Controladores lógicos programables ControlLogix y CompactLogix

Automatización de procesos

Manual del usuario



Festo Didactic
es
585160

Control de Procesos

Controladores lógicos programables ControlLogix y CompactLogix

Manual del usuario

86030-E2

Nº de artículo: 86030-E2
Primera edición
Actualización: 09/2015

Por el personal de Festo Didactic

© Festo Didactic Ltée/Ltd, Québec, Canada 2012
Internet: www.festo-didactic.com
e-mail: did@de.festo.com

Impreso en Canadá
Todos los derechos reservados
ISBN 978-2-89640-602-9 (Versión impresa)
ISBN 978-2-89640-603-6 (CD-ROM)
Depósito legal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2012
Depósito legal – Library and Archives Canada, 2012

El comprador adquiere un derecho de utilización limitado simple, no excluyente, sin limitación en el tiempo, aunque limitado geográficamente a la utilización en su lugar / su sede.

El comprador tiene el derecho de utilizar el contenido de la obra con fines de capacitación de los empleados de su empresa, así como el derecho de copiar partes del contenido con el propósito de crear material didáctico propio a utilizar durante los cursos de capacitación de sus empleados localmente en su propia empresa, aunque siempre indicando la fuente. En el caso de escuelas/colegios técnicos, centros de formación profesional y universidades, el derecho de utilización aquí definido también se aplica a los escolares, participantes en cursos y estudiantes de la institución receptora.

En todos los casos se excluye el derecho de publicación, así como la inclusión y utilización en Intranet e Internet o en plataformas LMS y bases de datos (por ejemplo, Moodle), que permitirían el acceso a una cantidad no definida de usuarios que no pertenecen al lugar del comprador.

Todos los otros derechos de reproducción, copiado, procesamiento, traducción, microfilmación, así como la transferencia, la inclusión en otros documentos y el procesamiento por medios electrónicos requieren la autorización previa y explícita de Festo Didactic.

La información contenida en este documento está sujeta a cambios sin previo aviso y no representa ningún compromiso por parte de Festo Didactic. Los materiales Festo descritos en este documento se suministran bajo un acuerdo de licencia o de confidencialidad.

Festo Didactic reconoce los nombres de productos como marcas de comercio o marcas comerciales registradas por sus respectivos titulares.

Todas las otras marcas de comercio son propiedad de sus respectivos dueños. Es posible que en este manual se utilicen otras marcas y nombres de comercio para referirse a la entidad titular de las marcas y nombres o a sus productos. Festo Didactic renuncia a todo interés de propiedad relativo a las marcas y nombres de comercio que no sean los propios.

Símbolos de seguridad y de uso frecuente

Los siguientes símbolos de seguridad y de uso frecuente pueden encontrarse en este manual y en los equipos:

Símbolo	Descripción
⚠ PELIGRO	**PELIGRO** indica un nivel alto de riesgo que, de no ser evitado, ocasionará la muerte o lesiones de gravedad.
⚠ ADVERTENCIA	**ADVERTENCIA** indica un nivel medio de riesgo, que de no ser evitado, puede ocasionar la muerte o lesiones de gravedad.
⚠ ATENCIÓN	**ATENCIÓN** indica un nivel bajo de riesgo, que de no ser evitado, puede ocasionar lesiones menores o leves.
ATENCIÓN	**ATENCIÓN** utilizado sin el *símbolo de riesgo* ⚠, indica una situación de riesgo potencial que, de no ser evitada, puede ocasionar daños materiales.
	Precaución, riesgo de descarga eléctrica
	Precaución, superficie caliente
	Precaución, posible riesgo
	Precaución, riesgo al levantar
	Precaución, riesgo de atrapar las manos
	Aviso, radiación no ionizante
	Corriente continua
	Corriente alterna
	Corriente alterna y continua
	Corriente alterna trifásica
	Terminal de tierra (común)

Símbolos de seguridad y de uso frecuente

Símbolo	Descripción
	Terminal de conductor protegido
	Terminal de chasis
	Equipotencial
	Encendido (fuente)
	Apagado (fuente)
	Equipo protegido con aislamiento doble o reforzado
	Botón biestable en posición pulsado
	Botón biestable en posición no pulsado

© Festo Didactic 86030-E2

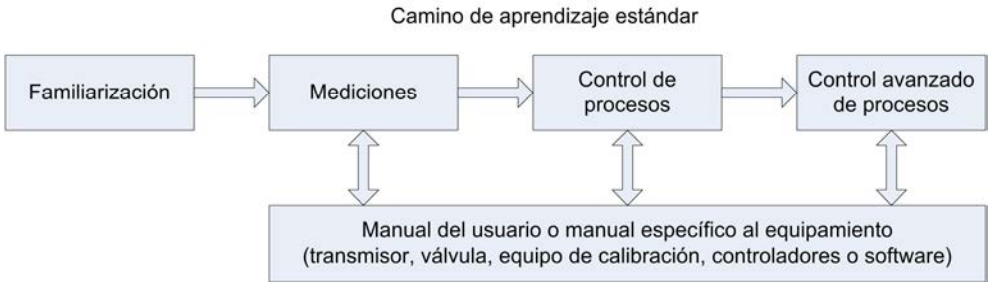
Prefacio

Las numerosas ventajas que ofrece el control automatizado de procesos con respecto al control manual, hacen que la mayoría de los procesos industriales actuales lo utilicen en mayor o menor medida. En la actualidad, las cervecerías, las plantas de tratamiento de aguas residuales, los complejos mineros y la industria automotriz, son algunos de los sectores industriales en los que se utiliza el control automatizado de procesos.

La regulación de variables como la presión, caudal, nivel, temperatura y pH dentro de un rango de operación deseado es de gran importancia cuando se deben fabricar productos con una composición y calidad preestablecida.

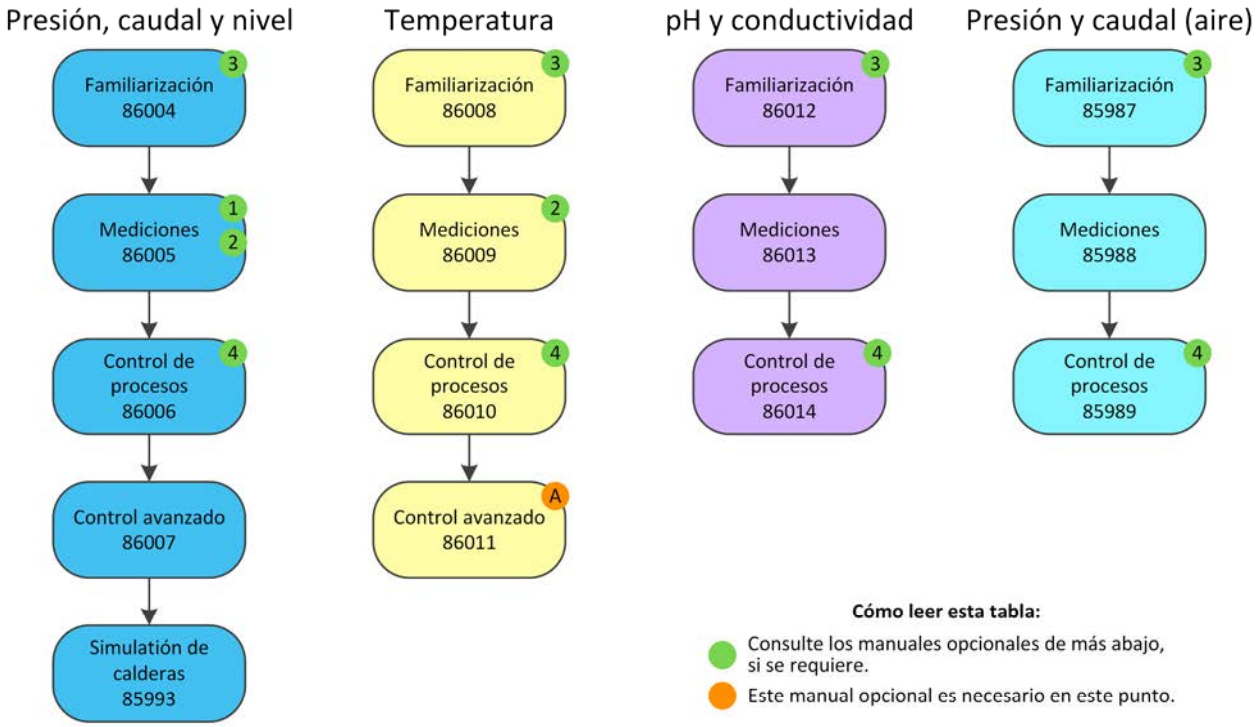
El Sistema didáctico en instrumentación y control de procesos, serie 353X, es un sistema de avanzada que reproduce fielmente un entorno industrial donde los estudiantes pueden desarrollar sus habilidades en la instalación y operación del equipamiento que se emplea en el campo del control de procesos. El uso de equipos modernos y de nivel industrial resulta fundamental para adquirir los conocimientos teóricos y prácticos que se requieren para trabajar en este sector de la industria.

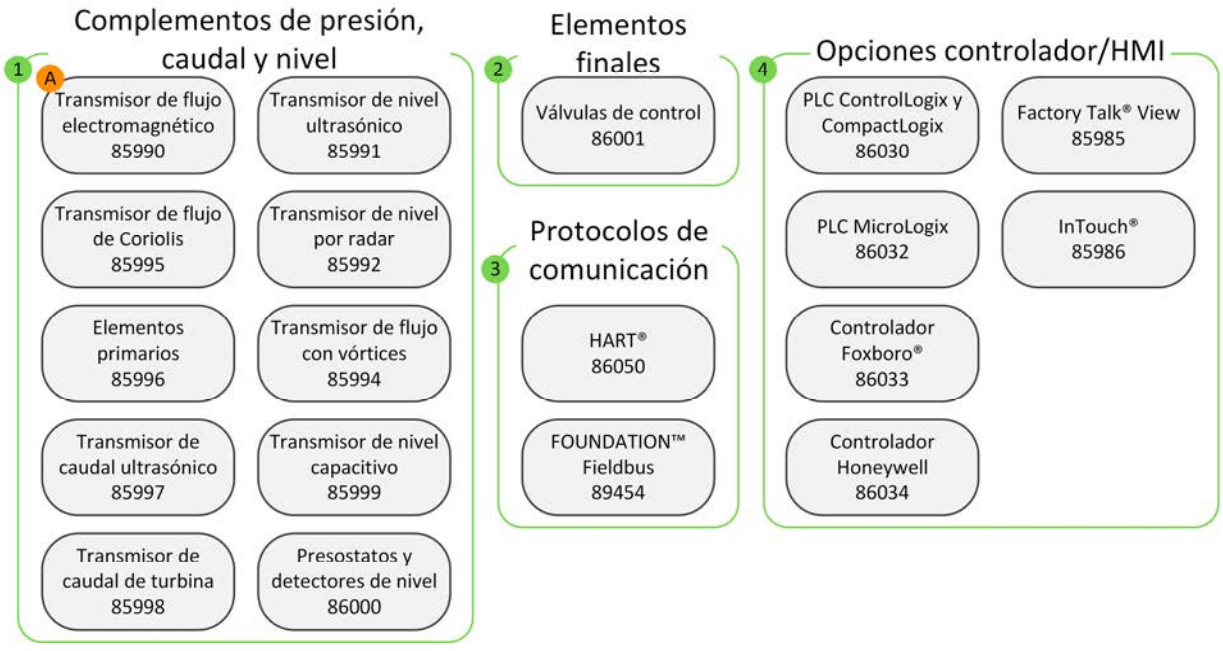
La modularidad del sistema permite que el profesor seleccione el equipo necesario para alcanzar los objetivos de un curso específico. La base del sistema está conformada por dos estaciones de trabajo móviles y versátiles, que contienen todo el equipamiento necesario. Se dispone de diferentes componentes en opción para emplearlos en los lazos de control de presión, caudal, nivel, temperatura y pH, así como una gran variedad de válvulas, equipos de calibración, controladores y software. Estos complementos pueden reemplazar los componentes básicos que tienen la misma funcionalidad, dependiendo del contexto. Durante la realización de los ejercicios de control, es posible utilizar una gran variedad de controladores de manera alternativa, dependiendo de la preferencia del profesor.



Esperamos que su experiencia de aprendizaje utilizando el Sistema didáctico en instrumentación y control de procesos sea el primer paso hacia una carrera exitosa en esta industria.

Manuales de la serie 353X





© Festo Didactic 86030-E2

Prefacio

Invitamos a los lectores de este manual a enviarnos sus opiniones, comentarios y sugerencias para mejorarlo.

Por favor, envíelos a did@de.festo.com.

Los autores y Festo Didactic estamos a la espera de sus comentarios.

Índice

Sección 1 Fundamentos de PLC 1
Hardware del PLC 1
Métodos de programación 2
Lenguajes de programación 2
Diagrama de escalera 2
Gráfico de función secuencial 4
Diagrama de bloques funcional 5
Texto estructurado 5
Lista de instrucciones 6
Direccionamiento 6
Alias de etiqueta 7
Comunicación 7
Aplicaciones industriales 8
Ventajas y limitaciones 8

Sección 2 Familiarización con el PLC 9
Primero lo primero 9
Descarga y ejecución de un archivo de proyecto de un PLC 9
Estructura del proyecto 14
Etiquetas de controlador 15
Alias 16
Modificación del valor de una etiqueta 17
Adición de otro lazo de control 18
Versiones FOUNDATION Fieldbus de los programas 21
Uso de una entrada o salida análoga con el protocolo FOUNDATION Fieldbus 21

Sección 3 Control On-Off 23
Conexión del PLC al lazo del proceso 23
Configuración del PLC para el control On-Off 23
Ejecución del programa on-off 26

Sección 4 Control PIDE 29
Conexión del PLC al lazo de proceso 30
Configuración del PLC para el control PIDE 30
Ejecución del programa de control PIDE 34
Algunos parámetros útiles 36

Sección 5 Control en cascada 39
Conexión del PLC al lazo de control 39
Configuración del PLC para el control en cascada 39
Ejecución del programa PIDE en cascada 42
Configuración de los lazos de control para control en cascada 44

Índice

Sección 6 Control de relación 47
Conexión del PLC al lazo de proceso 47
Configuración del PLC para control de relación 47
Ejecución del programa de control de relación PIDE 51
Configuración del lazo de control para el control de relación 53

Sección 7 Control de rango dividido 55
Conexión del PLC al lazo de control 56
Configuración del PLC para control de rango dividido 56
Ejecución del programa de control de rango dividido PIDE 59
Configuración del lazo de control para control de rango dividido 61

Apéndice A Características del PLC ControlLogix 65
Descripción del PLC ControlLogix 65
PLC 65
Panel frontal 69
Protocolo HART 69

Apéndice B Características del PLC CompactLogix 71
Descripción del PLC CompactLogix 71
PLC 71
Panel frontal 75

Apéndice C Configuración e instalación del PLC 77
Conexión del PLC a la computadora 77
Instalación del software del PLC 77
Cómo conectar el PLC a su computador 78
Cómo configurar su computadora y el software para la comunicación por red ethernet con el PLC 79
Cómo configurar la tarjeta ethernet 79
Configuración del RSLinx 83

Apéndice D Control PID y control PID en cascada 89
Control PID 90
Control PID en cascada 93

Apéndice E Control PID de relación y control PID de rango dividido 95
Control PID de relación 95
Control PID de rango dividido 96

Apéndice F Sobre el uso de tendencias 103

Apéndice G Lista de fallas del PLC ControlLogix 113

© Festo Didactic 86030-E2

Índice

Apéndice H Lista de fallas del PLC CompactLogix..... 115

Fundamentos de PLC

Hardware del PLC

Los Controladores lógicos programables (PLCs por sus siglas en inglés) son pequeñas computadoras empleadas en la automatización de procesos industriales. Al igual que las computadoras personales, los PLCs utilizan un microprocesador. Ciertos PLCs soportan rangos mayores de temperatura, condiciones de suciedad o polvo, vibraciones e impactos. La distribución especial de entrada/salida de los PLC es una diferencia principal con las computadoras. Los PLC se conectan a sensores (botones, interruptores limitadores, y transmisores de temperatura, caudal, nivel, presión o PH) y actuadores (arrancadores de motor, relevos magnéticos, válvulas o solenoides). El arreglo de entrada/salida puede estar integrado en el PLC o el PLC puede tener módulos externos de entrada/salida. La figura 1 muestra los componentes básicos de un PLC típico.

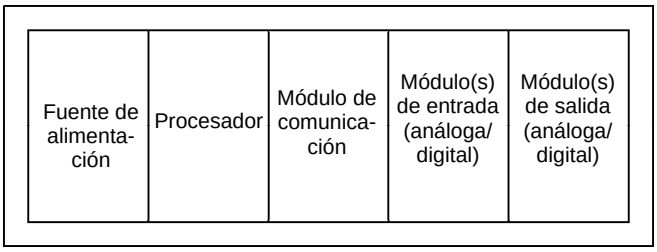


Figura 1. Componentes básicos de un PLC.

Fuente de alimentación: Suministra potencia a los componentes del PLC y la tensión adecuada a las salidas digitales.

Procesador (CPU): Este es el "cerebro" del sistema del PLC. Este comprende el microprocesador y la memoria. El procesador lee los datos de entrada, ejecuta el programa almacenado y envía comandos a los módulos de salida.

Módulo de comunicación: Los PLC tienen al menos un puerto de comunicación usado para programación, diagnósticos y solución de fallas, compartir datos, conectar una pantalla, conectar a un modem o conectar a una red. Los PLC a menudo se conectan a la red de comunicación de la planta lo cual les permite formar parte de un sistema de control mayor y ser accedidos remotamente.

Módulo de entrada/salida: Los módulos de entrada reciben señales de datos de dispositivos externos como botones, interruptores limitadores y sensores electrónicos. Los módulos de salida reciben los comandos del procesador para activar/desactivar los dispositivos conectados a ellos. Los puertos de entrada y salida pueden ser discretos o análogos.

© Festo Didactic 86030-E2

Métodos de programación

Los distintos tipos de PLC pueden programarse de varias maneras. En la mayoría de modelos la programación se realiza empleando uno de los siguientes métodos:

Botones dedicados: El programa de algunos PLCs pequeños puede ser ingresado con la ayuda de botones y una pantalla LCD en el PLC.

Terminal portátil: Existen unidades de programación portátiles que se conectan a los PLC. Son dispositivos robustos que tienen una pantalla y botones que permiten la programación. Estos usualmente pueden guardar copias de los programas y comunicarse con una computadora.

Computadora: Los fabricantes de PLCs disponen de software para programar el PLC. Éste es a menudo el método preferido pues las computadoras tienen una mayor capacidad de almacenamiento de datos y sus pantallas muestran más información al mismo tiempo que la pantalla LCD de un PLC. Cuando los PLCs se conectan a una red, estos pueden ser accedidos remotamente por medio de una computadora. Además, las computadoras portátiles facilitan la programación de un PLC localmente.

Lenguajes de programación

Los PLC modernos proveen una gran variedad de herramientas de programación para construir simples y eficientes programas aptos para casi cualquier aplicación de manufactura. La mayoría de aplicaciones de programación de PLC siguen el estándar IEC 61131-3 que define cinco diferentes lenguajes y ayuda a dar uniformidad a la programación de PLCs. Algunos de estos lenguajes son gráficos (diagrama de escalera, diagrama de bloques funcional y gráficos de función secuencial) mientras otros son textuales (texto estructurado y lista de instrucciones). Las secciones siguientes explican sus características principales.

Diagrama de escalera

El diagrama de escalera fue inicialmente desarrollado para hacer la programación de PLC más fácil a los electricistas. El diagrama de escalera utiliza símbolos eléctricos para representar las reglas y condiciones en un programa. Un diagrama de escalera contiene dos verticales conectadas por peldaños. De ahí su nombre: diagrama de escalera. Las verticales (a veces llamadas rieles de alimentación) energizan los peldaños; cada peldaño contiene una serie de operadores de símbolo eléctrico. Cuando todas las condiciones son verdaderas en un peldaño, la potencia puede fluir a través de tal peldaño. Las condiciones en un peldaño se representan por contactos tales como contactos normalmente abiertos (NA o XIC) o normalmente cerrados (NC o XIO). Cuando todos los contactos de un peldaño están dispuestos de modo que puede fluir corriente, se encienden una o más bobinas. Los contactos se denominan a veces como entradas y las bobinas como salidas.



Los contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados también se denominan contactos Examina Si Cerrado (XIC, siglas en inglés) y Examina Si Abierto (XIO, siglas en inglés), respectivamente. Las bobinas también se denominan Energizar salida (OTE, siglas en inglés).

© Festo Didactic 86030-E2

Observemos un ejemplo de cómo funciona el diagrama de escalera. Para ello, usaremos el circuito de la figura 2a donde se enciende una bombilla al presionar un botón normalmente abierto. La versión de este circuito en diagrama de escalera se muestra en la figura 2b. En este ejemplo, el botón pulsador normalmente abierto se representa por un contacto normalmente abierto (la entrada). La bombilla es la salida y se representa por una bobina a la derecha del diagrama de escalera.

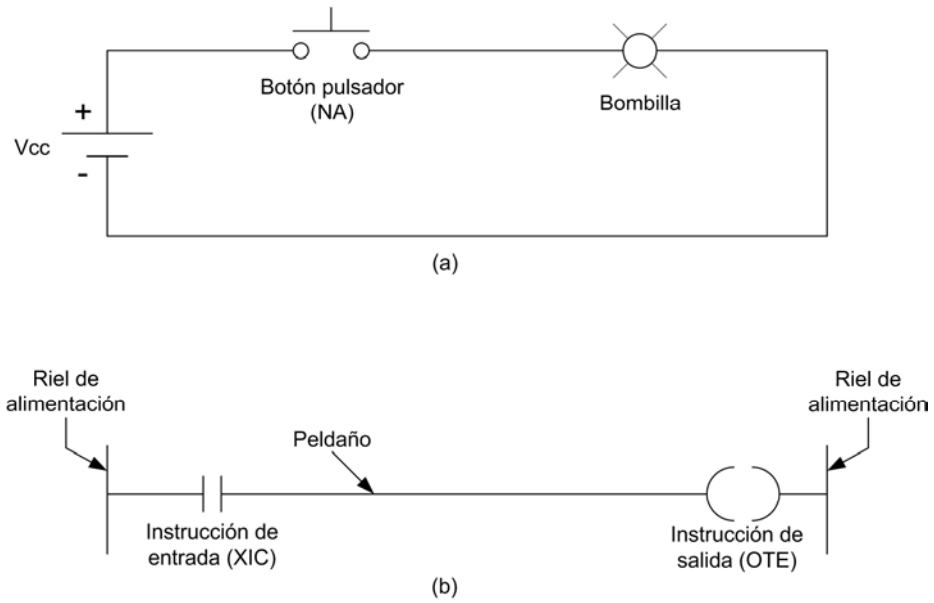


Figura 2. Diagrama de escalera del botón y la bombilla.

La figura 3 muestra como este circuito puede conectarse a un PLC. En este caso, el botón se conecta a la entrada 1 y la bombilla a la salida 3.

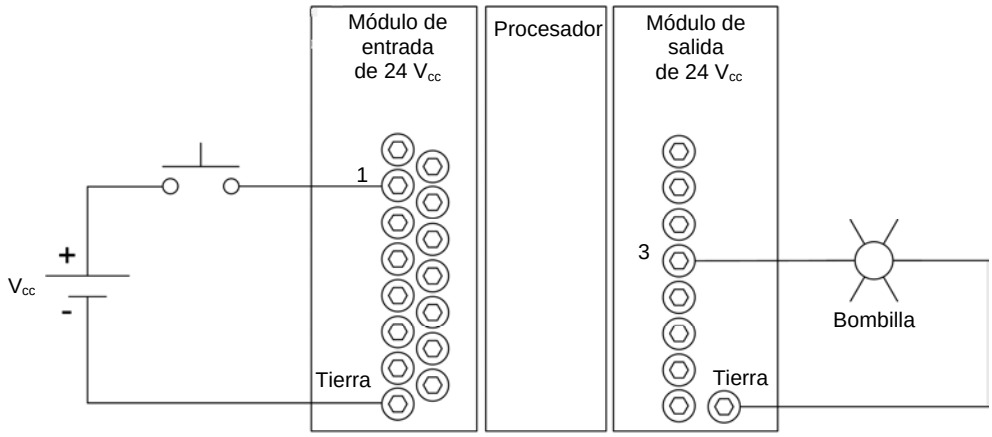


Figura 3. Conexión de un botón y una bombilla a un PLC.

El PLC se encarga de las operaciones lógicas entre la entrada y la salida. Luego, el sistema no está más limitado por el cableado físico. La figura 4 muestra dos programas diferentes en diagrama de escalera que pueden emplearse para la interfaz entre el botón y la bombilla. El primer diagrama de escalera enciende la bombilla cuando se presiona el botón. Este es el mismo comportamiento al indicado en la figura 2.

El segundo diagrama de escalera controla el mismo circuito del botón y la bombilla en una forma completamente distinta sin cambiar la disposición física. El contacto normalmente abierto del diagrama de escalera se reemplaza por un contacto normalmente cerrado. Por lo tanto, en la figura 4b la bombilla siempre está encendida a menos que se presione el botón.



Figura 4. Dos diagramas de escalera diferentes para el circuito del botón y la bombilla.

Como se mostró en el ejemplo anterior, todos los componentes empleados como dispositivos de entrada (ya sea botones, sensores o interruptores) están conectados al módulo de entrada de 24 V del PLC. Los dispositivos de salida (luces, variadores ca, actuadores, etc.) están conectados al módulo de salida y cualquier acción en medio es llevada a cabo por el PLC.

Gráfico de función secuencial

La programación por gráfico de función secuencial es ideal para procesos que dependen de condiciones. Un gráfico de función secuencial está compuesto por pasos y condiciones. Los pasos se emplean para llevar a cabo una acción mientras que las condiciones determinan si un paso será ejecutado o no. Desde el inicio del gráfico, los pasos dependen de las condiciones para ser ejecutados. Cuando se llega a una condición en el gráfico, el controlador no prosigue con la evaluación del gráfico, a menos que la condición sea cierta. Para controlar procesos complejos, pueden emplearse ramas y los procesos pueden ejecutarse de forma concurrente. La figura 5 muestra un gráfico sencillo de función secuencial.

© Festo Didactic 86030-E2

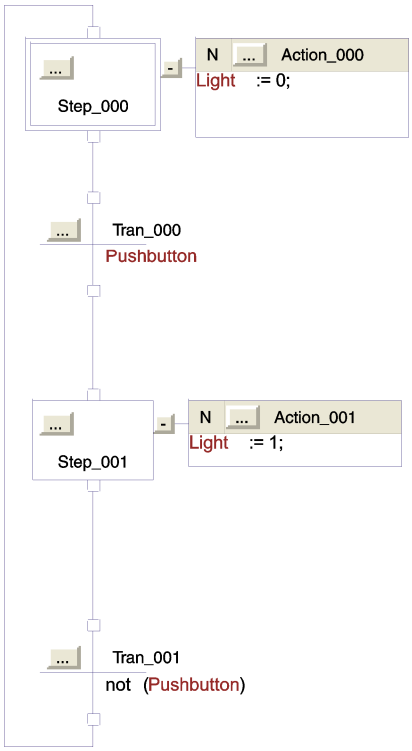


Figura 5. Programa por gráfico de función secuencial.

Diagrama de bloques funcional

Al igual que los diagramas de escalera, la programación por diagrama de bloques funcional provee una interfaz de programación gráfica inspirada por los diagramas de circuitos eléctricos. Cada bloque en el diagrama es similar a un dispositivo electrónico conectado a otros dispositivos por cables (líneas de conexión). Un bloque recibe señales de entrada, las trata mediante distintos operadores y produce señales de salida. A su vez, dichas señales de salida pueden ser usadas como señales de entrada de otros bloques en el diagrama. La figura 6 muestra un ejemplo de un diagrama de bloques funcional.

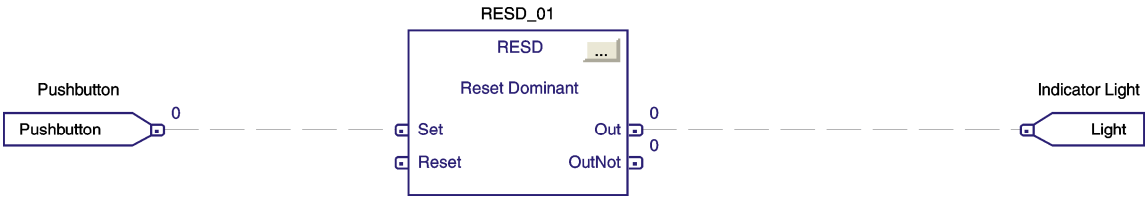


Figura 6. Programa por diagrama de bloques funcional.

Texto estructurado

Este lenguaje de programación del alto nivel puede emplearse para crear programas complejos. El texto estructurado incluye operadores lógicos y aritméticos (not, and, +, =, <=, etc.), sentencias condicionales (if, then, else, case, etc.), bucles (repeat, for, do, while, etc.) y otras instrucciones comúnmente encontradas en los lenguajes de programación de alto nivel. Su estructura es similar al lenguaje C y al viejo lenguaje de programación Pascal. El texto

estructurado se usa a menudo en las acciones de los programas por gráfico de función secuencial.

Lista de instrucciones

La lista de instrucciones es un lenguaje de bajo nivel similar al lenguaje ensamblador.

Direccionamiento

Los terminales de los módulos de entrada y salida de un PLC se identifican por direcciones. Las direcciones de PLC de Allen-Bradley tienen el siguiente formato:

Ubicación:Ranura:Tipo.Miembro.SubMiembro.Bit

Por ejemplo, en el ejemplo anterior del botón y la bombilla, la dirección del botón conectado a la entrada 1 es: *Local:1:I.Data.1*. La tabla 1 detalla las diferentes partes de una dirección.

Tabla 1. Estructura de una dirección en un PLC.

	Significa / Valor	Ejemplo
Ubicación	*Local* si el módulo está en el mismo chasis del controlador. Sí no, se emplea el nombre del adaptador.	**Local**:1:I.Data.1
Ranura	Número de identificación de la ranura del módulo de entrada o salida (entre más pequeño el número de identificación, más cercano está el módulo al controlador).	Local:**1**:I.Data.1
Tipo	Tipo de dato asociado con la dirección: I (entrada), O (salida), C (configuración), o S (estatus).	Local:1:**I**.Data.1
Miembro	*Data* (datos) si se usan módulos digitales o *channel* (canal) si se usan módulos análogos.	Local:1:I.**Data**.1
SubMiembro	Datos específicos relacionados al miembro.	(no hay SubMiembro en este ejemplo)
Bit	El número de bit de la entrada o salida física del módulo.	Local:1:I.Data.**1**

Como se ilustra en la tabla 1, la dirección *Local:1:I.Data.1* representa el número de entrada 1 en un módulo de entrada digital ubicado en la ranura 1 del chasis del controlador.

Considere otro ejemplo, el canal 5 de un módulo de entrada análogo ubicado en la ranura 4. Esta entrada tendría la dirección: *Local:4:I.Ch5Data*. Con la dirección apropiada, se puede acceder a gran cantidad de información respecto a un canal. Por ejemplo, *Local:4:I.Ch5BrokenWire* es un parámetro que indica si el circuito conectado al canal 5 está abierto (parámetro activo (1)) o cerrado (parámetro inactivo (0)). Otros parámetros (*Local:4:I.Ch5HAlarm*, *Local:4:I.Ch5Overrange*, *Local:4:I.Ch5Underrange*, etc.) son direccionables y pueden emplearse en programas para propósitos de supervisión o diagnóstico.

© Festo Didactic 86030-E2

Alias de etiqueta

Para hacer la programación más fácil y entendible, pueden crearse alias para reemplazar las direcciones asignadas a las entradas o salidas. Si un botón rojo está conectado a la entrada *Local:2:I.Data.1*, puede crearse un alias tal como botón_rojo. Entonces, en vez de referirse constantemente a *Local:2:I.Data.1*, se emplea la etiqueta más descriptiva *botón_rojo*. La figura 7 muestra cómo un alias de etiqueta puede reemplazar una dirección de entrada en un diagrama de escalera. La descripción *Botón de emergencia* también se agrega para mayor claridad.

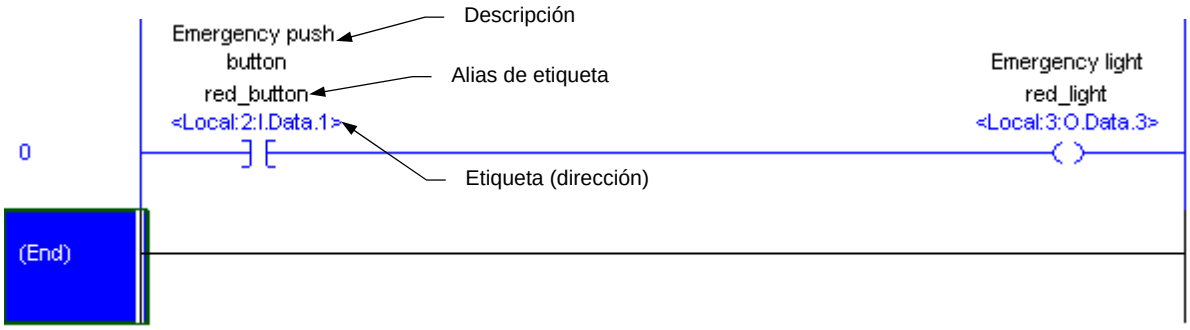


Figura 7. Alias de etiqueta en un diagrama de escalera.

Las etiquetas pueden editarse y supervisarse mediante las opciones disponibles en el menú *Lógica* del software RSLogix 5000. La figura 8 muestra cómo se visualiza la información de etiqueta en el *RSLogix 5000*. La Sección 2 describe cómo acceder y editar etiquetas y alias de etiquetas.

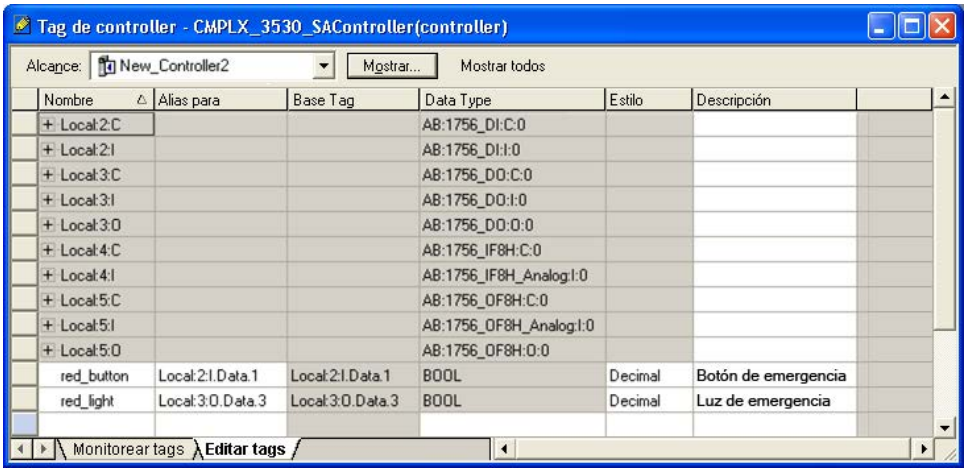


Figura 8. Ventana de etiquetas del *RSLogix 5000*.

Comunicación

Los PLCs a menudo se acceden directamente con un cable serial. Sin embargo, estos también pueden ser parte de una red y como tal, necesitan ser configurados para permitir la transferencia de datos con los otros elementos de

la red. Esta disposición permite la programación remota, el control y la supervisión.

Mientras que la programación del PLC se hace a través de un software de programación como el RSLogix, el control y supervisión del PLC se realiza por un programa de Control de Supervisor y Adquisición de Datos (SCADA, por sus siglas en inglés). Los programas SCADA pueden instalarse en una computadora o en una Interfaz Humano Máquina (HMI, siglas en inglés).

Aplicaciones industriales

Dependiendo del tamaño, un sólo PLC puede ser programado para reemplazar un número considerable de relevos de control, temporizadores y contadores, salvando gran cantidad de conexiones de cableado y tiempo de diagnóstico y solución de fallas. Además, los PLCs ofrecen mayor flexibilidad que el cableado convencional. En efecto, cuando un proceso de control necesita ser cambiado, el programa puede ser simplemente modificado, lo cual es mucho más sencillo que cablear de nuevo el proceso entero. Esta es otra razón por la cual los PLCs son comúnmente preferidos en el mundo de la manufactura moderna.

Ventajas y limitaciones

Los PLCs son versátiles y usados extensivamente en la industria. Sus principales ventajas son:

- fácilmente reconfigurables
- fáciles de instalar
- gran variedad de aplicaciones
- robustez
- conectividad de red

Sin embargo, deben considerarse algunas limitaciones:

- mayor costo por unidad de hardware comparado a un circuito a la medida.
- los programas no son necesariamente intercambiables entre PLCs.

© Festo Didactic 86030-E2

Familiarización con el PLC

La terminología de Allen-Bradley para identificar variables de proceso es ligeramente distinta a la encontrada en la mayoría de libros de texto. Ellos utilizan PV (variable de proceso, siglas en inglés) en lugar de variable controlada y CV (variable de control, siglas en inglés) en lugar de variable manipulada. Con la terminología de Allen-Bradley, el nivel en una aplicación de control de nivel es la variable de proceso (PV) y la abertura de la válvula de control es la variable de control (CV)

Primero lo primero

Esta sección explica cómo descargar un proyecto al PLC. Antes de seguir con esta sección, asegúrese de que:

- el PLC está conectado correctamente.
- el software RSLinx se está ejecutando en su computadora.
- la comunicación Ethernet entre la computadora y el PLC está funcionando (para mayor detalle remítase al Apéndice C).
- El software RSLogix 5000 está instalado correctamente en su computadora.

Descarga y ejecución de un archivo de proyecto de un PLC

1. Inicie el RSLogix 5000 (figura 9). Este software le permite programar el PLC mediante cuatro distintos lenguajes de programación: diagrama de escalera, texto estructurado, gráfico de función secuencial y diagrama de bloques.

2. El CD-ROM de herramientas del PLC (P/N 86948) contiene proyectos para el CompactLogix y el ControlLogix que le permitirán usar estos PLCs como controladores para el sistema de control de procesos. En el RSLogix 5000, haga clic en el menú *Archivo* y seleccione *Abrir* para visualizar la ventana Abrir/importar proyecto (figura 10).

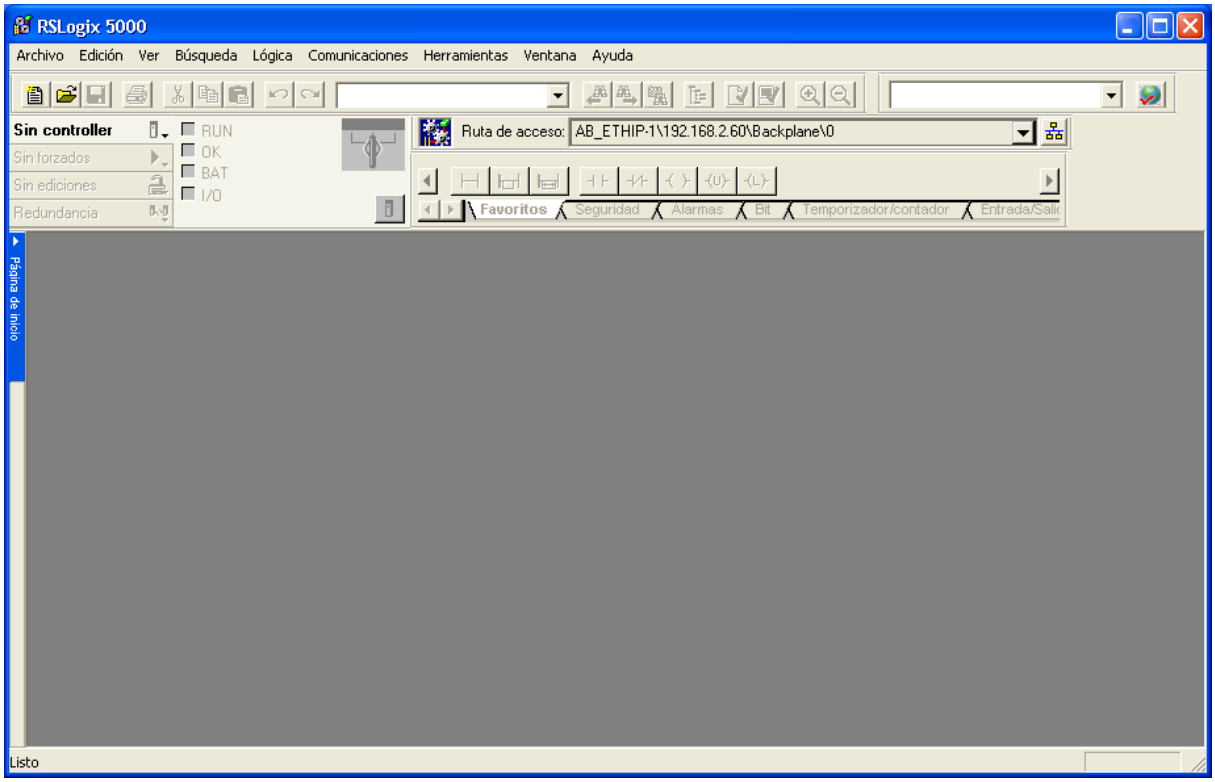


Figura 9. RSLogix 5000.

3. Seleccione el archivo de proyecto que corresponde al PLC que está usando (*CLX_3530_SAController.ACD* o *CMPLX_3530_SAController.ACD*) y haga clic en el botón *Open*.

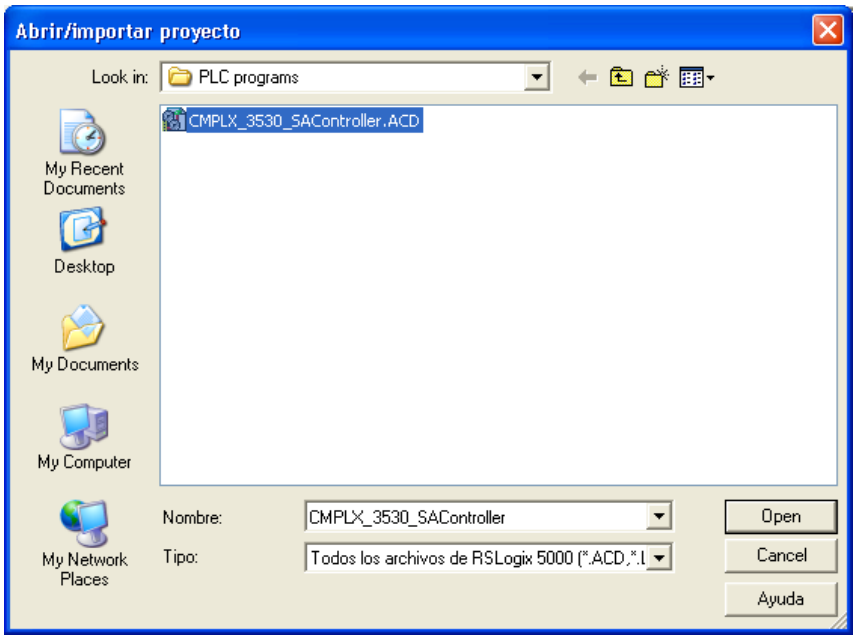


Figura 10. Apertura de un archivo de proyecto.

© Festo Didactic 86030-E2

4. El software RSLogix 5000 abre el archivo de proyecto y muestra su estructura en árbol en el organizador del controlador a la izquierda de la ventana del software como muestra la figura 11. Si el organizador del controlador no se muestra, seleccione *Organizador del controlador* dentro del menú *Ver*.

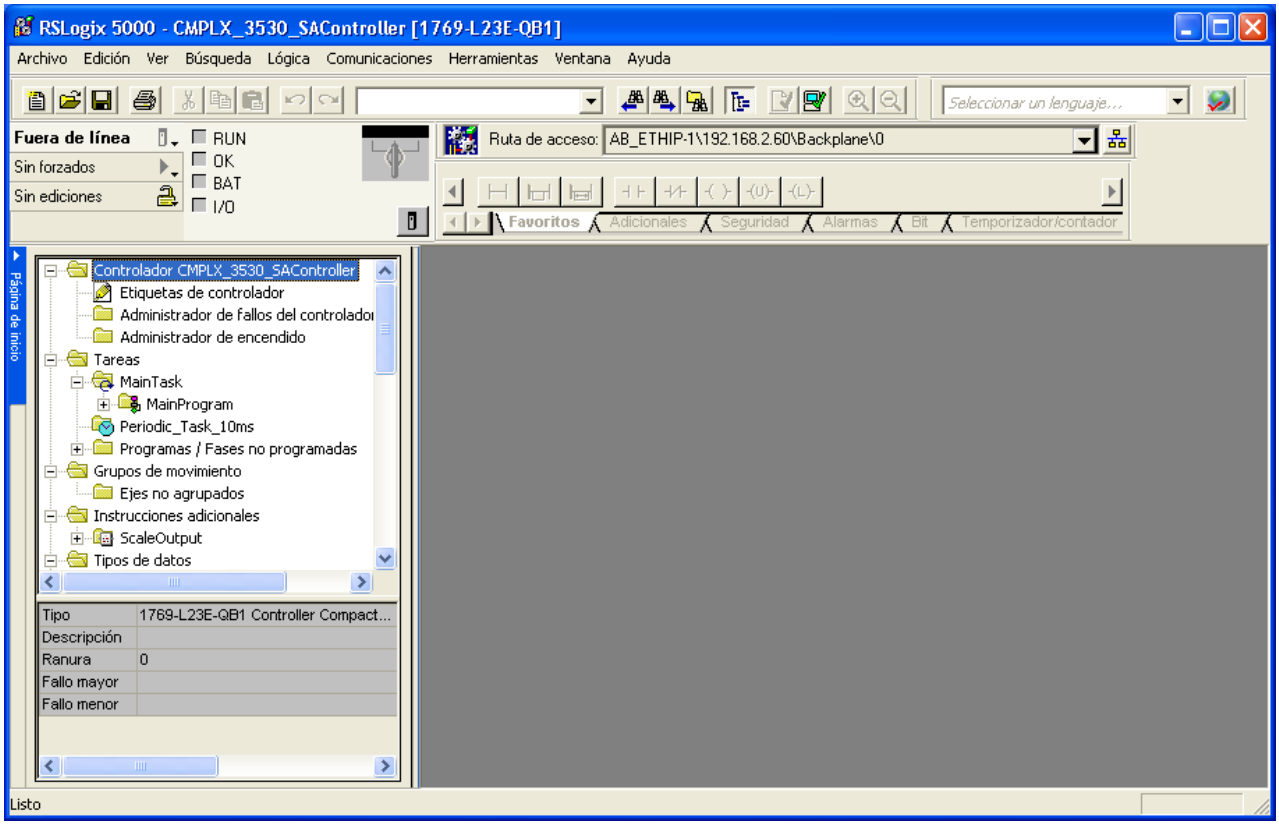


Figura 11. Ventana principal del RSLogix 5000 (con la ventana del organizador del controlador).

5. Antes de descargar el proyecto al PLC, debe seleccionar el PLC con el cual se comunicará el software RSLogix 5000. En el menú *Comunicaciones*, seleccione *Elemento activo* para mostrar la ventana Elemento activo (figura 12).

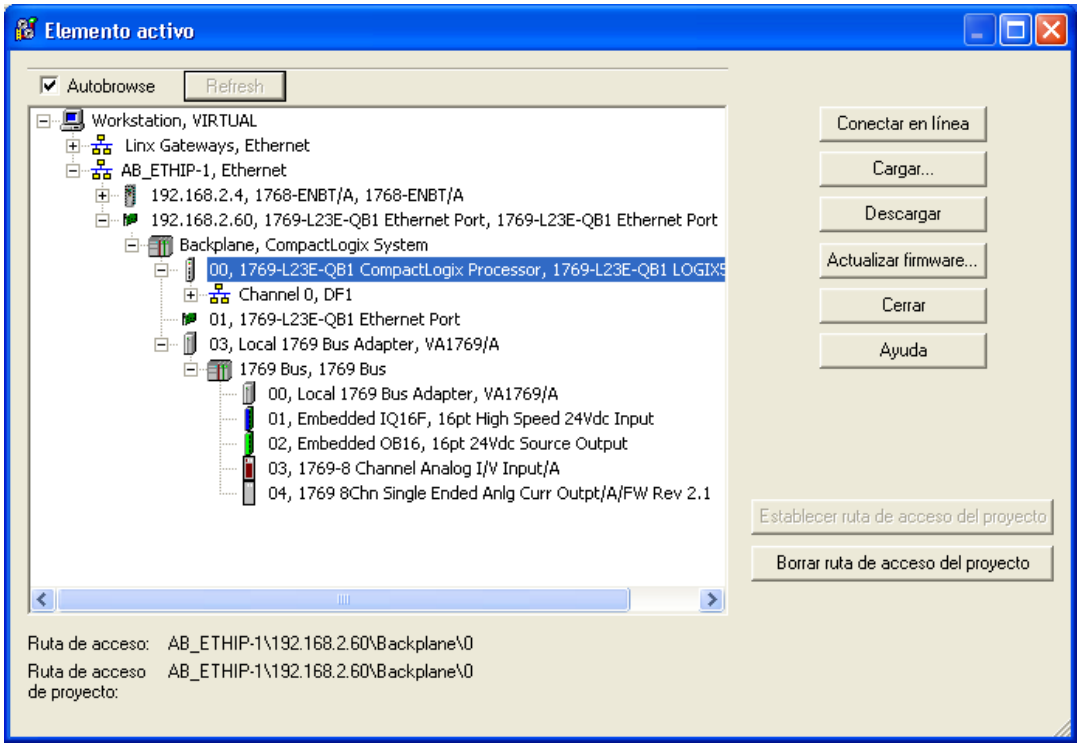


Figura 12. Ventana *Elemento activo*.

Asegúrese de que la llave del PLC esté en la posición REM.

6. Haga clic en el símbolo ⊞ al lado del texto *AB_ETHIP-1, Ethernet* para expandir el árbol de red y seleccionar el PLC de la lista. La identificación puede variar dependiendo del modelo de PLC utilizado.

7. Haga clic en *Descargar* para transferir el proyecto al PLC.

© Festo Didactic 86030-E2

8. A continuación se despliega una ventana de advertencia (figura 13). Haga clic en *Descargar* para continuar.

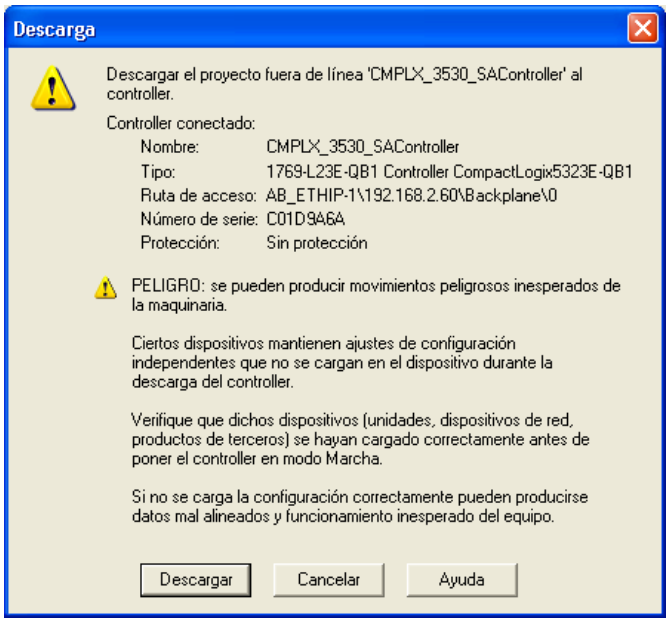


Figura 13. Ventana de advertencia de descarga.

9. La ventana Descargando (figura 14) indica el progreso de la descarga. Espere que la descarga se complete.

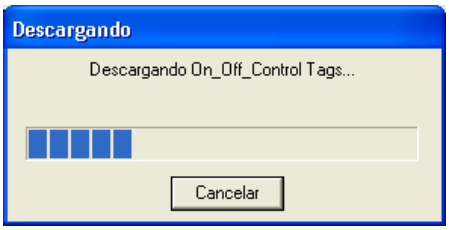


Figura 14. Descargando.

10. Al terminar la descarga, el software RSLogix 5000 automáticamente se pone en línea con el PLC. La posición de la llave y el estatus de los indicadores LED del PLC se muestran en la esquina superior de la ventana del RSLogix 5000.

11. Es necesario seleccionar el programa de control a ejecutar. El programa se selecciona en función del proceso que necesita controlar. Todos los programas disponibles en los proyectos se listan en la carpeta *Programas / Fases no programadas* del organizador del controlador. Para ejecutar un programa y por lo tanto habilitar el modo de control correspondiente, simplemente arrastre la carpeta del programa deseado hacia la carpeta *Periodic_Task_10ms*. La figura 15 muestra un ejemplo con el programa *PIDE_Control* ejecutándose como tarea periódica en el controlador.

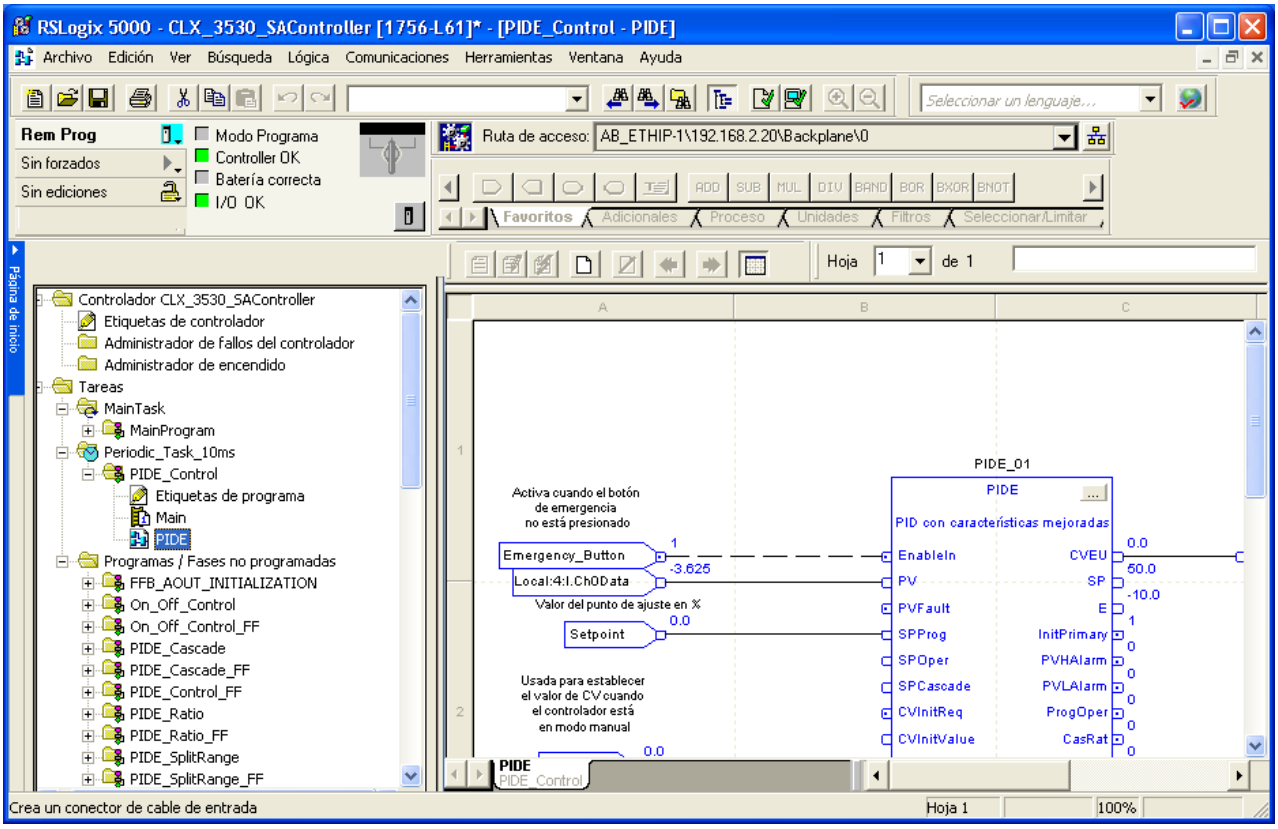


Figura 15. Ejecución de un proyecto.

Estructura del proyecto

Una vez que el proyecto se descarga al PLC, puede conmutar entre los modos (*Programa, Ejecución* y *Prueba*) o ponerse fuera de línea mediante el menú *Comunicaciones*. Ahora está preparado para editar el proyecto de acuerdo a sus necesidades. Antes de ello, echemos un vistazo a cómo un proyecto está organizado en el PLC. A la izquierda de la ventana del RSLogix 5000, el organizador del controlador muestra la estructura del proyecto. La figura 16 muestra el organizador del controlador del CompactLogix con el proyecto en ejecución *CMPLX_3530_SAController.ACD*.

© Festo Didactic 86030-E2

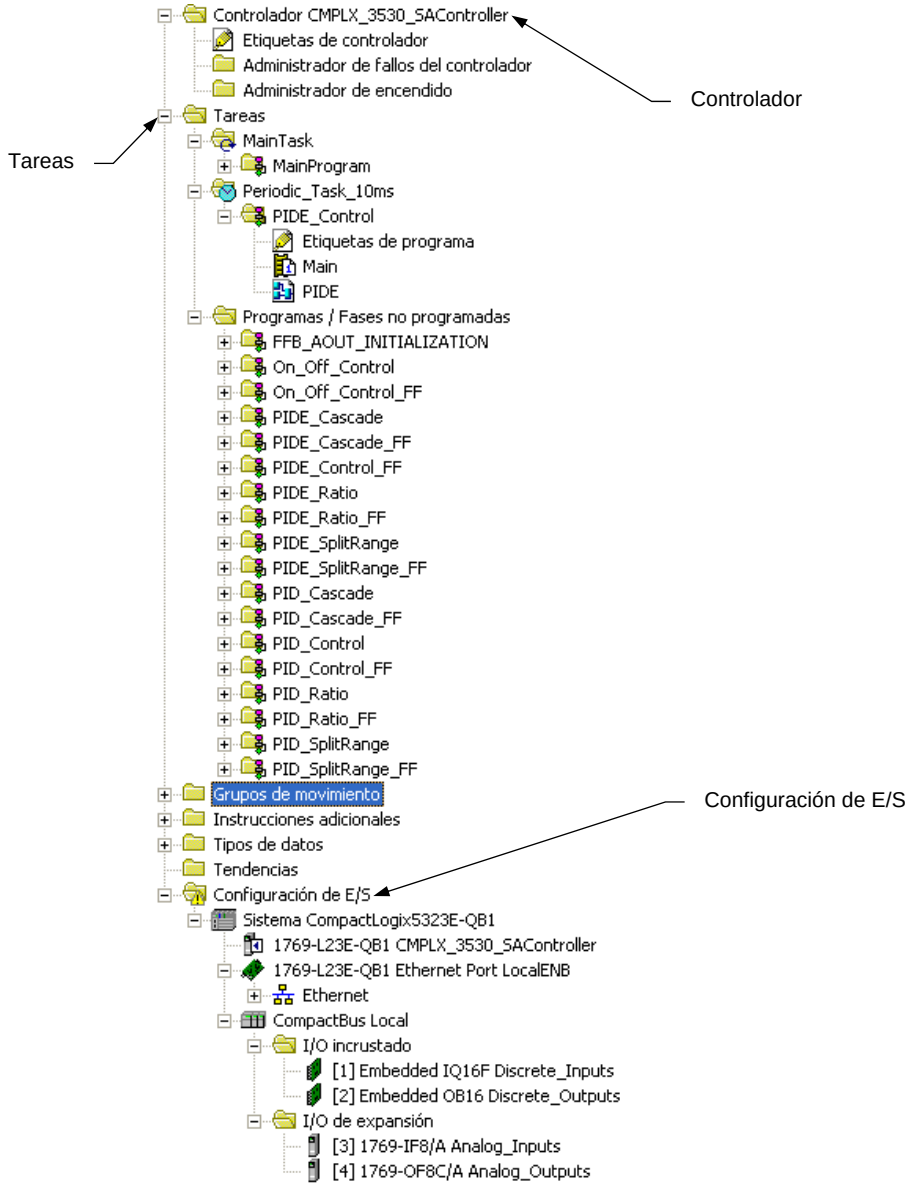


Figura 16. Estructura del proyecto.

En el organizador del controlador, hay tres carpetas relevantes para nuestros propósitos: la carpeta *Controlador*, la carpeta *Tareas* y la carpeta *Configuración de E/S*.

Etiquetas de controlador

La carpeta *Controlador* contiene un ítem denominado *Etiquetas de controlador*. Al hacer clic en este ítem se despliegan las etiquetas del controlador (figura 17). Las etiquetas son un método de direccionamiento de los componentes físicos de un PLC o sus registros internos. El tipo de direccionamiento empleado por los PLC de Allen-Bradley se describe en la Sección 1. Las etiquetas pertenecen a dos categorías. Las etiquetas accesibles por cualquier programa y subrutina son las **etiquetas de controlador**; estas se guardan en la carpeta *Controlador*. Las

etiquetas de controlador son similares a las variables globales en la programación de computadoras. Por otro lado, hay **etiquetas de programa**, las cuales solo son accesibles por programas individuales. Cada programa, como por ejemplo el *PIDE_Control* o el *On_Off_Control*, tiene una lista de *Etiquetas de programa*. Las etiquetas de programa solo son accesibles por la rutina principal y las subrutinas del programa. Dichas etiquetas son similares a las variables locales de la programación de computadoras.

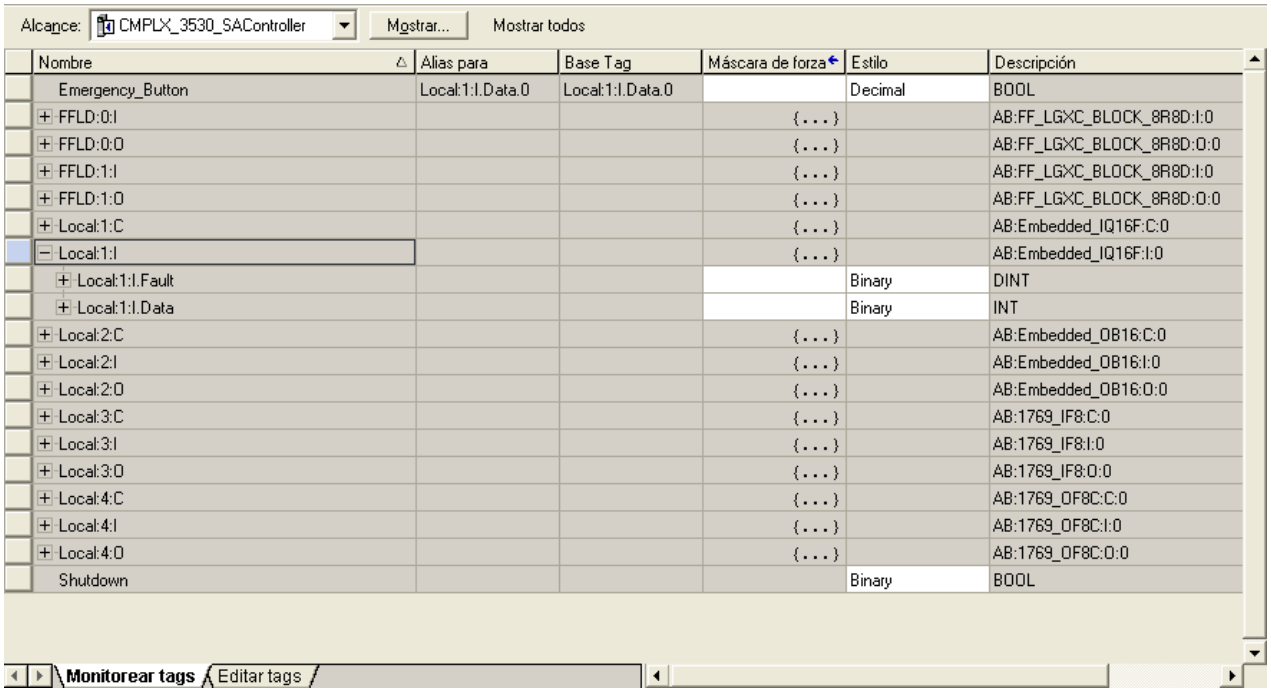


Figura 17. Etiquetas.

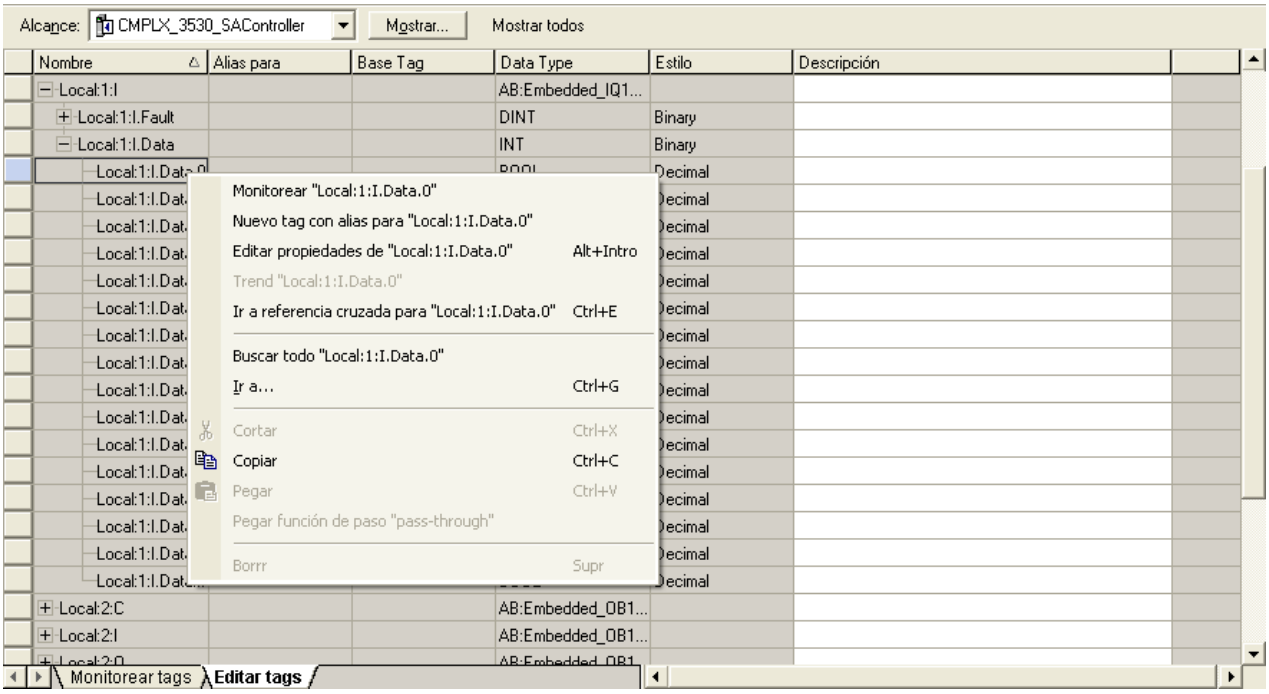
Alias

Para ver el alias asociado a cada etiqueta, puede ser necesario activar la columna *Alias para* en la lista de etiquetas del RSLogix 5000. Para ello, haga clic derecho sobre cualquiera de los encabezados de columna de la lista de etiquetas, a continuación en el menú contextual seleccione el ítem *Alias para* en el menú *Activar columna*.

El uso de etiquetas a partir de la configuración de entrada/salida para programar un PLC puede ser irritante dado que estas no dan una descripción intuitiva de la función real de las entradas o salidas en el proyecto. El software RSLogix 5000 permite el uso de alias para referirse a las etiquetas, pudiendo dar a una entrada o salida un nombre que puede ser recordado fácilmente. Por ejemplo, el proyecto del CompactLogix para el sistema de control de proceso utiliza *Emergency_Button* como un alias para la etiqueta *Local:1:I.Data.0*.

Para crear el alias de una etiqueta, seleccione la etiqueta en la pestaña *Editar tags*, haga clic derecho para visualizar el menú de contexto y seleccione *Nuevo tag con alias para...* como muestra la figura 18.

© Festo Didactic 86030-E2



Asegúrese de seleccionar la pestaña *Editar tags*

Figura 18. Creación de un alias.

Modificación del valor de una etiqueta

Para usar los proyectos provistos con el PLC para controlar un proceso, debe ser posible cambiar el valor de las etiquetas de programa. Esto permite, por ejemplo, cambiar el punto de ajuste del controlador.

Una vez que está descargado el proyecto en el PLC y al menos un programa está ejecutándose como tarea periódica, puede modificar fácilmente los valores de las etiquetas de programa en la pestaña *Monitorear tags*. La figura 19 muestra cómo modificar el valor de una etiqueta editando el campo *Valor*.

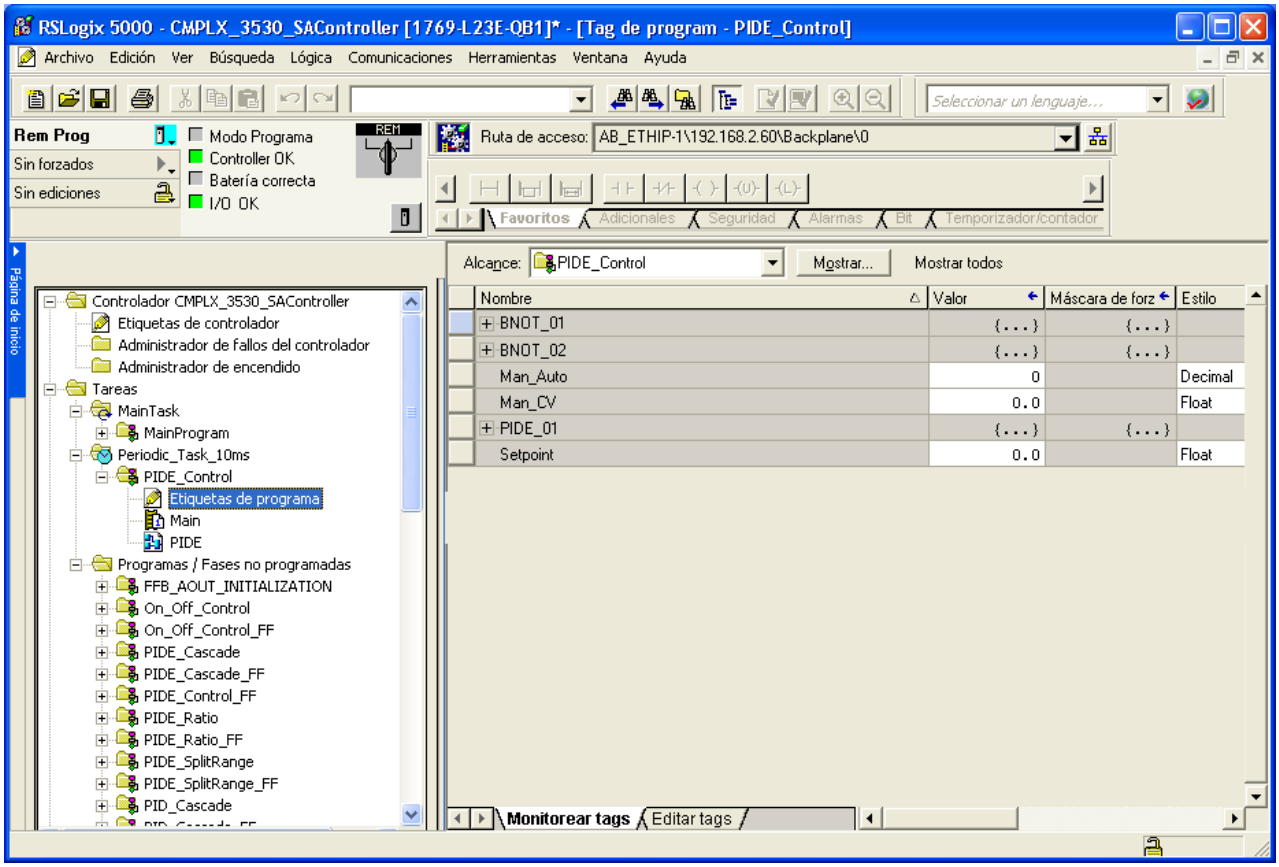


Figura 19. Modificación del valor de una etiqueta.

Adición de otro lazo de control

Usted puede usar múltiples lazos de control para sus procesos o para un segundo equipo de trabajo con el mismo PLC. De hecho, se pueden utilizar tantos lazos de control como salidas análogas disponibles. Los pasos para agregar un lazo de control adicional a un proyecto se describen a continuación mediante un lazo de control On-Off como ejemplo.

1. El lazo On-Off adicional requiere escoger un canal de entrada y uno de salida entre los canales disponibles (se sugieren el canal de entrada análoga 1 y el canal de salida análoga 1). Conecte el transmisor relacionado con el lazo de control adicional a la entrada análoga escogida y conecte el elemento de control a la salida análoga escogida.

2. Si el software RSLogix 5000 no está en ejecución, inícielo y cargue el archivo de proyecto provisto con el PLC. Asegúrese de que el RSLogix 5000 esté en modo fuera de línea. En la carpeta *Programas / Fases no programadas* del árbol del proyecto, seleccione la carpeta del programa correspondiente al tipo de control que desea utilizar para el lazo adicional (por ejemplo, la carpeta *On_Off_Control*). Arrastre y suelte esta carpeta en la carpeta *Programas / Fases no programadas* (figura 20). Esto creará una copia de la rutina de control.

© Festo Didactic 86030-E2

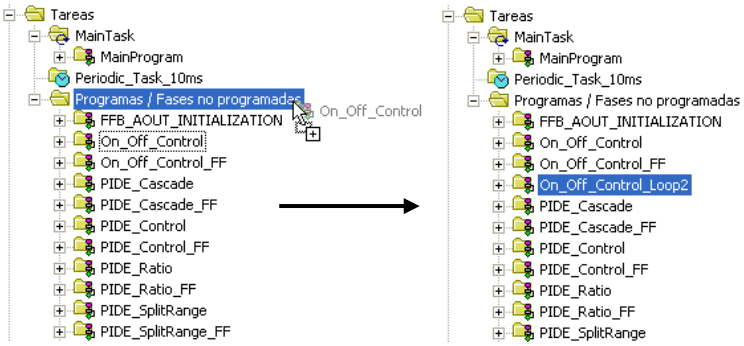


Figura 20. Duplicación de una rutina de control.

3. Haga clic en la carpeta de la recién creada rutina y presione Alt+Enter (o haga clic derecho sobre la carpeta y escoja *Propiedades*) para acceder a las propiedades del programa. Cambie el nombre del programa por uno con significado tal como *On_Off_Control_Loop2* (figura 21).

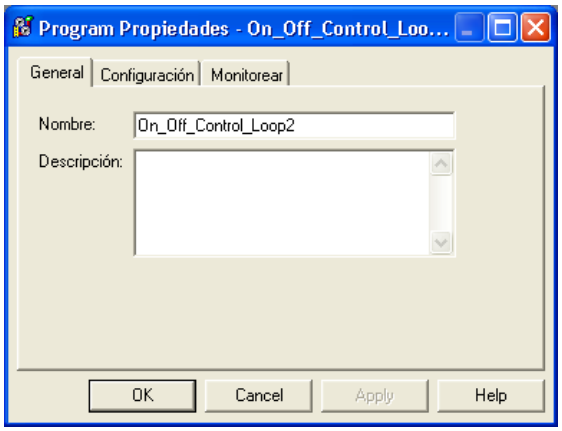


Figura 21. Cambio de nombre de una rutina de control.

4. Las entradas y salidas empleadas por la primera rutina y su copia son actualmente las mismas. Esto debe ser cambiado.

   Expanda la carpeta de la copia de la rutina (es decir, *On_Off_Control_Loop2*) y haga doble clic en el archivo del programa (en este caso el archivo *On_Off*). El diagrama de bloques funcional muestra la entrada y salida real de la rutina como canal de entrada análoga 0 y canal de salida análoga 0, respectivamente.

5. Haga doble clic en la referencia de entrada vinculada a la entrada análoga 0 y luego clic en el símbolo . Seleccione de la lista el canal a utilizar y presione Enter. La figura 22 y la figura 23 muestran cómo hacer dichos cambios en el PLC ControlLogix con un programa de control On-Off. El procedimiento es el mismo para el PLC CompactLogix excepto que las direcciones de entrada/salida son diferentes (ver el Apéndice B).

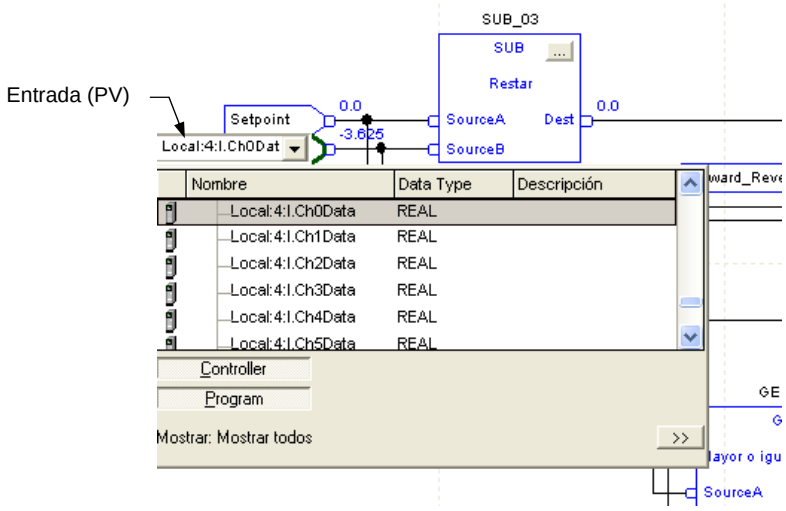


Figura 22. Cambio de la entrada de la rutina de control (ejemplo para un PLC ControlLogix).

6. Haga lo mismo con la referencia de salida vinculada a la salida análoga 0.

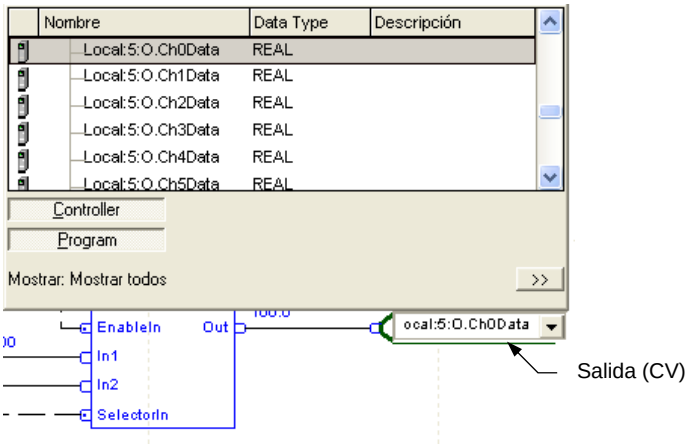


Figura 23. Cambio de la salida de la rutina de control (ejemplo para el PLC ControlLogix).

7. La copia de la rutina posee su propio juego de parámetros los cuales son distintos de los parámetros de la rutina original.

Configure los valores apropiados de los parámetros de la rutina usando la ventana Watch y luego arrastre todas las rutinas de control requeridas desde la carpeta *Programas / Fases no programadas* a la carpeta *Periodic_Task_10ms* (figura 24).

© Festo Didactic 86030-E2

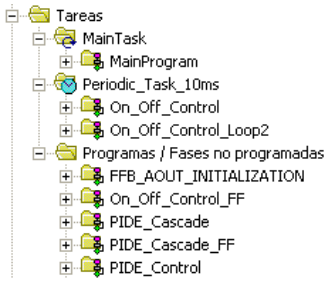


Figura 24. Dos rutinas de control en la carpeta Periodic Task.

Versiones FOUNDATION Fieldbus de los programas

Los programas provistos con el PLC funcionan con tareas de control estándar que emplean entradas y salidas de 4-20 mA del PLC, y así también con las versiones homólogas FOUNDATION Fieldbus. Si está usando Fieldbus en su lazo de control, simplemente use la versión FOUNDATION Fieldbus de la tarea que desea emplear. La versión se identifica por el sufijo _FF en el nombre de la tarea. Observe que para usar una tarea Fieldbus también debe arrastrar la tarea *FFB_AOUT_INITIALIZATION* en la carpeta Periodic Task.

Las entradas y salidas en las versiones Fieldbus se transmiten al puente Fieldbus y al equipo compatible mediante una conexión de red. Para mayor información, consulte los manuales sobre el protocolo FOUNDATION Fieldbus (86002 y 86003-E0).

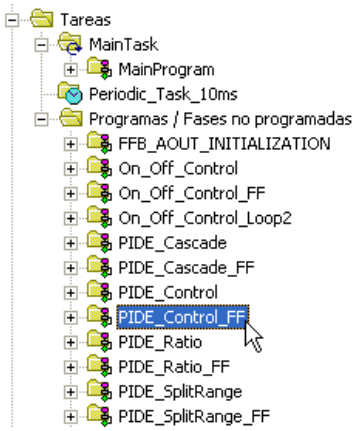


Figura 25. Selección de la versión FOUNDATION Fieldbus de una tarea.

Consulte la ventana Etiquetas de controlador para ubicar las variables FFLD disponibles en el controlador.

Uso de una entrada o salida análoga con el protocolo FOUNDATION Fieldbus

Puede ser necesario utilizar una entrada o salida análoga de 4-20 mA con el PLC a pesar de estar empleando el protocolo FOUNDATION Fieldbus para la mayoría de las comunicaciones entre los dispositivos. Esto puede ser particularmente interesante si se desea incluir dispositivos que no cumplen el protocolo Fieldbus (el registrador electrónico, por ejemplo).

Para utilizar una entrada o salida de 4-20 mA con el protocolo Fieldbus, simplemente modifique la rutina para emplear las variables apropiadas (y cambiar de escala en el caso del CompactLogix).

La figura 26 muestra un ejemplo donde la salida de una instrucción PIDE, que normalmente se transmite a un valor de salida Fieldbus, se cambia de escala (cuando se utiliza un CompactLogix) y se envía a la salida análoga 0 del PLC. Esta salida análoga puede luego ser conectada al registrador electrónico o a otro dispositivo. Como segundo ejemplo en la misma figura, la entrada análoga del canal 0 se escala y envía al valor de entrada 2 Fieldbus del controlador.

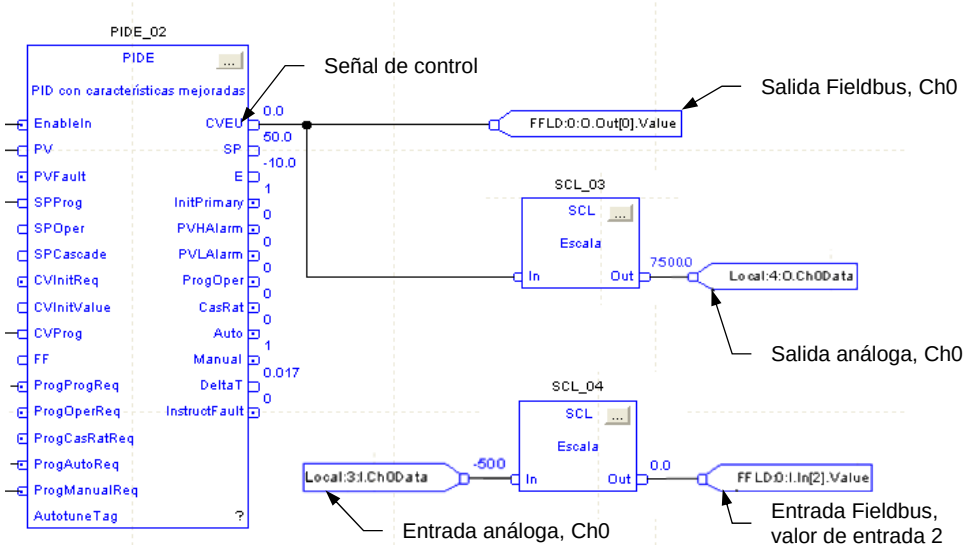


Figura 26. Ejemplo del uso de entradas y salidas análogas con el protocolo FOUNDATION Fieldbus (versión para el CompactLogix).

La función de escalamiento es solo necesaria con el PLC **CompactLogix** y debe utilizarse con los siguientes parámetros:

Al convertir una entrada análoga a una señal FOUNDATION Fieldbus, se emplean los siguientes parámetros en la función *Scale*: *InRawMax* = *10000*, *InRawMin* = *0*, *InEUMax* = *100* y *InEUMin* = *0*.

Al convertir una señal FOUNDATION Fieldbus a una salida análoga, se emplean los siguientes parámetros en la función *Scale*: *InRawMax* = *100*, *InRawMin* = *0*, *InEUMax* = *10000* y *InEUMin* = *0*.

Simplemente ignore las funciones de escala para las entradas y salidas análogas en el caso del PLC **ControlLogix**.

© Festo Didactic 86030-E2

Control On-Off

El control On-Off de un proceso se puede realizar mediante un PLC. Este tipo básico de control se emplea con buenos resultados en procesos de variación lenta. En el PLC se usa una entrada análoga y una salida análoga para la variable de proceso (PV) y la variable de control (CV), respectivamente. De acuerdo a las necesidades del proceso deben configurarse tres parámetros: *Setpoint*, *Deadband* y *Forward_Reverse* (la acción del controlador).

Conexión del PLC al lazo del proceso

1. Conecte el PLC al proceso como se muestra en la figura 27.

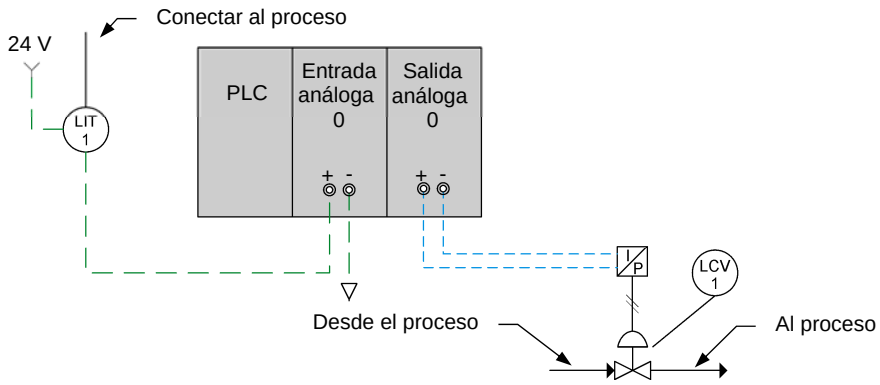


Figura 27. Conexión típica de un PLC para el control on-off.

Configuración del PLC para el control On-Off

2. Asegúrese de que el PLC y su computadora estén configurados como en el Apéndice C. El programa RSLinx debería estar ejecutándose y mostrando el PLC en la ventana RSWho.

Puede encontrar los archivos de proyecto en el CD-ROM de herramientas del PLC (P/N 86948). El archivo de proyecto *CLX_3530_SAController.ACD* es para el PLC ControlLogix y el archivo *CMPLX_3530_SAController.ACD* para el PLC CompactLogix.

3. Inicie el RSLogix 5000 y cargue el archivo de proyecto de PLC correspondiente al controlador.

4. El árbol de proyecto muestra la lista de tareas del PLC. Presione ⊞ para expandir la lista de *Programas / Fases no programadas* (figura 28).

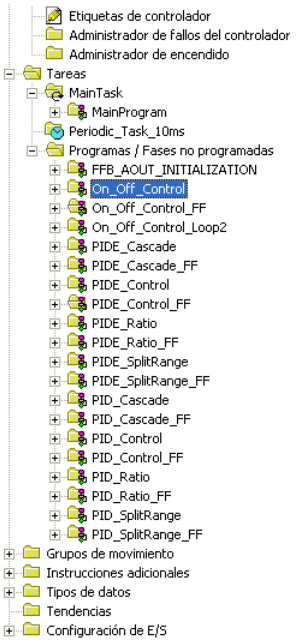


Figura 28. El árbol de proyecto.

5. En la carpeta *Programas / Fases no programadas* se muestra una lista de rutinas de control disponibles. Arrastre la carpeta *On_Off_Control* hacia la carpeta *Periodic_Task_10ms* (figura 29). La rutina On-Off será activada una vez que el proyecto se descargue en el PLC y será llamada cada 10 ms.

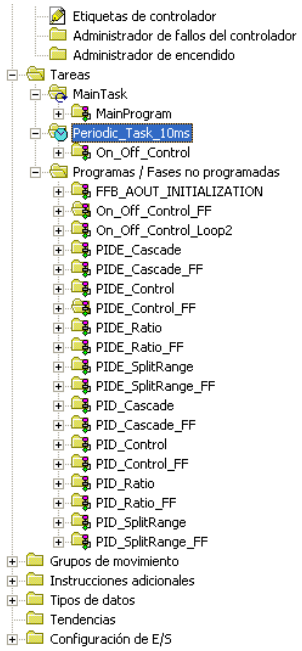


Figura 29. Seleccione la carpeta del programa On-Off control y arrástrela a la carpeta Periodic Task.

© Festo Didactic 86030-E2

6. Expanda la carpeta *On_Off_Control* y haga doble clic en el archivo titulado *On_Off* para abrir el diagrama de bloques funcional de la rutina y explorar su lógica (figura 30).

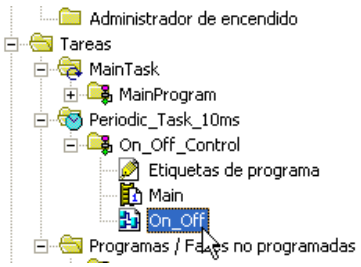


Figura 30. Apertura del programa de la rutina On-Off.

7. Lo primero que se observa en la rutina On-Off (mostrada en la figura 31) es que la entrada análoga 0 se utiliza como la variable de proceso (PV). La salida del programa es la variable de control (CV) y se conecta a la salida análoga 0. Los bloques lógicos se emplean para computar el error (SP-PV) y verificar si este error es mayor que la banda muerta. El resultado apropiado (0% o 100%) se decide y envía a la salida del PLC.

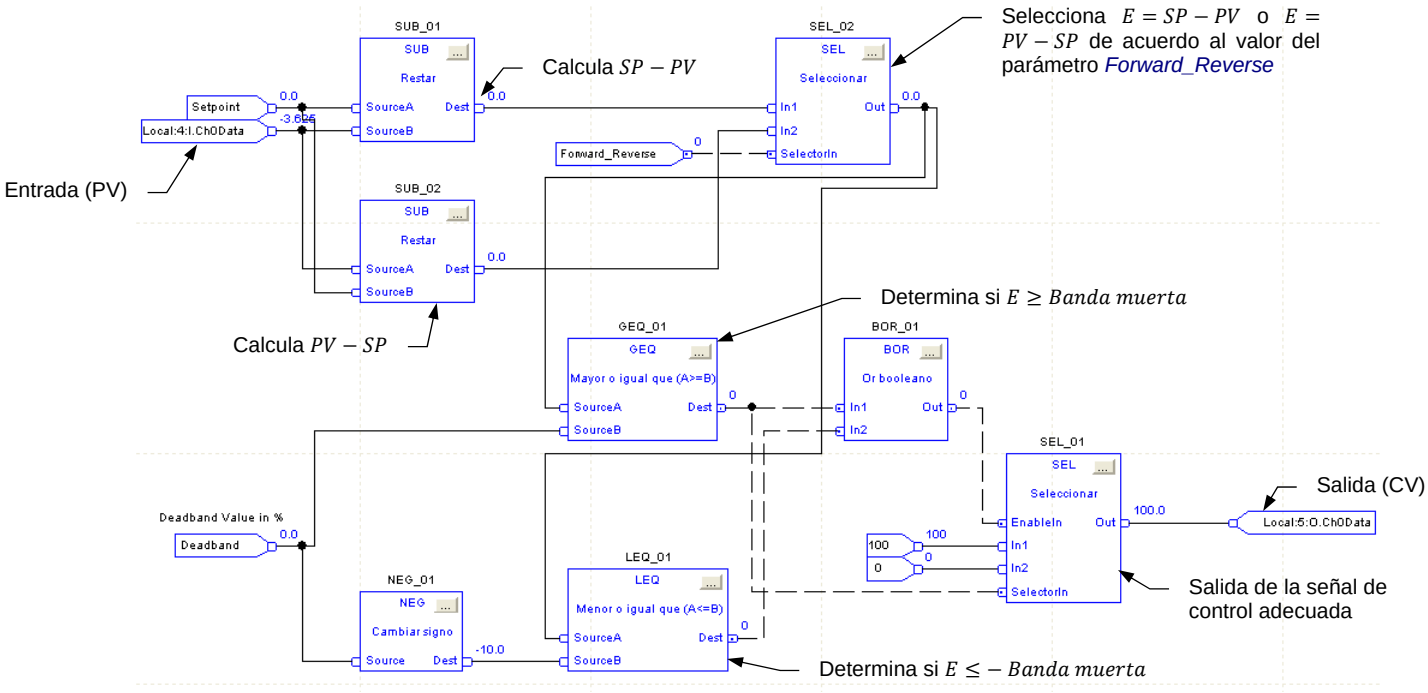


Figura 31. La rutina On_Off.

8. Abra la ventana Watch mediante el menú *Ver* ▶ *Watch* del RSLogix 5000 (o use la combinación Alt+3). En la ventana Watch puede configurar los parámetros indicados en la tabla 2.

Tabla 2. Parámetros configurables del control on-off.

Parámetro	***Descripción***
Setpoint	Valor objetivo de PV. Su rango varía de 0% a 100%.
Deadband	Tamaño del error mínimo necesario para cambiar el valor de CV.
Forward_Reverse	Selección entre acción directa (bit en 0) y acción inversa (bit en 1).

Ajuste los parámetros de acuerdo al proceso. Si es necesario, esos parámetros se pueden modificar.

Ejecución del programa on-off

9. Para transferir el proyecto al PLC, abra la ventana Elemento activo en el menú *Comunicaciones* ▶ *Elemento activo*. El PLC debe aparecer en la lista bajo su dirección IP. Ubique el módulo que contiene el procesador del PLC y haga clic en el botón *Conectar en línea* (figura 32).

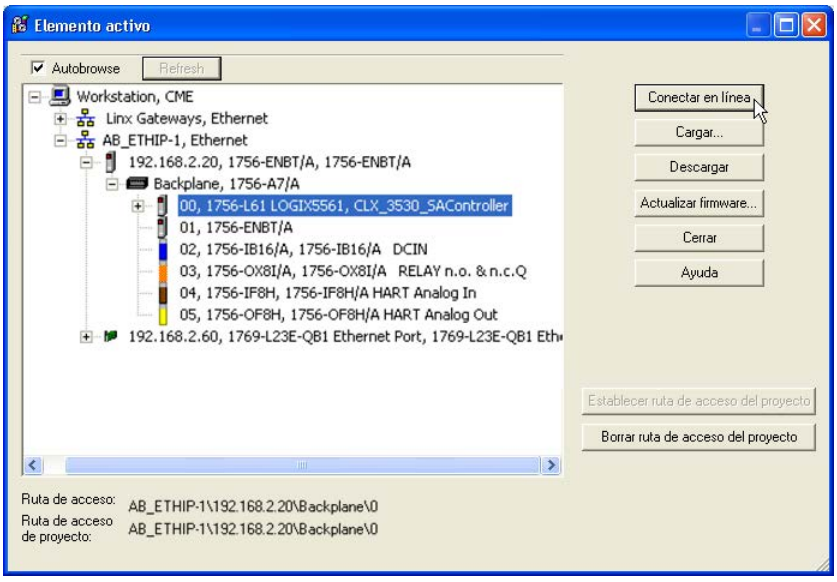


Figura 32. Conexión en línea con el RSLogix 5000.

10. Aparece una ventana que advierte que el proyecto actual en el PLC es distinto al indicado en el RSLogix 5000 (a menos que el proyecto en el PLC sea exactamente igual al que se desea usar). Haga clic en *Descargar* para transferir el proyecto al PLC (figura 33).

© Festo Didactic 86030-E2

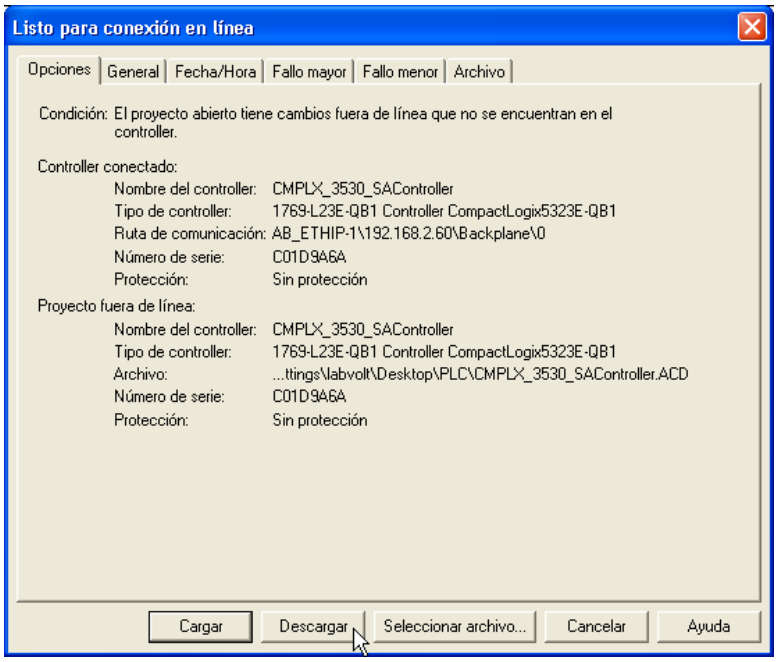


Figura 33. La ventana Listo para conexión en línea.

11. Otra ventana advierte acerca de la descarga en el PLC. Lea la información y haga clic en *Descargar* (figura 34).

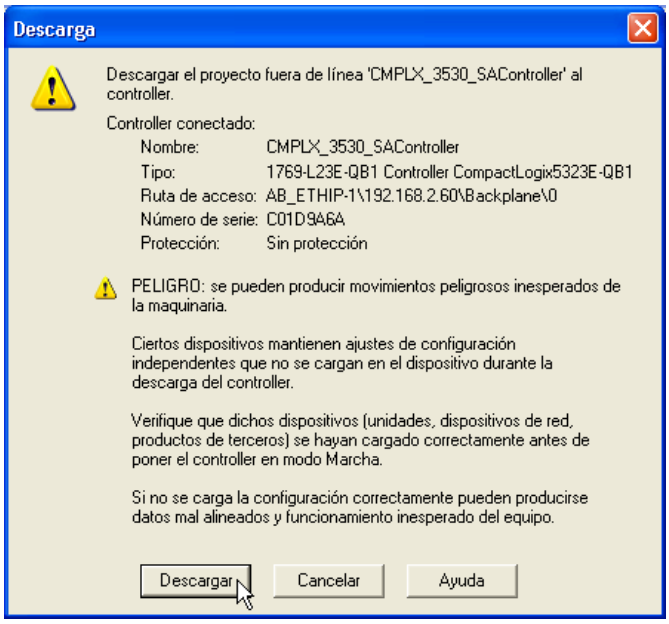


Figura 34. La ventana Descarga.

12. El PLC debe estar en modo ejecución con el fin de ejecutar las instrucciones correctamente. Si este ya estaba en modo ejecución, el RSLogix 5000 pregunta si desea regresar a dicho modo al terminar la descarga del proyecto. Escoja *Sí*. Si el PLC no estaba en tal modo, establézcalo ahora

(*Comunicaciones* ▶ *Modo ejecución*). El PLC se encuentra ahora ejecutando el proyecto.

13. Este proyecto requiere que conecte un botón de emergencia para mayor seguridad. Si la entrada digital 0 del PLC no está alimentada, todos los procesos están apagados. Conecte la entrada digital 0 del PLC a una fuente conmutada de 24 V cc de la unidad eléctrica del *Sistema de entrenamiento en instrumentación y control de procesos*. Las salidas conmutadas son aquellas que se desconectan de la alimentación cuando se presiona el botón de emergencia.

14. Los parámetros de un esquema de control se pueden modificar mientras se está en el modo ejecución mediante la ventana Watch (figura 35). Ajuste los parámetros de acuerdo a las necesidades del lazo de proceso.

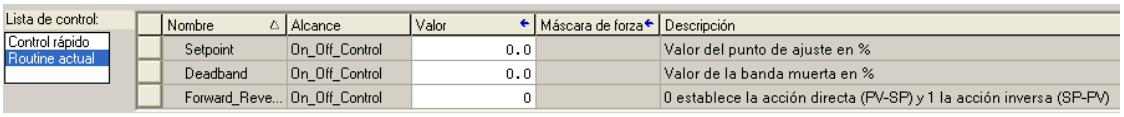


Figura 35. Cambio de los parámetros en la ventana Watch.

15. La rutina On-Off está ahora en ejecución y controlando el proceso.

© Festo Didactic 86030-E2

Control PIDE

El control PID mejorado, o PIDE (Enhanced PID por sus siglas en inglés) es un método usado para controlar la mayoría de procesos industriales. Es muy similar al control PID básico, pero ofrece mayor flexibilidad y funcionalidades avanzadas. El control PIDE se puede emplear en lugar del control PID casi transparentemente, sin embargo en esta sección se subrayan algunas particularidades.

Una de las primeras cosas a saber sobre las rutinas PIDE es que usan una versión diferente del algoritmo PID clásico denominada forma de velocidad. En la versión clásica del algoritmo (también denominada forma de posición), la señal de salida (CV) depende ampliamente del tamaño actual del error. Los algoritmos de forma de velocidad son distintos ya que emplean intervalos de tiempo discretos. El valor de la señal de salida en el paso n (CV_n) depende del valor de la señal en el paso anterior (CV_{n-1}) más el cambio debido al algoritmo de control ($\Delta PIDE$):

$$CV_n = CV_{n-1} + \Delta PIDE$$

En su **forma independiente**, el algoritmo de control tiene la siguiente forma matemática:

$$CV_n = CV_{n-1} + K_P(E_n - E_{n-1}) + \frac{K_I}{60}E_n\Delta t + 60K_D\frac{E_n - 2E_{n-1} + E_{n-2}}{\Delta t} \quad (1)$$

donde
- CV_n es la variable de control en el paso n.
- E_n es el error ($PV - SP$) en el paso n.
- Δt es el tiempo de actualización (en segundos) utilizado por el lazo.
- K_P es la ganancia proporcional.
- K_I es la ganancia integral (en minutos^{-1}). Un mayor valor de K_I produce una mayor respuesta integral.
- K_D es la ganancia derivativa (en minutos).

Al cambiar el valor de uno de los coeficientes de ganancia K no se tiene un efecto sobre las acciones asociadas a los otros coeficientes de ganancia. La ecuación puede escribirse en forma dependiente mediante las siguientes relaciones:

$$K_P = K_C \qquad K_I = \frac{K_C}{T_I} \qquad K_D = K_C T_D$$

La **forma dependiente** del algoritmo de control es:

$$CV_n = CV_{n-1} + K_C\left(E_n - E_{n-1} + \frac{1}{60T_I}E_n\Delta t + 60T_D\frac{E_n - 2E_{n-1} + E_{n-2}}{\Delta t}\right) \quad (2)$$

donde K_C es la ganancia del controlador.

T_I es el tiempo integral (en minutos). Un mayor valor de T_I produce una menor respuesta integral.
T_D es el tiempo derivativo (en minutos).

En la forma dependiente, un cambio en el valor de K_C también tiene un efecto en las acciones integral y derivativa del controlador.

El tiempo de actualización (Δt) es igual a la duración de un solo periodo de las tareas periódicas dado que la rutina de control se programa como tarea periódica en el PLC. El tiempo de actualización es 10 ms por defecto. Este puede cambiarse, de ser necesario, cambiando el parámetro periodo en el menú propiedades de la carpeta *Periodic_Task_10ms*.

También es importante notar que las rutinas PIDE pueden usarse en modo programa o en modo operador. El modo programa se utiliza cuando el programa supervisa el esquema de control. El modo operador se usa típicamente cuando un usuario se comunica con el PLC por medio de una interfaz. Ambos modos tienen sus propios puntos de ajuste y parámetros. Es posible cambiar entre un modo y otro, pero, como regla general, en este manual solo usaremos el modo programa.

Conexión del PLC al lazo de proceso

1. Conecte el PLC al proceso como se muestra en la figura 36.

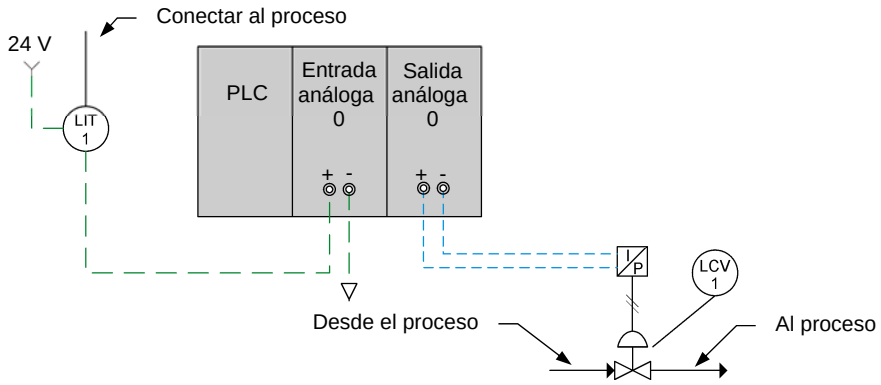


Figura 36. Conexión típica de un PLC para control PIDE.

De ser necesario, es posible conectar más lazos de control al PLC utilizando las otras entradas y salidas análogas disponibles. Para los detalles, diríjase a las páginas 1 a 1 de la Sección 2.

Configuración del PLC para el control PIDE

2. Asegúrese de que el PLC y la computadora estén configurados como se explica en el Apéndice C. El RSLinx debería estar ejecutándose y el PLC debe visualizarse en la ventana RSWho.

3. Inicie el RSLogix 5000 y cargue el archivo de proyecto apropiado al controlador.

© Festo Didactic 86030-E2

4. El árbol de proyecto muestra la lista de tareas del PLC. Presione ⊞ para expandir la lista de *Programas / Fases no programadas* (figura 37).

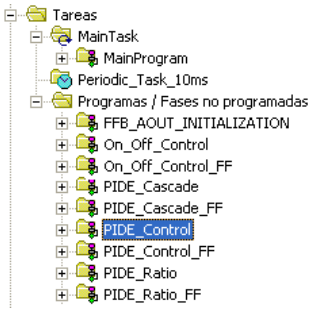


Figura 37. El árbol de proyecto.

5. En la carpeta *Programas / Fases no programas* se muestra la lista de rutinas de control disponibles. Arrastre la carpeta *PIDE_Control* a la carpeta *Periodic_Task_10ms* (figura 38). La rutina PIDE se activará una vez que el proyecto se descargue al PLC.

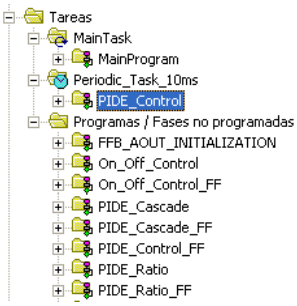


Figura 38. Seleccione la carpeta del programa PIDE_Control y arrástrela a la carpeta Periodic Task.

6. Expanda la carpeta *PIDE_Control* y haga doble clic en el archivo denominado *PIDE* para abrir el diagrama de bloques funcional de la rutina y explorar su lógica (figura 39).

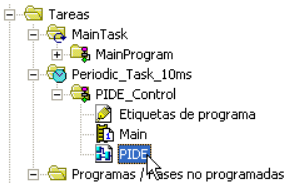


Figura 39. Apertura del programa de la rutina PIDE.

7. Lo primero a observar en la rutina PIDE (figura 40) es que la entrada análoga 0 se utiliza como la variable de proceso (PV). La salida es la variable de control (CV) y corresponde a la salida análoga 0. Observe el bloque PIDE no está habilitado a menos que el alias *Emergency_Button* esté

en 1 (es decir, se debe enviar una señal de 24 V a la entrada digital 0 del PLC).

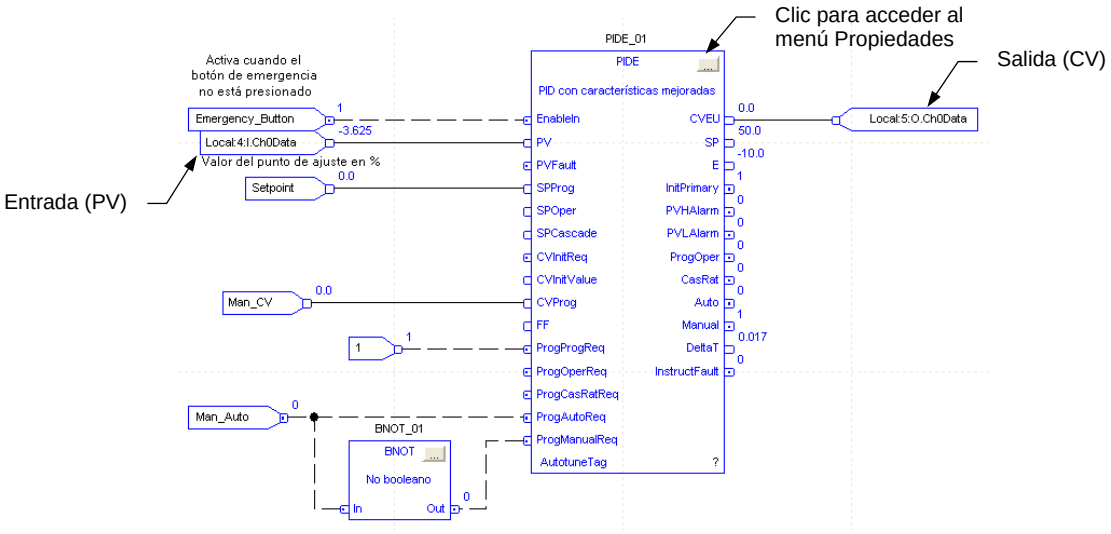


Figura 40. La rutina PIDE.

8. Abra la ventana Watch mediante el menú *Ver* ▶ *Watch* del RSLogix 5000 (o use la combinación Alt+3). En la ventana Watch es posible configurar los parámetros indicados en la tabla 3.

Tabla 3. Parámetros configurables del control PIDE.

Parámetro	*Descripción*
Setpoint	Valor objetivo de PV. Puede configurarse en el rango de 0% a 100%.
Man_Auto	Usado para seleccionar el modo manual (si es 0) o modo automático (si es 1).
Man_CV	Valor de CV cuando el controlador está en modo manual. Puede configurarse en el rango de 0% a 100%.

9. Luego, ubique el símbolo … en la esquina superior derecha del diagrama de bloques. Haga clic en este para acceder a la ventana Propiedades (figura 41) del bloque y poder configurar los parámetros del lazo PIDE. Consulte la tabla 4 para la lista de parámetros a configurar en la pestaña *Configuración general* de la ventana Propiedades.

Ingrese los parámetros requeridos para el lazo PIDE. Si no conoce todavía el valor de los parámetros de sintonización puede ingresar un valor estimado. Estos parámetros se pueden cambiar una vez que el PLC esté en línea, pero la salida del lazo PIDE no cambiará a menos que asigne un valor no nulo a por lo menos un parámetro de sintonización.

© Festo Didactic 86030-E2

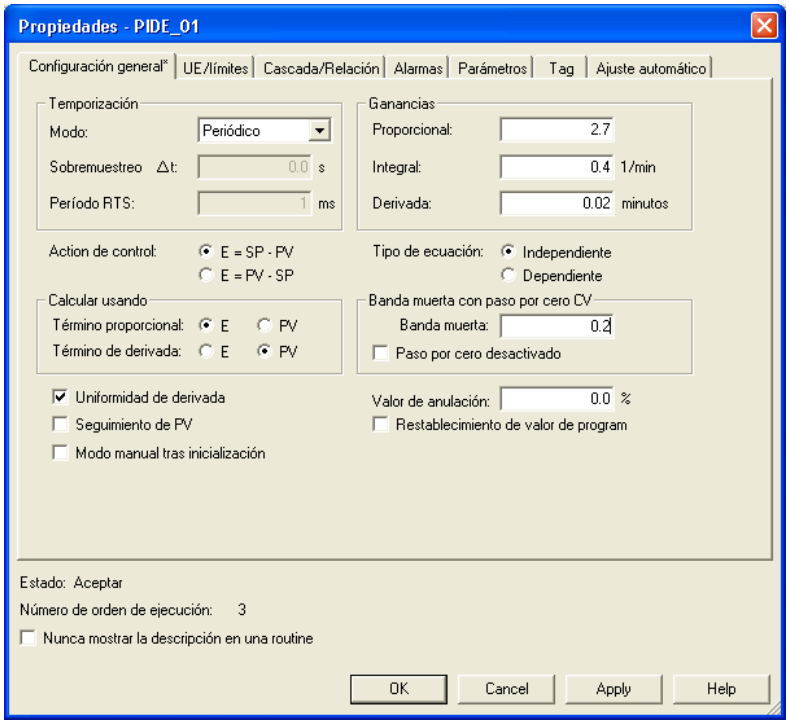


Figura 41. Ventana de Propiedades del PIDE.

Tabla 4. Parámetros importantes del bloque de función PIDE.

Parámetro	*Descripción*
Acción de control	Escoja la acción de control directa (Error = PV-SP) o inversa (Error = SP-PV).
Tipo de ecuación	Escoja una de las dos formas de la ecuación PIDE (independiente o dependiente).
Ganancias	Especifique los parámetros de sintonización relevantes para la forma de la ecuación PIDE usada:
Calcular utilizando	Especifica si la acción proporcional y la acción derivativa se calculan de acuerdo al error (E) o a la variable de proceso (PV) solamente.

Independiente	Dependiente
Ganancia proporcional K_P	Ganancia del controlador K_C
Ganancia integral K_I (min^{-1})	Tiempo integral T_I (min)
Ganancia derivativa K_D (min)	Tiempo derivativo T_D (min)

Parámetro	Descripción
Banda muerta	Ingrese el tamaño de la banda muerta (en %) a utilizar. Deje el campo vacío o en 0 para deshabilitar esta opción. Active la opción Paso por cero desactivado si no desea que el error pase por cero antes que la banda muerta sea activada.
Uniformidad de derivada	Esta opción reduce los efectos de una señal PV con ruido al suavizar la acción derivativa. Por otro lado puede limitar la efectividad de la acción derivativa, especialmente para ganancias grandes.
Seguimiento de PV	Cuando esté parámetro está activo, el valor de SP seguirá el valor de PV cuando el controlador está en modo manual.

Ejecución del programa de control PIDE

10. Para transferir el proyecto al PLC, abra la ventana Elemento activo mediante el menú *Comunicaciones* ▶ *Elemento activo*. El PLC debería aparecer en la lista bajo su dirección IP. Ubique el módulo del procesador del PLC y haga clic en el botón *Conectar en línea* (figura 42).

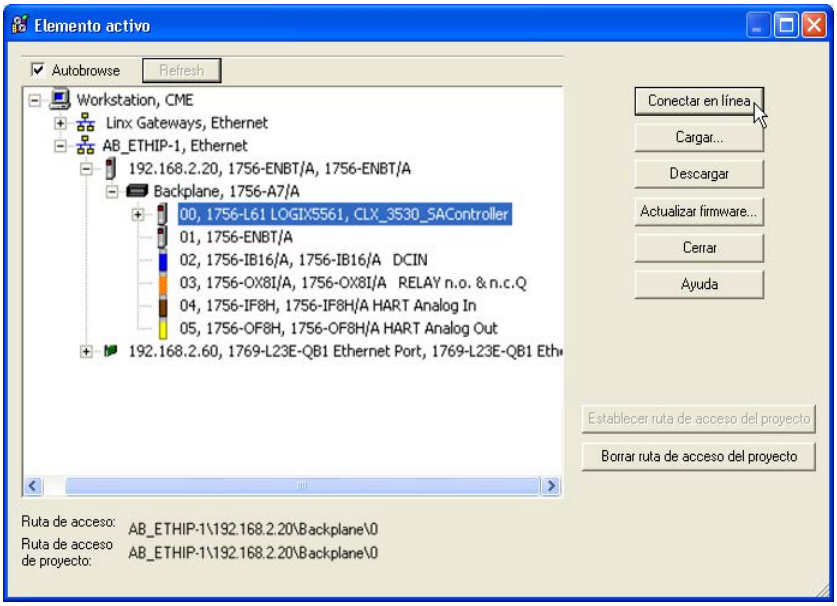


Figura 42. Conexión con el RSLogix 5000.

11. Aparece una ventana que advierte que el proyecto actual en el PLC es distinto al que está activo en el RSLogix 5000 (figura 43), a menos que el proyecto en el PLC sea exactamente igual al que desea emplear. Haga clic en *Descargar* para transferir el proyecto al PLC.

© Festo Didactic 86030-E2

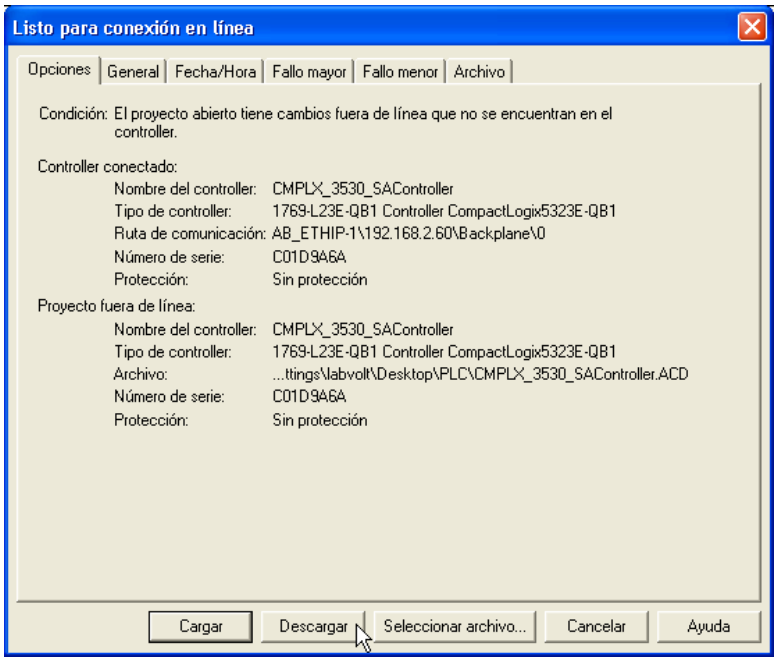


Figura 43. Ventana Listo para conexión en línea.

12. Otra ventana advierte acerca de actualizar el PLC. Lea la información y haga clic en *Descargar* (figura 44).

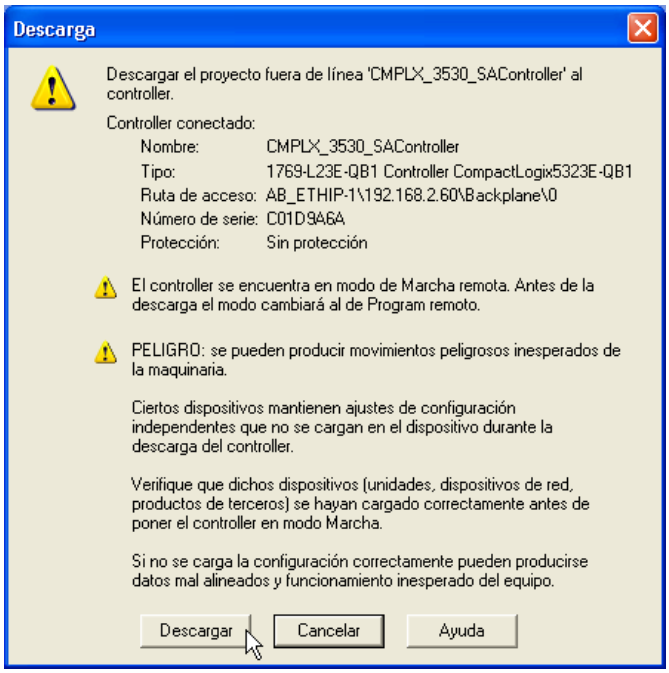


Figura 44. Ventana Descarga.

13. El PLC debe estar en modo ejecución para ejecutar las instrucciones correctamente. Si este ya estaba en modo ejecución, el RSLogix 5000

pregunta si desea retornar a dicho modo una vez se haya descargado el proyecto. Seleccione *Sí*. Si el PLC no estaba en modo ejecución, póngalo en tal modo (*Comunicaciones* ▶ *Modo ejecución*). El PLC está ahora ejecutando el proyecto.

14. Este proyecto requiere que conecte un botón de emergencia para mayor seguridad. Si la entrada digital 0 del PLC no está alimentada, todos los procesos están apagados. Conecte la entrada digital 0 del PLC a una fuente conmutada de 24 V cc de la unidad eléctrica del *Sistema de entrenamiento en instrumentación y control de procesos*. Las salidas conmutadas son aquellas que se desconectan de la alimentación cuando se presiona el botón de emergencia.

15. Vaya a la rutina *PIDE* y abra la ventana Watch (figura 45).

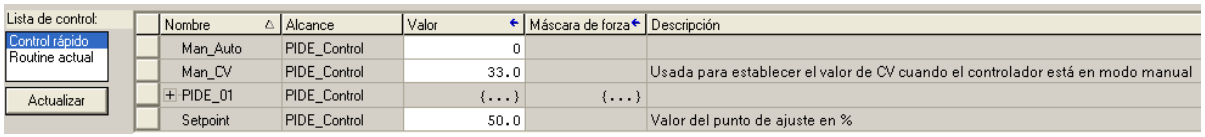


Figura 45. Parámetros listados en la ventana Watch para el control PIDE.

El valor del parámetro *Man_Auto* debe ser 0 (cámbielo si no es el caso) indicando que el controlador PIDE está en **modo manual**. Con el controlador PIDE en modo manual se puede cambiar la salida para probar el elemento de control o realizar cambios escalón al caracterizar el proceso. En modo manual la salida del lazo de control cambia al modificar el parámetro *Man_CV*. Ubique este parámetro en la ventana Watch y pruebe algunos valores. Observe que la salida del lazo varía de acuerdo al parámetro.

16. Ponga en **modo automático** el controlador PIDE. Para ello, en la ventana Watch establezca el parámetro *Man_Auto* en 1. En la ventana Watch usted puede variar el punto de ajuste del controlador mediante el parámetro *Setpoint*.

La rutina PIDE está ahora ejecutándose y controla el proceso. En la ventana Propiedades del lazo PIDE (desplegada al hacer clic en el símbolo ... del bloque de la función PIDE), puede cambiar los parámetros de sintonización, la acción del controlador PIDE y varios parámetros más.

Algunos parámetros útiles

El cálculo del valor de salida del bloque de función PIDE se basa en el valor de la salida del paso anterior más un cambio debido al proceso. El cambio debido al proceso puede ser nulo lo que produce que la salida resultante permanezca constante en un valor que posiblemente es inadecuado para el proceso. Esto puede pasar cuando el algoritmo de control está en modo P o PD. Para ajustar el valor de CVEU, se puede utilizar el siguiente procedimiento:

- Ajuste el parámetro *CVInitValue* al valor requerido a la salida del controlador PIDE.

© Festo Didactic 86030-E2

- Establezca en 1 el parámetro *CVInitReq*. El algoritmo de control usará el valor *CVInitValue* como base del siguiente calculo. Establezca en 0 *CVInitReq* para reanudar el esquema de control. La salida está ahora ajustada.

Este método también es útil si la salida (CVEU) se satura y se requiere restaurarla a un valor adecuado.

Por último, un parámetro importante es el bit de estado *InstructFault* del bloque de función PIDE. Su valor normal es 0 mientras que el valor 1 indica que hay un problema de configuración del bloque PIDE. Si el bit *InstructFault* tiene el valor 1, los bits en 1 del parámetro *Status1* indican lo que está mal. Consulte la documentación del fabricante del PLC para una lista completa de las posibles fallas y los bits de estado asociados (Referencia: 1756-rm006, *Logix5000 Controllers Process Control and Drives Instructions*).

Control en cascada

El control en cascada es un tipo de control que puede ser muy útil cuando una variable de proceso secundaria de cambio rápido suministra información del comportamiento de la variable primaria. La información adicional produce un control más estricto y el consiguiente esquema de control en cascada típicamente brinda un mejor desempeño global. Este tipo de control puede llevarse a cabo con un PLC simplemente combinando dos bloques de función PIDE.

Conexión del PLC al lazo de control

1. Conecte el PLC al proceso como se muestra en la figura 46.

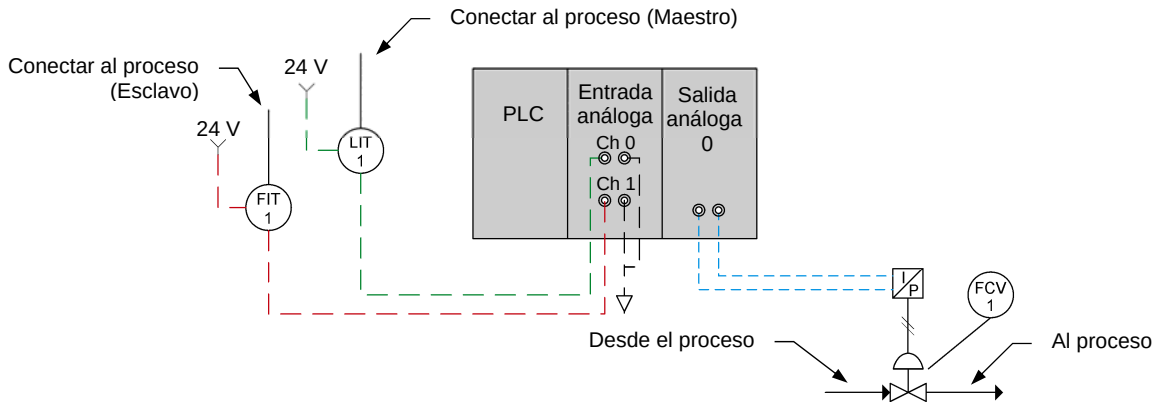


Figura 46. Conexión típica de un PLC para control en cascada.

Es posible conectar más lazos de control al PLC, de ser necesario, utilizando las otras entradas y salidas análogas disponibles. Para los detalles consulte las páginas 1 a 1 de la Sección 2.

Configuración del PLC para el control en cascada

2. Asegúrese de que el PLC y la computadora estén configurados como se explica en el Apéndice C. El RSLinx debería estar ejecutándose y el PLC debe visualizarse en la ventana RSWho.

3. Inicie el RSLogix 5000 y cargue el archivo de proyecto apropiado al controlador.

4. El árbol de proyecto muestra la lista de tareas del PLC. Presione ⊞ para expandir la lista de *Programas / Fases no programadas* (figura 47).

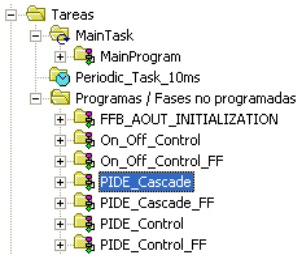


Figura 47. El árbol de proyecto.

5. En la carpeta *Programas / Fases no programas* se muestra la lista de rutinas de control disponibles. Arrastre la carpeta *PIDE_Cascade* a la carpeta *Periodic_Task_10ms* (figura 48). La rutina PIDE en cascada se activará una vez que el proyecto se descargue al PLC y se actualizará cada 10 ms.

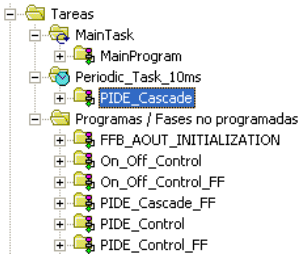


Figura 48. Seleccione la carpeta del programa PIDE_Cascade y arrástrela a la carpeta Periodic Task.

6. Expanda la carpeta *PIDE_Cascade* y haga doble clic en el archivo denominado *PIDE_Cascade* para abrir el diagrama de bloques funcional de la rutina y explorar su lógica (figura 49).

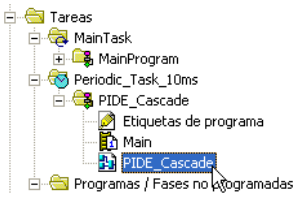


Figura 49. Apertura del programa de la rutina PIDE_Cascade.

7. Lo primero a observar en la rutina de cascada (figura 50) es que los bloques de función PIDE están conectados entre si para obtener el efecto de cascada deseado. El bloque de función PIDE de la izquierda actúa como el lazo maestro y emplea la entrada análoga 0 como variable de proceso ($PV_{maestro}$). La salida del lazo maestro está conectada directamente al lazo esclavo donde se utiliza como punto de ajuste remoto. El segundo bloque PIDE funciona como lazo esclavo y utiliza la entrada análoga 1 como variable de proceso ($PV_{esclavo}$) y la salida análoga 0 como variable de control (CV).

© Festo Didactic 86030-E2

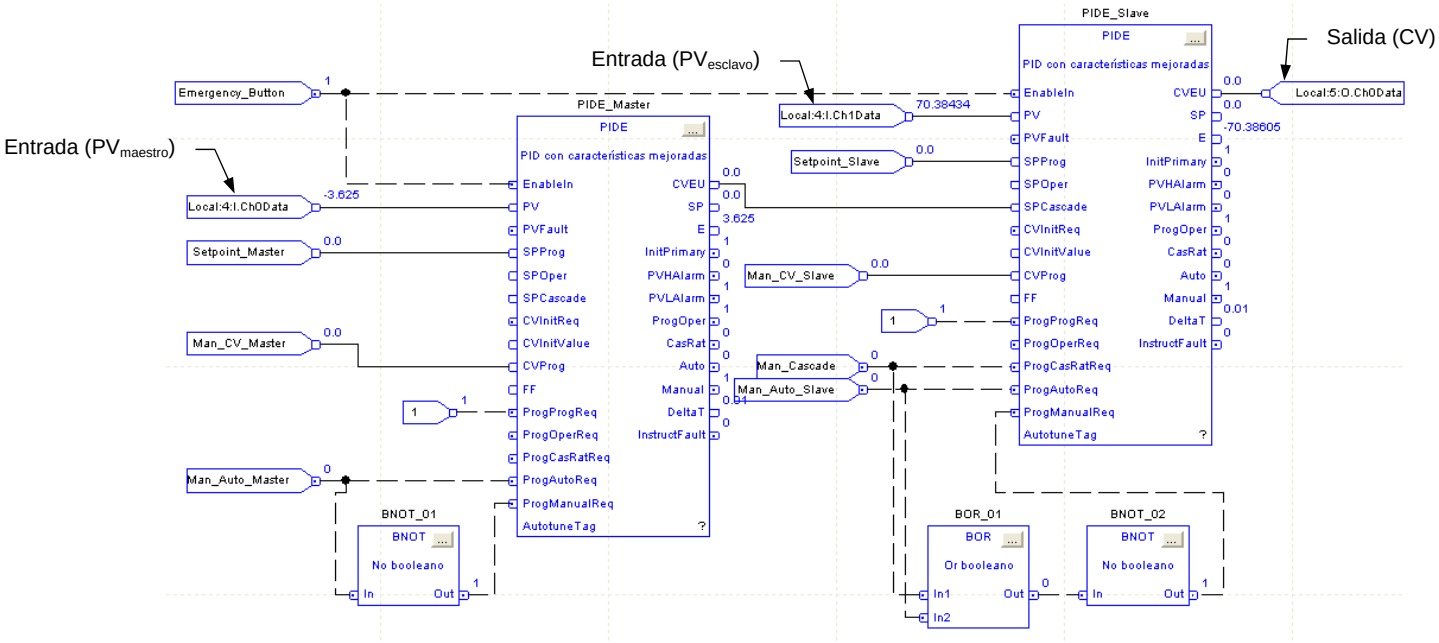


Figura 50. Rutina PIDE_Cascade.

8. Abra la ventana Watch mediante el menú *Ver* ▶ *Watch* del RSLogix 5000 (o use la combinación de teclas Alt+3). En la ventana Watch es posible configurar los parámetros indicados en la tabla 5.

Tabla 5. Parámetros configurables del control en cascada PIDE.

Parámetro	*Descripción*
Setpoint_Master	Valor objetivo de $PV_{maestro}$. Puede configurarse en el rango de 0% a 100%.
Setpoint_Slave	Valor objetivo de $PV_{esclavo}$. Este parámetro solo es relevante cuando el lazo esclavo no está operando en modo cascada. Puede configurarse en el rango de 0% a 100%.
Man_Auto_Master	Usado para seleccionar el modo manual (si es 0) o modo automático (si es 1) del controlador maestro.
Man_Auto_Slave	Usado para seleccionar el modo manual (si es 0) o modo automático (si es 1) del controlador esclavo.
Man_CV_Master	Valor de la salida del lazo maestro cuando el controlador maestro está en modo manual. Proporciona el control del punto de ajuste del lazo esclavo. Puede configurarse en el rango de 0% a 100%.
Man_CV_Slave	Valor de CV cuando el controlador esclavo está en modo manual. Puede configurarse en el rango de 0% a 100%.
Man_Cascade	Aplica únicamente al controlador esclavo. Selección entre el modo punto de ajuste manual (si es 0) o el modo punto de ajuste en cascada (si es 1).

Cada uno de los controladores PIDE (maestro y esclavo) tiene su propia configuración y conjunto de parámetros PID que se pueden modificar en la ventana Propiedades del respectivo bloque funcional. Acceda a dicha ventana mediante el símbolo … del bloque funcional respectivo. Las

opciones apropiadas y parámetros deben especificarse para ambos lazos con el fin de que el control en cascada funcione correctamente. (Ver la figura 41 y la tabla 4 en la página 1 para los detalles de configuración).

Ejecución del programa PIDE en cascada

9. Para transferir el proyecto al PLC, abra la ventana Elemento activo mediante el menú *Comunicaciones* ▶ *Elemento activo*. El PLC debería aparecer en la lista bajo su dirección IP. Ubique el módulo del procesador del PLC y haga clic en el botón *Conectar en línea* (figura 51).

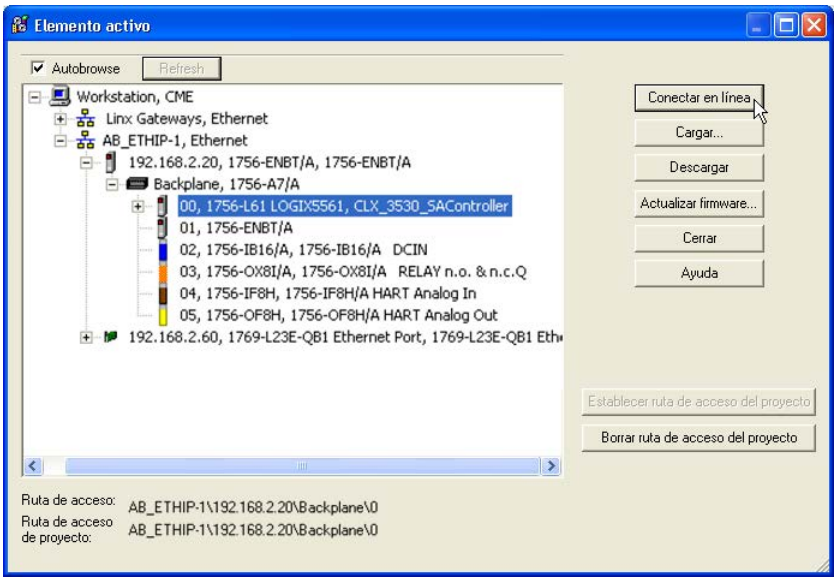


Figura 51. Conexión con el RSLogix 5000.

10. Aparece una ventana que advierte que el proyecto actual en el PLC es distinto al que está activo en el RSLogix 5000 (figura 52), a menos que el proyecto en el PLC sea exactamente igual al que desea emplear. Haga clic en *Descargar* para transferir el proyecto al PLC.

© Festo Didactic 86030-E2

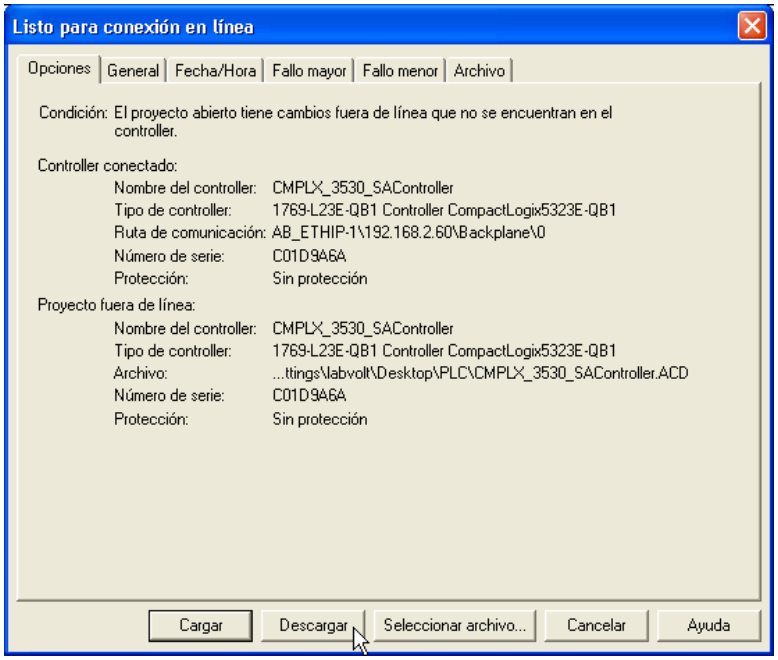


Figura 52. Ventana Listo para conexión en línea.

11. Otra ventana advierte acerca de actualizar el PLC. Lea la información y haga clic en *Descargar* (figura 53).

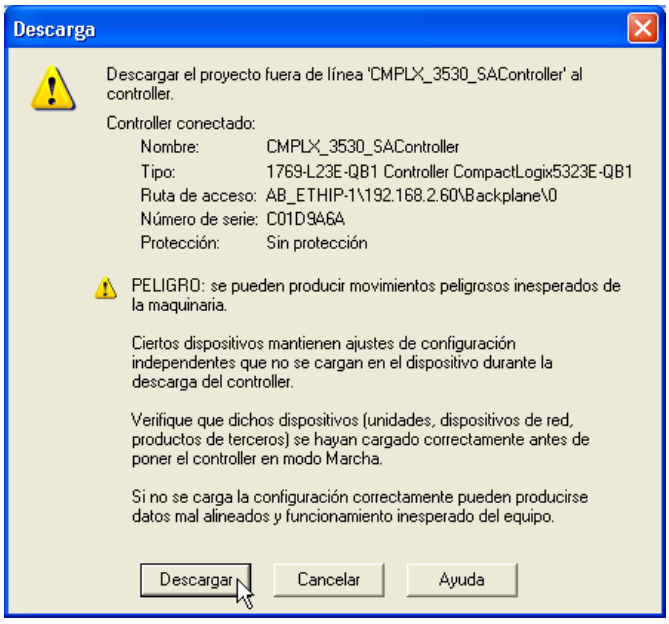


Figura 53. Ventana Descarga.

12. El PLC debe estar en modo ejecución con el fin de ejecutar las instrucciones correctamente. Si este ya estaba en modo ejecución, el RSLogix 5000 pregunta si desea retornar a dicho modo una vez se haya descargado el proyecto. Seleccione *Sí*. Si el PLC no estaba en modo ejecución, póngalo en

tal modo (*Comunicaciones* ▶ *Modo ejecución*). El PLC está ahora ejecutando el proyecto.

13. Este proyecto requiere que conecte un botón de emergencia para mayor seguridad. Si la entrada digital 0 del PLC no está alimentada, todos los procesos están apagados. Conecte la entrada digital 0 del PLC a una fuente conmutada de 24 V cc de la unidad eléctrica. Las salidas conmutadas son aquellas que se desconectan de la alimentación cuando se presiona el botón de emergencia.

Configuración de los lazos de control para control en cascada

14. Asegúrese de que el lazo de control esclavo esté operando en modo de punto de ajuste manual (*Man_Cascade* en 0). Escoja la acción de control apropiada y el tipo de ecuación PIDE requerida en la ventana de propiedades del bloque de función.

    - Si está sintonizando el lazo esclavo con un método escalón (como el Ziegler-Nichols), asegúrese de que el lazo esté en modo **manual** (*Man_Auto_Slave* en 0). Cambie el parámetro *Man_CV_Slave* para realizar un cambio escalón y luego calcular los parámetros PID apropiados. Ingrese tales parámetros en las propiedades del bloque de función del lazo esclavo.
    - Si está usando un método de sintonización de ensayo y error o de último ciclo, asegúrese de que el lazo de control esté en modo **automático** (*Man_Auto_Slave* en 1) y cambie los coeficientes PID según se requiera en las propiedades del bloque de función del lazo de control. Es posible cambiar el punto de ajuste del controlador esclavo con el parámetro *Setpoint_Slave*.

    Una vez que la sintonización inicial del lazo esclavo esté hecha, pruebe el lazo en modo **automático** (*Man_Auto_Slave* en 1) para diferentes puntos de ajuste y sintonice según se requiera.

    El lazo esclavo debe permanecer ahora en modo **automático**. Configure *Man_Cascade* a 1 para cambiar al modo de punto de ajuste en cascada. El punto de ajuste del lazo esclavo es ahora igual a la salida del lazo maestro.

15. El controlador maestro se sintoniza ahora. Escoja la acción de control apropiada y el tipo de ecuación PIDE que quiera emplear (en la ventana de propiedades del bloque de función).

    - Si está sintonizando el lazo maestro con un método de cambio escalón (como el Ziegler-Nichols), asegúrese de que el lazo esté en modo **manual** (*Man_Auto_Master* en 0). Cambie el parámetro *Man_CV_Master* para realizar un cambio escalón, luego calcule los parámetros PID apropiados. Ingrese tales parámetros en las propiedades del bloque de función del controlador maestro.
    - Si utiliza un método de sintonización de ensayo y error o de último ciclo, asegúrese de que el controlador esté en modo **automático** (*Man_Auto_Master* en 1) y cambie los coeficientes PID según se

© Festo Didactic 86030-E2

requiera en las propiedades del bloque de función del controlador maestro. Es posible cambiar el punto de ajuste del lazo maestro mediante el parámetro *Setpoint_Master*.

Una vez que la sintonización inicial del lazo maestro está hecha, pruebe el lazo en modo **automático** (*Man_Auto_Master* en 1) para varios puntos de ajuste y sintonice según se requiera.

La rutina PIDE en cascada está ya configurada y controlando su proceso.

Control de relación

El controlador PLC puede utilizarse para realizar control de relación cuando se necesite mantener cierta proporción entre dos variables de proceso, usualmente dos flujos de fluido.

Suponga que tenemos dos variables de medición A (proceso 1) y B (proceso 2) que representan el flujo de dos fluidos distintos que se desea mezclar manteniendo una proporción estricta R entre los dos flujos de modo que:

$$R = \frac{A}{B}$$

El primer paso es ajustar los parámetros del controlador para controlar la variable de proceso A. Una vez que el controlador está correctamente sintonizado, programe el punto de ajuste de la relación como $SP_{A,Razón} = B \cdot R$. Esto asegura que el valor objetivo de A esté siempre en la proporción correcta respecto a B.

Conexión del PLC al lazo de proceso

1. Conecte el PLC al proceso como muestra la figura 54.

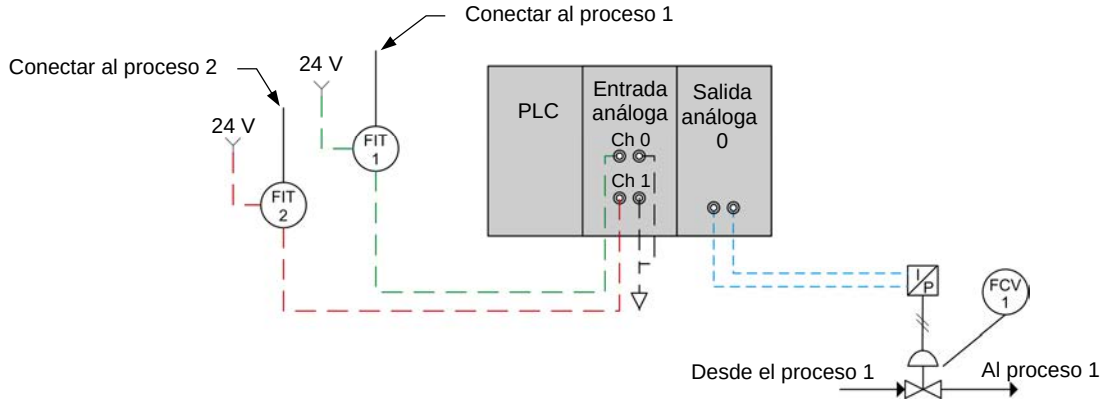


Figura 54. Conexión típica del PLC para el control de relación.

Es posible conectar más lazos de control de relación al PLC, de ser necesario, mediante las otras entradas y salidas análogas disponibles. Para mayor detalle, vea las páginas 1 a 1 de la Sección 2.

Configuración del PLC para control de relación

2. Asegúrese de que el PLC y la computadora estén configurados como se explica en el Apéndice C. El RSLinx debería estar ejecutándose y el PLC debe visualizarse en la ventana RSWho.

3. Inicie el RSLogix 5000 y cargue el archivo de proyecto apropiado al controlador.

4. El árbol de proyecto muestra la lista de tareas del PLC. Presione ⊞ para expandir la lista de *Programas / Fases no programadas* (figura 55).

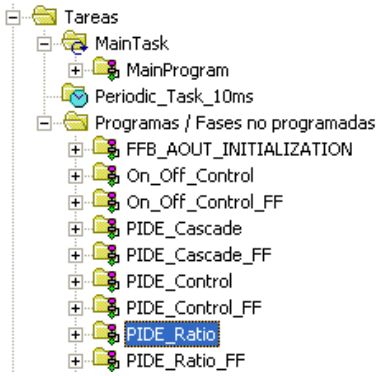


Figura 55. El árbol de proyecto.

5. En la carpeta *Programas / Fases no programas* se muestra la lista de rutinas de control disponibles. Arrastre la carpeta *PIDE_Ratio* a la carpeta *Periodic_Task_10ms* (figura 56). La rutina PIDE se activará una vez que el proyecto se descargue al PLC y se actualizará cada 10 ms.

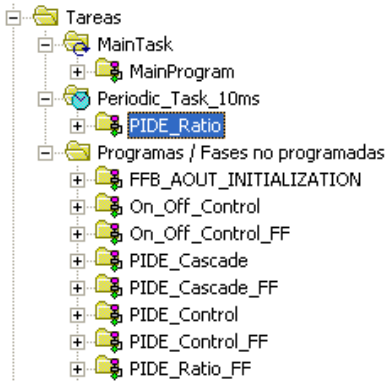


Figura 56. Seleccione la carpeta del programa PIDE_Ratio y arrástrela a la carpeta Periodic Task.

© Festo Didactic 86030-E2

6. Expanda la carpeta *PIDE_Ratio* y haga doble clic en el archivo denominado *PIDE_Ratio* para abrir el diagrama de bloques funcional de la rutina y explorar su lógica (figura 57).

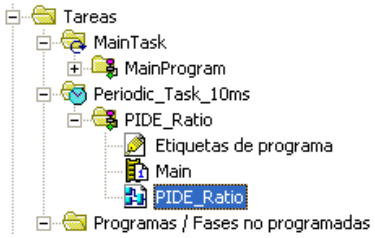


Figura 57. Apertura del programa de la rutina PIDE_Ratio.

7. Es importante observar que la rutina de control de relación (figura 58) utiliza dos entradas análogas conectadas a un solo bloque de función PIDE. La primer entrada análoga se utiliza como variable de proceso estándar (variable A - entrada 0) mientras que la segunda (variable B - entrada 1) como punto de ajuste en cascada (aunque no hay control en cascada). La salida análoga 0 se utiliza como variable de control (CV).

   El punto de ajuste en cascada se emplea una vez el modo de control de relación esté activo. La variable *Ratio* permite especificar la relación que desea en el proceso ($R = A/B$).

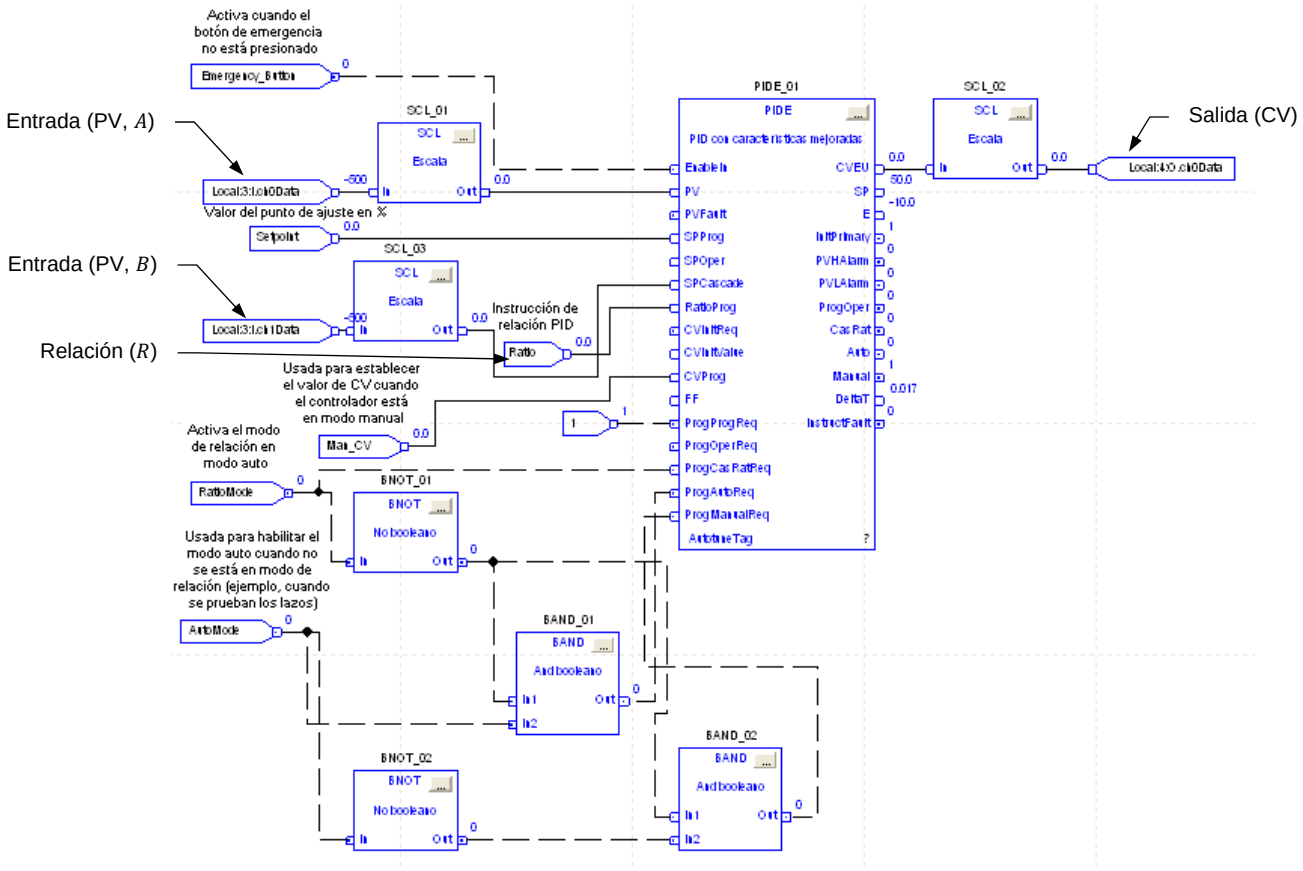


Figura 58. La rutina PIDE_Ratio (versión del CompactLogix).

© Festo Didactic 86030-E2

8. Abra la ventana Watch mediante el menú *Ver* ▶ *Watch* del RSLogix 5000 (o use la combinación Alt+3). En la ventana Watch es posible configurar los parámetros indicados en la tabla 6.

Tabla 6. Parámetros configurables para el control de relación PIDE.

Parámetro	*Descripción*
Setpoint	Valor objetivo de PV. Puede configurarse en el rango de 0% a 100%. Este se utiliza al probar y sintonizar el lazo antes de habilitar el modo de control de relación.
AutoMode	Usado para seleccionar el modo manual (si es 0) o el modo automático (si es 1) con el fin de probar y sintonizar el lazo antes de emplear el modo de control de relación.
Ratio	Valor objetivo de la relación $R = A/B$. Este parámetro se usa cuando el modo de control de relación está habilitado.
RatioMode	Usado para desactivar el modo de relación (si es 0) o activar el modo de relación (si es 1) en modo automático.
Man_CV	Valor de la salida del lazo cuando el controlador está en modo manual. Puede configurarse en el rango de 0% a 100%.

Los parámetros PID y la configuración de la instrucción PIDE pueden modificarse en la ventana Propiedades del bloque de función. Los parámetros también son accesibles al hacer clic en el símbolo ... del bloque de función. Las opciones y parámetros apropiados deben especificarse con el fin de que el control de relación funcione correctamente. (Vea la figura 41 y la tabla 4 de la página 1 para detalles de la configuración).

Ejecución del programa de control de relación PIDE

9. Para transferir el proyecto al PLC, abra la ventana Elemento activo mediante el menú *Comunicaciones* ▶ *Elemento activo*. El PLC debería aparecer en la lista bajo su dirección IP. Ubique el módulo del procesador del PLC y haga clic en el botón *Conectar en línea* (figura 59).

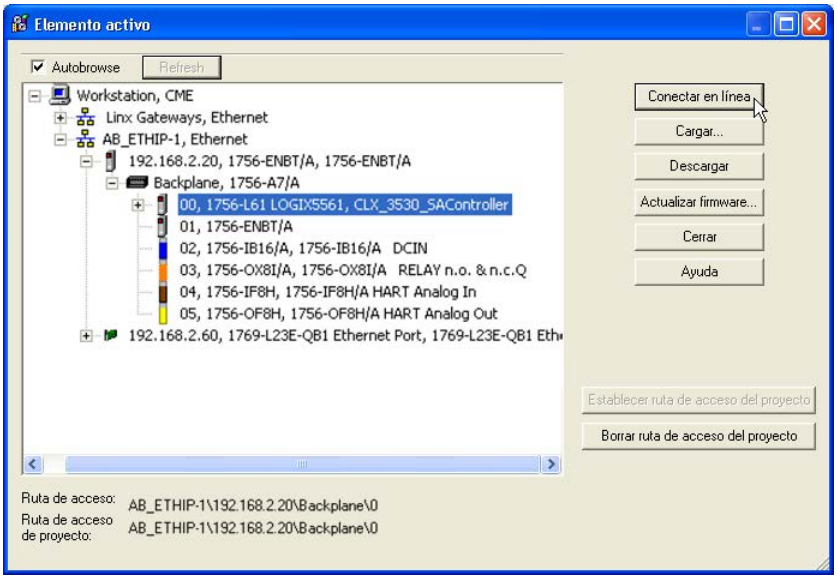


Figura 59. Conexión del RSLogix 5000 y el CompactLogix.

10. Aparece una ventana que advierte que el proyecto actual en el PLC es distinto al que está activo en el RSLogix 5000 (figura 60), a menos que el proyecto en el PLC sea exactamente igual al que desea emplear. Haga clic en *Descargar* para transferir el proyecto al PLC.

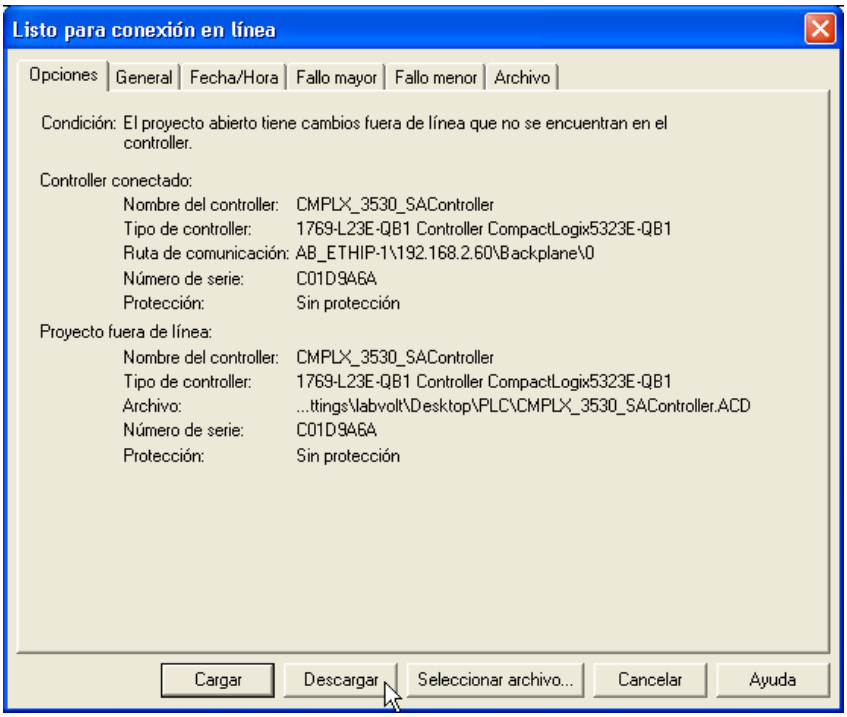


Figura 60. Ventana Listo para conexión en línea.

© Festo Didactic 86030-E2

11. Otra ventana advierte acerca de actualizar el PLC. Lea la información y haga clic en *Descargar* (figura 61).

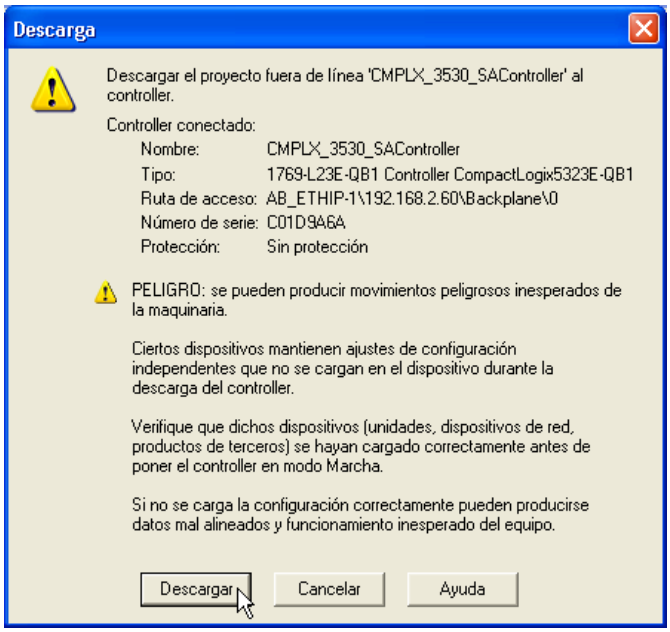


Figura 61. Ventana Descarga.

12. El PLC debe estar en modo ejecución para ejecutar las instrucciones correctamente. Si este ya estaba en modo ejecución, el RSLogix 5000 pregunta si desea retornar a dicho modo una vez se haya descargado el proyecto. Seleccione *Sí*. Si el PLC no estaba en modo ejecución, póngalo en tal modo (*Comunicaciones* ▶ *Modo ejecución*). El PLC está ahora ejecutando el proyecto.

13. Este proyecto requiere que conecte un botón de emergencia para mayor seguridad. Si la entrada digital 0 del PLC no está alimentada, todos los procesos están apagados. Conecte la entrada digital 0 del PLC a una fuente conmutada de 24 V cc de la unidad eléctrica. Las salidas conmutadas se desconectan de la alimentación cuando se presiona el botón de emergencia.

Configuración del lazo de control para el control de relación

14. Sintonice el controlador utilizando el método de su elección para controlar la primera variable (*A*):

    - Si está sintonizando el lazo con un método escalón (como el Ziegler-Nichols), asegúrese de que el lazo esté en modo **manual** (*AutoMode* en 0). Cambie el parámetro *Man_CV* para realizar un cambio escalón y luego calcular los parámetros PID apropiados. Ingrese dichos parámetros en las propiedades del bloque de función del lazo.
    - Si utiliza un método de sintonización de ensayo y error o de último ciclo, asegúrese de que el lazo de control esté en modo **automático** (*AutoMode* en 1) y cambie los coeficientes PID según requiera en las

propiedades del bloque de función del lazo. Es posible cambiar el punto de ajuste del controlador mediante el parámetro *Setpoint*.

Una vez que la sintonización inicial esté hecha, pruébela en modo **automático** (*AutoMode* en 1) para varios puntos de ajuste y sintonice según se requiera.

En la ventana Propiedades del bloque de función PIDE cambie los parámetros PID, según se explica en la Sección 4 y en la figura 62. Asegúrese de que las casillas *Permitir modo Cascada/Relación* y *Usar relación* estén activadas en la pestaña Cascada/Relación del menú Propiedades. En este menú puede modificar los límites del valor de relación.

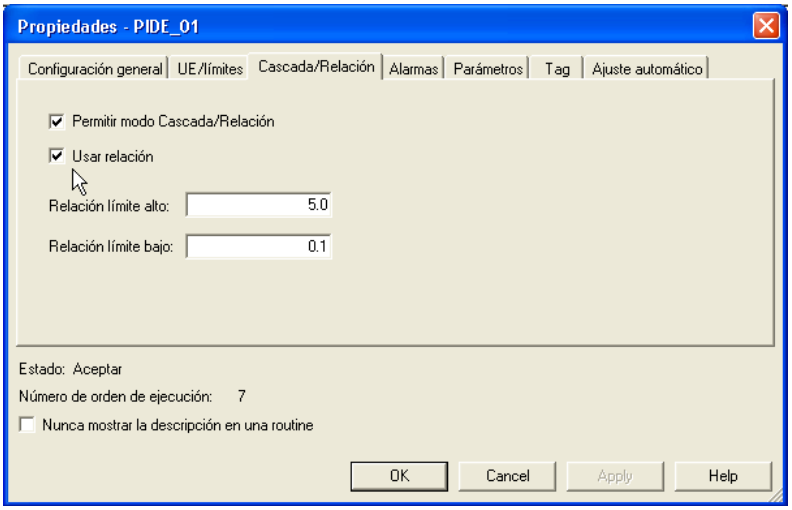


Figura 62. Pestaña Cascada/Relación.

15. Fije la variable *Ratio* en el valor de $R = A/B$ requerido para el proceso. Finalmente, active el modo de **relación** (*RatioMode* en 1) y observe cómo el controlador trabaja para ajustar la primera variable con el fin de mantener la relación requerida al variar la segunda variable. Modifique el valor de proceso de la segunda variable a través del caudal, nivel, presión o temperatura en el puesto de trabajo, o simplemente usando un calibrador.

La rutina de control de relación PIDE está ya configurada y controlando el proceso.

© Festo Didactic 86030-E2

Control de rango dividido

Esta sección explica cómo configurar el controlador para realizar eficientemente el control de rango dividido.

Un PLC como el ControlLogix o el CompactLogix permite dividir el rango de la variable de control en varias salidas análogas de 4-20 mA. Esto se realiza en esquemas específicos para controlar una sola variable de proceso con variables de control diferentes. Para ello se requiere un elemento de control por cada variable de control.

El rango total del controlador se divide en partes diferentes y configurables. En el ejemplo dado en la figura 63, se configuran tres rangos. Como puede observarse, la señal de salida AOUT0 aumenta en tanto CV varía de 0 al primer punto de división (40%). Luego, AOUT1 aumenta en tanto CV varía del primer punto de división (40%) al segundo punto de división (80%). Finalmente, AOUT2 disminuye de 100 a 0% al variar CV del segundo punto de división (80%) al 100%.

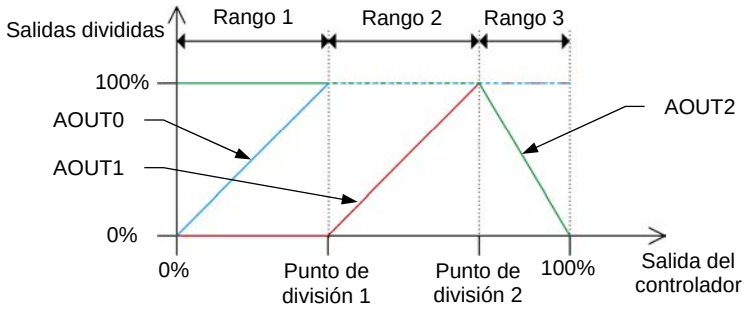


Figura 63. Ejemplo de una aplicación de rango dividido.

Tal esquema brinda gran flexibilidad para acomodar diferentes procesos. Las tareas de rango dividido ya programadas en el PLC contienen tres variables de salida. Es posible ajustar el rango de operación de cada una de las tres variables, así como su dirección de operación (directa o inversa). También puede modificar el programa cuando sea necesario para borrar o agregar variables.

Observe que los parámetros de sintonización PID de cada uno de los bloques de función PIDE deben configurarse en los mismos valores con el fin de realizar los experimentos sugeridos en el manual *Control de procesos avanzado*. Utilizar conjuntos distintos de parámetros de sintonización para cada rango proporciona mayor flexibilidad y permite explorar los efectos involucrados, pero es opcional.

Conexión del PLC al lazo de control

1. Conecte el PLC al proceso como se muestra en la figura 64.

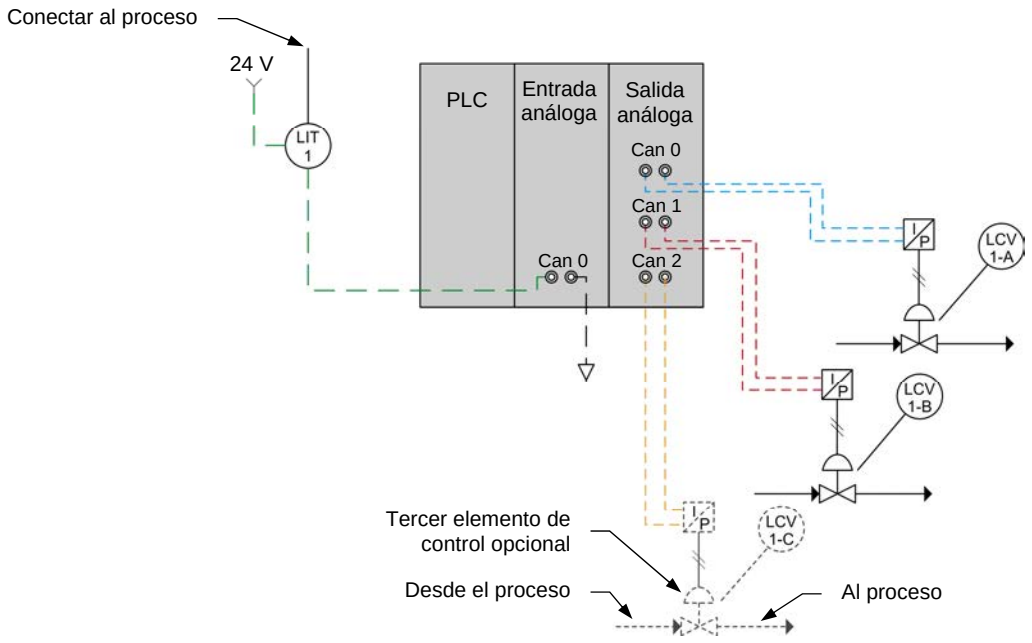


Figura 64. Conexión típica de un PLC para control de rango dividido.

Para realizar control de rango dividido se requieren por lo menos dos elementos de control. Ya está programada una tercera salida que requiere otro elemento de control, pero es totalmente opcional.

De ser necesario, es posible agregar más elementos de control al PLC mediante las otras salidas análogas disponibles y modificando ligeramente el programa.

Configuración del PLC para control de rango dividido

2. Asegúrese de que el PLC y la computadora estén configurados como se explica en el Apéndice C. El RSLinx debería estar ejecutándose y el PLC debe visualizarse en la ventana RSWho.

3. Inicie el RSLogix 5000 y cargue el archivo de proyecto apropiado al controlador.

4. El árbol de proyecto muestra la lista de tareas del PLC. Presione ⊞ para expandir la lista de *Programas / Fases no programadas* (figura 65).

© Festo Didactic 86030-E2

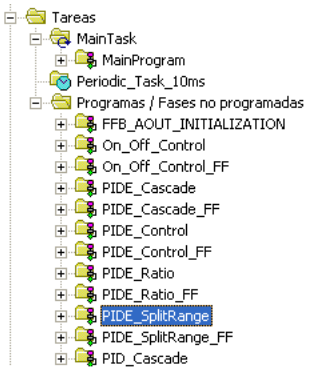


Figura 65. El árbol de proyecto.

5. En la carpeta *Programas / Fases no programas* se muestra la lista de rutinas de control disponibles. Arrastre la carpeta *PIDE_SplitRange* a la carpeta *Periodic_Task_10ms* (figura 66). La rutina PIDE de rango dividido se activará una vez que el proyecto se descargue al PLC y se actualiza cada 10 ms.

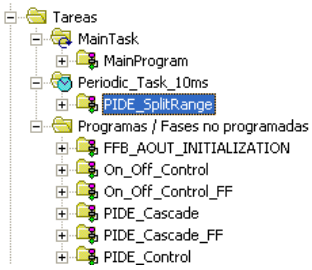


Figura 66. Seleccione la carpeta del programa PIDE_SplitRange y arrástrela a la carpeta Periodic Task.

6. Expanda la carpeta *PIDE_SplitRange* y haga doble clic en el archivo denominado *PIDE_SplitRange* para abrir el diagrama de bloques funcional de la rutina y explorar su lógica (figura 67).

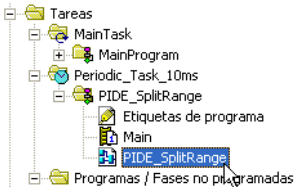


Figura 67. Apertura del programa de la rutina PIDE_SplitRange.

7. La rutina de rango dividido se muestra en la figura 68. Observe que está hecha de tres instrucciones PIDE que comparten una sola PV y un sólo punto de ajuste. Cada instrucción PIDE emplea una salida CV distinta

conectada a una instrucción de escala. Esta instrucción es la clave para dividir el rango de acción de cada variable de control.

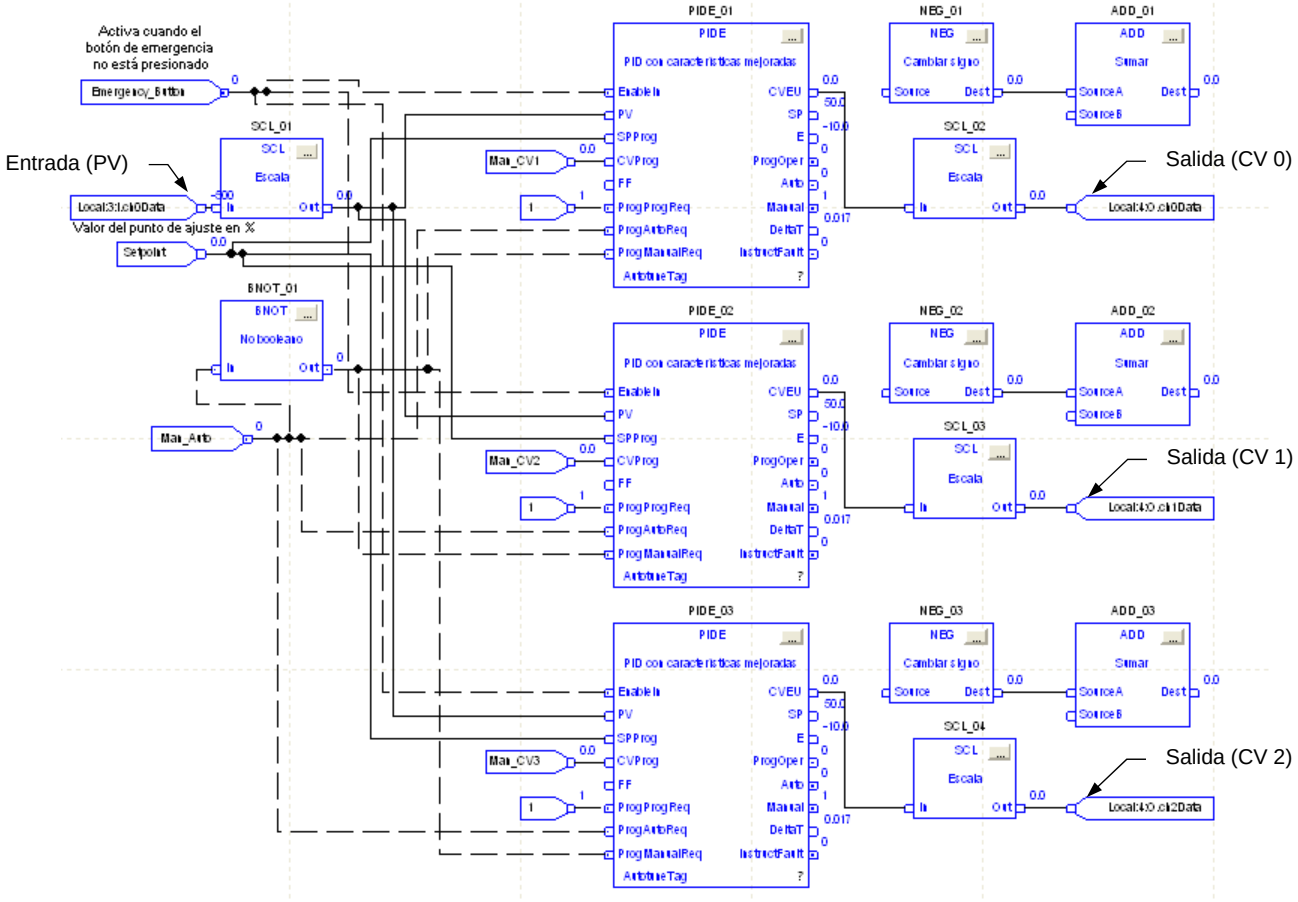


Figura 68. Rutina PIDE_SplitRange (versión del CompactLogix).

Note que las instrucciones Cambiar signo y Sumar están ubicadas al lado de cada instrucción de escala, pero no están conectadas a los bloques de instrucción principales. Dichas instrucciones se usan para invertir la acción de una variable de control en un rango específico sin afectar las otras. Para invertir la acción de una variable de control, modifique las conexiones como se muestra en la figura 69.

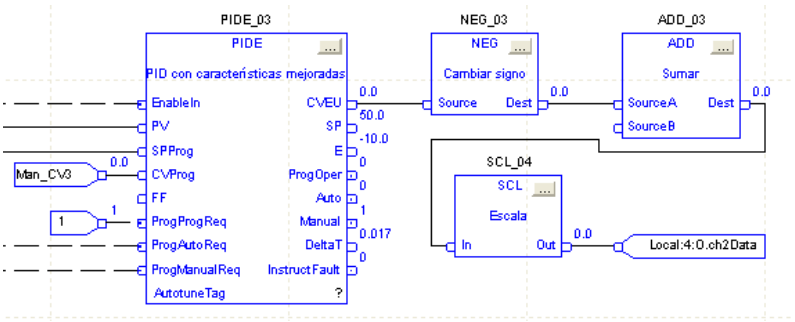


Figura 69. Inversión de la acción de una CV en la rutina de rango dividido.

© Festo Didactic 86030-E2

8. Abra la ventana Watch mediante el menú *Ver* ▶ *Watch* del RSLogix 5000 (o use la combinación Alt+3). En la ventana Watch es posible configurar los parámetros indicados en la tabla 7.

Tabla 7. Parámetros configurables del control de rango dividido PIDE.

Parámetro	*Descripción*
Setpoint	Valor objetivo de PV. Puede configurarse en el rango de 0% a 100%.
ManAuto	Usado para seleccionar el modo manual (si es 0) o el modo automático (si es 1) para todas las rutinas PIDE presentes en el esquema de control de rango dividido.
Man_CV1	Valor de la salida del lazo cuando el controlador está en modo manual. Puede configurarse en el rango de 0% a 100%.
Man_CV2	Valor de la salida del lazo cuando el controlador está en modo manual. Puede configurarse en el rango de 0% a 100%.
Man_CV3	Valor de la salida del lazo cuando el controlador está en modo manual. Puede configurarse en el rango de 0% a 100%.

Los parámetros PID y la configuración de las instrucciones PIDE pueden modificarse en la ventana Propiedades del bloque de función. Los parámetros también son accesibles al hacer clic en el símbolo … del bloque de función. Para detalles de la configuración vea la figura 41 y la tabla 4 en la página 1.

Los parámetros PID de todos los lazos usados en esta rutina deberían ser estrictamente iguales en la mayoría de casos, incluyendo los experimentos del manual de *Control de procesos avanzado*. Siéntase libre de experimentar con distintos parámetros PID cuando no se requiere adherir a esta recomendación.

Ejecución del programa de control de rango dividido PIDE

9. Para transferir el proyecto al PLC, abra la ventana Elemento activo mediante el menú *Comunicaciones* ▶ *Elemento activo*. El PLC debería aparecer en la lista bajo su dirección IP. Ubique el módulo del procesador del PLC y haga clic en el botón *Conectar en línea* (figura 70).

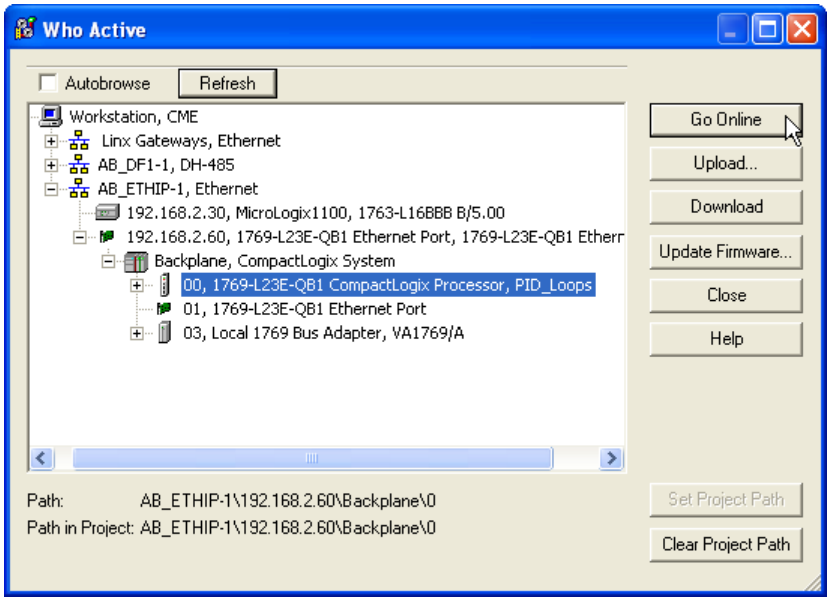


Figura 70. Conexión del RSLogix 5000 y el CompactLogix.

10. Aparece una ventana que advierte que el proyecto actual en el PLC es distinto al que está activo en el RSLogix 5000 (figura 71), a menos que el proyecto en el PLC sea exactamente igual al que desea emplear. Haga clic en *Descargar* para transferir el proyecto al PLC.

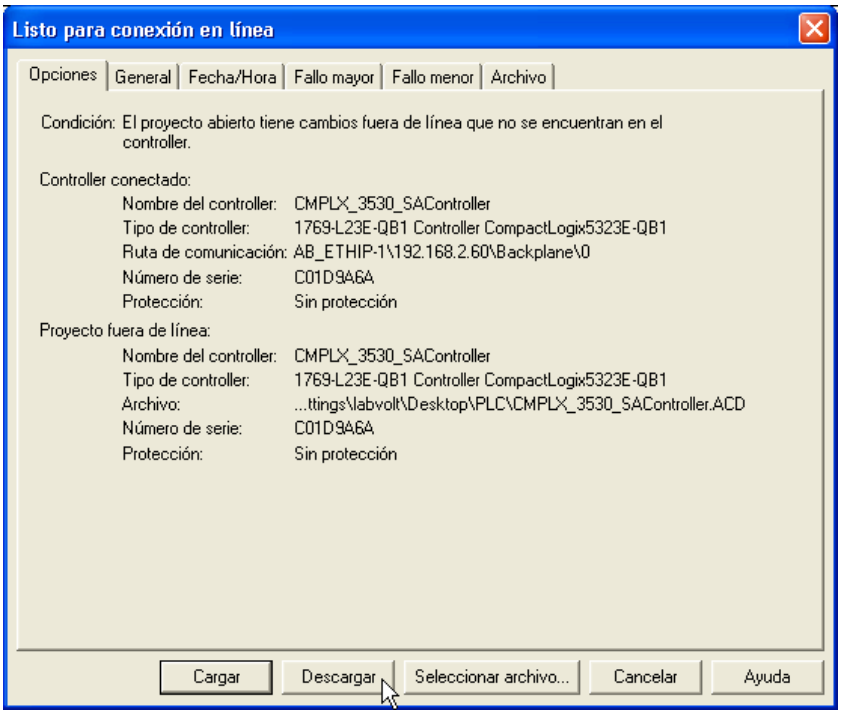


Figura 71. Ventana Listo para conexión en línea.

© Festo Didactic 86030-E2

11. Otra ventana advierte acerca de actualizar el PLC. Lea la información y haga clic en *Descargar* (figura 72).

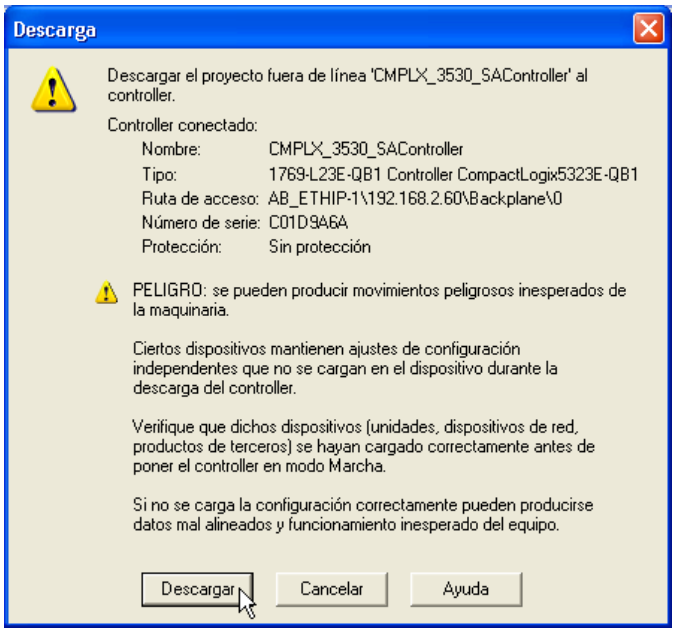


Figura 72. Ventana Descarga.

12. El PLC debe estar en modo ejecución con el fin de ejecutar las instrucciones correctamente. Si este ya estaba en modo ejecución, el RSLogix 5000 pregunta si desea retornar a dicho modo una vez se haya descargado el proyecto. Seleccione *Sí*. Si el PLC no estaba en modo ejecución, póngalo en tal modo (*Comunicaciones* ▶ *Modo ejecución*). El PLC está ahora ejecutando el proyecto.

13. Este proyecto requiere que conecte un botón de emergencia para mayor seguridad. Si la entrada digital 0 del PLC no está alimentada, todos los procesos están apagados. Conecte la entrada digital 0 del PLC a una fuente conmutada de 24 V cc de la unidad eléctrica. Las salidas conmutadas se desconectan de la alimentación cuando se presiona el botón de emergencia.

Configuración del lazo de control para control de rango dividido

14. El rango en el cual las variables de control afectan las diferentes salidas debe ser determinado. Para ello, haga clic en el símbolo ... de cada bloque de función de escala de las variables de salida que se planean usar e ingrese los valores del rango requerido (Ajuste los valores de los parámetros *InRawMax* e *InRawMin*). Los parámetros *InEUMax* e *InEUMin* se configuran en 100 y 0 (ControlLogix), o 10 000 y 0 (CompactLogix).

La figura 73 muestra un ejemplo de tres variables de control que se utilizan como sigue: la variable 1 se emplea de 0 a 20%, la variable 2 de 20 a 70% y la variable 3 se emplea de 80 a 100%. Cada variable de salida se cambia de escala a un rango de 0 a 100% de la señal en su dominio respectivo.

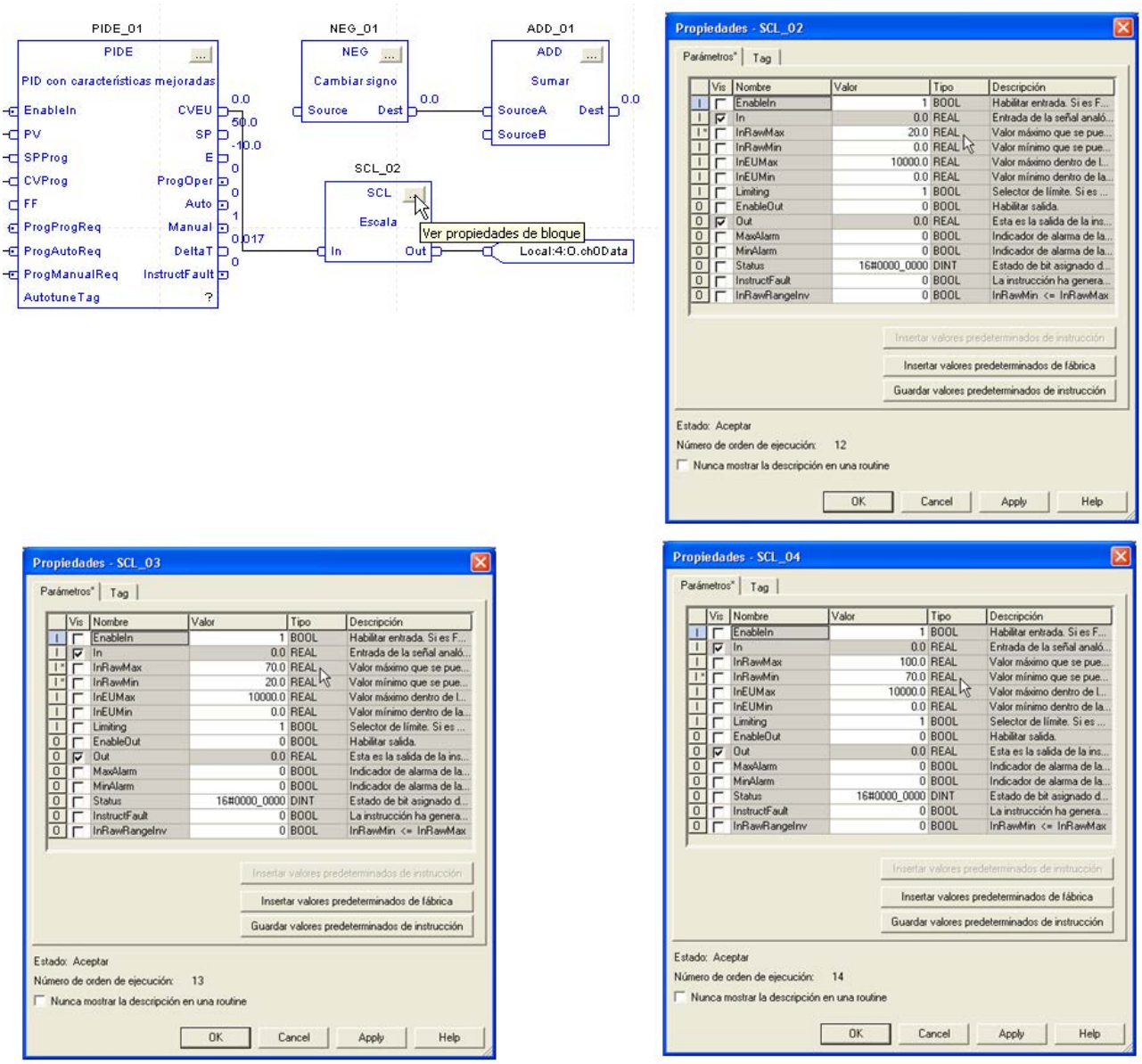


Figura 73. Ajuste del rango de cada variable en un esquema de rango dividido.

15. Si se desea editar el programa mientras el PLC está en línea (para invertir la acción de una salida CV, por ejemplo), haga clic en el botón *Iniciar ediciones de rutina pendientes* (figura 74), realice los cambios y luego haga clic en el botón *Finalizar todas las ediciones de programa* (figura 75).

Observe que si invierte la acción de una salida, la función de cambio de escala también se debe modificar para reflejar esa inversión. Una variable de salida que produce una salida mínima cuando la variable de control está en X% y produce una salida máxima cuando la variable de control está en Y% debe cambiar de escala una vez se invierte de modo que *InRawMax* sea 100%-X% e *InRawMin* sea 100%-Y%.

© Festo Didactic 86030-E2

Por lo tanto, si una salida se utiliza de 70 a 100%, la función de cambio de escala se debe modificar mientras la acción cambia de modo que *InRawMax* sea 30% e *InRawMin* sea 0%.

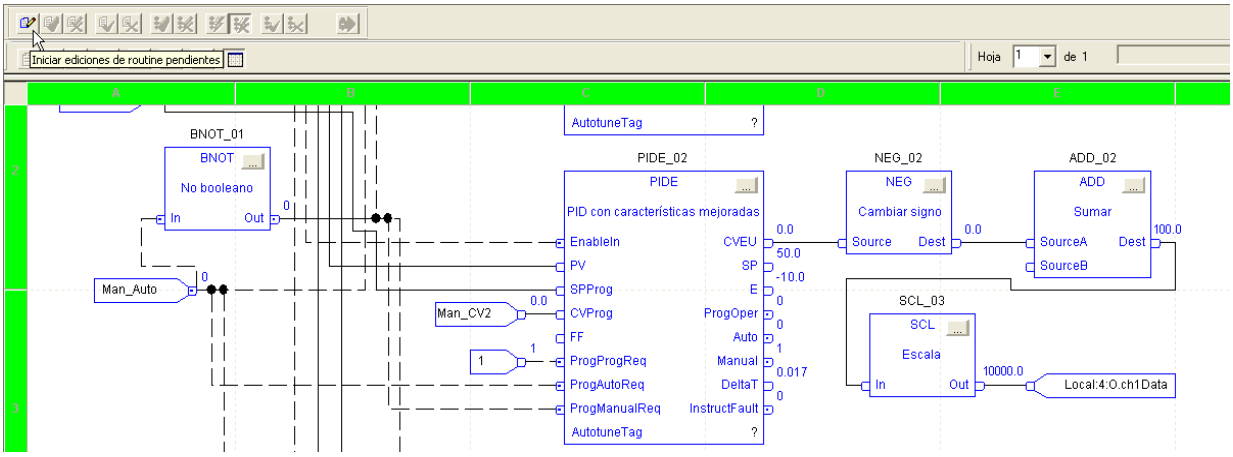


Figura 74. Modificación del programa mientras está en línea.

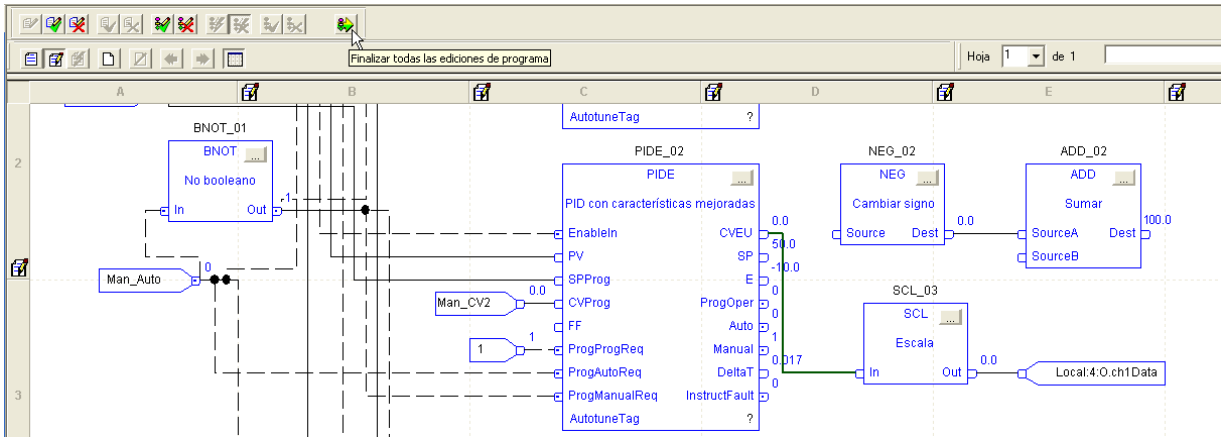


Figura 75. Finalización de las modificaciones en un programa mientras está en línea.

16. El último paso es sintonizar los parámetros PIDE adecuadamente de acuerdo al proceso. Típicamente, se utilizan los mismos parámetros para cada instrucción PIDE presente en el esquema de control de rango dividido. Sintonice el controlador mediante un método de ensayo y error u obtenga las características del proceso con el fin de calcular los parámetros PID.

Fije la variable *Man_Auto* en 1 para activar el modo automático y configurar el punto de ajuste. Pruebe el lazo de control.

La rutina de control de rango dividido PIDE está ya configurada y controla el proceso.

Características del PLC ControlLogix

Descripción del PLC ControlLogix

Este PLC es manufacturado por Rockwell y es parte de la familia ControlLogix. Está dividido en módulos dispuestos en un chasis de siete ranuras. El PLC está embebido en un panel que se instala fácilmente en el puesto de trabajo de instrumentación. El cableado del PLC se puede completar utilizando los conectores tipo banana o los tornillos disponibles en el panel. La figura 76 muestra los elementos principales del PLC ControlLogix, modelo 46965. A continuación se suministra una breve descripción y las especificaciones técnicas para cada uno de los módulos del PLC.

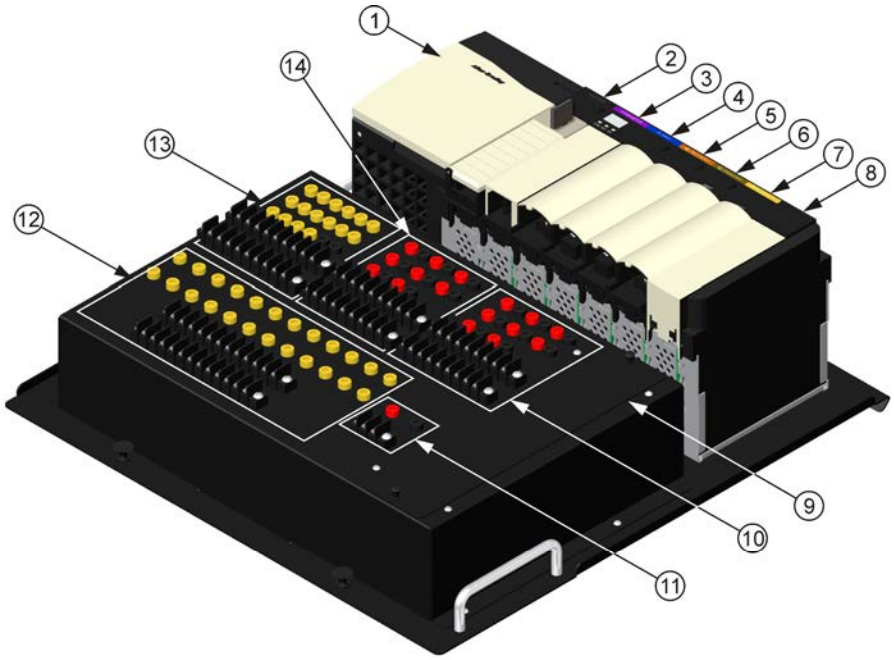


Figura 76. PLC ControlLogix, modelo 46965.

PLC

1. Fuente de alimentación. Cuando los conectores de entrada de potencia (11) se conectan a una fuente de 24 V cc, se energiza la fuente de alimentación y esta provee potencia a todos los módulos ubicados en el chasis. Cuando el indicador LED verde se enciende el módulo está energizado.

Tabla 8. Especificaciones de la fuente de alimentación.

Característica	Valor
Rango de la tensión de entrada	18-32 V cc
Tensión de entrada nominal	24 V cc
Potencia de entrada máxima	95 W
Corriente máxima de entrada	30 A

2. Módulo controlador. Este es el módulo que contiene el procesador y la memoria. El módulo controlador tiene varios indicadores LED y una tecla de selección de modo. Sus funciones se describen en la tabla 9 y la tabla 10.

Tabla 9. Indicadores LED del módulo controlador.

Indicador	Color	Descripción
RUN	Apagado	El modo de programa o el modo de prueba está activo.
	Verde	El modo de ejecución está activo.
I/O	Apagado	Sin dispositivos en la configuración de entrada/salida (I/O, siglas en inglés) o sin programa en la memoria del controlador.
	Verde	Hay comunicación entre el controlador y todos los dispositivos en la configuración de entrada/salida.
	Verde intermitente	Uno o más dispositivos de la configuración de entrada/salida no están respondiendo.
	Rojo intermitente	Problema con el chasis
FORCE	Apagado	Entradas/salidas forzadas desactivadas.
	Ámbar	Entradas/salidas forzadas activadas.
	Ámbar intermitente	Una o más entradas/salidas están forzadas, pero sin el modo de forzado de E/S activado.
RS232	Apagado	Sin actividad en el puerto RS232.
	Verde	Transmisión o recepción de datos en el puerto RS232.
BAT	Apagado	Batería en buen estado y soporte de memoria.
	Verde	El controlador está guardando la memoria interna.
	Rojo	Sin batería o batería descargada.
OK	Apagado	Sin potencia.
	Rojo intermitente	Falla mayor.
	Rojo	Falla no recuperable.
	Verde	El controlador está bien.
	Verde intermitente	Guardando/leyendo el proyecto en/de la memoria.

Tabla 10. Tecla de selección de modo del módulo controlador.

Posición de la llave	Descripción
RUN	El controlador ejecuta el programa. No se permite modificar el programa en este modo.
REM	El controlador ejecuta el programa y es posible programar remotamente el PLC mediante el RSLogix 5000. La llave debe permanecer en la posición REM si se desea realizar los ejercicios en los manuales del estudiante.
PROG	El controlador no ejecuta el programa. Los cambios de programa se pueden descargar al PLC cuando la llave está en esta posición.

3. Módulo de comunicación ethernet. Este módulo habilita la comunicación de datos con computadoras u otros dispositivos conectados a la misma red de área local. La tabla 11 resume las características del módulo ethernet y la tabla 12 describe los indicadores LED.

© Festo Didactic 86030-E2

Tabla 11. Especificaciones del módulo ethernet.

Característica	Valor
Velocidad de transferencia	10/100 Mb/s
Conector ethernet	RJ45 Cat. 5
Tensión de aislamiento (continuo)	30 V
Dirección IP por defecto	192.168.2.20
Máscara de red por defecto	255.255.255.0

Tabla 12. Indicadores LED del módulo ethernet.

Indicador	Color	Descripción
Pantalla alfanumérica	N/A	Durante la operación normal, la pantalla debería alternar entre OK y la dirección IP del módulo.
LINK	Apagado	Sin transmisión de datos
	Green	Listo.
	Verde intermitente	Transmitiendo
NET	Apagado	Sin potencia en el módulo o sin dirección IP
	Verde intermitente	Sin conexiones establecidas
	Verde	Conexión(es) CIP establecida(s)
	Rojo intermitente	Tiempo de espera de la conexión
	Rojo	Dirección IP duplicada
OK	Apagado	Sin potencia
	Verde intermitente	En espera
	Verde	En operación
	Rojo intermitente	Falla menor
	Rojo	Falla mayor
	Rojo y verde intermitente	Auto verificación

4. Módulo de entrada digital. El PLC ControlLogix tiene un módulo de entrada digital con detección de estado de la entrada. Este módulo tiene 16 entradas digitales y una pantalla de estado que indica el estatus de cada entrada (numerada de 0 a 15). Si una entrada está activa, el número correspondiente en la pantalla está en amarillo. Si las entradas están en estado de operación normal, un indicador OK permanece verde.

Tabla 13. Especificaciones del módulo de entrada digital.

Característica	Valor
Número de entradas	16
Rango de tensión del estado encendido (on)	10-31,2 V cc
Máxima tensión del estado apagado (off)	5 V cc
Impedancia máxima a 31,2 V cc	3,12 kΩ
Tensión de aislamiento (continuo)	250 V

5. Módulo de salida por relevo. El PLC ControlLogix tiene un módulo de salida con 8 relevos de salida que pueden cablearse como contactos normalmente abiertos o normalmente cerrados. Una pantalla de estado de salida muestra el

estado de cada salida (numerada de 0 a 7). Si una salida está activa, el número correspondiente en la pantalla está en amarillo. Un indicador OK está en verde estable si las salidas están en estado de operación normal.

Tabla 14. Especificaciones del módulo de salida por relevo.

Característica	Valor
Número de salidas	8 (N.A. y N.C con punto común)
Rango de la tensión de salida	5-30 V cc a 2,0 A (resistiva)
Potencia nominal	60 W máximo (30 V cc salida resistiva)
Frecuencia de conmutación máxima	0,3 Hz (a carga nominal)
Tensión de aislamiento (continuo)	250 V

6. Módulo de entrada análoga (HART). Este módulo convierte señales de 4-20 mA a valores digitales que pueden ser empleadas por el controlador. También soporta el protocolo de comunicaciones HART. Por lo tanto, si una señal HART se superpone a una señal de corriente análoga, el módulo la decodifica y pone a disposición del controlador la información decodificada. El módulo de entrada análoga tiene 8 entradas. Un indicador OK se pone en verde estable si las entradas están en modo normal de operación y un indicador CAL indica si el módulo está en modo de calibración.

Tabla 15. Especificaciones del módulo de entrada análoga.

Característica	Valor
Número de entradas	8
Rango de entrada	4-20 mA
Resolución	16-21 bits
Formato de datos	IEEE de 32 bits de punto flotante
Impedancia (corriente)	250 Ω
Tensión de aislamiento (continuo)	50 V

7. Módulo de salida análoga (HART). Este módulo convierte valores digitales a señales de 4-20 mA. También soporta el protocolo de comunicaciones HART. Por lo tanto, una señal HART puede superponerse en la señal de corriente análoga. El módulo de salida análoga tiene 8 salidas. Un indicador OK se pone en verde estable si las salidas están en modo de operación normal y un indicador CAL indica si el módulo está en modo de calibración.

Tabla 16. Especificaciones del módulo de salida análoga.

Característica	Valor
Número de salidas	8
Rango de salida	4-20 mA
Resolución	15-16 bits
Formato de datos	IEEE de 32 bits de punto flotante
Tensión de aislamiento (continuo)	50 V

8. Módulo falso. Este módulo se utiliza para llenar una ranura vacía en el chasis del PLC.

© Festo Didactic 86030-E2

Panel frontal

9. Panel de falla. Hay diez interruptores de falla disponibles que pueden ser activados por el instructor con el fin de insertar una o más fallas eléctricas. Las fallas se activan cuando el interruptor está en la posición de encendido (I). Asegúrese de que dichas fallas estén en la posición de apagado (O) si no se está realizando un ejercicio de diagnóstico y solución de fallas.

10. Conectores de salida análoga. Conectados internamente al módulo de salida análoga (ver 7).

11. Conectores de entrada de potencia. Usados para energizar el PLC con una fuente de 24 V cc. Estos conectores están unidos internamente a la fuente de alimentación del PLC. Asegúrese de conectar el PLC a una salida de 24 V cc de la unidad eléctrica que no pierda la alimentación si se presiona el botón de emergencia (por ejemplo, los conectores 2 y 3 de la unidad eléctrica). Esto asegura que el PLC continuará funcionando en caso de una emergencia.

12. Conectores de salida por relevo. Conectados internamente al módulo de salida por relevo (ver 5). Cuando se utilizan para activar dispositivos, asegúrese de conectar los relevos a una fuente de 24 V cc de la unidad eléctrica que pierda la alimentación si se presiona el botón de emergencia (por ejemplo, los conectores 0 y 1 de la unidad eléctrica). Esto asegura que dichos dispositivos se detendrán en caso de una emergencia.

13. Conectores de entrada digital. Internamente conectados al módulo de entrada digital (ver 4).

14. Conectores de entrada análoga. Internamente conectados al módulo de entrada análoga (ver 6).

Protocolo HART

El ControlLogix posee un módulo de entrada análoga y un módulo de salida análoga con funcionalidades *HART*. Esta sigla, que se encuentran en diferentes partes del sistema didáctico, proviene del inglés **H**ighway **A**ddressable **R**emote **T**ransducer (Transductor remoto direccionalbel en red) y hace referencia a un protocolo de comunicación que transfiere información digital en los cables análogos estándares de 4-20 mA. Este estándar abierto pertenece a los fabricantes de instrumentos de automatización de procesos miembros de la *HART Communication Foundation* (Fundación de comunicación HART). Los instrumentos compatibles con HART son muy comunes pues estos son compatibles con las instalaciones existentes y por lo tanto, el costo adicional es mínimo para conectar dispositivos de campo a un sistema tal como un controlador lógico programable (PLC), un sistema de control distribuido (DCS, siglas en inglés), o un dispositivo portátil. Lo más importante, la información adicional transportada provee información para la configuración del dispositivo, diagnóstico, solución de fallas, lectura de mediciones adicionales y más.

Este protocolo puede usarse en modo punto a punto o multipunto. En el modo punto a punto, sólo un instrumento se conecta a un par de cables que transportan la señal de 4-20 mA y la señal digital. En modo multipunto, el lazo de

corriente está fijo en 4 mA y las señales digitales de más de un instrumento se transportan por un solo par de cables.

La información general relacionada al protocolo *HART* y su uso en el sistema de entrenamiento puede encontrarse en el manual *Configurador del software HART* (P/N 86050).

© Festo Didactic 86030-E2

Características del PLC CompactLogix

Descripción del PLC CompactLogix

Este PLC es manufacturado por Rockwel y es parte de la familia CompactLogix. Está dividido en módulos dispuestos en un riel DIN. Este riel se instala fácilmente en un panel del puesto de trabajo de instrumentación. El cableado del PLC se realiza mediante conectores tipo banana o los tornillos disponible en el panel. La figura 77 muestra los elementos principales del PLC CompactLogix PLC, modelo 46966. A continuación se proporciona una breve descripción y especificaciones técnicas de cada módulo del PLC.

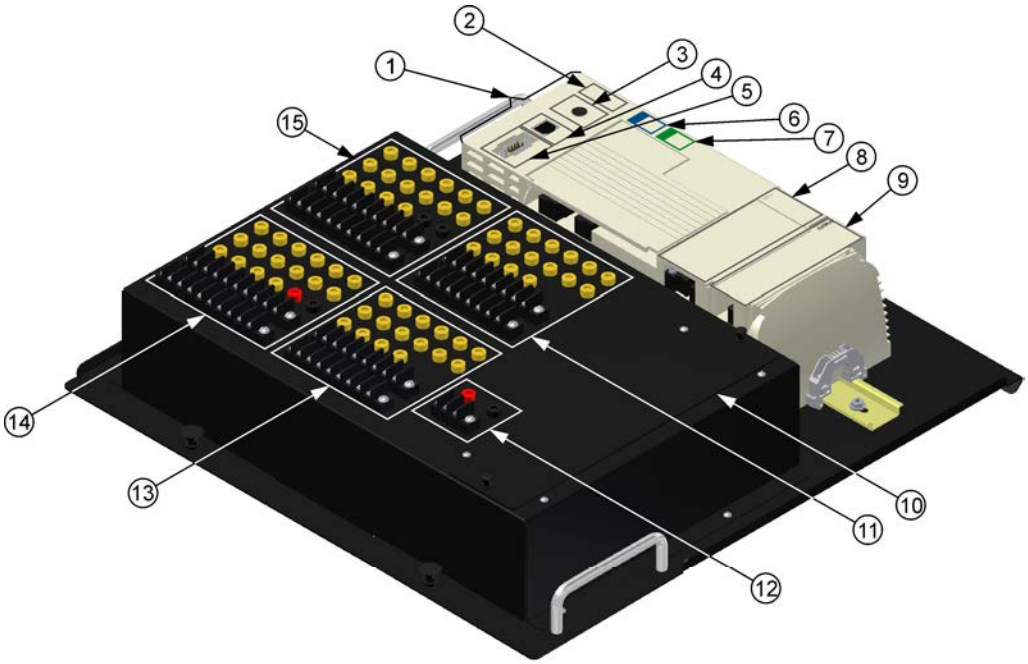


Figura 77. PLC CompactLogix, modelo 46966.

PLC

1. Controlador. Este es el módulo controlador, contiene el procesador, la memoria, un módulo Ethernet, un puerto serial, entradas digitales y salidas digitales. El controlador está energizado cuando los conectores de entrada de potencia (12) se conectan a una fuente de 24 V cc. Cuando el controlador está energizado todos los módulos en el riel DIN están energizados.

Tabla 17. Especificaciones del controlador.

Característica	Valor
Rango de la tensión de entrada	19,2-31,2 V cc
Tensión de entrada nominal	24 V cc
Corriente máxima de entrada (a 31,2 V cc)	30 A a 31,2 V cc

2. Indicadores de la CPU. El módulo controlador tiene varios indicadores LED para mostrar el estado de la CPU. Sus funciones están descritas en la tabla 18.

Tabla 18. Indicadores LED del módulo controlador.

Indicador	Color	Descripción
RUN	Apagado	El modo de programa o el modo de prueba está activo.
	Verde	El modo de ejecución está activo.
I/O	Apagado	Sin dispositivos en la configuración de entrada/salida (I/O, siglas en inglés) o sin programa en la memoria del controlador.
	Verde	Hay comunicación entre el controlador y todos los dispositivos en la configuración de entrada/salida.
	Verde intermitente	Un (o más) dispositivo de la configuración de entrada/salida no está respondiendo.
	Rojo intermitente	No se puede establecer comunicación con uno o más dispositivos o el controlador está fallando.
FORCE	Apagado	Entradas/salidas forzadas desactivadas.
	Ámbar	Entradas/salidas forzadas activadas.
	Ámbar intermitente	Una o más entradas/salidas están forzadas, pero sin el modo de forzado de entrada/salida activado.
OK	Apagado	Sin potencia.
	Rojo intermitente	Falla mayor.
	Rojo	Falla no recuperable.
	Verde	El controlador está bien.
	Verde intermitente	Guardando/leyendo el proyecto hacia/de la memoria.
BAT	Apagado	Batería en buen estado y soporte de memoria.
	Rojo	Sin batería o batería descargada.
DCH 0	Apagado	La configuración del canal 0 es diferente de la configuración serial.
	Verde	El canal 0 tiene la configuración serial por defecto.

3. Llave de modo.

Tabla 19. Llave de selección de modo del módulo controlador.

Posición de la tecla	Descripción
RUN	El controlador ejecuta el programa. No se permite modificar el programa en este modo.
REM	El controlador ejecuta el programa y es posible programar remotamente el PLC mediante el RSLogix 5000. La llave debe permanecer en la posición REM si se desea realizar los ejercicios en los manuales del estudiante.
PROG	El controlador no ejecuta el programa. Los cambios de programa se pueden descargar al PLC cuando la llave está en esta posición.

© Festo Didactic 86030-E2

4. Módulo ethernet. Esta sección del módulo controlador contiene el conector Ethernet e indicadores LED de la conectividad Ethernet. También provee un espacio en blanco para escribir la dirección IP de su controlador. Por debajo de este espacio vacío está el indicador del estado del módulo (MS) y en el conector Ethernet, el indicador de estado de red (NS) y el indicador de estado de enlace (LNK). La descripción de estos LED se proporciona en la tabla 20. La tabla 21 resume las características Ethernet del controlador.

Tabla 20. Indicadores LED del módulo Ethernet.

Indicador	Color	Descripción
MS	Apagado	Sin potencia.
	Verde intermitente	En espera.
	Verde	En operación.
	Rojo	Falla mayor.
	Rojo intermitente	Actualizando el firmware del puerto.
NS	Apagado	Sin potencia en el módulo o sin dirección IP.
	Verde intermitente	No hay conexiones establecidas.
	Verde	Conexión(es) CIP establecida(s).
	rojo/verde intermitente	Auto verificación de encendido.
	Rojo	Dirección IP duplicada.
LNK	Apagado	Sin transmisión de datos.
	Verde	Listo.
	Verde intermitente	Transmitiendo.

Tabla 21. Especificaciones del módulo Ethernet.

Característica	Valor
Velocidad de transferencia	10/100 Mb/s
Conector ethernet	RJ45 Cat. 5
Tensión de aislamiento (continuo)	30 V
Dirección IP por defecto	192.168.2.60
Máscara de red por defecto	255.255.255.0

5. Canal 0. El controlador tiene un puerto serial RS-232 que puede usarse para comunicación con el PLC. El indicador DCH 0 (ver 2) muestra el estado de configuración del puerto y el indicador CH1 al lado del puerto serial muestra si hay actividad en el puerto serial RS-232 (tabla 22).

Tabla 22. Indicador LED CH1.

Indicador	Color	Descripción
CH1	Apagado	Sin actividad en el puerto RS-232.
	Verde intermitente	Actividad del puerto RS-232.

Tabla 23. Especificaciones del puerto RS-232.

Característica	Valor
Velocidad de transferencia	38,4 Kb/s
Conector	RS-232

6. Entradas digitales. El PLC CompactLogix tiene 16 entradas digitales con detección de encendido. El estado puede ser supervisado en una pantalla que indica el estado de cada entrada (numerada de 0 a 15). Si la entrada está activa, el indicador LED debajo de la entrada correspondiente está en amarillo.

Tabla 24. Especificaciones de la entrada digital.

Característica	Valor
Número de entradas	16
Rango de la tensión del estado encendido (on)	10-30 V cc
Máxima tensión del estado apagado (off)	5 V cc
Impedancia nominal	3 KΩ
Tensión de aislamiento (continuo)	75 V

7. Salidas digitales. El PLC CompactLogix tiene 16 salidas digitales con detección de encendido. El estado de cada salida puede ser supervisado en una pantalla que muestra el estado de cada una (numerada de 0 a 15). Si una salida está activa, el indicador LED debajo de la salida correspondiente está en amarillo.

Tabla 25. Especificaciones de las salidas digitales.

Característica	Valor
Número de salidas	16
Tensión de salida	24 V cc
Frecuencia de conmutación máxima	0,3 Hz (a carga nominal)
Tensión de aislamiento (continuo)	75 V

8. Módulo de entrada análoga. Este módulo convierte señales de 4-20 mA a valores digitales que pueden ser usados por el controlador. El módulo de entrada análoga tiene 8 entradas. Un indicador OK está en verde estable si las entradas están en estado normal de operación.

Tabla 26. Especificaciones del módulo de entrada análoga.

Característica	Valor
Número de entradas	8
Rango de entrada	4-20 mA
Resolución	15-16 bits
Impedancia (corriente)	250 Ω
Tensión de aislamiento (continuo)	30 V

Observe que las entradas análogas deben cambiar de escala por un factor de 100 (divida la entrada por 100) con el fin de usar unidades de 0 a 100% en los bloques de función e instrucciones de escalera.

© Festo Didactic 86030-E2

9. Módulo de salida análoga. Este módulo convierte valores digitales a señales de 4-20 mA. El módulo de salida análoga tiene 8 salidas. El indicador OK está en verde estable si las salidas están en un estado normal de operación.

Tabla 27. Especificaciones del módulo de salida análoga.

Característica	Valor
Número de salidas	8
Rango de salida	4-20 mA
Resolución	16 bits
Tensión de aislamiento (continuo)	30 V

Observe que las unidades en los bloques de función y en las instrucciones de escalera deben cambiar de escala por un factor de 100 (multiplique la salida por 100) con el fin de convertir adecuadamente los resultados de las salidas análogas.

Panel frontal

10. Panel de falla. Hay diez interruptores de falla disponibles que pueden ser activados por el instructor con el fin de insertar una o más fallas eléctricas. Las fallas se activan cuando el interruptor está en la posición de encendido (I). Asegúrese de que dichas fallas estén en la posición de apagado (O) si no se está realizando un ejercicio de diagnóstico y solución de fallas.

11. Conectores de entrada análoga. Conectados internamente a las entradas análogas del PLC (ver 8).

12. Conectores de entrada de potencia. Usados para energizar el PLC con una fuente de 24 V cc. Estos conectores están unidos internamente a la fuente de alimentación del PLC. Asegúrese de conectar el PLC a una salida de 24 V cc de la unidad eléctrica que no pierda la alimentación si se presiona el botón de emergencia (por ejemplo, los conectores 2 y 3 de la unidad eléctrica). Esto asegura que el PLC continuará funcionando en caso de una emergencia.

13. Conectores de salida análoga. Conectados internamente a las salidas análogas del PLC (ver 9).

14. Conectores de salida digital. Conectados internamente a las salidas digitales del PLC (ver 7).

15. Conectores de entrada digital. Internamente conectados a la entrada digital del PLC (ver 6).

Configuración e instalación del PLC

Conexión del PLC a la computadora

Para utilizar el PLC ControlLogix o el CompactLogix en el control de un proceso, se debe conectar el PLC a la tarjeta de red ethernet de la computadora y usar el software apropiado para modificar (de ser necesario) el archivo de proyecto del PLC y descargarlo al PLC. Los archivos de proyecto requeridos para usar los PLCs como controladores de procesos son proporcionados con el sistema en el CD-ROM de herramientas del PLC (P/N 86948).

Esta sección explica cómo configurar su computadora para la comunicación por red ethernet con el PLC.

Instalación del software del PLC

Tanto el ControlLogix como el CompactLogix poseen un software denominado RSLogix 5000, este software permite crear, modificar y descargar proyectos para el PLC. Además del RSLogix 5000, se deben instalar en la computadora otros dos programas de software: El RSLinx y el FactoryTalk Activation Server. El RSLinx habilita la comunicación ethernet con el PLC mientras que el FactoryTalk Activation Server permite la activación de la licencia del software desarrollado por Rockwell. Todos los programas de software están disponibles en el CD-ROM RSLogix 5000. La siguiente lista resume el hardware y software requerido para usar el ControlLogix o el CompactLogix con el sistema.

- Una computadora con al menos un puerto Ethernet
- Un enrutador con dos cables ethernet o un cable ethernet cruzado[1]
- RSLogix 5000 (software)
- RSLinx (software)
- FactoryTalk Activation Server (software)

La instalación de los tres componentes de software mencionados es bastante simple; inserte el CD-ROM RSLogix 5000 en la unidad de CD-ROM de su computadora y siga las instrucciones del asistente de instalación. Al seguir las instrucciones del asistente sin cambiar los valores por defecto se debería instalar los tres componentes de software correctamente. Durante el proceso de instalación, tendrá que registrar el producto mediante el número serial y la clave del producto provista en el CD-ROM RSLogix 5000. La activación de este producto se realiza generalmente por una conexión de internet, pero existen alternativas (remítase a la documentación del software).

[1] Se necesita un cable cruzado para conectar el PLC directamente a la tarjeta Ethernet de la computadora.

Cómo conectar el PLC a su computador

Existen dos formas de conectar el PLC a su computadora. Si el PLC es el único dispositivo ethernet utilizado, se puede conectar directamente a la tarjeta ethernet de la computadora mediante un cable ethernet cruzado. Si se emplean varios dispositivos ethernet, debe conectar un enrutador a la tarjeta ethernet de la computadora y usar cables ethernet normales para conectar el PLC y otros dispositivos al enrutador. La figura 78 y la figura 79 ilustran las conexiones para ambos casos.

El PLC tiene una dirección IP específica y la dirección IP de la tarjeta ethernet a la cual se conecta el PLC debe ser compatible con la IP del PLC. Por lo tanto, su computadora debe tener una tarjeta ethernet dedicada a la comunicación con el PLC. Si desea que la computadora esté conectada a una red local y al PLC, debe tener dos tarjetas ethernet.

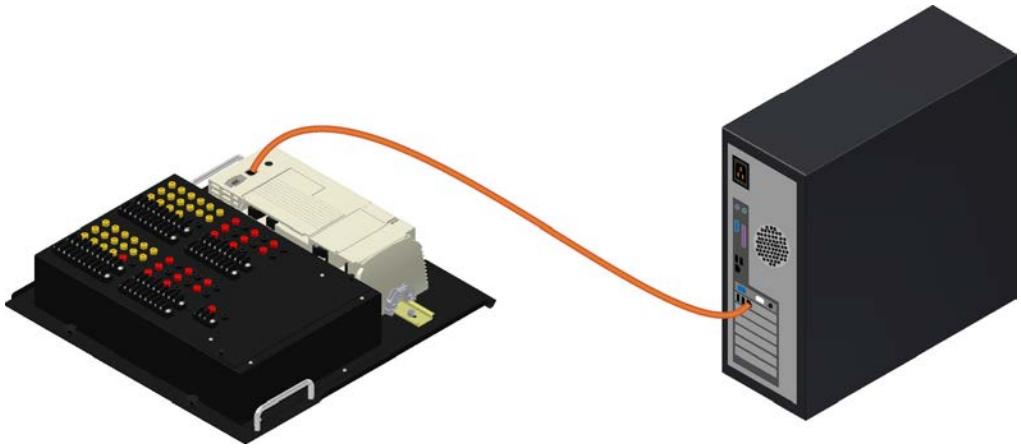


Figura 78. Conexión del PLC directamente a la computadora mediante un cable ethernet cruzado.

© Festo Didactic 86030-E2

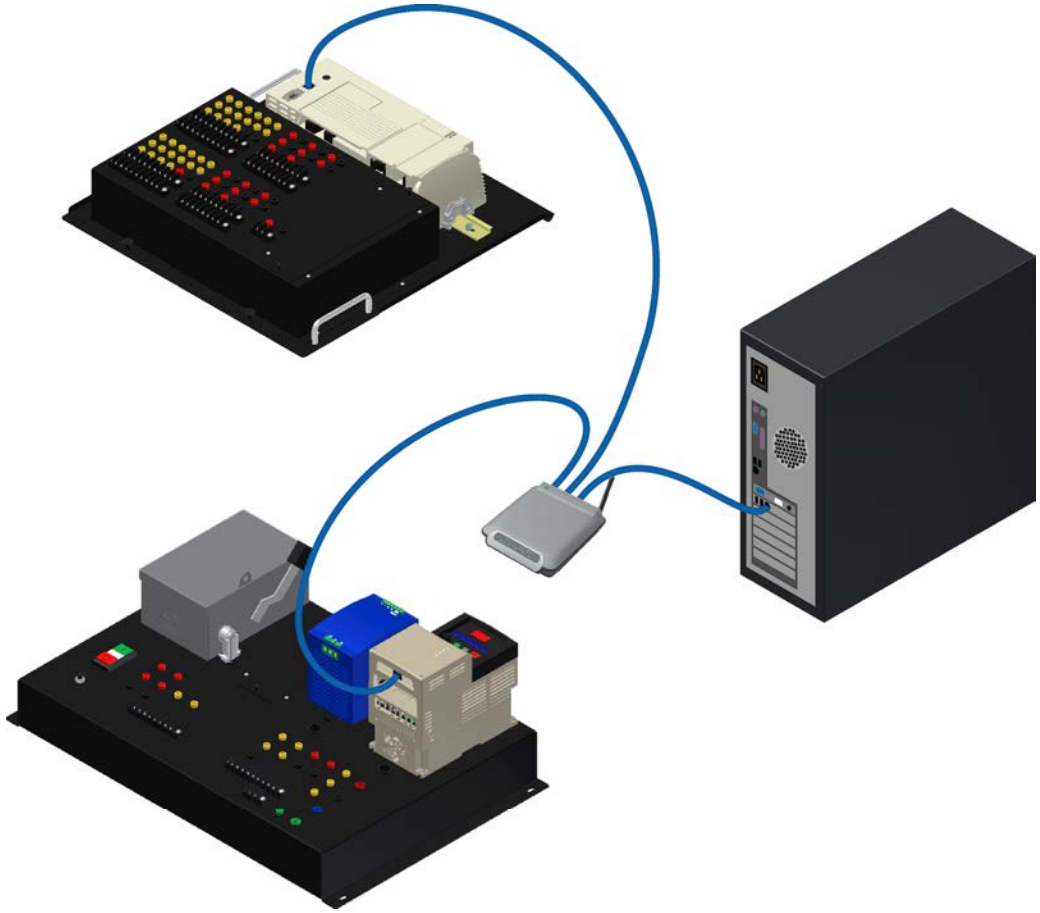


Figura 79. Conexión del PLC y otros dispositivos ethernet a la computadora mediante un enrutador.

Cómo configurar su computadora y el software para la comunicación por red ethernet con el PLC

Una vez que el PLC esté conectado a la computadora como se indicó anteriormente, se debe configurar la computadora para el uso con el PLC. Esto implica configurar la tarjeta ethernet, el RSLinx y el RSLogix 5000. Este procedimiento se realizará una sola vez si el PLC está conectado por medio de una tarjeta ethernet dedicada de la computadora.

Cómo configurar la tarjeta ethernet

1. Asegúrese de que el PLC esté conectado adecuadamente a la computadora.

2. En el Panel de control de la computadora, abra la carpeta Conexiones de red y haga doble clic en *Conexión de área local* para abrir la ventana Estado de la conexión de área local (figura 80). Esto permite cambiar los parámetros LAN (del inglés **L**ocal **A**rea **N**etwork).

Si hay más de una conexión disponible en la carpeta Conexiones de red, asegúrese de hacer doble clic en la Conexión de área local asociada con la tarjeta ethernet a la cual se conecta el equipo.

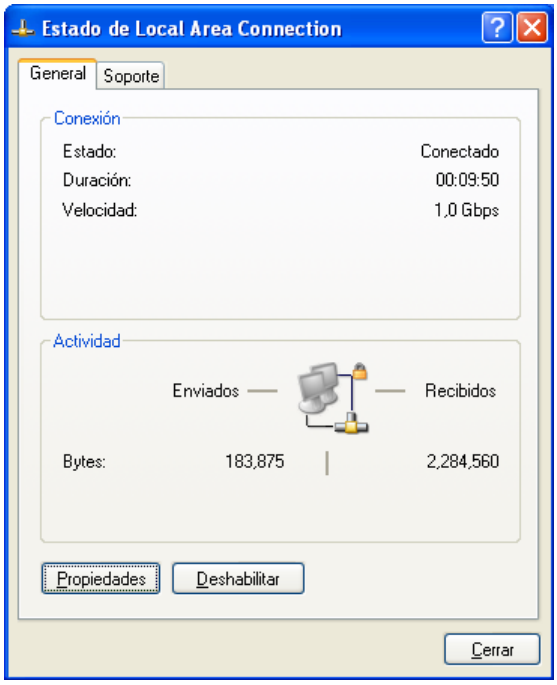


Figura 80. Ventana Estado de la conexión de área local.

© Festo Didactic 86030-E2

3. Haga clic en *Propiedades* (figura 81) para ver la ventana Propiedades de la conexión de área local.

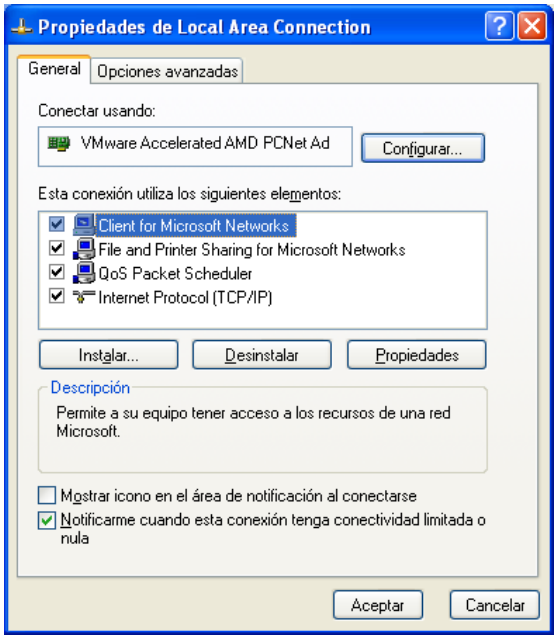


Figura 81. Ventana Propiedades de la conexión de área local.

4. Haga doble clic en el ítem *Protocolo de internet (TCP/IP)* para abrir la ventana Propiedades del protocolo de internet (TCP/IP).

5. Seleccione *Usar la siguiente dirección IP* e ingrese **192.168.2.40** en la sección *Dirección IP* y **255.255.255.0** en la sección *Máscara de subred* como indica la figura 82.

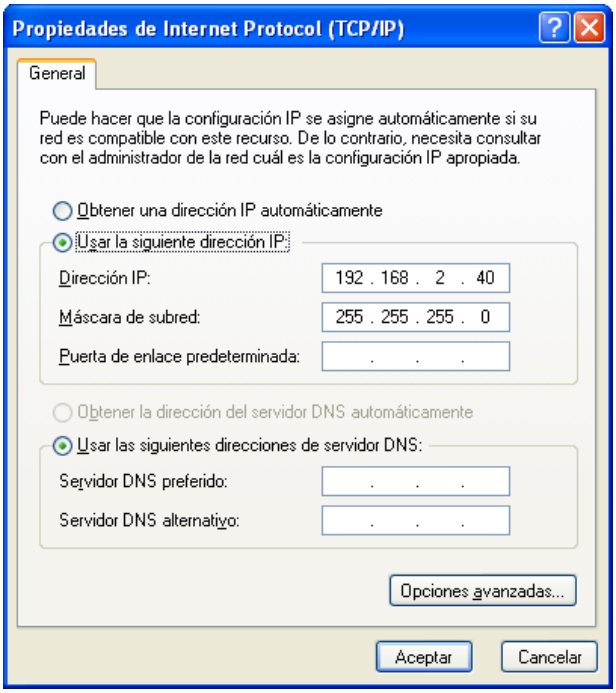


Figura 82. Ventana Propiedades del protocolo de internet (TCP/IP).

6. Una vez se configure la dirección IP y la máscara de subred, haga clic en *Aceptar* para aplicar los cambios y cierre la ventana Propiedades del protocolo de internet (TCP/IP).

7. Clic en *Aceptar* para cerrar la ventana Propiedades de conexión de área local.

8. Clic en *Cerrar* para cerrar la ventana Estado de la conexión de área local.

9. La configuración de red está completa. Ahora debe configurar el RSLinx para la comunicación con el PLC.

© Festo Didactic 86030-E2

Configuración del RSLinx

10. Inicie el RSLinx (figura 83). Este software gestiona la comunicación entre la computadora y el PLC.

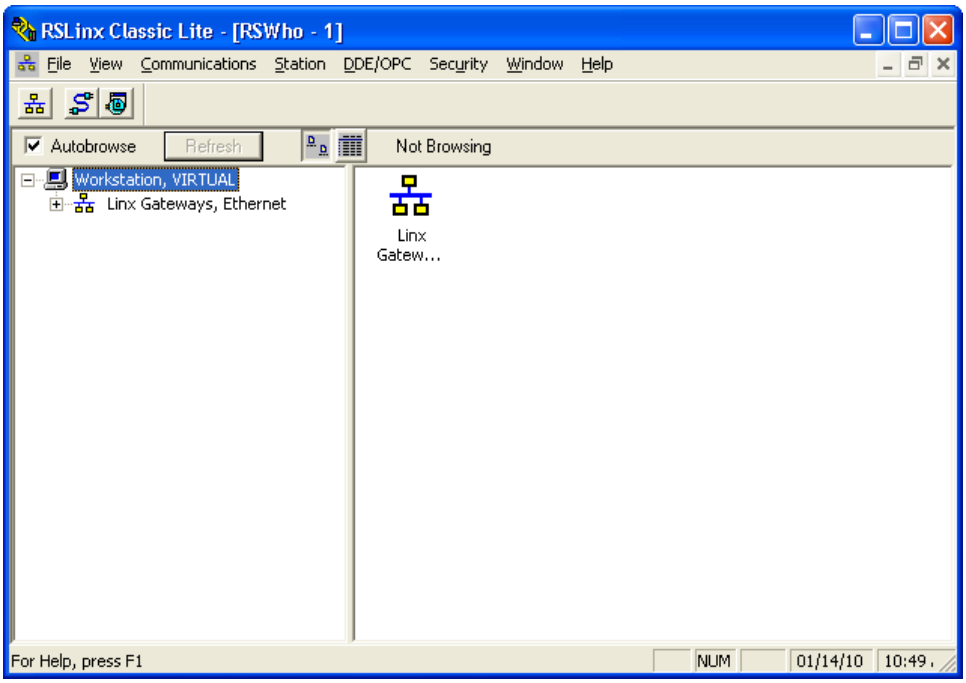


Figura 83. RSLinx.

11. En el menú *Communications*, seleccione *Configure Drivers* para abrir la ventana Configure Drivers (figura 84).

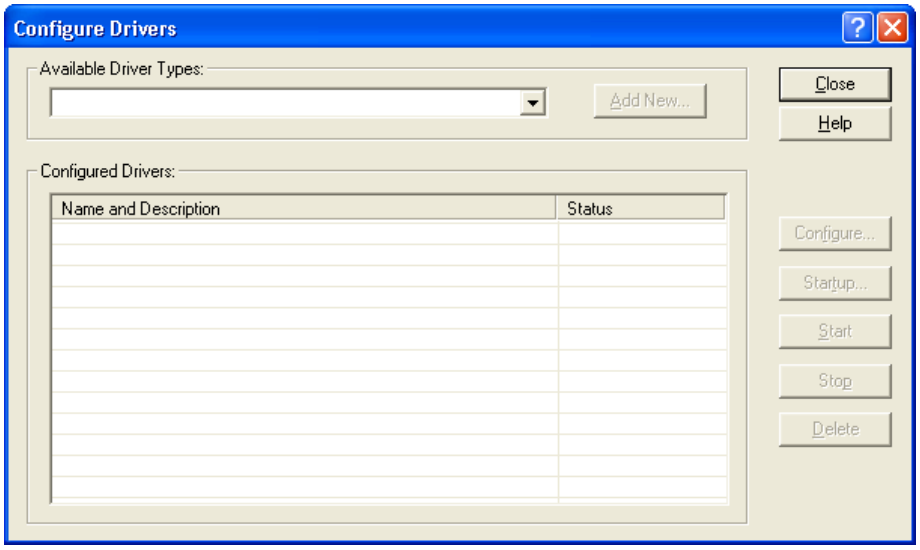


Figura 84. Ventana Configure Drivers.

12. De la lista desplegable *Available Driver Types*, seleccione *Ethernet/IP Driver* (figura 85).

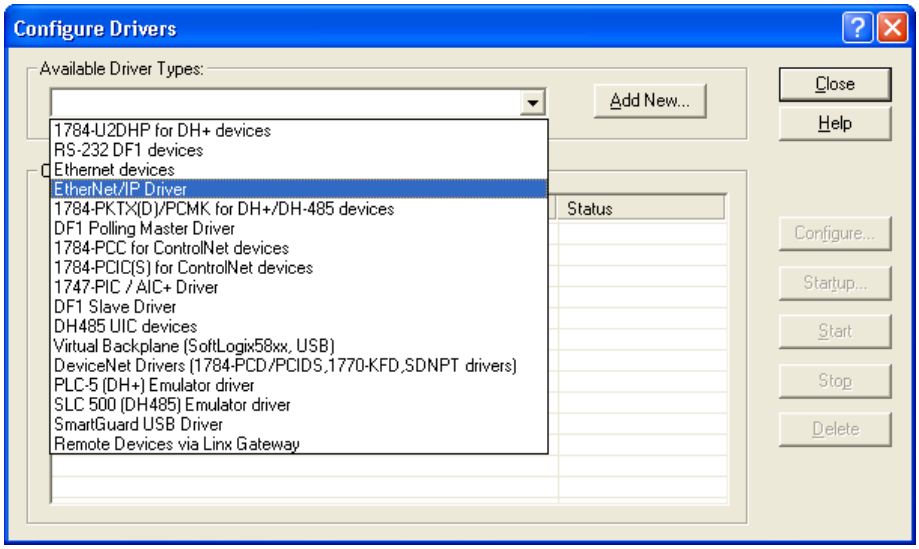


Figura 85. Lista desplegable Available Driver Types.

13. Haga clic en *Add New* para visualizar la ventana Add New RSLinx Classic Driver mostrada en la figura 86.

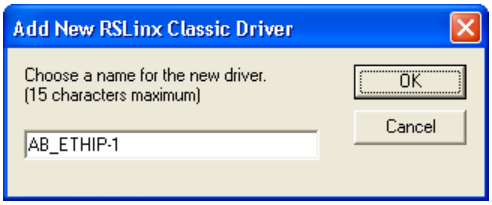


Figura 86. Ventana Add New RSLinx Classic Driver.

14. Esta ventana permite establecer el nombre del driver Ethernet/IP. Mantenga el nombre por defecto (AB_ETHIP-1) y haga clic en *OK*.

© Festo Didactic 86030-E2

15. La ventana Configure driver: AB_ETHIP-1 aparece (figura 87). Seleccione la subred local con la dirección IP 192.168.2.40. Haga clic en *OK* para aceptar los cambios.

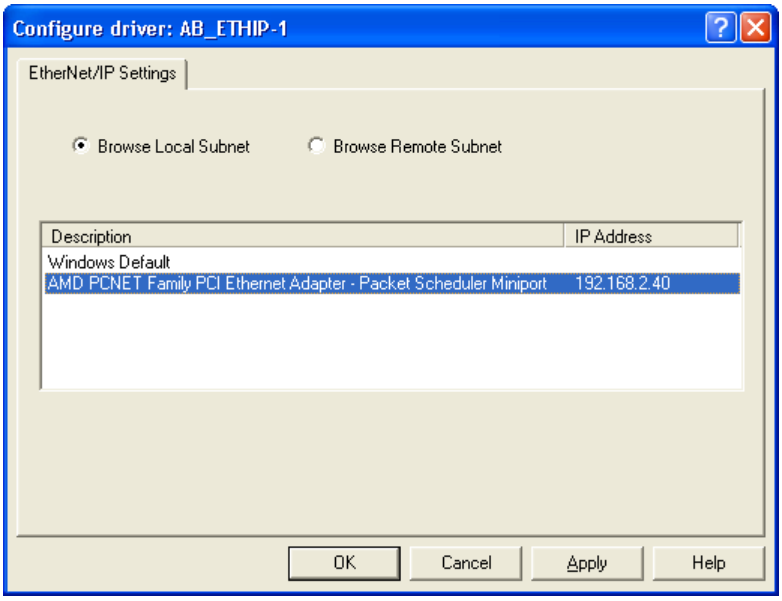


Figura 87. Ventana Configure driver: AB_ETHIP-1.

16. El driver agregado aparece en la lista *Configured Drivers* (figura 88). Haga clic en *Close* para cerrar la ventana Configure Drivers.

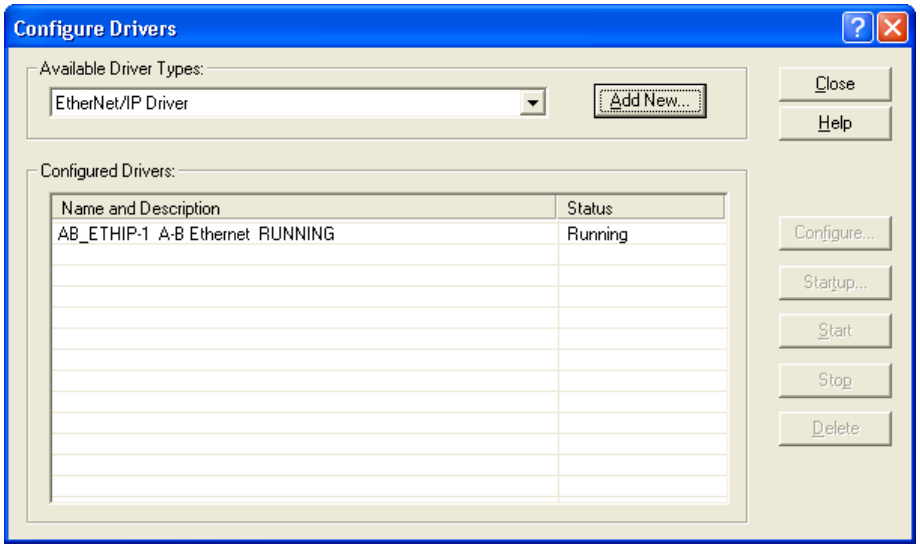


Figura 88. Ventana Configure Drivers.

17. Asegúrese de que el PLC esté conectado como se detalló anteriormente y aliméntelo con una fuente de 24 V cc.

18. Si no está activa, abra la ventana RSWho en el RSLinx (figura 89). Para ello, seleccione *RSWho* en el menú *Communications*.

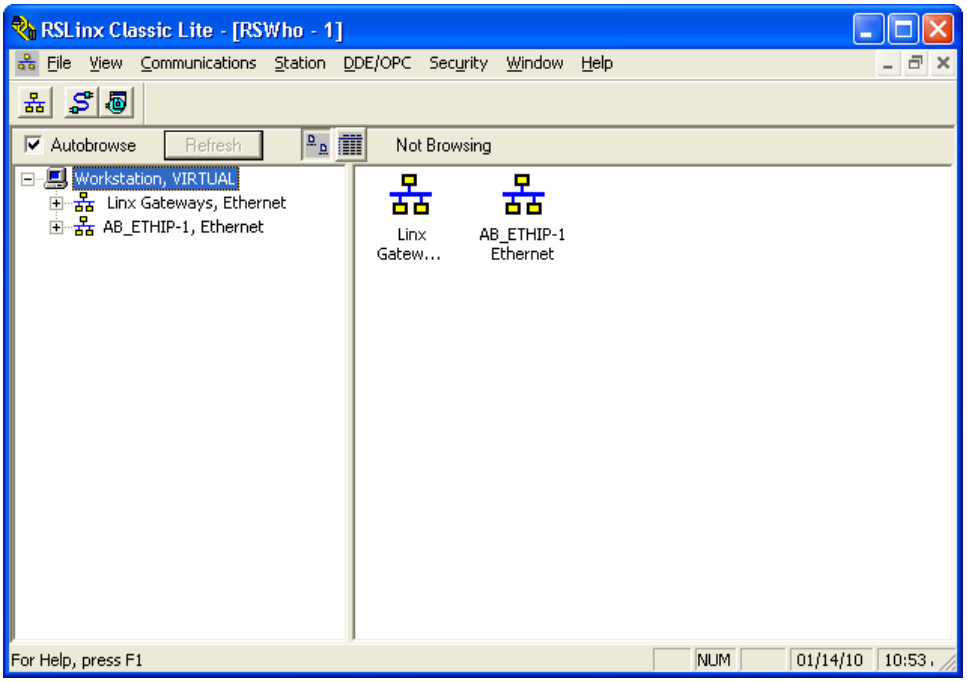


Figura 89. Ventana RSWho.

19. Haga clic en el símbolo ⊞ contiguo a *AB_ETHIP-1, Ethernet* para expandir el árbol de red y espere que el PLC aparezca en la lista de dispositivos (figura 90). Antes que el RSLinx detecte el nuevo dispositivo pueden transcurrir varios segundos.

© Festo Didactic 86030-E2

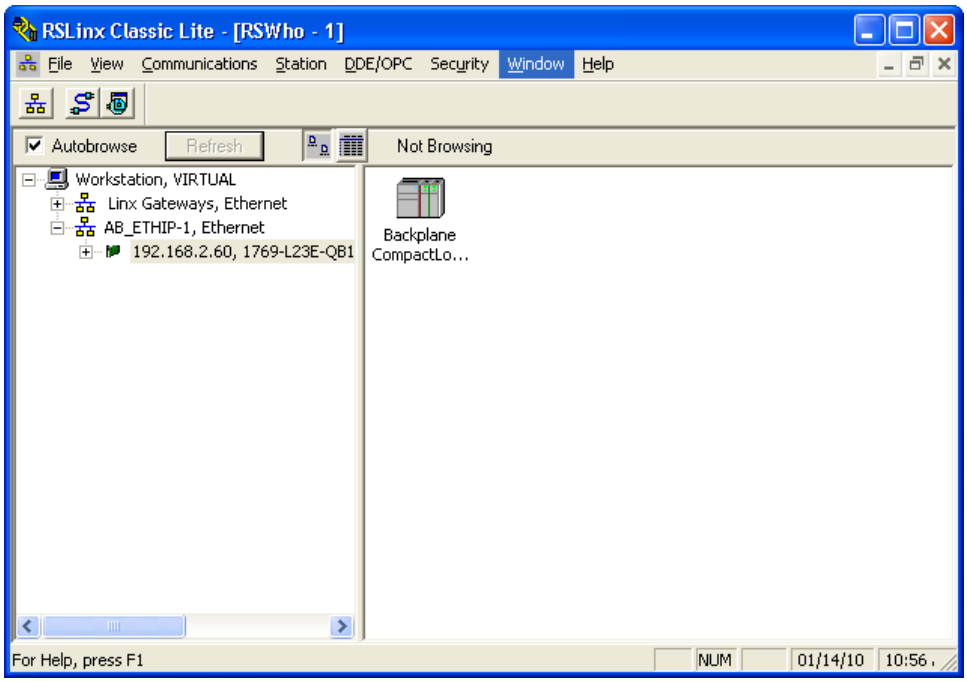


Figura 90. Búsqueda de dispositivos de red mediante el RSWho (CompactLogix L23E).

Si el PLC no aparece en la lista de dispositivos, verifique las conexiones físicas entre el PLC, el enrutador, y la computadora. Verifique si las luces indicadoras están activas en el enrutador.

20. Al expandirse completamente, el árbol de red *AB_ETHIP-1, Ethernet* luce como se muestra en la figura 91.

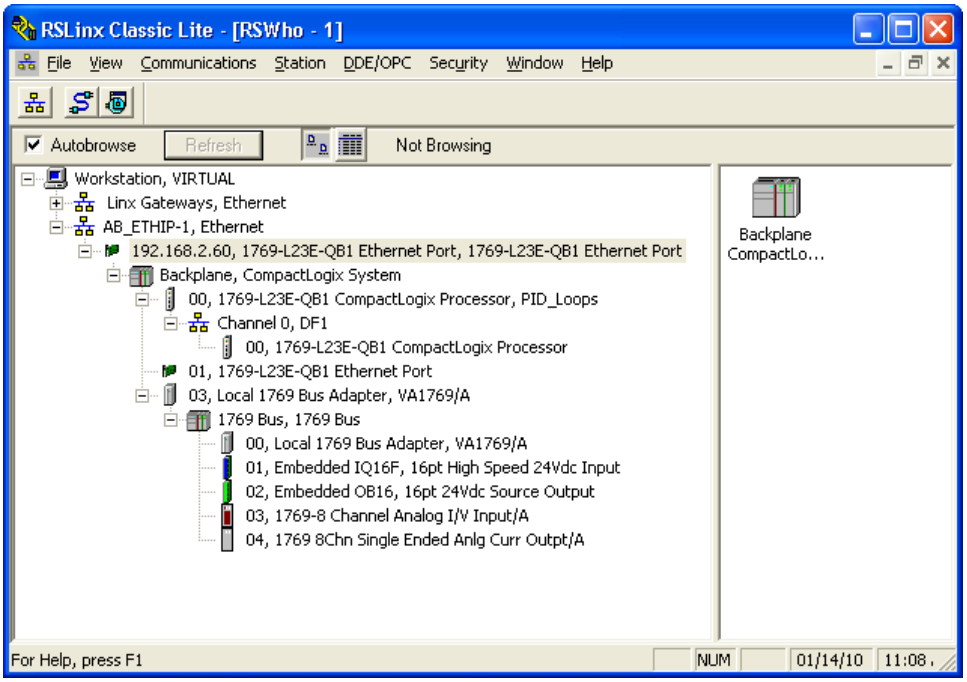


Figura 91. Árbol de red AB_ETHIP-1, Ethernet.

21. En el menú *Archivo*, seleccione *Exit* para cerrar la ventana del RSLinx (el software permanece activo). Para abrir de nuevo la ventana del RSLinx, haga clic en el ícono *RSLinx Communications Service* ubicado en el área de notificaciones de la barra de tareas de Windows.

22. La configuración de la red ethernet está completa. Usted debería poder comunicarse con el PLC mediante el RSLogix 5000.

© Festo Didactic 86030-E2

Control PID y control PID en cascada

En este manual se emplean principalmente algoritmos de control que usan los bloques de función PIDE. Sin embargo, el algoritmo PID clásico puede utilizarse con los controladores ControlLogix y CompactLogix. En este apéndice se exponen las principales diferencias y características del algoritmo PID.

La diferencia más importante entre el control PID y el PIDE es que el algoritmo de control PID usa la forma de posición clásica en vez de la forma de velocidad expuesta en la Sección 4. Esta forma es más sencilla y presenta dos variaciones:

Ganancias dependientes

$$CV = K_c\left(E + \frac{1}{T_i}\int_0^{t'} Edt + T_d\frac{dE}{dt}\right) + Polarización \tag{3}$$

donde
- CV es la variable de control.
- E es el error ($PV - SP$) – acción directa. o ($SP - PV$) – acción inversa.
- K_c es la ganancia del controlador.
- T_i es el tiempo integral (en minutos). Un mayor valor de T_i produce una menor respuesta integral.
- T_d es el tiempo derivativo (en minutos).
- $Polarización$ es una compensación definida por el usuario.

En esta versión, la ganancia del controlador tiene un efecto sobre los tres componentes de la ecuación (proporcional, integral y derivativo).

Ganancias independientes

$$CV = K_pE + K_i\int_0^{t'} Edt + K_d\frac{dE}{dt} + Polarización \tag{4}$$

donde
- K_p es la ganancia proporcional
- K_i es la ganancia integral (en minutos^{-1}). Un mayor valor de K_i produce una mayor respuesta integral
- K_d es la ganancia integral (en minutos)

Cada coeficiente de ganancia tiene efecto solo en una acción de control (proporcional, integral, o derivativa).

Debido a que el algoritmo PID desarrollado para el RSLogix 5000 es más viejo que el bloque de función PIDE, este no soporta tantas funcionalidades avanzadas como el PIDE. Tampoco está diseñado para usarse en un diagrama de bloques funcional y en cambio se basa en el diagrama de escalera o en texto estructurado. Dichas diferencias no son mayores y una instrucción PID es lo suficientemente sencilla para usarse en la mayoría de lazos de control.

Control PID

Para emplear el control PID, simplemente siga los pasos 1 a 5 de la Sección 4, reemplazando las menciones de *PIDE_Control* por *PID_Control*. Expanda la carpeta *PID_Control* y haga doble clic en el archivo denominado *Main* para acceder al programa de escalera del PID (figura 92).

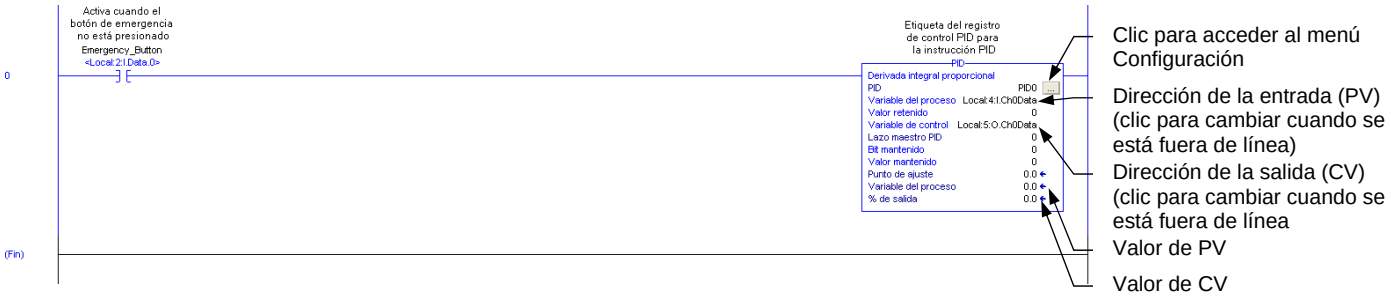


Figura 92. Rutina de control PID.

Los parámetros del lazo de control pueden configurarse en la ventana de Configuración de PID de la instrucción PID (accesible al hacer clic en el icono ... de la esquina superior derecha de la instrucción PID). La mayoría de los parámetros se encuentran en las pestañas *Ajuste* o *Configuración* de la ventana de configuración y se pueden acceder y modificar mientras el lazo está ejecutándose (figura 93 y figura 94).

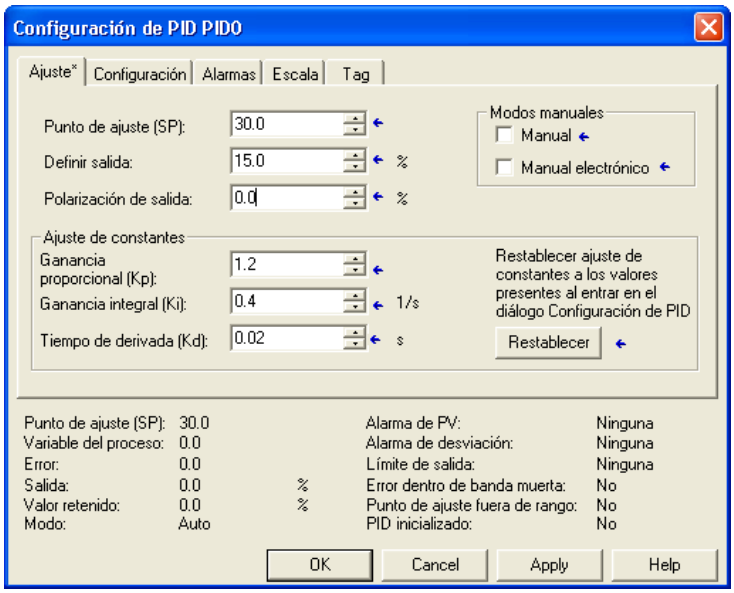


Figura 93. Ventana Configuración de PID – pestaña Ajuste.

© Festo Didactic 86030-E2

Tabla 28. Parámetros de la ventana Configuración de PID – pestaña Ajuste.

Parámetro	*Descripción*
Punto de ajuste (SP)	Especifica el punto de ajuste deseado. Puede configurarse en el rango de 0% a 100%.
Definir salida	Especifica el valor de salida cuando la instrucción PID está en **modo manual electrónico**. Puede configurarse en el rango de 0% a 100%. Despliega el valor actual de la salida cuando se está en modo automático.
Polarización de salida	Especifica la polarización de salida deseada. Esta opción es útil para ajustar el valor de CV para un error dado cuando no se usa la acción integral.
Ganancias	Especifica el valor de los parámetros de sintonización requeridos para el lazo de control. **Dependiente**: K_c, T_i y T_d **Independiente**: K_p, K_i y K_d
Modos manuales	El controlador PID está en **modo automático** cuando ninguna de las dos opciones manuales está activa. Active la opción *Manual electrónico* para usar el controlador en un **modo manual** el cual permite especificar la salida directamente desde el RSLogix 5000. La opción *Manual* (desactiva el modo manual electrónico al activarse) utiliza la variable tieback (esta variable puede conectarse a una entrada del PLC, por ejemplo) como la salida CV manual. Esta opción no se utiliza a menudo pues está más allá del alcance de los lazos PID básicos.

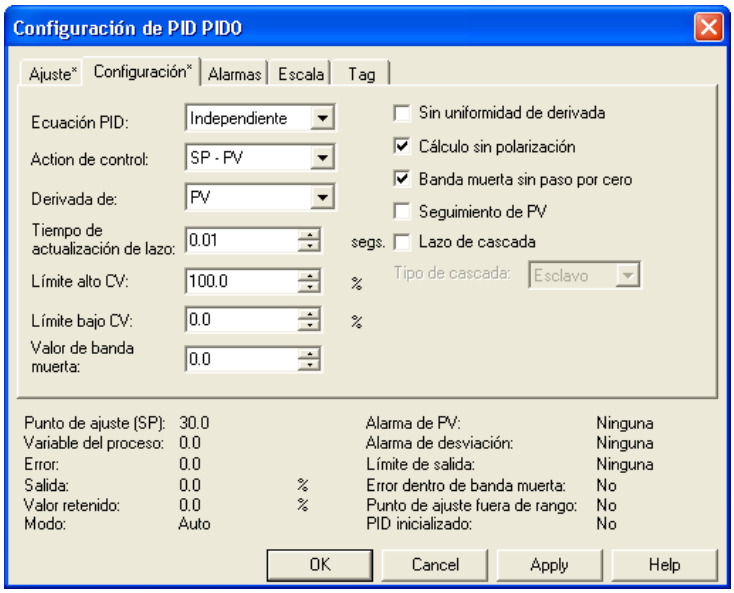


Figura 94. Ventana Configuración de PID – pestaña Configuración.

Tabla 29. Parámetros de la ventana Configuración de PID – pestaña Configuración.

Parámetro	*Descripción*
Ecuación PID	Seleccione que tipo de ecuación de PID usar: *Dependiente* o *Independiente*
Acción de control	Escoja entre la acción de control directa (Error: E = PV-SP) o inversa (Error: E = SP-PV).
Derivada de	Específica si desea que la acción derivativa se calcule basada en el error (E) o en la variable de proceso (PV) únicamente.
Tiempo de actualización de lazo	Ingrese el tiempo de actualización de la instrucción. Este valor es el mismo al periodo configurado en las propiedades de la carpeta Periodic Tasks. El valor por defecto es 0,010 s.
Límite alto/bajo CV	Específica los valores máximo y mínimo (en %) que el lazo de control puede tener como salida. Los valores por defecto son 100% y 0% respectivamente.
Valor de banda muerta	Ingrese el tamaño de la banda muerta (en %) que desea usar. Deje el campo vacío o en 0 para deshabilitar esta opción.
Sin uniformidad de derivada	Si esta opción no está activa, los efectos de una señal PV con ruido se reducen al suavizar la acción derivativa. Por otro lado esto puede limitar la efectividad de la acción derivativa, especialmente para ganancias grandes.
Cálculo sin polarización	Deshabilita la transferencia sin sobresaltos del modo manual al automático.
Banda muerta sin paso por cero	Active la opción *Banda muerta sin paso por cero* si no requiere que el error pase por cero antes que se active la banda muerta.
Seguimiento de PV	Si este parámetro está activo, el valor de SP seguirá al valor de PV cuando el controlador esté en modo manual.
Lazo de cascada	Especifica si el controlador PID opera en modo cascada o no.

El próximo paso es transferir el proyecto al controlador y activar el modo de ejecución remoto. Para mayor detalle siga los pasos 10 y 14 de la Sección 4.

El controlador puede ser ahora sintonizado a partir de la ventana Configuración. Escoja la acción de control apropiada y el tipo de ecuación PID que desea usar.

- Si usted está sintonizando el lazo PID con un método de cambio escalón (como el Ziegler-Nichols), asegúrese de que el lazo esté en modo **manual electrónico** (active la casilla correspondiente en la pestaña Ajuste de la ventana Configuración). Cambie el parámetro *Definir salida* para realizar el cambio escalón y luego calcule los parámetros PID apropiados. Ingrese las ganancias en la ventana Configuración.
- Si usa un método de sintonización de ensayo y error o de último ciclo, asegúrese de que el lazo de control esté en modo **automático** (los modos manuales deben estar desactivados) y cambie los coeficientes PID según requiera en la pestaña Ajuste de la ventana Configuración. Puede cambiar el punto de ajuste del controlador PID mediante el parámetro *Punto de ajuste (SP)*.

© Festo Didactic 86030-E2

Una vez que la sintonización inicial esté hecha, pruébela en modo **automático** (los modos manuales deben estar desactivados) para diferentes puntos de ajuste y sintonice según se requiera.

La rutina PID está ya configurada y controlando el proceso.

Control PID en cascada

Para usar el control PID en cascada, asegúrese de leer las páginas anteriores sobre el control PID y luego sigas los pasos 1 a 5 de la Sección 5, reemplazando *PIDE_Cascade* con *PID_Cascade*. Expanda la carpeta *PID_Cascade* y haga doble clic en el archivo denominado *Main* para acceder al programa de escalera del PID en cascada (figura 95).

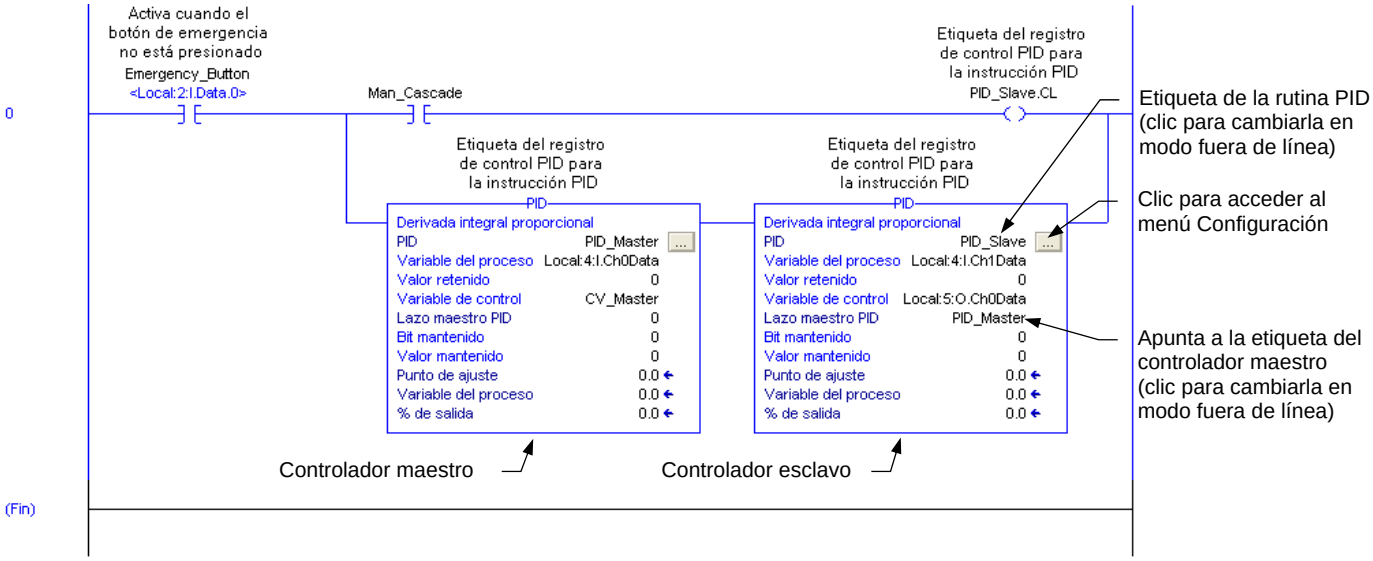


Figura 95. Rutina PID en cascada.

El control en cascada básico implica dos instrucciones PID cada una con una variable de proceso distinta. La salida del controlador PID maestro se convierte en el punto de ajuste del controlador esclavo cuando el modo en cascada se activa pero no está conectada a alguna salida del PLC. La única salida físicamente conectada al proceso es la variable de control del lazo esclavo. La variable boleana *Man_Cascade* tiene un efecto directo en el parámetro *PID_Slave.CL*. Esta permite activar el modo en cascada (*Man_Cascade* en 1) o desactivarlo (*Man_Cascade* en 0) simple y eficientemente a partir de la ventana Watch.

Los parámetros del lazo de control pueden configurarse en la ventana respectiva de Configuración de PID (accesible al hacer clic en el icono ... de la esquina superior derecha de las instrucciones PID). La mayoría de parámetros se encuentran en las pestañas *Ajuste* o *Configuración* de la ventana de configuración y se pueden acceder y modificar mientras el lazo está ejecutándose. Vea la tabla 28 y la tabla 29 para obtener una descripción completa de los parámetros de la instrucción PID.

El próximo paso es transferir el proyecto al controlador y activar el modo de ejecución remoto. Para mayor detalle siga los pasos 9 a 13 de la Sección 5.

Comience por sintonizar el controlador esclavo. Asegúrese de que el parámetro *Man_Cascade* esté en 0. Escoja la acción de control apropiada y el tipo de ecuación PID que desea usar.

- Si está sintonizando el lazo PID con un método de cambio escalón (como el Ziegler-Nichols), asegúrese de que el lazo esté en modo **manual electrónico** (active la casilla correspondiente en la pestaña Ajuste de la ventana Configuración). Cambie el parámetro *Definir salida* para realizar el cambio escalón y luego calcule los parámetros PID apropiados. Ingrese las ganancias en la ventana Configuración.
- Si utiliza un método de sintonización de ensayo y error o de último ciclo, asegúrese de que el lazo de control esté en modo **automático** (los modos manuales deben estar desactivados) y cambie los coeficientes PID según requiera en la pestaña Ajuste de la ventana Configuración. Puede cambiar el punto de ajuste del controlador PID mediante el parámetro *Punto de ajuste (SP)*.

Una vez que la sintonización inicial del lazo esclavo esté hecha, pruébela en modo **automático** (los modos manuales deben estar desactivados) para diferentes puntos de ajustes y sintonice según se requiera. Deje el lazo esclavo en modo automático y fije en 1 el parámetro *Man_Cascade* para activar el modo de cascada.

Luego, sintonice el lazo maestro y escoja la acción de control apropiada y el tipo de ecuación PID necesaria.

- Si usted está sintonizando el lazo PID con un método de cambio escalón (como el Ziegler-Nichols), asegúrese de que el lazo esté en modo **manual electrónico** (active la casilla correspondiente en la pestaña Ajuste de la ventana Configuración). Cambie el parámetro *Definir salida* para realizar el cambio escalón y luego calcule los parámetros PID apropiados. Ingrese las ganancias en la ventana Configuración del lazo maestro.
- Si usa un método de sintonización de ensayo y error o de último ciclo, asegúrese de que el lazo de control esté en modo **automático** (los modos manuales deben estar desactivados) y cambie los coeficientes PID según requiera en la pestaña Ajuste de la ventana Configuración del lazo maestro. Puede cambiar el punto de ajuste del controlador PID mediante el parámetro *Punto de ajuste (SP)*.

Una vez que la sintonización inicial del lazo maestro esté hecha, pruébela en modo **automático** (los modos manuales deben estar desactivados) para diferentes puntos de ajuste y sintonice según se requiera.

La rutina PID en cascada está ya configurada y controlando el proceso.

© Festo Didactic 86030-E2

Control PID de relación y control PID de rango dividido

En este manual se emplean principalmente algoritmos de control que usan los bloques de función PIDE. Sin embargo, el algoritmo PID clásico puede utilizarse con los controladores ControlLogix y CompactLogix. Las principales diferencias y características de las instrucciones PID se expusieron en el Apéndice D.

Las rutinas de control de relación y rango dividido que emplean instrucciones PID están disponibles en los programas provistos con los controladores. Este apéndice explica cómo usar dichas versiones. Para entender los esquemas de control es útil leer las primeras páginas de la Sección 6 (Relación) y la Sección 7 (Rango dividido).

Control PID de relación

Para emplear el control PID de relación, simplemente siga los pasos 1 a 5 de la Sección 5, reemplazando las menciones de *PIDE_Ratio* por *PID_Ratio*. Expanda la carpeta *PID_Ratio* y haga doble clic en el archivo denominado *Main* para acceder al programa de escalera del PID de relación (figura 96).

Los parámetros del lazo de control pueden configurarse en la ventana de Configuración de PID de la instrucción PID (accesible al hacer clic en el icono ... de la esquina superior derecha de la instrucción PID). La mayoría de parámetros se encuentran en las pestañas *Ajuste* o *Configuración* de la ventana de configuración y se pueden acceder y modificar mientras el lazo está ejecutándose. De ser necesario, remítase al Apéndice D para detalles de cómo usar la instrucción PID.

Transfiera el proyecto al controlador y active el modo de ejecución. De ser necesario, remítase a la Sección 6, pasos 9 a 12. Conecte la entrada digital 0 del PLC a una fuente conmutada de 24 V cc de la unidad eléctrica.

Sintonice la instrucción PID para controlar la variable A, usando su método preferido. Una vez más, de ser necesario, remítase al Apéndice D. Cuando la sintonización sea apropiada, ajuste la variable *Ratio* al valor deseado (donde Ratio = A / B) y fije en 1 la variable *RatioMode* para activar el modo de relación. (Para ello use la ventana Watch (Alt+3)). La instrucción PID debe estar en modo automático.

Pruebe el esquema de control variando el valor de B. El controlador debería trabajar para mantener la relación requerida entre las dos variables de proceso.

La rutina PID de relación está ya configurada y controlando el proceso.

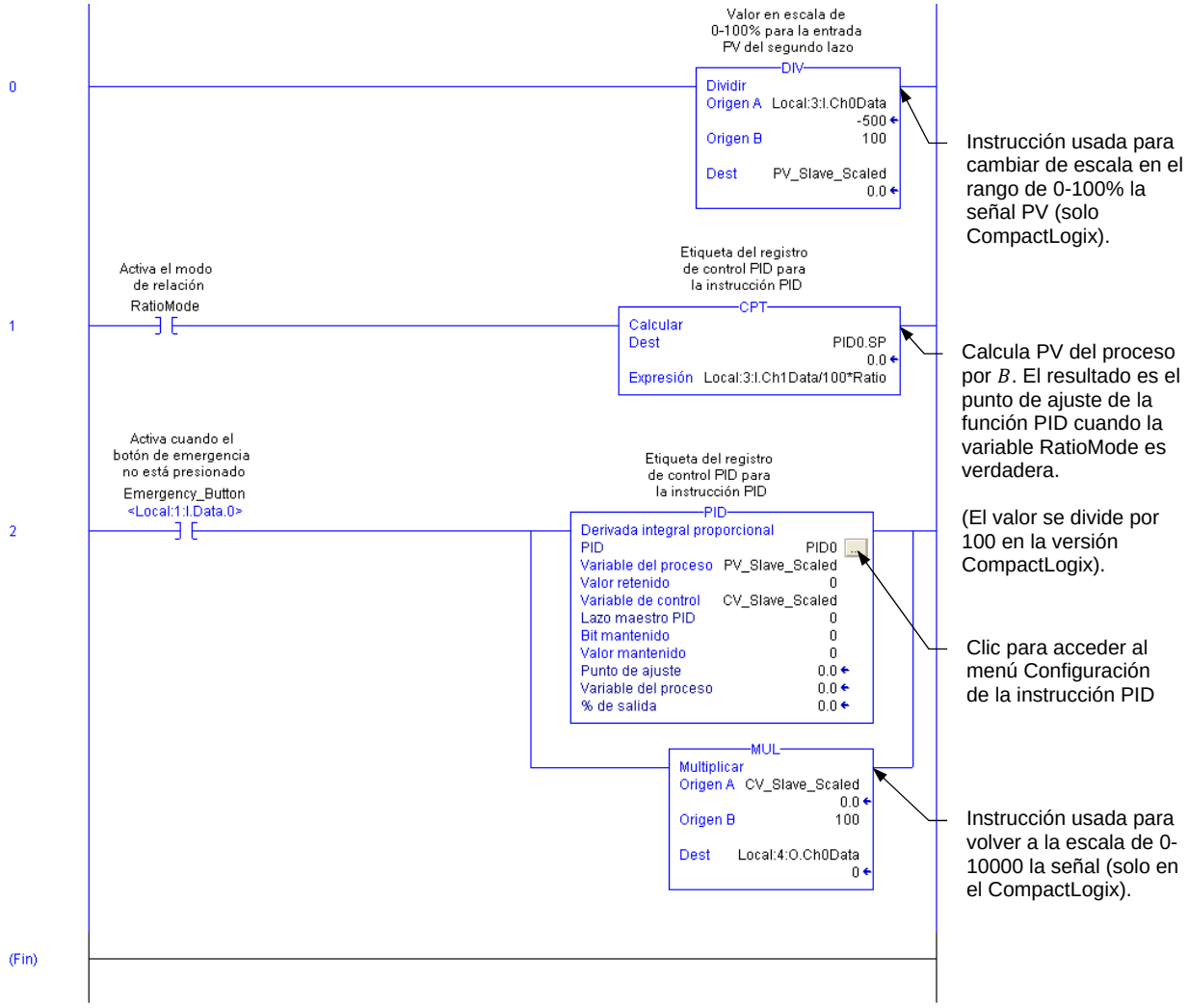


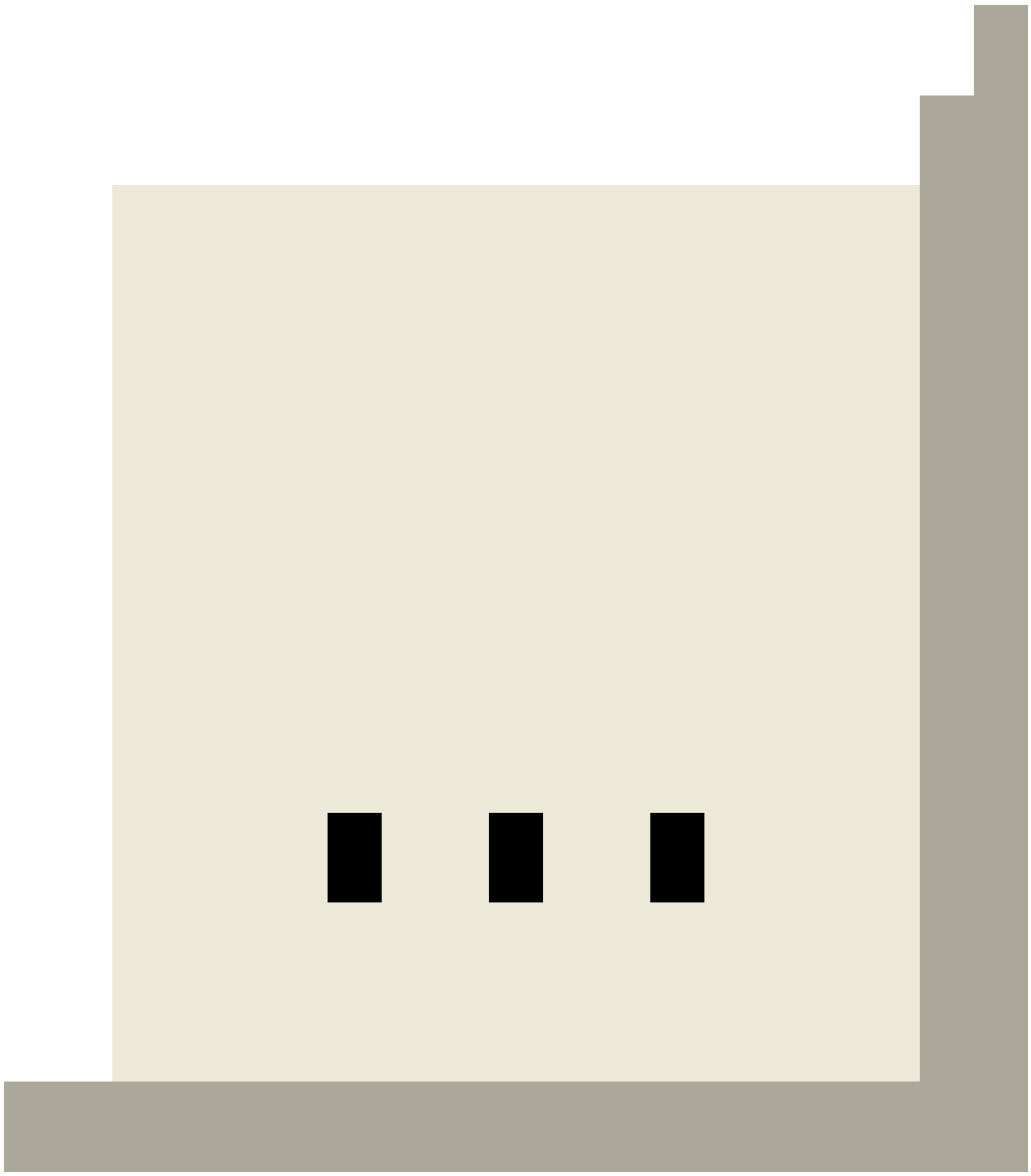
Figura 96. Rutina PID de relación (versión CompactLogix).

Control PID de rango dividido

Para emplear el control PID de rango dividido, asegúrese de leer la sección sobre control PIDE de rango dividido y luego siga los pasos 1 a 5 de la Sección 7, reemplazando *PIDE_SplitRange* con *PID_SplitRange*. Expanda la carpeta *PID_SplitRange* y haga doble clic en el archivo denominado *Main* para acceder al programa de escalera del PID de rango dividido (figura 97 y figura 98).

Los parámetros del lazo de control pueden configurarse en la ventana respectiva de Configuración de PID (accesible al hacer clic en el icono

© Festo Didactic 86030-E2



de la esquina superior derecha de las instrucciones PID). La mayoría de los parámetros se encuentran en las pestañas *Ajuste* o *Configuración* de la ventana de configuración y pueden ser accedidos y modificados mientras el lazo está

ejecutándose. De ser necesario, remítase al Apéndice D para detalles de cómo usar las instrucciones PID.

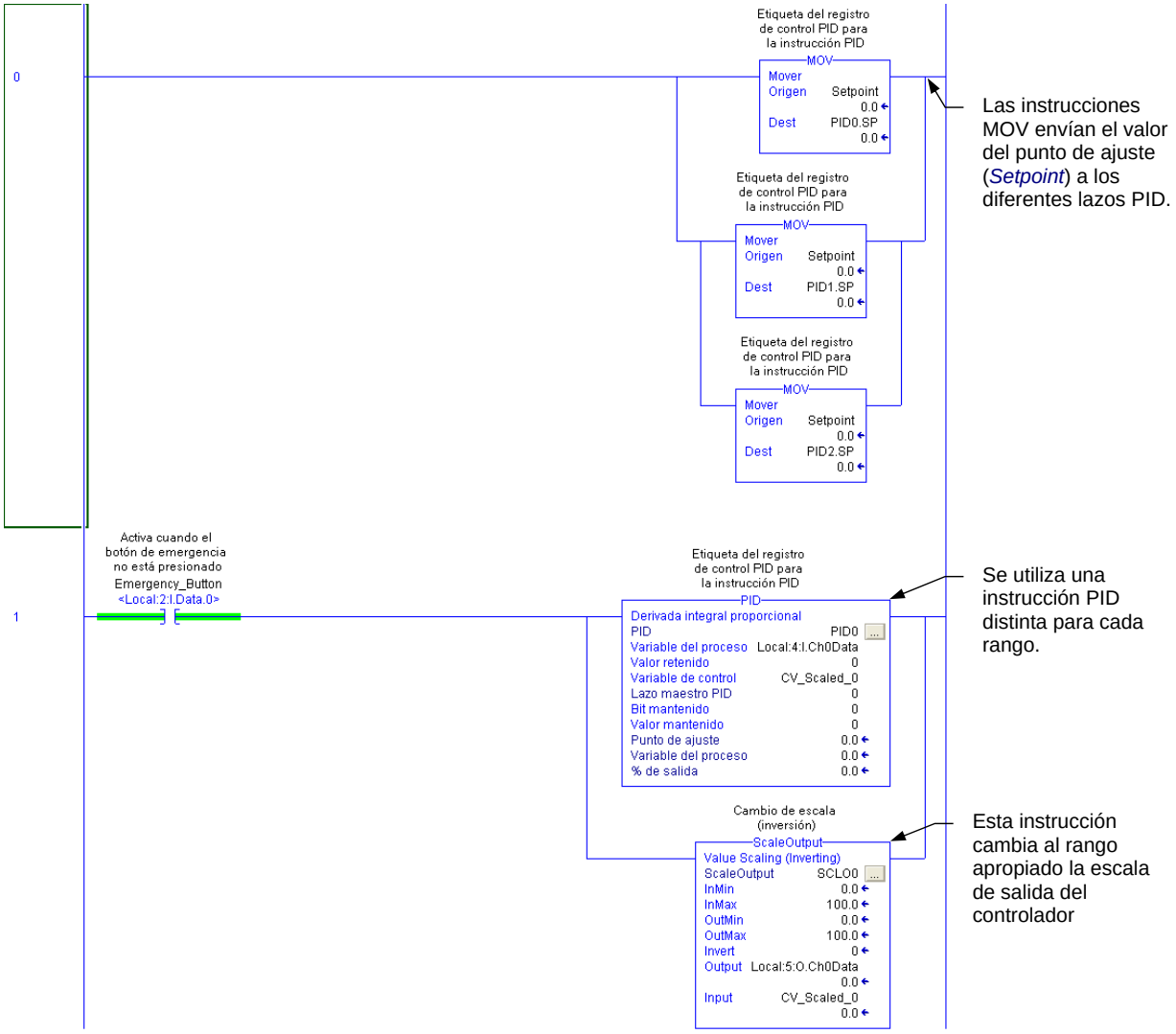


Figura 97. Rutina PID de rango dividido – Parte 1 - (versión ControlLogix).

Transfiera el proyecto al controlador y active el modo de ejecución. De ser necesario, remítase a la Sección 7, pasos 9 a 12. Conecte la entrada digital 0 del PLC a una fuente conmutada de 24 V cc de la unidad eléctrica.

© Festo Didactic 86030-E2

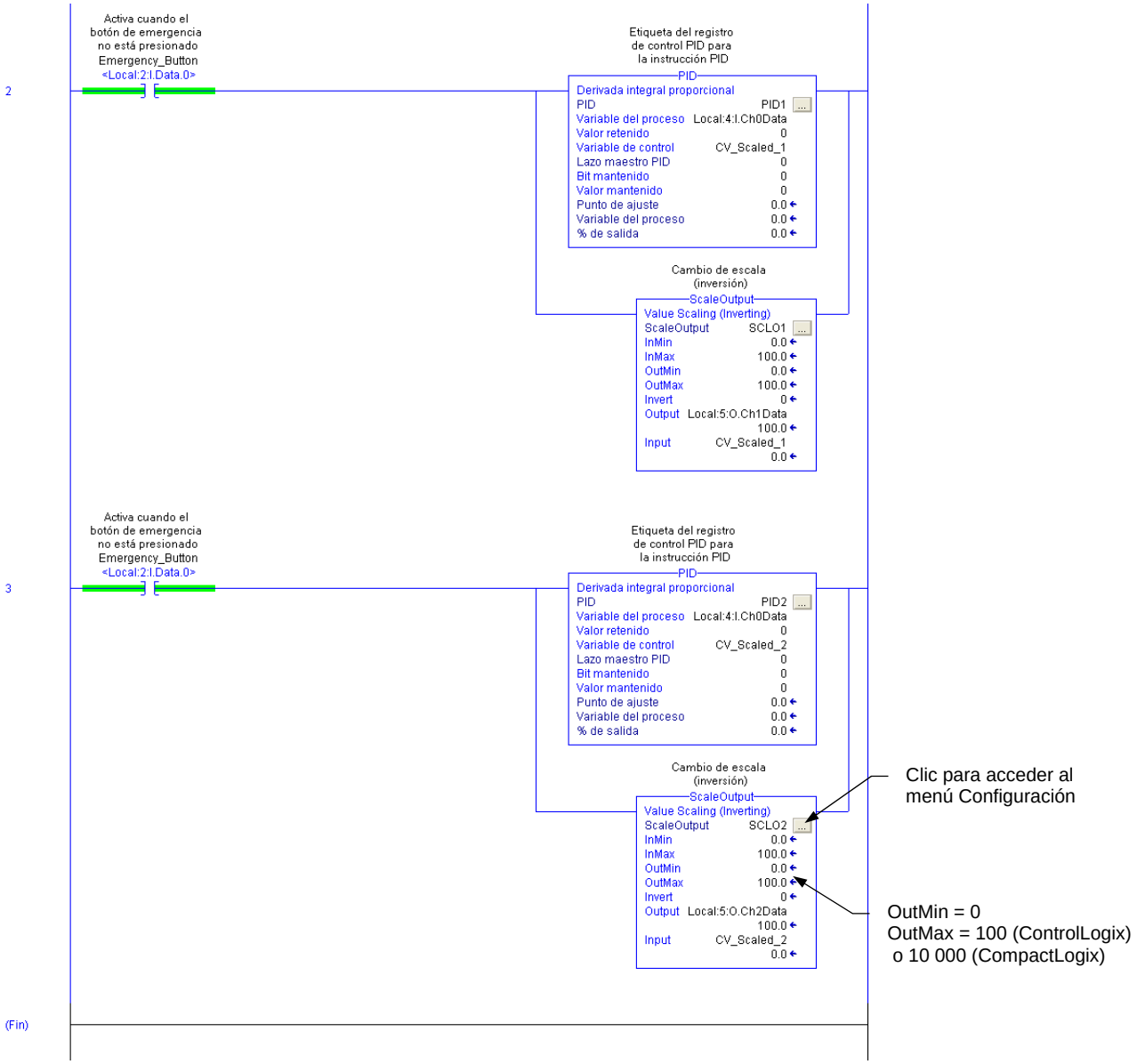


Figura 98. Rutina PID de rango dividido – Parte 2 - (versión ControlLogix).

Ajuste el rango en el cual cada variable de salida estará activa. Para ello, vaya al menú Configuración (presione el icono ...) de cada función *ScaleOutput* asociada a una salida de interés. Deje los parámetros *OutMax* y *OutMin* en los valores por defecto de *100* y *0* (o *10 000* y *0* para el CompactLogix, debido al cambio particular de escala de la entrada/salida de este modelo). Luego, establezca los parámetros *InMax* e *InMin* al rango en el cual desea que evolucione la variable de salida. En el ejemplo mostrado en la figura 99, la salida 1 varía cuando la variable de control está entre 30% (InMin) y 70% (InMax). Dicha configuración hace que la salida se comporte como muestra la línea roja en la gráfica de la figura 100, con los puntos de división establecidos en 30% y 70%.

Para invertir la acción de una variable, simplemente establezca en *1* la variable *Invert*. Esto asegura que la salida es mínima (0%) cuando la señal de control es máxima (a 70%, en el ejemplo) y la salida es máxima (100%) cuando la señal de control es mínima (30%, en el ejemplo), como se muestra en la figura 101.

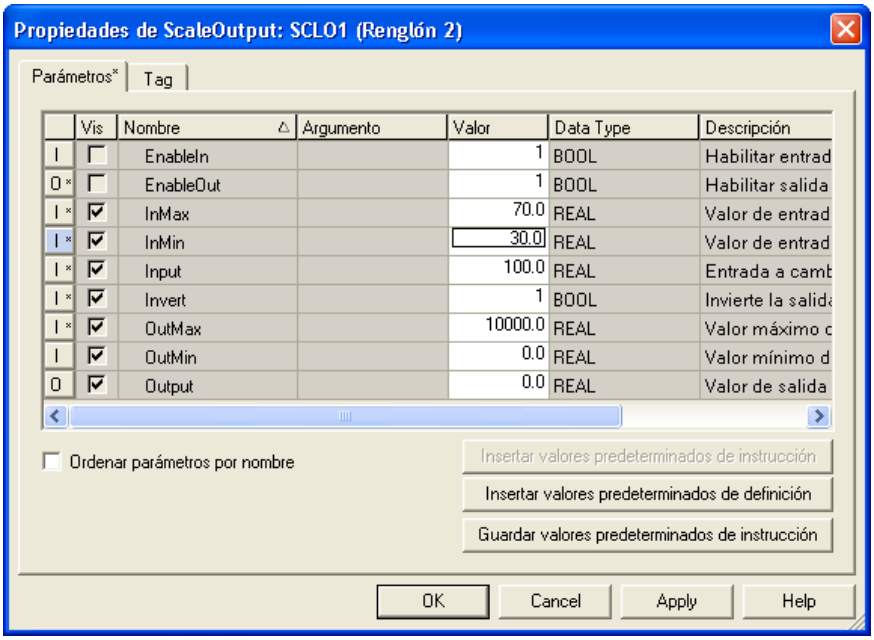


Figura 99. Ajuste del rango de una salida.

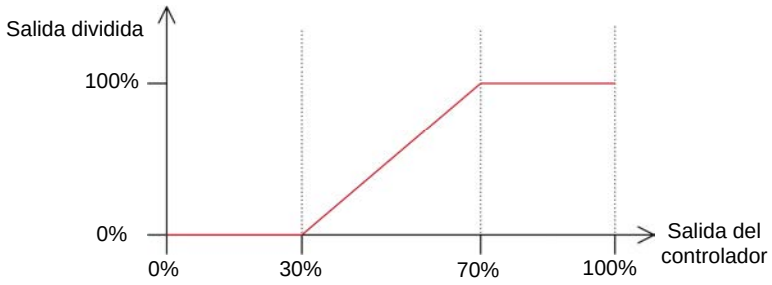


Figura 100. Salida típica con el parámetro Invert en 0.

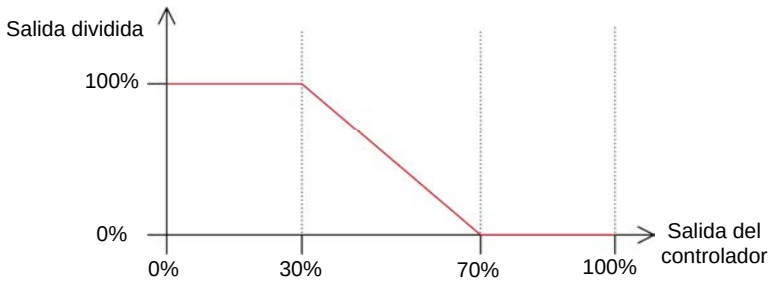


Figura 101. Salida típica con el parámetro Invert en 1.

Sintonice los parámetros PID de todos los lazos que se utilizan en este esquema de control. Como se mencionó antes, todos los lazos de control deberían tener

© Festo Didactic 86030-E2

los mismos parámetros en la mayoría de casos. Ajuste la sintonización de los parámetros.

La rutina PID de rango dividido ya está configurada y controlando el proceso.

Sobre el uso de tendencias

El RSLogix 5000 ofrece un editor de tendencia que permite representar y visualizar la dinámica de distintas entradas/salidas y variables del PLC. Este apéndice pretende explicar las características básicas de este editor con el fin de ayudar a obtener gráficas y datos útiles.

Las siguientes instrucciones asumen que la rutina de control PIDE está utilizándose. De hecho es simple emplear una tendencia con cualquier rutina de control. Sin embargo, se requieren unos pocos cambios, no detallados aquí. De la misma forma, es posible modificar las instrucciones a continuación si se desea supervisar diferentes variables.

1. El primer paso es ubicar la carpeta *Tendencias* en el árbol de proyecto. Luego, haga clic derecho en la carpeta Tendencias y seleccione *Nueva Trend...* para crear una nueva tendencia (figura 102).

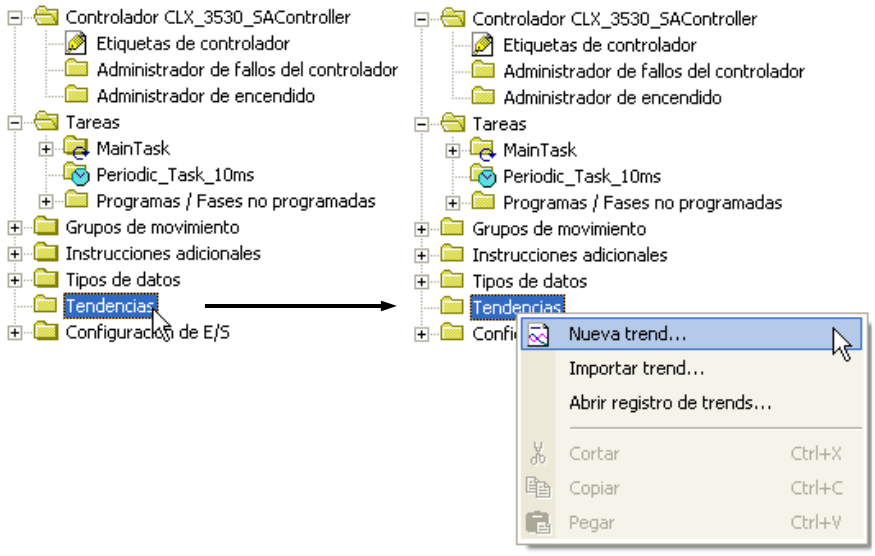


Figura 102. Adición de una tendencia en un proyecto.

2. Ingrese un nombre para la tendencia en la ventana Nueva Trend (figura 103). Puede ingresar una descripción si lo desea. Luego, especifique el periodo de muestreo deseado evitando el sobre muestreo o el muestreo insuficiente. Un proceso de cambio lento puede requerir una tasa de muestreo de aproximadamente un segundo mientras que un proceso de cambio rápido puede requerir un valor mucho menor, 10 ms por ejemplo. Escoger la tasa de muestreo adecuada es una cuestión de experiencia y ensayo y error.

   En este ejemplo se específica una tasa de muestreo de 250 ms para el lazo de control PIDE. Esto significa que se toman cuatro muestras cada segundo.

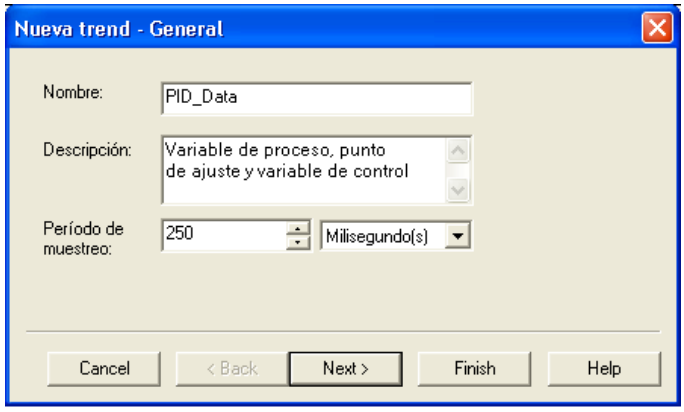


Figura 103. Configuración del nombre de la tendencia.

Haga clic en *Next* para seguir al siguiente paso.

3. Seleccione las etiquetas que desea supervisar. Puede seleccionar entradas y salidas del PLC (debe seleccionarlas del **controller scope**) y variables que están vinculadas a la rutina de control (por ejemplo del alcance del **PIDE_Control**). Haga clic en la etiqueta deseada y luego clic en el botón *Agregar*. Repita lo mismo para cada etiqueta que desee supervisar (puede agregar hasta ocho etiquetas). Finalmente, haga clic en el botón *Finish* (figura 104).

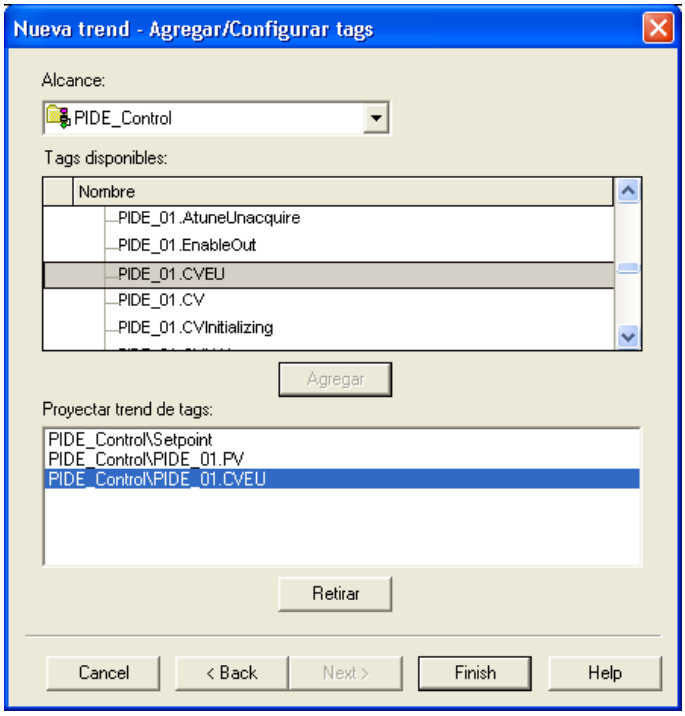


Figura 104. Elección de las etiquetas de la tendencia.

© Festo Didactic 86030-E2

4. En el árbol de proyecto, haga clic derecho en la tendencia recién creada, luego haga clic en *Propiedades* sobre el menú contextual para acceder a la ventana Propiedades (figura 105).

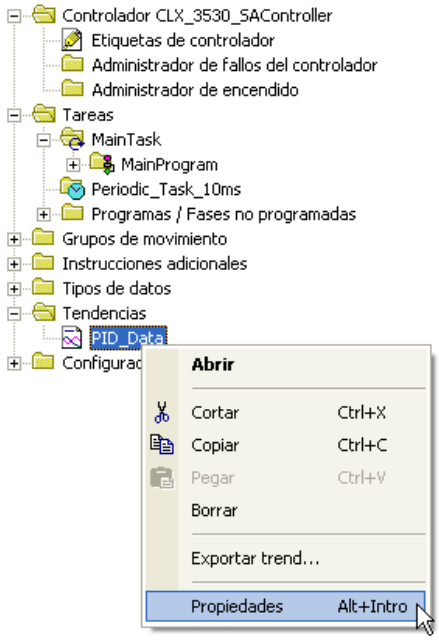


Figura 105. Apertura de la ventana Propiedades de una tendencia.

5. La ventana Propiedades se compone de una serie de pestañas con diferentes parámetros y opciones que pueden ser de interés. Vaya a la pestaña *Pens* y observe la lista de etiquetas supervisadas (figura 106). En este menú puede modificar para cada etiqueta, el color de la traza, su visibilidad, los valores mínimo y máximo que las variables pueden tomar, y varios parámetros más. Es posible agregar o remover etiquetas según se requiera, haciendo clic en el botón *Add/Configure Tags*. Realice los ajustes necesarios.

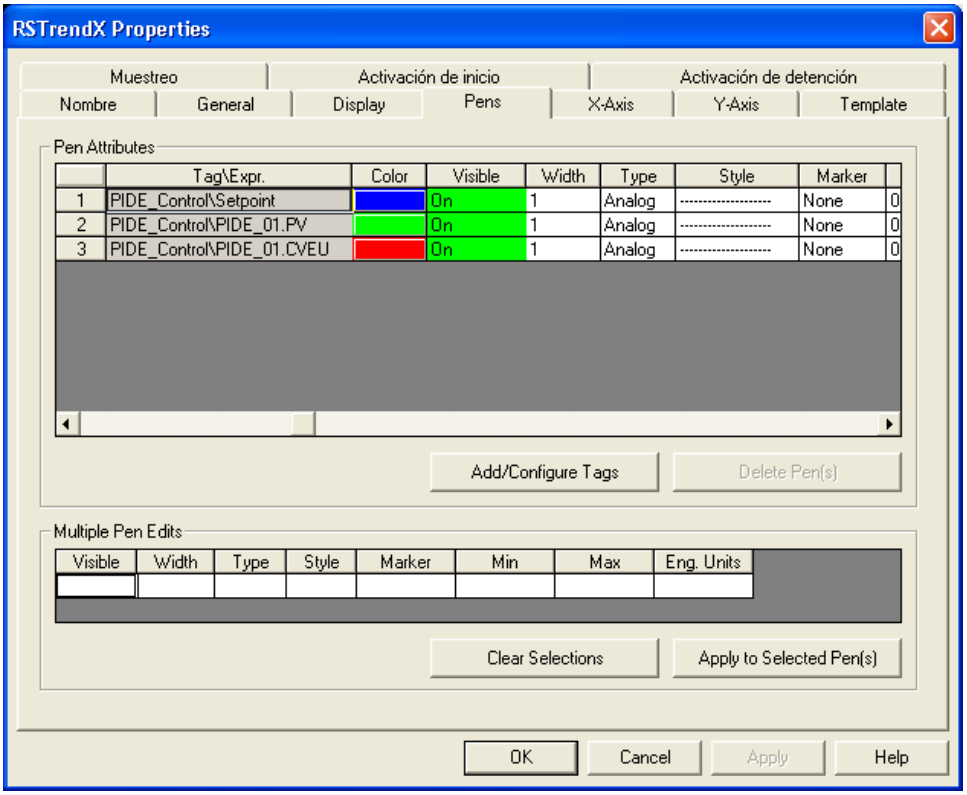


Figura 106. La pestaña Pens de la ventana de propiedades.

6. Vaya a la pestaña *X-Axis* (figura 107). El parámetro más importante de este menú es *Time Span*. La gráfica que obtendrá mostrará las trazas en una ventana cuyo ancho corresponde a dicho intervalo de tiempo. Configure el parámetro a un valor conveniente para interpretar los resultados.

© Festo Didactic 86030-E2

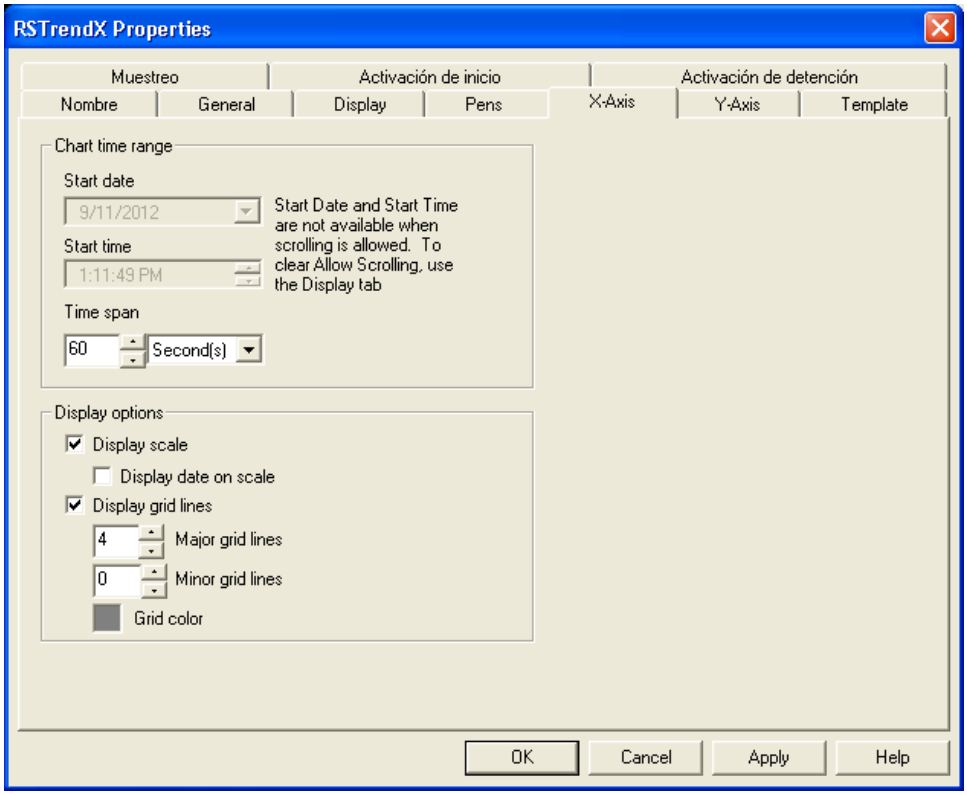


Figura 107. Pestaña X-Axis de la ventana de propiedades.

7. Vaya a la pestaña *Y-Axis* (figura 108). En este menú especifique el rango del eje *y* para las distintas etiquetas. Seleccione *Automatic*, *Preset,* o *Custom*.

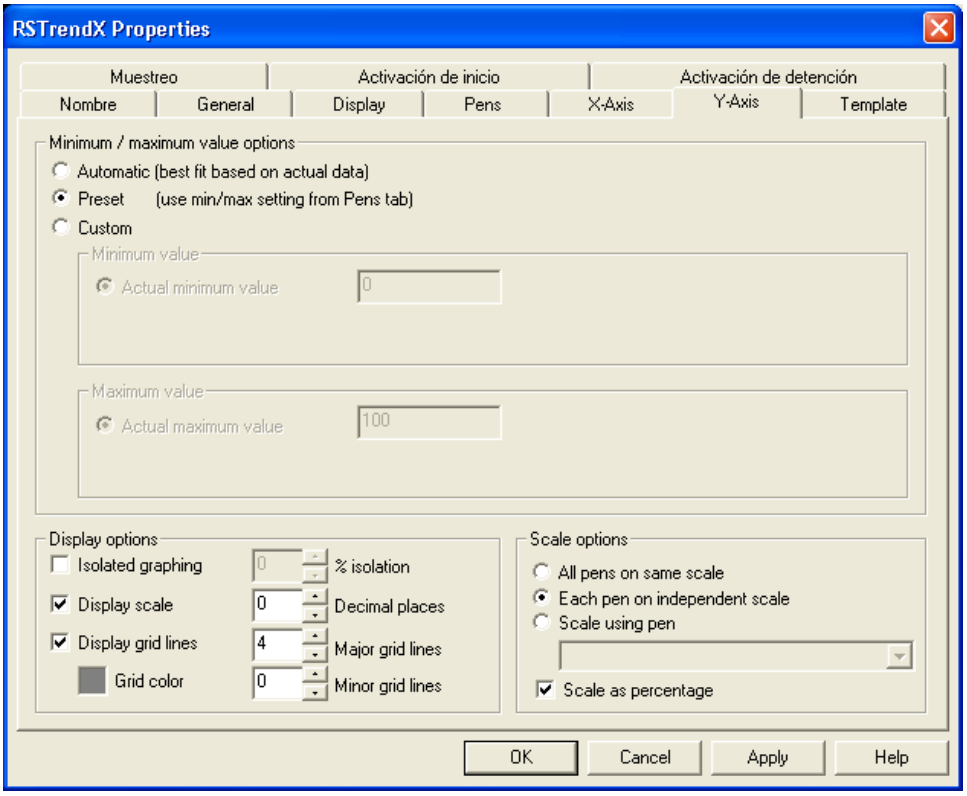


Figura 108. Pestaña Y-Axis de la ventana de propiedades.

Se recomienda activar *Preset* si se especificaron correctamente los mínimos y máximos en la pestaña Pens – seleccionar la opción *Each pen on independent scale* usualmente funciona bien.

La opción *Custom* da buenos resultados si conoce el rango exacto que desea usar y si todas las etiquetas pueden representarse dentro de dicha escala.

Si es necesario, es posible presentar los resultados en escala porcentual. Simplemente active la casilla asociada a la opción *Scale as percentage*.

8. Vaya a la pestaña *Muestreo* (figura 109). En este menú puede cambiar el intervalo de tiempo entre muestras (*Período de muestreo*) y especificar el número máximo de *Muestras* que pueden registrarse. Alternativamente, usted puede especificar la duración máxima del muestreo de datos (*Período de tiempo*). Esto ayuda a que los archivos de datos tengan un tamaño manejable.

© Festo Didactic 86030-E2

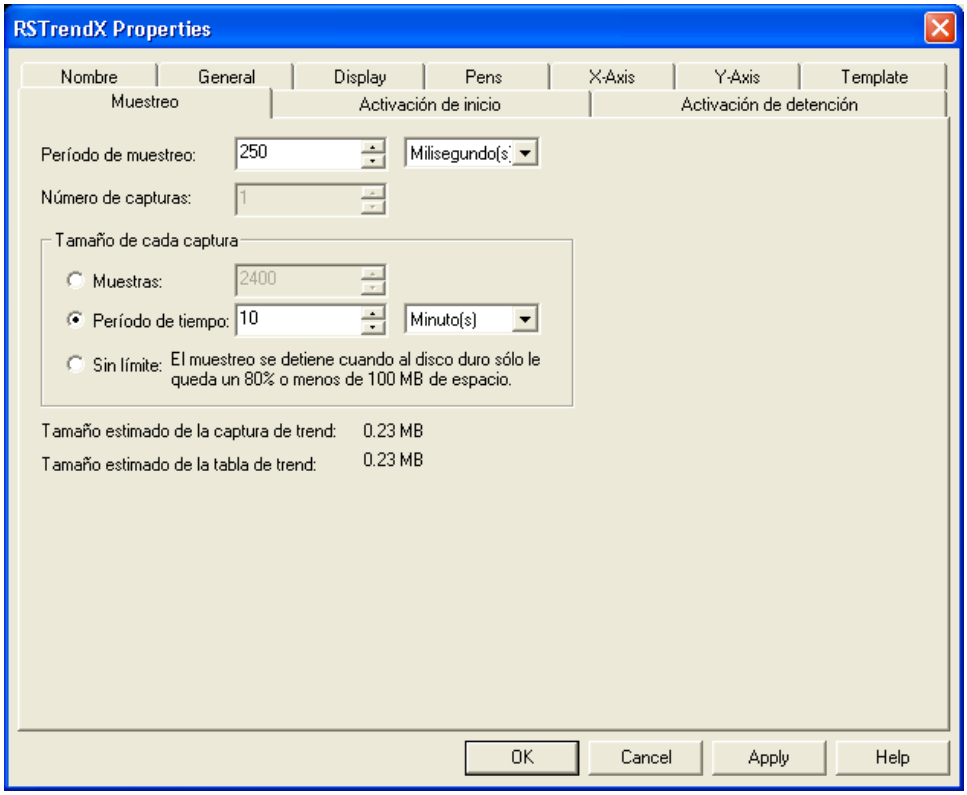


Figura 109. Pestaña Muestreo de la ventana de propiedades.

9. Si no está conectado al PLC, conéctelo y establézcalo al modo de ejecución remoto. Ahora está listo para registrar los datos con el software.

La parte superior de la ventana Trend (figura 110) tiene una serie de botones. Haga clic en el botón *Ejecutar* para empezar a registrar los datos.

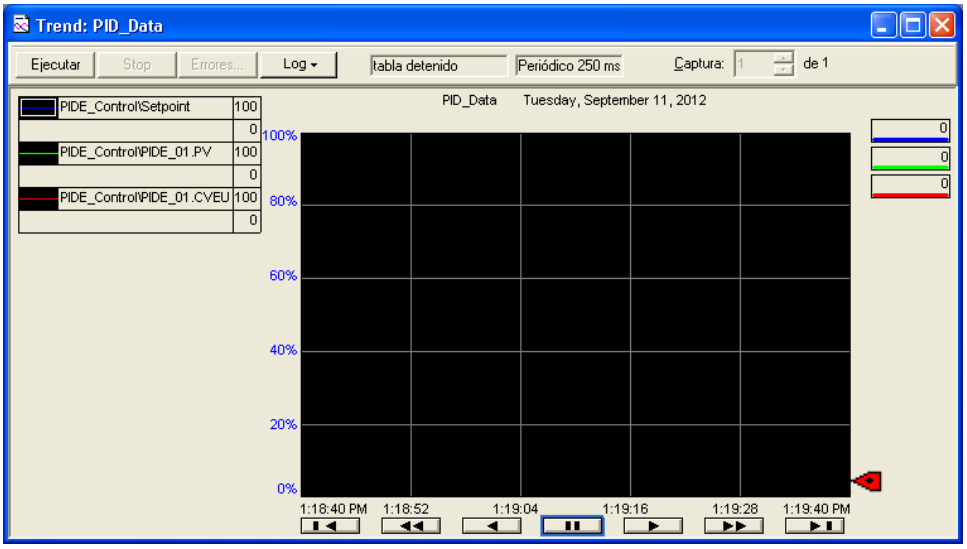


Figura 110. Inicio del registro de datos.

Los datos empezarán a trazarse en tiempo real sobre el área de la gráfica y por lo tanto será posible observar la dinámica del proceso (figura 111).

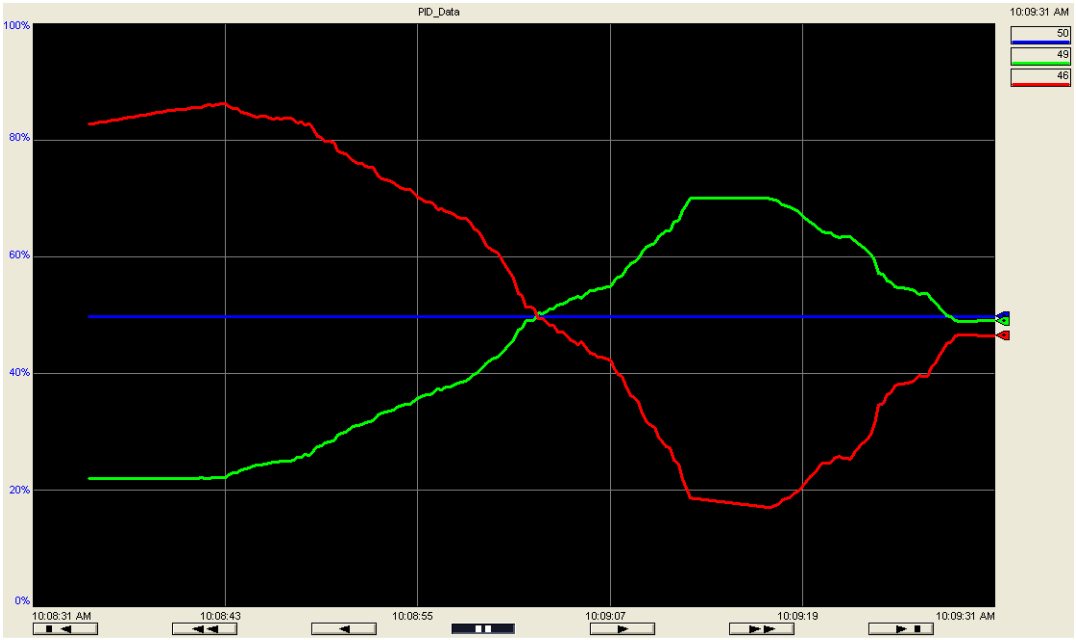


Figura 111. Registro de una tendencia de datos.

Una vez que haya terminado de registrar datos, haga clic en el botón *stop*.

10. Los datos pueden exportarse a un software de hoja de cálculo. Para ello, haga clic en *Log* ▶ *Save Trend Log As*. El menú guardar le dará la opción de guardar los datos como un archivo .TBS o .CSV. Escoja .TBS si desea

© Festo Didactic 86030-E2

usar el archivo con el RSLogix 5000. Guarde el archivo en formato .CSV si desea exportar los datos a un software distinto.



Un archivo .csv (csv significa archivo separado por comas, en inglés) puede generalmente leerse con la mayoría de software de hoja de cálculo. Por alguna razón, Excel 2007 no reconoce automáticamente un archivo .csv. Para solucionar esta situación, abra Excel 2007, baya a la pestaña Data y escoja From Text. Busque el archivo .csv y haga clic en Import. El asistente de importación de texto le ayudará. Especifique que está usando un archivo de datos delimited. Haga clic en next, luego escoja comma como el delimitador. Haga clic en next, luego finish. Dígale al software donde guardar los datos. Ahora es posible usar el archivo en Excel 2007.

Esto concluye la presentación básica de las tendencias en el RSLogix 5000. Siéntase libre de explorar sus funcionalidades más avanzadas.

Lista de fallas del PLC ControlLogix

Tabla 30. Lista de fallas – PLC ControlLogix, modelo 46965.

Falla	Descripción de la falla
1	Abre la entrada digital 1.
2	Invierte el cableado entre las entradas digitales 3 y 4.
3	Abre el cable común de las entradas digitales (esto deshabilita todas las entradas digitales).
4	Abre la entrada digital 2.
5	Invierte el cableado entre las salidas análogas 0 y 1.
6	Abre la salida análoga 3.
7	*Crea un corto circuito entre las entradas digitales 6 y 7.*
8	*Abre el circuito N.A. del relevo 0.*
9	*Abre el circuito N.A. del relevo 1.*
10	*Abre la entrada análoga 0.*

Lista de fallas del PLC CompactLogix

Tabla 31. Lista de fallas – controlador CompactLogix, modelo 46966.

Falla	Descripción de la falla
1	Abre la entrada digital 1.
2	Invierte el cableado entre las entradas digitales 3 y 4.
3	Abre el cable común de las entradas digitales (esto deshabilita todas las entradas digitales).
4	Abre la entrada análoga 2.
5	Invierte el cableado entre las salidas análogas 0 y 1.
6	Abre la salida análoga 3.
7	*Crea un corto circuito entre las entradas digitales 6 y 7.*
8	*Abre la salida digital 0.*
9	*Abre la salida digital 1.*
10	*Abre la entrada análoga 0.*

CE Importador:
Festo Didactic SE
Rechbergstr. 3
73770 Denkendorf
Alemania
Tel.: +49 711 3467-0
did@festo.com

US Importador:
Festo Didactic Inc.
607 Industrial Way West
Eatontown, NJ 07724
Estados Unidos
Tel.: +1 732 938-2000
Sin cargo: +1-800-522-8658
services.didactic@festo.com

CA Facbricante:
Festo Didactic Ltée/Ltd
675, rue du Carbone
Québec (Québec) G2N 2K7
Canadá
Tel.: +1 418 849-1000
Sin cargo: +1-800-522-8658
services.didactic@festo.com

UK Importador:
Festo Ltd
Applied Automation Centre
Brackmills
Northampton, NN4 7PY
Reino Unido
T +44 800 626 422
info_gb@festo.com

www.festo-didactic.com

0000585160000000000100