

Práctica PLCs

**Programación básica de PLC SIEMENS Simatic S7
mediante TIA Portal v15.1**

Simulación de PLC mediante SIEMENS PLCSIM

**Introducción a la programación de paneles HMI
mediante Simatic WinCC**

Julio S. Lora Millán

Diego Martín Martín

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS | 3 |
| 2. INTRODUCCIÓN AL ENTORNO SIEMENS TIA PORTAL V15.1 | 4 |
| 2.1. EL ENTORNO DE PROGRAMACIÓN PARA PLC SIEMENS SIMATIC S7 | 4 |
| 2.2. COMPILAR UN PROYECTO. SIMULACIÓN DE PLC MEDIANTE SIEMENS PLCSIM. CONEXIÓN A PLC REALES. MODO DE OBSERVACIÓN..... | 7 |
| 3. INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN MEDIANTE DIAGRAMAS DE ESCALERA (LENGUAJE KOP)..... | 10 |
| 3.1. SIMULACIÓN DE MEDIANTE FACTORY I/O | 10 |
| 3.2. ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES EN KOP. ENCLAVAMIENTO | 10 |
| 3.3. USO DE TEMPORIZADORES. BLOQUES DE DATOS (DB). MARCAS. OPERACIONES MATEMÁTICAS CON DATOS NO BOOLEANOS. | 12 |
| 3.4. USO DE CONTADORES Y MARCAS DE CICLO. | 15 |
| 3.5. ENTRADAS Y SALIDAS ANALÓGICAS. NORMALIZACIÓN Y REESCALADO..... | 17 |
| 4. INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN DE PANELES HMI MEDIANTE SIMATIC WINCC | 19 |
| 4.1. CONFIGURACIÓN DE UN PANEL HMI EN UN PROYECTO DE TIA PORTAL..... | 19 |
| 4.2. DISEÑO GRÁFICO DE IMÁGENES EN PANELES HMI | 21 |
| 4.3. PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN DE PANELES HMI | 23 |
| REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA | 26 |

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El objetivo de esta práctica es iniciarnos en la parte aplicada de la Automatización Industrial, familiarizándonos y aprendiendo a manejar el software de programación del fabricante SIEMENS denominado *Totally Integrated Automation (TIA) Portal* (Figura 1), que reúne herramientas para programar PLC, PC Industriales y HMI desde un mismo entorno.

Además, simularemos los sensores y actuadores de una planta industrial a través del software de simulación *Factory I/O*, que permite trabajar tanto con PLC reales como simulados, a través de SIEMENS PLCSIM.



Figura 1. Herramientas software SIEMENS TIA Portal v15.1 (arriba) y Factory I/O (abajo)

En nuestro laboratorio de *Robótica Industrial y Automática* contamos con los siguientes modelos de PLC, ambos de SIEMENS (figura 2):

- **S7-1200 (modelo S7-1215C AC/DC/Rly):** PLC compacto de con 14 entradas digitales, 2 entradas analógicas, 10 salidas digitales a relé, 2 salidas analógicas y 2 puertos de comunicaciones PROFINET. Más información en la documentación oficial [1].
- **S7-1500 (modelo S7-1512C DC/DC/DC):** PLC modular con display de información, clase de seguridad nivel 4, 32 entradas digitales, 5 entradas analógicas, 32 salidas

digitales, 2 salidas analógicas, 2 puertos de comunicaciones PROFINET, y diversas opciones avanzadas (MotionControl, conteo rápido, medición...) [2].

Además, cuando no se disponga de acceso a los PLC del laboratorio podremos utilizar los simuladores SIEMENS PLCSIM v15.1.



Figura 2. Modelos de PLC SIEMENS compacto S7-1200 (izquierda) y modular S7-1500 (derecha)

2. Introducción al entorno SIEMENS TIA Portal v15.1

2.1. El entorno de programación para PLC SIEMENS Simatic S7

El objetivo fundamental de esta primera parte de la práctica es que nos familiaricemos con el entorno de programación de PLC de SIEMENS: **TIA Portal v15.1**. Se trata de un entorno de trabajo para el desarrollo centralizado de todos los sistemas de ingeniería de automatización del fabricante SIEMENS: PLC, PC Industriales, HMI, etc.

Al arrancar el entorno aparece la denominada **Vista del Portal (Figura 3)**, que permite:

- Ver el software instalado y sus versiones. Para estas prácticas es importante que estén instalados los siguientes paquetes:
 - **STEP 7 Basic/Professional V15.1**: Programación PLC
 - **WinCC Basic/Advanced V15.1**: Programación HMI
- Crear un proyecto o abrir un proyecto existente, o migrar un proyecto de una versión a otra.
- Agregar un dispositivo al proyecto (PLC, HMI o Sistemas PC)
- Visualizar y diagnosticar los dispositivos disponibles en la red

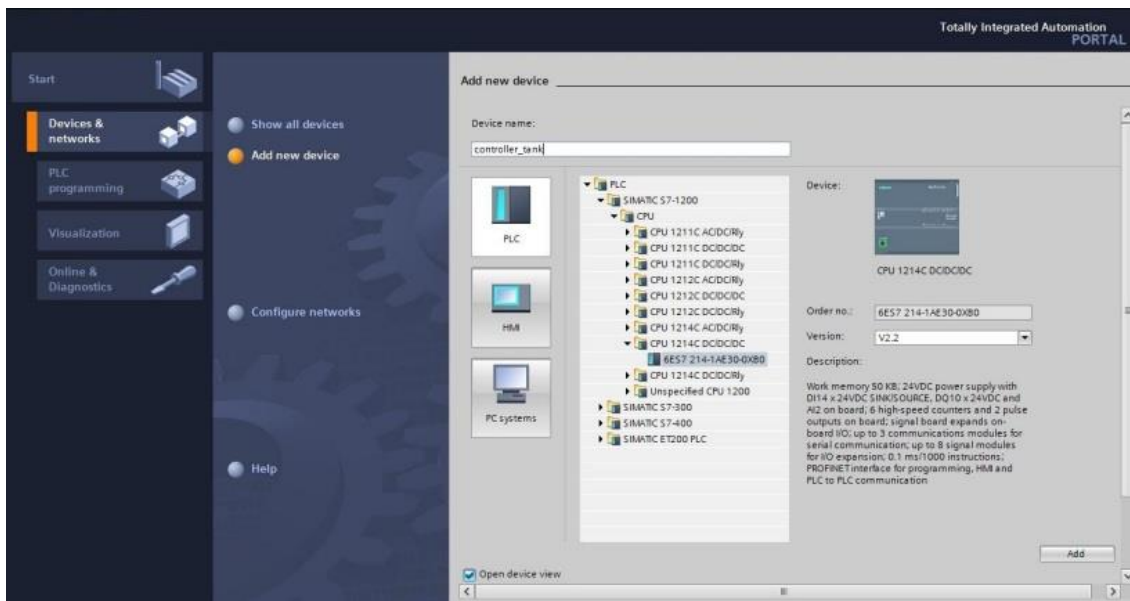


Figura 3. Vista del Portal. Opción para añadir nuevo dispositivo a un proyecto.

La vista de trabajo del proyecto se denomina **Vista del Proyecto (Figura 4)**. Está formada por los siguientes bloques:

- **Árbol del proyecto:** aparece a la izquierda de la interfaz gráfica. Muestra los dispositivos que forman parte del proyecto, las interfaces de red (accesos online) y varios elementos comunes (datos, configuración de seguridad, idiomas)
- En función de la Vista Activa, el menú de la izquierda irá variando. Los menús más importantes son:
 - **Catálogo de hardware:** permite añadir dispositivos adicionales al PLC
 - **Instrucciones:** encontraremos un catálogo de instrucciones y bloques (básicos, avanzados, comunicación) para la programación
 - **Test:** Panel de mando de la CPU, puntos de parada, etc.
 - **Tareas:** nos permite buscar y reemplazar
- El **bloque central de trabajo** también se irá modificando en función del contexto de trabajo. En concreto, será donde aparecerán los contenidos de los bloques del programa, variables PLC, etc.

Todos los menús pueden ocultarse automáticamente, maximizarse o “soltarse” de la ventana principal de trabajo, para que podamos configurar la vista del proyecto según nuestras necesidades.

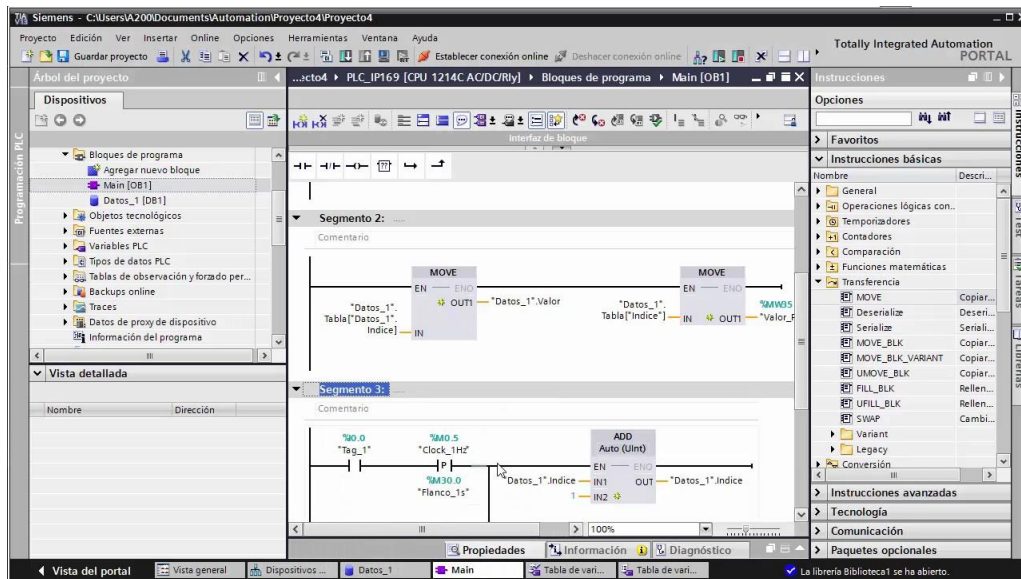


Figura 4. Vista del Proyecto, mostrando diferentes segmentos del bloque OB principal (Main)

Con respecto a los lenguajes de programación IEC disponibles, tenemos:

- Texto estructurado (SCL), esquema de contactos (KOP) y diagrama de funciones (FUP) están disponibles para todos los controladores.
- Lista de instrucciones (AWL) y programación secuencial (GRAPH, SFC) sólo están disponibles para las familias de controladores S7-1500, S7-300 y S7-400.

El ciclo de programa principal del PLC se encuentra en un Bloque de Organización denominado Main [OB1]. Se encuentra en **Bloques de Programa -> Main [OB1]**

Ejercicio práctico 1. Creación de un proyecto en TIA Portal. Agregar dispositivo

1. Abre TIA Portal y comprueba las licencias que tiene instaladas (License Manager)
2. Crea un nuevo proyecto en la vista de Portal y guárdalo en una carpeta de tu disco (R: si trabajas en MyApps). Así lo tendrás disponible para descargar.
3. Incluye el modelo específico del PLC S7-1200 en el proyecto. Revisa la descripción del mismo para ver si concuerda con las especificaciones
4. Explora las diferentes opciones disponibles en el Árbol del proyecto. Haz clic con el botón derecho del ratón sobre el PLC, ve a Propiedades y estudia las opciones disponibles. ¿Qué aparece en la pestaña *Variables IO*?
5. Haz doble clic sobre Bloques de Programa -> Main [OB1]. Familiarízate con las opciones principales de la interfaz de programación de lenguaje KOP (escalera) e intenta programar el segmento sencillo con contactos NC y NA y bobinas de la figura 5. Usa las direcciones absolutas de E/S que has visto en clase (%I0.1, %Q0.2...). Ponle un nombre y un comentario al segmento.

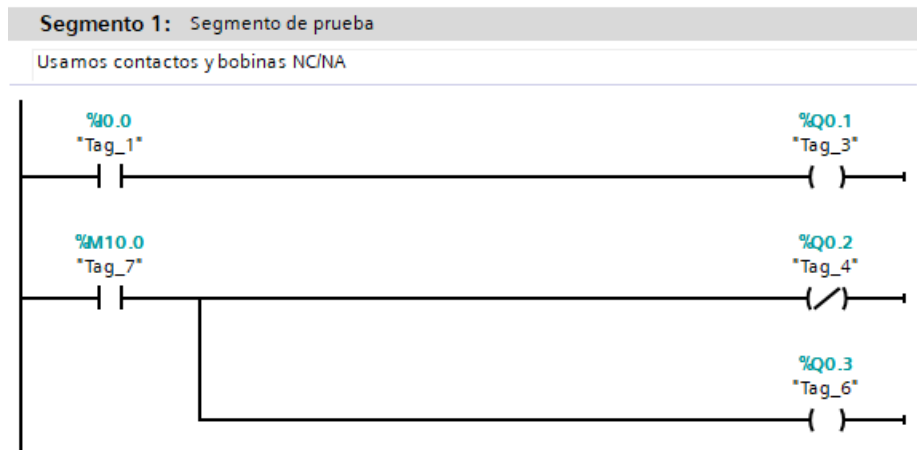


Figura 5. Ejemplo de segmento 1 para el ejercicio práctico 1

2.2. Compilar un proyecto. Simulación de PLC mediante SIEMENS PLCSIM. Conexión a PLC reales. Modo de observación

Al terminar de programar el bloque OB1 (Main), debemos compilar el proyecto para detectar posibles fallos y advertencias (Figura 6).

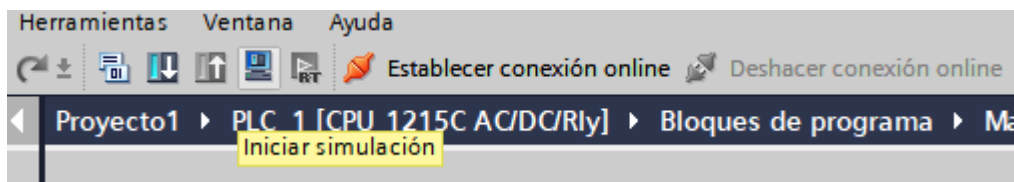


Figura 6. Iconos para el acceso rápido a Compilar, Cargar en Dispositivo, Cargar de Dispositivo, Iniciar Simulación y Establecer conexión con el PLC

Una vez que el proyecto se ha compilado satisfactoriamente, está listo para cargarse en el PLC. Existen dos opciones:

- Establecer conexión online con un **PLC real**, que debe estar conectado a través de un cable Ethernet o PROFINET a la tarjeta de red de nuestro equipo
- Iniciar una **simulación del PLC** utilizando el software SIEMENS PLCSIM

En ambos casos, debemos confirmar los mensajes de aviso que nos aparecen e iniciar la búsqueda del PLC (Figura 7). Una vez encontrado un dispositivo compatible en la red (real o simulado) se podrá cargar el programa en el mismo.

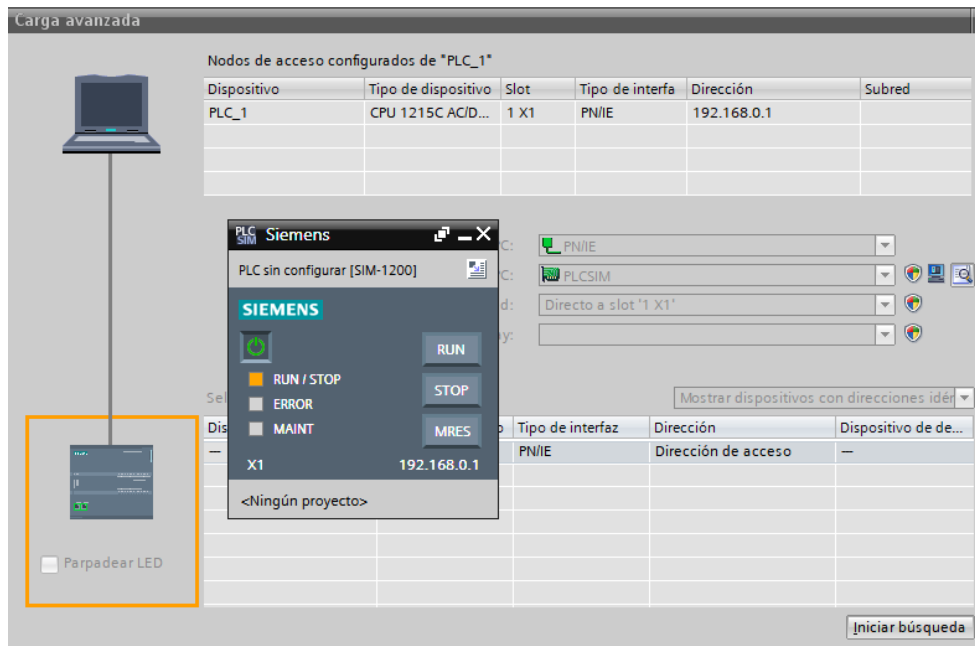


Figura 7. Interfaz para la detección del PLC en el que se realizará la carga del programa. Aspecto de PLCSIM

Aparecerá una ventana emergente con la vista preliminar de comprobación de carga, indicando si la carga se puede realizar correctamente. Además, en el paso final podremos arrancar el PLC, ya sea real o simulado (modo RUN).

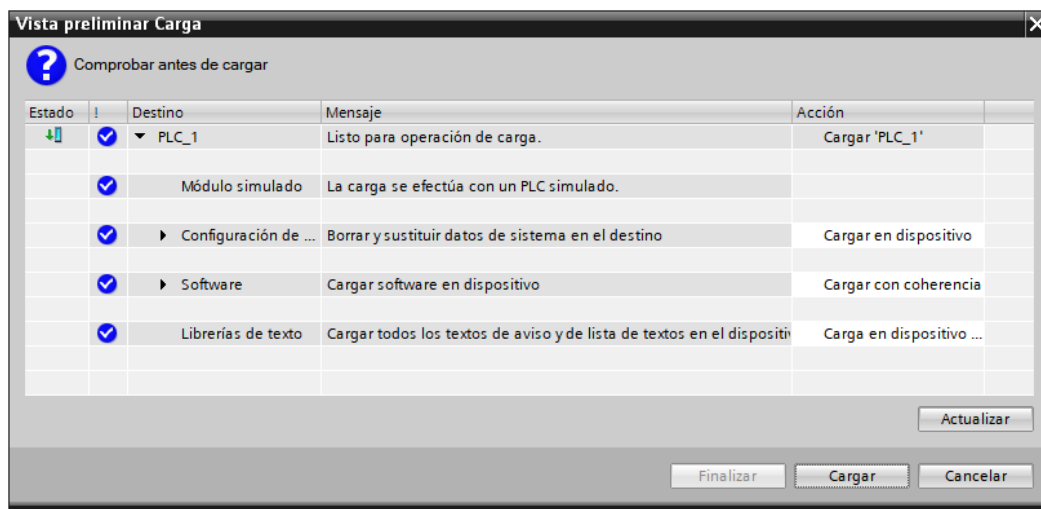


Figura 8. Vista preliminar de comprobación de carga, indicando que la carga se efectuará en un PLC simulado, y que el programa sustituirá los datos que existan en el destino.

Si todo ha ido correctamente, en la ventana de PLCSIM aparecerá el nombre y modelo del PLC que se está simulando, junto con el estado del mismo es posible cambiar a la vista de Proyecto (flecha roja en Figura 9).

Por último, resulta muy útil activar el **Modo de Observación** (icono mostrado con la flecha azul en Figura 9), que nos permite hacer un seguimiento de la ejecución del programa cargado en el PLC.

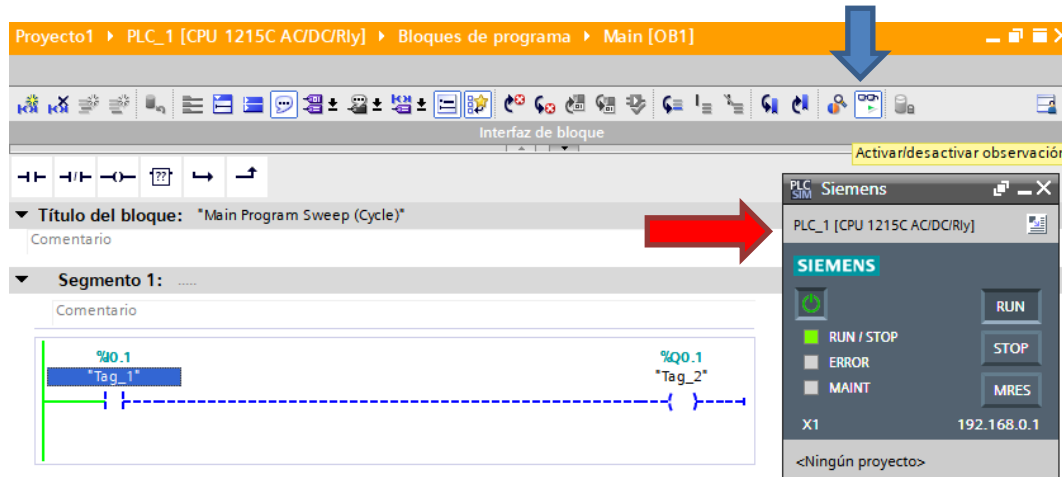


Figura 9. Activación del modo de observación (es necesario que exista conexión online con el PLC)
PLCSIM mostrando el modelo del PLC que se está simulando

Si estás trabajando con un PLC real, es importante que realices previamente un reseteo del PLC a “valores de fábrica”, y que le configures la dirección IP 192.168.0.1, para eliminar posibles configuraciones previas con errores. El profesor te indicará los pasos a seguir.

Para comprobar el funcionamiento del programa, es posible realizar un forzado de las entradas o las marcas. Para ello debes estar en modo observación, y además:

- Para **forzar una marca** %Mx.x, simplemente usa el botón derecho del ratón sobre ella, y selecciona la opción “Forzar a 0” (CTRL + F3) o “Forzar a 1” (CTRL + F2)
- Para **forzar una entrada** %Ix.x, debes usar la tabla de forzado permanente del árbol de proyecto. Puedes encontrar más detalles sobre el forzado de entradas en [3]

Ejercicio práctico 2. Compilar programa. Simulación en PLCSIM o carga en PLC real

1. Compila el proyecto creado en el ejercicio práctico 1.
2. Carga el proyecto en PLCSIM o, si tienes un PLC real disponible, en el PLC real. Arranca el PLC y comprueba que se está simulando el modelo adecuado
3. Activa y desactiva el modo de modo de observación y trata de entender el código de colores que aparece y, en el caso del PLC real, de las salidas que se han activado.
4. Trata de forzar (cambiar de 0 a 1) tanto la marca M10.0 que has usado como la entrada I0.0 (a través de la tabla de forzado permanente) y comprueba el funcionamiento de tu primer programa. ¿Puedes modificar las etiquetas asociadas a cada E/S/M?
5. Pasa el PLC a modo STOP y comprueba si las salidas digitales conservan su valor.

3. Introducción a la programación mediante diagramas de escalera (lenguaje KOP)

3.1. Simulación de mediante Factory I/O

Para realizar nuestros primeros programas “útiles” vamos a utilizar una herramienta software de simulación de aplicaciones industriales, para practicar sobre situaciones reales de automatización. La aplicación elegida se llama Factory I/O [4]. Consta de multitud de sensores, actuadores y estaciones predefinidas que se pueden conectar, a través de los drivers del propio programa, tanto a un PLC real como a un PLC simulado de los fabricantes más importantes del mercado (Figura 10)



Figura 10. Software Factory IO conectado a diferentes PLC de los principales fabricantes del mercado

Aunque el manejo de esta aplicación es sencillo e intuitivo, se recomienda consultar el manual de usuario de Factory I/O antes de iniciarse en su uso, y para una descripción detallada de cada componente industrial. El manual se encuentra disponible online en [5].

3.2. Entradas y salidas digitales en KOP. Enclavamiento

En este primer ejemplo usaremos la **escena predefinida nº 2** de Factory I/O, *From A to B (Set and Reset)*, que aparece en la Figura 11. Se trata de una aplicación sencilla, que consta de dos

cintas transportadoras (cuyos motores se activan mediante salidas digitales) y dos sensores A y B de tipo fotoeléctrico (Normalmente Cerrados), al inicio y fin de la segunda cinta.

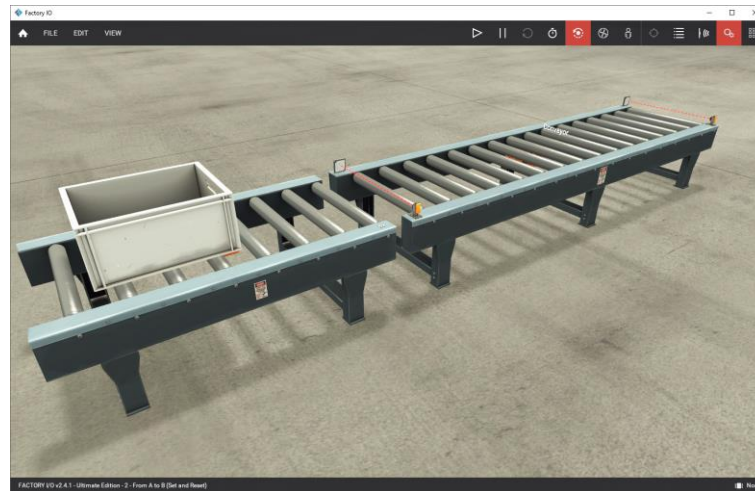


Figura 11. Escena predefinida nº 2 de Factory I/O, From A to B (Set and Reset)

Importante: para facilitar la conexión entre Factory I/O y el simulador PLCSIM, en el Aula Virtual hay un proyecto de TIA Portal con los elementos necesarios (comunicaciones PLC-FACTORY) preconfigurados. Primero, asegúrate de que PLCSIM se encuentra lanzado. Después, ve a la pestaña Drivers de FACTORY IO, elige SIEMENS S7-PLCSIM, en configuración selecciona el modelo y el número y direcciones de las E/S que necesitas, enlaza los Sensores y Actuadores de la planta de FACTORY con las mismas y pulsa **Connect** (Figura 12).

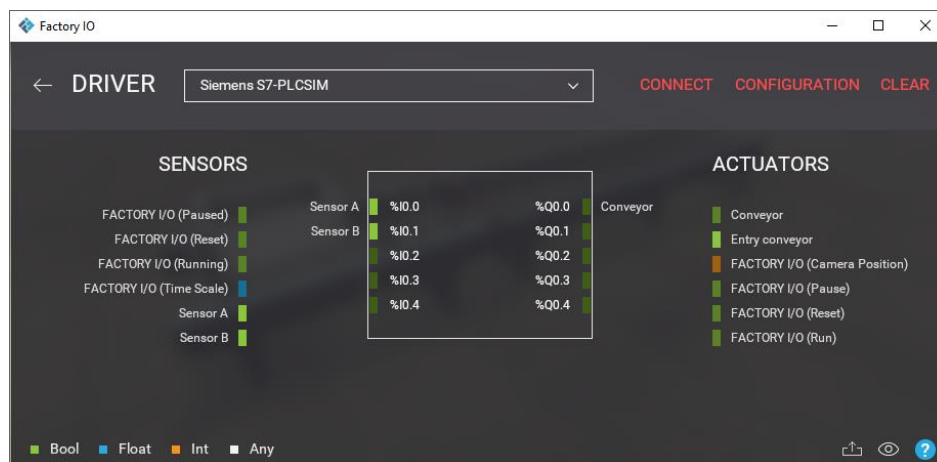


Figura 12. Opciones de conexión entre Factory IO y Siemens PLCSIM

En caso de que estés usando un **PLC real S7-1200 o S7-1500**, antes de realizar la conexión con FACTORY IO debes configurar el hardware en TIA Portal con los siguientes pasos:

<https://docs.factoryio.com/tutorials/siemens/setting-up-s7-1200-1500/#setting-up-communication-between-pc-and-plc>

Ejercicio práctico 3. Control de SET - RESET de una cinta transportadora

1. Arranca TIA Portal y carga el proyecto disponible en el Aula Virtual.
2. Ejecuta Factory I/O, carga la escena 2, configura el DRIVER y conecta con PLCSIM o con el PLC real (recuerda que en este caso debes haber configurado el hardware)
3. Realiza un programa en lenguaje KOP (escalera) para el PLC S7-1200 que arranque la segunda cinta transportadora cuando el sensor A detecte la llegada de la caja, la mantenga encendida hasta que alcance el sensor B, y en ese momento la pare. La primera cinta siempre estará activa.
4. Activa el modo de observación, ejecuta la escena en Factory IO y comprueba el funcionamiento correcto de la misma
5. Cuando funcione, guarda la escena en Factory I/O con otro nombre. De esa manera se conservarán las opciones de conexión del Driver, y aparecerá en "My Scenes".

3.3. Uso de temporizadores. Bloques de datos (DB). Marcas. Operaciones matemáticas con datos no booleanos.

En esta ocasión aprenderemos a usar temporizadores, marcas, bloques de datos y operaciones matemáticas para realizar un llenado y un vaciado temporizado de un tanque, visualizando el tiempo en un display de manera ascendente y descendente. Usaremos la **escena predefinida nº 3** de Factory I/O, *Filling Tank (Timers)*, que aparece en la Figura 13.

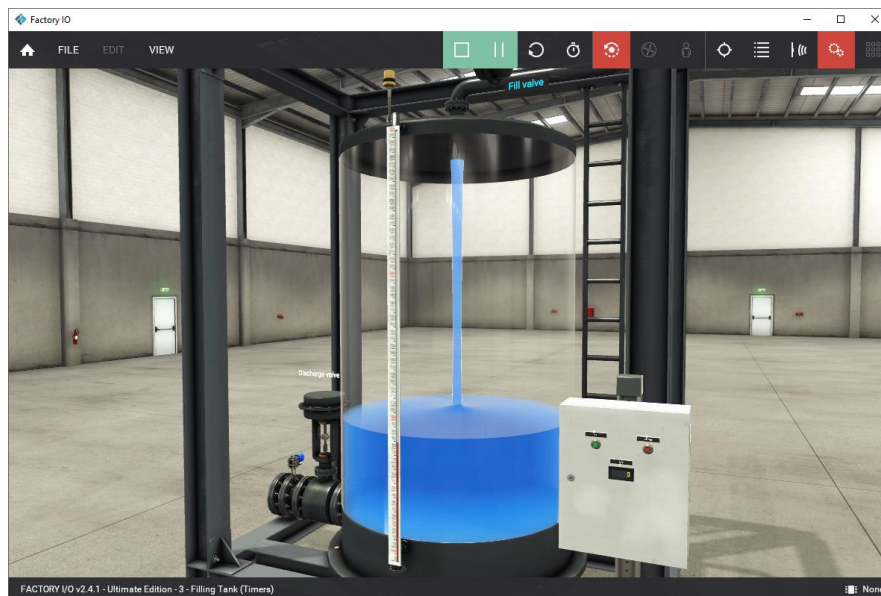


Figura 13. Escena predefinida nº 3 de Factory I/O, Filling Tank (Timers)

Se trata de una escena en la que tenemos un tanque cuyas válvulas de entrada y de salida están configuradas en este caso como entradas digitales (existe una versión analógica del tanque que usaremos más adelante). Además, contamos con un cuadro de mando que tiene configurados los siguientes elementos:

- Botón de llenado de tipo NA (Fill)
- Botón de descarga de tipo NC (Discharge)
- Indicador luminoso de llenado (Filling)
- Indicador luminoso de vaciado (Discharging)
- Display digital (Timer) que acepta datos enteros, tipo INT (16 bits) o doble INT (DINT) de 32 bits (según el driver esté configurado con palabras o dobles palabras).

La novedad en este caso reside en que necesitaremos mostrar el tiempo de llenado o vaciado transcurrido en el display digital, que acepta **datos digitales de tipo entero**. Para simplificar las cosas, trabajaremos con la opción por defecto: DWORD (doble INT, es decir 32 bits)

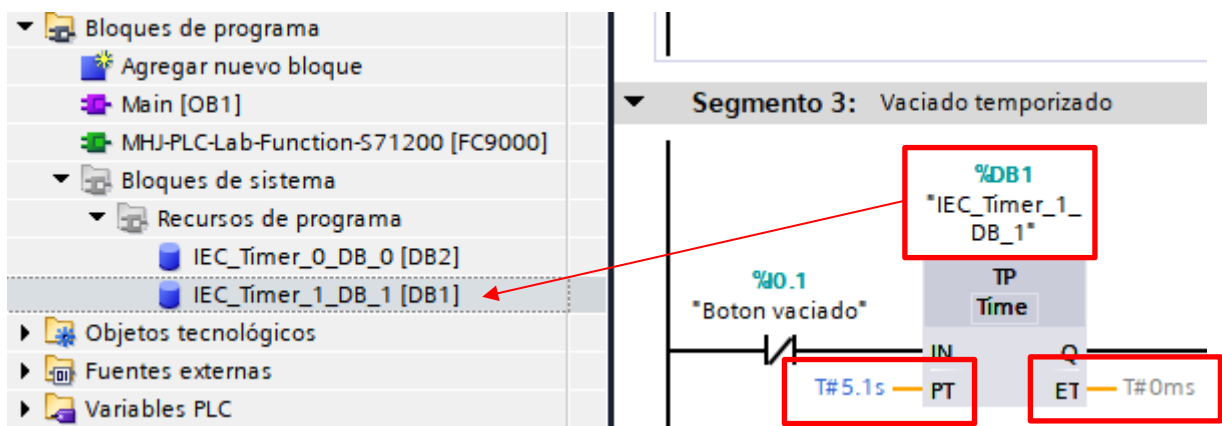


Figura 14. Temporizador IEC de pulso (TP) asociado al bloque de datos %DB1, en el que se guardarán los valores de las entradas y salidas booleanas (IN,Q), Preset Time (PT) y Elapsed Time (ET)

En TIA Portal, al insertar bloques temporizadores o contadores IEC se crea automáticamente un **bloque de datos (DB)** asociado. En el caso de un temporizador (Figura 14), el DB memoriza tanto los valores de las entradas y salidas booleanas (IN, Q) como el Preset Time (PT) y el Elapsed Time (ET), que se pueden utilizar en otras partes del programa.

Haciendo clic en el bloque de datos (Árbol del proyecto) se puede consultar el tipo de datos asociado a cada valor, el valor de arranque, la accesibilidad y la remanencia en caso de pérdida de alimentación eléctrica del PLC. La tabla de la figura 15 muestra los detalles del **tipo de datos TIME (IEC)** de los temporizadores que utilizaremos en este apartado. Como vemos se trata de datos enteros con signo, de 32 bits (dobles palabras), que muestran valores de milisegundos.

| Type and Description | Size in Bits | Format Options | Range and Number Notation (lowest to highest values) | Example in STL |
|------------------------------|--------------|---|--|--|
| BOOL (Bit) | 1 | Boolean text | TRUE/FALSE | TRUE |
| BYTE (Byte) | 8 | Hexadecimal number | B#16#0 to B#16#FF | L B#16#10 L byte#16#10 |
| WORD (Word) | 16 | Binary number | 2#0 to 2#1111_1111_1111_1111 | L 2#0001_0000_0000_0000 |
| | | Hexadecimal number | W#16#0 to W#16#FFFF | L W#16#1000 L word#16#1000 |
| | | BCD | C#0 to C#999 | L C#998 |
| | | Decimal number unsigned | B#(0,0) to B#(255,255) | L B#(10,20) L byte#(10,20) |
| DWORD (Double word) | 32 | Binary number | 2#0 to 2#1111_1111_1111_1111_1111_1111 | L 2#1000_0001_0001_1000_1011_1011_0111_1111 |
| | | Hexadecimal number | W#16#0000_0000 to W#16#FFFF_FFFF | L DW#16#00A2_1234 L dword#16#00A2_1234 |
| | | Decimal number unsigned | B#(0,0,0,0) to B#(255,255,255,255) | L B#(1, 14, 100, 120) L byte#(1,14,100,120) |
| INT (Integer) | 16 | Decimal number signed | -32768 to 32767 | L 101 |
| DINT (Double integer) | 32 | Decimal number signed | L#-2147483648 to L#2147483647 | L L#101 |
| REAL (Floating-point number) | 32 | IEEE Floating-point number | Upper limit +/-3.402823e+38 Lower limit +/-1.175495e-38 | L 1.234567e+13 |
| S5TIME (SIMATIC time) | 16 | S7 time in steps of 10ms (default) | S5T#0H_0M_0S_10MS to S5T#2H_46M_30S_0MS and S5T#0H_0M_0S_0MS | L S5T#0H_1M_0S_0MS L S5TIME#0H_1H_1M_0S_0MS |
| TIME (IEC time) | 32 | IEC time in steps of 1 ms, integer signed | T#24D_20H_31M_23S_648MS to T#24D_20H_31M_23S_647MS | L T#0D_1H_1M_0S_0MS |
| DATE (IEC date) | 16 | IEC date in steps of 1 day | D#1990-1-1 to D#2168-12-31 | L TIME#0D_1H_1M_0S_0MS |
| TIME_OF_DAY (Time) | 32 | Time in steps of 1 ms | TOD#0:0:0.0 to TOD#23:59:59.999 | L TOD#1:10:3.3 L TIME_OF_DAY#1:10:3.3 |
| CHAR (Character) | 8 | ASCII characters | A', 'b' etc. | L 'e' |

Figura 15. Tipos de datos elementales, tamaño, formato y rango en TIA Portal STEP 7. Los contadores IEC utilizan el tipo TIME, enteros con signo de 32 BITS (doble palabra)

Para operar con un dato podemos utilizar los bloques de funciones matemáticas disponibles en TIA Portal: ADD, SUB, MUL, DIV, MOD, NEG, SQRT, EXP, SIN, COS, etc.

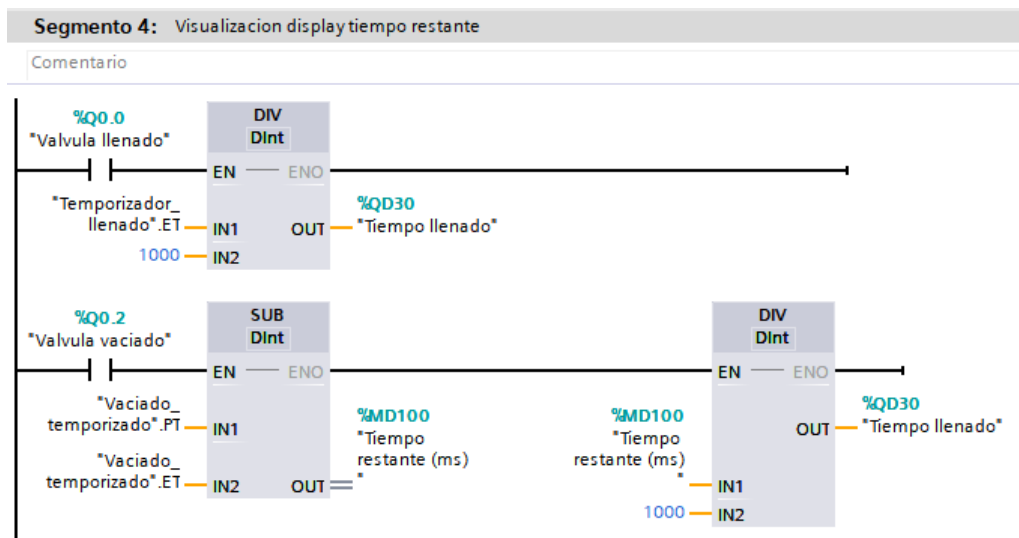


Figura 16. Segmento para convertir los valores de Elapsed Time (en milisegundos) a segundos, mostrándolos por la salida %QD30 (doble palabra), tanto de manera ascendente (arriba) como de manera descendente (abajo)

La Figura 16 (arriba) muestra un ejemplo que permite **convertir milisegundos en segundos** (división por 1000 con el bloque DIV).

Además (abajo) podemos ver una manera de realizar un **conteo descendente** del tiempo restante temporizado, realizando una resta (SUB) del Preset Time (PT) del temporizador de vaciado con el Elapsed Time (ET), guardándolo en la memoria de bits como doble palabra (marca %MD100), para posteriormente pasarlo a segundos dividiendo entre 1000.

Ejercicio práctico 4. Control temporizado de llenado y vaciado del tanque

Realiza un programa en lenguaje KOP (escalera) para el PLC S7-1200 que permita que:

1. Al pulsar el botón de llenado del cuadro, se encienda el indicador luminoso de llenado y el tanque se llene por un periodo de 5 segundos, parando automáticamente. Utiliza el tipo de temporizador IEC adecuado.
2. Además, se debe mostrar el tiempo de llenado en el display, en segundos, y de manera ascendente
3. Al pulsar el botón de vaciado, se encienda el indicador luminoso de vaciado y el tanque se vacíe por un periodo de 10 segundos, parando automáticamente.
4. Además, se debe mostrar el tiempo de vaciado en el display, en segundos, y de manera descendente

3.4. Uso de contadores y marcas de ciclo.

En esta sección vamos a aprender a usar **contadores** IEC, que nos van a permitir registrar el número de veces que ocurren ciertos eventos en la planta, y actuar en consecuencia.

Además, vamos a introducir las denominadas marcas de ciclo. Los **bits o marcas de ciclo** son una zona de memoria del PLC que cambia de estado a una frecuencia determinada (ver Figura 17), por lo que se pueden usar para controlar de manera simple eventos que ocurran a intervalos temporales fijos (procesos periódicos, indicadores intermitentes, etc.) sin necesidad de utilizar un temporizador IEC.

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----|-------|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| • Bit del byte de marcas de ciclo | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| • Duración del período (s) | 2,0 | 1,6 | 1,0 | 0,8 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 0,1 |
| • Frecuencia (Hz) | 0,5 | 0,625 | 1 | 1,25 | 2 | 2,5 | 5 | 10 |

Figura 17. Periodo y frecuencia asociado a cada bit de las marcas de ciclo de los PLC SIEMENS Simatic S7

En TIA Portal, las marcas de ciclo se pueden activar en las propiedades generales del PLC (botón derecho sobre el PLC) → **Marcas de sistema y de ciclo** (Figura 18). Además, se puede elegir la dirección del Byte de marcas de ciclo desde el mismo menú.

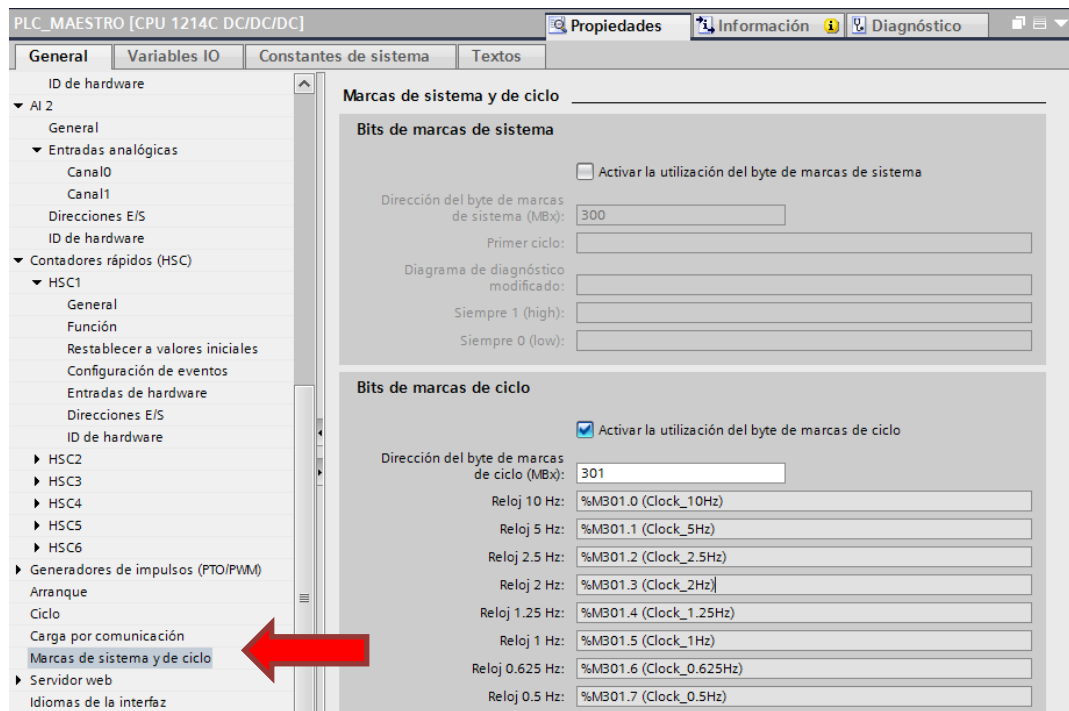


Figura 18. Activación y selección de dirección de las marcas de ciclo del PLC

En esta ocasión usaremos la **escena predefinida nº 4** de Factory I/O, denominada *Queue of Items (Counters)*, que aparece en la Figura 19.

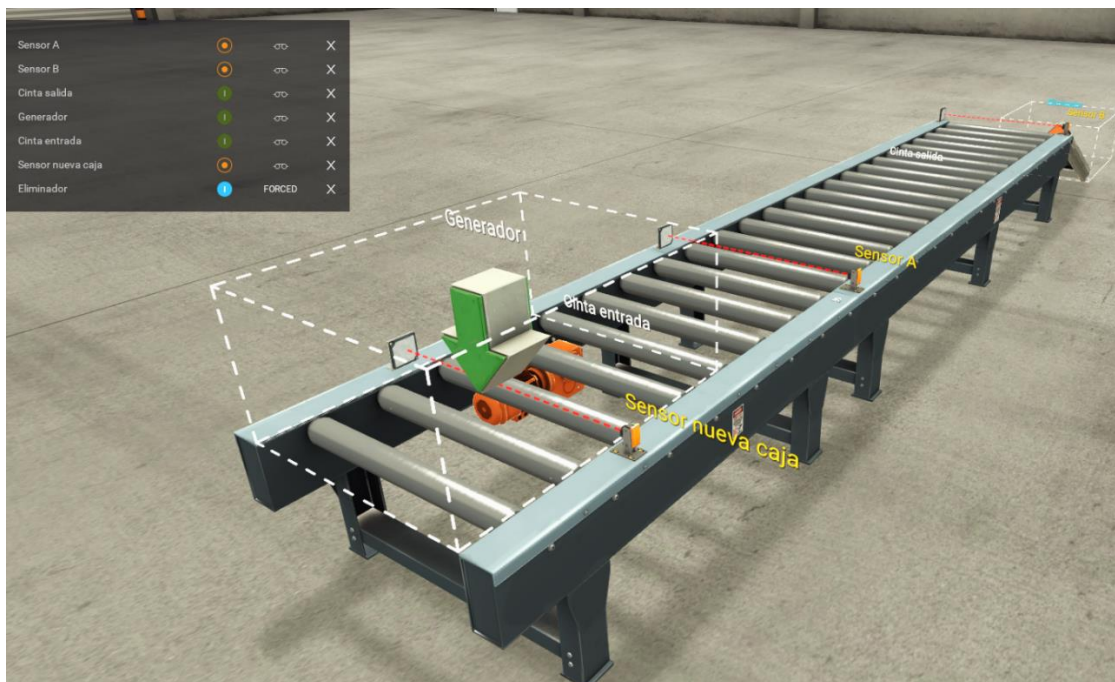


Figura 19. Escena predefinida nº 4 de Factory I/O, Queue of Items (Counters)

La escena es similar a la del apartado 3.2, con dos cintas transportadoras cuyo motor se controla digitalmente, que ahora denominaremos *Cinta Entrada* y *Cinta Salida*. Además, tiene un elemento digital generador de cajas que crea una caja sobre la cinta al recibir un 1 por *Generador* y un *Eliminador* (que mantendremos forzado a 1 en Factory I/O). La escena contiene tres sensores fotoeléctricos de tipo NC (ver Figura 19).

Ejercicio práctico 5. Generación temporizada mediante marcas de sistema

1. Activa las marcas de ciclo en las propiedades del PLC y asígnale la dirección 50. Abre la tabla de variables del PLC y comprueba si se han activado correctamente
2. Realiza un programa en lenguaje KOP (escalera) para que mantenga arrancadas permanentemente las dos cintas y genere cajas cada 2 segundos, usando únicamente marcas de ciclo (ver Figura 20) y no temporizadores IEC.

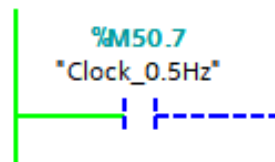


Figura 20. Asignación del bit 7 de la marca de ciclo (0.5 Hz de frecuencia) a un contacto NA

Ejercicio práctico 6. Apilado de cajas en la cinta de salida

Combinando marcas de ciclo y contadores IEC, realiza un programa en lenguaje KOP (escalera) para que:

1. Las cajas se generen ahora cada 5 segundos.
2. Al llegar a la cinta de salida las cajas se apilen, es decir, para que se muevan sin existir huecos entre ellas.

3.5. Entradas y salidas analógicas. Normalización y reescalado.

En esta sección vamos a aprender a trabajar con entradas y salidas analógicas, utilizando para ello la escena predefinida de Factory I/O denominada *Level Control*. En este caso tenemos el mismo tanque que en ejercicios anteriores, pero configurado para trabajar con las válvulas de entrada y de salida de **tipo analógico** (tensiones continuas entre 0 y 10V). Este tipo de datos se representa en un PLC S7-1200 real típicamente como un **INT de 16 bits** (WORD) resultado de la conversión del valor analógico en digital a través de un ADC.

En nuestro caso, Factory IO nos proporciona dichos valores como **números reales (FLOAT)**, que mapearemos en PLCSIM con 32 bits (DWORD)

Analog

| Tag | Controller I/O | Type | Description |
|--------------------------|----------------|-------|---|
| Tank # (Fill Valve) | Output | Float | [0, 10] V: fill valve positioning. |
| Tank # (Discharge Valve) | Output | Float | [0, 10] V: discharge valve positioning. |
| Tank # (Level Meter) | Input | Float | [0, 10] V: level meter value. |
| Tank # (Flow Meter) | Input | Float | [0, 10] V: flow meter value (10 V = 0.3543 m³/s). |

Además, contamos con un sensor del nivel del tanque y un caudalímetro, ambos también analógicos, y que por ello también dan valores en un rango de 0 a 10 V. Para este apartado es importante que tengamos presentes algunos de los siguientes parámetros de las características técnicas del tanque:

- Height: 3 m
- Diameter: 2 m
- Discharge pipe radius: 0.125 m
- Max. input flow: 0.25 m³/s
- Max. output flow: 0.3543 m³/s

Como se puede apreciar en la Figura 21, también contamos con un **cuadro de mando y control** para que tenga los siguientes elementos:

- Tres botones: Llenado, Vaciado y Parada, con indicadores luminosos.
- Potenciómetro “SetPoint”, con salida analógica de 0 a 10 V (tipo datos REAL)
- Dos display digitales que aceptan datos enteros tipo doble INT (DINT) de 32 bits

Para operar con los valores analógicos (reales) de las entradas y salidas en el programa KOP del PLC necesitaremos usar los bloques de función disponibles en los apartados de **Conversión y Transferencia**. Los más útiles son (ejemplo en Figura 23):

- **NORM_X**: Permite normalizar el valor de entrada VALUE, que puede oscilar entre los valores de MIN y MAX a una escala entre 0 y 1. Además permite cambiar el tipo de variable del dato VALUE de entrada.
- **SCALE_X**: Funciona a la inversa que el anterior, es decir, reescala el valor de entrada VALUE, que debe estar comprendido entre 0 y 1, a los valores de salida dados por MIN y MAX, respectivamente. Por ello, se suelen usar ambas simultáneamente para operaciones completas de reescalado.
- **CONV**: convierte un tipo de datos en otro diferente.

- **MOVE.** Permite copiar el valor IN en la variable OUT1. Útil para escribir en las salidas analógicas %QD valores (enteros, reales) que se encuentren en memoria de marcas %MD. Haciendo clic en * se amplía el número de salidas (OUT2, OUT3...)
- **ROUND, TRUNC:** permiten redondear y truncar a entero valores reales.

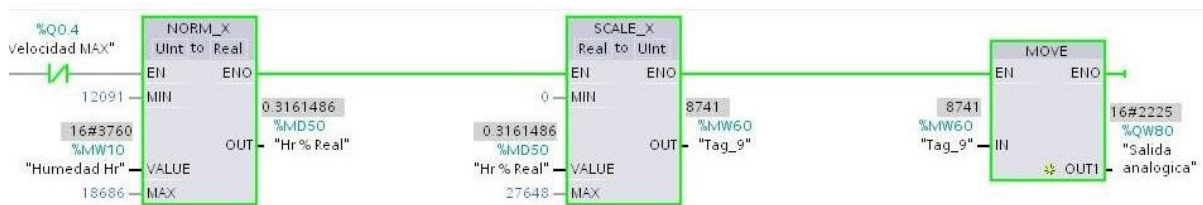


Figura 23. Bloques de función más utilizados para operaciones con valores reales

Ejercicio práctico 7. Control de flujo de llenado del tanque. Direccionamiento

Realiza un programa en lenguaje KOP (escalera) para el PLC S7-1200 que permita:

1. Leer el valor analógico del potenciómetro *Setpoint* y mostrar su valor en voltios, sin decimales (entre 0 y 10) en primer display (SP).
2. Reescalar dicho valor a caudal (en litros/segundo) teniendo en cuenta las características técnicas del tanque (max. input flow). Mostrar en el segundo display (PV).
3. Al pulsar el botón de Start, realizar un llenado del tanque utilizando el caudal establecido con el potenciómetro, hasta pulsar Stop. Utiliza bobinas SET/RESET. Probar a modificar el valor de ajuste y comprobar el resultado. El piloto de llenado debe permanecer encendido.
4. Al pulsar Reset, el depósito comenzará a vaciarse, con la apertura máxima de la válvula, hasta que el depósito tenga un nivel inferior al 10%.

4. Introducción a la programación de paneles HMI mediante Simatic WinCC

4.1. Configuración de un panel HMI en un proyecto de TIA Portal

Como se ha visto en teoría, el Nivel 2 de la pirámide de automatización (nivel de supervisión) lo conforman los sistemas SCADA. Un **SCADA** (*Supervisory Control And Data Acquisition*) es un conjunto de hardware y software que permite controlar y supervisar a distancia los procesos industriales automatizados. Está formado generalmente por uno o varios HMI (*Human-Machine Interfaces*), generalmente en forma de paneles interactivos.



Figura 28. Ejemplos de paneles HMI interactivos de la línea de producto SIEMENS Simatic

Para añadir un panel HMI a un proyecto de SIEMENS TIA Portal, podemos hacerlo tanto desde la **Vista del Portal** como desde la **Vista del Proyecto** (Figura 29).

Para realizar esta última sección de la práctica usaremos el modelo del panel disponible en nuestro laboratorio de Automatización (SIEMENS Simatic Basic KTP700). Se trata de una pantalla táctil de tipo TFT a color de 7 pulgadas, con una resolución de 800 x 480.

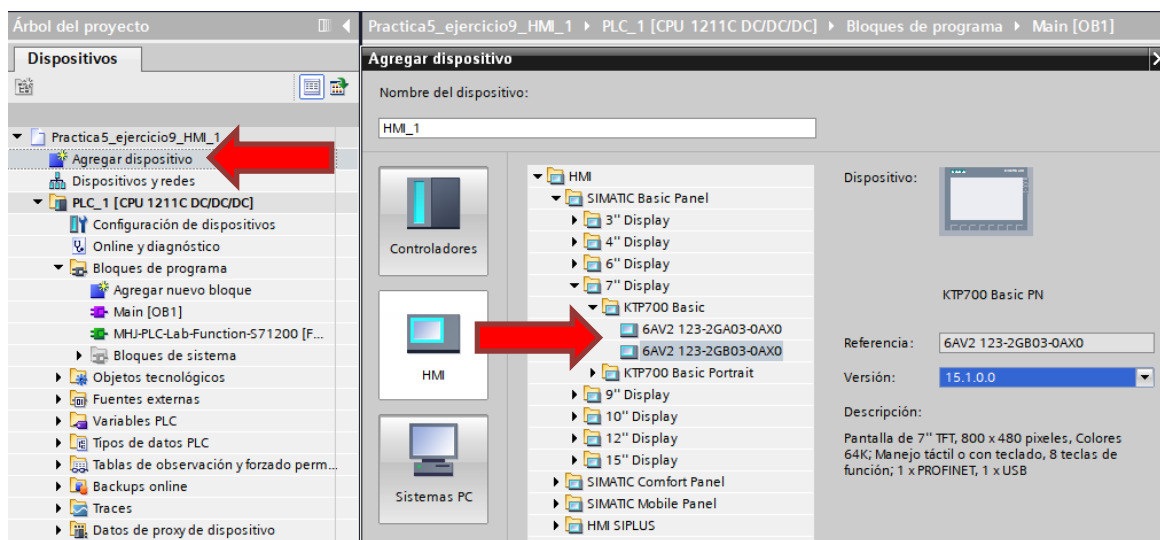


Figura 29. Agregando panel HMI KTP 700 Basic al proyecto TIA Portal

Al agregar un panel HMI, TIA Portal nos ofrece un asistente mediante el que podremos configurar de manera sencilla las conexiones a un PLC, el número y formato de las diferentes pantallas que programaremos (que en este contexto se denominan “Imágenes”), las funciones de la botonera, avisos, etc (Figura 30).

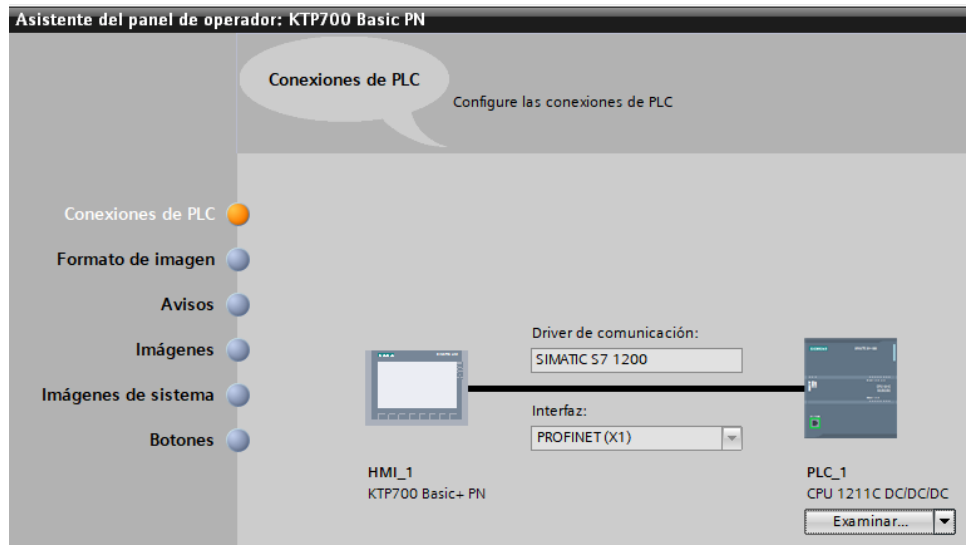


Figura 30. Asistente de configuración de un panel HMI en SIEMENS Tia Portal v15.1

Ejercicio práctico 9. Creación de un HMI en TIA Portal mediante el asistente

Partiendo del proyecto de TIA Portal realizado para el ejercicio práctico 7, que ya contiene un PLC S7-1211C y la lista de variables analógicas y digitales configurada:

1. Añade un panel SIEMENS Simatic Basic KTP700 con conexión PROFINET al proyecto desde la Vista del Proyecto. Conéctalo mediante PROFINET al PLC
2. Utilizando el asistente de configuración, dejando el Formato de Imagen y los Avisos por defecto, trabajando sólo con la Imagen (pantalla) raíz y deshabilitando tanto las imágenes de sistema como los botones en pantalla.
3. Comprueba que el HMI aparece en el Árbol del Proyecto, y echa un vistazo a las diferentes carpetas que se han creado para el HMI. Las dos más importantes son Imágenes y Variables HMI, pero también tenemos opciones para administrar usuarios y permisos, planificar tareas, configurar la ejecución del programa (runtime), etc.

4.2. Diseño gráfico de Imágenes en paneles HMI

Al terminar la configuración de un HMI parecerá un nuevo dispositivo en el Árbol del Proyecto de TIA Portal. El aspecto de la **Imagen Raíz** (pantalla principal del HMI) será similar al de la Figura 31.

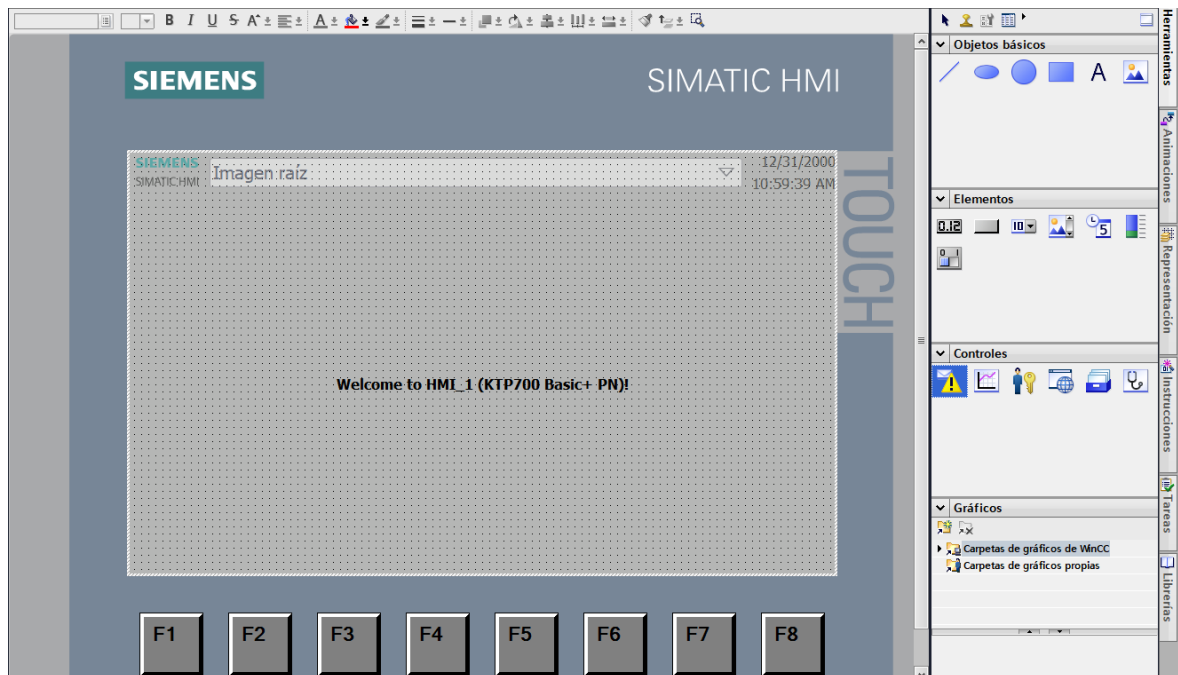


Figura 31. Aspecto de la Imagen Raíz (pantalla principal) del HMI Siemens KTP700 Basic en TIA Portal. A la derecha aparece la barra de herramientas con los objetos, elementos y controles utilizados en la programación

A la derecha de la ventana de TIA Portal contaremos con una barra de Herramientas en la que se mostrarán los elementos necesarios para la configuración de cada imagen del HMI:

- **Objetos básicos:** agregar texto, imágenes estáticas, dibujar figuras geométricas (círculo, rectángulo, línea), etc.
- **Elementos:** botones, interruptores, displays digitales y gráficos de barras interactivos, campos de fecha y hora, etc.
- **Controles:** visores de curvas, navegadores HTML, visores de usuarios y avisos, etc.
- **Gráficos:** este apartado incluye una gran cantidad de elementos gráficos que representan sensores, actuadores y equipamiento industrial (tanques, motores, bombas, conducciones), tanto estáticos como animado, de diferentes calidades y formatos EMF, SVG, WMF, PNG...

Ejercicio práctico 10. Diseño gráfico de la imagen raíz de un HMI

Partiendo del proyecto de TIA Portal realizado para el ejercicio práctico 9, que ya contiene un PLC S7-1211C y un HMI KTP700 Basic configurado:

1. Navega por el panel de herramientas de TIA Portal y utiliza los elementos gráficos necesarios para crear una Imagen raíz similar a la que aparece en la Figura 32

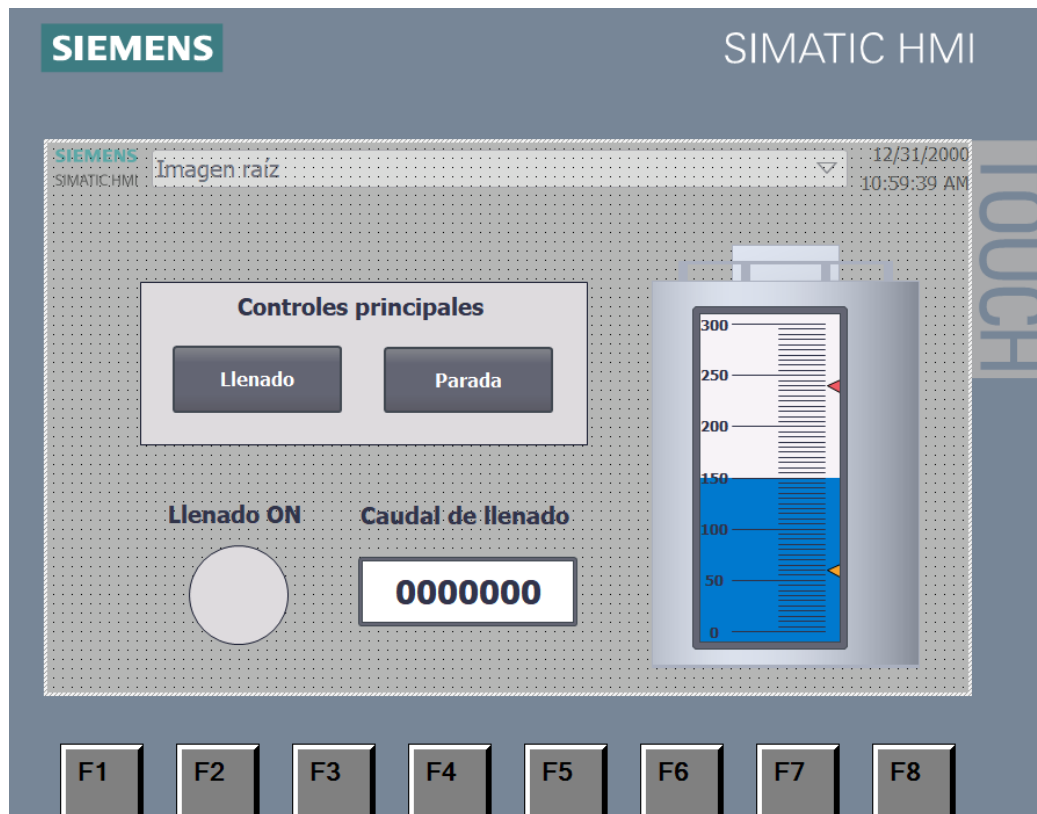


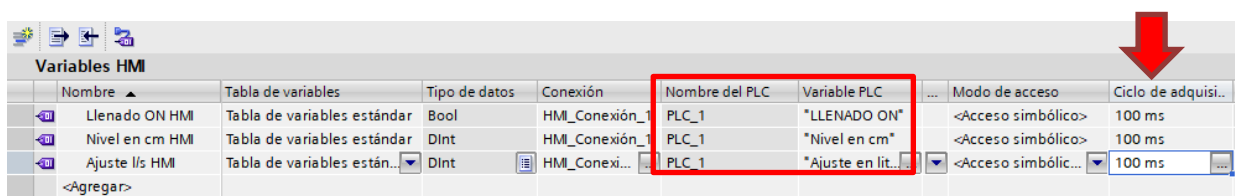
Figura 32. Aspecto de la Imagen Raíz del HMI para el ejercicio práctico 10

4.3. Programación y simulación de paneles HMI

La **programación básica** de un panel HMI está formada básicamente por tres pasos:

1. **Configurar los elementos gráficos** de la Imagen Raíz (y del resto de imágenes del panel HMI, si las hay). Es lo que hemos aprendido a hacer en la sección anterior.
2. **Crear las variables del HMI** y asociarlas con las variables utilizadas en la programación del PLC.

Los eventos y animaciones de los elementos gráficos irán asociados a los valores de estas variables, que pueden ser de los mismos tipos de datos que las variables del PLC. Para ello debemos rellenar la tabla "Variables HMI" (Figura 33) y configurar el **tiempo de refresco** (ciclo de adquisición del HMI)



| Nombre | Tabla de variables | Tipo de datos | Conexión | Nombre del PLC | Variable PLC | ... | Modo de acceso | Ciclo de adquisi... |
|-----------------|-----------------------------|---------------|----------------|----------------|--------------------|-----|--------------------|---------------------|
| Llenado ON HMI | Tabla de variables estándar | Bool | HMI_Conexión_1 | PLC_1 | "LLENADO ON" | | <Acceso simbólico> | 100 ms |
| Nivel en cm HMI | Tabla de variables estándar | DInt | HMI_Conexión_1 | PLC_1 | "Nivel en cm" | | <Acceso simbólico> | 100 ms |
| Ajuste l/s HMI | Tabla de variables estándar | DInt | HMI_Conexión_1 | PLC_1 | "Ajuste en lit..." | | <Acceso simbólico> | 100 ms |
| <Agrega> | | | | | | | | |

Figura 33. Tabla de variables del HMI asociada a sus variables correspondientes en el PLC_1. Configuración del ciclo de adquisición del HMI a su valor mínimo para el modelo KTP700 Basic (100 ms)

3. **Programar las propiedades, conexiones, eventos y animaciones** asociadas a cada uno de los elementos gráficos existentes en las imágenes del panel HMI.

Para actualizar el valor de los elementos como displays digitales o gráficos de barras debemos hacer doble clic en los mismos, y en la pestaña **Animaciones** → Conexiones de variables debemos asociar la propiedad **Valor de proceso** a la variable HMI que contenga el dato a visualizar (como se muestra en la Figura 34)

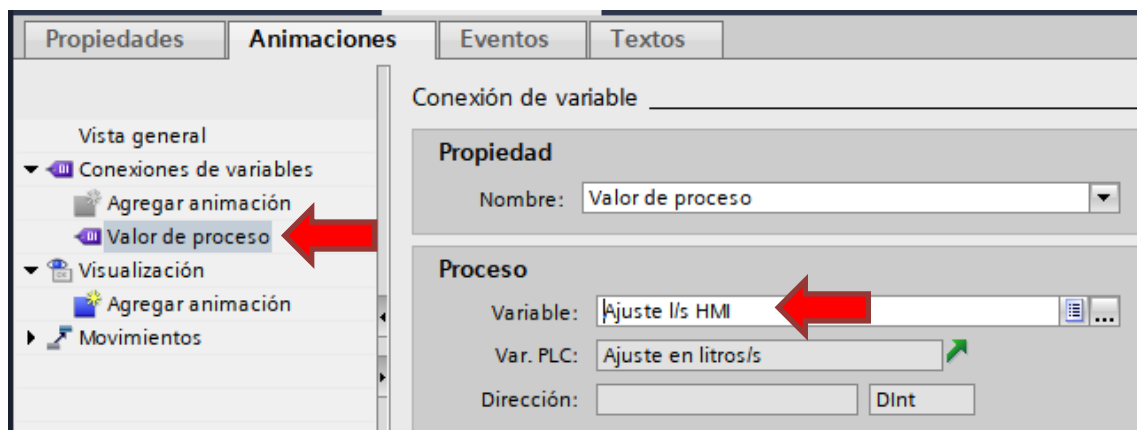


Figura 34. Pestaña Animaciones de un elemento display digital, mostrando la propiedad Valor de Proceso

Por otro lado, la programación de elementos tipo Botón o Interruptor se realiza mediante la configuración de **Eventos** (Hacer clic, dejar pulsado, soltar, etc). Dichos eventos pueden utilizarse para activar o desactivar variables booleanas del HMI (agregando la función **ActivarBit** del menú **Procesamiento por bits**, como se muestra en la Figura 35), o para realizar cálculos, definir el modo del PLC, actualizar el valor de todas las variables, etc.

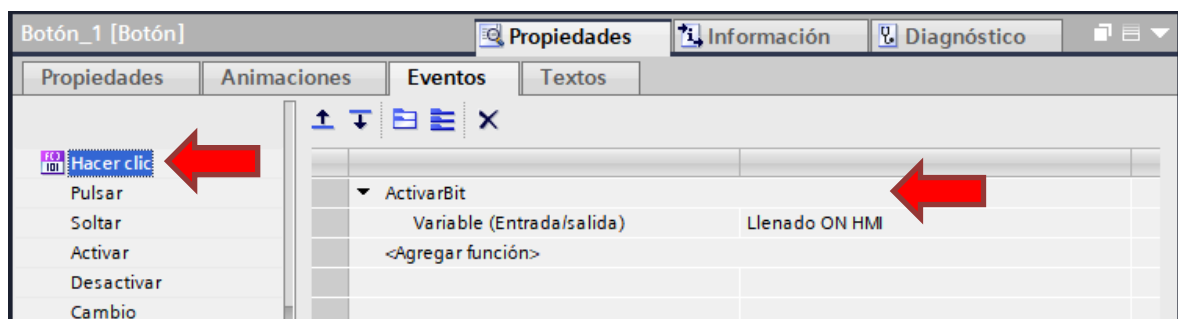


Figura 35. Evento de activación de una variable del HMI al hacer clic en un elemento gráfico tipo Botón

En el caso de elementos estáticos podemos modificar sus propiedades de **Apariencia** (color de fondo, parpadeo) o mover dichos elementos asociándolos a diferentes rangos de variables del HMI, ya sean de tipo booleano o de cualquier otro tipo (Figura 36).

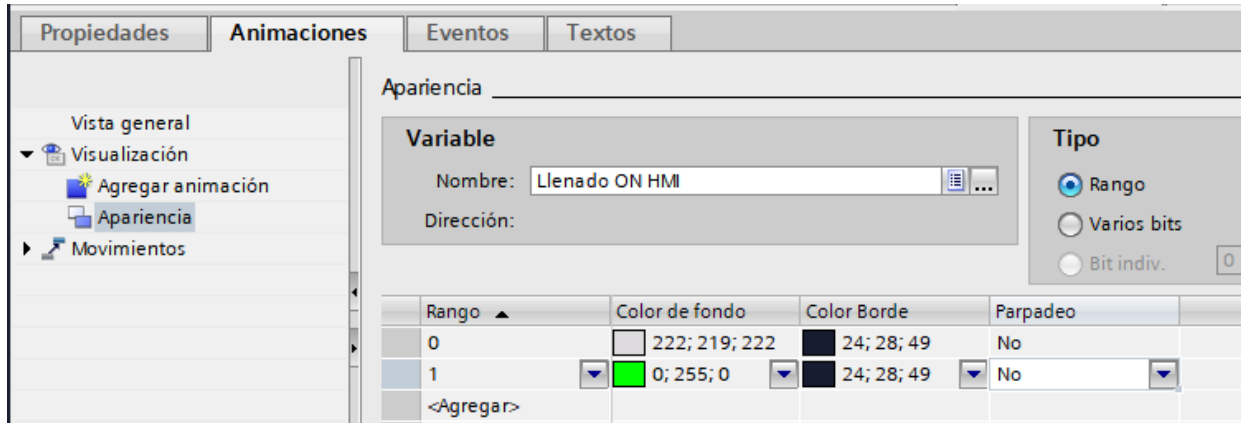


Figura 36. Modificación del color de un Botón asociado al cambio de una variable booleana del HMI

Una vez realizada la programación del panel debemos **Compilar** el diseño para comprobar si existe algún Error o Advertencia que debamos subsanar. Usaremos el mismo botón de compilado de TIA Portal que el que se usa al programar el PLC.

Una vez compilado el diseño HMI, tenemos dos opciones:

- Cargar el diseño en un panel HMI real, que debe estar conectado al PC mediante un cable de red. Para ello usaremos **Establecer conexión online** y **Cargar en Dispositivo**
- En su defecto podemos simular el panel HMI mediante el simulador interactivo de HMI incluido en TIA Portal (*RT Simulator*), al hacer clic en el botón de **Simulación**.

Ejercicio práctico 11. Programación y simulación de PLC + HMI + Factory IO

Por último, partiendo del diseño realizado para el ejercicio práctico 10:

1. Programa los dos botones de Llenado y Parada para que realicen la misma tarea que los botones existentes en el cuadro de mando de la escena. Programa el resto de elementos gráficos del panel (tanque, caudal, Llenado ON) (Figura 37).
2. Compila el diseño del panel HMI y depura los errores que aparezcan en el mismo
3. Simula el HMI, conéctalo a la escena de Factory IO y comprueba el correcto funcionamiento del diseño y la compatibilidad con el cuadro de mando del tanque.

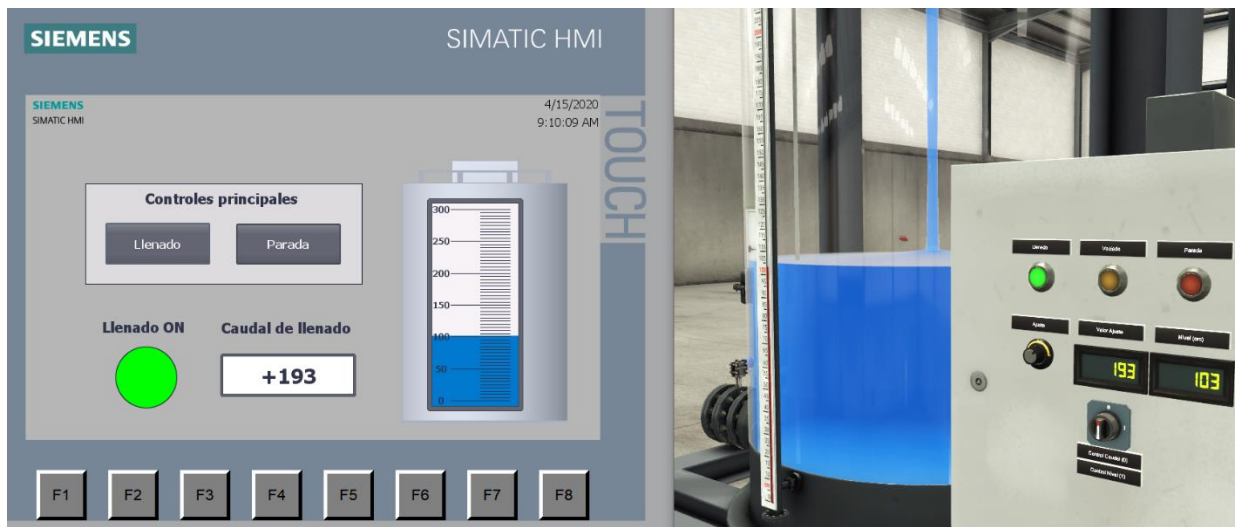


Figura 37. Simulación del HMI de TIA Portal en la que se muestra la correspondencia con el cuadro de mando. El PLC S7-1200 también se está simulando con PLCSIM, y está conectado a la escena de Factory IO

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- [1] https://cache.industry.siemens.com/dl/files/593/109741593/att_895707/v1/s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf
- [2] https://cache.industry.siemens.com/dl/files/676/109478676/att_898615/v1/s71500_cpu1512c_1_pn_manual_es-ES_es-ES.pdf
- [3]] <https://www.tecnopl.com/forzar-entradas-en-tia-portal/>
- [4] <https://factoryio.com/features>
- [5] <https://docs.factoryio.com/manual>
- [6] <https://programacionsiemens.com/entiende-que-son-los-fc-y-los-fb-y-como-se-usan-de-una-vez-por-todas/>
- [7] <https://www.infopl.net/descargas/106-siemens/software-step7-tiaportal/2029-ob100-bloque-arranque-automata-siemens>