

# CONTROL PID

---

CONTROL III - Ing. Electrónica - UNSJ

2017

Ing. Juan Marcos Toibero  
[mtoibero@inaut.unsj.edu.ar](mailto:mtoibero@inaut.unsj.edu.ar)

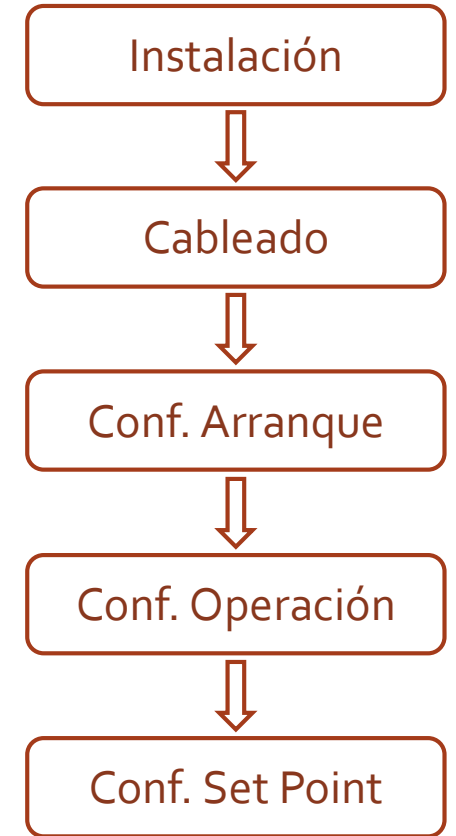
# Controladores PID industriales

- Yokogawa UT15 (disponible)
- Yokogawa UT150 (último modelo comercial)



# UT15

- Pasos antes de operar el equipo
  - 1) Instalación
  - 2) Cableado
  - 3) Configuración de Parámetros de Arranque
  - 4) Configuración de Parámetros de Operación
  - 5) Configuración de Set Point



## ¡Precaución!

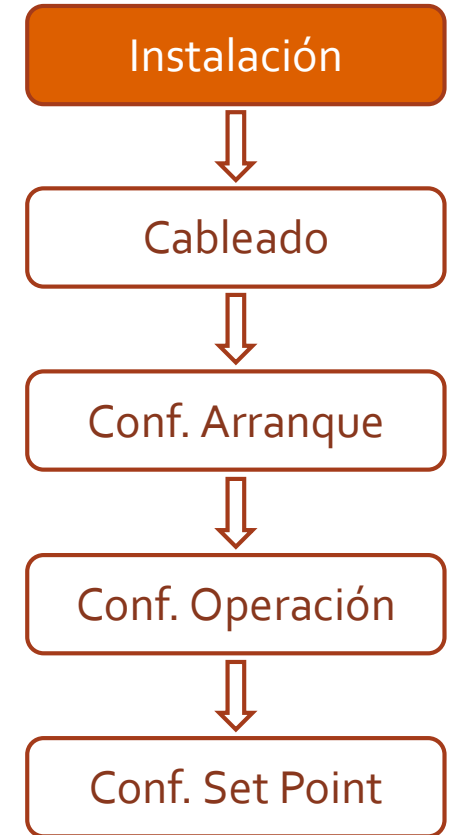
El equipo no tiene interruptor de encendido y apagado.

Entrega la acción de control apenas es conectado en caso de ser necesario.

# UT15

- Instalación

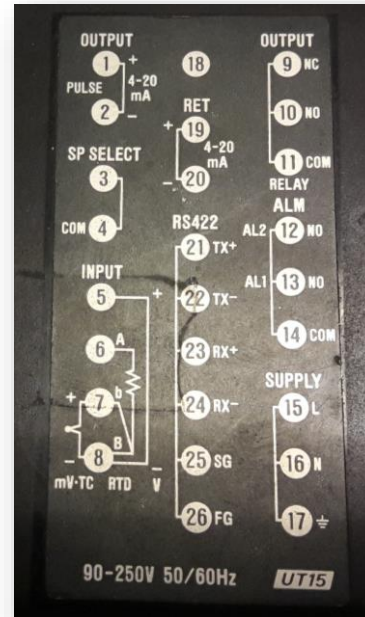
Es la conexión del equipo al tablero, teniendo en cuenta las dimensiones del mismo.



# UT15

- Cableado

Las conexiones se encuentran en la parte trasera



Instalación



Cableado



Conf. Arranque



Conf. Operación



Conf. Set Point

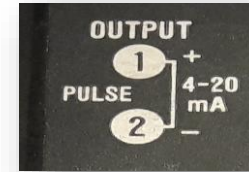
## ¡Precaución!

El equipo no tiene fusibles. De ser necesario se deben agregar en una instalación aparte. Si la carga excede el valor máximo de contacto de salida, deberán agregarse relés extra. Debe tenerse en cuenta además que se pueden llegar a requerir protecciones para los circuitos de accionamiento:

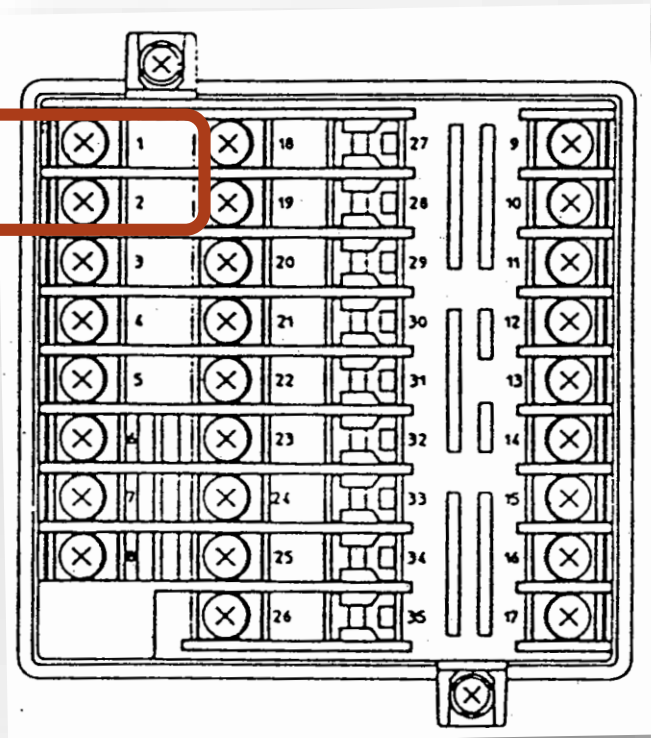
- Diodos para las salidas de DC
- Circuitos RC para las salidas de AC

# UT15

- Salida Analógica  
4-20[mA] o para tensión



OUT Analógica



Instalación



Cableado



Conf. Arranque



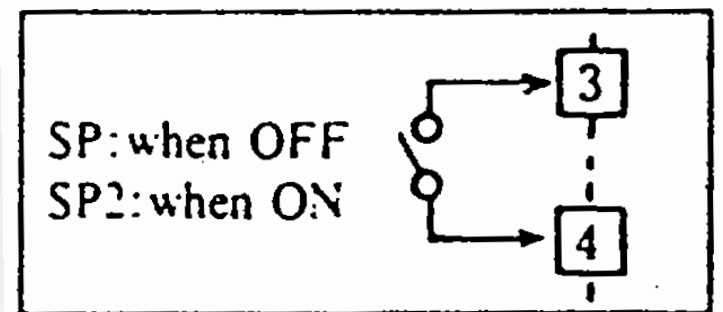
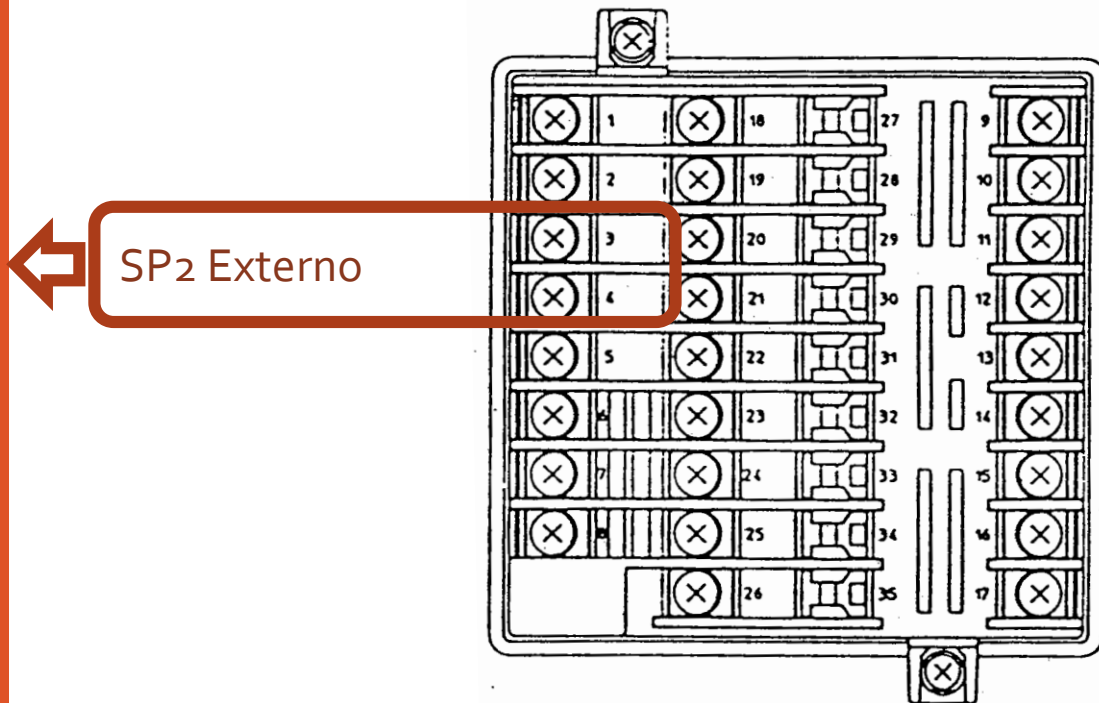
Conf. Operación



Conf. Set Point

# UT15

- Selección de Set Point  
Las conexiones se encuentran en la parte trasera

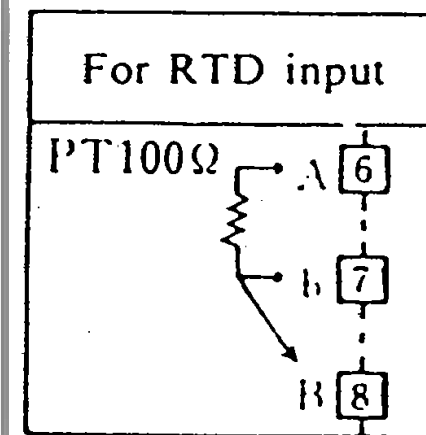
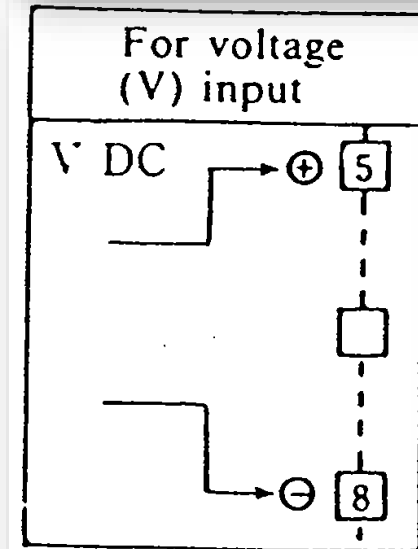
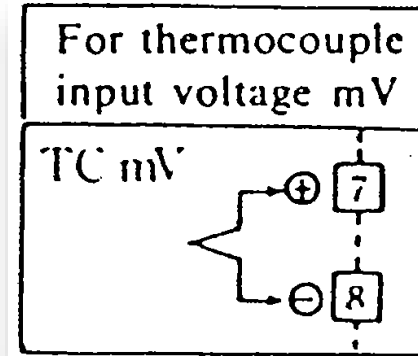
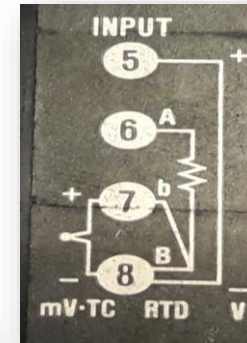
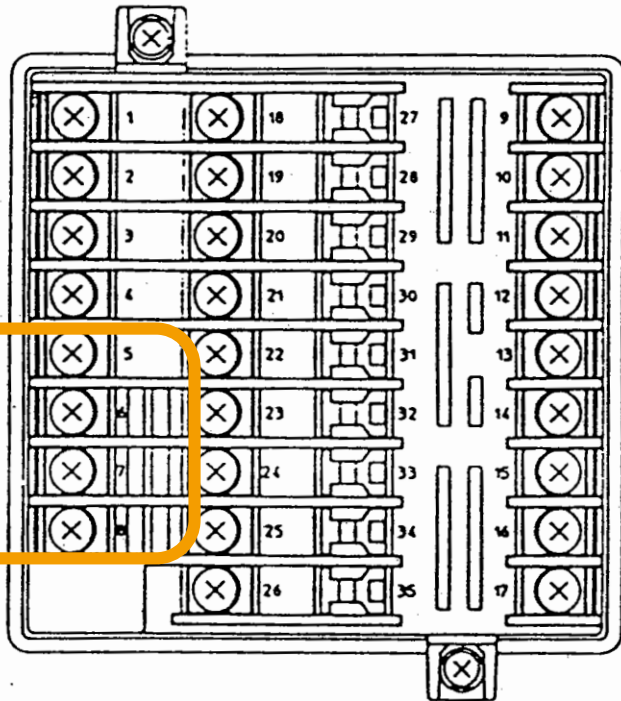


# UT15

- Entrada del sensor de Temperatura  
Las conexiones se encuentran en la parte trasera



Sensores de Temperatura



Instalación



Cableado



Conf. Arranque



Conf. Operación



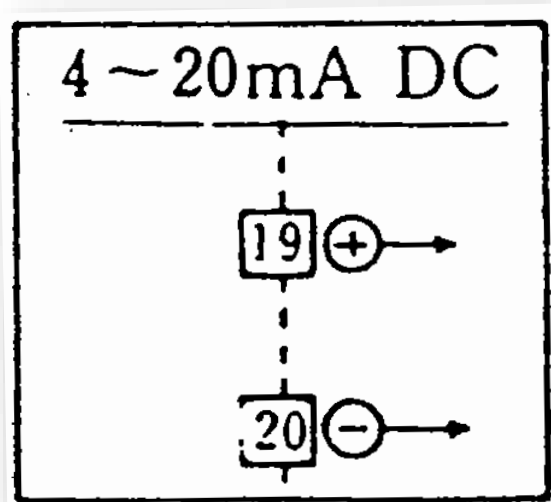
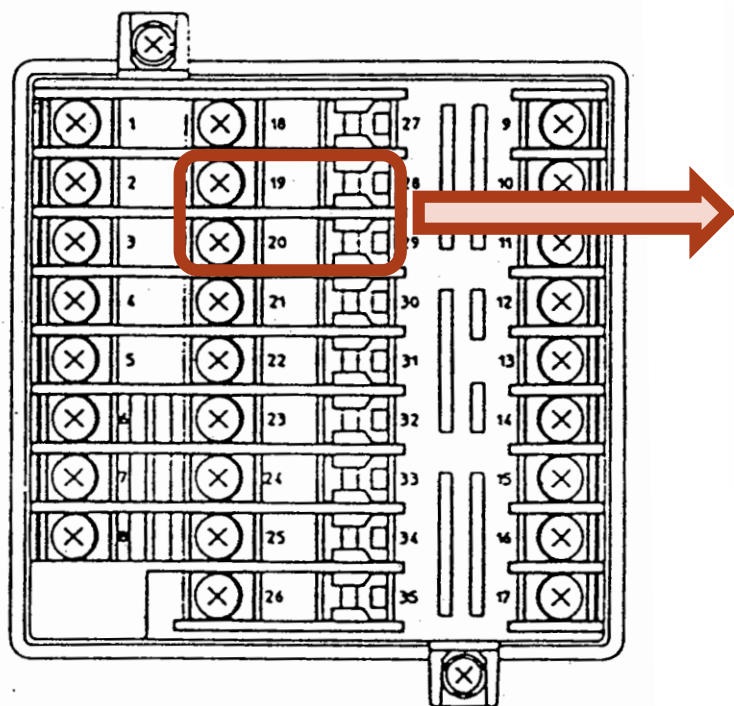
Conf. Set Point



# UT15

- Retransmisión Salida  
Opcional

4-20 [mA]



Instalación



Cableado



Conf. Arranque



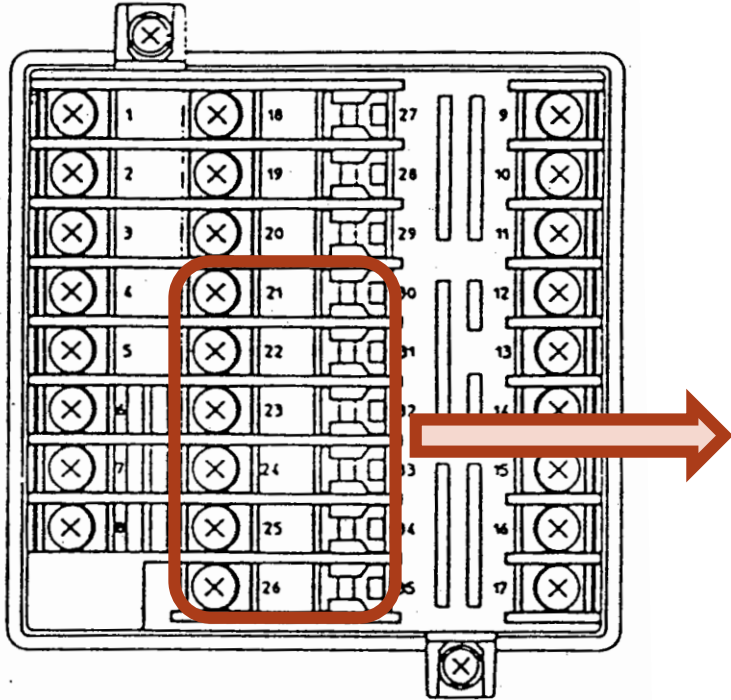
Conf. Operación



Conf. Set Point

# UT15

- Comunicación RS422  
Opcional



Instalación



Cableado



Conf. Arranque



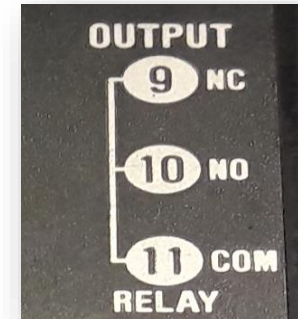
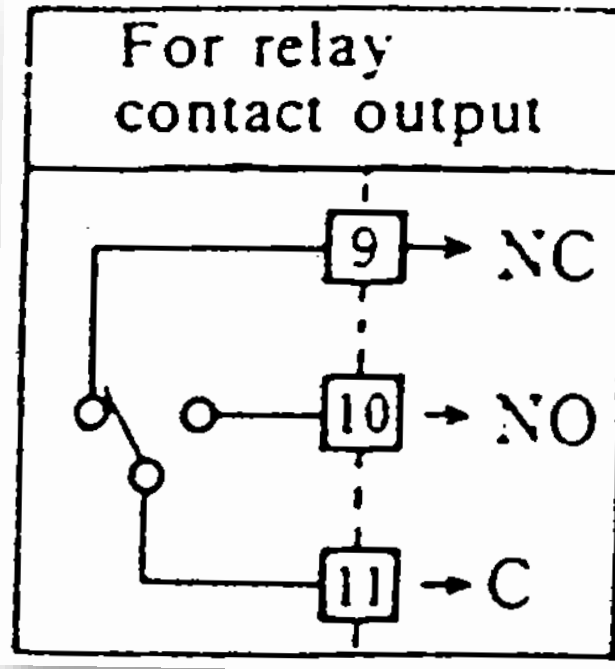
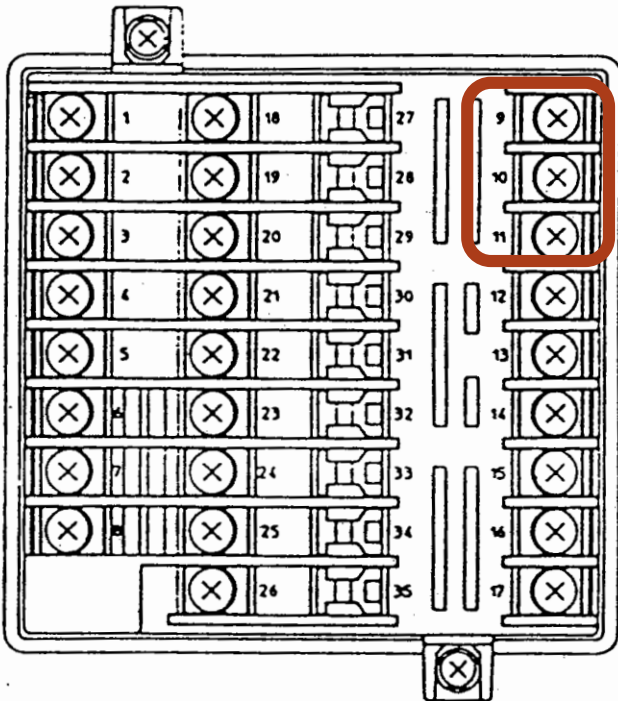
Conf. Operación



Conf. Set Point

# UT15

- OUT relé  
250VAC, 3A  
Carga resistiva



Instalación

Cableado

Conf. Arranque

Conf. Operación

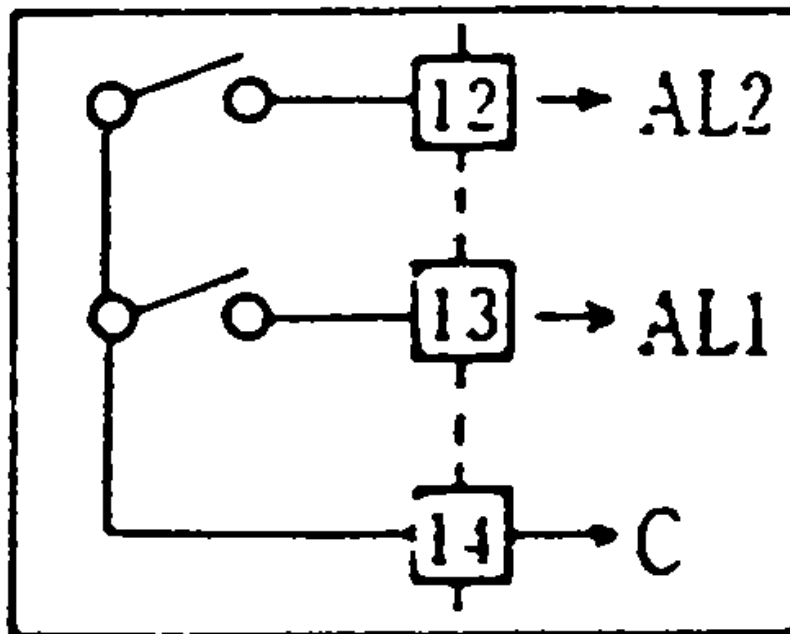
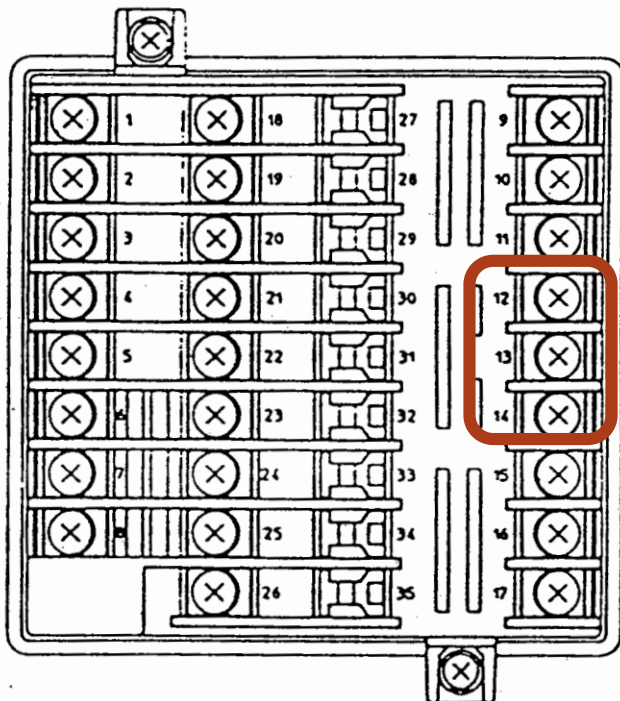
Conf. Set Point

# UT15

- Salida de Alarmas (relé)

250VAC, 1A

Carga resistiva



Instalación

Cableado

Conf. Arranque

Conf. Operación

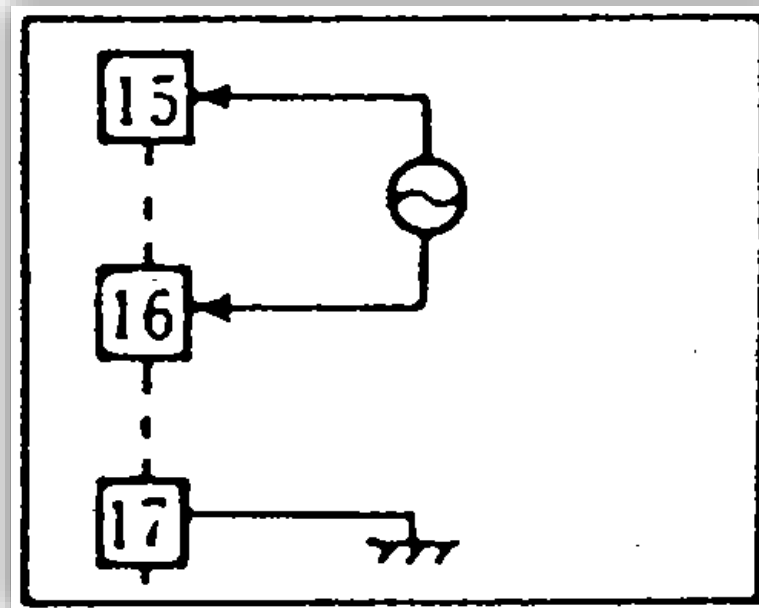
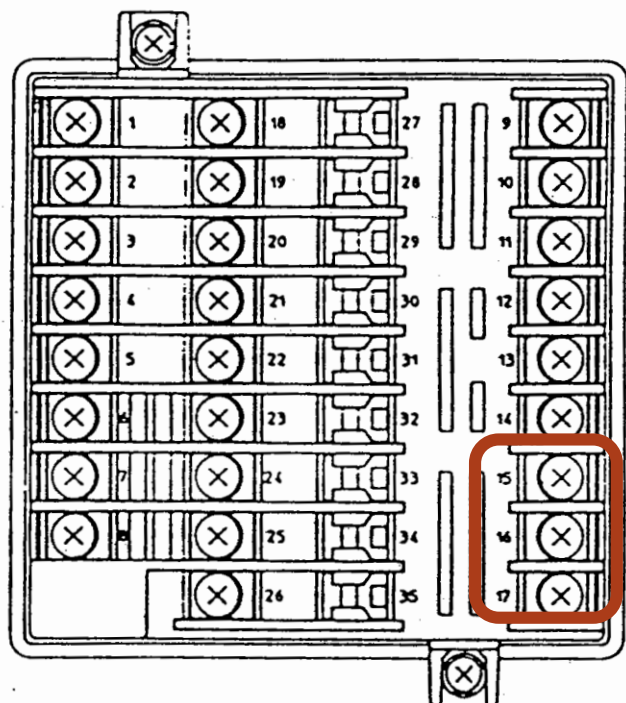
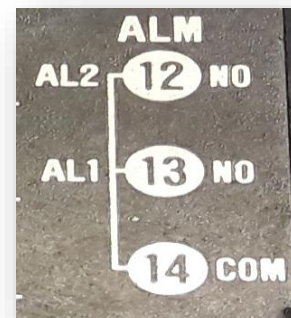
Conf. Set Point

# UT15

- Alimentación

90-250VAC

50/60 [Hz]



Instalación

Cableado

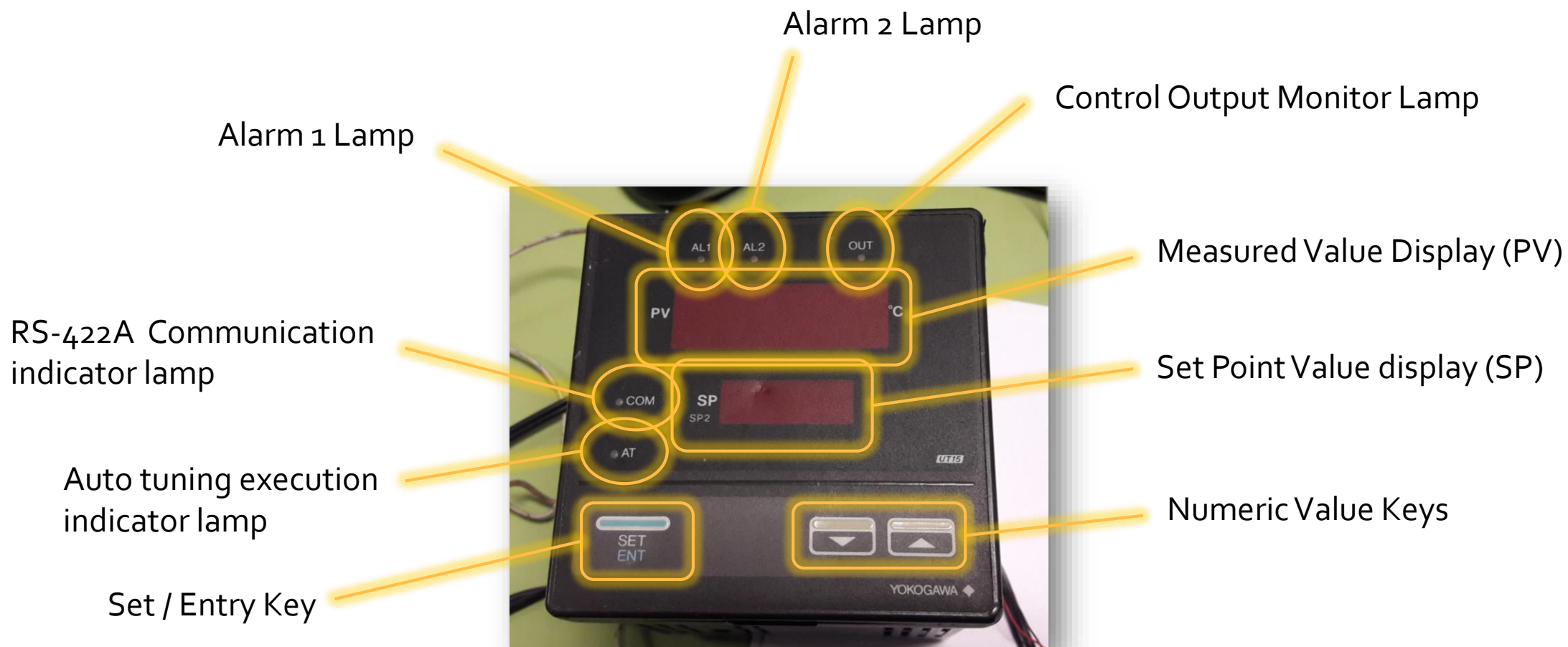
Conf. Arranque

Conf. Operación

Conf. Set Point

- Panel Frontal

# UT15





# UT15

Hay dos modos de display:

- Normal
- De seteo de parámetros

Se alternan presionando SET durante tres o más segundos.

- Modo Normal

Muestra el valor medido y el setpoint

El setpoint se puede cambiar en este modo con las flechas y confirmando con SET.

- Modo de configuración de parámetros

Aparece un símbolo en PV y su valor en SP

Permite

- Modificar y visualizar dos alarmas
- Ajustar el PID
- Setear otros parámetros de configuración



Set / Entry Key [+3s]





# UT15

## Modo de configuración de parámetros

### MODO DE CONTROL PID

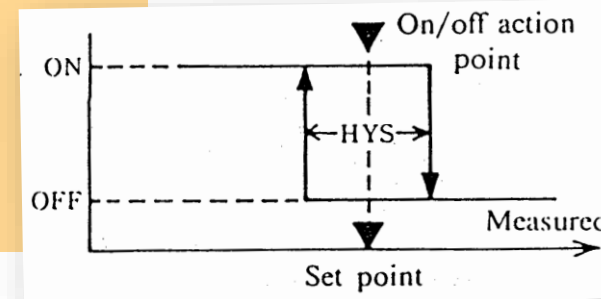
A1 (alarma 1)  
 A2 (alarma 2)  
 SC (super control)  
 At (auto tuning)  
 P  
 I  
 D  
 Mr (Manual Reset)  
 Ct (sólo para salida relé o pulso)\*  
 SP (set point principal)  
 SP2 (sub set point)  
 bS (sesgo de la entrada medida)

## Modo de configuración de parámetros

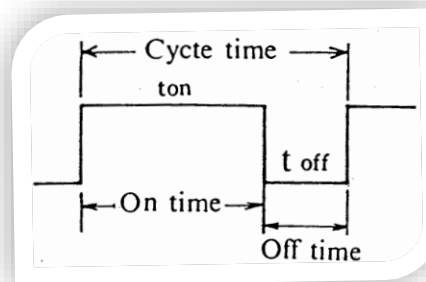
### MODO DE CONTROL ON/OFF

A1 (alarma 1)  
 A2 (alarma 2)  
 HYS (histéresis del on/off)\*\*  
 SP (main set point)  
 SP2 (sub set point)  
 bS (measurement input bias)

Modo ON/OFF o PID se selecciona por jumper



\* La salida del PID es finalmente el ancho de un pulso de una señal on/off.



\*\* Es el "gap" necesario entre el on y el off para prevenir el efecto "chattering" en la salida

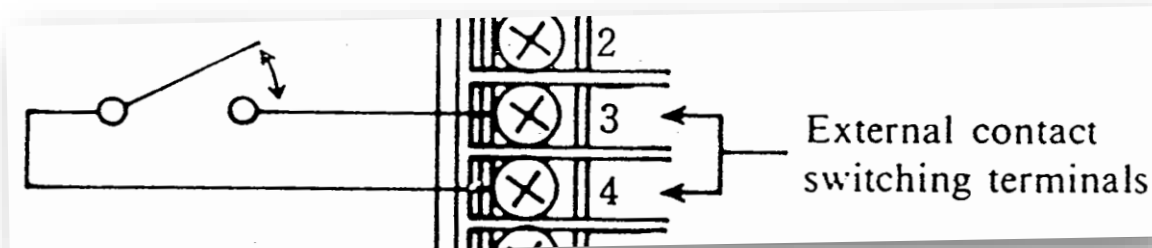






## SP<sub>2</sub>

- Los valores del PID son los mismo para SP que para SP<sub>2</sub>
- Hay que tener precaución si se usó auto tuning para algún set point, porque puede ser que los valores obtenidos no funcionen tan bien con uno como con el otro.



El cambio entre SP y SP<sub>2</sub> se realiza por medio de un contacto externo

## Sesgo en la medida de entrada (input bias)

- Cuando se observe una diferencia entre la temperatura en la ubicación del sensor y la que debe ser controlada. Se puede ingresar esta diferencia para compensar.

$$PV_{\text{medida}} + \text{Bias} = PV_{\text{empleada}}$$

# UT15 :: Configuración de Alarmas



## Modo de configuración de parámetros

### **Aparece A1 en PV**

Se ajusta el valor de alarma MÁXIMA A1 usando las flechas

El punto decimal en SP debe parpadear.

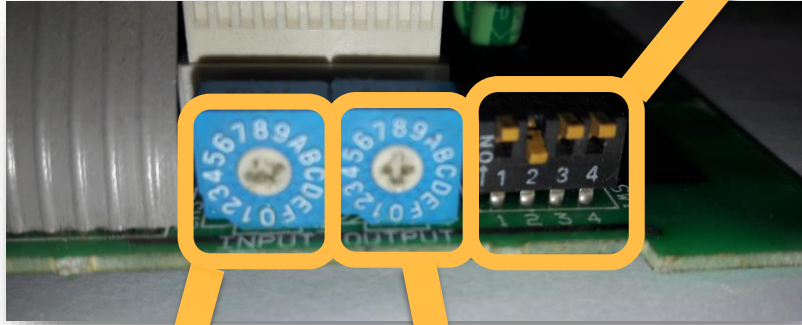
Se confirma con SET (el punto decimal debe dejar de parpadear)

- ✓ La alarma suena cuando  $PV > A1$  encendiendo el led AL1 y activando el relé correspondiente en la salida [salida 13].
- ✓ Se cancela cuando  $PV < A1$  pero un valor de histéresis del 0,5% para activar y para desactivar

Set / Entry Key



# UT15



- Entrada

De acuerdo al tipo de sensor, termocupla, RTC o analógica

- Salida

0 → relé 250VAC  
1 → pwm 15VDC  
2 → salida analógica

- Configuración de Arranque

Se accede mediante los jumpers internos.

Jumper 1 **off** (key lock off) **on** (key lock on)

Jumper 2 **off** (set up parameters) **on** (normal display)

Jumper 3 **off** (on/off control) **on** (pid control)

Jumper 4 **off** (direct action) **on** (inverse action)



# UT15

## Configuración de Arranque

AL1 (tipo de Alarma 1: OFF, 1-8, 11-18)

AL2 (tipo de Alarma 2: OFF, 1-8, 11-18)

HY1 (histéresis Alarma 1: 0% a 100%)

HY2 (histéresis Alarma 2: 0% a 100%)

StC (selección de sensor tipo S [1] o K [0])

Unit (Celsius o Farenheit)

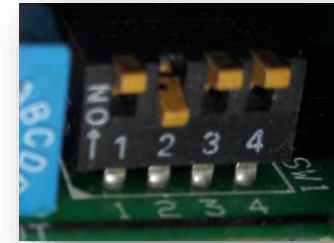
Pd (posición del punto decimal: 0,1,2 o 3)

rH (valor máximo del rango de medida: 0% a 100%)

rL (valor mínimo del rango de medida: 0% a 100%)

oH (límite máximo de la salida: -4,9% a 105%)

oL (límite mínimo de la salida: -4,9% a 105%)



Code	Alarm type	Action
<b>OFF</b>	No alarm	No action
<b>1</b>	Measured value high limit alarm	<p>(note 1)</p>
<b>11</b>	Measured value high limit alarm with standby	
<b>2</b>	Measured value low limit alarm	<p>(note 1)</p>
<b>12</b>	Measured value low limit alarm with standby	
<b>3</b>	Deviation upper limit	<p>(note 1)</p>
<b>13</b>	Deviation upper limit with standby	
<b>4</b>	Deviation lower limit	<p>(note 1)</p>
<b>14</b>	Deviation lower limit with standby	

Code	Alarm type	Action
<b>5</b>	De-energized on deviation upper limit	<p>(note 2)</p>
<b>15</b>	De-energized on deviation upper limit with standby	
<b>6</b>	De-energized on deviation lower limit	<p>(note 2)</p>
<b>16</b>	De-energized on deviation lower limit with standby	
<b>7</b>	Deviation upper-lower limit	<p>(note 1)</p>
<b>17</b>	Deviation upper-lower limit with standby	
<b>8</b>	Within upper-lower deviation limits	<p>(note 1)</p>
<b>18</b>	Within upper-lower deviation limits with standby	

OL (límite mínimo de la salida: -4,9% a 105%)

# UT15

## Configuración de Arranque

EoUt (salida ante un error: 0 a OFF o 1 a ON)

SP.UP (SP: pendiente de la rampa subida → OFF, o 0%/unit a 100%/unit)\*\*

SP.dn (SP: pendiente de la rampa bajada → OFF, o 0%/unit a 100%/unit)\*\*

SP.r (\*\*unidad de la pendiente: 1 C°/min o 0 °C/hr)

FL (Filtro de Entrada: OFF, o 1[s]-120[s])

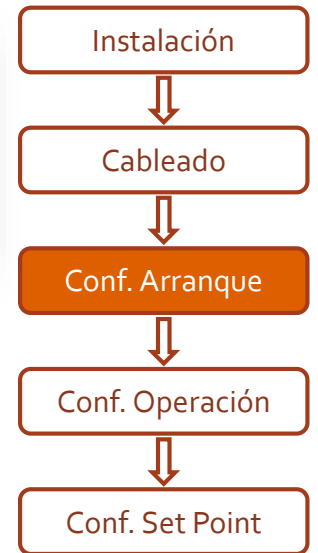
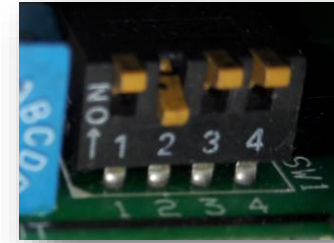
Addr (RS422: dirección 1 a 16)\*

bPS (RS422: bps o a 6, 6 es 9600bps)\*

PAr1 (RS422: paridad 0,1 o 2)\*

StoP (RS422: stop bits 1 o 2)\*

d.Len (RS422: largo de los datos 7 u 8)\*



Es la forma en que se ajusta el SP para que no sea brusco cuando:

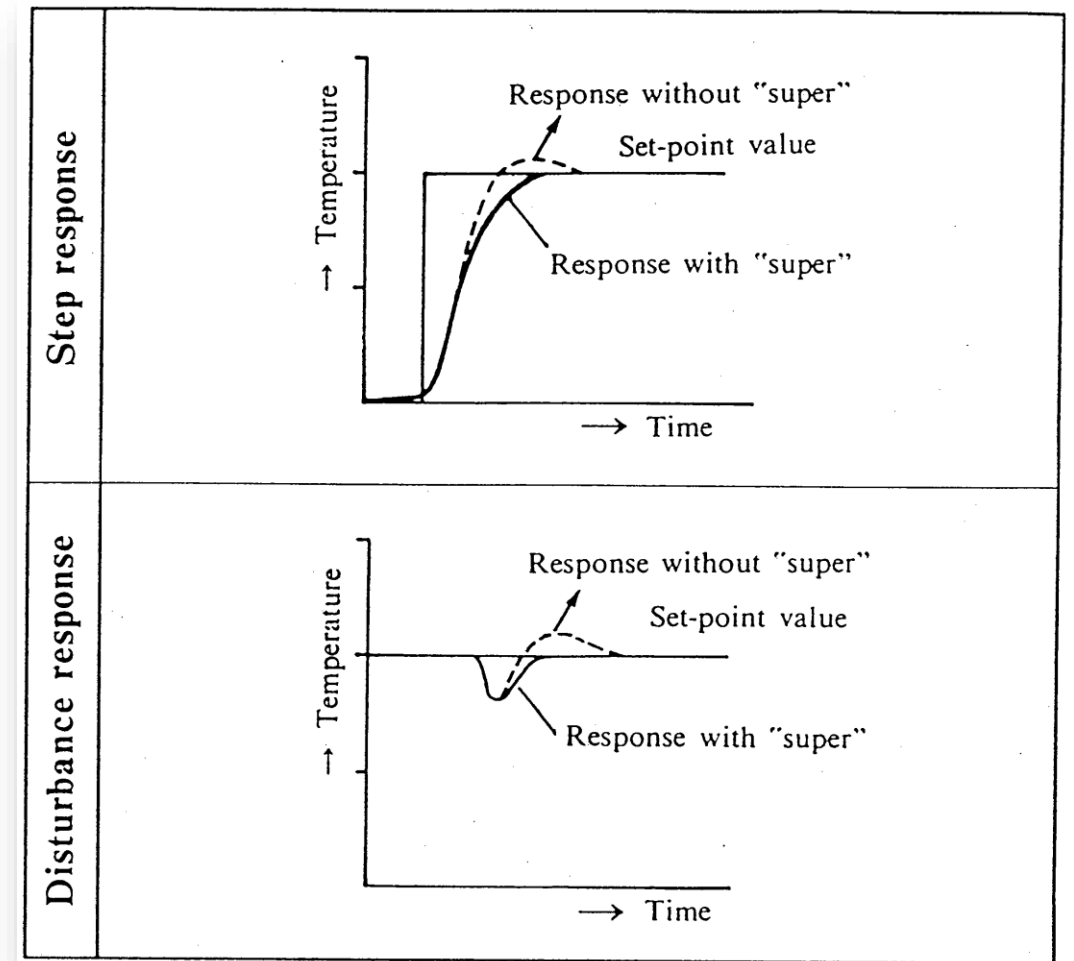
- cambia de SP a SP<sub>2</sub>,
- se cambia manualmente
- se enciende el equipo

# PID Modo "Super"

Efectos en cambios de carga o en cambios de set point:

- Suprime sobre-elongación
- Acorta tiempo de subida

Se basa en un algoritmo fuzzy.



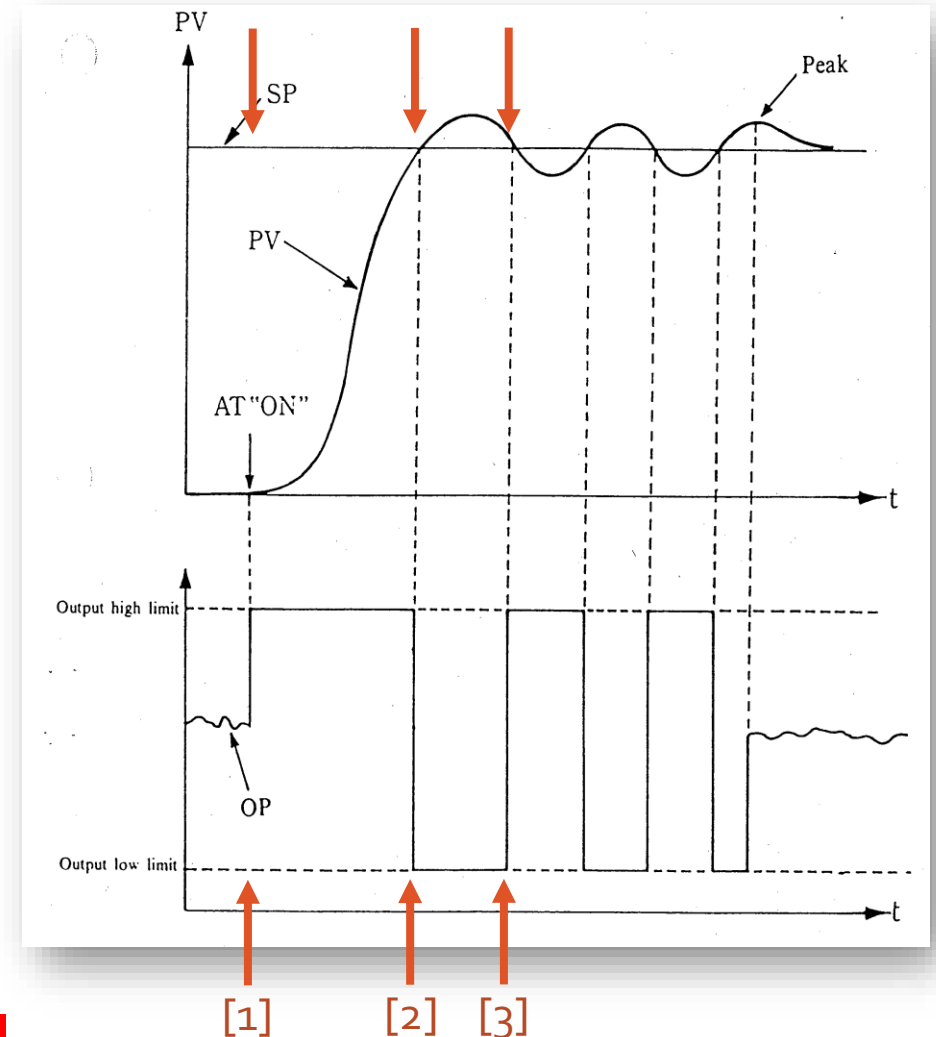
# PID Auto-tuning

Al conectarlo [1], habilita la salida hasta su máximo hasta que se alcance la referencia [2]. La salida se anula hasta que vuelve a alcanzarse el set point en [3].

Esto se repite tres veces, luego de esto se obtienen los valores de P, I y D en forma automática de acuerdo a como se ha comportado la planta.

¡Precaución!

Antes de ejecutar esta secuencia, hay que asegurar que el producto final no sea afectado por las variaciones de la salida.

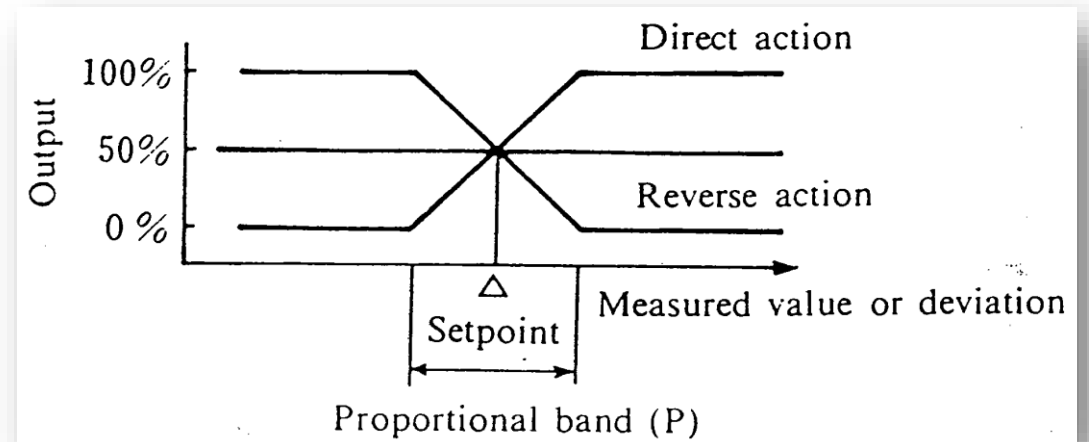




# P → Banda proporcional

En acción proporcional, la magnitud del cambio en la variable medida (o desviación) se expresa en porcentaje del rango total que se requiere para que la salida cambie de 0 a 100%.

En general, la salida será de un 50% cuando la variable medida y el set point sean exactamente iguales. Pero esto debe ser ajustado manualmente.

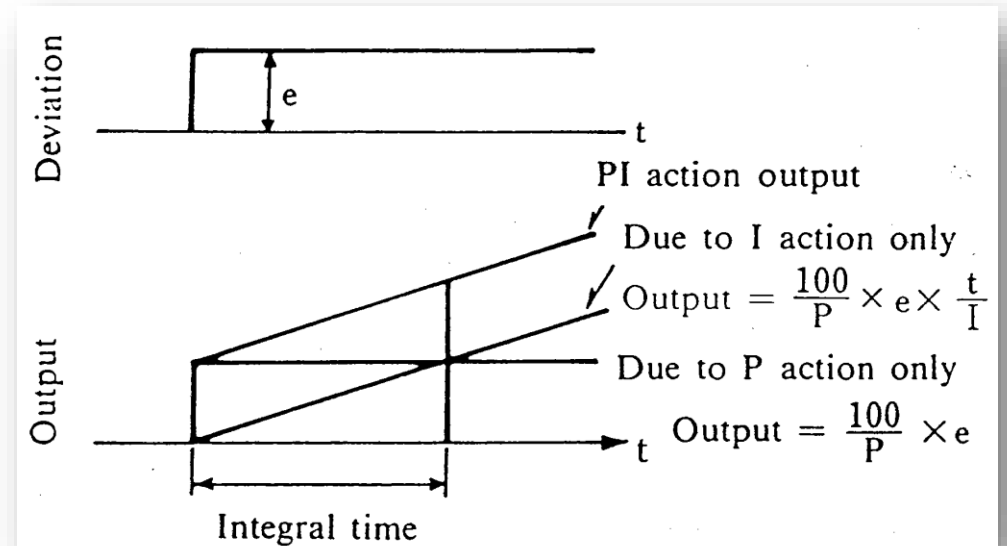


# I → Tiempo Integral

Es el tiempo requerido para que el cambio en la salida debido sólo al efecto I sea igual al efecto P para una entrada escalón. Generalmente se aplica con la acción P.

Es el parámetro que determina que tan rápido cambia la salida en correspondencia con el error.

Cuanto menor el tiempo integral, mayor es la acción integral (la tasa de cambio de la salida).



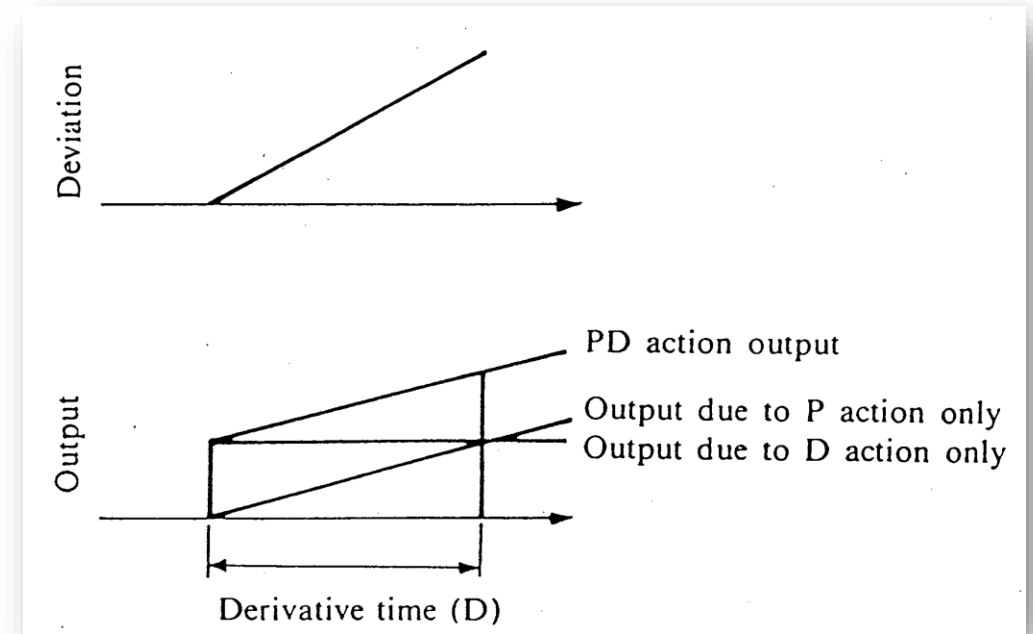
# D → Tiempo Derivativo

Se utiliza para alcanzar respuestas más rápidas y operar en una zona más estable en plantas lentas o con tiempos muertos considerables.

Siempre debe aplicarse con un P o con un PI.

Es el tiempo requerido cuando al aplicar una rampa unitaria a un controlador PD, la salida del efecto P es igual a la salida del efecto D.

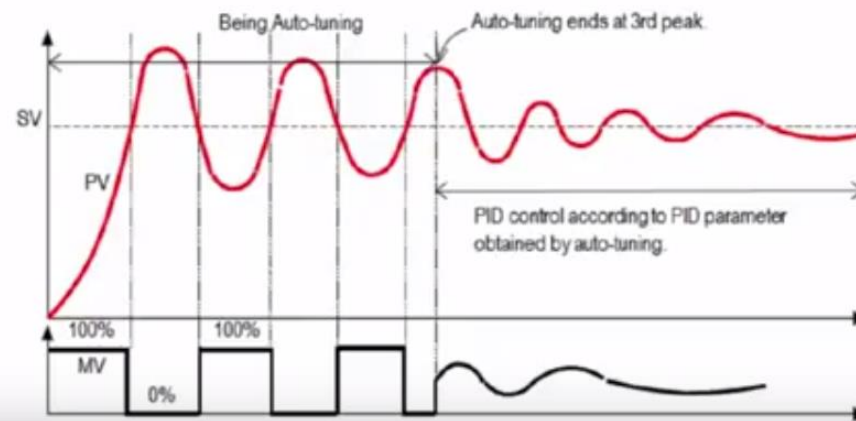
Cuanto mayor sea el tiempo derivativo, mayor será la acción derivativa.



FIN

## How to Tune a PID Loop

- Manually tuning the loop
- Using the controllers Auto/Self Tune



## Manually Tuning a Loop

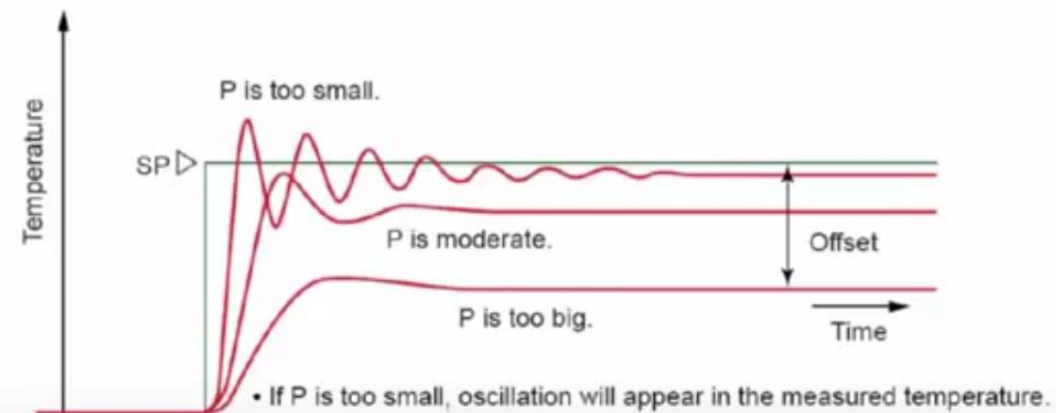
- These values are good starting points
- Change only (1) term at a time
- Make small changes observing the result

Reference Values for Manual Tuning of Temperature, Pressure, and Flow Rate

		Setting range (reference)	Initial value for tuning (reference)
Pressure	P	100 to 300%	200%
	I	5 to 30 s	15 s
	D	OFF	OFF
Flow rate	P	100 to 240%	150%
	I	8 to 30 s	20 s
	D	OFF	OFF
Temperature (electric furnace)	P	1 to 20%	5%
	I	180 to 600 s	240 s
	D	1/4 to 1/6 of I	60 s

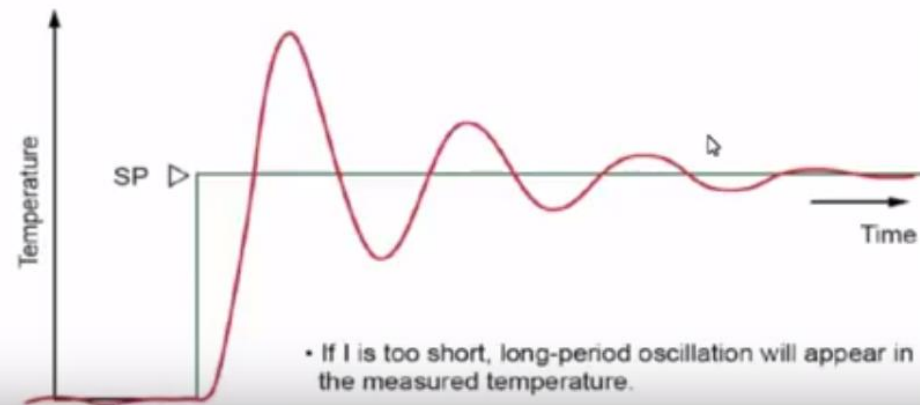
## Fine-tuning the Proportional Band

- Work from larger to smaller numbers (wider to narrower)
- If cycling appears, the proportional band is too narrow



## Fine Tuning the Integral Time

- The main goal is to reduce the offset
- Adjust from longer to shorter time
- If an oscillation exists at a longer period then the integral time is too short

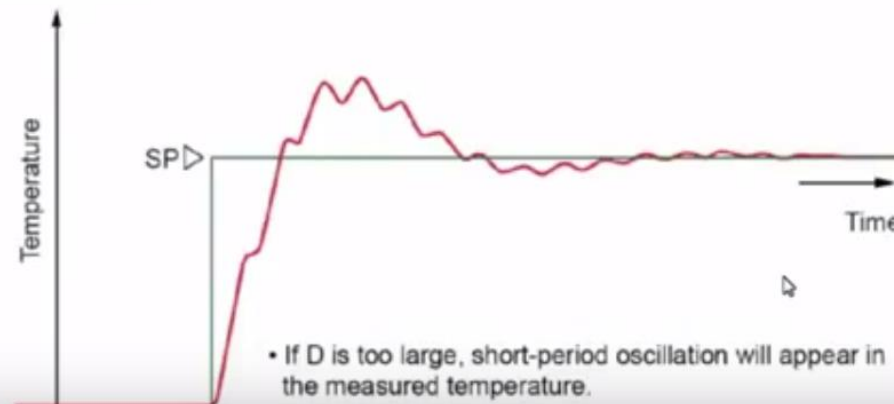




cs

## Fine Tuning the Derivative Time

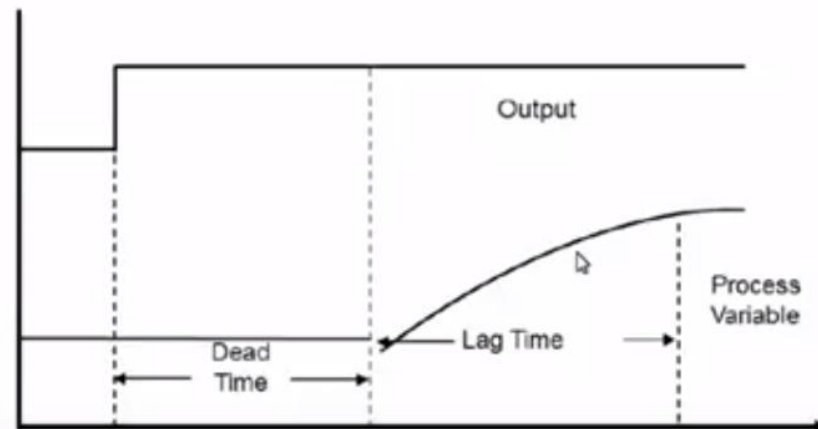
- Adjust from shorter to longer time
- If short-period oscillations develop, the time is too long
- The larger the Derivative, the stronger the corrective action and the more likely the output will become oscillatory



## Tuning Loops with Dead Time

Set P to 5% and the I & D to 0%

Start the process with a setpoint that will allow the process variable to stabilize



# Auto Tune

## Yokogawa Products that Use PID Control



Single loop controller



Programmable controller



PLC



PLC/RTU

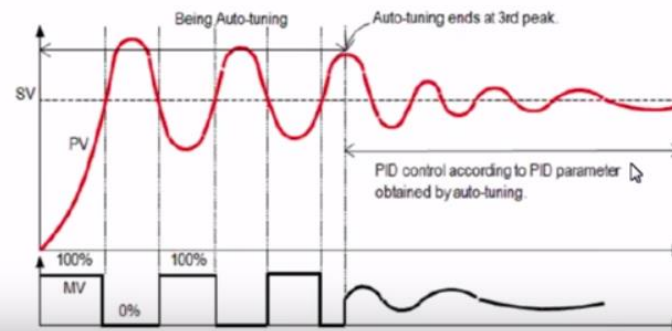


DCS

# Auto Tune

## Using Auto Tune to Determine PID Values

- The output is varied between 0% and 100% three times (these values may be limited).
- The process variable must ascend and descend through set point for the output to change state.
- The auto tune algorithm observes the PV response to these output changes and installs the appropriate PID terms.



# Auto Tune

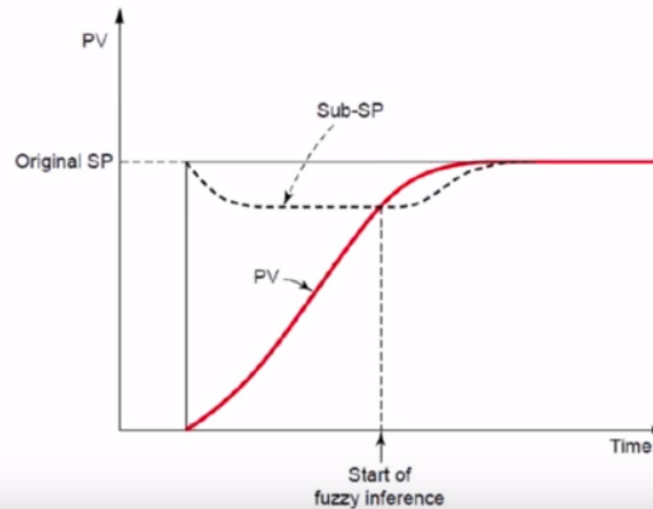
## Ways to Prevent Overshoot

- Limit the working output or enable an output ramp rate (if available)
- Limit the output range which will have an effect on the time it takes to get to setpoint
- Ramp the setpoint at a slow rate
- Use fuzzy logic (if available)

# Auto Tune

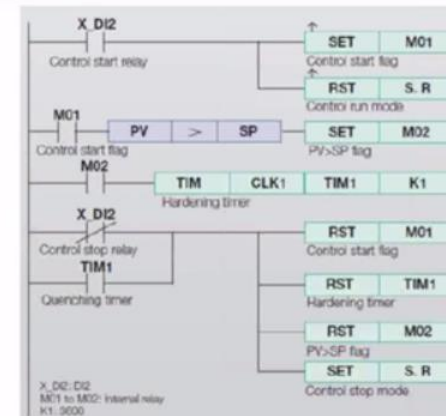
## Fuzzy Logic

- Fuzzy logic is used to help reduce setpoint overshoot
- Used in addition to PID control



## UTAdvanced Line of controllers

- 1-2 loops of control
- Built in ladder sequence control
- Software used in Webinar
- Nuclear qualified



## YS1000 Family of Controllers

- 1-2 loops of control
- Nuclear qualified
- Hard manual backup
- Function block programming





## FA-M3 PLC

- Modular PLC design
- 4 control loops per PID module
- PID control is not done in ladder logic

