | | | | |
| | -200..40 | | | +/- 2,5°C +/-1,5% | | | |
| Pt -Pt Rh 13% Tipo R | 0..1600 | +/- 1 °C | +/- 1,5°C +/-0,25% | | 25 a 200 | ND | +/-5°C +/-6,0% |
| Pt -Pt Rh 10% Tipo S | 0..1600 | +/- 1 °C | +/- 1,5°C +/-0,25% | | | | |
| Pt Rh 6% Pt Rh 30% Tipo B | 600..1700 | | +/- 1,5°C +/-0,25% | | 25 a 200 | ND | +/-5°C +/-6,0% |
| | 600..1700 | | | +/- 4°C +/-0,5% | | | |

Tabla 2.05. Tolerancias de calibración para termocuplas normalizadas (referencia junta fría 0° C) según IEC 584 Parte 1.

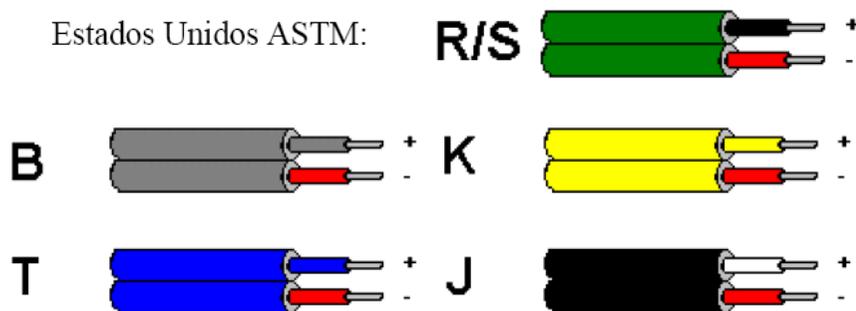
| Termocupla | Rango | Clase 1 . Desviación máxima (+) (l) |
|---|-------------------|-------------------------------------|
| Cobre --. Cobre-níquel, Tipo T | -40 a + 350°C | 0,5 °C ó 0,004 (t) |
| Hierro --. cobre-níquel, Tipo J | -40a+ 750 °C | 1,5 °C ó 0,004 (t) |
| Níquel-cromo --. níquel, Tipo K | - 40 a 1.000 °C | 1,5 °C ó 0,004 (t) |
| Platino-rodio 13% --. platino, Tipo R . | 0 a + 1.600°C | 1 °C ó 1 + 0,003 (t - 1.100)°C |
| Platino-rodio 10% --. platino, Tipo S | 0 a + 1.600°C | 1 °C ó 1 + 0,003 (t - 1.100)°C |
| Termocupla | Rango | Clase 2 . Desviación máxima (±) (l) |
| Cobre --. cobre-níquel, Tipo T | -40a+ 350°C | 1°C ó 0,0075(t) |
| Hierro --. cobre-níquel, Tipo J | -40a+ 750 °C | 2,5 °C ó 0,0075 (t) |
| Níquel-cromo --. níquel, Tipo K | - 40 a + 1.200°C | 2.5 °C ó 0.0075 (t) |
| Platino-rodio 13% --. platino, Tipo R | 0 a + 1.600 °C | 1,5 °C ó 0,0025 (t) |
| Platino- rodio 10% --. platino, Tipo S | 0 a + 1.600 °C | 1,5 °C ó 0,0025 (t) |
| Platino- rodio 30% --. platino-rodio 6%, Tipo B | + 600 a + 1700 °C | 1,5 °C ó 0,0025 (t) |
| Termocupla | Rango | Clase 3 . Desviación máxima (±) (l) |
| Cobre --. Cobre-níquel, Tipo T | -200 a + 40 °C | 1 °C ó 0,015 (t) |
| Hierro --. cobre-níquel, Tipo J | -200 a + 40 °C | 2,5 °C ó 0,015 (t) |
| Níquel-cromo --. níquel, Tipo K | -200 a + 40 °C | 2,5 °C ó 0,015 (t) |
| Platino-rodio 30% --. platino-rodio 6%, Tipo B | +600 a + 1.700 °C | 4 °C ó 0,005 (t) |

CARACTERÍSTICAS Y APLICACIÓN DE LOS TERMOPARES

| TERMOPAR | TIPO B | TIPO R | TIPO S | TIPO T | TIPO J | TIPO K | TIPO E |
|------------------------|---------------------------------|---|---|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Rango recomendado | 800 a 1700 °C | 700 a 1500 °C | 700 a 1500 °C | -180 a 260°C (-250 a 400°C) | 0 a 760°C | 300 a 1300°C (-200 a 1300°C) | -200 a 900°C |
| Atmósfera oxidante | Satisfactoria (hasta 1700°C) | Satisfactoria | Satisfactoria | Satisfactoria (uso continuo) | Satisfactoria (uso continuo) | Satisfactoria | Satisfactoria |
| Atmósfera reductora | No apto | No apto | No apto | Recomendable | Recomendable (-150 a 1000°C) | No apto | No apto |
| Vacío | Apto p/periodos cortos | No apto | No apto | Satisfactorio (uso continuo) | Recomendable | No apto | No pato |
| Ganancia promedio | 0,006 mV/°C | 0,012 mV/°C | 0,010 mV/°C | 0,045 mV/°C | 0,055 mV/°C | 0,035 mV/°C | 0,080 mV/°C |
| Grado de contaminación | Alto | Alto | Alto | Bajo | Bajo | Alto | Medio |
| Protección | No recomendable | s/vaina p/atm.oxid. c/vaina p/atm.red. | s/vaina p/atm.oxid. c/vaina p/atm.red. | Recomendable | Recomendable | No recomendable | No recomendable |

TERMOPARES – CÓDIGOS DE COLORES

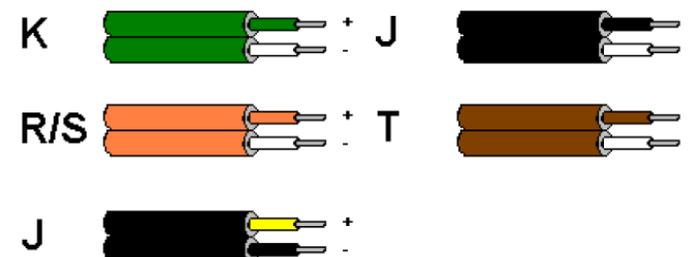
Estados Unidos ASTM:



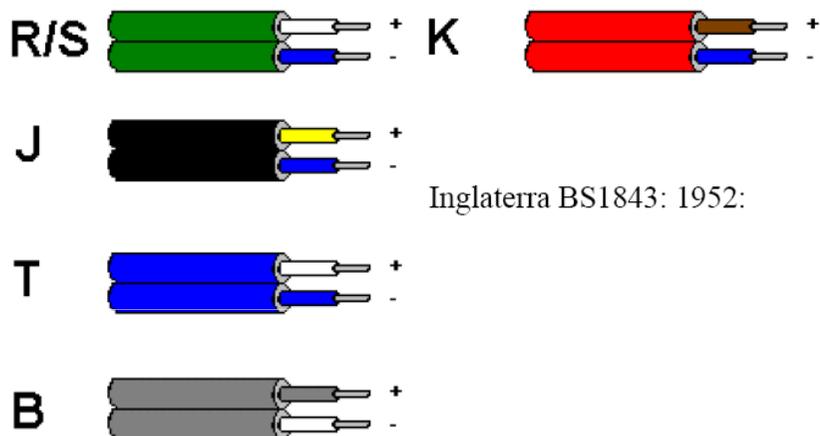
Alemania DIN:



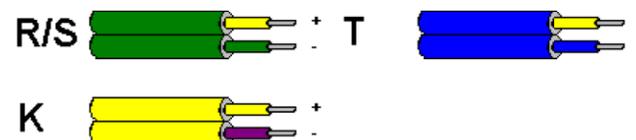
Inglaterra BS4937: Part 30: 1993:



Inglaterra BS1843: 1952:



Francia NFE:

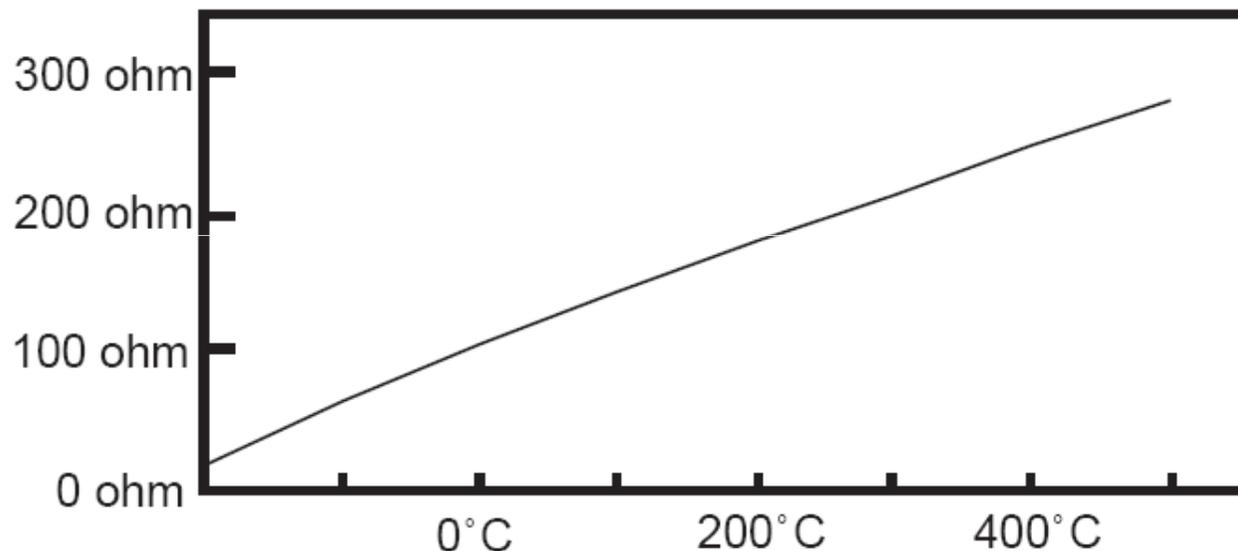


Conductores Compensados o de extensión

| Termopar | | Extensiones | |
|---------------|------------|-------------|------------------------|
| Positivo | Negativo | Positivo | Negativo |
| Cobre | Constantan | Cobre | Constantan |
| Hierro | Constantan | Hierro | Constantan |
| Chromel | Alumel | Chromel | Alumel |
| Chromel | Alumel | Hierro | Cobre - Niquel |
| Chromel | Alumel | Cobre | Constantan hasta 125°C |
| Platino Rodio | Platino | Cobre | Cobre Niquel |

TERMORRESISTENCIA – CURVA CARACTERISTICA

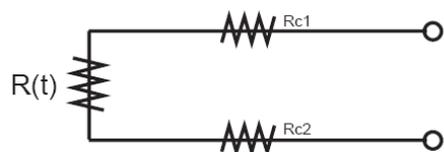
Un Pt100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica.
El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.



Conexión de la Pt100 Existen 3 modos de conexión para las Pt100, cada uno de ellos requiere un instrumento lector distinto.

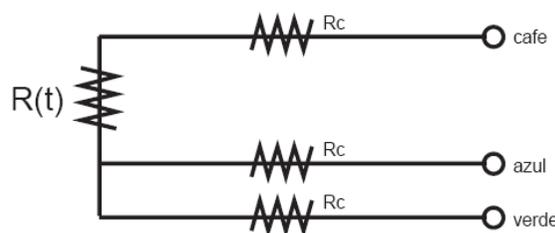
Con 2 hilos

El modo más sencillo de conexión (pero **menos recomendado**) es con solo dos cables.
En este caso las resistencias de los cables R_{c1} y R_{c2} que unen la Pt100 al instrumento se suman generando un error inevitable.
El lector medirá el total $R(t) + R_{c1} + R_{c2}$ en vez de $R(t)$.
Lo único que se puede hacer es usar cable lo más grueso posible para disminuir la resistencia de R_{c1} y R_{c2} y así disminuir el error en la lectura.



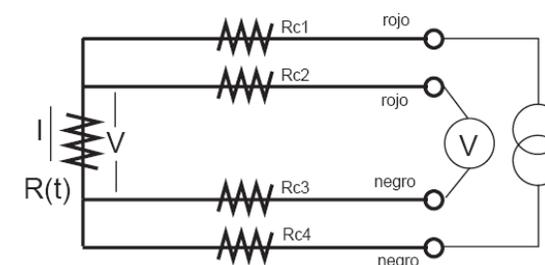
Con 3 hilos

El modo de conexión de 3 hilos es **el más común** y resuelve bastante bien el problema de error generado por los cables.



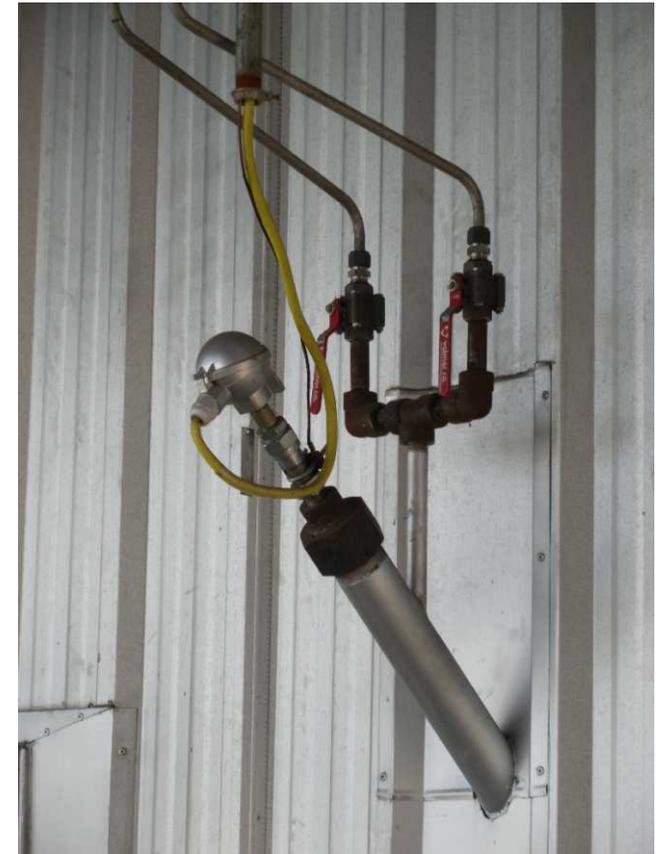
Con 4 hilos

El método de 4 hilos es el **más preciso** de todos, los 4 cables pueden ser distintos (distinta resistencia) pero el instrumento lector es más costoso.



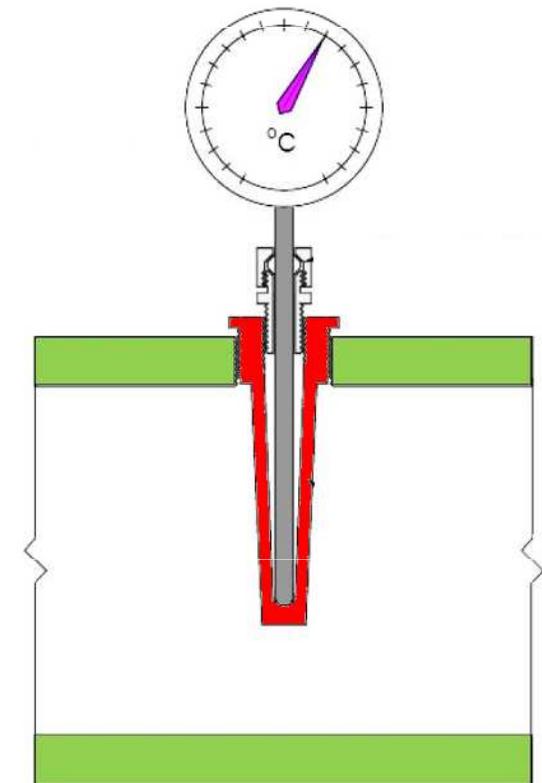
RECOMENDACIONES

- No usar termocuplas cuando el sitio de medición se encuentra a una distancia mayor a 20m del instrumento lector. Utilizar Pt100 p/ distancias de hasta 40m.
- No usar termocuplas para casos de necesitar mediciones precisas ($0,1^{\circ}\text{C}$). Utilizar Pt100 p/ rangos de -100 a 200°C .
- No usar termocuplas en atmósferas reductoras (errores de 4 a 5°C). Utilizar Pt100 en ambientes secos y libre de vibraciones.

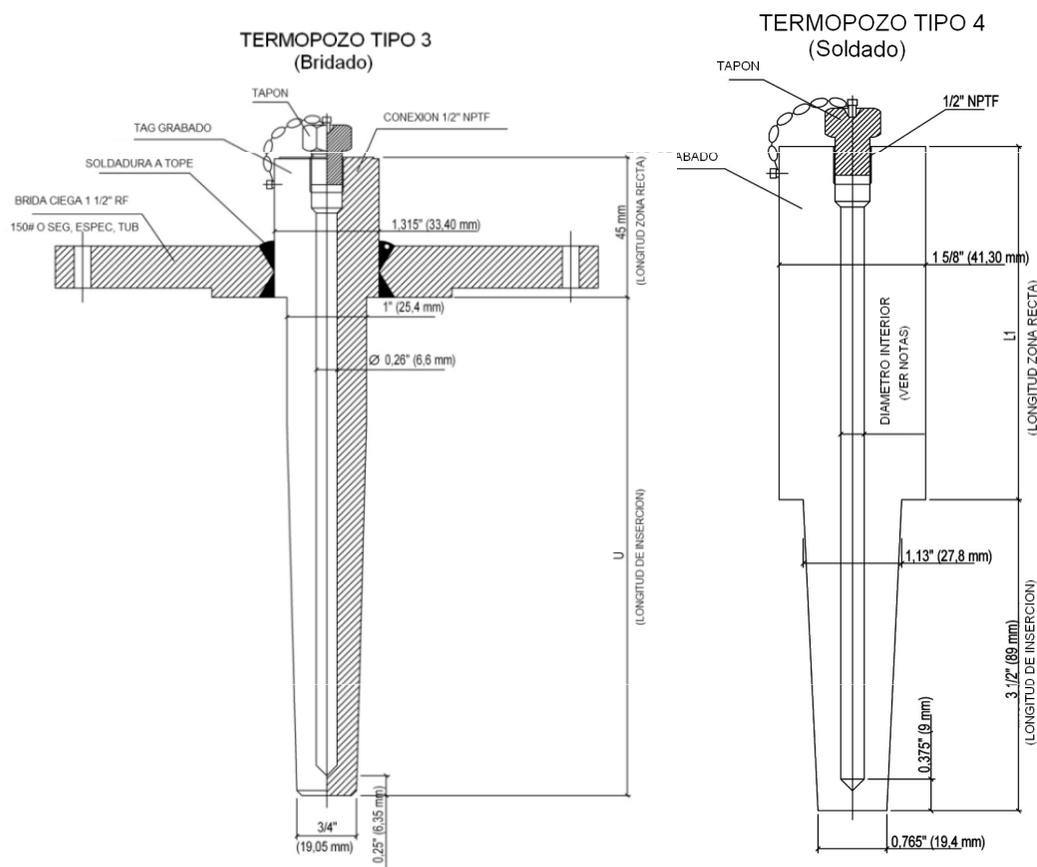


TERMOPOZOS

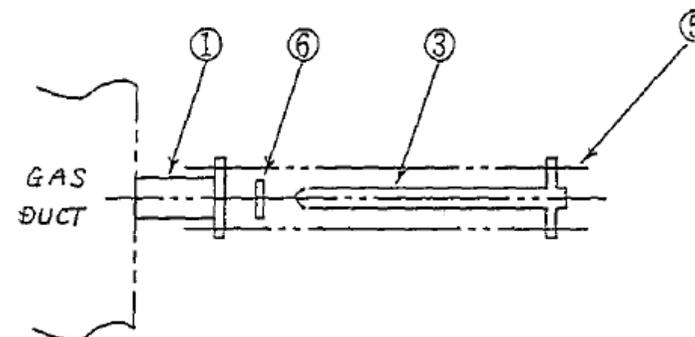
Realiza una separación física entre el elemento sensor y el proceso. Es un accesorio lo suficientemente robustos para soportar condiciones de proceso severas, pero sin retardar ni perturbar la medida.



CARACTERISTICAS DE LOS TERMOPOZOS



| | | |
|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Fluido | FG | |
| ID línea | Espesor aisl. (mm) | Conducto de entrada (tramo B) |
| Tubería | Diam. mm | 7600 x 7600 |
| | Sch | S 275 |
| Material | | |
| Presión diseño | bar-g | 0,0196128 |
| Temperatura de Diseño | °C | 250 |
| Velocidad máxima | m/s | 7,02 |
| Material / Acoplamiento Brida | AISI 316+PTFE / 2" 150 # | |
| Longitud inserción (U) (mm) | 800 | |
| Longitud zona recta (mm) | 50 | |



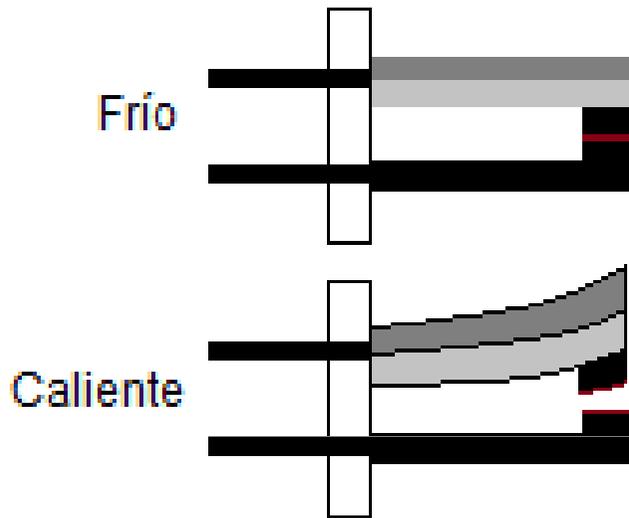
TERMOSTATOS

Es un dispositivo de control que actúa abriendo o cerrando un contacto de un circuito eléctrico en función de las variaciones de temperatura del lugar dónde se encuentre su elemento sensor o bulbo. El termostato puede cumplir una función de seguridad o de automatización.

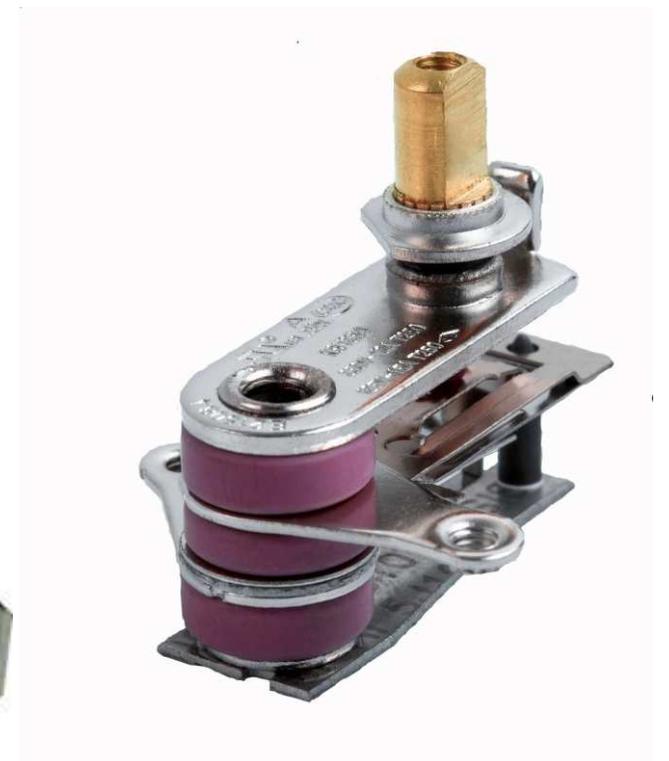


TIPOS DE TERMOSTATOS

Bimetálicos. Funciona por medio de un par de láminas de metal que están unidas. Cada una de estas láminas está hecha de material con diferente coeficiente de dilatación térmica, por lo que se dilatarán de manera diferente y cerrarán el circuito eléctrico que se encuentra dentro del termostato.



2 metales con
diferente coeficiente
de dilatación



De gas. Contienen un tubo de cobre dentro del cual hay gas. Cuando la temperatura aumenta, el gas se expande empujando una válvula que va a realizar una acción específica. Este mismo principio lo utilizan los termostatos de parafina.

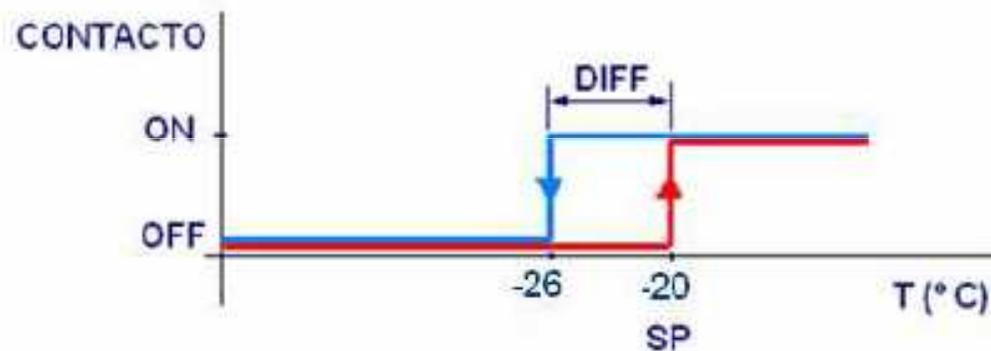
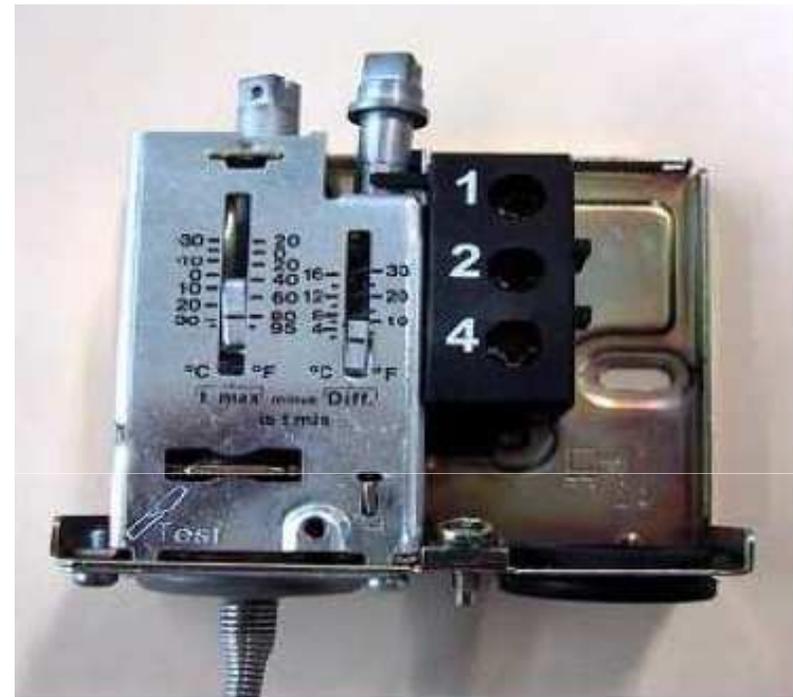


CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS TERMOSTATOS

Diferencial.

Es la diferencia entre la temperatura de conexión y desconexión, o dicho de otra forma, la diferencia entre las temperaturas a las que los contactos cambian de posición. El diferencial puede ser fijo o ajustable.

En la figura se puede ver las escalas para el ajuste del set point (t_{max}) y para el ajuste del diferencial (Diff). También puedes apreciar los terminales para los contactos eléctricos (1,2,4).



CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS TERMOSTATOS

Rearme

El rearme de un termostato puede ser manual o automático e indica cómo retornan a la posición inicial, después de un cambio, los contactos del aparato. Si el rearme es manual debemos accionar un botón para devolver los contactos a la posición original, cuando la temperatura haya superado el valor correspondiente.

Si por el contrario el rearme es automático los contactos retornan automáticamente a su posición original cuando la temperatura supere dicho valor.

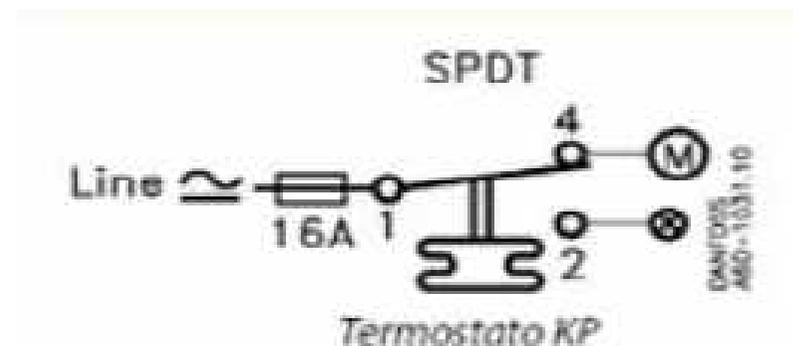
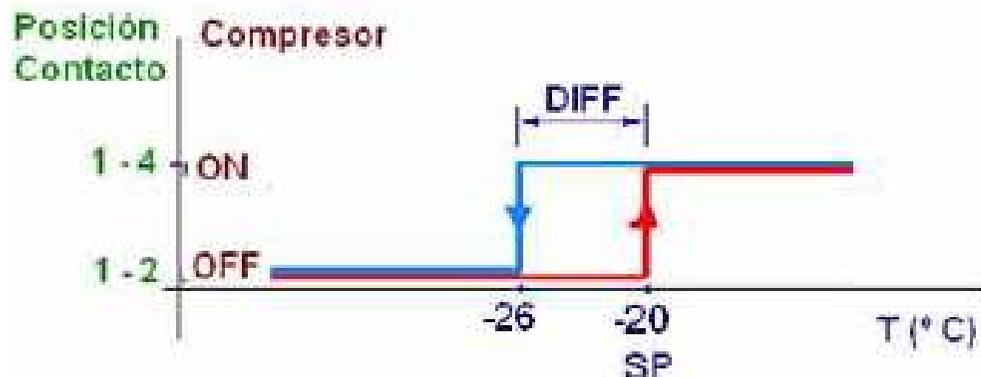
Carga de los contactos

Este parámetro indica la intensidad máxima que puede pasar por los contactos de forma permanente sin que sufran deterioro. Generalmente se indica para una categoría de empleo dada, en corriente alterna o corriente continua (AC1, AC 3,...) o bien señalando directamente el régimen de carga de un motor. Este dato es muy importante si queremos conectar el termostato en serie con un motor, ya que la intensidad nominal del mismo no debe superar al valor de carga de los contactos.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS TERMOSTATOS

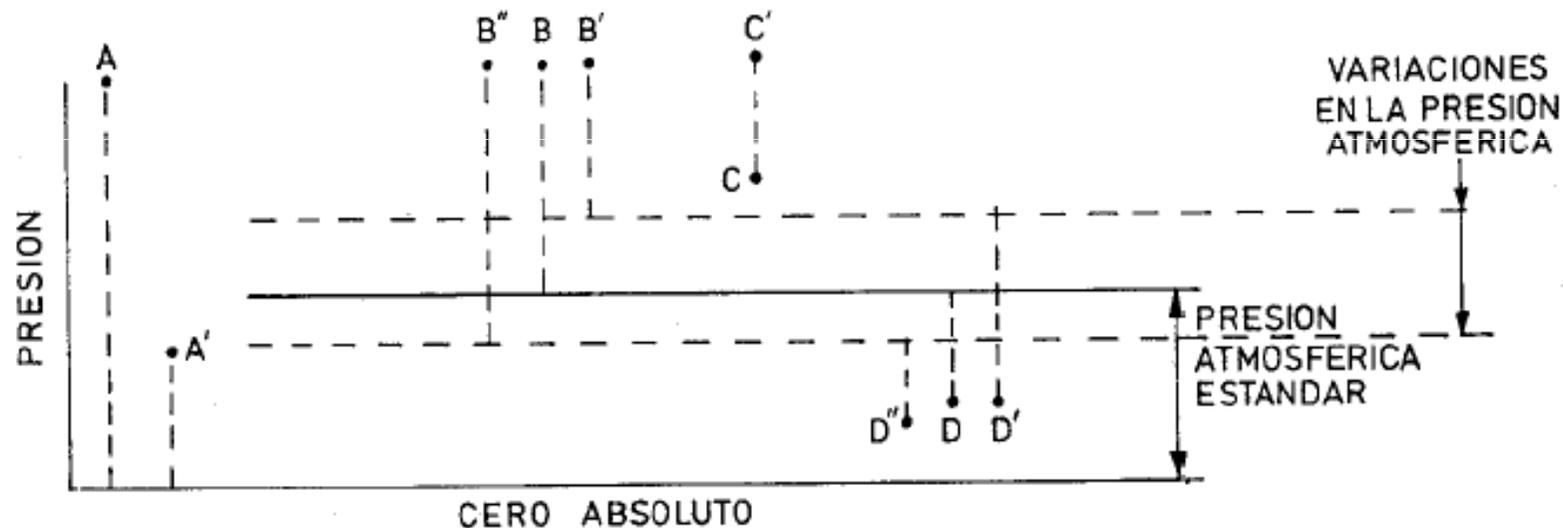
Sistema de contactos

Generalmente los termostatos incorporan un contacto conmutado unipolar tipo SPDT (Single pole, double throw). La figura muestra un esquema de conexiones.



Cuando la temperatura es superior a la seleccionada, el contacto se activa (ON), pasa a ocupar la posición 1-4. Por otro lado, cuando la temperatura baja por debajo del SP menos el diferencial, el contacto se desactiva (OFF) y pasa a la posición 1-2.

MEDICIÓN DE PRESIÓN – CONCEPTOS



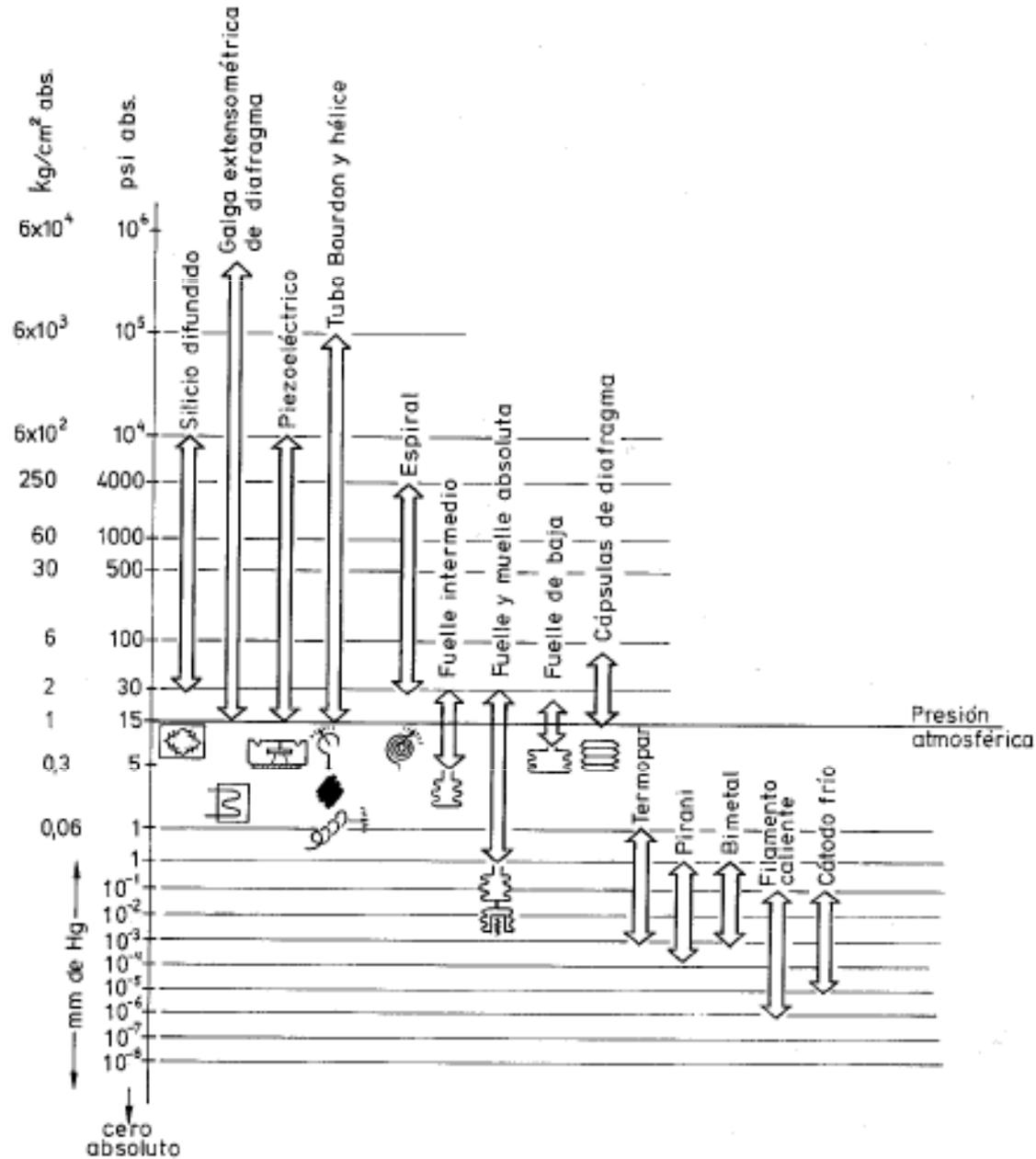
A y A': Presión absoluta, se mide con relación al cero absoluto.

B, B' y B'': Presión relativa, es la diferencia entre la presión absoluta y la atmosférica.

C y C': Presión diferencial, es la diferencia entre dos puntos del diagrama.

D, D' y D'': Vacío, es la diferencia entre la presión atmosférica y la presión absoluta.

CAMPOS DE TRABAJO DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE PRESIÓN



Principales características de los instrumentos para medir presión

| Tipo de instrumento | Campo de medida o Rango Óptimo | Exactitud (%) |
|----------------------------|---|---------------|
| Tubo en U | 20~120 cm H ₂ O | 0,5~1,0 |
| Manómetro de pozo | 10~300 cm H ₂ O | 0,5~1,0 |
| Tubo inclinado | 1~120 cm H ₂ O | 0,5~1,0 |
| Manómetro campana | 0,5~100 cm H ₂ O | 0,5~1,0 |
| Bourdon simple | 0,5~600 kg/cm ² | 2,0 |
| Bourdon espiral | 0,5~2500 kg/cm ² | 1,5 |
| Bourdon helicoidal | 0,5~5000 kg/cm ² | 1,5 |
| Fuelle | 10 cm H ₂ O~2 kg/cm ² | 2,0 |
| Diafragma | 5 cm H ₂ O~2 kg/cm ² | 1,5 |
| Transductor resistivo | 0,5~350 kg/cm ² | 0,5 |
| Transductor capacitivo | 0~420 kg/cm ² | 0,2 |
| Transductor magnético | 0~700 kg/cm ² | 0,2 |
| Transductor piezoeléctrico | 0~350 kg/cm ² | 0,2 |



CONEXIÓN A PROCESO



FLUIDO EN CONTACTO CON INSTRUMENTO DE PRESION



MEMBRANAS SEPARADORAS

CONEXIÓN A PROCESO EN LINEAS DE VAPOR DE ALTA PRESIÓN

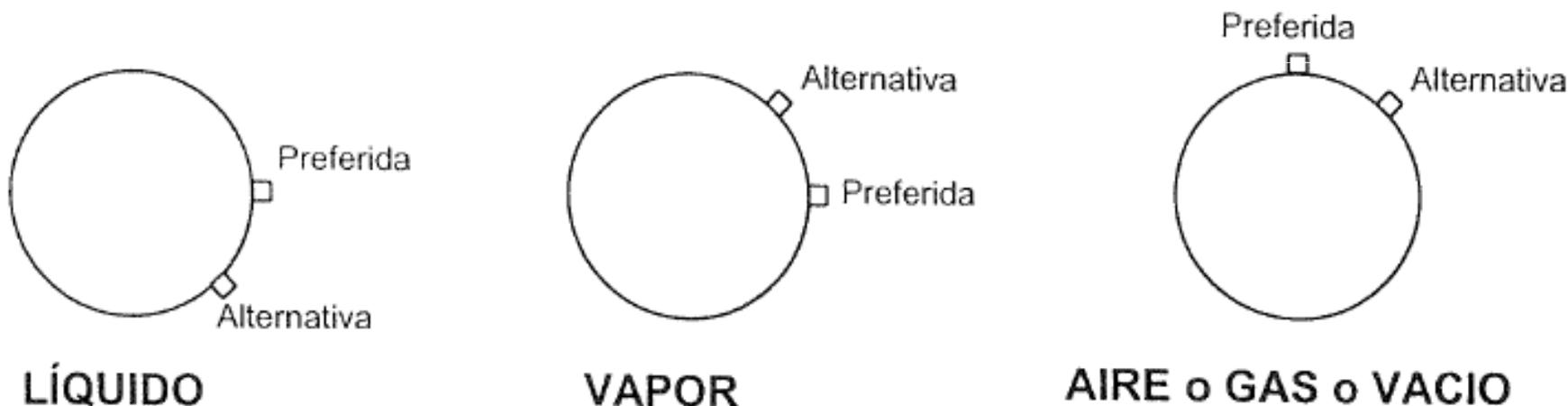


BALÓN DE CONDENSADOS



TUBO SIFON

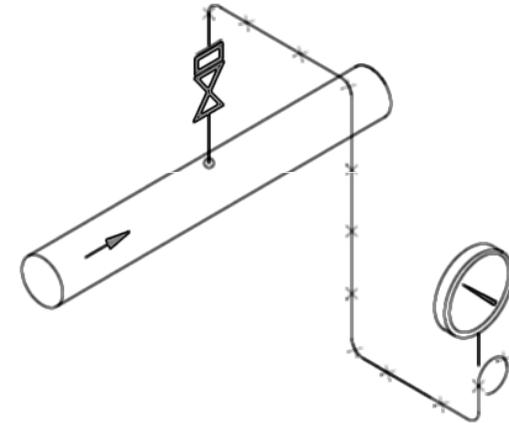
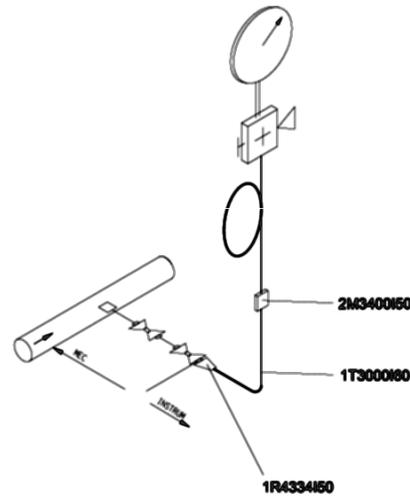
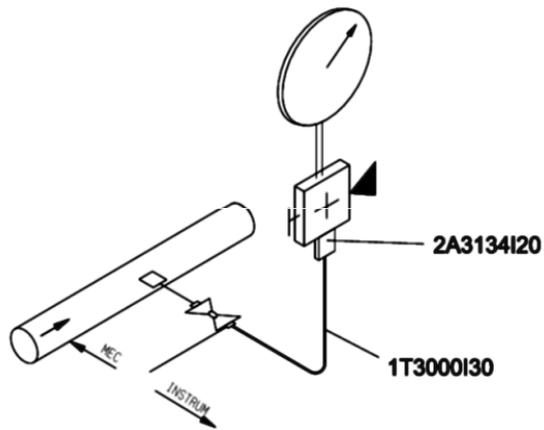
CONEXIÓN A PROCESO – ORIENTACIÓN DE LA CONEXIÓN PARA INSTRUMENTOS EN CONTACTO CON EL FLUIDO



FLUIDO LIQUIDO – VAPOR: EVITAR ACUMULACION DE BURBUJAS DE GAS EN TUBING. LOS INSTRUMENTOS DEBEN INSTALARSE POR DEBAJO DE LAS TOMAS DE PROCESO (TUBING CON PENDIENTE DESCENDIENTE).

FLUIDO AIRE – GAS – VACIO: EVITAR ACUMULACION DE CONDENSADOS EN TUBING. LOS INSTRUMENTOS DEBEN INSTALARSE POR ENCIMA DE LAS TOMAS DE PROCESO (TUBING CON PENDIENTE ASCENDENTE)

CONEXIÓN A PROCESO – UBICACIÓN DE MANÓMETROS



ESPECIFICACIÓN DE MANÓMETROS



| | | | | | |
|-----------------|----|-----------------------------|--------------------------------------|---------------|--------------------------|
| ELEMENTO MEDIDA | 15 | Tipo | Bourdon | | |
| | 16 | Material | AISI-316 | | |
| | 17 | Conexión a proceso | Tipo | 1/2" NPT-M | Montaje inferior directo |
| | 18 | Precisión | Min +/-1 % del fondo de escala | | |
| | 19 | Ajuste de cero | Tornillo micrométrico interno | | |
| | 20 | Sobrepresión | 1,50 Valor fondo escala (SVP) | | |
| | 21 | | | | |
| ESCALA | 22 | Tipo | Tamaño Arco | Circular | 270° |
| | 23 | Colores | Blanco con números y marcas en negro | | |
| | 24 | Rango | bar-g | 0 - 2,5 | |
| | 25 | | | | |
| CAJA | 26 | Tipo | Montaje Local | | |
| | 27 | Material | AISI-316 | | |
| | 28 | Grado protección | Nema 4X | | |
| | 29 | Diametro | 150mm. | | |
| | 30 | Disco de seguridad | Si / Posterior | | |
| | 31 | Ventana protectora | Cristal de seguridad (Inastillable) | | |
| | 32 | Relleno | Glicerina | | |
| | 33 | | | | |
| ACCESORIOS | 34 | | | | |
| | 35 | Placa identificación | Si / Inoxidable | | |
| | 36 | Tubo sifón | No | | |
| | 37 | Diafragmas de sellado | Material | AISI (Nota 2) | |
| | 38 | | Modelo | MGS 9/2B | |
| | 39 | Amortiguador de pulsaciones | No | | |
| | 40 | Limitadores de presión | Tope mecanico | | |
| | 41 | Refrigerador | No | | |
| | 42 | Capilar | Longitud (m) | NA | NA |
| 43 | | | | | |

TRANSMISORES DE PRESIÓN

Son sensores que captan el **valor de la presión** o la variación de la misma y lo convierte de manera exacta y precisa en una **señal eléctrica**. La señal eléctrica indica el valor de la presión recibida.

Tipo de Transmisores

Resistivos

Intervalo de medida: 0...0,6/0...40 bar
Precisión: $\pm 0,25$ a $\pm 0,50\%$.

Piezo-resistivos (silicio difundido)

Intervalo de medida: 2 a 1000 bar
Precisión del orden de $\pm 0,15$ a $0,25\%$

Capacitivos

Intervalo de medida: 0,05-5,0 bar y 0,5-600 bar
Precisión: $\pm 0,2$ a $\pm 0,5 \%$.

Piezoeléctricos

Intervalo de medida: 25 mbar a 10.350 bar
Precisión : 1,0-5,0%, 0,50%, 0,25%, 0,10% (alta precisión) y 0,05% (ultra alta precisión)



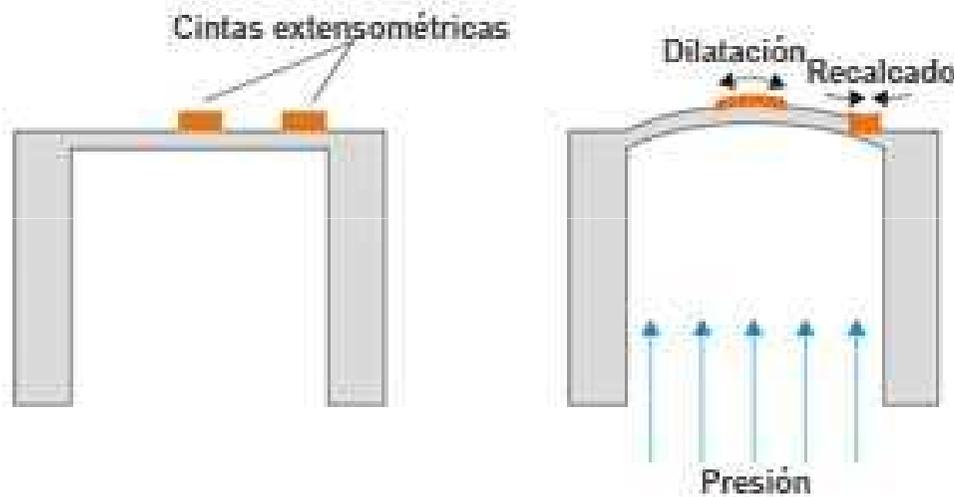
Medida de la presión con sensores resistivos

El principio de medida con sensores resistivos se basa en la medida de la variación de la resistencia inducida por la deformación en función de la presión.

La resistencia de un conductor eléctrico está definida por la ecuación:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

R = resistencia eléctrica
 ρ = resistencia específica
 l = longitud
 A = superficie de sección

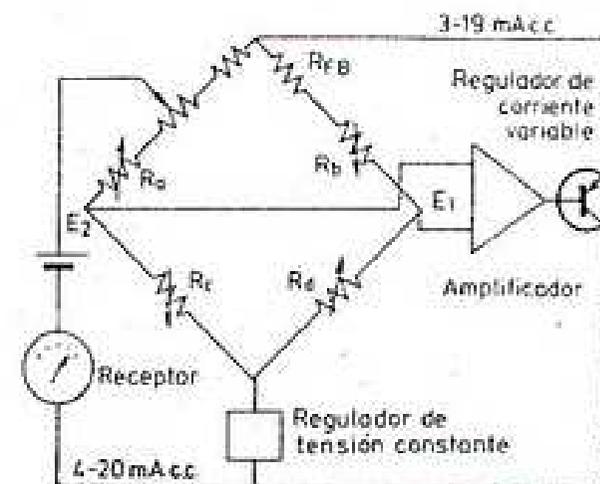
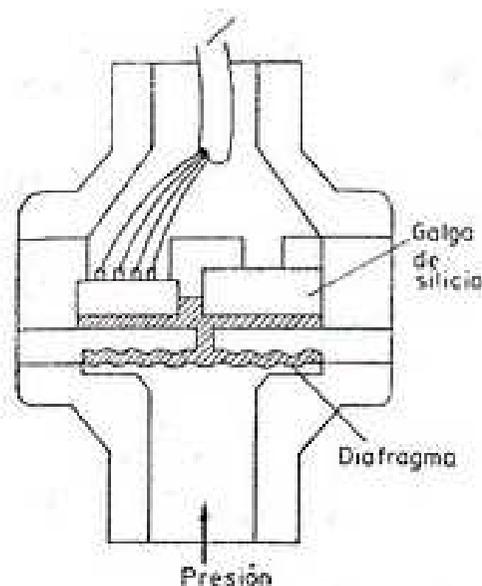


La tracción de un conductor (cintas extensométricas), aumenta la longitud y reduce la superficie de sección con la consecuencia de un aumento de la resistencia eléctrica, ya que la resistencia específica se mantiene constante.

Medida de la presión con sensores piezoresistivos

El principio de medición con estos sensores es similar al de los sensores resistivos. La diferencia reside en la utilización de **semiconductores** como cintas extensométricas en vez de metal y la deformación provoca en este caso una **variación de la resistencia específica**.

El efecto piezoresistivo con semiconductores es de un factor 10 hasta 100 veces mayor que con metal. Posee mayor precisión, pero también mayor sensibilidad.

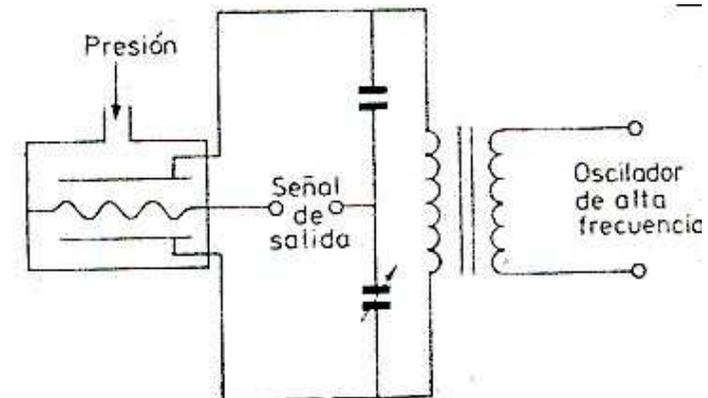
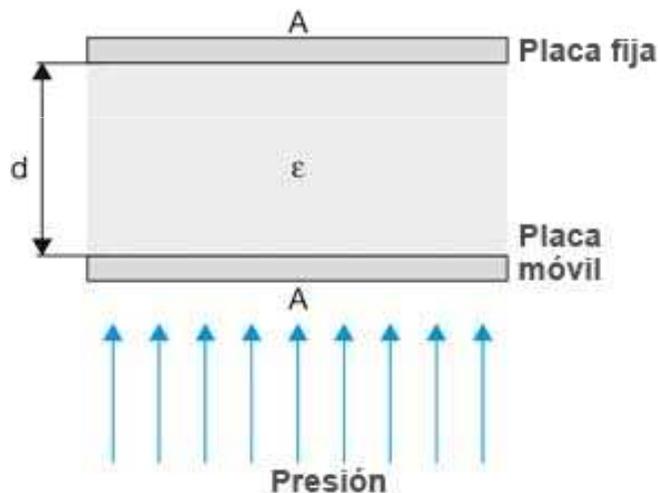


Medida de la presión con sensores capacitivos

Este principio está basado en la medición de la capacidad de un condensador que varía en función de la aproximación a la superficie activa. La capacidad de un condensador de dos placas puede expresarse por la siguiente ecuación:

$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

C = capacidad condensador
 ϵ = constante dieléctrica
 A = área efectiva de las placas
 d = distancia entre las placas

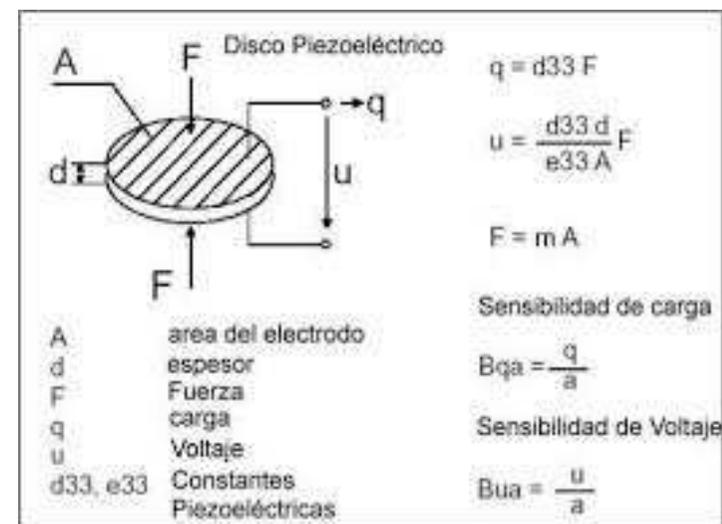
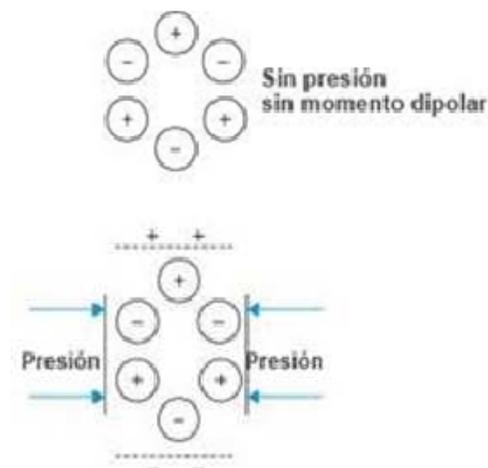


El principio de la medición se realiza mediante un cuerpo base cuya membrana metálica constituye una de las placas del condensador. La deformación de la membrana, inducida por la presión, reduce la distancia entre las dos placas con el efecto de un aumento de la capacidad, manteniendo igual la superficie y la constante dieléctrica.

Medición de la presión con sensores piezoeléctricos

El efecto piezoeléctrico consiste en la aparición de una polarización eléctrica en un material (cuarzo) al deformarse bajo la acción de un esfuerzo.

La deslocalización de la estructura cristalina con carga eléctrica genera un momento dipolar que se refleja en una (aparente) carga de superficies. La intensidad de la carga es proporcional a la fuerza empleada por la presión y la polaridad depende de la dirección. La tensión eléctrica generada por la carga de la superficie puede captarse y amplificarse. El efecto piezoeléctrico es apto únicamente para la medida de presiones dinámicas.



Transmisores de presión – Estructura básica



SENSOR

TARJETA

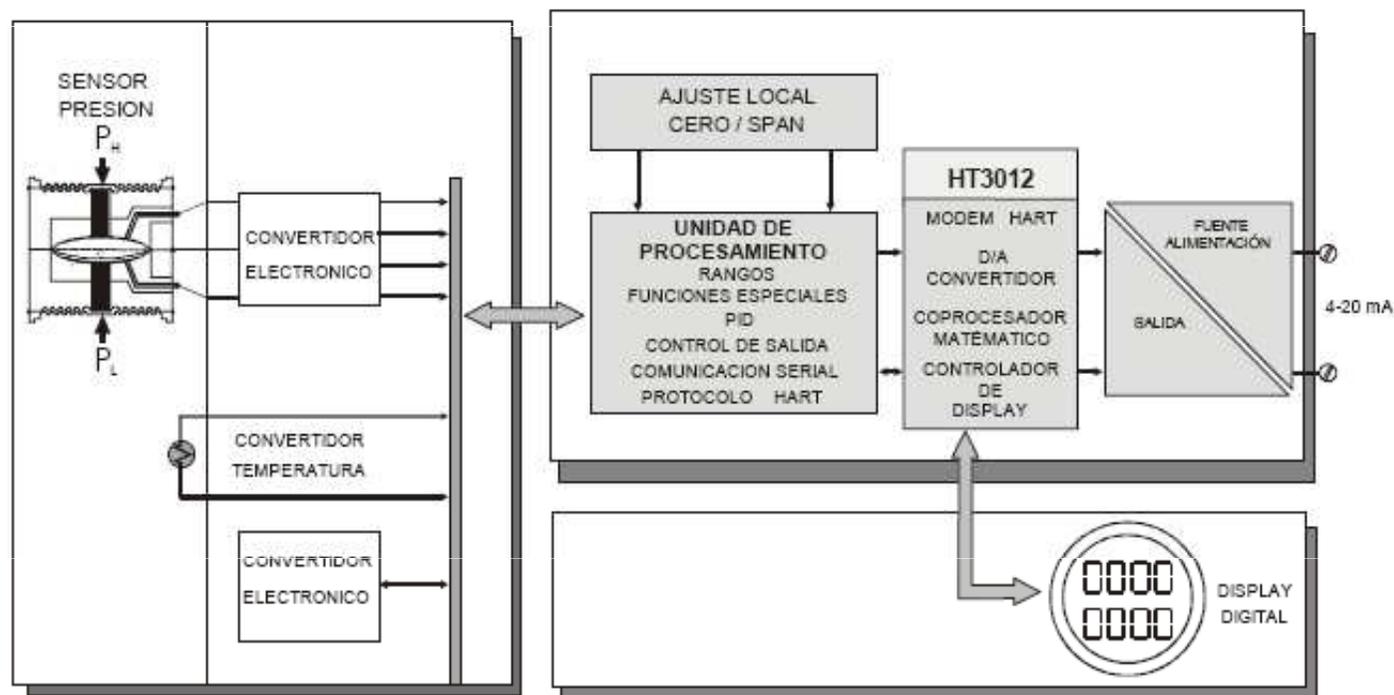
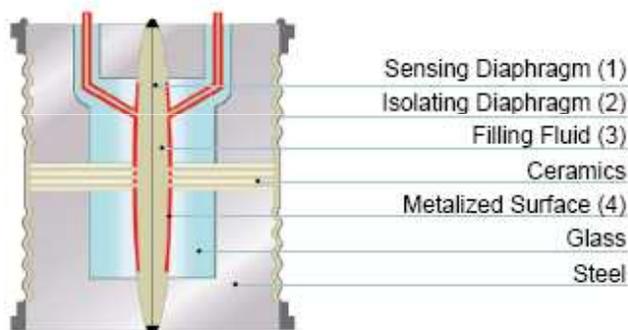


Fig. 2.2 - Diagrama en Bloque del Circuito del LD301



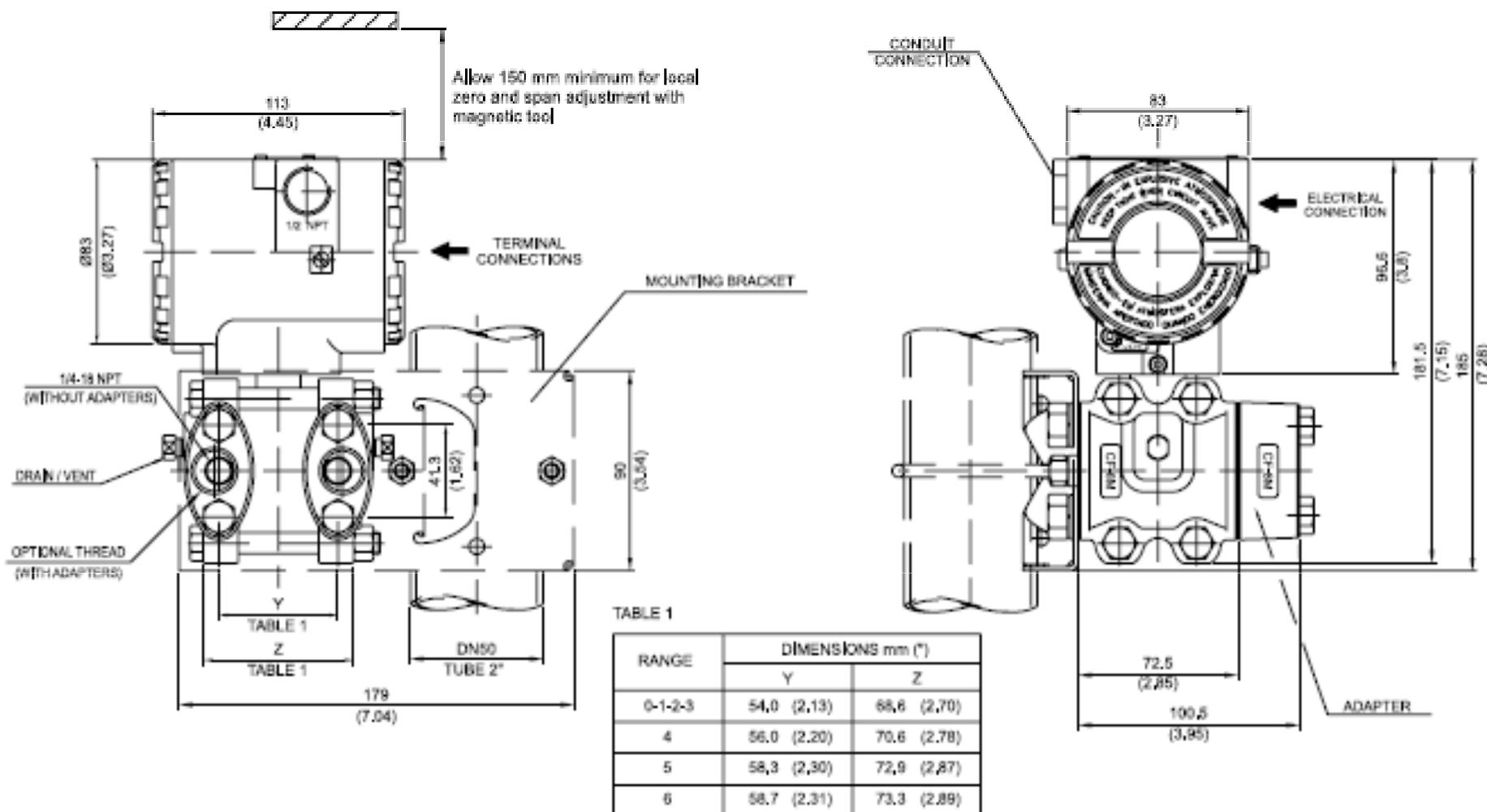
SELECCIÓN DE TRANSMISORES DE PRESIÓN

| DIFFERENTIAL, FLOW, GAGE, ABSOLUTE AND HIGH STATIC PRESSURE TRANSMITTERS | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----------------------------------|------|-----------|----------------|---|------|-----------|-----------------------|--|--|
| MODEL | | | | | | | | | | | |
| LD301 | HART® & 4-20 mA | | | | | | | | | | |
| LD302 | FOUNDATION fieldbus™ | | | | | | | | | | |
| LD303 | PROFIBUS PA | | | | | | | | | | |
| COD. | Type | Range Limits | | Min. Span | Unit | Range Limits | | Min. Span | Unit | Note: The range can be extended up to 0.75 LRL and 1.2 URL with small degradation of accuracy. | |
| | | min | max | | | Min | Max | | | | |
| D0 | Differential and Flow | -1 | 1 | 0,05 | kPa | -4 | 4 | 0.2 | InH ₂ O | | |
| D1 | Differential and Flow | -5 | 5 | 0,13 | kPa | -20 | 20 | 0.5 | InH ₂ O | | |
| D2 | Differential and Flow | -50 | 50 | 0,42 | kPa | -200 | 200 | 1.67 | InH ₂ O | | |
| D3 | Differential and Flow | -250 | 250 | 2,08 | kPa | -36 | 36 | 0.3 | psi | | |
| D4 | Differential and Flow | -2500 | 2500 | 20,83 | kPa | -360 | 360 | 3 | psi | | |
| M0 | Gage | -1 | 1 | 0,05 | kPa | -4 | 4 | 0.2 | InH ₂ O | | |
| M1 | Gage | -5 | 5 | 0,13 | kPa | -20 | 20 | 0.5 | InH ₂ O | | |
| M2 | Gage | -50 | 50 | 0,42 | kPa | -200 | 200 | 1.67 | InH ₂ O | | |
| M3 | Gage | -100 | 250 | 2,08 | kPa | -14.50 | 36 | 0.3 | psi | | |
| M4 | Gage | -100 | 2500 | 20,83 | kPa | -14.50 | 360 | 3 | psi | | |
| M5 | Gage | -0.1 | 25 | 0,21 | MPa | -14.50 | 3600 | 30 | psi | | |
| M6 | Gage | -0.1 | 40 | 0,33 | MPa | -14.50 | 5800 | 48.3 | psi | | |
| A1 | Absolute | 0 | 5 | 2,00 | kPa | 0 | 37 | 14.8 | mmHg | | |
| A2 | Absolute | 0 | 50 | 2,50 | kPa | 0 | 7.2 | 0.36 | psia | | |
| A3 | Absolute | 0 | 250 | 5,00 | kPa | 0 | 36 | 0.73 | psia | | |
| A4 | Absolute | 0 | 2500 | 20,83 | kPa | 0 | 360 | 3 | psia | | |
| A5 | Absolute | 0 | 25 | 0,21 | MPa | 0 | 3600 | 30 | psia | | |
| A6 | Absolute | 0 | 40 | 0,33 | MPa | 0 | 5800 | 48.3 | psia | | |
| H2 | Differential - High Static Pressure | -50 | 50 | 0,42 | kPa | -200 | 200 | 1.67 | InH ₂ O | | |
| H3 | Differential - High Static Pressure | -250 | 250 | 2,08 | kPa | -36 | 36 | 0.3 | psi | | |
| H4 | Differential - High Static Pressure | -2500 | 2500 | 20,83 | kPa | -360 | 360 | 3 | psi | | |
| H5 | Differential - High Static Pressure | -25 | 25 | 0,21 | MPa | -3600 | 3600 | 30 | psi | | |
| COD. Diaphragm Material and Fill Fluid | | | | | | | | | | | |
| 1 | 316L SST | Silicone Oil (9) | | 8 | Inert Tantalum | Inert Fluorolube Oil (2) (3) (15) | | K | Monel 400 | Inert Krytox Oil (1) (3) (15) | |
| 2 | 316L SST | Inert Fluorolube Oil (12) (15) | | 9 | 316L SST | Fomblin Oil | | M | Monel 400 Gold Plated | Silicone Oil (1) (3) (9) | |
| 3 | Hastelloy C276 | Silicone Oil (1) (9) | | A | Monel 400 | Fomblin Oil (1) (3) | | P | Monel 400 Gold Plated | Inert Krytox Oil (1) (3) (15) | |
| 4 | Hastelloy C276 | Inert Fluorolube Oil (1) (2) (15) | | D | 316 L SST | Inert Krytox Oil (3) (15) | | Q | 316 L SST | Inert Halocarbon 4.2 Oil (2) (3) (15) | |
| 5 | Monel 400 | Silicone Oil (1) (3) (9) | | E | Hastelloy C276 | Inert Krytox Oil (1) (3) (15) | | R | Hastelloy C276 | Inert Halocarbon 4.2 Oil (2) (3) (15) | |
| 7 | Tantalum | Silicone Oil (3) (9) | | G | Tantalum | Inert Krytox Oil (3) (15) | | S | Tantalum | Inert Halocarbon 4.2 Oil (2) (3) (15) | |
| COD. Flange(s), Adapter(s) and Drain/Vent Valves Material | | | | | | | | | | | |
| C | Plated CS (Drain/Vent In Stainless Steel) (16) | | | | M | Monel 400 (1) | | | | | |
| H | Hastelloy C276 (CW-12MW, ASTM - A494) (1) | | | | N | 316 SST - CF8M (ASTM A351) (Drain/Vent In Hastelloy C276) (1) | | | | | |
| I | 316 SST - CF8M (ASTM A351) | | | | P | 316 SST - CF8M (ASTM A351) Flange with PVDF (Kynar) Insert (5) (7) (11) | | | | | |

| | | | | |
|---|---|--|--|---|
| COD. Wetted O-Rings Materials | | | | |
| 0 B | Without O/Rings Buna-N | E Ethylene - Propylene (12) K Kalrez (12) | T Teflon V Viton | Note: O/Rings are not available on the sides with Remote Seals. |
| COD. Drain/Vent Position | | | | |
| 0 A | Without Drain/Vent Drain/Vent (Opposite to Process Connection) | D Bottom U Top | Note: For better drain/vent operation, vent valves are strongly recommended. Drain/vent valve not available on the sides with remote seals. | |
| COD. Local Indicator | | | | |
| 0 | Without indicator | 1 | With Digital Indicator | |
| COD. Process Connection | | | | |
| 0 | 1/4 - 18 NPT (Without Adapter) | B | High Side: 1/2 - 14 NPT and Low Side: Remote Seal (With Plug) (10) (12) | |
| 1 | 1/2 - 14 NPT (With Adapter) (6) | D | High Side: Remote Seal (With Plug) and Low Side - 1/2 - 14 NPT (10) (12) | |
| 3 | Remote Seal (With Plug) (3) (8) | F | High Side: 1/2 - 14 NPT and Low Side: Remote Seal (Low Volume Flange) (10) (12) | |
| 5 | 1/2 - 14 NPT Axial with PVDF Insert (5) (7) (14) | H | High Side: Remote Seal (Low Volume Flange) and Low Side: 1/2 - 14 NPT (10) (12) | |
| 9 | Remote Seal (Low Volume Flange) (3) (4) (8) | Q | 8 mm hole without thread (According to DIN19213) (13) | |
| T | 1/2 - 14 BSP (With Adapter) (6) | Z | User's specification | |
| V | Manifold Valve Integrated to the transmitter | | | |
| COD. Conexão Elétrica | | | | |
| 0 | 1/2 - 14 NPT | A | M20 X 1.5 | |
| 1 | 3/4 - 14 NPT (with 316 SST adapter for 1/2 - 14 NPT) (17) | B | PG 13.5 DIN | |
| 2 | 3/4 - 14 BSP (with 316 SST adapter for 1/2 - 14 NPT) (6) | Z | User's specification | |
| 3 | 1/2 - 14 BSP (with 316 SST adapter for 1/2 - 14 NPT) (6) | | | |
| COD. Set this code as "1" for LD301 and exclude for the others | | | | |
| COD. Mounting Bracket for 2" Pipe or Surface Mounting | | | | |
| 0 | Without bracket | 6 | L type, 316 SST bracket and accessories | |
| 1 | Carbon steel bracket and accessories (16) | 7 | Carbon steel bracket. Accessories: 316 SST (16) | |
| 2 | 316 SST bracket and accessories | 9 | L type, carbon steel bracket. Accessories: 316 SST (16) | |
| 5 | L type, carbon steel bracket and accessories (16) | Z | User's specification | |

| | | | |
|-------------|-------------------------------------|---|--|
| COD. | | Flange Bolts and Nuts Material | |
| A0 | Plated Carbon Steel (Default) (8) | A3 | UNS S17400 SST (1) |
| A1 | 316 SST | A5 | Hastelloy C276 |
| A2 | Carbon Steel (ASTMA193 B7M) (1) (8) | | |
| COD. | | Flange Thread for fixing accessories (adapters, manifolds, mounting brackets, etc) | |
| D0 | 7/16 UNF (Default) | D2 | M12 X 1.75 |
| D1 | M10 X 1.5 | | |
| COD. | | Output Signal (Only available for LD301) | |
| G0 | 4 - 20 mA (Default) | | |
| G1 | 0 - 20 mA (4-wire) (2) | | |
| COD. | | Housing Material | |
| H0 | Aluminum (Default) | H4 | Aluminium Copper Free |
| H1 | 316 SST - CF8M (ASTM - A351) | | |
| H2 | Aluminium (9) | | |
| H3 | 316 SST (9) | | |
| COD. | | Tag Plate | |
| J0 | With tag, when specified (Default) | | |
| J1 | Blank | | |
| J2 | According to user's notes | | |
| COD. | | PID Configuration - (Only available for LD301) | |
| M0 | With PID (Default) | | |
| M1 | Without PID | | |
| COD. | | LCD1 Indication (Only available for LD301) | |
| Y0 | LCD1: Percentage (Default) | Y3 | LCD1: Temperature (Engineering Unit) |
| Y1 | LCD1: Current - I (mA) | YU | LCD1: According to user notes (4) |
| Y2 | LCD1: Pressure (Engineering Unit) | | |
| COD. | | LCD2 Indication (Only available for LD301) | |
| Y0 | LCD2: Percentage (Default) | Y6 | LCD2: Temperature (Engineering Unit) |
| Y4 | LCD2: Current - I (mA) | YU | LCD2: According to user notes (4) |
| Y5 | LCD2: Pressure (Engineering Unit) | | |
| COD. | | Identification Plate | |
| I1 | FM: XP, IS, NI, DI, IP | I5 | CEPEL: Ex-d, Ex-ia, IP |
| I2 | NEMKO: Ex-d, Ex-ia, IP | I6 | Without Certification |
| I3 | CSA: XP, IS, NI, DI, IP | I7 | Dekra/EXAM: Group I, M1 Ex-ia |
| I4 | Dekra/EXAM: Ex-ia, IP | I8 | 0 to 20 mA: LD301 (2) |
| I9 | | IF | CEPEL: Ex-d, IP (7) |
| | | IE | NEPSI: Ex-ia (6) |
| | | IH | CEPEL + IP68 |
| COD. | | Pintura | |
| P0 | Gray Munsell N 6,5 Polyester | P8 | Without Painting |
| P3 | Black Polyester | P9 | Safety Blue Epoxy - Electrostatic Painting |
| P4 | White Epoxy | PC | Safety Blue Polyester - Electrostatic Painting |
| P5 | Yellow Polyester | | |

MONTAJE DE LOS TRANSMISORES DE PRESIÓN



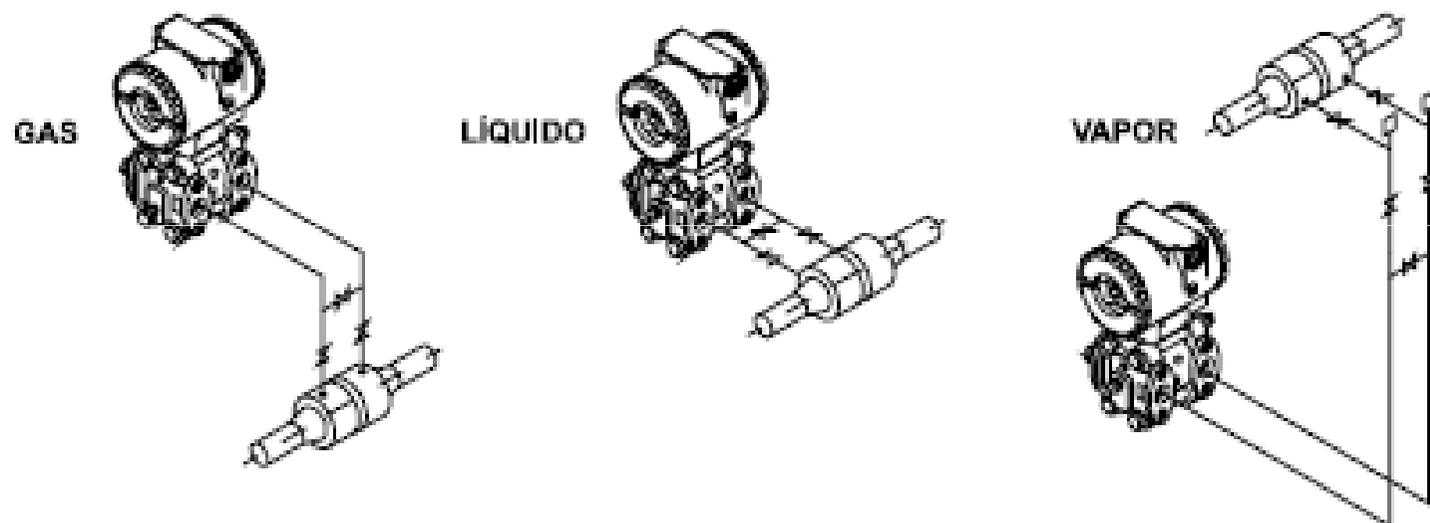


Fig. 1.3 - Posición del Transmisor y de las Tomadas

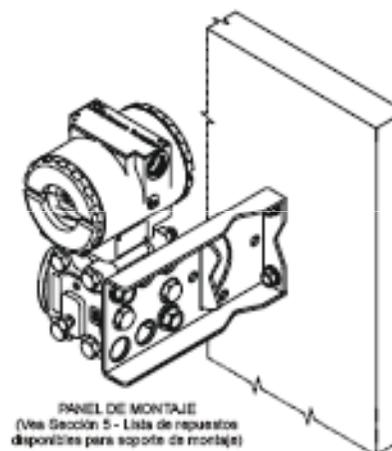
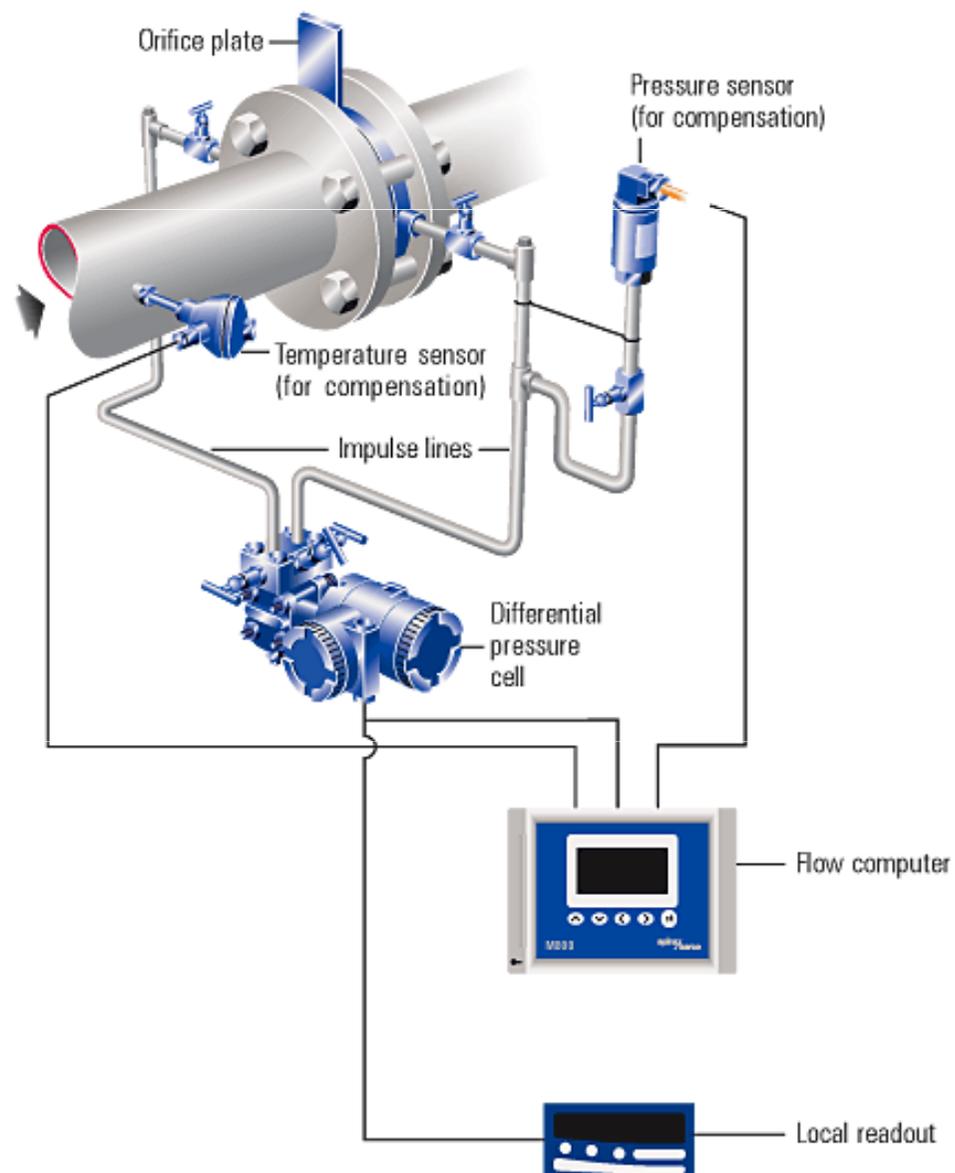


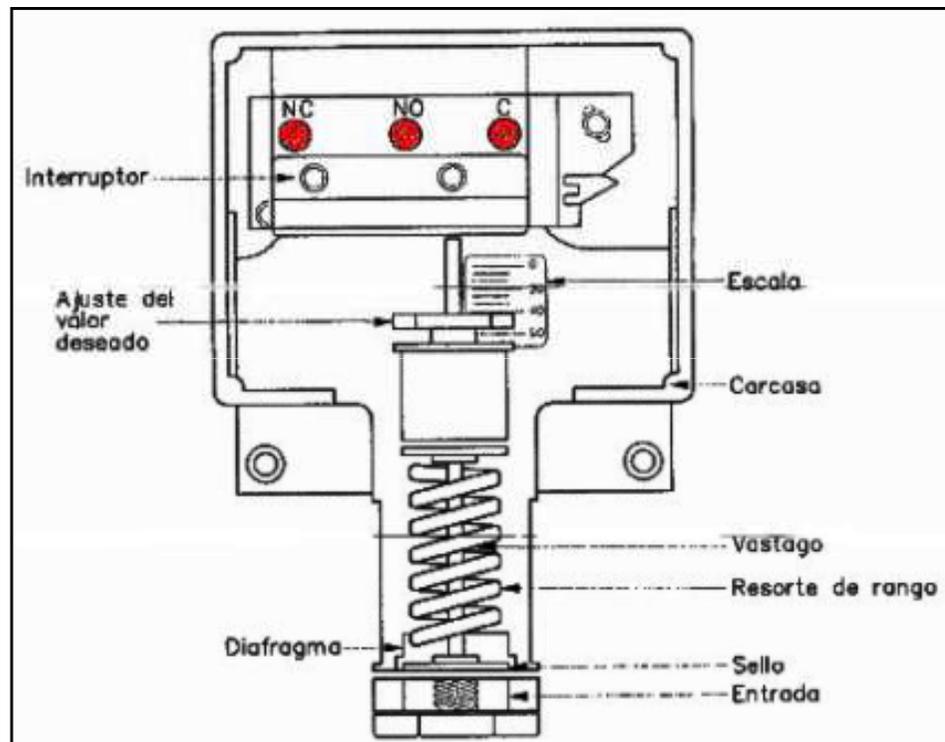
Fig. 1.2 - Diseño de Montaje del LD301 en el Panel

MEDICIÓN DE PRESIÓN – TRANSMISORES/MONTAJES



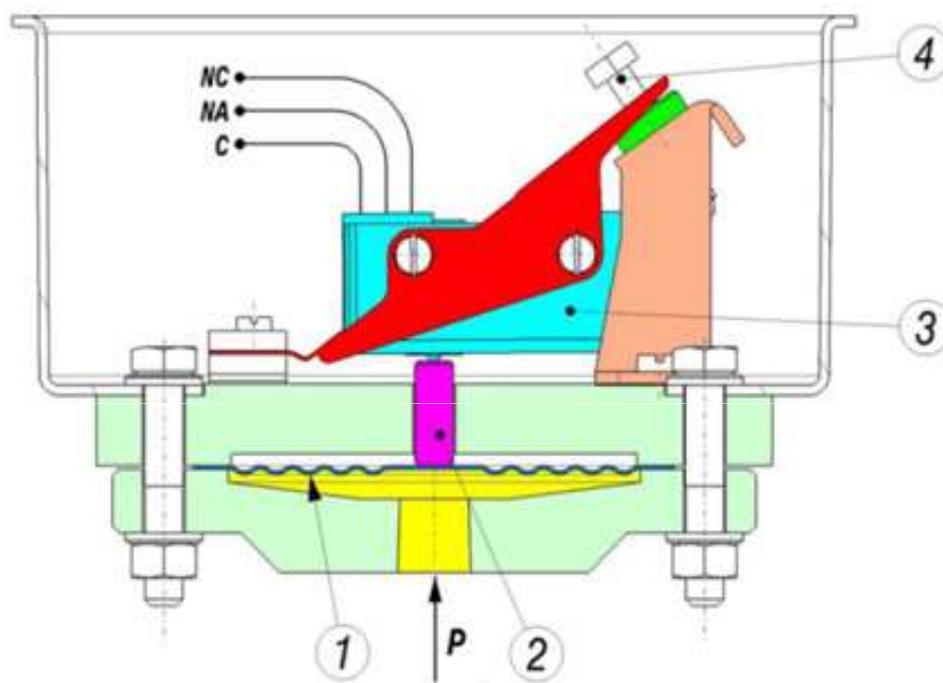
PRESOSTATOS

Es un elemento de relevo de la presión con ajuste variable de la misma. Es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido o gas. Puede formar parte de un lazo de control, pero representa un elemento analógico. Normalmente son utilizados como relevos de contactores y/o interruptores de potencia.



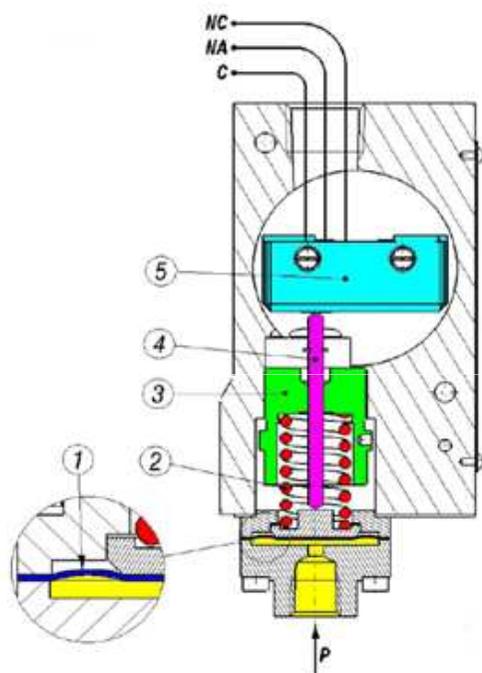
PRESOSTATOS DE MEMBRANA

Estos presostatos incorporan una membrana, que en contacto con el fluido, y por efecto de la presión se ve deformada o desplazada, actuando sobre el micro-interruptor. El uso de una membrana, como elemento primario, permite obtener una gran sensibilidad y repetibilidad frente a los cambios de presión.



PRESOSTATOS DE MEMBRANA-PISTÓN

También llamados de equilibrio de fuerzas. Poseen una membrana, que en contacto con el fluido, y por efecto de la presión se deforma. Este cambio de posición se transmite a un pistón que, finalmente, actúa sobre el micro-interruptor. El pistón, forzado por un muelle que permite ajustar el valor del punto de actuación, ofrece un cierto grado de amortiguación, y una gran resistencia a las sobrepresiones.



CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS PRESOSTATOS

Presión

Los presostatos pueden colocarse en el lado de baja presión (Low Press), en el lado de alta presión (High Press); o combinados (Dual).

Gama de regulación

La gama de regulación indica la escala de ajuste del set point (SP), en baja (LP) o en alta (HP). En el caso de los presostatos de baja, la gama de ajuste va desde, por ejemplo, -0,2 a 7,5 bar. El signo negativo se debe a que se trata de presiones relativas. Recordar que:

$$P_{\text{absoluta}} = P_{\text{relativa}} + P_{\text{atmosférica}} = -0,2 + 1 = 0,8 \text{ bar}$$

Diferencial

Es la diferencia entre la presión de conexión y desconexión, o sea, la diferencia entre las presiones a las que los contactos cambian de posición. El diferencial puede ser fijo o ajustable. Normalmente cuando es ajustable, varía con el ajuste del set point. En el caso de los presostatos combinados, en el lado de alta, el diferencial es fijo.

Rearme

El rearme puede ser automático, manual o convertible. En este último caso el usuario decide, según la instalación donde se coloque el presostato, si el rearme es manual o automático. Un rearme manual en una instalación automática no tiene sentido.

Carga de los contactos

Es importante tener en cuenta la carga de los contactos, sobre todo en el caso de que el presostato se conecte directamente a un motor eléctrico.

Carga de los contactos

Corriente alterna:

AC1: 16 A, 400 V

AC3: 16 A, 400 V

AC15: 10 A, 400 V

Corriente de arranque máx. (L.R.): 112 A, 400 V

Corriente continua:

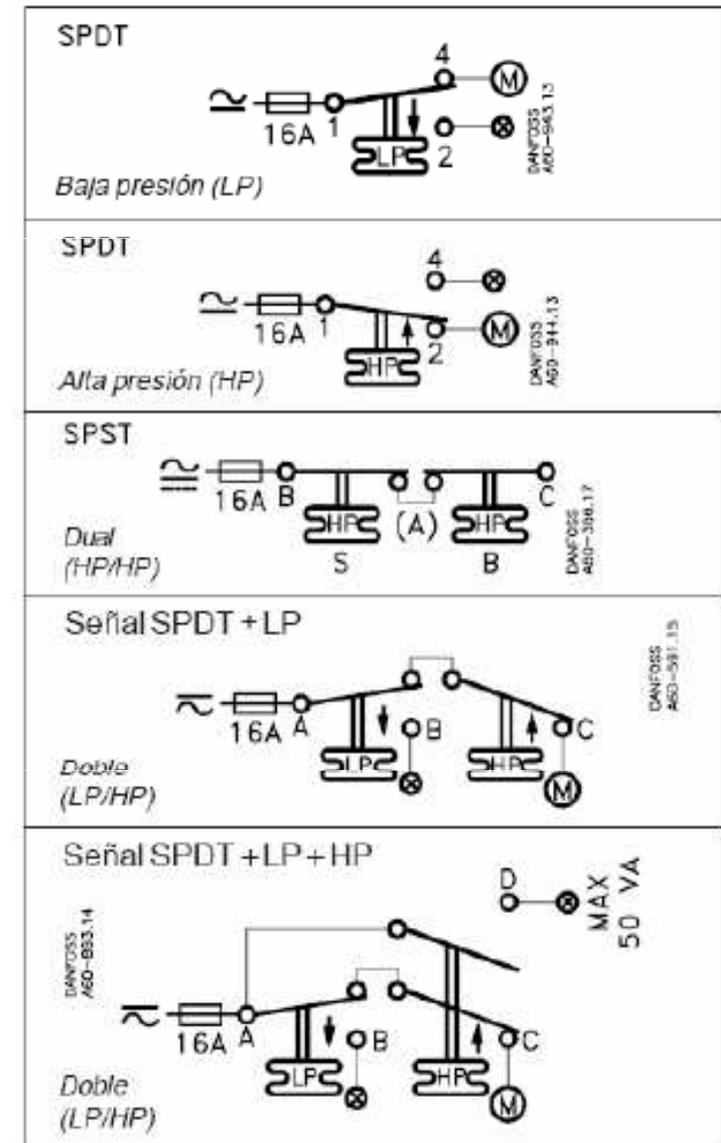
DC13: 12 W, 220 V

SISTEMA DE CONTACTOS EN PRESOSTATOS

Generalmente incorporan contactos conmutados del tipo unipolar, denominados SPDT (Single pole, double throw). Según el tipo de presostato, existen distintas posibilidades de conexión como muestra la figura.

En la Figura, la flecha hacia arriba indica que cuando la presión sube por encima de la ajustada, el contacto del presostato cambia de posición.

La flecha hacia abajo indica que el contacto cambia de posición cuando la presión disminuye por debajo de la ajustada.



CARACTERÍSTICA GENERALES DE LOS PRESOSTATOS

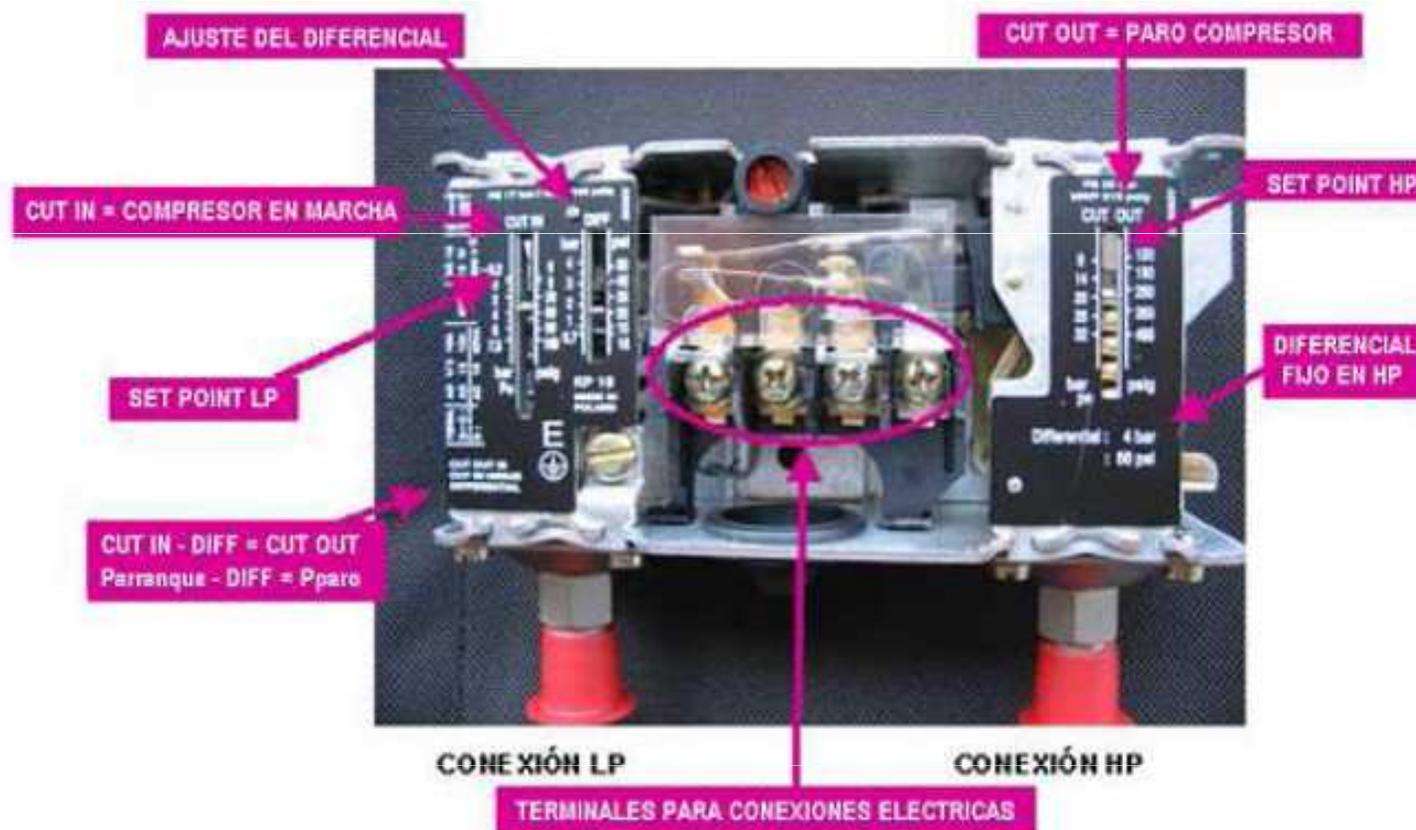
| Presión | Tipo | Baja presión (LP) | | Alta presión (HP) | | Rearme | | Sistema de contactos |
|---------|------|------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|----------------------|
| | | Gama de regulación bar | Diferencial Δp bar | Gama de regulación bar | Diferencial Δp bar | Baja presión LP | Alta presión HP | |

Para refrigerantes fluorados

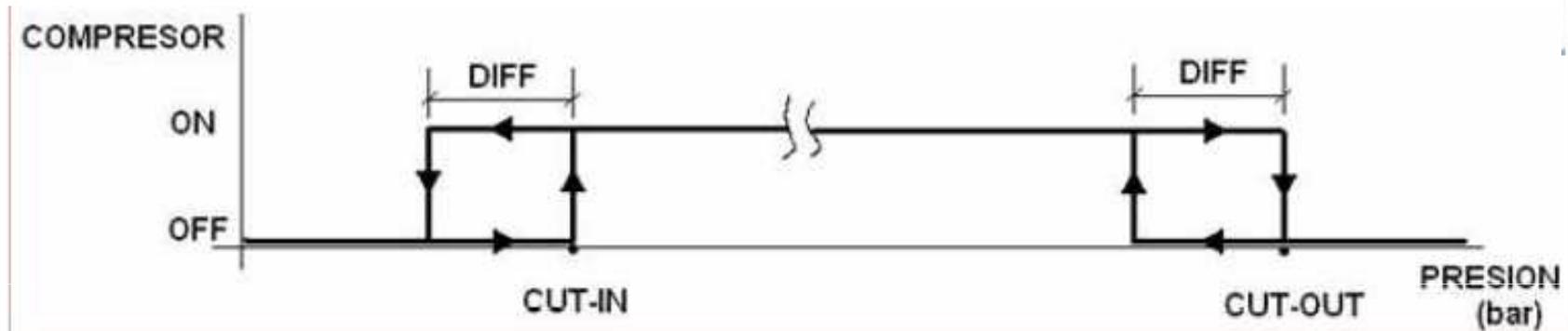
| | | | | | | | | |
|------|-------|------------|-----------|--------|-----------|---------------------|---------------------|----------------------|
| Baja | KP 1 | -0.2 → 7.5 | 0.7 → 4.0 | | | Aut. | | SPDT |
| Baja | KP 1 | -0.2 → 7.5 | 0.7 → 4.0 | | | Aut. | | |
| Baja | KP 1 | -0.9 → 7.0 | Fixed 0.7 | | | Man. | | |
| Baja | KP 2 | -0.2 → 5.0 | 0.4 → 1.5 | | | Aut. | | |
| Alta | KP 5 | | | 8 → 32 | 1.8 → 6.0 | | Aut. | |
| Alta | KP 5 | | | 8 → 32 | Fijo 3 | | Man. | |
| Alta | KP 6 | | | 8 → 42 | 4 → 10 | Aut. | | |
| Alta | KP 6 | | | 8 → 42 | Fijo 4 | Man. | | |
| Dual | KP 15 | -0.2 → 7.5 | 0.7 → 4.0 | 8 → 32 | Fijo 4 | Aut. | Aut. | SPDT + LP señal |
| Dual | KP 15 | -0.2 → 7.5 | 0.7 → 4.0 | 8 → 32 | Fijo 4 | Aut. | Man. | |
| Dual | KP 15 | -0.2 → 7.5 | 0.7 → 4.0 | 8 → 32 | Fijo 4 | Aut. | Man. | |
| Dual | KP 15 | -0.9 → 7.0 | Fixed 0.7 | 8 → 32 | Fijo 4 | Man. | Man. | |
| Dual | KP 15 | -0.9 → 7.0 | Fixed 0.7 | 8 → 32 | Fijo 4 | Conv. ²⁾ | Conv. ²⁾ | |
| Dual | KP 15 | -0.2 → 7.5 | 0.7 → 4.0 | 8 → 32 | Fijo 4 | Aut. | Aut. | SPDT + LP y HP señal |
| Dual | KP 15 | -0.2 → 7.5 | 0.7 → 4.0 | 8 → 32 | Fijo 4 | Aut. | Man. | |
| Dual | KP 15 | -0.2 → 7.5 | 0.7 → 4.0 | 8 → 32 | Fijo 4 | Conv. ²⁾ | Conv. ²⁾ | |
| Dual | KP 15 | -0.9 → 7.0 | Fixed 0.7 | 8 → 32 | Fijo 4 | Conv. ²⁾ | Conv. ²⁾ | |

Fuente: datos de catálogos de presostatos Danfoss.

AJUSTE DE UN PRESOSTATO



Para el ajuste del presostato se aconseja la utilización de un manómetro, ya que el presostato no mide presión y los datos que aparecen en las escalas son sólo aproximados.



Baja Presión

Escala para ajustar la puesta en marcha del compresor (CUT IN):

Cuando la presión sube por encima del SP en CUT IN, el motor del compresor se pone en marcha.

Escala para ajustar el diferencial (DIFF):

La presión de parada del compresor (LP), se obtiene como la diferencia entre la presión de arranque y el diferencial. O sea: **LP = CUT IN – DIFF**

Alta Presión

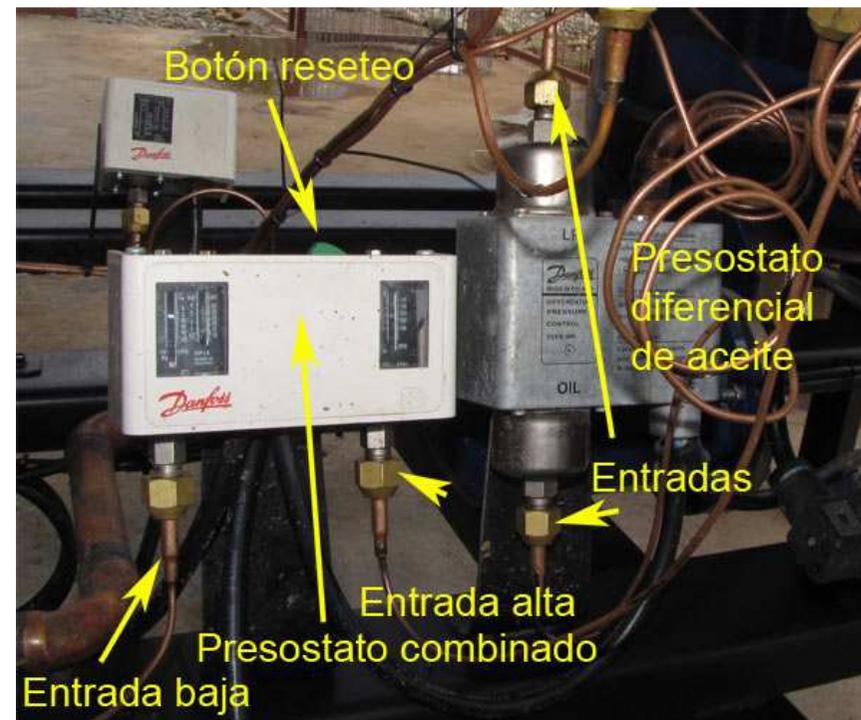
Escala para ajustar la presión de parada (HP) del compresor (CUT OUT):

Cuando la presión aumente por encima del SP en CUT OUT, el motor del compresor se parará.

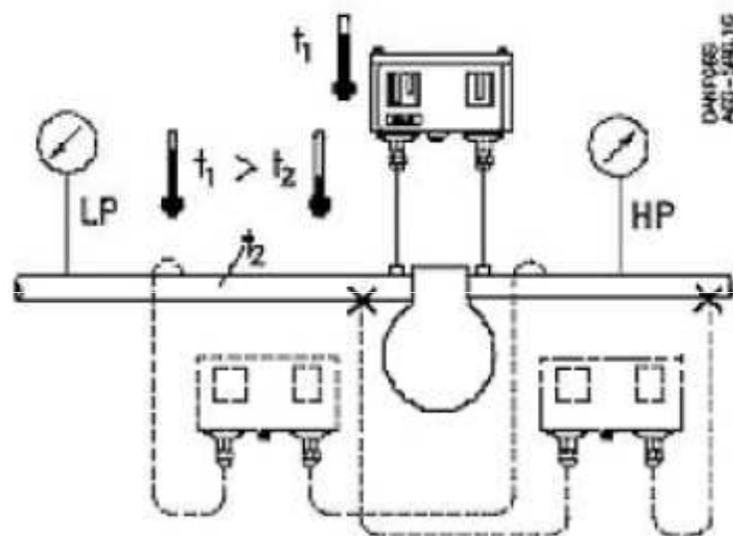
Escala para ajustar el diferencial (DIFF):

El diferencial en el lado de alta presión es fijo y tiene un valor normal de 4 a 6 bar. La presión de arranque (HP), se obtiene como la diferencia entre la presión de parada CUT OUT y el diferencial.

O sea: **HP = CUT OUT - DIFF**



MONTAJE DE PRESOSTATOS



GANANCIA DE UN SENSOR / TRANSMISOR

Para el análisis de sistemas de control, algunas veces es importante obtener la ganancia que describe el comportamiento del Sensor/Transmisor. Dicha ganancia se la obtiene a partir de la relación del rango de la entrada respecto al rango de la salida del instrumento.

Ejemplo: Un sensor transmisor electrónico de presión cuya escala va de 0 a 200 [psig] y con una salida electrónica de 4 a 20 [mA], tiene la siguiente ganancia:

$$K_T = \frac{\text{Variación de la salida}}{\text{Variación de la entrada}}$$

$$K_T = \frac{20 \text{ mA} - 4 \text{ mA}}{200 \text{ psig} - 0 \text{ psig}} = \frac{16 \text{ mA}}{200 \text{ psi}} = 0.08 \frac{\text{mA}}{\text{psi}}$$

Ejemplo: consideremos ahora un sensor transmisor neumático de temperatura cuya escala va de 100 a 300 [°F] y con una salida neumática de 3 a 15 [psig], tiene la siguiente ganancia:

$$K_T = \frac{15 \text{ psig} - 3 \text{ psig}}{300^\circ\text{F} - 100^\circ\text{F}} = \frac{12 \text{ psi}}{200^\circ\text{F}} = 0.06 \frac{\text{psi}}{^\circ\text{F}}$$

OBSERVACIONES



- La respuesta dinámica de la mayoría de los sensores transmisores, resulta mucho mas rápida que la del proceso, en consecuencia, sus constantes de tiempo y tiempo muerto se pueden considerar despreciables y, por lo tanto, la función transferencia la da la ganancia pura del sistema.
- Sin embargo, cuando se analiza la dinámica del instrumento, la función transferencia generalmente se representa mediante un sistema de primer o segundo orden, en el cual, los parámetros dinámicos se obtienen de manera empírica.

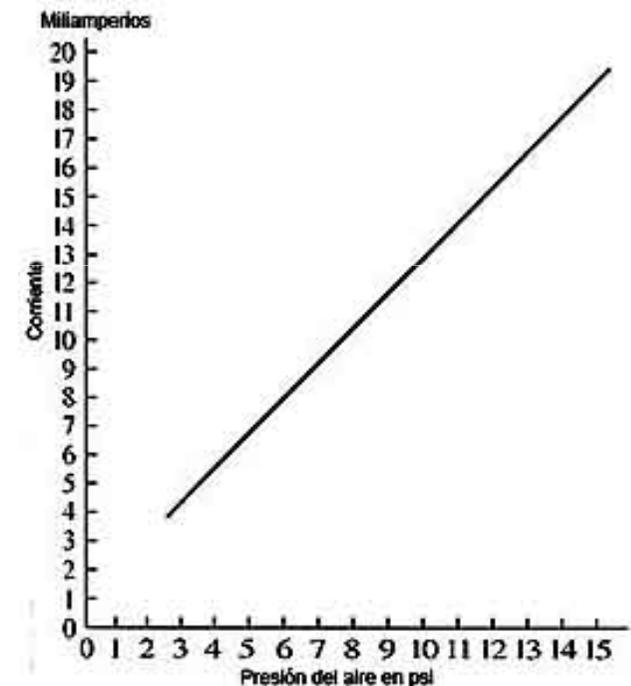
TRANSDUCTORES

También denominados convertidores. Son aparatos que reciben una señal de entrada neumática (3-15 psi) o electrónica (4-20mA) procedente de un instrumento, y después de modificarla, envían la resultante en forma de señal de salida estándar.

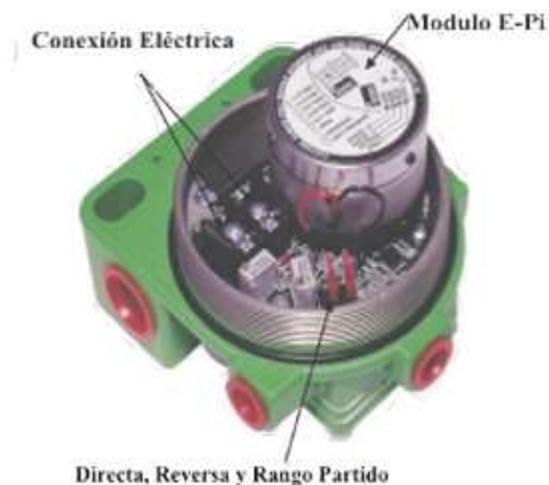
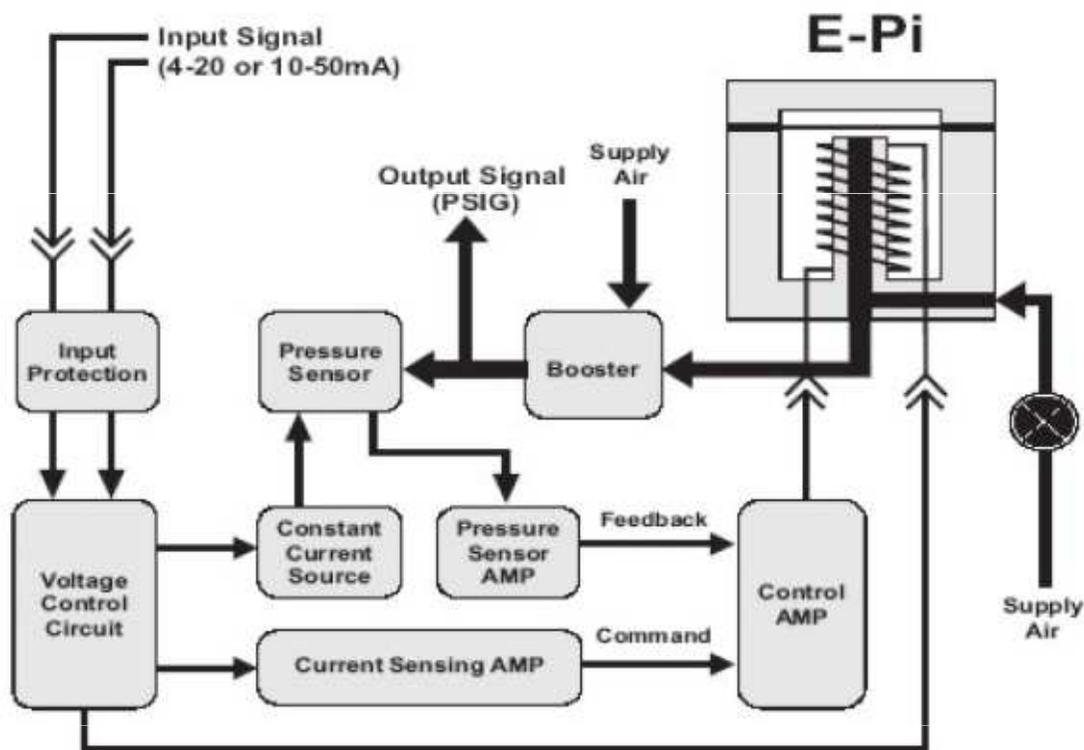


Un convertidor P/I convierte una señal de entrada neumática (señal de presión) a una señal de salida de corriente. Asimismo, un convertidor I/P convierte una señal de entrada de corriente a una señal de salida neumática o de presión. Puede haber transductores E/I, I/E, E/P, P/E, etc.

La gráfica muestra la relación de corriente a presión. Es posible seleccionar un valor de corriente y determinar la presión que el convertidor debe producir.



Esquema interno de un transductor I/P



Señales típicas de entrada
 4-20 mA
 10-50 mA

Señales normales de salida
 6-30 PSIG
 3-27 PSIG
 3-15 PSIG
 1-17 PSIG
 0.2- 1.0 Bar

CARÁCTERÍSTICAS DE SELECCIÓN DE UN TRANSDUCTOR I/P

STD X X X X - X I/P

Series Number

- 5: STD5000 I/P - NEMA 4X
- 6: STD6000 I/P - NEMA 4X, Explosion Proof*

Input

- 1: 4-20 mA, Intrinsically Safe*
- 2: 10-50mA
- 3: Other (Consult Factory)

Options

- 1: Pipe Mount Kit
- 3: Direct Only
- 4: Mounted Filter Regulator
- 5: Valve Mount Kit
- 6: Mounted Output Gauge

Case Style

- 1: Standard
- H: High Pressure Supply: 3-15 psig & 0.2-1.0 Bar output ranges only. Standard supply range is 35-100 psig.

Output

- 1: 6-30 PSIG¹
- 2: 3-27 PSIG¹
- 3: 3-15 PSIG (Standard or High Pressure Supply)
- 4: 1-17 PSIG
- 5: Other (Consult Factory).
- 6: 0.2 to 1.0 BAR (Standard or High Pressure Supply)

Models are supplied with the appropriate combination of Factory Mutual, Canadian standards and CENELEC approvals.

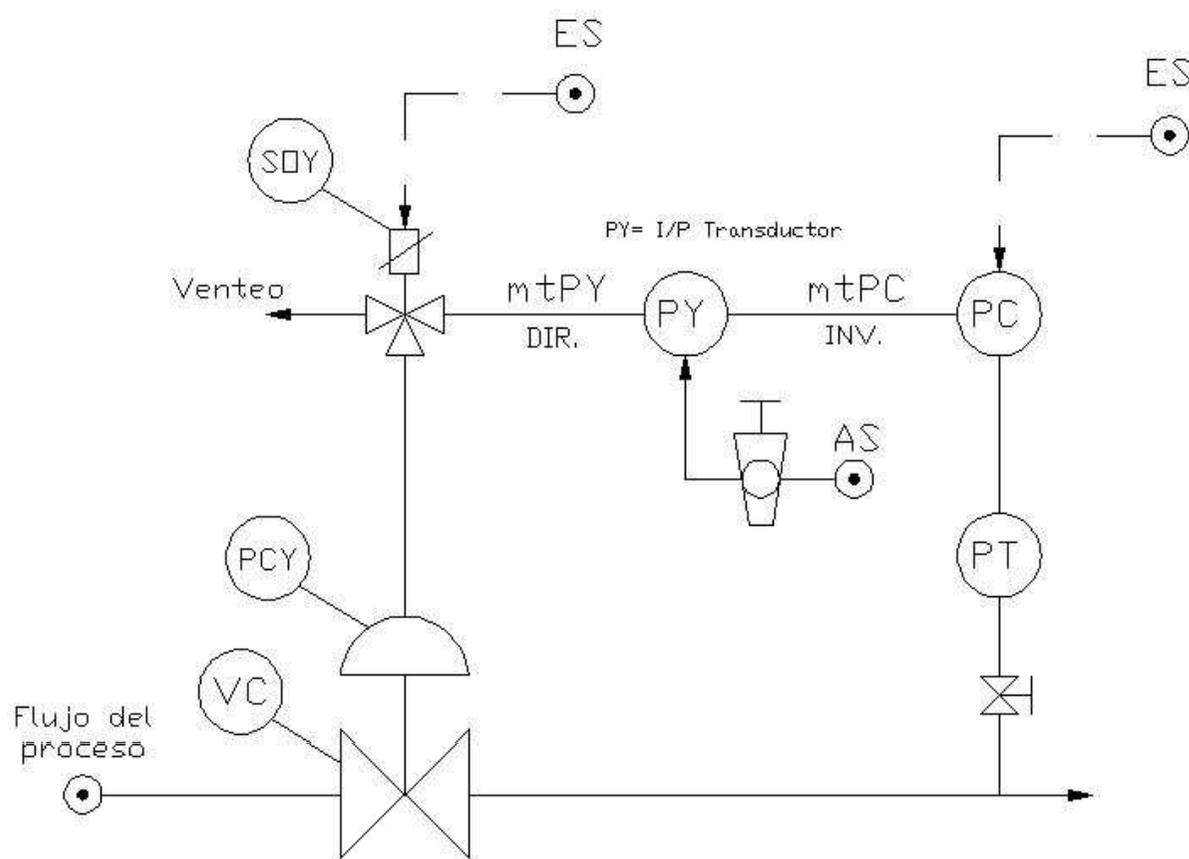
I Range Not Available on These Models

Example: STD6131-1 I/P =

6000 Explosion Proof, NEMA 4X I/P with 4-20mA input, 3-15 Output, Pipe Mount Option

20

ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE UN TRANSDUCTOR I/P



Donde:

PT: Transmisor de presión.

PC: Controlador de presión.

PY: Transductor I/P (corriente/presión).

VC: Válvula de control.

PCY: Servo-actuador neumático.

SOY: Electroválvula.

ES: suministro de energía (tensión).

AS: suministro de energía (presión).

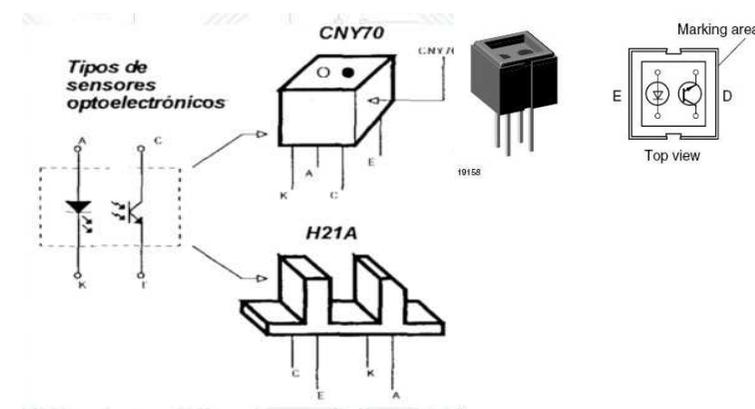
mtPC: Señal de salida del controlador (acción inversa).

mtPY: Señal de control a la salida del transductor I/P (acción directa).

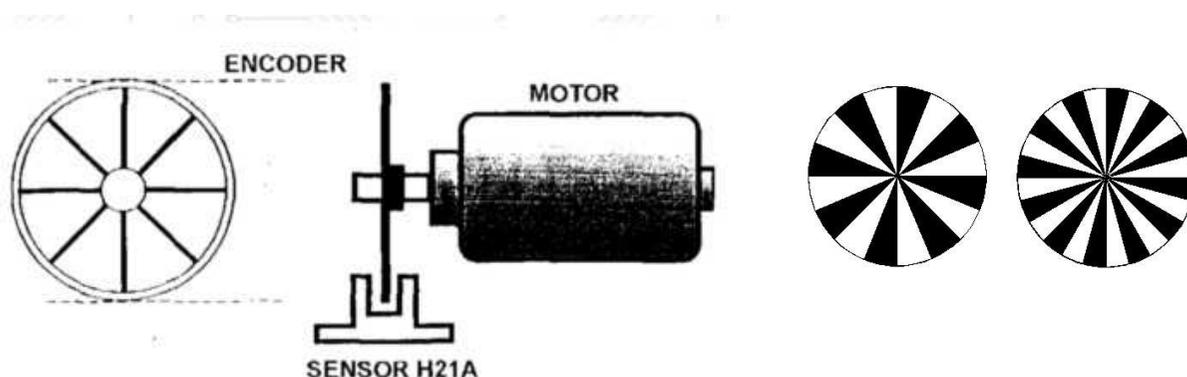
ENCODERS

Son elementos opto-electrónicos que se utilizan para medir carreras, ángulos o velocidades de rotación en máquinas y/o equipos de procesos. En principio se los puede clasificar como “rotativos” y “lineales”. Estos elementos operan por el principio de “captación fotoeléctrica”.

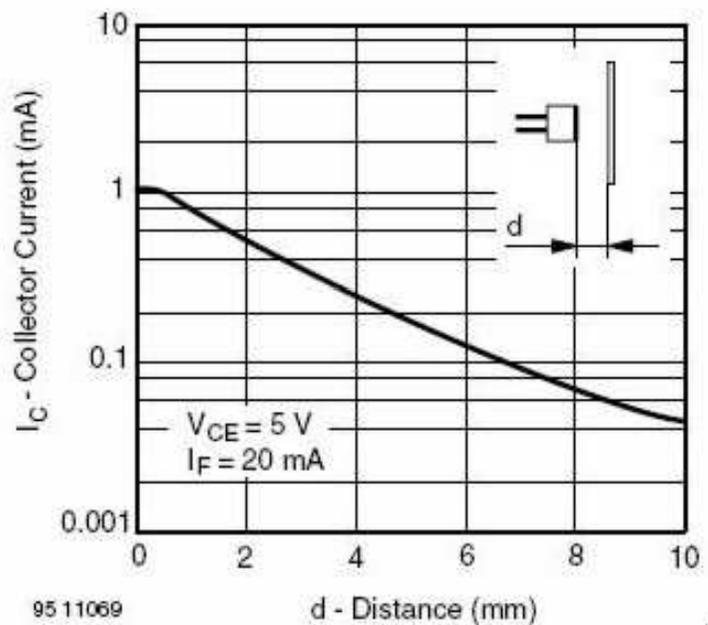
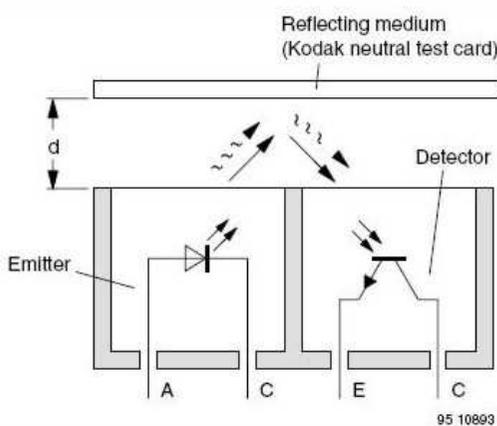
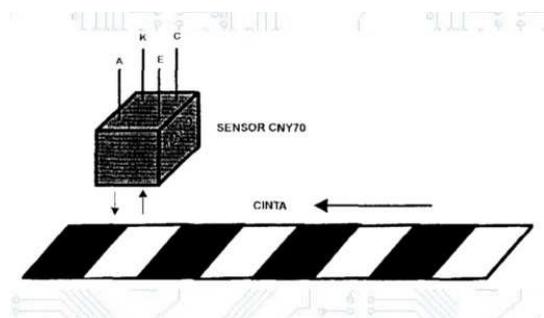
Captación Fotoeléctrica: Un LED como fuente lumínica es captado por una serie de fotoelementos a través de marcas realizadas en un disco de cristal que gira solidario al eje del encoder.



Encoders rotativos



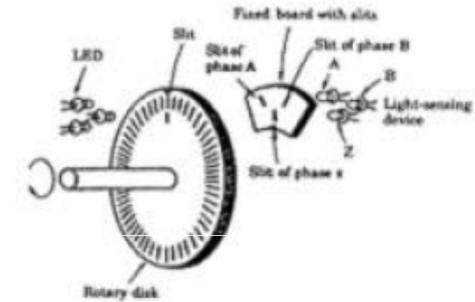
ENCODERS LINEALES



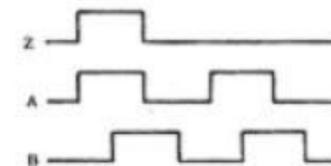
Los encoders también se los puede clasificar como:

Encoders incrementales:

Como se muestra en la figura, este encoder entrega pulsos A y B que indican la posición (cantidad de pulsos), y dirección (según pulso A adelanta o retrasa al pulso B); y un pulso Z que indica el origen (por ejemplo un pulso por revolución). La principal limitación de este tipo de encoder es que después de un corte de energía, la posición absoluta es desconocida.



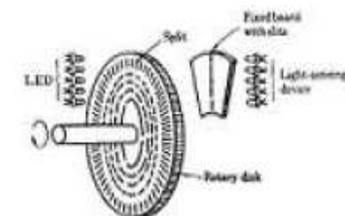
Structure of an incremental encoder.



Output waveform of incremental encoders.



Rotary disc of an absolute encoder.

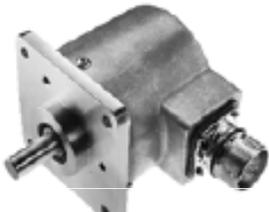


Structural drawing of an absolute encoder.

Encoders absolutos:

Este tipo de encoder entrega en varias salidas un número binario que indica la posición absoluta. A mayor resolución se incrementa el número de cables paralelos, por lo que en ese caso se usan con salida serial.

Características de los Encoders

| |  |  |  |  |  |
|--|---|--|---|---|---|
| Specifications | 842A Multi-Turn Magnetic Absolute | 842HR Sine Cosine/Serial | 844A & 844B Hollow Shaft Incremental | 844D Hollow Shaft Incremental | 845D Single-Turn Absolute |
| Resolution | • 24 bits (2048...8192 CPR & 256...8192 revolutions) | • 1024 PPR | • 10...2500 PPR | • 360...16,384 PPR | • 8...12 bits (256...1000 CPR) |
| Power Supply | • 10...30V DC | • 5-12V DC, or 7...12C DC | • 5V DC, 12V DC, or 8...24V DC | • 5V DC, 10...30V DC, or 5...26V DC | • 5V DC or 8...24V DC |
| Outputs | • Synchronous Serial Interface (SSI) | • Analog differential • Digital RS-485 • Hiperface® compatible | • Differential line driver • NPN open collector | • Differential line driver • Push-Pull | • 5V TTL • Open collector |
| Housing Size (Dia.) | • 60 mm (2.36 in.) | • 64 mm (2.5 in.) | • 51 mm (2.0 in.) | • 90 mm (3.5 in.) | • 64 mm (2.5 in.) |
| Frequency Response or Data Rate | • Up to 500 kHz | • 200 kHz | • 100 kHz | • 200, 300, or 600 kHz | • 16 K words/sec |
| Shaft Speed | • 6000 RPM | • 6000 RPM | • 3000 RPM | • 3000 RPM | • 5000 RPM |
| Mounting | • Metric servo with 36 or 50 mm pilot | • Square flange • Hub Shaft | • Integral flex mount | • Three tether options & anti-rotation pin | • Square flange • English servo |
| Connections | • Radial connector | • Radial connector | • 18in (457mm) integral cable | • Radial connector • Radial cable • Terminal block | • Axial connector • Radial connector |
| Protection | • IP66 (IEC 529) | • IP66 | • IP40 (IEC 529) | • NEMA 4, 13; IP66 | • NEMA 4, 13; IP66 |
| Additional Info | • See page 6-7 | • See page 6-10 | • See page 6-28 | • See page 6-31 | • See page 6-14 |