

18.3 Guía de inicio rápido del PID Twido

Presentación

Descripción general Esta sección contiene información básica acerca de las funciones de control PID y de sintonización automática disponibles en los controladores Twido.

Contenido Esta sección contiene los siguientes apartados:

Apartado	Página
Propósito del documento	661
Paso 1: Configuración de los canales analógicos utilizados para el control	663
Paso 2: Requisitos previos para la configuración PID	666
Paso 3: Configuración del PID	668
Paso 4: Inicialización de la configuración de control	676
Paso 5: AT + PID de configuración de control	682
Paso 6: Ajustes de depuración	686

Propósito del documento

Introducción

Esta guía de inicio rápido le indicará, mediante ejemplos, todos los pasos necesarios para configurar correctamente las funciones de control PID del controlador Twido.

Nota: La implementación de la función PID en un Twido no requiere un nivel avanzado de conocimientos del sistema, pero sí un cierto grado de rigor para obtener buenos resultados.

Este documento contiene:

Este documento explica los pasos siguientes:

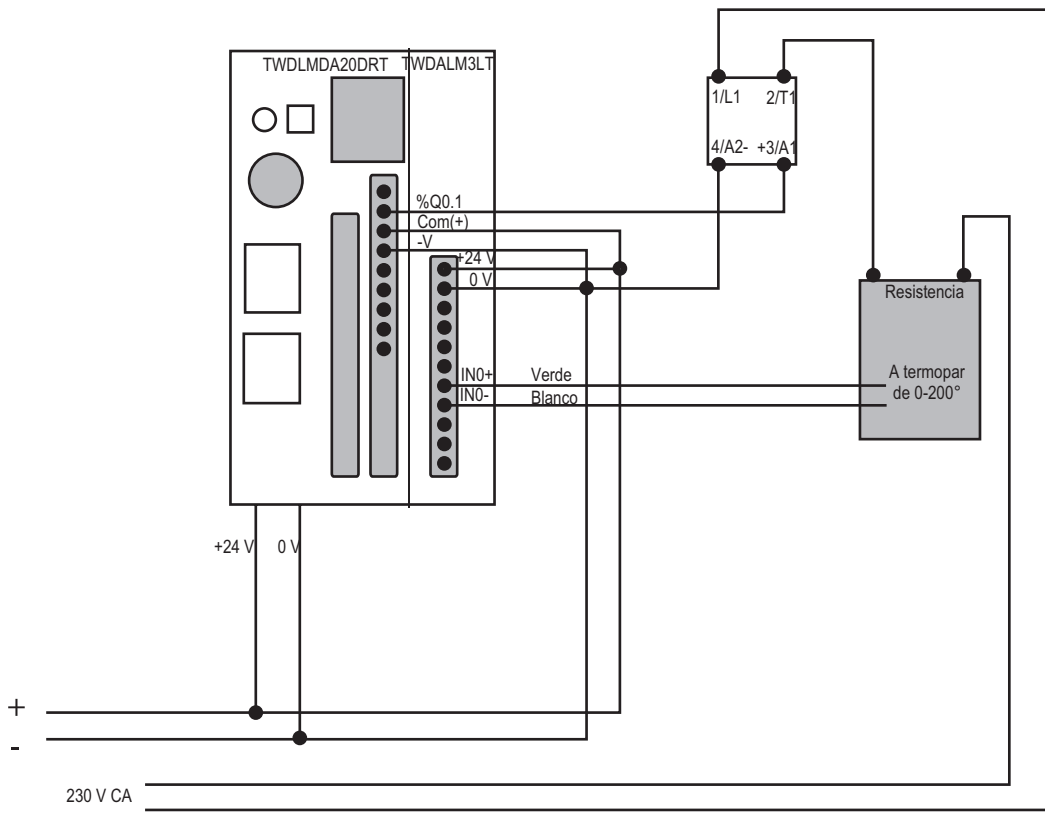
Paso	Descripción
1	Configuración de los canales analógicos utilizados para el control.
2	Requisitos previos para la configuración PID.
3	Configuración PID.
4	Inicialización de la configuración de control.
5	Configuración de control de AT + PID.
6	Depuración y ajustes.

Ejemplo utilizado en esta guía

Para este ejemplo, hemos elegido un termopar de tipo K (0-200 °).

Utilizaremos un control de transistor con la salida que será una salida de controlador base controlada directamente por el controlador PID a través de PWM (consulte p. 668).

El diagrama siguiente muestra la configuración experimental utilizada en el ejemplo:



Paso 1: Configuración de los canales analógicos utilizados para el control

Introducción

En general, un autómata PID utiliza una señal de realimentación analógica (conocida como "valor del proceso") para medir que el valor que debe ajustarse. Este valor puede ser un nivel, una temperatura, una distancia u otro valor para otras aplicaciones.

Ejemplo de una señal de medida analógica

A continuación se muestra un ejemplo de medida de temperatura. El sensor envía una medida analógica (que depende del valor medido) de vuelta al autómata. En los sensores de anchura y temperatura (como PT100 o termocuplas), la señal medida aumenta al incrementarse la temperatura actual.

Adición de una tarjeta analógica (módulo de ampliación)

En modo offline, después de seleccionar el autómata base, agregue la tarjeta analógica como una aplicación base. La numeración de los canales dependerá del slot de configuración correspondiente.

Configuración de canales de entrada analógicos

En la tabla siguiente se describe el procedimiento de configuración de los canales analógicos del módulo de ampliación:

Paso	Acción
1	Seleccionar el paso Describir de la interfase de TwidoSuite. Consulte (describir aplicaciones, Controladores programables Twido, Software de programación TwidoSuite, Ayuda en línea).
2	Ver el catálogo de productos y elegir un módulo para agregarlo a la descripción de sistema. Por ejemplo, TWDALM3LT para la medición de temperatura utilizando un PT100 o un termocupla.
3	Agregar el módulo a la descripción del sistema (consulte (Colocación de un módulo, Controladores programables Twido, Software de programación TwidoSuite, Ayuda en línea).)
4	Utilizar el Editor de configuración (Editor de configuración, Controladores programables Twido, Software de programación TwidoSuite, Ayuda en línea) para definir parámetros de módulos de E/S analógicas que se agregaron como módulos de ampliación durante la descripción del sistema.
5	En la columna Tipo , elegir el tipo de entrada que corresponde al tipo de sensor utilizado (termocupla K, si el sensor es de este tipo).
6	En la columna Rango , seleccionar la unidad de medición del sensor. Para sensores de temperatura, resulta más sencillo seleccionar Celsius , ya que convierte el número de contadores enviados a la tarjeta analógica en un factor directo de la medición actual.
7	Introducir una dirección para el símbolo de entrada de la tarjeta analógica configurada. Se utilizará para completar los campos PID (%IW1.0 para este ejemplo).
8	Realizar la misma acción para una salida analógica, si es necesario utilizar una salida para ejecutar el sistema de control.

Ejemplo de configuración de canal analógico

Existen varios tipos de configuración válidos en función del tipo de medida utilizada, tal como se indica a continuación:

- Para la aplicación del ejemplo utilizado en este documento, hemos elegido un **termocupla de tipo K** (0-200 °). La lectura del valor del proceso será directamente válida (2.000 contadores = 200 °, ya que el factor de unidad es 0,1).
- Para los tipos de medidas restantes, elija **0-10 V** o **4-20 mA** en la columna **Tipo**, o **Personalizado** en la columna **Rango**. A continuación, ajuste la escala de valores (introduzca **0** en la columna **Mínimo** y **10.000** en la columna **Máximo**) para poder leer el valor del proceso directamente (10 V = 10.000 contadores).

El ejemplo siguiente muestra una configuración para un canal analógico de termocupla de tipo K:

Descripción del módulo: Número de serie **TWDALM3LT** Dirección **2**
 Descripción: Módulo de ampliación con dos entradas analógicas (RTD - Th) y una salida (0 - 10 V, 4 - 20 mA), 12 bits, terminal de tornillo extraíble. K, J

Configuración del módulo.

Tabla de E/S

En uso	Dirección	Símbolo	Tipo	Alcance	Mínimo	Máximo	Unidades
<input type="checkbox"/>	%IW2.0		No utilizado	Normal	0	1095	Ninguno
<input type="checkbox"/>	%IW2.1		No utilizado	Normal	0	4095	Ninguno
<input type="checkbox"/>	%QW2.0		No utilizado	Normal	0	4095	Ninguno

Paso 2: Requisitos previos para la configuración PID

Introducción

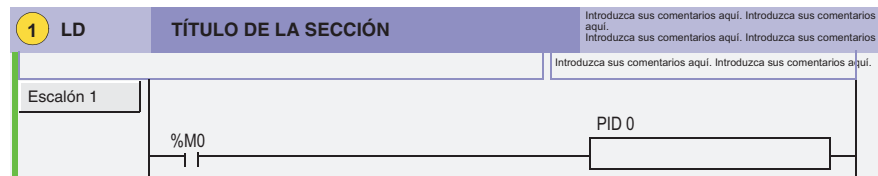
Antes de configurar el PID, asegúrese de que las fases siguientes se han efectuado:

Fase	Descripción
1	Se ha habilitado el PID en el programa.
2	Se ha configurado el período de exploración.

Habilitación del PID en el programa

El controlador PID debe activarse en el programa por medio de una instrucción. Esta instrucción puede ser permanente o puede ser una condición de una entrada o bit interno. En el ejemplo siguiente, la instrucción %M0 ha habilitado el PID:

- En Ladder:



- En la Lista de instrucciones:

```

-----
0 LD    %M0
1 [ PID 0 ]
    
```

Nota: Asegúrese de utilizar la sintaxis correcta:

Compruebe que existe un espacio entre 'PID' y el número PID (por ejemplo, PID<espacio>0).

Configuración del período de exploración

En caso de utilizar controladores PID, se recomienda establecer el modo de exploración del ciclo del PLC en periódico. En la tabla que aparece a continuación se muestra el procedimiento que se debe seguir para establecer el modo de exploración. En este modo, %s19=1 (desborde del período de exploración) muestra que el tiempo de exploración del PLC es superior al período definido por el usuario.

Paso	Acción
1	Utilice la tarea Programa → Configurar → Configurar el comportamiento para definir la configuración del Modo de exploración del controlador.
2	Active la casilla Periódico .
3	<p>Defina la duración del ciclo, tal como se muestra en la pantalla siguiente:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Configurar el comportamiento</p> <p> <input checked="" type="radio"/> Automática Gestión <input type="radio"/> Manual <input checked="" type="radio"/> El más alto posible <input type="radio"/> El más bajo posible Gestión manual <div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; width: fit-content;"> Nivel 1.0 Nivel 2.0 Nivel 2.5 </div> </p> <hr/> <p>Modo de exploración</p> <p> <input type="radio"/> Normal <input checked="" type="radio"/> Periódico Período (2-150) <input type="text" value="100"/> ms </p> <p>Watchdog</p> <p>Período (10-500) <input type="text" value="250"/> ms</p> <p>Evento periódico</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> No usado Período (5-250 ms): <input type="text" value="10"/> ms Número de <input type="text" value="0"/></p> <p>Inicio</p> <p><input type="checkbox"/> Inicio automático de la ejecución Entrada Run/Stop: <input type="text" value="Ninguno"/></p> <p>Guardar automáticamente</p> <p><input type="checkbox"/> RAM automática=>EEPROM</p> <p style="text-align: right;"> <input type="button" value="Aplicar"/> <input type="button" value="Restaurar"/> </p> </div> <p>Nota: La duración del ciclo debe establecerse en el tamaño del programa y el rendimiento deseado. (Una duración de 50 ms es un valor adecuado).</p>

Paso 3: Configuración del PID

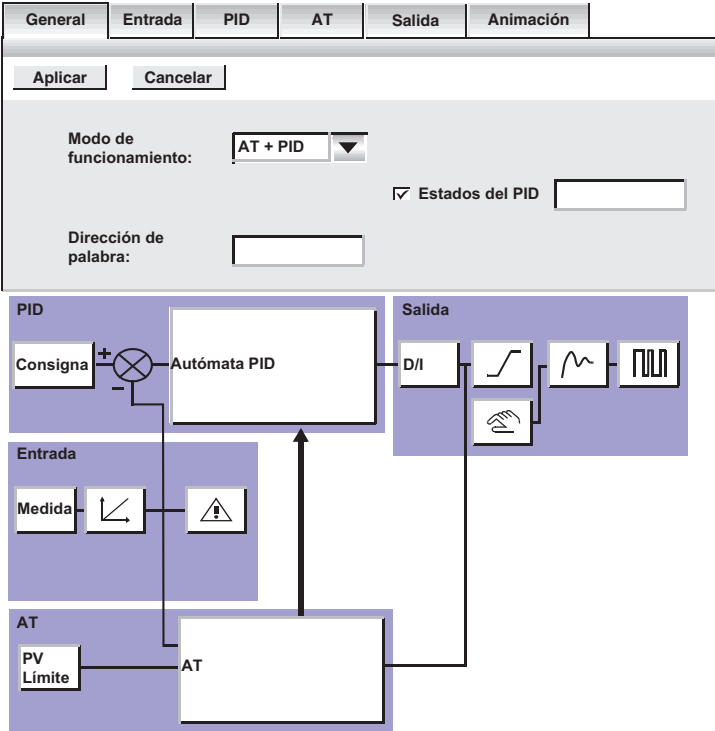
Introducción	Este ejemplo muestra la implementación de la mayoría de las funciones del autómata PID para Twido. Algunas selecciones no son esenciales y pueden simplificarse.
Auto-Tuning (AT)	El autómata PID tiene una función de Auto-Tuning que simplifica la configuración del bucle de regulación (esta función recibe el nombre de AT en el resto del documento).
Modos de funcionamiento	<p>El autómata PID PLC Twido proporciona cuatro modos de funcionamiento distintos, que pueden configurarse en la pestaña General del cuadro de diálogo PID:</p> <ul style="list-style-type: none">● PID = autómata PID simple.● AT + PID = la función de Auto-Tuning se activa al iniciar el PID e introduce automáticamente los valores de ganancia Kp, Ti, Td (pestaña PID) y el tipo de acción PID (pestaña Salida). Al final de la secuencia de Auto-Tuning, el autómata pasa al modo PID para la consigna ajustada y utiliza los parámetros establecidos por AT.● AT = la función de Auto-Tuning se activa al iniciar el PID e introduce automáticamente los valores de ganancia Kp, Ti, Td (pestaña PID) y el tipo de acción PID (pestaña Salida). Al final de la secuencia, el PID se detiene y espera. Se introducen los valores de ganancia Kp, Ti, Td (pestaña PID) y el tipo de acción PID (pestaña Salida).● Dirección de palabra = el programa puede controlar la selección del modo de funcionamiento del PID, asignando el valor deseado a la dirección de palabra asociada a esta selección:<ul style="list-style-type: none">● %MWxx=1: el autómata funciona en modo PID simple.● %MWxx=2: el autómata funciona en AT + PID.● %MWxx=3: el autómata funciona sólo en modo AT.● %MWxx=4: el autómata funciona sólo en modo PI . <p>Este tipo de configuración a través de la dirección de palabra permite que el usuario pueda gestionar el modo de funcionamiento del autómata PID mediante el programa de aplicación, de manera que sea posible adaptarse a los requisitos finales.</p>

Nota: PI La regulación de se puede seleccionar en la pestaña PID .
--

Inicio del cuadro de diálogo PID

En la tabla siguiente se muestra el cuadro de diálogo PID y el procedimiento que debe seguirse para acceder a las distintas pestañas de configuración del PID:

Paso	Acción
1	Seleccione la tarea Programa → Configurar → Configurar los datos en la interfaz TwidoSuite. Resultado: aparece la ventana de configuración de software predeterminada.
2	Seleccionar Objetos avanzados en la trama Categoría del objeto (Trama de categorías de objetos, Controladores programables Twido, Software de programación TwidoSuite, Ayuda en línea) y elegir PID en la trama Tipo de objetos (Trama de tipos de objetos, Controladores programables Twido, Software de programación TwidoSuite, Ayuda en línea).
3	Seleccionar el n.º PID que desee en la tabla PID.

Paso	Acción
4	<p>Aparece el cuadro de diálogo PID en primer plano, que se utiliza para introducir los distintos valores del autómata, tal como se muestra en la figura siguiente. En modo offline, se muestran estas pestañas: General, Entrada, PID, AT y Salida:</p>  <p>Importante: Las pestañas deben completarse en el orden en el que aparecen en el cuadro de diálogo PID: primero General, Entrada, PID, AT y, finalmente, Salida.</p> <p>Nota: En modo online, esta pantalla muestra dos pestañas adicionales (Animación y Trazo), que se utilizan para el diagnóstico y la visualización del funcionamiento del autómata respectivamente.</p>

Modificación dinámica de parámetros

Para la modificación dinámica de los parámetros del PID (en modo de funcionamiento y online), se recomienda introducir las direcciones de memoria en los campos correspondientes, para evitar así el paso a modo offline con el fin de efectuar cambios en los valores sobre la marcha.

Configuración de la pestaña General

En la tabla siguiente se indica el procedimiento de configuración de la pestaña **General** del cuadro de diálogo PID:

Paso	Acción
1	En la pestaña General , activar la casilla Configurado para activar el PID y definir las pestañas siguientes.
2	En la lista desplegable Modo de funcionamiento , elegir el tipo de funcionamiento deseado. (consulte p. 668) En este ejemplo: se seleccionará el modo de dirección de memoria y se introducirá la palabra %MW17 en el campo asociado. De este modo, el modo de funcionamiento del PID estará vinculado al valor en %MW17.

Configuración de la pestaña Entrada

En la tabla siguiente se indica el procedimiento de configuración de la pestaña **Entrada** del cuadro de diálogo PID:

Paso	Acción
1	En la pestaña Entrada , introducir el canal analógico utilizado como medida en el campo asociado. En este ejemplo: Hemos elegido %IW1.0 dado que se ha utilizado como medida de temperatura.
2	Cuando sea necesario, establecer las alarmas en los umbrales de medida alto y bajo activando las casillas y completando los campos correspondientes. Nota: Los valores introducidos deben ser valores fijos (definidos en los campos asociados) o valores modificables (completando los campos correspondientes con las direcciones de memoria: %MWxx).

Configuración de la pestaña PID En la tabla siguiente se indica el procedimiento de configuración de la pestaña **PID** del cuadro de diálogo PID:

Paso	Acción
1	<p>En la pestaña PID, introducir el valor que debe utilizarse para definir la consigna del autómeta. En general, este valor es una dirección de memoria o una consigna de una entrada analógica.</p> <p>En este ejemplo: se ha introducido %MW0, que se utilizará como palabra de consigna.</p>
2	<p>Sólo se puede seleccionar el tipo de corrector si anteriormente se ha elegido el modo de funcionamiento PID en la pestaña General.</p> <p>En este ejemplo: el tipo de corrector se establece en automático y deshabilitado.</p> <p>Nota: Si anteriormente ha elegido PID como modo de funcionamiento, puede seleccionar el tipo de corrector deseado (PID o PI) en la lista desplegable. Si se selecciona PI, el parámetro Td se fuerza a un valor de cero y este campo se deshabilita.</p>
3	<p>Definir los parámetros Kp, Ti, Td.</p> <p>Importante: En caso de seleccionar el modo AT o AT+PID, es necesario completar los campos Kp, Ti y Td con direcciones de memoria, para habilitar así la función de Auto-Tuning e introducir automáticamente los valores encontrados.</p> <p>En este ejemplo: se ha introducido %MW10 para Kp, %MW11 para Ti y %MW12 para Td.</p> <p>Nota: En principio, resulta difícil determinar los valores de ajuste óptimos de Kp, Ti y Td para una aplicación que todavía no se ha creado. Por lo tanto, se recomienda encarecidamente escribir las direcciones de palabras de memoria en estos campos, con el fin de introducir estos valores en modo online, y evitar así el paso a modo offline para efectuar cambios en los valores sobre la marcha.</p>
4	<p>Introducir el Período de muestreo del PID. El controlador utiliza este valor para adquirir medidas y actualizar salidas.</p> <p>En este ejemplo: se ha establecido el período de muestreo del PID en 100 ó 1 s. Dado que el sistema definido contiene una constante de tiempo de varios minutos, este valor de período de muestreo parece correcto.</p> <p>Importante: se recomienda definir el período de muestreo en un múltiplo del período de exploración del autómeta, y un valor coherente con el sistema configurado.</p>

Configuración de las pestañas de AT

En la tabla siguiente se indica el procedimiento de configuración de la pestaña **AT** del cuadro de diálogo PID:

Paso	Acción
1	En la pestaña AT , activar la casilla Autorizar si se desea utilizar AT.
2	Introducir el valor de Límite de la medida . Se trata del valor de límite que no debe superar la medida durante la AT.
3	Introducir el valor de Consigna de salida , que es el valor de salida del autómata enviado para generar la AT.
Nota especial	Para obtener más detalles sobre la configuración de estos valores, consultar la sección <i>Ficha AT de la función PID</i>, p. 715.
Consejo	Se recomienda escribir las direcciones de palabras de memoria en estos campos, con el fin de introducir estos valores en modo online, y evitar así el paso a modo offline para efectuar cambios en los valores sobre la marcha.

Configuración de la pestaña Salida En la tabla siguiente se indica el procedimiento de configuración de la pestaña **Salida** del cuadro de diálogo PID:

⚠ ADVERTENCIA
<p>RIESGO DE SOBRECARGA DEL SISTEMA</p> <p>Tenga en cuenta que el modo manual tiene un efecto directo en la salida del autómatas. Por consiguiente, el envío de una consigna manual (campo Salida) actúa directamente en el sistema controlado abierto. De este modo, debe operar cuidadosamente en este modo de funcionamiento.</p> <p>Si no se siguen estas instrucciones pueden producirse lesiones personales graves o mortales o daños en el equipo.</p>

⚠ ADVERTENCIA
<p>FUNCIONAMIENTO INCORRECTO DEL EQUIPO</p> <p>No utilice salidas de relé con PID dado que puede excederse el número de operaciones permitidas para los relés y, como consecuencia, provocar su destrucción. Según el proceso bajo control, las consecuencias pueden ser peligrosas.</p> <p>Si no se siguen estas instrucciones pueden producirse lesiones personales graves o mortales o daños en el equipo.</p>

Paso	Acción
1	<p>En la pestaña Salida, introducir la selección de la lista desplegable Acción. Esta selección depende del sistema configurado:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Acción directa: la salida del autómatas disminuye cuando el valor de variación (consigna - medida) aumenta (autómatas en frío). ● Acción inversa: Acción directa: la salida del autómatas disminuye cuando el valor de variación (consigna - medida) aumenta (autómatas en caliente). <p>Importante: Al utilizar la función AT, esta lista selecciona automáticamente Dirección de bit. La función AT determina el modo de funcionamiento, y en este caso se introduce el bit asociado con este campo.</p>
2	<p>Cuando sea necesario, introducir los valores de umbral de la salida del autómatas en el campo Alarmas. Esta función puede ser necesaria en determinadas aplicaciones para gestionar las alarmas de proceso en las que se han superado los umbrales.</p>

Paso	Acción
3	<p>Definir el modo de funcionamiento en Modo manual.</p> <p>La lista desplegable contiene varias opciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Inhibir = sin modo manual. ● Autorizar = el autómata funciona sólo en modo manual. ● Dirección de bit = el valor del bit se utiliza para modificar el funcionamiento del modo manual (si el bit se establece en 0 = modo automático, si el bit se establece en 1 = modo manual). <p>En este ejemplo: se ha seleccionado %M2 para activar esta opción, y %MW18 para ajustar el valor de la consigna manual.</p> <p>Usar el modo manual para realizar pruebas con el fin de determinar la limitación de salida mín./máx. o la consigna de salida de AT más precisa.</p>
4	<p>Ajustar la palabra de Salida binaria. El autómata emplea esta palabra para enviar la consigna de control. Puede enviarse directamente a un canal de salida analógica (%QW..) o a una palabra de memoria (%MWxx) para un procesamiento adicional.</p> <p>Importante: Al utilizar la función PWM, introduzca una dirección de memoria (%MWxx) en este campo.</p>
5	<p>Definir la Salida PWM, si lo requiere el sistema:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Activar la casilla Autorizar si desea controlar el sistema mediante un impulsor PWM. 2. Introducir el Período de control PWM en el campo asociado. 3. Introducir la Salida para controlar el impulsor PWM. Se recomienda utilizar las salidas de transistor del autómata base para esta función (por ejemplo, %Q0.0 o %Q0.1 para el autómata base TWDLMDA20DRT).
6	<p>Confirmar la configuración del autómata haciendo clic en Aceptar en la parte inferior izquierda de la pantalla.</p>
7	<p>Para configurar varios autómatas PID, hacer clic en Siguiente para incrementar el número del PID que debe definirse.</p>

Paso 4: Inicialización de la configuración de control

Requisitos previos para la configuración

Antes de proceder a la configuración, siga estos pasos:

Paso	Acción
1	Conectar el PC al controlador y transferir la aplicación.
2	Cambiar el controlador a modo RUN.

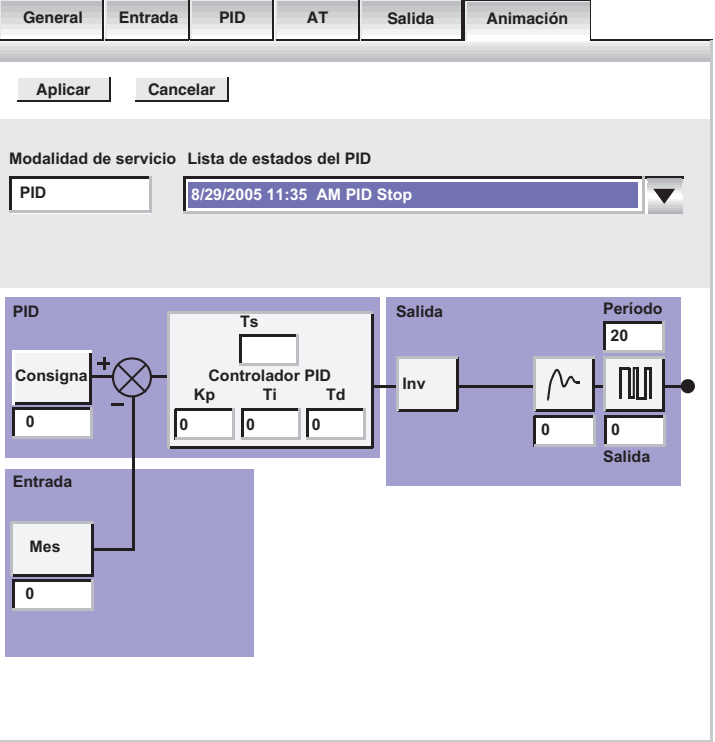
Nota: Antes de cambiar el controlador a modo RUN, compruebe que las condiciones de funcionamiento del dispositivo son óptimas para ello en toda la aplicación.

Procedimiento Estos son los pasos que deben seguirse para inicializar la configuración de control:

Paso	Acción
1	<p>Crear una tabla de animación que contenga los objetos principales necesarios para el diagnóstico.</p> <p>En este ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none">● %MW0: consigna del controlador de bucle.● %IW1.0: medida.● %M0: habilitación del controlador de bucle.● %M1: tipo de acción del controlador de bucle (definido por la función AT).● %M2: selección del modo automático o manual.● %MW10 a %MW12: coeficientes del controlador de bucle PID.● %MW13: límite de medida que no debe superarse en el modo AT.● %MW14: consigna de salida del controlador de bucle en modo AT.● %MW15: salida binaria del controlador de bucle PID (introducida por el controlador).● %MW16: configuración del período PWM.● %MW17: selección del modo de funcionamiento del controlador PID.● %MW18: consigna manual asociada con la selección del bit %M2.

Paso	Acción
2	<p>Comprobar la coherencia del valor medido en el campo %IW1.0.</p> <p>En este ejemplo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se obtiene una medida de 248 contadores cuando el sistema está estable y en frío. 2. Esto parece coherente, ya que existe un coeficiente de multiplicación de 10 entre la temperatura y el valor leído. También es posible modificar la medida de forma externa para garantizar que la lectura sea coherente (aumentar la temperatura alrededor de la sonda para verificar que la medida también aumenta). <p>Nota: Esta prueba es bastante importante, ya que el funcionamiento del controlador depende básicamente de la precisión de la medida.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. En caso de tener alguna duda sobre la precisión de la medida, establecer el controlador en modo STOP y comprobar el cableado en las entradas de la tarjeta analógica (voltímetro o amperímetro para entradas de 0-10 V/4-20 mA, ohmímetro para PT100 (100 ohms a 20°) o termopar (unas pocas decenas de ohms): <ul style="list-style-type: none"> • En primer lugar, desconectar la sonda de los terminales de tarjeta analógica. • Comprobar que no exista una inversión de cableado (los colores de los cables conectados en las entradas, cable de compensación para PT100). <p>Importante: Los canales de entrada IN0 e IN1 comparten potencial en los terminales (-).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comprobar que la tarjeta analógica recibe alimentación desde una fuente de 24 V CC en los dos primeros terminales. • Comprobar que existen sensores de entrada de 4-20 mA. Las tarjetas de entrada analógicas Twido no constituyen una fuente de corriente.

Paso	Acción
3	<p>Para iniciar el controlador de bucle, controlar en primer lugar el controlador PID en modo Manual para aumentar los valores de límite que requiere la función AT.</p> <p>Para establecer el controlador en modo manual:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cambiar el controlador a modo RUN. 2. Completar las direcciones de memoria con los valores siguientes de la tabla de animación: <ul style="list-style-type: none"> ● %M2: selección de modo manual = 1. (M2=1 => modo manual, M2=0 => modo automático). ● %MW16: configuración del período PWM = 10. ● %MW17: selección del modo de funcionamiento del controlador PID = 1 (sólo PID). ● %MW18: consigna manual asociada con la selección del bit %M2 = 1.000. Este valor de consigna puede seleccionarse varias veces, siempre que el sistema pueda volver a su estado inicial. En este ejemplo: se ha seleccionado el valor 1.000, que corresponde a un valor de aumento de temperatura medio (para obtener información, 2.000 contadores = 200 °). Cuando esté en frío, el sistema se inicia en un valor de 250 contadores.
4	<p>Comprobar que el controlador esté en modo RUN. (%M0: validación del controlador = 1, que debe introducirse en la tabla de animación).</p>
5	<p>Seleccionar Objetos avanzados en la trama Categoría del objeto (Trama de categorías de objetos, Controladores programables Twido, Software de programación TwidoSuite, Ayuda en línea) y elegir PID en la trama Tipo de objetos (Trama de tipos de objetos, Controladores programables Twido, Software de programación TwidoSuite, Ayuda en línea). Seleccionar el n.º PID que desee en la tabla PID.</p>

Paso	Acción
6	<p>Activar la pestaña Animación para el número PID necesario y comprobar que la animación coincide con la pantalla siguiente:</p>  <p>Nota: Las pantallas del controlador PID únicamente se actualizan si el controlador está habilitado (y la API está establecida en RUN).</p>
7	<p>Activar la pestaña Trazo para el número PID requerido y, a continuación:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Establecer la lista desplegable de tiempo transcurrido en 15 min para ver un trazo del progreso de la señal de medida. 2. Comprobar que el valor de medida permanece en los valores adecuados para el sistema. El aumento de la medida puede activarse en la pestaña Trazo. Después de estabilizarse, leer el valor correspondiente a la estabilización del gráfico de medida (por ejemplo, 350 contadores que corresponde a 35°, o un aumento de 10° comparado con el estado inicial).

Paso	Acción
8	<p>Establecer la lista de desplazamiento de tiempo transcurrido en 15 min para visualizar un trazo del progreso de la señal de medida.</p> <p>Comprobar que el valor de medida permanece en los valores adecuados para el sistema. Es posible ver el aumento de la medida en la pestaña Trazo.</p> <p>Después de estabilizarse, leer el valor correspondiente a la estabilización del gráfico de medida (por ejemplo, 350 contadores que corresponde a 35°, o un aumento de 10° comparado con el estado inicial).</p>
9	<p>Si se comprueba que el impulsor no está controlado, comprobar el circuito de salida:</p> <ul style="list-style-type: none">● Para una salida analógica, comprobar la tensión o la corriente de salida de la tarjeta analógica.● Para una salida PWM, comprobar lo siguiente:<ul style="list-style-type: none">● El indicador luminoso de la salida en cuestión está encendido (%Q0.1 en este ejemplo).● El cableado de las fuentes de alimentación y del circuito de 0 V para las salidas base TWDLMDA20DRT.● La fuente de alimentación del impulsor.
10	<p>Cerrar la pantalla de visualización del PID y detener el modo manual introduciendo los valores siguientes en la tabla de animación:</p> <ul style="list-style-type: none">● %M0: habilita el controlador de bucle = 0 (detiene el controlador de bucle).● %M2: selección del modo automático o manual = 0 (modo manual de detención).● %MW17: selección del modo de funcionamiento del controlador PID = 0.● %MW18: consigna manual asociada con la selección del bit %M2 = 0.

Paso 5: AT + PID de configuración de control

Introducción

En esta sección se describe cómo configurar el autómata para iniciar el funcionamiento en modo AT+PID. En este modo de funcionamiento, el autómata se ajustará automáticamente en los coeficientes Kp, Ti y Td.

Nota: Durante esta secuencia, el sistema no someterse a ninguna interferencia causada por las variaciones externas que puedan afectar a los ajustes finales. Del mismo modo, antes de iniciar la secuencia AT, asegúrese de que el sistema está estable.

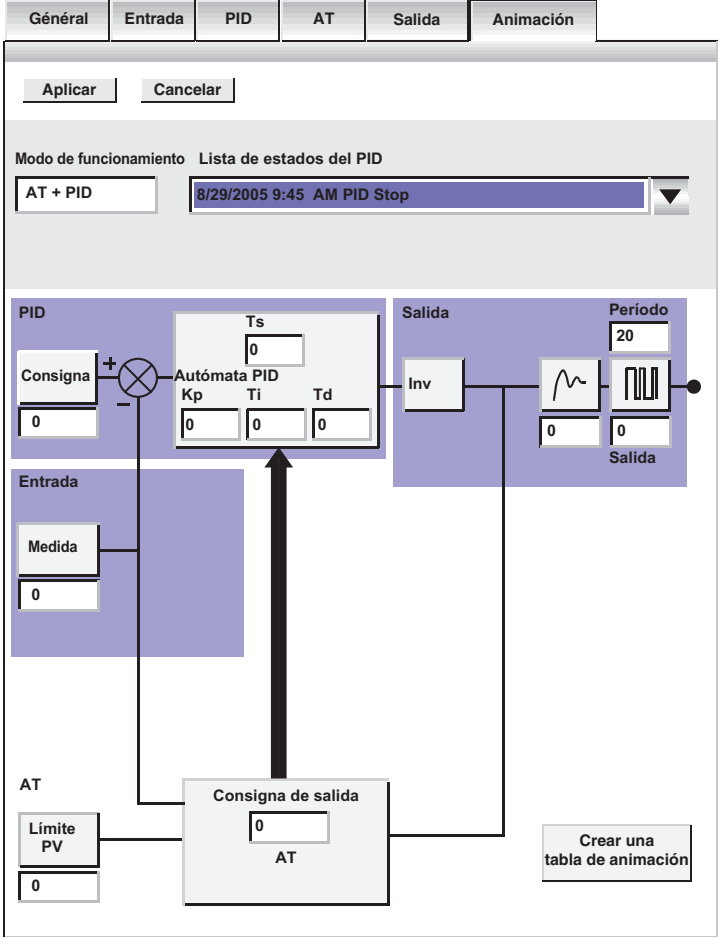
Nota sobre los valores Kp, Ti y Td

Para activar el funcionamiento en modo AT+PID, deben cumplirse estas dos condiciones:

- Los coeficientes **Kp, Ti, Td** deben configurarse como **direcciones de memoria (%MWxx)**.
 - El tipo **Acción** de la **pestaña Salida** debe configurarse como **dirección de bit de memoria (%Mxx)**.
-

Para establecer el autómata en modo AT+PID, siga estos pasos:

Paso	Acción
1	<p>Completar o comprobar las direcciones de memoria con los valores siguientes de la tabla de animación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● %M2: selección del modo automático o manual = 0. ● %MW0: consigna del autómata de bucle = 600 (en este ejemplo, la consigna se activa después de la secuencia de AT y el autómata mantiene una temperatura de 60 °). ● %MW10 a %MW12: coeficientes del autómata PID (si permanecen en 0, la secuencia de AT los completará). ● %MW13: el límite de medida no debe superarse en el modo AT = 900 (en el ejemplo, si se superan los 90 °, se producirá un error en AT). ● %MW14: consigna de salida del autómata en modo AT = 2000 (en la prueba de modo manual). <p>Este es el valor del cambio de paso que se aplica a todo el proceso. En modo AT, la consigna de salida se aplica directamente a la salida del autómata.</p> <p>Este valor puede ser una palabra interna (%MW0 a %MW2999), una constante interna (%KW0 a %KW255) o un valor directo. Por lo tanto, este valor debe establecerse entre 0 y 10.000.</p> <p>Nota: La consigna de sintonización automática de salida debe ser siempre superior a la última salida aplicada al proceso.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● %MW15: salida binaria del autómata de bucle PID (introducida por el autómata). ● %MW16: configuración del período PWM (permanece en 10, tal como se estableció anteriormente). ● %MW17: selección del modo de funcionamiento del autómata PID = 2 (AT + PID). ● %MW18: consigna manual asociada con la selección del bit %M2 = 0.
2	Configurar el autómata Twido para explorar en modo periódico .
3	<p>Definir la Tiempo del periodo de exploración del autómata Twido, de manera que el valor del Período de muestreo (Ts) del autómata PID sea un múltiplo exacto.</p> <p>Nota: Para obtener información adicional sobre cómo determinar el período de muestreo, consulte <i>p. 736</i> y <i>p. 737</i>.</p>
4	Comprobar que el autómata esté en modo RUN.
5	<p>Introducir el bit de memoria %M0.</p> <p>%M0: validación del autómata = 1 en la tabla de animación.</p>

Paso	Acción
6	<p>Seleccionar Objetos avanzados en la trama Categoría del objeto (Trama de categorías de objetos, Controladores programables Twido, Software de programación TwidoSuite, Ayuda en línea) y elegir PID en la trama Tipo de objetos (Trama de tipos de objetos, Controladores programables Twido, Software de programación TwidoSuite, Ayuda en línea). Seleccionar el n.º PID que desee en la tabla PID.</p>
7	<p>Activar la pestaña Animación para el número PID necesario y comprobar que la animación coincide con la pantalla siguiente:</p>  <p>Nota: Las pantallas del autómata PID únicamente se actualizan si el autómata está habilitado (y la API está establecida en RUN).</p>

Paso	Acción
8	<p>Pulsar el botón Trazo y esperar a que el sistema inicie AT.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin: 5px 0;">Trazo</div> <p>Nota: El tiempo de espera puede tardar 10-20 minutos antes de que el procedimiento AT cambie.</p>

Almacenamiento de los coeficientes Kp, Ti y Td calculados

Después de concluir la secuencia de Auto-Tuning, las palabras de memoria asignadas a los coeficientes Kp, Ti y Td se completan con los valores calculados. Estos valores se escriben en la memoria RAM y se almacenan en el autómata siempre que la aplicación sea válida (desconexión durante menos de 30 días) y que no se haya efectuado ningún inicio en frío (%S0).

Nota: Si el sistema no se ve afectado por fluctuaciones externas, los valores pueden **escribirse** en la configuración del autómata PID y el autómata puede pasar sólo a modo PID.

Repetición de AT

La secuencia de Auto-Tuning se repite en cada paso a RUN o inicio en frío (%S0). Por lo tanto, debe comprobar las palabras de diagnóstico mediante el programa para saber qué hacer en caso de un reinicio.

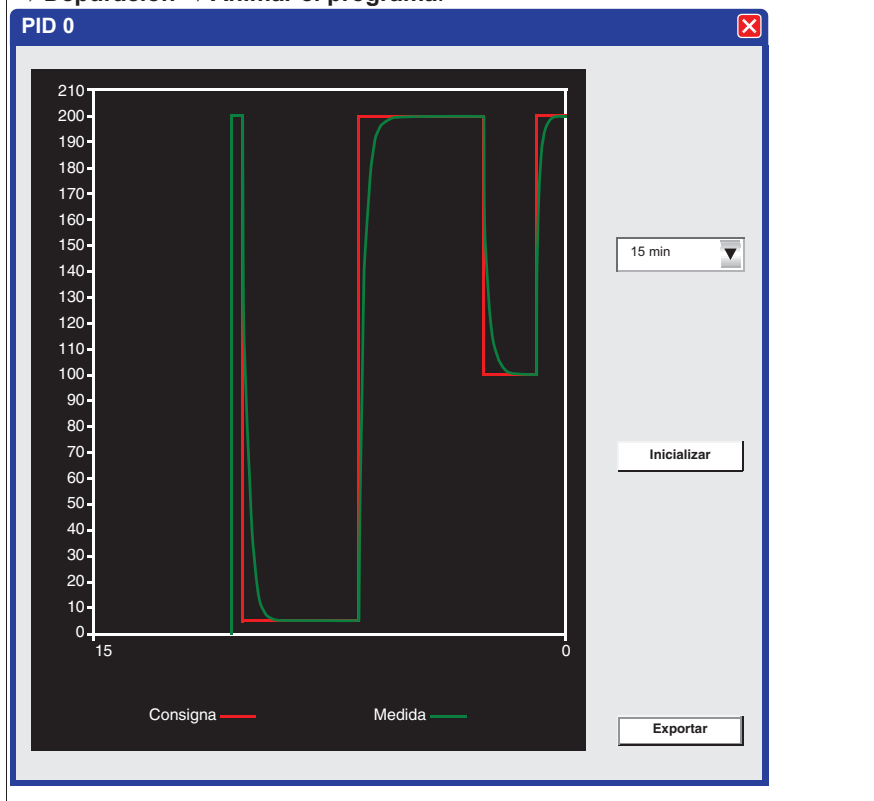
Paso 6: Ajustes de depuración

Acceso a la tabla de animación

Para facilitar la depuración del sistema, es posible acceder a la tabla de animación en cualquier momento cuando las pantallas del autómatas PID estén en primer plano.

Nota:

Si visualiza sólo los gráficos de consigna y de valor del proceso utilizando el botón **Desconectar** de la pestaña **Trazo** (consulte la pestaña **Trazo** de la ventana siguiente), puede acceder a la tabla de animación a través de la tarea **Programa** → **Depuración** → **Animar el programa**.



Los datos de la pantalla se pueden exportar en formato Excel haciendo clic en el botón **Exportar**. Esta acción abre un cuadro de diálogo en el que puede especificar el nombre y la ubicación de un archivo .csv. En este cuadro de diálogo, haga clic en **Guardar** para exportar los datos o en **Cancelar** para salir de la exportación.

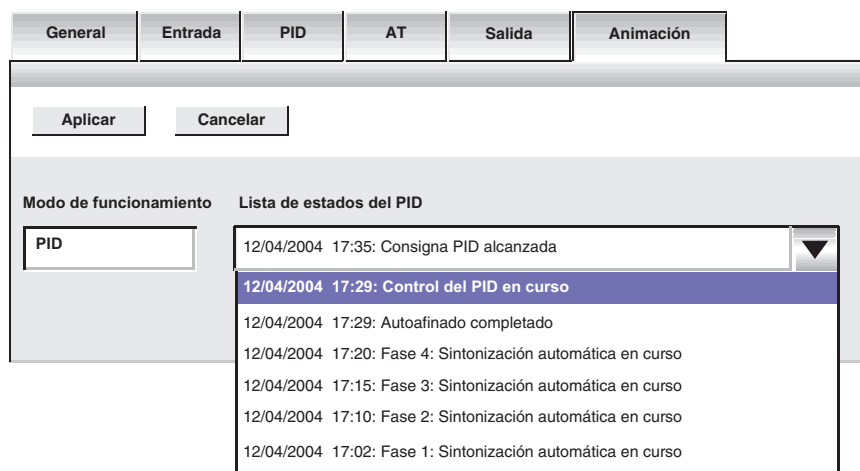
Retorno a las pantallas del PID

Para volver a las pantallas del autómatas PID sin perder el historial de trazo de gráficos, haga lo siguiente:

Paso	Acción
1	Seleccionar Objetos avanzados en la trama Categoría del objeto (Trama de categorías de objetos, Controladores programables Twido, Software de programación TwidoSuite, Ayuda en línea) y elegir PID en la trama Tipo de objetos (Trama de tipos de objetos, Controladores programables Twido, Software de programación TwidoSuite, Ayuda en línea). Seleccione el n.º PID que desee en la tabla PID.
2	Hacer clic en la pestaña Animación .

Historial de los estados del PID

En la pestaña **Animación** de los autómatas PID, puede acceder a los últimos 15 estado del autómatas actual efectuando la selección que desee en la lista desplegable que se muestra abajo:



Nota: Los estados del PID se almacenan cuando el PC y TwidoSuite están en modo online.

18.4 Función PID

Presentación

Objeto En esta sección se describe el comportamiento, las funciones y la aplicación de la función PID.

Nota: Para averiguar rápidamente la información de la configuración sobre su autómatas PID, así como de la sintonización automática, consulte *p. 660*.

Contenido Esta sección contiene los siguientes apartados:

Apartado	Página
Descripción general	689
Principio del bucle de regulación	691
Metodología de desarrollo de una aplicación de regulación	693
Compatibilidades y rendimiento	694
Características detalladas de la función PID	695
Acceso a la configuración del PID	700
Elementos de la pantalla PID de función PID	701
Pestaña General de la función PID	706
Pestaña Entrada del PID	709
Ficha PID de la función PID	712
Ficha AT de la función PID	715
Ficha Salida del PID	721
Acceso a la depuración del PID	725
Ficha Animación de la función PID	726
Pantalla Trazo de la función PID	729
Estados del PID y códigos de error	732
Sintonización del PID mediante la sintonización automática (Auto-Tuning, AT)	736
Método de ajuste del parámetro PID	748
Papel principal e influencia de los parámetros del PID	752
Anexo 1: Fundamentos de la teoría del PID	756
Anexo 2: Primer orden con modelo de retardo	758

Descripción general

General

La función de regulación PID es una función del lenguaje de programación TwidoSuite.

Permite programar bucles de regulación PID en controladores compatibles con TwidoSoft versión 2.0 o superior.

Esta función está especialmente adaptada para:

- Responder a las necesidades de procesos secuenciales que precisen funciones de regulación auxiliar (ejemplos: máquinas de embalaje de film de plástico, máquinas de tratamiento de superficie, presas, etc.).
- Responder a las necesidades de los procesos de regulación simple (ejemplos: hornos de tratamiento de metales, hornos para cerámica, pequeños grupos frigoríficos, etc.).

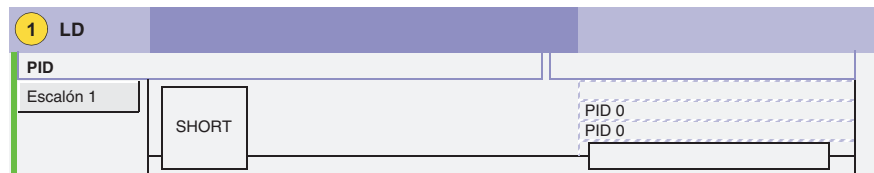
Es muy fácil de poner en marcha porque se realiza en las pantallas de:

- Configuración
- y depuración,

asociadas a una línea de programa (bloque de operación en lenguaje Ladder o simple llamada de PID en lista de instrucción) que indica el número del PID utilizado.

La sintaxis correcta para escribir una instrucción PID es: **PID<espacio>n**, cuando n es el número PID.

Ejemplo de línea de programa en lenguaje Ladder:



Nota: En una aplicación de automatismo Twido, el número máximo de funciones PID configurables es de 14.

Funciones principales

Estas son las funciones principales:

- Entrada analógica,
 - conversión lineal de la medida configurable,
 - alarma alta y baja en entrada configurable,
 - salida analógica o PWM,
 - calibrado de la salida configurable, y
 - acción directa o inversa configurable.
-

Principio del bucle de regulación

Presentación

El funcionamiento de un bucle de regulación consta de tres fases distintas:

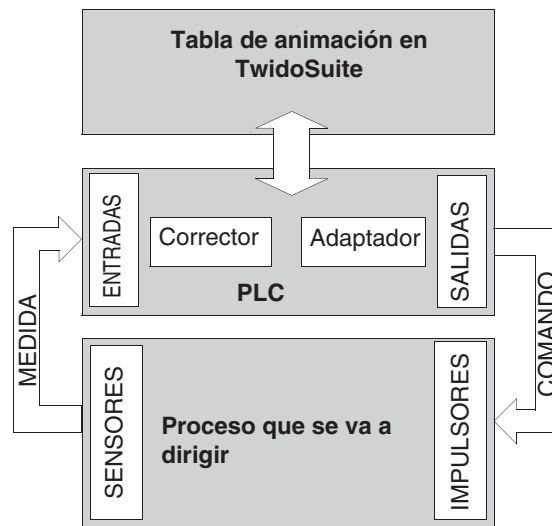
- La adquisición de datos:
 - Medidas provenientes de los sensores del proceso (analógicos, codificadores).
 - Consignas provenientes, generalmente, de variables internas del autómata o de datos procedentes de una tabla de animación TwidoSuite.
- Ejecución del algoritmo de regulación PID
- El envío de los comandos adaptados a las características de los impulsores que van a controlarse a través de las salidas binarias (PWM) o analógicas.

El algoritmo PID elabora la señal de comando a partir de:

- La medida muestreada por el módulo de entrada.
- El valor de la consigna fijada por el operador o por el programa.
- Los valores de diferentes parámetros del corrector.

La señal procedente del corrector, bien la trata directamente una tarjeta de salida analógica del autómata conectado al impulsor, o bien se trata a través de una adaptación PWM en una salida binaria del autómata.

Ilustración El diagrama siguiente muestra el principio de un bucle de regulación.

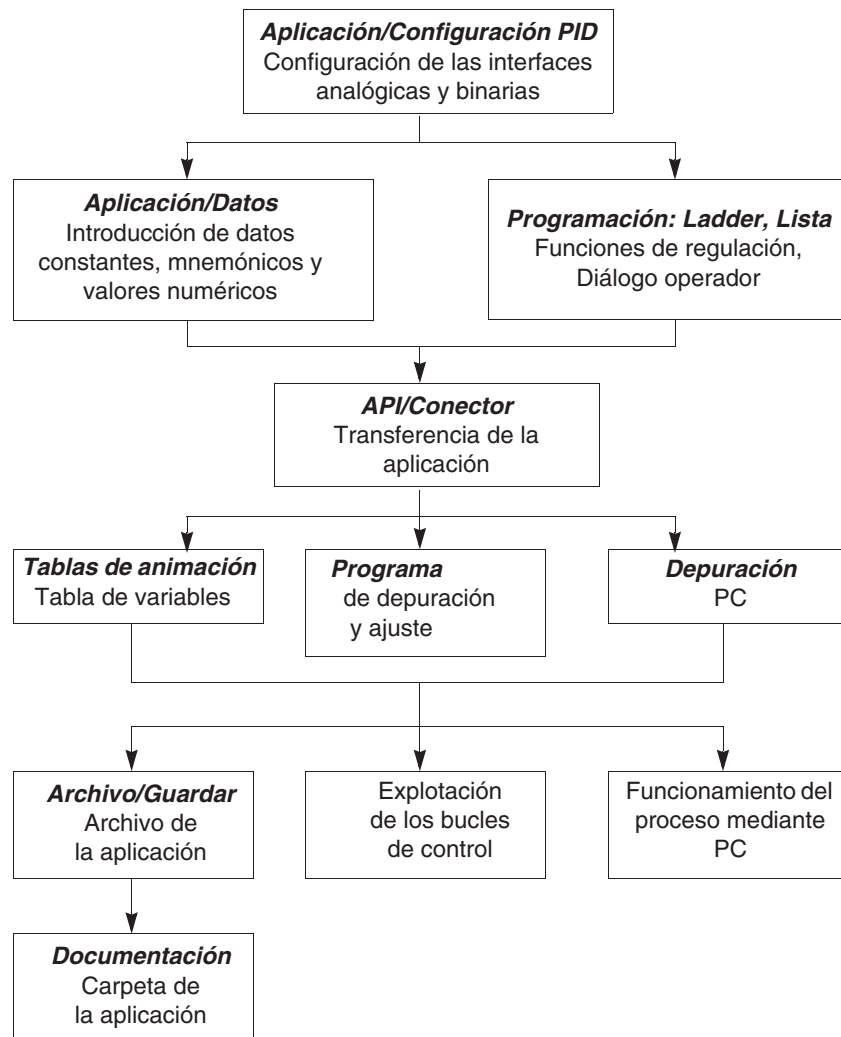


Metodología de desarrollo de una aplicación de regulación

Esquema de principio

El siguiente esquema describe el conjunto de las tareas que se van a llevar a cabo durante la creación y la depuración de una aplicación de regulación.

Nota: El orden definido depende de cada método de trabajo, y se muestra con fines informativos.



Compatibilidades y rendimiento

Presentación La función PID de Twido está disponible para controladores compatibles con TwidoSoft a partir de la versión 2.0, debido a que su puesta en marcha depende de un determinado número de compatibilidades de hardware y software que se describen a continuación.

Por un lado, esta función necesita los recursos que se presentan en el párrafo **Rendimiento**.

Compatibilidad La función PID de Twido está disponible en los controladores Twido de versión de software 2.0 o superior.

Si dispone de una versión de software de Twido inferior, puede actualizar el firmware para poder utilizar esta función PID.

Nota: Los módulos de entradas y salidas analógicas de versión 1.0 pueden utilizarse con entradas o salidas de PID sin necesidad de actualización.

Para poder configurar y programar un PID en las distintas versiones de hardware, debe disponer del **software TwidoSuite**.

Rendimiento Los bucles de regulación PID proporcionan el rendimiento siguiente:

Descripción	Tiempo
Tiempo de ejecución de un bucle	0,4 ms

Características detalladas de la función PID

General

La función PID efectúa una corrección PID mediante una medida y una consigna analógicas en el formato predeterminado [0 – 10.000], y proporciona un comando analógico en el mismo formato o una modulación de ancho de pulso (PWM) en una salida binaria.

Todos los parámetros de PID se describen en las ventanas que se usan para configurarlos. En esta sección, simplemente se resumen las funciones disponibles, se indican los valores de las medidas y se describe la integración en el PID en un diagrama de flujo funcional.

Nota: Para una utilización a escala completa (resolución óptima), puede configurar la entrada analógica conectada a la rama de medición del PID en formato 0-10.000. No obstante, si utiliza la configuración predeterminada (0-4.095), el controlador funcionará correctamente.

Nota: Para que la regulación pueda funcionar correctamente, el controlador Twido tiene que estar obligatoriamente **en modo periódico**. La función PID se ejecutará así periódicamente en cada ciclo y el muestreo de los datos de entrada del PID respetará el período asignado en la configuración (consulte la tabla siguiente).

Detalle de las funciones disponibles

En la tabla siguiente se indican las diferentes funciones disponibles y sus escalas:

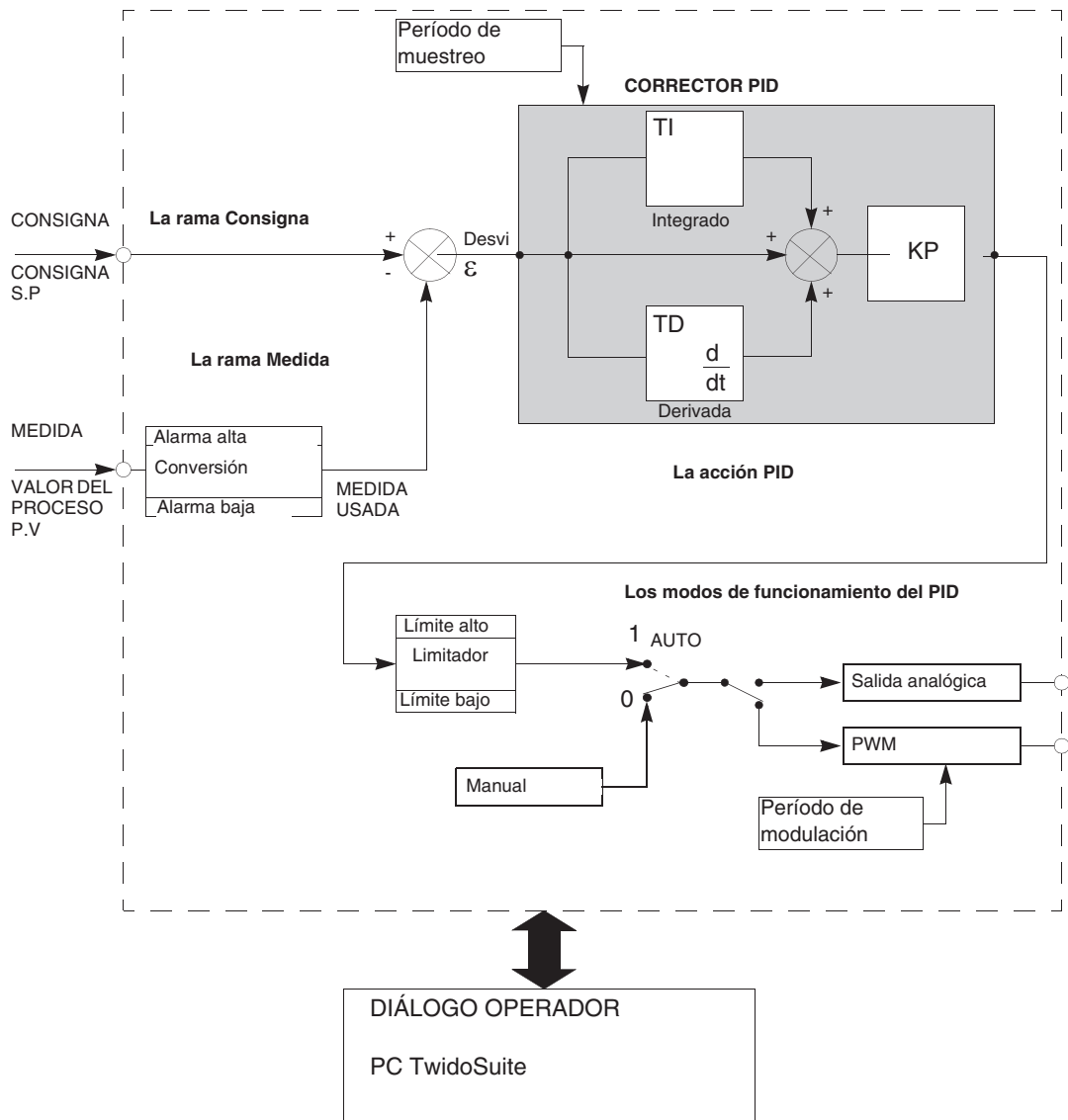
Función	Escala y comentario
Conversión lineal de la entrada	Permite convertir un valor en formato entre 0 y 10.000 (resolución de módulo de entrada analógica) en otro comprendido entre -32.768 y 32.767.
Ganancia proporcional	Mediante un factor de 100, su valor está comprendido entre 1 y 10.000. Se corresponde con una ganancia entre 0,01 y 100. Nota: Si introduce un valor de ganancia no válido (negativo o nulo), TwidoSuite omitirá este ajuste de usuario y asignará automáticamente el valor predeterminado de 100 a este factor.
Tiempo integral	Mediante una base de tiempo de 0,1 segundos, su valor está comprendido entre 0 y 20.000. Se corresponde con un tiempo integral comprendido entre 0 y 2.000,0 segundos.
Tiempo derivado	Mediante una base de tiempo de 0,1 segundos, su valor está comprendido entre 0 y 10.000. Se corresponde con un tiempo derivado comprendido entre 0 y 1.000,0 segundos.
Período de muestreo	Mediante una base de tiempo de 0,01 segundos, su valor está comprendido entre 1 y 10.000. Se corresponde con un período de muestreo comprendido entre 0,01 y 100 segundos.
Salida PWM	<p>Mediante una base de tiempo de 0,1 segundos, su valor está comprendido entre 1 y 500. Se corresponde con un período de modulación comprendido entre 0,1 y 50 segundos. La precisión del PWM depende de los períodos de pwm y de exploración. La precisión se mejora cuando PWM.R tiene un mayor número de valores. Por ejemplo, con el periodo de exploración = 20ms y el periodo PWM = 200ms, PWM.R puede tomar los valores 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%. Con el período de exploración = 50ms y el período PWM = 200ms, PWM.R puede tomar los valores 0%, 25%, 50%, 75% y 100% del periodo PWM.P.</p> <p><u>Ejemplo:</u> caso de PWM.R = 75%</p> <p>Ts = Período de exploración Ton = suma de Ts</p>

Función	Escala y comentario
Salida analógica	Valor comprendido entre 0 y +10.000
Alarma alta en la variable del proceso	Esta alarma se establece tras la conversión. Esta alarma está comprendida entre -32.768 y 32.767, si la conversión esta activada, y entre 0 y 10.000 si no lo está.
Alarma baja en la variable del proceso	Esta alarma se establece tras la conversión. Esta alarma está comprendida entre -32.768 y 32.767, si la conversión esta activada, y entre 0 y 10.000 si no lo está.
Límite alto en la salida	Este valor de límite está comprendido entre 0 y 10.000 para un valor de salida analógica. Cuando el PWM está activado, el límite corresponde a un porcentaje del período modulado. 0% para 0 y 100% para 10.000.
Límite bajo en la salida	Este valor de límite está comprendido entre 0 y 10.000 para un valor de salida analógica. Cuando el PWM está activado, el límite corresponde a un porcentaje del período modulado. 0% para 0 y 100% para 10.000.
Modalidad manual	Si el modo manual está activado, se asigna un valor fijo establecido por el usuario a la salida. Este valor de salida está comprendido entre 0 y 10.000 (de 0 a 100% para la salida PWM). Utilice el modo manual para realizar pruebas con el fin de determinar la limitación de salida mín./máx. o la consigna de salida de AT más precisa.
Acción directa o inversa	La acción directa o inversa está disponible y actúa directamente en la salida.
Sintonización automática (AT)	La función proporciona una sintonización automática de los parámetros Kp, Ti, Td y de acción directa/inversa para obtener una convergencia mejorada de la función PID.

Nota: Para comprender mejor la actividad de cada una de las funciones descritas en la tabla anterior, consulte el diagrama que sigue.

Principios de funcionamiento

El diagrama siguiente muestra el principio de funcionamiento de la función PID.



Nota: En el modo ONLINE, cuando el PLC está en una tarea periódica, el valor mostrado en el campo Ts (en la pantalla de configuración del software PID) puede ser distinto al del parámetro introducido (%MW). El valor Ts es un múltiplo de la tarea periódica, mientras que el valor %MW es el valor leído por el PLC.

Nota: La descripción de los parámetros utilizados se muestra en la tabla de la página anterior y en las pantallas de configuración.

Acceso a la configuración del PID

Presentación El acceso a las pantallas de configuración PID en los autómatas Twido se describe en los párrafos siguientes.

Procedimiento En la tabla siguiente se muestra el procedimiento para acceder a las pantallas de configuración PID:

Paso	Acción
1	Verificar que se encuentra en modo offline .
2	Seleccionar Objetos avanzados en la trama Categoría del objeto (Trama de categorías de objetos, Controladores programables Twido, Software de programación TwidoSuite, Ayuda en línea) y elegir PID en la trama Tipo de objetos (Trama de tipos de objetos, Controladores programables Twido, Software de programación TwidoSuite, Ayuda en línea).
3	Seleccionar el n.º PID que desee en la tabla PID. (consulte <i>p. 702</i>) Resultado: Aparece la ventana de configuración PID y se muestra la pestaña General (consulte <i>p. 706</i>) por defecto.

Elementos de la pantalla PID de función PID

Presentación

La ventana de configuración PID permite:

- Configurar cada PID de TWIDO (en modo offline),
- Depurar cada PID de TWIDO (en modo en línea).

En esta sección se describen los elementos de la pantalla PID, entre los que se incluyen:

- Acceso a la pantalla de configuración del PID,
- Tabla de selección del PID de la función PID,
- Pestañas PID de la función PID,
- Rastreo PID.

Acceso a la pantalla de configuración del PID

Para acceder a la ventana de configuración del PIDA:

Si...	Entonces ...	Resultado
Está en modo en línea.	Seleccionar Programa → Depuración → Configuración del software de supervisión → Objetos avanzados → PID .	Aparece la pestaña Animación y se puede acceder a los parámetros de depuración y de ajuste.
Está en modo offline.	Seleccionar Programa → Configurar → Configurar los datos → Objetos avanzados → PID .	Aparece la pestaña General de forma predeterminada y se puede acceder a los parámetros de configuración.

Tabla de selección del PID de la función PID

La tabla que se muestra a continuación se utiliza para seleccionar el PID que desea configurar/depurar.

<input type="text" value="Todo"/>		
En uso	Dirección	Configurado
<input type="checkbox"/>	PID 0	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 1	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 2	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 3	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 4	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 5	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 6	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 7	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 8	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 9	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 10	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 11	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 12	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 13	<input type="checkbox"/>

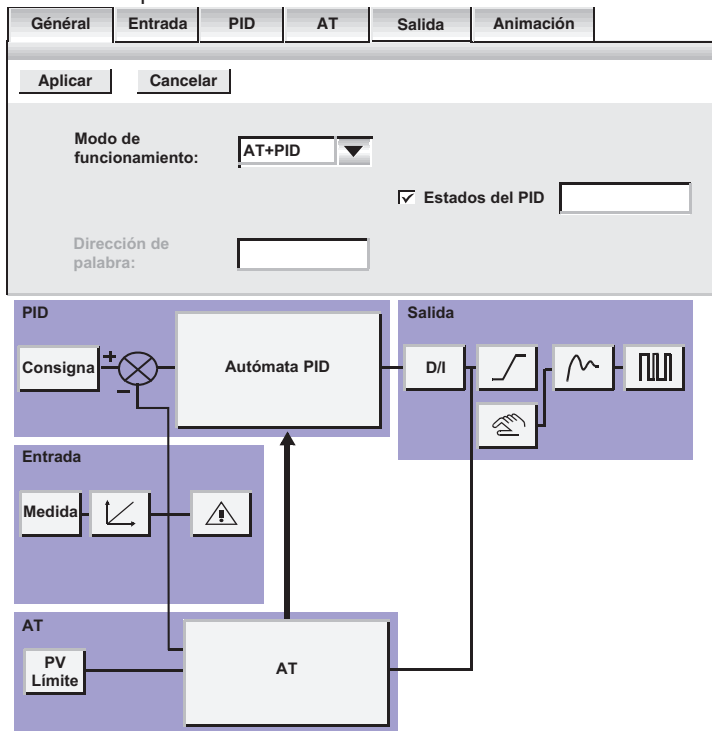
En la tabla siguiente se describen los ajustes que pueden definirse.

Campo	Descripción
Dirección	Indique el número del PID que desee configurar. El valor está comprendido entre 0 y 13, con 14 PID como máximo por aplicación.
Configurado	Para configurar el PID, se debe seleccionar esta casilla. En caso contrario, no se podrá ejecutar ninguna acción en estas pantallas y el PID no se podrá utilizar, aunque exista en la aplicación.
Nota:	Se debe completar primero la configuración del PID actual antes de cambiar a otro PID o realizar cualquier otra tarea de software.

Campo	Descripción
En uso	Este cuadro de sólo lectura está marcado si el PID con número correspondiente se utiliza en el programa de la aplicación.
Cuadro de opciones de ordenación	Seleccione la opción de ordenación correspondiente según si desea ver Todo , sólo el PID En uso o No utilizado en la tabla de selección PID.
Nota:	Se debe completar primero la configuración del PID actual antes de cambiar a otro PID o realizar cualquier otra tarea de software.

Pestañas PID de la función PID

Las pestañas PID permiten configurar los parámetros PID. La siguiente captura muestra las pestañas del PID.



En la tabla siguiente se describen las pestañas del PID.

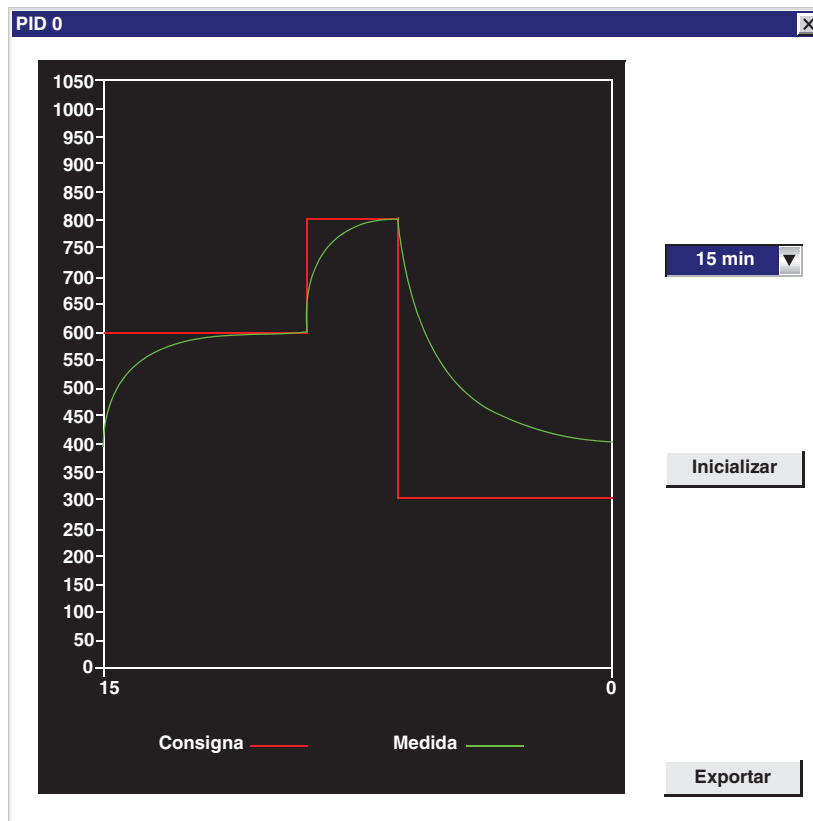
Campo	Descripción
Pestaña General	Especifica los parámetros generales del PID (consulte p. 706)
Pestaña Entrada	Especifica los parámetros de entrada del PID (consulte p. 709)
Pestaña PID	Especifica los parámetros internos del PID (consulte p. 712)
Pestaña AT	Especifica los parámetros AT (consulte p. 715)
Pestaña Salida	Especifica los parámetros de salida del PID (consulte p. 721)
Pestaña Animación	Vea/depure el PID; consulte p. 726

Nota: En algunos casos, las pestañas y los campos no son accesibles por alguna de estas dos razones:

- El modo de funcionamiento (offline u online) activado actualmente no permite el acceso a estos parámetros.
- Está seleccionado el modo de funcionamiento "Sólo PID", lo que evita el acceso a los parámetros de la pestaña AT que ya no son necesarios.

Rastreo PID de la función PID

El botón de rastreo PID permite ver el control del PID.



Esta pestaña permite visualizar el funcionamiento del PID y realizar ajustes en su comportamiento, consulte *p. 729*.

Pestaña General de la función PID

Presentación

Seleccionar **Objetos avanzados** en la trama Categoría del objeto (Trama de categorías de objetos, Controladores programables Twido, Software de programación TwidoSuite, Ayuda en línea) y elegir **PID** en la trama Tipo de objetos (Trama de tipos de objetos, Controladores programables Twido, Software de programación TwidoSuite, Ayuda en línea).

Seleccione el **n.º PID** que desee en la tabla PID.

La ventana de configuración PID permite:

- Configurar cada PID de TWIDO (en modo online).
- Depurar cada PID de TWIDO (en modo offline).

Al abrir esta ventana, si se encuentra:

- En modo offline: aparece la pestaña **General** de forma predeterminada y se puede acceder a los parámetros de configuración.
- En modo online: aparece la pestaña **Animación** y se puede acceder a los parámetros de depuración y de ajuste.

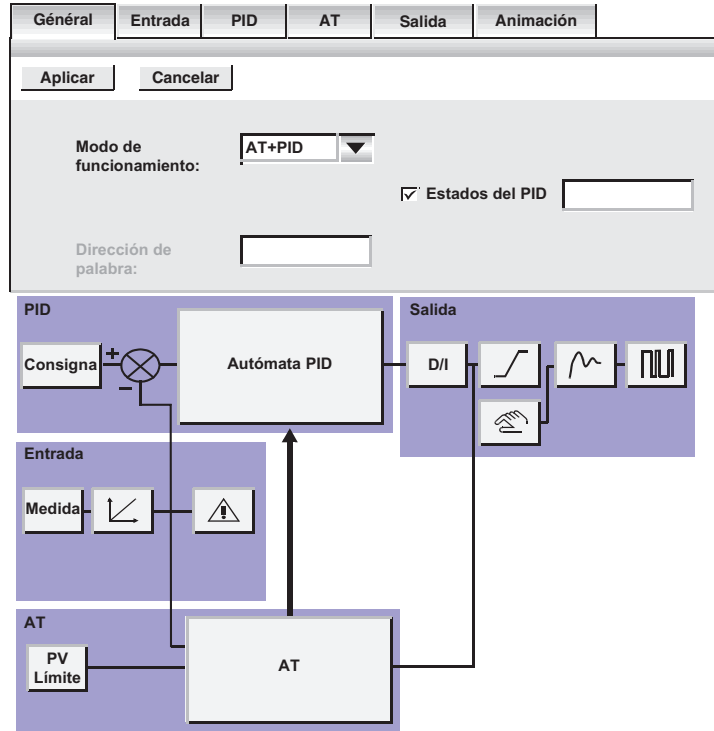
Nota: En algunos casos, las fichas y los campos no son accesibles por alguna de las razones que siguen:

- El modo de funcionamiento (offline u online) activado actualmente no permite el acceso a estos parámetros.
- Está seleccionado el modo de funcionamiento "Sólo PID", lo que evita el acceso a los parámetros de la pestaña AT que ya no son necesarios.

Los párrafos siguientes describen la pestaña **General**.

Pestaña General de la función PID

La pantalla siguiente permite introducir los parámetros del PID generales.



Descripción

En la tabla siguiente se describen los ajustes que pueden definirse.

Campo	Descripción
Número PID	Indique el número PID que desee configurar. El valor está comprendido entre 0 y 13, con 14 PID como máximo por aplicación.
Configurado	Para configurar el PID, se debe seleccionar esta casilla. En caso contrario, no se podrá ejecutar ninguna acción en estas pantallas y el PID no se podrá utilizar, aunque exista en la aplicación.
Modo de funcionamiento	Indique aquí el modo de funcionamiento deseado. Puede elegir entre tres modos de funcionamiento y una dirección de palabra, tal como sigue: <ul style="list-style-type: none"> ● PID ● AT ● AT+PID ● Dirección de palabra
Dirección de palabra	Puede proporcionar una palabra interna en este cuadro de texto (de %MW0 a %MW2999) que se utilizará para establecer de forma programática el modo de funcionamiento. La palabra interna puede tomar cuatro valores posibles en función del modo de funcionamiento que se desee establecer: <ul style="list-style-type: none"> ● %MWx = 1 (sólo para establecer PID) ● %MWx = 2 (para establecer AT + PID) ● %MWx = 3 (sólo para establecer AT) ● %MWx = 4 (sólo para establecer PI)
Estados del PID	Si selecciona esta opción para habilitarla, podrá introducir una palabra de memoria en este cuadro de texto (de %MW0 a %MW2999) que el autómata PID usará para almacenar el estado del PID actual, mientras se ejecuta el autómata PID o la función de sintonización automática (para obtener más detalles, consulte p. 732).
Diagrama	El diagrama permite visualizar las distintas posibilidades de las que dispone para configurar el PID.

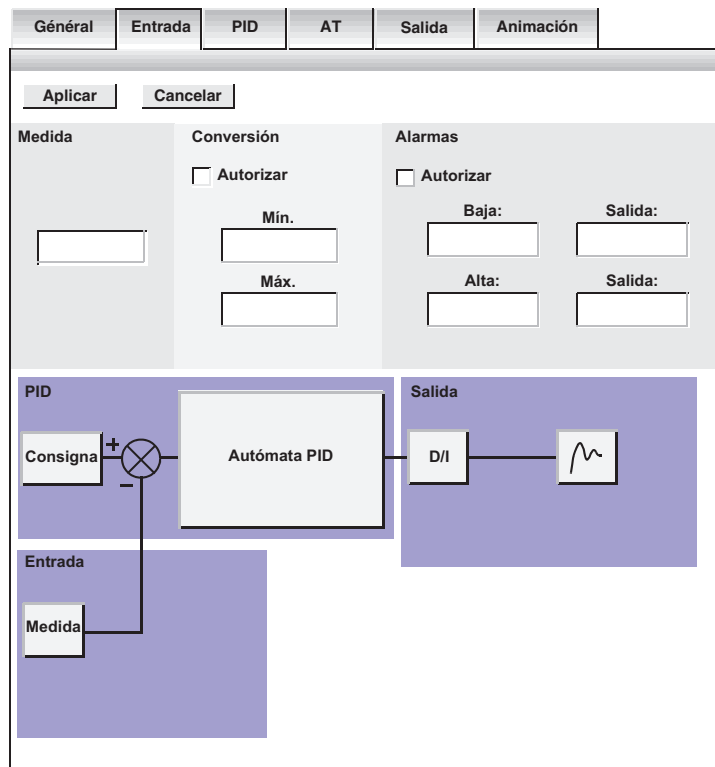
Pestaña Entrada del PID

Presentación Esta pestaña permite configurar los parámetros de entrada del PID.

Nota: Se puede acceder a ella en modo offline.

Pestaña Entrada de la función PID

La pantalla siguiente permite configurar los parámetros de entrada del PID.



Descripción En la tabla siguiente se describen los ajustes que pueden definirse.

Campo	Descripción
Número PID	Indique el número PID que desee configurar. El valor está comprendido entre 0 y 13, con 14 PID como máximo por aplicación.
Medición	Indique aquí la variable que contendrá el valor del proceso que se va a controlar. La escala predeterminada oscila entre 0 y 10.000. Puede introducir una palabra interna (%MW0 a %MW2999) o una entrada analógica (%IWx.0 a %IWx.1).
Conversión	Active esta casilla si desea convertir la variable del proceso especificada como entrada del PID. Si selecciona esta casilla, podrá acceder a los dos campos Valor mín. y Valor máx. La conversión es lineal y convierte un valor comprendido entre 0 y 10.000 en un valor cuyos mínimos y máximos están comprendidos entre -32.768 y +32.767.
Valor mín. Valor máx.	Indique los valores mínimo y máximo de la escala de conversión. Entonces, la variable del proceso actualizará la escala automáticamente en el intervalo [Valor mín. a Valor máx.]. Nota: El Valor mín. tiene que ser obligatoriamente inferior al Valor máx. El Valor mín. o el Valor máx. pueden ser palabras internas (%MW0 a %MW2999), constantes internas (%KW0 a %KW255) o un valor comprendido entre -32.768 y +32.767.
Alarmas	Seleccione esta casilla si desea activar alarmas en variables de entrada. Nota: Los valores de alarma se deben determinar según la variable del proceso obtenida tras la fase de conversión. Por lo tanto, deben estar comprendidos entre el Valor mín. y el Valor máx. cuando se active la conversión. De lo contrario, estarán comprendidos entre 0 y 10.000.
baja Salida	Indique el valor de la alarma alta en el campo Baja . Este valor puede ser una palabra interna (%MW0 a %MW2999), una constante interna (%KW0 a %KW255) o un valor directo. El campo Salida debe contener la dirección del bit que se establecerá en 1 cuando se alcance el límite inferior. Salida puede ser un bit interno (%M0 a %M255) o una salida (%Qx.0 a %Qx.32).
Alta Salida	Indique el valor de la alarma baja en el campo Alta . Este valor puede ser una palabra interna (%MW0 a %MW2999), una constante interna (%KW0 a %KW255) o un valor directo. El campo Salida debe contener la dirección del bit que se establecerá en 1 cuando se alcance el límite superior. Salida puede ser un bit interno (%M0 a %M255) o una salida (%Qx.0 a %Qx.32).

Campo	Descripción
Diagrama	El diagrama permite visualizar las distintas posibilidades de las que dispone para configurar el PID.

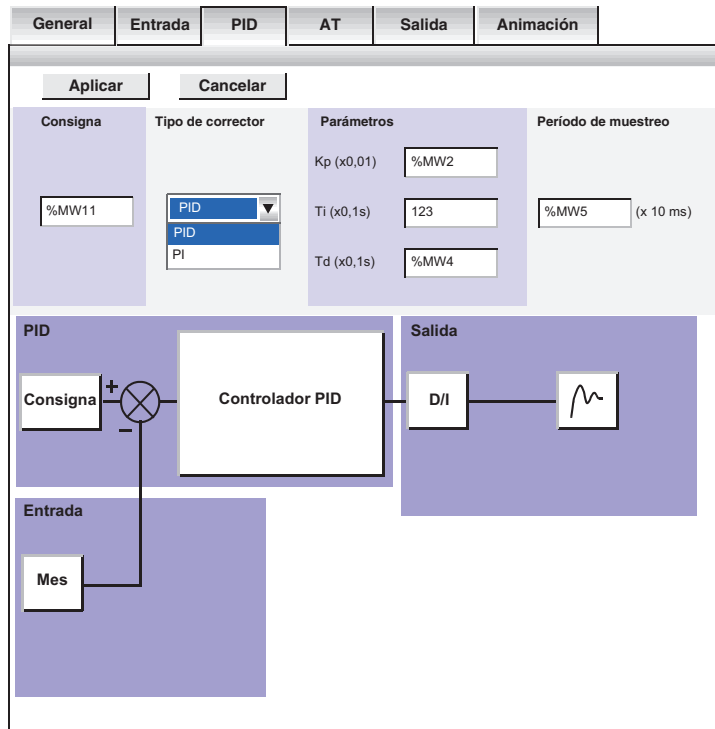
Ficha PID de la función PID

Presentación La ficha PID permite configurar los parámetros internos del PID.

Nota: Se puede acceder a ella en modo offline.

Ficha PID de la función PID

La pantalla siguiente permite introducir los parámetros internos del PID.



Descripción

En la tabla siguiente se describen los ajustes que pueden definirse.

Campo	Descripción
Número PID	Indique el número PID que desee configurar. El valor está comprendido entre 0 y 13, con 14 PID como máximo por aplicación.
Consigna	Indique aquí el valor de la consigna del PID. Este valor puede ser una palabra interna (%MW0 a %MW2999), una constante interna (%KW0 a %KW255) o un valor directo. Por lo tanto, este valor debe establecerse entre 0 y 10.000 cuando la conversión esté bloqueada. De lo contrario, deberá estar entre el valor mínimo y el valor máximo de la conversión.
Tipo de corrector	Si anteriormente ha elegido PID como modo de funcionamiento en la ficha General, puede seleccionar el tipo de corrector deseado (PID o PI) en la lista desplegable. Si se han elegido otros modos, el tipo de corrector se establece en automático y no se puede modificar manualmente. Si se selecciona PI en la lista desplegable, el parámetro Td se fuerza a un valor de cero y este campo se deshabilita.
Kp * 100	Indique aquí el coeficiente proporcional del PID multiplicado por 100. Este valor puede ser una palabra interna (%MW0 a %MW2999), una constante interna (%KW0 a %KW255) o un valor directo. El rango válido del parámetro Kp es: $0 < Kp < 10000$. Nota: Si, por error, Kp se establece en 0 ($Kp \leq 0$ no es válido), la función PID asigna automáticamente el valor predeterminado $Kp=100$.
TI (0,1 seg.)	Indique aquí el coeficiente de acción integral para una base de tiempo de 0,1 segundos. Este valor puede ser una palabra interna (%MW0 a %MW2999), una constante interna (%KW0 a %KW255) o un valor directo. Debe estar comprendido entre 0 y 20000. Nota: Para bloquear la acción integral del PID, establezca este coeficiente en 0.
Td (0,1 seg.)	Indique aquí el coeficiente de acción derivada para una base de tiempo de 0,1 segundos. Este valor puede ser una palabra interna (%MW0 a %MW2999), una constante interna (%KW0 a %KW255) o un valor directo. Debe estar comprendido entre 0 y 10.000. Nota: Para bloquear la acción derivada del PID, establezca este coeficiente en 0.

Campo	Descripción
Período de muestreo	Indique aquí el período de muestreo del PID para una base de tiempo de 10^{-2} segundos (10 ms). Este valor puede ser una palabra interna (%MW0 a %MW2999), una constante interna (%KW0 a %KW255) o un valor directo. Debe estar comprendido entre 1 (0,01 s) y 10.000 (100 s).
Diagrama	El diagrama le permite visualizar las distintas posibilidades de las que dispone para configurar el PID.

Nota: Cuando AT se activa, el usuario ya no es el responsable de establecer los parámetros Kp, Ti y Td, ya que el algoritmo AT los establece automática y programáticamente. En ese caso, sólo se debe introducir una **palabra interna** (%MW0 a %MW2999) en estos campos.

Nota: No introduzca una constante interna o un valor directo cuando AT esté habilitada, ya que esto activará un error al ejecutar la aplicación del PID.

Ficha AT de la función PID

Presentación

La tarea de configurar los parámetros PID puede resultar compleja y lenta. Esto puede hacer que la configuración del proceso de control sea difícil incluso para los usuarios menos experimentados, aunque no necesariamente para el usuario profesional de procesos de control. De esta forma, en ocasiones, puede resultar complicado conseguir la sintonización óptima.

El algoritmo de sintonización automática (AT) del PID está diseñado para determinar automáticamente los valores adecuados para los cuatro términos PID siguientes:

- Factor de ganancia
- Valor integral
- Valor derivado
- Acción directa o inversa

De esta manera, la función AT puede proporcionar una sintonización rápida y óptima del bucle del proceso.

Requisitos de AT

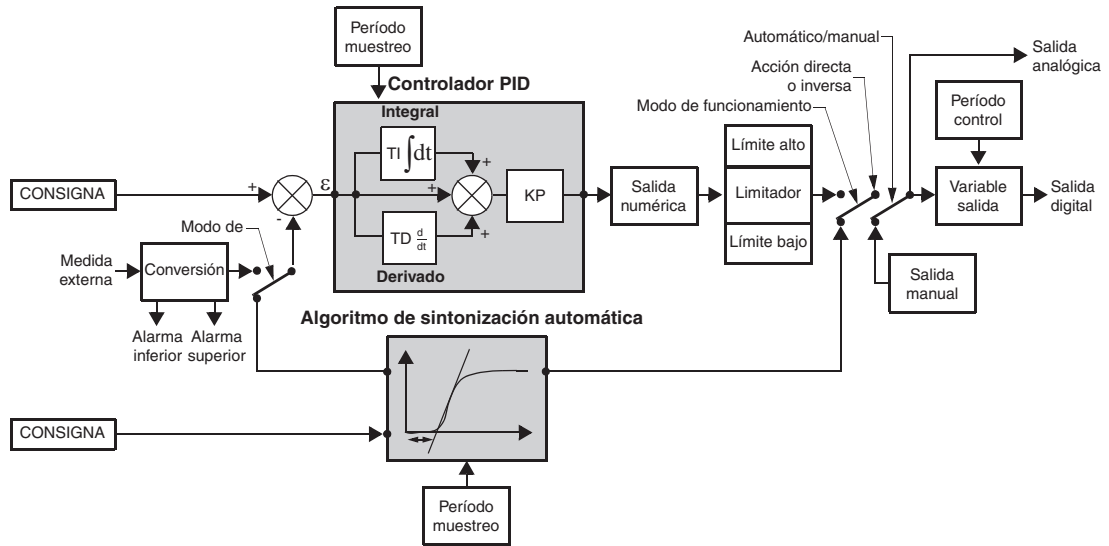
La sintonización automática (AT) del PID está especialmente diseñada para los procesos de control de la temperatura.

De forma general, los procesos que puede controlar la función AT deben cumplir los requisitos siguientes:

- El proceso es principalmente lineal en todo el rango de funcionamiento.
 - La respuesta del proceso a un cambio de nivel de la salida analógica sigue un patrón asintótico transitorio.
 - Existen pocas interferencias en las variables del proceso. (En caso de un proceso de control de la temperatura, esto implica que no existe una tasa de intercambio de calor anormalmente alta entre el proceso y el entorno).
-

Principio de funcionamiento de la AT

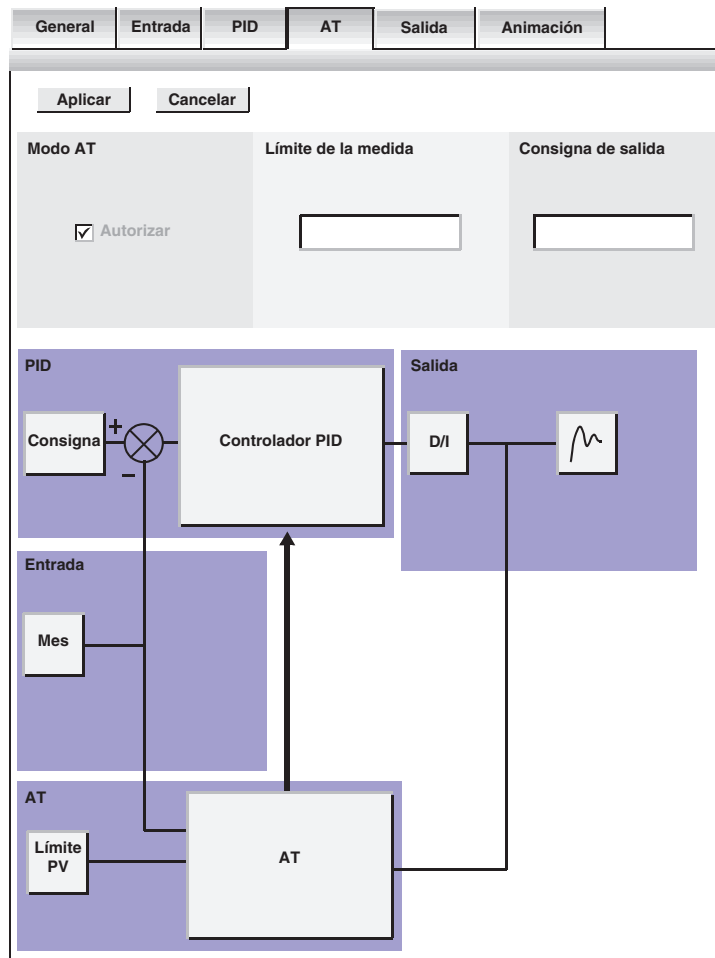
El esquema siguiente muestra el principio de funcionamiento de la función de AT y la forma en la que interactúa con los bucles PID:



Ficha AT de la función PID

La siguiente pantalla permite habilitar/bloquear la función AT e introducir los parámetros de AT.

Nota: Sólo se puede acceder a ella en modo offline.



Descripción

La sincronización automática del PID es un proceso de bucle abierto que actúa directamente en el proceso de control sin regulación ni otras limitaciones que las proporcionadas por el límite de la variable del proceso (PV) y la consigna de salida.

⚠ ADVERTENCIA

FUNCIONAMIENTO PID INESTABLE

Por lo tanto, ambos valores deben seleccionarse cuidadosamente en el rango permitido, tal como se especifica en el proceso, para evitar una posible sobrecarga del proceso.

- Los valores del límite de la variable del proceso (PV) y de la consigna de salida deben establecerse cuidadosamente.
- Dentro del rango permitido, seleccione los valores de la variable del proceso y la consigna de salida.

Si no se siguen estas instrucciones pueden producirse lesiones personales graves o mortales o daños en el equipo.

⚠ ADVERTENCIA

FUNCIONAMIENTO INESPERADO DEL EQUIPO

No utilice salidas de relé con PID dado que puede excederse el número de operaciones permitidas para los relés y, como consecuencia, provocar su destrucción. Según el proceso bajo control, las consecuencias pueden ser peligrosas.

Si no se siguen estas instrucciones pueden producirse lesiones personales graves o mortales o daños en el equipo.

En la tabla siguiente se describen los ajustes que pueden definirse.

Campo	Descripción
Autorizar	<p>Seleccione la casilla si desea habilitar el modo de AT.</p> <p>Existen dos formas de utilización de esta casilla de verificación, dependiendo de si se establece el modo de funcionamiento de forma manual o a través de una dirección de palabra en la ficha General de la función PID:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Al establecer el modo de funcionamiento en PID+AT o en AT en la ficha General (consulte p. 706); se seleccionará automáticamente la opción Autorizar y no estará disponible (no se puede eliminar la selección). ● Si se establece el modo de funcionamiento mediante una dirección de palabra %MWx (%MWx = 2: PID+AT; %MWx = 3: AT), deberá activar la opción Autorizar de forma manual para permitir la configuración de los parámetros de AT. <p>Resultado: En cualquiera de los casos anteriores, todos los campos de la pantalla de configuración de la ficha AT se activan y debe rellenar los campos de la consigna y la salida con los valores adecuados.</p>
Límite de la variable del proceso (PV)	<p>Especifique el límite que la variable medida del proceso no excederá durante el proceso de AT. Este parámetro ayuda a proporcionar estabilidad al sistema de control, ya que la AT es un proceso de bucle abierto.</p> <p>Este valor puede ser una palabra interna (%MW0 a un máximo de %MW2999, en función de la cantidad de memoria de sistema disponible), una constante interna (%KW0 a %KW255) o un valor directo.</p> <p>Por lo tanto, este valor debe establecerse entre 0 y 10.000 cuando la conversión esté bloqueada. De lo contrario, deberá estar entre el valor mínimo y el valor máximo de la conversión.</p>
Consigna de salida de AT	<p>Indique aquí el valor de la salida de AT. Este es el valor del cambio de paso que se aplica a todo el proceso.</p> <p>Este valor puede ser una palabra interna (%MW0 a %MW2999), una constante interna (%KW0 a %KW255) o un valor directo.</p> <p>Por lo tanto, este valor debe establecerse entre 0 y 10.000.</p> <p>El valor de la consigna de salida de AT se debe elegir de manera adecuada usando la experiencia práctica del proceso bajo su control. En caso de duda, o para determinar el valor más adecuado, seleccione el modo manual y supervise la respuesta del sistema ante las diversas pruebas manuales de consignas de salida.</p> <p>Nota: La consigna de salida de AT debe ser siempre superior a la última salida aplicada al proceso.</p>

Nota: Cuando la función AT esté activada, ya no se permitirán las constantes (%KWx) o los valores directos, sólo se permitirán palabras de memoria en el siguiente grupo de campos de PID:

- Los parámetros **Kp**, **Ti** y **Td** deben establecerse como **palabras de memoria** (%MWx) en la ficha PID.
- El campo **Acción** se establece automáticamente en '**Bit de dirección**' en la ficha OUT.
- El cuadro **Bit** se debe rellenar con el **bit de memoria** (%Mx) adecuado en la ficha OUT.

**Coefficientes Kp,
Ti, Td calculados**

Una vez finalizado el proceso de AT, los coeficientes Kp, Ti y Td del PID calculados:

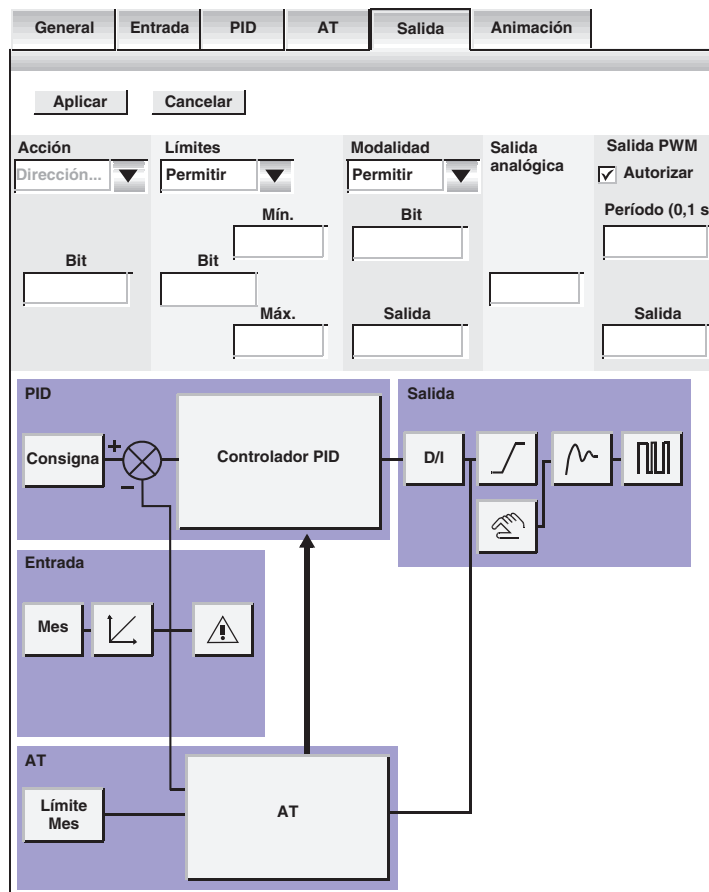
- Se almacenan en sus palabras de memoria (%MWx) respectivas.
 - Se pueden visualizar en la ficha **Animación** (sólo en el modo online de TwidoSuite).
-

Ficha Salida del PID

Presentación Esta ficha permite configurar los parámetros de salida del PID.

Nota: Se puede acceder a ella en modo offline.

Ficha Salida de la función PID La pantalla siguiente permite introducir los parámetros internos del PID.



Descripción

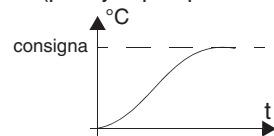
En la tabla siguiente se describen los ajustes que pueden definirse.

Campo	Descripción
Número PID	Indique el número PID que desee configurar. El valor está comprendido entre 0 y 13, con 14 PID como máximo por aplicación.
Acción	Indique aquí el tipo de acción del PID en el proceso. Hay tres opciones disponibles: Inversa , Directa o Dirección de bit . Si ha seleccionado dirección de bit , puede modificar este tipo de acción a través del programa mediante la modificación del bit asociado, que es un bit interno (%M0 a %M255) o una entrada (%Ix.0 a %Ix.32). La acción es directa si el bit está establecido en 1 e inversa en caso contrario. Nota: Cuando AT está activada, el algoritmo de sincronización automática determina de forma automática el tipo correcto de acción directa o inversa para el proceso de control. En este caso, sólo hay una opción disponible en la lista desplegable de acciones: Dirección de bit . En estas circunstancias, debe introducir una palabra interna (%MW0 to %MW2999) en el cuadro de texto asociado Bit . No intente introducir una constante interna o un valor directo en el cuadro de texto Bit , ya que esto activará un error de ejecución.
Límites Bit	Indique si desea limitar la salida del PID. Hay tres opciones disponibles: Habilitar , Deshabilitar o Dirección de bit . Si ha seleccionado dirección de bit , puede habilitar (bit en 1) o deshabilitar (bit en 0) la gestión de los límites a través del programa mediante la modificación del bit asociado, que es un bit interno (%M0 a %M255) o una entrada (%Ix.0 a %Ix.32).
Mín. Máx.	Indique aquí los límites superior e inferior de la salida del PID. Nota: El Mín. tiene que ser obligatoriamente inferior al Máx. Mín. o Máx. pueden ser palabras internas (%MW0 a %MW2999), constantes internas (%KW0 a %KW255) o un valor comprendido entre 1 y 10.000.
Modalidad manual Bit Salida	Indique si desea pasar el PID al modo manual. Hay tres opciones disponibles: Habilitar , Deshabilitar o Dirección de bit . Si ha seleccionado dirección de bit , puede pasar al modo manual (bit en 1) o automático (bit en 0) a través del programa mediante la modificación del bit asociado, que es un bit interno (%M0 a %M255) o una entrada (%Ix.0 a %Ix.32). La Salida del modo manual debe contener el valor que desee asignar a la salida analógica cuando el PID esté en modo manual. Esta Salida puede ser una palabra (%MW0 a %MW2999) o un valor directo en el formato [0-10.000].

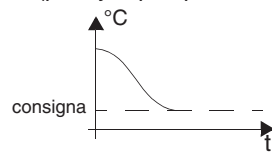
Campo	Descripción
Salida analógica	Indique aquí la salida del PID en modo automático. Esta Salida analógica puede ser de tipo %MW (%MW0 a %MW2999) o de tipo %QW (%QWx.0).
Salida PWM autorizada Período (0,1 s) Salida	<p>Seleccione la casilla si desea utilizar la función PWM del PID. Especifique el período de modulación en Período (0,1 s). Este período debe estar comprendido entre 1 y 500 y puede ser una palabra interna (%MW0 a %MW2999) o una constante interna (%KW0 a %KW255). La precisión del PWM depende de los períodos de pwm y de exploración. La precisión se mejora cuando PWM.R tiene un mayor número de valores. Por ejemplo, con el periodo de exploración = 20ms y el periodo PWM = 200ms, PWM.R puede tomar los valores 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%. Con el período de exploración = 50ms y el período PWM = 200ms, PWM.R puede tomar los valores 0%, 25%, 50%, 75% y 100% del periodo PWM.P.</p> <p style="text-align: center;"><u>Ejemplo:</u> caso de PWM.R = 75%</p> <div style="text-align: center;"> <p>El diagrama muestra una onda cuadrada PWM. El eje horizontal está etiquetado como '(ms)'. Se indican tres intervalos de tiempo: T_s (período de exploración), T_{on} (suma de T_s) y $PWM.P$ (período de modulación). Las alturas de la onda corresponden a los valores de PWM.R.</p> </div> <p style="text-align: right;">T_s = Período de exploración T_{on} = suma de T_s</p> <p>Establezca el bit de salida PWM como el valor de Salida. Ésta puede ser un bit interno (de %M0 a %M255) o una salida (de %Qx.0 a %Qx.32).</p>
Diagrama	El diagrama le permite visualizar las distintas posibilidades de las que dispone para configurar el PID.

Nota:

- El término Inverso del campo de acción se utiliza para lograr una consigna alta (por ejemplo: para calentar).



- El término Directa del campo de acción se utiliza para lograr una consigna baja (por ejemplo: para enfriar).



Acceso a la depuración del PID

Presentación El acceso a las pantallas de depuración del PID en los autómatas TWIDO se describe en los párrafos siguientes.

Procedimiento En la tabla siguiente se muestra el procedimiento para acceder a las pantallas de depuración del PID:

Paso	Acción
1	Verificar que se encuentra en modo online .
2	En la pantalla de configuración del software de supervisión, seleccionar Objetos avanzados en la trama Categoría del objeto (Trama de categorías de objetos, Controladores programables Twido, Software de programación TwidoSuite, Ayuda en línea) y elegir PID en la trama Tipo de objetos (Trama de tipos de objetos, Controladores programables Twido, Software de programación TwidoSuite, Ayuda en línea).
3	Seleccione el n.º PID que desee en la tabla PID. Observación: También puede hacer doble clic en el elemento gráfico PID del escalón Ladder para acceder a la pantalla de configuración PID.
4	Hacer clic en la pestaña Animación . Resultado: Aparece la ventana de configuración PID y se muestra la pestaña Animación (consulte <i>p. 726</i>) por defecto.

Ficha Animación de la función PID

Presentación

Esta ficha permite realizar la depuración del PID.

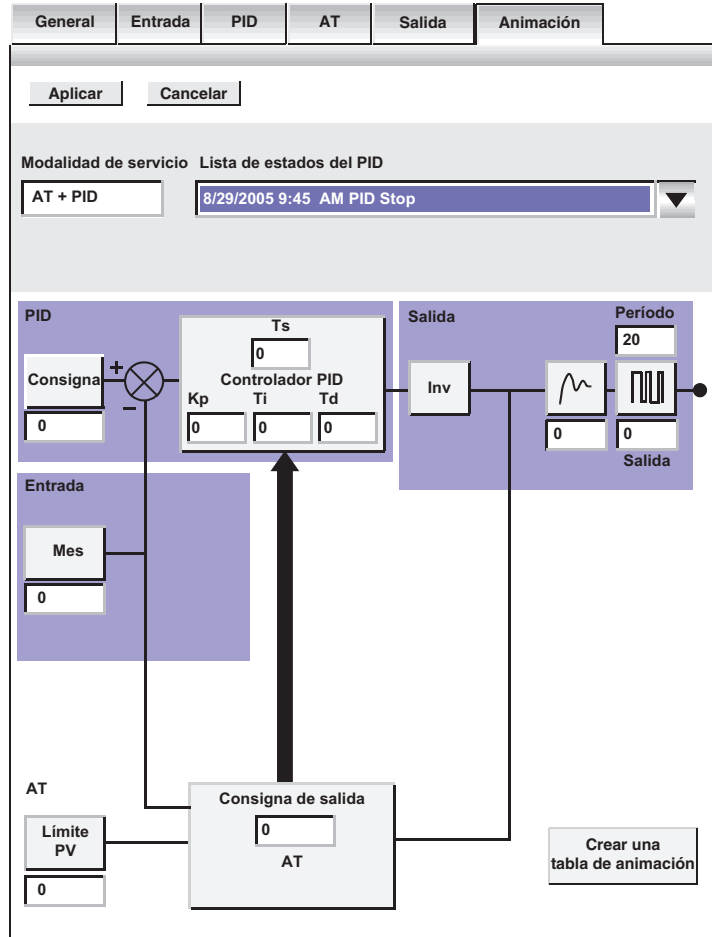
El diagrama depende del tipo de control del PID que haya creado. Sólo aparecen los elementos configurados.

La pantalla es dinámica. Las conexiones activas aparecen en rojo, mientras que las no activas aparecen en negro.

Nota: Se puede acceder a ella en modo online. En este modo, cuando el PLC está en una tarea periódica, el valor mostrado en el campo Ts (en la pantalla de configuración del software PID) puede ser distinto al del parámetro introducido (%MW). El valor Ts es un múltiplo de la tarea periódica, mientras que el valor %MW es el valor leído por el PLC.

Ficha Animación de la función PID

La pantalla siguiente permite ver y depurar el PID.



Descripción

En la tabla siguiente se describen las diferentes áreas de la ventana.

Campo	Descripción
Número PID	Indique aquí el número PID que desee depurar. El valor está comprendido entre 0 y 13, con 14 PID como máximo por aplicación.
Modalidad de servicio	Este campo muestra el modo de funcionamiento actual del PID.
Lista de estados del PID	La lista desplegable permite ver en tiempo real los 15 últimos estados del PID. Cada modificación de estado actualiza esta lista, que indica la fecha y hora del cambio y el estado actual.
Creación de una tabla de animación	Haga clic en Crear una tabla de animación para crear un archivo que contenga todas las variables mostradas en el diagrama para poder modificarlas en línea y realizar así la depuración del PID.

Pantalla Trazo de la función PID

Presentación

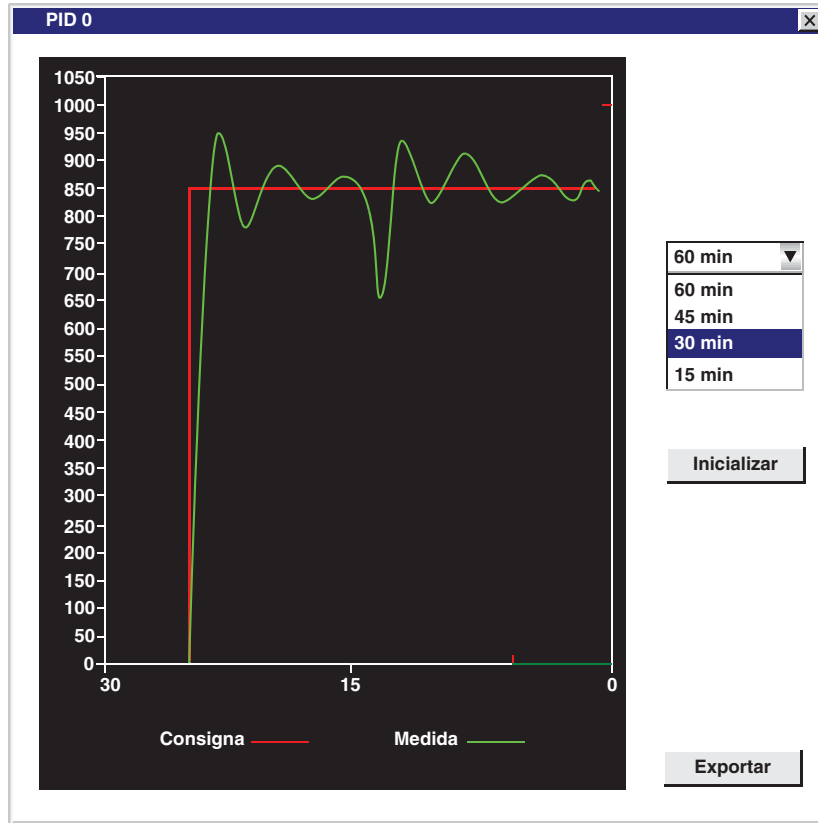
Esta pantalla permite visualizar el funcionamiento del PID y realizar ajustes en su comportamiento.

El trazado del gráfico comienza tan pronto como se muestra la ventana de depuración.

Nota: Se puede acceder a ella en modo online.
--

**Pestaña
Animación de la
función PID**

La pantalla siguiente permite visualizar el control del PID.



Descripción

En la tabla siguiente se describen las diferentes áreas de la ventana.

Campo	Descripción
Número PID	Indique aquí el número PID que desee visualizar. El valor está comprendido entre 0 y 13, con 14 PID como máximo por aplicación.
Gráfico	En esta zona se muestran los gráficos de la consigna y del valor del proceso . La escala en el eje horizontal (X) se determina a través del menú situado en la parte superior derecha de la ventana. La escala en el eje vertical se determina a través de los valores de configuración de la entrada del PID (con o sin conversión). Se optimiza de forma automática para obtener la mejor visualización posible de los gráficos.
Menú de escala del eje horizontal	Este menú permite modificar la escala del eje horizontal. Se pueden seleccionar cuatro valores: 15, 30, 45 ó 60 minutos.
Inicializar	Este botón elimina el gráfico y reinicia el trazado del mismo.
Exportar	Este botón le permite exportar los datos de la pantalla en formato Excel. Haga clic en Exportar para abrir un cuadro de diálogo en el que puede especificar el nombre y la ubicación de un archivo .csv. En este cuadro de diálogo, haga clic en Guardar para exportar los datos o en Cancelar para salir de la exportación.

Estados del PID y códigos de error

Presentación

Además de la **Lista de estados del PID** disponible en el cuadro de diálogo **Animación** (consulte *p. 726*) que permite ver y cambiar a uno de los 15 últimos estados del PID, el controlador PID Twido también ofrece la posibilidad de registrar el estado actual del controlador PID y del proceso de AT en una palabra de memoria definida por el usuario.

Para conocer cómo habilitar y configurar la **palabra de memoria del estado del PID** (%MWi), consulte *p. 706*.

Palabra de memoria del estado del PID

La palabra de memoria del estado del PID puede registrar cualquiera de los tres tipos de información del PID, tal como se muestra a continuación:

- Estado actual del controlador PID (estado del PID)
- Estado actual del proceso de sintonización automática (estado de la AT)
- Códigos de error del PID y de la AT

Nota: La palabra de memoria del estado del PID es de sólo lectura.

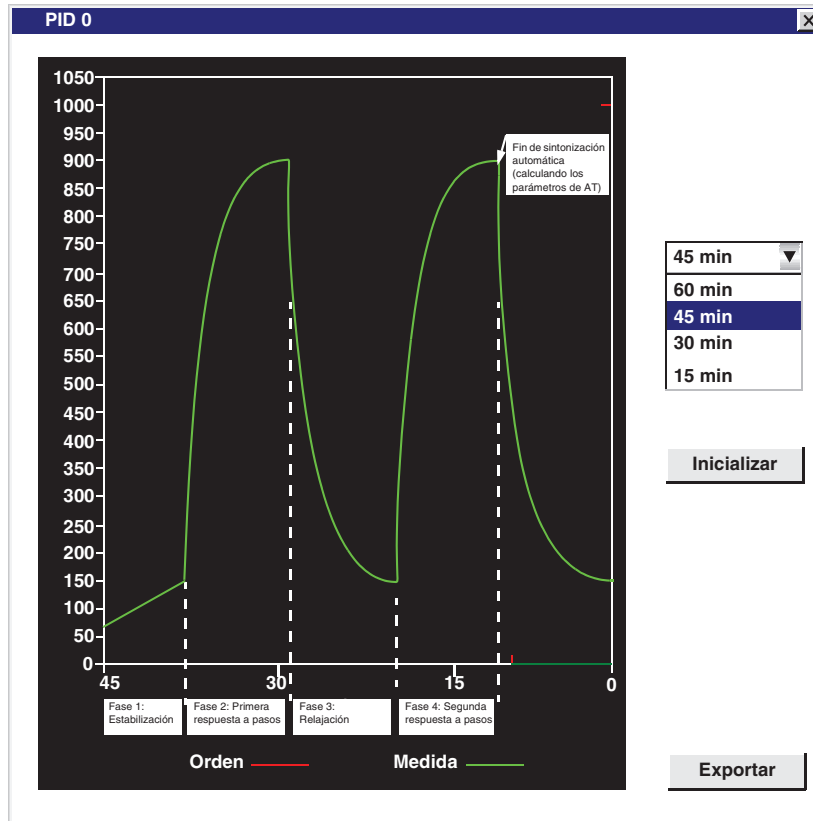
Palabra de memoria del estado del PID

A continuación, aparece el estado del controlador PID frente a la tabla de concordancia de codificación hexadecimal de la palabra de memoria:

Notación hexadecimal del estado del PID	Descripción
0000h	Control del PID inactivo
2000h	Control del PID en curso
4000h	Alcanzada la consigna del PID

Descripción del estado de la AT

La sintonización automática se divide en cuatro fases consecutivas. Cada fase del proceso se debe completar para que la sincronización automática se realice de forma correcta. La curva de respuesta del proceso y la tabla siguientes describen las cuatro fases de la sincronización automática del PID Twido:



Las fases de la sintonización automática se describen en la tabla siguiente:

Fase de AT	Descripción
1	<p>Fase 1: fase de estabilización. Se inicia cuando el usuario ejecuta el proceso de AT. Durante esta fase, la sintonización automática de Twido realiza comprobaciones para garantizar que la variable del proceso permanezca estable.</p> <p>Nota: La última salida aplicada al proceso antes de iniciar la sintonización automática se utiliza como punto de inicio y punto de relajación del proceso de sintonización automática.</p>

Fase de AT	Descripción
2	Fase 2: aplica el primer cambio de paso al proceso. Resulta en una respuesta del proceso al paso similar a la mostrada en la figura anterior.
3	Fase 3: fase de relajación que se inicia cuando la primera respuesta al paso se ha estabilizado. Nota: La relajación tiene lugar hacia el equilibrio que se determina como última salida aplicada al proceso antes de iniciar la sintonización automática.
4	Fase 4: aplica el segundo cambio de paso en el proceso, en la misma cantidad y de la misma forma que en la fase 2 descrita anteriormente. El proceso de sintonización automática finaliza y los parámetros de AT se calculan y almacenan en sus palabras de memoria respectivas tras la finalización de la fase 4. Nota: Una vez finalizada esta fase, la variable del proceso se restaura en el nivel de salida que se aplicó en último lugar al proceso antes de iniciar la sintonización automática.

Palabra de memoria del estado de AT

A continuación, aparece el estado del controlador PID frente a la tabla de concordancia de codificación hexadecimal de la palabra de memoria:

Notación hexadecimal del estado del AT	Descripción
0100h	Fase 1 de la sintonización automática en curso
0200h	Fase 2 de la sintonización automática en curso
0400h	Fase 3 de la sintonización automática en curso
0800h	Fase 4 de la sintonización automática en curso
1000h	Proceso de sintonización automática completado

Códigos de error del PID y de la AT

En la tabla siguiente se describen los errores de ejecución posibles que pueden encontrarse durante el control del PID y los procesos de sintonización automática:

Procesos de PID/AT	Código de error (hexadecimal)	Descripción
PID = error	8001h	Valor de modo de funcionamiento fuera de rango
	8002h	Mínimo y máximo de conversión lineal iguales
	8003h	Límite superior de la salida binaria inferior al límite inferior
	8004h	Límite de la variable del proceso fuera del rango de la conversión lineal
	8005h	Límite de la variable del proceso inferior a 0 o superior a 10.000
	8006h	Consigna fuera del rango de la conversión lineal
	8007h	Consigna inferior a 0 o superior a 10.000
	8008h	Acción de control diferente a la acción determinada en el inicio de la AT
Error de sintonización automática	8009h	Se ha alcanzado el límite de la variable del proceso (PV).
	800Ah	Debido a un sobremuestreo o a una consigna de salida demasiado baja.
	800Bh	Kp es igual a cero
	800Ch	La constante de tiempo es negativa.
	800Dh	El retardo es negativo.
	800Eh	Error al calcular el parámetro Kp.
	800Fh	Constante de tiempo sobre el coeficiente de retardo > 20
	8010h	Constante de tiempo sobre el coeficiente de retardo < 2
	8011h	Se ha excedido el límite del Kp
	8012h	Se ha excedido el límite del Ti.
	8013h	Se ha excedido el límite del Td.

Sintonización del PID mediante la sintonización automática (Auto-Tuning, AT)

Descripción general de la sintonización del PID

La función de control del PID se basa en los tres parámetros definidos por el usuario que se indican a continuación: Kp, Ti y Td. La finalidad de la sintonización del PID es determinar con exactitud estos parámetros de proceso para obtener un control mejorado del proceso.

Ámbito de la sintonización automática

La función de sintonización automática (AT) del PLC Twido está especialmente diseñada para la sintonización automática de los procesos térmicos. Debido a que los parámetros del PID pueden presentar grandes variaciones de un proceso de control a otro, la función de sintonización automática proporcionada por el PLC Twido puede ayudarle a determinar con mayor facilidad valores más precisos que los proporcionados simplemente mediante estimaciones aproximadas.

Requisitos de la sintonización automática

Cuando utilice la función de sintonización automática, asegúrese de que el proceso de control y el PLC Twido cumplan los cuatro requisitos siguientes:

- El proceso de control debe ser un sistema estable de bucle abierto.
- Al inicio de la ejecución de la sintonización automática, el proceso de control debe estar en estado estable con una entrada de proceso nulo (por ejemplo: un horno debe estar a temperatura ambiente).
- Durante el funcionamiento de la sintonización automática, asegúrese de que no se produzcan interferencias en el proceso ya que, en ese caso, los parámetros calculados serían erróneos o el proceso de sintonización automática simplemente no funcionaría correctamente (por ejemplo: la puerta del horno no se deberá abrir, ni siquiera de forma momentánea).
- Configure el PLC Twido para explorar en **modo periódico**. Una vez determinado el período de muestreo correcto (Ts) para la sintonización automática, el período de exploración se debe configurar para que el período de muestreo (Ts) sea un múltiplo exacto del período de exploración del PLC Twido.

Nota: Para asegurar una ejecución correcta del control del PID y del proceso de sintonización automática, es fundamental que el controlador Twido se configure para ejecutar exploraciones en modo periódico (no cíclico). En modo periódico, cada exploración del PLC se inicia a intervalos de tiempo regulares. De este modo, el periodo de muestreo es constante en toda la duración de las mediciones (al contrario de lo que ocurre en el modo cíclico, en el que una exploración comienza tan pronto como termina la anterior, lo que hace que el período de muestreo se desequilibre de exploración a exploración).

Modos de funcionamiento de la AT

La sintonización automática se puede usar de forma independiente (modo AT) o de forma combinada con el control del PID (AT + PID):

- **Modo AT:** tras la convergencia del proceso de AT y la finalización satisfactoria con la determinación de los parámetros de control del PID K_p , T_i y T_d (o tras la detección de un error en el algoritmo AT), la salida numérica de la AT se establece en 0 y aparece el siguiente mensaje en la lista desplegable **Lista de estados del PID:** 'Sintonización automática finalizada.'
- **Modo AT + PID:** se ejecuta la AT en primer lugar. Tras la finalización satisfactoria del AT, el bucle de control del PID se inicia (basado en los parámetros K_p , T_i y T_d calculados por el AT).'

Nota sobre AT+PID: Si el algoritmo de AT detecta un error:

- No se calculará ningún parámetro del PID.
- La salida numérica de la AT se establecerá en la última salida aplicada al proceso antes de iniciar la sintonización automática.
- Aparecerá un mensaje de error en la lista de estados del PID desplegable.
- El control del PID se cancelará.

Nota: Transición uniforme

Mientras se está en el **modo AT+PID**, la transición de AT a PID es uniforme.

Métodos para determinar el período de muestreo (Ts)

Como se explicará en las dos secciones siguientes (consulte *p. 756* y *p. 758*), el **período de muestreo (Ts)** es un parámetro clave para el control del PID. El período de muestreo se puede deducir mediante la **constante de tiempo (τ) del AT**.

Existen dos métodos para evaluar el período de muestreo correcto (Ts) mediante el autoafinado que se describen en las secciones siguientes:

- El método de la curva de respuesta del proceso.
- El método de prueba y error.

Ambos métodos se describen en las dos subsecciones siguientes.

Introducción al método de la curva de respuesta del proceso

Este método consiste en configurar un cambio de paso en la entrada del proceso de control y en registrar la curva de salida del proceso con su tiempo respectivo.

El método de la curva de respuesta del proceso permite deducir lo siguiente:

- El proceso de control se puede describir de forma adecuada como un primer orden con modelo de retardo mediante la función de transferencia siguiente:

$$\frac{S}{U} = \frac{k}{1 + \tau p} \cdot e^{-\theta p}$$

(Para obtener más información al respecto, consulte el Anexo 2: Primer orden con modelo de retardo).

Uso del método de la curva de respuesta del proceso

Para determinar el período de muestreo (Ts) mediante el método de la curva de respuesta del proceso, siga estos pasos:

Paso	Acción
1	Se supone que ya se han configurado los diversos valores de las fichas General, Entrada, PID, AT y Salida del PID.
2	Seleccionar la ficha PID > Salida .
3	Seleccionar Autorizar o Bit de dirección en la lista desplegable Modo Manual para permitir la salida manual y la configuración del campo Salida en un nivel alto (en el intervalo [5.000-10.000]).
4	Seleccionar PLC > Transferir PC => PLC... para descargar el programa de aplicación en el PLC Twido.
5	En la ventana de configuración del PID, cambiar al modo Rastreo .
6	Ejecutar el PID y comprobar el ascenso de la curva de respuesta.
7	Cuando la curva de respuesta haya alcanzado un estado estable, detener la medición del PID. Nota: Mantenga la ventana de trazo del PID activa.
8	Usar el método gráfico siguiente para determinar la constante de tiempo (τ) del proceso de control: <ol style="list-style-type: none"> 1. Calcular la salida de la variable del proceso a un ascenso del 63% ($S_{[63\%]}$) mediante la fórmula siguiente: $S_{[63\%]} = S_{[inicial]} + (S_{[final]} - S_{[inicial]}) \times 63\%$ 2. Buscar gráficamente la abscisa de tiempo ($t_{[63\%]}$) que corresponde a $S(63\%)$. 3. Buscar gráficamente el tiempo inicial ($t_{[inicial]}$) que corresponde al inicio del ascenso de la respuesta del proceso. 4. Calcular la constante de tiempo (τ) del proceso de control mediante la relación siguiente: $\tau = t_{[63\%]} - t_{[inicial]}$
9	Calcular el período de muestreo (Ts) basado en el valor de (τ) que se acaba de determinar, mediante la regla siguiente: $Ts = \tau/75$ Nota: La unidad de base del período de muestreo es 10 ms. Por lo tanto, debería redondear hacia arriba o hacia abajo el valor de Ts a los 10 ms más cercanos.
10	Seleccionar Programa > Configurar el comportamiento para definir los parámetros del Modo de exploración y proceder como sigue: <ol style="list-style-type: none"> 1. Configurar el Modo de exploración del PLC Twido como Periódico. 2. Configurar el período de exploración de forma que el período de muestreo (Ts) sea un múltiplo exacto del período de exploración mediante la regla siguiente: $\text{Período de exploración} = Ts / n$, donde 'n' es un entero positivo. Nota: Se debe seleccionar 'n' de forma que el período de exploración sea un entero positivo en el rango [2 - 150 ms].

Ejemplo de curva de respuesta del proceso

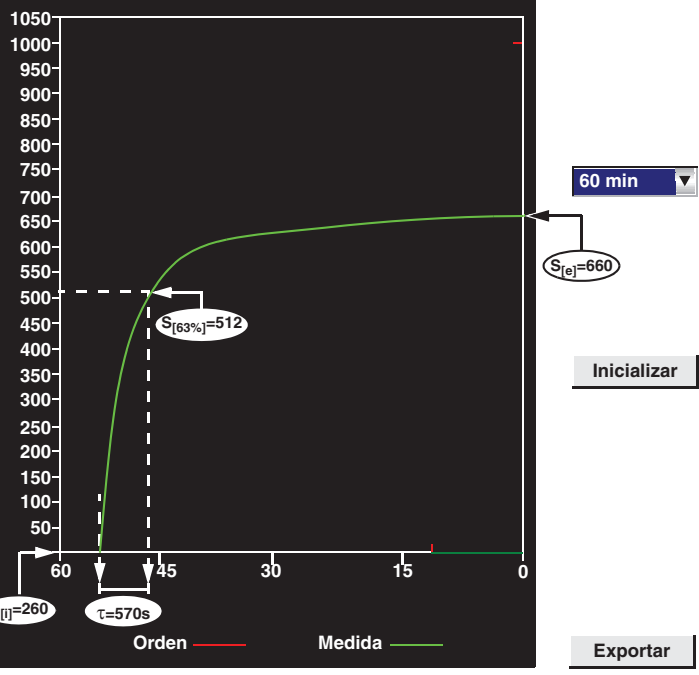
Este ejemplo muestra cómo medir la constante de tiempo (τ) de un proceso térmico sencillo mediante el método de la curva de respuesta del proceso descrito en la subsección anterior.

La configuración experimental de la medición de la constante de tiempo es como sigue:

- El proceso de control está formado por un horno de aire forzado equipado con una lámpara calefactora.
- El PLC Twido recopila las mediciones de la temperatura mediante una sonda Pt100 y los datos sobre la temperatura se registran en °C.
- El PLC Twido controla un lámpara calefactora mediante la salida binaria PWM del PID.

El experimento se realiza del modo siguiente:

Paso	Acción
1	La ficha Salida del PID se selecciona en la pantalla de configuración PID.
2	El modo manual se selecciona en la ficha Salida.
3	El modo manual Salida se establece en 10.000.
4	Se inicia la ejecución del PID desde la ficha Trazo del PID.
5	La ejecución del PID se detiene cuando la temperatura del horno alcanza un estado estable.

Paso	Acción
6	<p data-bbox="587 504 1334 560">La información siguiente se obtiene directamente del análisis gráfico de la curva de respuesta, como se muestra en la figura que aparece a continuación:</p> <div data-bbox="587 566 1334 1310" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p data-bbox="614 571 1334 593">PID 0</p>  </div> <p data-bbox="587 1321 654 1344">donde</p> <ul data-bbox="587 1355 1334 1624" style="list-style-type: none"> • $S_{[i]}$ = valor inicial de la variable del proceso = 260 • $S_{[e]}$ = valor final de la variable del proceso = 660 • $S_{[63\%]}$ = variable del proceso al 63% del ascenso = $S_{[i]} + (S_{[e]} - S_{[i]}) \times 63\%$ $= 260 + (660 - 260) \times 63\%$ $= 512$ • τ = constante de tiempo = tiempo transcurrido desde el inicio del ascenso hasta que se alcanza $S_{[63\%]}$ $= 9 \text{ min } 30 \text{ s} = 570 \text{ s}$
7	<p data-bbox="587 1639 1334 1668">El período de muestreo (T_s) se determina mediante la relación siguiente:</p> <p data-bbox="587 1668 1334 1727"> $T_s = \tau / 75$ $= 570 / 75 = 7,6 \text{ s} (7.600 \text{ ms})$ </p>

Paso	Acción
8	En el cuadro de diálogo Programa > Edición del modo de exploración , el período de exploración debe establecerse para que el período de muestreo (Ts) sea un múltiplo exacto del período de exploración, como en el ejemplo siguiente: Período de exploración = $Ts/76 = 7.600/76 = 100$ ms (que cumple la condición: $2 \text{ ms} \leq \text{período de exploración} \leq 150 \text{ ms.}$)

Método de prueba y error

El método de prueba y error consiste en proporcionar estimaciones aproximadas sucesivas del período de muestreo a la función de sintonización automática hasta que el algoritmo de sintonización automática converja correctamente hacia los parámetros Kp, Ti y Td considerados satisfactorios por el usuario.

Nota: Al contrario de lo que ocurre con el método de la curva de respuesta del proceso, el método de prueba y error no se basa en ninguna ley de aproximación de la respuesta del proceso. Sin embargo, presenta la ventaja de que converge hacia un valor del período de muestreo que está en el mismo orden de magnitud que el valor real.

Para realizar una estimación de prueba y error de los parámetros de sintonización automática, siga estos pasos:

Paso	Acción
1	Seleccionar la ficha AT de la ventana de configuración del PID.
2	Configurar el Límite de salida de la AT en 10.000 .
3	Seleccionar la ficha PID de la ventana de configuración PID.
4	Introducir la primera o la enésima estimación en el campo Período de muestreo . Nota: Si no dispone de una primera indicación del posible rango del período de muestreo, configure este valor en el mínimo permitido: 1 (1 unidad de 10 ms).
5	Seleccionar PLC > Transferir PC => PLC... en la barra de menú para descargar el programa de aplicación en el PLC Twido.
6	Ejecutar la Sintonización automática .
7	Seleccionar la ficha Animación en la pantalla de configuración del PID.
8	Esperar hasta que finalice el proceso de sintonización automática.

Paso	Acción
9	<p>Pueden darse dos casos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Que la sintonización automática se realice correctamente: puede continuar en el paso 9. ● Sintonización automática no correcta: esto significa que la estimación aproximada del período de muestreo (T_s) no es correcta. Inténtelo con otra estimación aproximada del T_s y repita los pasos del 3 al 8 tantas veces como sea necesario hasta que el proceso de sintonización automática converja. <p>Siga estas directrices para proporcionar una nueva estimación aproximada del T_s:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● La AT finaliza con el mensaje de error 'La constante de tiempo calculada es negativa.': esto significa que el período de muestreo T_s es demasiado largo. Reduzca el valor del T_s para proporcionar una estimación aproximada nueva. ● El AT finaliza con el mensaje de error 'Error de muestreo': esto significa que el período de muestreo T_s es demasiado pequeño. Aumente el valor del T_s para proporcionar una estimación aproximada nueva.
10	<p>Ahora se podrá visualizar los parámetros de control del PID (K_p, T_i y T_d) en la ficha Animación y ajustarlos en la ficha PID de la ventana de configuración PID, según sea necesario.</p> <p>Nota: Si la regulación del PID que proporciona este conjunto de parámetros de control no proporciona resultados totalmente satisfactorios, restrinja aún más la evaluación por prueba y error del período de muestreo hasta que obtenga el conjunto adecuado de parámetros de control K_p, T_i y T_d.</p>

Ajuste de los parámetros del PID

Para restringir la regulación del proceso que proporcionan los parámetros del PID (K_p , T_i , T_d) obtenidos durante la sintonización automática, también puede ajustar manualmente dichos parámetros, directamente desde la ficha PID de la pantalla de configuración del PID o mediante las palabras de memoria correspondientes (%MW).

Limitaciones en el uso de la sintonización automática y el control del PID

La **sintonización automática** es más conveniente para procesos en los que la constante de tiempo (τ) y el retardo (θ) cumplen el requisito siguiente: $10 \text{ s} < (\tau + \theta) < 2700 \text{ s}$ (es decir: 45 min)

Nota: La sintonización automática no funcionará bien en los siguientes casos: $(\tau/\theta) < 2$ o $(\tau/\theta) > 20$.

El **control del PID** es más conveniente para la regulación de procesos que satisfagan la condición siguiente: $2 < (\tau/\theta) < 20$ donde (τ) es la constante de tiempo del proceso y (θ) es el retardo.

Nota: En función del coeficiente (τ/θ):

- $(\tau/\theta) < 2$: La regulación del PID ha alcanzado el límite y se necesitan técnicas de regulación más avanzadas en este caso.
- $(\tau/\theta) > 20$: En este caso, se puede utilizar un simple controlador activo/inactivo (o de dos pasos) en lugar del controlador PID.

Solución de problemas de la función de sintonización automática En la tabla siguiente se indican los mensajes de error de sintonización automática y describe las causas posibles, así como las acciones de solución de problemas:

Mensaje de error	Causa posible	Explicación/solución posible
Error de sintonización automática: se ha alcanzado el límite de la variable del proceso (PV).	La variable del proceso está alcanzando el valor máximo permitido.	Como la AT es un proceso de bucle abierto, el límite de la variable del proceso (PV) funciona como un límite superior.
Error de sintonización automática: debido a un sobremuestreo o a una consigna de salida demasiado baja.	Existen dos causas posibles: <ul style="list-style-type: none"> ● El período de muestreo es demasiado pequeño. ● La salida de la AT es demasiado baja. 	Aumente el período de muestreo o el valor de la consigna de salida de la AT.
Error de sintonización automática: la constante de tiempo es negativa.	Puede que el período de muestreo sea demasiado largo.	Para obtener más información, consulte <i>p. 736</i> .
Error de sintonización automática: error al calcular el parámetro K_p .	El algoritmo de la AT no es estable (no hay convergencia). <ul style="list-style-type: none"> ● Las interferencias en el proceso mientras se realiza la sintonización automática han causado una distorsión de la evaluación de ganancia estática del proceso. ● La respuesta transitoria variable del proceso no es lo suficientemente grande para que la sintonización automática determine la ganancia estática. ● Una combinación de las posibles causas mencionadas con anterioridad podría afectar en el proceso. 	Compruebe los parámetros del PID y la AT y realice los ajustes necesarios para mejorar la convergencia. Compruebe también que no haya interferencias que puedan afectar a la variable del proceso. Intente modificar <ul style="list-style-type: none"> ● la consigna de salida ● el período de muestreo Asegúrese de que no hay ninguna interferencia en el proceso mientras está en progreso la sintonización automática.
Error de sintonización automática: constante de tiempo sobre el coeficiente de retardo > 20	$\tau/\theta > 20$	Puede que la regulación del PID ya no sea estable. Para obtener más información, consulte <i>p. 736</i> .

Mensaje de error	Causa posible	Explicación/solución posible
Error de sintonización automática: constante de tiempo sobre el coeficiente de retardo < 2	$\tau/\theta < 2$	Puede que la regulación del PID ya no sea estable. Para obtener más información, consulte <i>p. 736</i> .
Error de sintonización automática: se ha excedido el límite del Kp	El valor calculado de ganancia estática (Kp) es superior a 10.000.	La sensibilidad de medición de algunas variables de la aplicación puede ser demasiado baja. El rango de medición de la aplicación se debe volver a aumentar en el intervalo [0-10.000].
Error de sintonización automática: se ha excedido el límite del Ti.	El valor calculado de la constante de tiempo integral (Ti) es superior a 20.000.	Se ha alcanzado el límite computacional.
Error de sintonización automática: se ha excedido el límite del Td.	El valor calculado de la constante de tiempo derivada (Td) es superior a 10.000.	Se ha alcanzado el límite computacional.

Método de ajuste del parámetro PID

Introducción

Existen varios métodos de ajuste de los parámetros PID; se recomiendan los métodos Ziegler y Nichols, que cuentan con dos variantes:

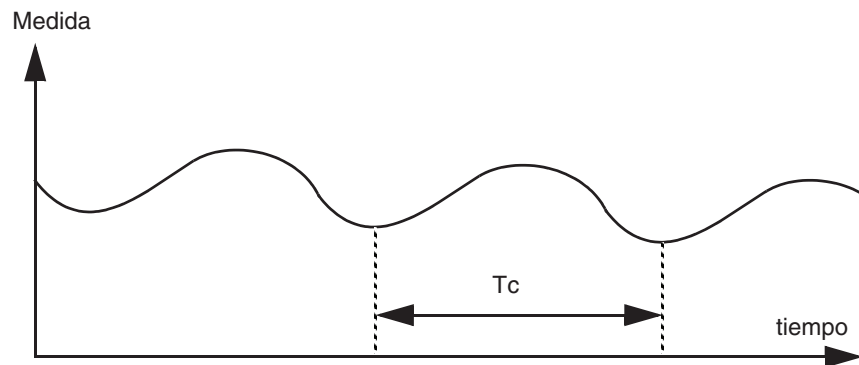
- Ajuste de bucle cerrado
- Ajuste de bucle abierto

Antes de implementar uno de estos métodos, ajuste la dirección de acción PID:

- Si un aumento de la salida OUT provoca un incremento en la medición PV, invierta el PID ($KP > 0$).
 - Por otra parte, si se provoca una reducción del PV, revierta el PID ($KP < 0$).
-

Ajuste de bucle cerrado

Este principio consiste en la utilización de un comando proporcional ($T_i = 0$, $T_d = 0$) para iniciar el proceso con el incremento de la producción hasta que empiece a oscilar después de aplicar un nivel al punto de corrección PID de ajuste. Todo lo que se necesita es elevar el nivel de producción crítico (K_{pc}) que ha provocado la oscilación no amortiguada y el período de oscilación (T_c) para reducir los valores, con lo que se obtiene una regulación óptima del regulador .



En función del tipo de regulador (PID o PI), se ejecuta el ajuste de los coeficientes con los valores siguientes:

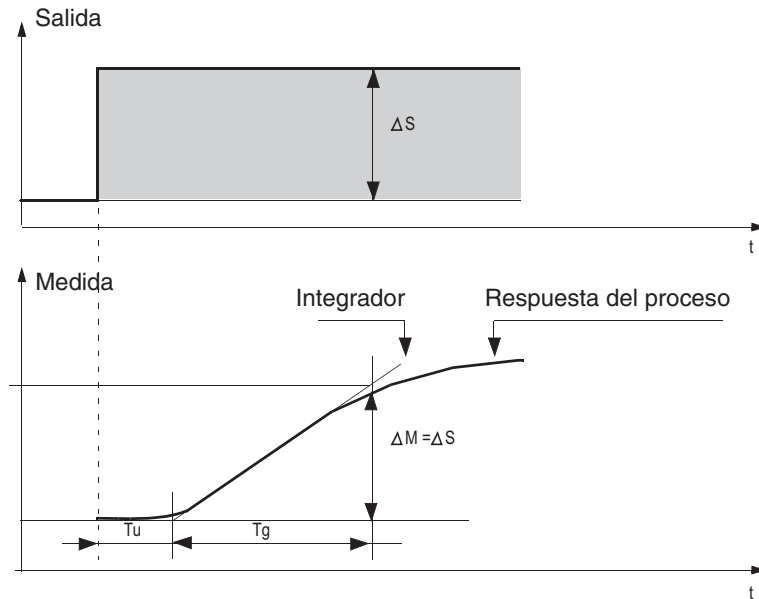
-	Kp	Ti	Td
PID	$K_{pc}/1,7$	$T_c/2$	$T_c/8$
PI	$K_{pc}/2,22$	$0,83 \times T_c$	-

donde K_p = producción proporcional, T_i = tiempo de integración y T_d = tiempo de derivación.

Nota: Este método de ajuste ofrece un comando muy dinámico que puede expresarse a través de rebasamientos no deseados durante el cambio de pulsos de ajuste. En este caso, reduzca el valor de producción hasta obtener el comportamiento deseado.

Ajuste de bucle abierto

Puesto que el regulador está en modo manual, aplique un nivel de salida y haga que la respuesta del proceso se inicie de la misma manera que el integrador con un retardo puro.



El punto de intersección de la derecha, que representa el integrador con los ejes temporales, determina el tiempo T_u . A continuación, el tiempo T_g se define como el tiempo necesario para que la variable controlada (medición) obtenga el mismo tamaño de variación (% de la escala) que la salida del regulador.

En función del tipo de regulador (PID o PI), se ejecuta el ajuste de los coeficientes con los valores siguientes:

-	Kp	Ti	Td
PID	$-1,2 T_g/T_u$	$2 \times T_u$	$0,5 \times T_u$
PI	$-0,9 T_g/T_u$	$3,3 \times T_u$	-

donde K_p = producción proporcional, T_i = tiempo de integración y T_d = tiempo de diversión.

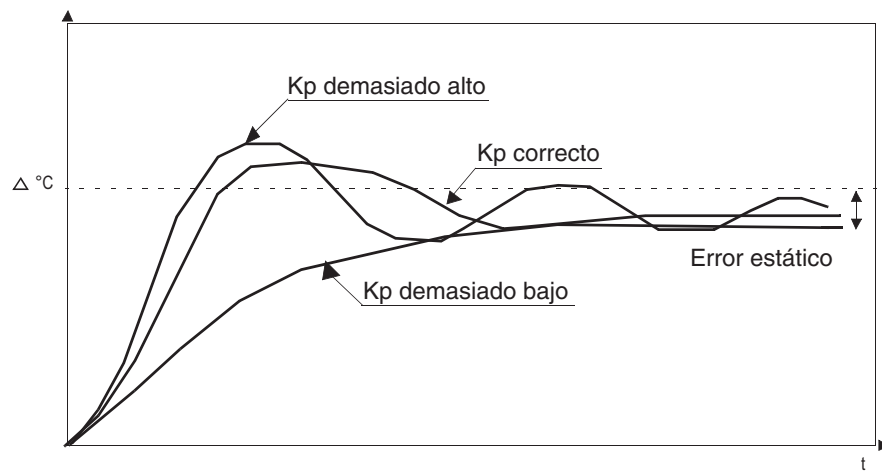
Nota: Cuidado con las unidades. Si el ajuste se realiza en PL7, multiplique el valor obtenido para K_P por 100.

Este método de ajuste también ofrece un comando muy dinámico que puede expresarse a través de rebasamientos no deseados durante el cambio de pulsos de ajuste. En este caso, reduzca el valor de producción hasta obtener el comportamiento deseado. El método resulta de interés ya que no necesita ningún supuesto relacionado con la naturaleza y el orden del proceso. Puede aplicarlo tanto a procesos estables como a procesos de integración real. Resulta de sumo interés en caso de procesos lentos (industria del vidrio,...), puesto que el usuario sólo necesita el inicio de la respuesta para regular los coeficientes K_p , T_i y T_d .

Papel principal e influencia de los parámetros del PID

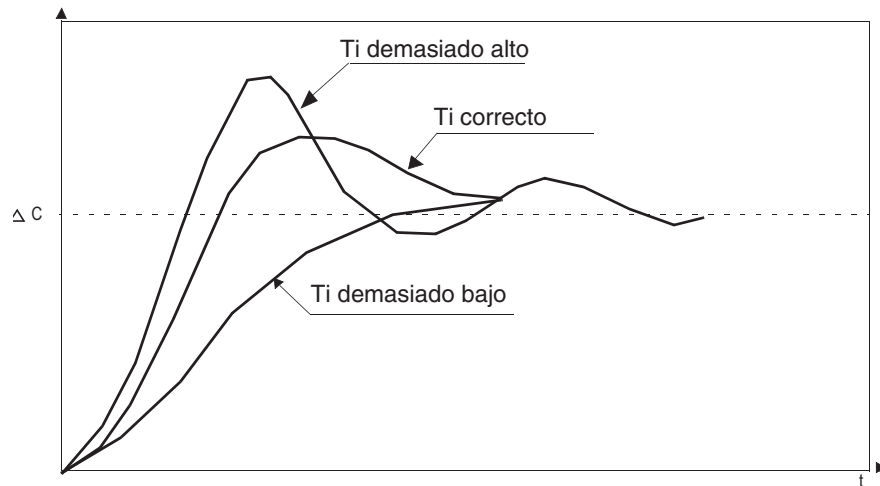
Influencia de la acción proporcional

La acción proporcional se utiliza para modificar la velocidad de respuesta del proceso. Cuanto más alta es la ganancia, más rápida es la respuesta, y más bajo es el error estático (en proporción directa), aunque más se deteriora la estabilidad. Es necesario encontrar un ajuste adecuado entre velocidad y estabilidad. La influencia de la acción integral de la respuesta del proceso en una división de escala se efectúa del modo siguiente:



Influencia de la acción integral

Acción integral se utiliza para cancelar un error estático (desviación entre el valor del proceso y la consigna). Cuanto mayor sea la acción integral (T_i bajo), más rápido se recibe la respuesta, pero más rápido se reduce la estabilidad. Es necesario encontrar un ajuste adecuado entre velocidad y estabilidad. La influencia de la acción integral de la respuesta del proceso en una división de escala se efectúa del modo siguiente:

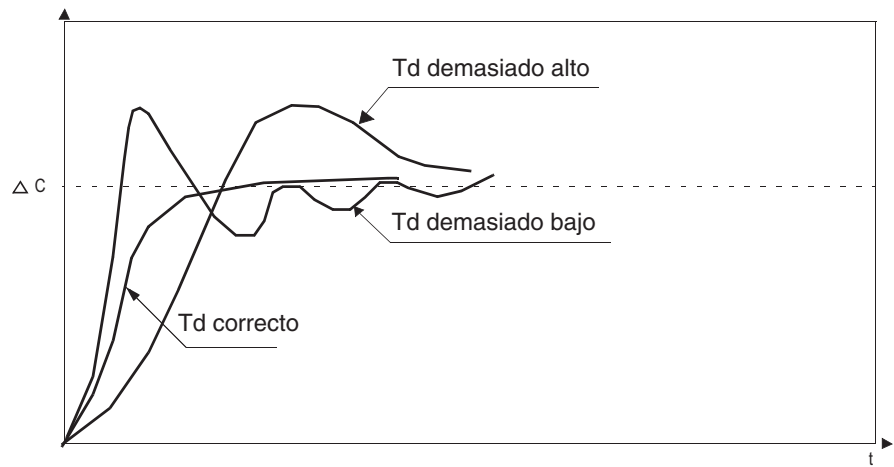


Nota: Un T_i bajo indica un nivel alto de acción integral.

donde K_p = ganancia proporcional, T_i = tiempo de integración y T_d = tiempo derivado.

Influencia de la acción derivada

La acción derivada es anticipatoria. En la práctica, agrega un término que tiene en cuenta la velocidad de variación de la desviación, lo que hace posible anticipar los cambios acelerando los tiempos de respuesta del proceso cuando aumenta la desviación, y reduciéndolos cuando la desviación disminuye. Cuanto más alto es el nivel de la acción derivada (T_d alto), mayor es la rapidez de la respuesta. Es necesario encontrar un ajuste adecuado entre velocidad y estabilidad. La influencia de la acción derivada de la respuesta del proceso en una división de escala se efectúa del modo siguiente:



Límites del bucle de control del PID

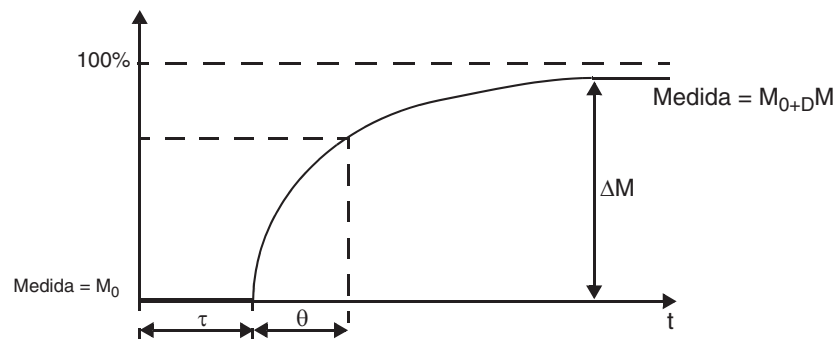
Si el proceso se asimila en un primer orden de retardo puro con una función de

transferencia: $(H(p)) = K \frac{(e^{(-\tau)p})}{(1 + \theta p)}$

donde:

τ = constante de tiempo de modelo.

θ = modelo de retardo.



El rendimiento de control del proceso depende del coeficiente $\frac{\tau}{\theta}$.

El control de proceso del PID se alcanza en el dominio siguiente: $2 - \frac{\tau}{\theta} - 20$

Para $\frac{\tau}{\theta} < 2$, en otras palabras, para bucles de control rápidos (θ bajo) o para procesos con un retardo largo (τ alto), el control de proceso del PID ya no es adecuado. En estos casos, deben utilizarse algoritmos complejos.

Para $\frac{\tau}{\theta} > 20$, basta con un control de proceso que utilice un umbral más histéresis.

Anexo 1: Fundamentos de la teoría del PID

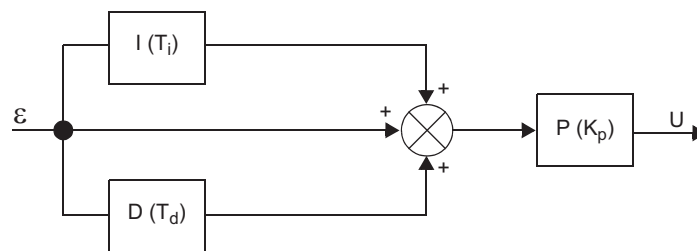
Introducción

La función de control del PID integrada en todos los autómatas Twido proporciona un control eficaz de los procesos industriales simples que consisten en un estímulo del sistema (al que se denomina consigna en este documento) y en una propiedad que se pueda medir del sistema (a la que se denomina medida o variable del proceso).

Modelo de autómata PID

El autómata PID Twido aplica una corrección del PID mixta (serie - paralela) (consulte el diagrama del modelo de PID que sigue) mediante una medida y una consigna analógicas en el formato [0 - 10.000] y proporciona un comando analógico al proceso controlado en el mismo formato.

La forma mixta del modelo de autómata PID se describe a continuación:



donde

donde:

- I = la acción **integral** (que actúa de forma independiente y paralela a la acción derivada).
 - D = la acción **derivada** (que actúa de forma independiente y paralela a la acción integral).
 - P = la acción **proporcional** (que actúa en serie en la salida combinada de las acciones integral y derivada).
 - U = la salida del autómata PID (último avance como entrada en el proceso controlado).
-

Ley de control del PID

El autómata PID está formado por la combinación mixta (serie - paralelo) de la ganancia del autómata (K_p) y las constantes de tiempo integral (T_i) y derivada (T_d). De esta forma, la ley de control del PID que usa el autómata Twido tiene la forma siguiente (*ecuación 1*):

$$u(i) = K_p \cdot \left\{ \varepsilon(i) + \frac{T_s}{T_i} \sum_{j=1}^i \varepsilon(j) + \frac{T_d}{T_s} [\varepsilon(i) - \varepsilon(i-1)] \right\}$$

donde

- K_p = la ganancia proporcional del autómata.
- T_i = la constante de tiempo integral.
- T_d = la constante de tiempo derivada.
- T_s = el período de muestreo.
- $\varepsilon(i)$ = la desviación ($\varepsilon(i)$ = consigna - variable del proceso).

Nota: Se usan dos algoritmos computacionales diferentes, en función del valor de la constante de tiempo integral (T_i):

- $T_i \neq 0$: en este caso, se usa un algoritmo incremental.
- $T_i = 0$: este es el caso de los procesos no integradores. En este caso, se usa un algoritmo posicional junto con un offset de +5.000 que se aplica a la variable de salida del PID.

Para obtener una descripción detallada de K_p , T_i y T_d , consulte p. 712.

Como se deduce de la (*ecuación 1*) y la (*ecuación 1'*), el parámetro clave de la regulación del PID es el **período de muestreo (T_s)**. El período de muestreo depende en gran medida de la **constante de tiempo (τ)**, un parámetro intrínseco al proceso que el PID pretende controlar. (Consulte el *Anexo 2: Primer orden con modelo de retardo*, p. 758.)

Anexo 2: Primer orden con modelo de retardo

Introducción Esta sección presenta el primer orden con modelo de retardo usado para describir varios procesos industriales simples, aunque importantes, incluidos los procesos térmicos.

Primer orden con modelo de retardo Se sabe que se puede encontrar una expresión matemática adecuada para los procesos térmicos simples (un estímulo) mediante un primer orden con modelo de retardo.

La función de transferencia de dichos procesos de bucle abierto de primer orden adoptan la forma siguiente en el dominio Laplace (*ecuación 2*):

$$\frac{S}{U} = \frac{k}{1 + \tau p} \cdot e^{-\theta p}$$

donde

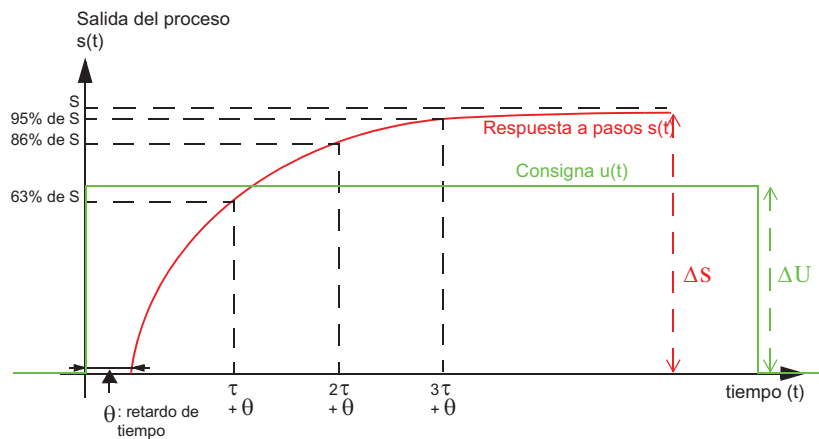
- k = la ganancia estática.
 - τ = la constante de tiempo.
 - θ = el tiempo de retardo.
 - U = la entrada del proceso (ésta es la entrada del autómata PID).
 - S = la salida del proceso.
-

Constante de tiempo del proceso τ

El parámetro clave de la ley de respuesta del proceso (*ecuación 2*) es la **constante de tiempo** τ . Se trata de un parámetro intrínseco al proceso para que se desea controlar.

La constante de tiempo (τ) de un sistema de primer orden se define como el tiempo (en segundos) que tarda la variable de salida del sistema en alcanzar el 63% de la salida final desde el momento en el que el sistema comenzó a reaccionar al estímulo de pasos $u(t)$.

La figura siguiente muestra una respuesta típica de proceso de primer orden a un estímulo de pasos:



donde

- k = la ganancia estática calculada como el coeficiente $\Delta S/\Delta U$.
- τ = el tiempo en un ascenso del 63% = la constante de tiempo.
- 2τ = el tiempo en un ascenso del 86%.
- 3τ = el tiempo en un ascenso del 95%.

Nota: Cuando se aplica la sintonización automática, el período de muestreo (T_s) se debe seleccionar en el rango siguiente: $[\tau/125 < T_s < \tau/25]$. Se debería utilizar $[T_s = \tau/75]$. (Consulte *Sintonización del PID mediante la sintonización automática (Auto-Tuning, AT)*, p. 736.)