



industriales
etsii

**Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Industrial**

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UN SISTEMA DE CONTROL Y COMUNICACIONES BASADO EN PLC'S PARA EL CONTROL DE UN SISTEMA INDUSTRIAL SENCILLO.

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

**GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES.**

Autor: Alejandro Ballesta Fuentes
Director: Ginés Doménech Asensi



**Universidad
Politécnica
de Cartagena**

Cartagena, ...29 de Septiembre de 2016

RESUMEN:

Este proyecto se orienta en las asignaturas de Comunicaciones Industriales y Automatización Industrial, a partir de las cuáles, se controla un proceso de vaciado de tanque y llenado de botellas de una industria. Para lograr el control del sistema, se utilizan cuatro PLC's SIMATIC S7 que son programados mediante el software TIA PORTAL V12 y simulan los diferentes elementos que conforman el proceso. La transmisión de variables entre PLC's se realiza mediante el bus de campo PROFIBUS DP, ampliamente utilizado en la industria, que permite la automatización del sistema y el control de variables como altura del depósito y temperatura del depósito. En adición, se utilizan las entradas y salidas del PLC para establecer conexiones cableadas entre PLC's y con unos pulsadores. El resultado final, es la automatización del proceso.

ABSTRACT:

This project is based on Industrial Communication and Industrial Automation subjects. The main goal of this project is the control of a storage drained process and a filling process of bottles in an industry. To achieve system control, four PLC's SIMATIC S7 was programmed using the software TIA PORTAL V12 in order to simulate all different process devices. Variables transmission between PLC's are performed thank to the field bus called PROFIBUS DP, widely used in industry, which allows to control variables like height of liquid in the storage and the system automation. Moreover, PLC inputs and outputs are used to connect PLC's each other and with some buttons. As a result, the process automation.

ÍNDICE GENERAL

1	Objetivos y descripción del sistema.....	7
1.1.	Objetivos	9
1.2.	Sistema, funcionamiento y componentes.....	9
1.2.1.	Depósito.	10
1.2.2.	Controlador del depósito.	10
1.2.3.	PLC Master.	11
1.2.4.	Controlador de botellas.....	11
2.	Redes de comunicaciones.....	15
2.1.	MODBUS.....	15
2.1.1.	Introducción.	15
2.1.2.	Modos de transmisión MODBUS.....	15
2.1.3.	Topología y protocolo (Protocolo Maestro esclavo).....	18
2.1.4.	Módulo de comunicación MODBUS RTU. Terminadores y conexión.	19
2.2.	PROFIBUS DP	20
2.2.1.	Introducción	20
2.2.2.	Tipos de PROFIBUS y aplicaciones.....	20
2.2.3.	Módulos de comunicación de la red PROFIBUS (CM 1242, CM 1342).....	20
2.2.4.	Restricciones de la red PROFIBUS DP.....	22
2.2.5.	Protocolo de comunicación y tipo de conexión.	23
2.2.6.	Terminadores	24
3.	Código del sistema en TIA Portal V12.	29
3.1.	Depósito.....	31
3.2.	Controlador del depósito.....	37
3.3.	Master.....	40
3.4.	Controlador Botellas.	42
4.	Presupuesto.....	55
5.	Conexiones eléctricas.....	59
5.1.	Conexiones cableadas entre “PLC Depósito” y “PLC Controlador Depósito”	59
5.2.	Transmisión de datos a partir de PROFIBUS DP entre “PLC Controlador Depósito”, “PLC Master” y “PLC Controlador Botellas”.	60
5.3.	Conexiones cableadas, pulsadores del “PLC Controlador Botellas”.	61

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1: Esquema de la instalación a controlar.....	9
Figura 2: Simulación del sistema.....	10
Figura 3: Modo de transmisión ASCII.....	17
Figura 4: Modo de transmisión RTU.....	17
Figura 5: Pregunta/Respuesta Maestro/Esclavo en MODBUS.....	18
Figura 6: Instalación del módulo CB 1241-85 en la parte frontal del PLC SIMATIC S7-1200.....	19
Figura 7: Conexiones del módulo de comunicaciones CB 1241-85.....	19
Figura 8: Módulos de comunicación CM 1242-5 y CM 1243-5.....	21
Figura 9: Pestaña inferior de los módulos de comunicación PROFIBUS DP.....	21
Figura 10: Conexión Daisy chain.....	23
Figura 11: Conexión Daisy Chain (tres dispositivos) y terminadores.....	24
Figura 12: Señal correcta con terminador.....	24
Figura 13: Señal correcta sin terminador.....	25
Figura 14: Operaciones con bits.....	29
Figura 15: Esquema y funcionamiento de un Temporizador ON.....	29
Figura 16: Esquema y funcionamiento de un temporizador Toff.....	30
Figura 17: Esquema de funcionamiento de los comparadores.....	30
Figura 18: Estructura contador CTUD.....	30
Figura 19: PLC Depósito.....	31
Figura 20: Esquema funcionamiento PLC “Depósito” en control de altura.....	32
Figura 21: Esquema funcionamiento PLC” Depósito” en control de temperatura.....	33
Figura 22: Segmento 1, PLC Depósito.....	34
Figura 23: Segmento 2, PLC Depósito.....	34
Figura 24: Segmento 3, PLC Depósito.....	35
Figura 25: Segmento 4, PLC Depósito.....	35
Figura 26: Segmento 5, PLC Depósito.....	36
Figura 27: Segmento 6, PLC Depósito.....	36
Figura 28: PLC Controlador Depósito.....	37
Figura 29: Esquema funcionamiento PLC Controlador Depósito.....	38
Figura 30: Segmento 1, PLC Controlador Depósito.....	38
Figura 31: Segmento 2, PLC Controlador Depósito.....	39
Figura 32: Segmento 3, PLC Controlador Depósito.....	39
Figura 33: Segmento 4, PLC Controlador Depósito.....	39
Figura 34: Segmento 4, PLC Controlador Depósito.....	39
Figura 35: PLC Master.....	40
Figura 36: Esquema funcionamiento PLC Maestro.....	41
Figura 37: Segmento 1, PLC Máster.....	41
Figura 38: PLC Controlador Botellas.....	42
Figura 39: Segmento 1, PLC Controlador Botellas.....	43
Figura 40: Esquema funcionamiento PLC Controlador Botellas.....	44
Figura 41: Segmento 2, PLC Controlador Botellas.....	45
Figura 42: Segmento 3, PLC Controlador Botellas.....	45
Figura 43: Segmento 4, PLC Controlador Botellas.....	46
Figura 44: Segmento 5, PLC Controlador Botellas.....	47
Figura 45: Segmento 6, PLC Controlador Botellas.....	48
Figura 46: Segmento 7, PLC Controlador Botellas.....	49
Figura 47: Segmento 8, PLC Controlador Botellas.....	50
Figura 48: Segmento 9, PLC Controlador Botellas.....	51

Figura 49: Segmento 10, PLC Controlador Botellas.....	51
Figura 50 : Conexiones cableadas entre “PLC Depósito” y “PLC Controlador Depósito”	59
Figura 51 : Transmisión de datos a partir de PROFIBUS DP.....	60
Figura 52 : Conexión pulsadores del “PLC Controlador de botellas”.	61

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Equivalencia Binario/Hexadecimal	16
Tabla 2: Descripción de la distribución de los pines sobre RS 485.	22
Tabla 3: Velocidad de transmisión en función de la distancia máxima y tipo de PROFIBUS.	22
Tabla 4: Variables PLC Depósito.....	32
Tabla 5: Variables PLC Controlador Depósito.	37
Tabla 6: Variables PLC Maestro.....	40
Tabla 7: Variables PLC controlador Botellas.....	43
Tabla 8: Presupuesto material del proyecto.....	56
Tabla 9 Variables transmitidas entre “PLC Depósito” y “PLC Controlador Depósito”.	60

BIBLIOGRAFÍA.

- ¹ MODICON, Inc., Industrial Automation Systems. “Modicon Modbus Protocol Reference Guide” June 1996.
- ² Torres .R “Modbus RTU, Implementación del protocolo en microcontrolador”, 2006.
- ³ Siemens, “S7-1200 – PROFIBUS CM 1242-5”.
- ⁴ Siemens “SIMATIC Controlador Programable S7 1200, Manual del sistema”.
- ⁵ Siemens, “S7-1200 – PROFIBUS CM 1243-5”.
- ⁶ PROFIBUS System Description. Technology and Application
- ⁷ PROFIBUS Installation Guideline for Planning. Version 1.0 Aug 2009.



industriales
etsii

**Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Industrial**

CAPÍTULO 1

OBJETIVOS Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA



**Universidad
Politécnica
de Cartagena**

1.1. Objetivos

El objetivo principal del proyecto es diseñar un sistema de control con las comunicaciones adecuadas para controlar un sistema industrial sencillo. Este objetivo se desglosa en los siguientes objetivos particulares:

- Planificación de un sistema industrial sencillo a partir de sus componentes fundamentales.
- Realización del modelado de componentes de sistemas industriales (bombas, depósitos, sensores, etc...) y programación en PLC.
- Diseñar un sistema de control basado en PLC para un sistema industrial.
- Seleccionar una red de comunicaciones adecuada para comunicar el PLC controlador con los diferentes componentes del sistema industrial.

1.2. Sistema, funcionamiento y componentes.

El sistema industrial diseñado, tiene su aplicación en el control del llenado de botellas. El sistema está compuesto por cuatro elementos fundamentales que son modelados a partir de los controladores PLC SIMATIC S7-1200 y el software TIA Portal V12. Los elementos son: Depósito, controlador depósito, maestro comunicaciones y controlador botellas. El esquema de la instalación se puede ver en la Figura 1, mientras que la simulación con PLC's se puede apreciar en la figura 2.

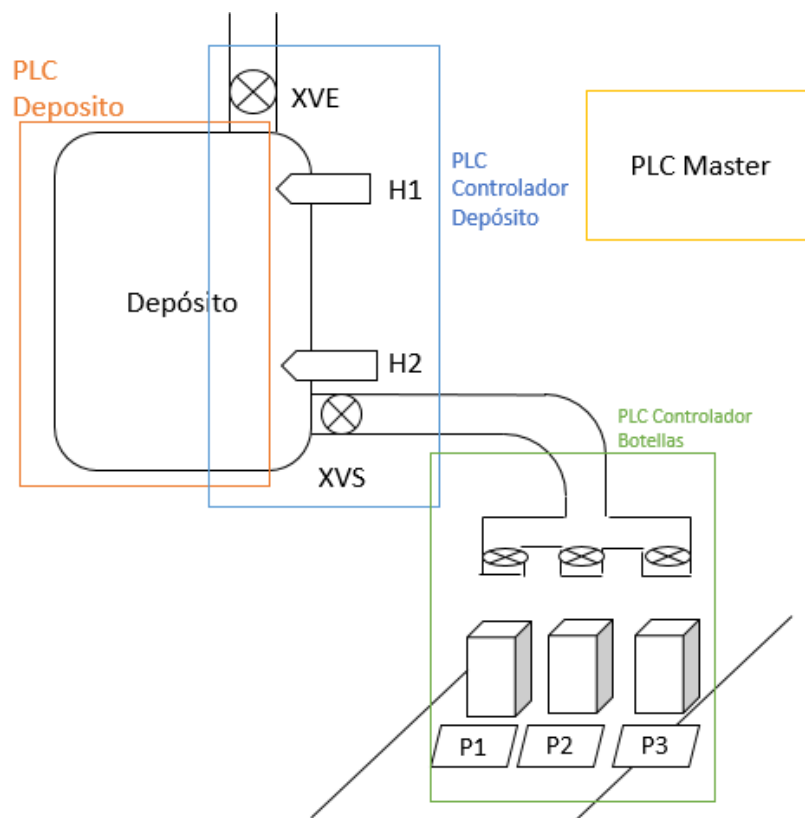


Figura 1: Esquema de la instalación a controlar.

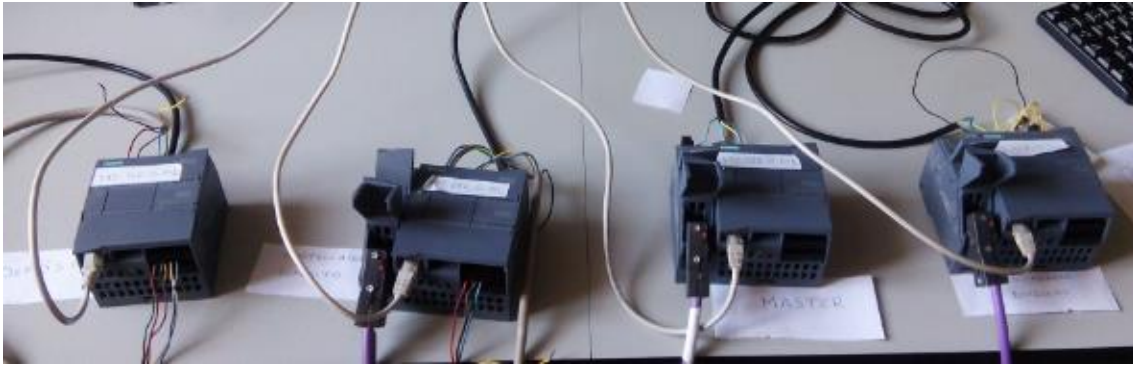


Figura 2: Simulación del sistema.

1.2.1. Depósito.

La modelización del depósito se ha realizado de manera que se pueda sustituir el PLC correspondiente por un depósito verdadero (físicamente) obteniendo un funcionamiento óptimo del sistema de control.

El depósito contendrá un líquido en su interior que será empleado en el llenado de tres botellas. Los dispositivos de campo que contiene son: Una válvula de entrada al depósito, una válvula de salida del depósito, dos sensores de altura, y un sensor de temperatura.

La altura total del depósito tendrá un valor de 3 metros. Los sensores de altura inferior y superior situados a 0.3 metros y 2.7 metros respectivamente. Cuando los sensores detecten el líquido se activarán y enviarán un 1 como señal digital, mientras que si no detectan líquido, mandarán un 0.

El sensor de temperatura nos informará continuamente de la temperatura del depósito. Para ello, se activarán dos variables que nos indicarán el límite máximo y mínimo admisible para el llenado de las botellas. El límite inferior tiene un valor de 3 grados centígrados y el límite superior tiene un valor de 6 grados centígrados.

El depósito controlará las variables analógicas de temperatura y altura de forma continua en cada ciclo de SCAN.

1.2.2. Controlador del depósito.

Consiste en un PLC SIMATIC S7-1200, que tiene la función de controlar las señales provenientes de los sensores de altura y temperatura y será el encargado de activar las válvulas de entrada y salida del depósito.

La válvula de entrada solo se abrirá cuando la altura del depósito sea inferior a 0.3 metros y a partir de ese momento, se mantiene abierta hasta que el depósito se llene completamente, independientemente del estado de la válvula de salida. En el momento en que la altura del depósito sea de 2.7 metros, la válvula de entrada se cierra, y no se vuelve a abrir hasta que vuelva al nivel inferior.



La válvula de salida, se abrirá cada vez que haya una botella en cualquiera de los tres sensores de posición. De esta manera, siempre que haya una botella se abrirá y cuando no haya ninguna botella para llenar se cerrará.

Se supone que el caudal de salida es constante, independientemente de la altura del depósito.

Los estados de las válvulas de entrada y salida deberán ser enviadas por el mecanismo de comunicación adecuado para regular la altura del depósito, como se verá en apartados posteriores.

Este controlador del depósito, también podrá dar una señal de alarma en el caso de que haya un mal funcionamiento de los dispositivos de campo del depósito. Se entiende por mal funcionamiento, por ejemplo, una señal errónea de los sensores de altura (El sensor de nivel máximo está activo y el sensor de nivel mínimo no lo está). Si esta alarma se activa, automáticamente, la válvula de salida del depósito se cerrará hasta que el problema se solucione.

Existe otra función para este controlador que consiste en activar un sistema de enfriamiento del depósito en el caso de que supere la temperatura máxima admisible, en este caso de 6 grados centígrados y mantendrá activo el mecanismo de enfriamiento hasta alcanzar los 3 grados centígrados, que es la temperatura mínima aceptable para el embotellamiento.

Este dispositivo será un esclavo de la red de comunicación PROFIBUS DP que se expondrá posteriormente.

1.2.3. PLC Master.

Este PLC SIMATIC S7-1200, tiene la función de ser el maestro de la comunicación PROFIBUS DP que se ha establecido. Su única función es controlar la red de comunicaciones y la recepción y transmisión de datos a los esclavos.

1.2.4. Controlador de botellas.

Este PLC SIMATIC S7-1200, controla las válvulas de entrada de cada una de las botellas, el llenado de cada botella y la simultaneidad de los tres sensores de posición.

La válvula de entrada de cada una de las botellas se activará cuando su sensor de posición correspondiente esté activo. De esta manera, la botella solo se llena cuando se encuentra en la posición del sensor, evitando derrames de líquido o niveles erróneos de las botellas.

El llenado de cada botella, dependerá del número de botellas que se estén llenando continuamente. Al suponer para este proyecto el caudal de salida del depósito constante, independientemente de la altura del depósito, el caudal que le llegue a cada botella dependerá del número de válvulas que estén abiertas, por tanto, no hay un tiempo fijo de llenado.



La simultaneidad de los tres sensores de posición tiene la finalidad de simular el proceso de avance de las botellas. Cada sensor de posición está modelado a un tiempo determinado cada vez que una botella se llene. Así pues, el sensor de posición 1, se activará a los tres segundos de haber llenado una botella, esto quiere decir que cuando una botella se llena, se desactiva y espera tres segundos hasta que se vuelve a activar, simulando la llegada de otra botella. De la misma manera, el sensor de posición 2, se activa cada dos segundos del llenado su botella y el sensor de posición 3, se activa a los 4 segundos de haber llenado su botella correspondiente.

La primera activación de cada uno de los sensores de posición se realiza manualmente a partir de una conexión cableada a unos pulsadores, que se mostrará posteriormente.

Este dispositivo, será esclavo de la red de comunicaciones PROFIBUS DP.

Todo lo anterior, será detallado en el Capítulo 3 “Código de programación en TIA Portal”.



industriales
etsii

**Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Industrial**

CAPÍTULO 2

REDES DE COMUNICACIONES



**Universidad
Politécnica
de Cartagena**



2. Redes de comunicaciones

Las comunicaciones industriales son aquellas que permiten el flujo de información desde el controlador a los diferentes dispositivos a lo largo del proceso de producción: detectores, actuadores, otros controladores...

Los primeros autómatas se cableaban hilo a hilo directamente a los borneros de los módulos de entrada y salida (cableado clásico) pero debido a las distancias en una planta industrial entre detectores, actuadores y controladores, se colocaron cajas de entradas y salidas distribuidas a lo largo de la instalación, con las que el autómata se comunica mediante un módulo de comunicaciones. De esta manera se consigue que los cables de los sensores sean más cortos y que los preaccionadores estén más cerca de los accionadores.

A finales de los 80 y sobre todo en los 90 aparecen en el mercado nuevas opciones de comunicación, los buses de campo. Estos buses permiten conectar los captadores y accionadores al autómata con un solo cable de comunicación. Este tipo de comunicación permite conectar dispositivos que pueden ser variadores de velocidad, controladores de robot, arrancadores, reguladores PID, terminales de visualización, ordenadores industriales...

Los buses de campo han favorecido las comunicaciones industriales como las conocemos hoy en día.

En la actualidad las comunicaciones industriales son imprescindibles en los sistemas industriales automatizados, dado que los diferentes equipos (sensores, controladores, etc) precisan comunicarse entre sí para transmitir diferentes tipos de datos o acciones de control. Además esta comunicación ha de realizarse de una manera segura y basada en probados estándares de comunicación.

Las redes de comunicaciones disponibles en el laboratorio son Ethernet, PROFIBUS DP y MODBUS RTU.

2.1. MODBUS.

2.1.1. Introducción.

El protocolo MODBUS tiene su origen en la década de los setenta del siglo pasado. Es en 1979, cuando la empresa MODICON¹, perteneciente a Schneider Automation y fabricante de PLCs, desarrolló la comunicación MODBUS con el propósito de intercambiar datos entre PLC's y otros dispositivos de una planta de producción, posicionándose en la capa 7 del modelo OSI.

En poco tiempo, MODBUS fue adaptado por comerciantes y distribuidores convirtiéndose en un elemento importante en la comunicación de redes industriales.

2.1.2. Modos de transmisión MODBUS.

Existen dos modos de transmisión de mensajes que definen como se envían los paquetes de información entre dispositivos de la red, es decir, maestro y esclavos.

¹ MODICON, Inc., Industrial Automation Systems. "Modicon Modbus Protocol Reference Guide" June 1996.



En los controladores, se puede instalar los dos modos de transmisión y el usuario a su criterio, elige el modo deseado a través de la asignación de parámetros como el modo de paridad o el valor de baudios, en la configuración de cada controlador. Es primordial, que todos los dispositivos de la red, tengan el mismo modo de transmisión para un correcto funcionamiento.

a) MODBUS ASCII (American Standard Code for Information Interchange)

Cuando se instala este modo de transmisión a los controladores, cada byte del mensaje es enviado como dos caracteres de tipo ASCII (0-9, A-F). En la tabla 1, se muestra la equivalencia entre lenguaje hexadecimal y binario.

El formato de las tramas, que hace referencia a como se transmiten los mensajes en ASCII Mode, es el siguiente. (Figura 3)

- Comienzo “Start character”: En ASCII las tramas empiezan con dos puntos “:” que es representado a partir del carácter hexadecimal 3A.
- Dirección “Address”: Son dos caracteres que hacen referencia a la dirección del dispositivo al cual va dirigida la trama. Por lo tanto, cada dispositivo de la red, decodifica esta dirección para comprobar si el mensaje va dirigido hacia él.
- Función: Establece la acción que debe realizar el dispositivo que recibe la información.
- Datos: Cada byte de datos es representado de la siguiente manera:
Coding system (Sistema de codificación de datos): Es representado a partir de dos caracteres ASCII hexadecimales, (0-9, A-F), formando de esta manera, los 8 bits de un byte.

Hexadecimal	0	1	2	3	4	5	6	7
Binario	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111
Hexadecimal	8	9	A	B	C	D	E	F
Binario	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111

Tabla 1: Equivalencia Binario/Hexadecimal.

Los 8 bits representados por los caracteres hexadecimales hacen referencia a:

- 7 bits de datos
- 1 bit de paridad (par o impar), o ningún bit si no hay paridad.
- LRC (Longitudinal Redundancy Check): Son dos caracteres para la detección de errores en la transmisión de datos de la trama.
- CRLF (Carriage Return Line Feed): Son una pareja de caracteres que indican el final de la trama. Estos caracteres son 0D para carriage return y 0A para line feed.



Comienzo	Dirección	Función	Datos	LRC	Final
1 carácter	2 caracteres	2 caracteres	N caracteres	2 caracteres	2 caracteres CRLF

Figura 3: Modo de transmisión ASCII.

El tiempo transcurrido entre cada carácter del mensaje, tiene un intervalo cercano a 1 segundo. Si transcurre un intervalo de tiempo mayor, el dispositivo receptor asume error en la transmisión del mensaje.

b) MODBUS RTU (Remote Terminal Unit).

Este modo posibilita la transmisión de una mayor cantidad de datos en el mismo periodo de tiempo que en el modo ASCII.

El formato de las tramas, que hace referencia a como se transmiten los mensajes en RTU Mode, es el siguiente. (Figura 4)

- Comienzo “silent time”: En el modo RTU, la trama empieza con un intervalo de tiempo de 4 caracteres hexadecimales y a partir de ese tiempo, se empieza a transmitir el mensaje.
- Dirección “Address”: La dirección se transmite con 8 bits, lo que equivale a dos caracteres hexadecimales entre 0-9 y A-F. Cuando cada dispositivo, recibe los bits de dirección, decodifica el mensaje para comprobar si esa dirección corresponde al propio dispositivo.
- Función: Establece la acción que debe realizar el dispositivo que recibe la información.
- CRC: Son 16 bits que hacen referencia a la verificación de redundancia cíclica para detectar errores.
- Fin de la trama: Para indicar el final de la trama, existe otro intervalo de tiempo.

Comienzo	Dirección	Función	Datos	LRC	Final
T1-T2-T3-T4	8 bits	8 bits	N x 8 bits	16 bits	T1-T2-T3-T4

Figura 4: Modo de transmisión RTU.

2.1.3. Topología y protocolo (Protocolo Maestro esclavo).

La topología de este bus de campo es Maestro-Esclavo en los dos modos de transmisión RTU y ASCII. La estructura del bus es lineal en donde solo existe un maestro, el cual controla el acceso al medio y monitoriza el funcionamiento de la red. El resto de dispositivos actúan como esclavos respondiendo a lo requerido por el maestro.

La transmisión de datos entre el maestro y el esclavo, se resumen en la figura 5.

Pregunta: En la pregunta, el maestro envía el mensaje con el campo de dirección correspondiente, a todos los dispositivos. Cada dispositivo comparará su dirección con la dirección enviada por el Maestro de manera que solo responderá aquel dispositivo cuya dirección coincida.

El código de la función en la pregunta, informará al dispositivo esclavo el tipo de acción a desarrollar. Los bytes de datos, contendrán información adicional que el esclavo necesita para desarrollar la acción.

Por ejemplo, el código de la función 03, le indicará al esclavo que debe leer los registros y elaborar una respuesta con sus contenidos. Los bytes de datos, contendrá la información del registro de comienzo y como leerlos.

La comprobación de errores contendrá un método para validar la integridad del mensaje.

Respuesta: Cuando el esclavo realiza una respuesta estándar, el código de la función en la respuesta es similar al código de función de la pregunta. Los bytes de datos, contienen el conjunto de datos recogidos por el esclavo, como valores de registros o estados. Si un error ocurriera, el código de la función se vería modificado, indicando que la respuesta es errónea y los bytes de datos contienen un error.

El campo de comprobación de errores, permite al maestro confirmar si el mensaje es válido.

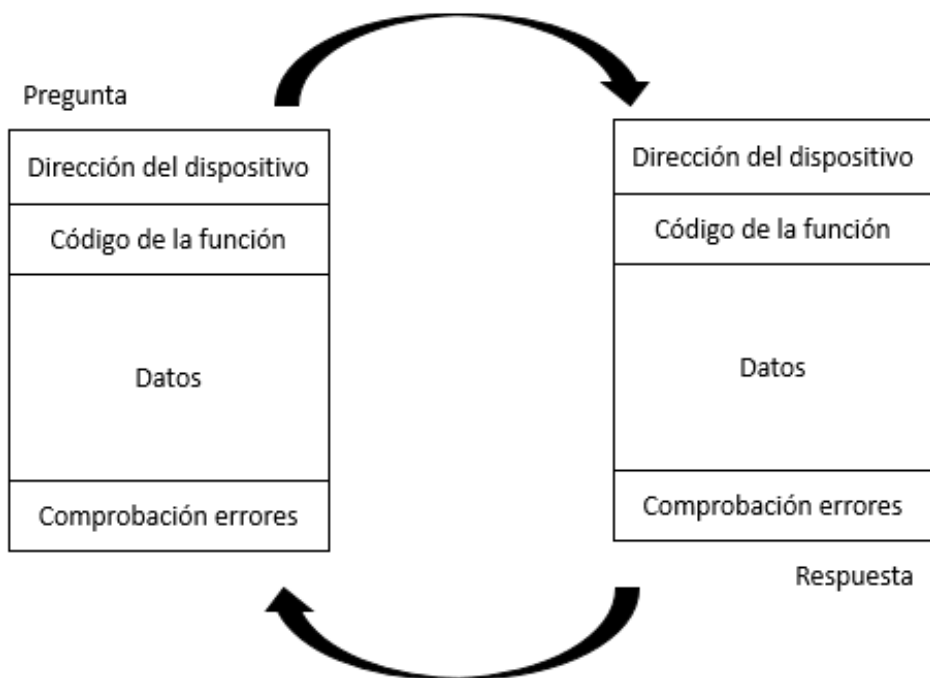


Figura 5: Pregunta/Respuesta Maestro/Esclavo en MODBUS.

2.1.4. Módulo de comunicación MODBUS RTU. Terminadores y conexión.

El módulo de comunicaciones es CB 1241-85. Este módulo se puede conectar al PLC SIMATIC S7-1200 por la parte frontal y la selección como dispositivo maestro o esclavo se realiza a través de programación en el software TIA Portal V12 (Figura 6).

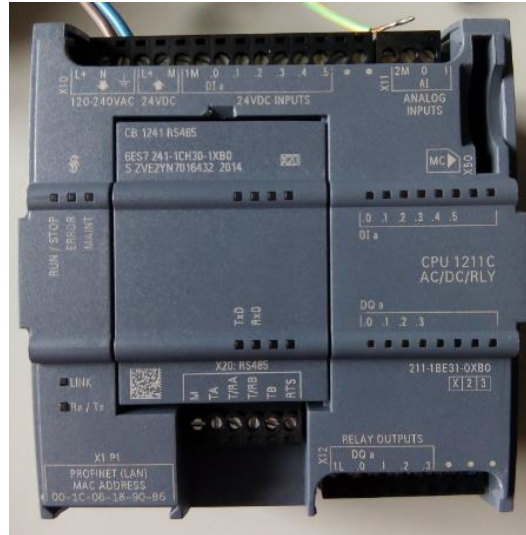


Figura 6: Instalación del módulo CB 1241-85 en la parte frontal del PLC SIMATIC S7-1200.

Los dispositivos se conectarán entre sí, mediante conexiones físicas tal y como se muestra en el anexo "A.12.4.1 CB 1241 RS485 Specifications" del manual del S7-1200. (Figura 7).

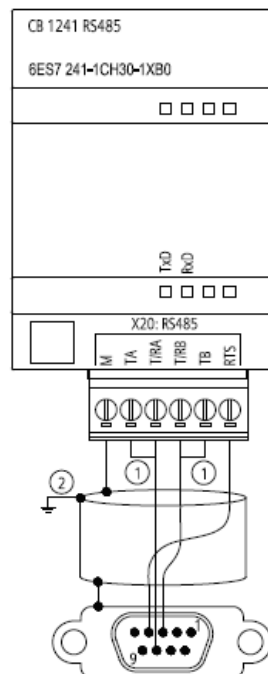


Figura 7: Conexiones del módulo de comunicaciones CB 1241-85².

² Extraída de SIMATIC Controlador Programable S7 1200, Manual del sistema. Siemens.



La conexión anteriormente mostrada, hace referencia a los dispositivos situados en el extremo de la red de comunicaciones ya que tienen los terminadores TA y TB conectados. La conexión de dispositivos que no son terminadores se realiza de manera similar pero sin conectar TA y TB.

2.2. PROFIBUS DP

2.2.1. Introducción

PROFIBUS (*PRO*cess *F*ield *BUS*) es el estándar de automatización basado en bus de campo de PROFIBUS & PROFINET International (PI).

PROFIBUS, permite la conexión de controladores con múltiples dispositivos de campo (sensores y actuadores) a partir de un único cable.

2.2.2. Tipos de PROFIBUS y aplicaciones.

- **PROFIBUS FMS:** Fue el protocolo original de comunicación. Permite la transferencia de datos tanto cíclica como acíclica de hasta 244 bytes de datos pero su complejidad hace que no sea adecuado para el control de procesos.
- **PROFIBUS DP:** Es un protocolo destinado a la transmisión de pequeños paquetes de datos. Tiene una mayor velocidad de transmisión superior al resto y es el más barato y económico y por ello, uno de los más usados industrialmente. Puede ser implementado con tecnología de transmisión RS 485 y fibra óptica. Es usado en la automatización de procesos y producción.
- **PROFIBUS PA:** Básicamente, es la ampliación de PROFIBUS -DP con una tecnología apta para ambientes peligrosos y con riesgo de explosión. Emplea la codificación Manchester y es usado para la automatización de procesos.

2.2.3. Módulos de comunicación de la red PROFIBUS (CM 1242, CM 1342)

Los módulos de comunicación que se emplean son: CM 1242-5 (slave) y CM 1243-5 (master). (Figura 8).

El módulo CM 1242-5 debe ser conectado a un dispositivo que opere como esclavo. Este módulo, no necesita alimentación suplementaria ya que se alimenta a través del propio autómatas.

El módulo CM 1243-5 debe ser conectado a un dispositivo que opere como maestro. Este módulo, necesita de alimentación complementaria de 24 V como se puede apreciar en la parte superior de la imagen correspondiente a este módulo.



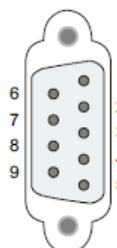
Figura 8: Módulos de comunicación CM 1242-5 y CM 1243-5.

Cada módulo dispone de dos pestañas:

La pestaña situada en la parte inferior (Figura 9), dispone de un conector hembra de 9 pines (Tabla 2) que opera de acuerdo al estándar RS 485.



Figura 9: Pestaña inferior de los módulos de comunicación PROFIBUS DP.



Pin	Descripción	Pin	Descripción
1	No usado	6	Alimentación 5 V
2	No usado	7	No usado
3	RxD/TxD- línea datos B	8	RxD/TxD- línea de datos A
4	RTS	9	No usado
5	DGND	Masa	Conector de tierra

Tabla 2: Descripción de la distribución de los pines sobre RS 485.

La pestaña situada en la parte superior, contiene señales luminosas que indican el funcionamiento del módulo, RUN/STOP y ERROR.

A la pestaña inferior de estos módulos se conectará el cable PROFIBUS con conectores RS 485 macho.

2.2.4. Restricciones de la red PROFIBUS DP.

- En cada segmento se permiten como máximo 32 dispositivos. En nuestra red de comunicaciones no hay ningún problema, ya que únicamente tenemos tres dispositivos.
- Cada segmento necesita dos y solo dos terminadores.
- La velocidad depende de la longitud del segmento. (Tabla 3).

Velocidad de transmisión (kbits/s)	Distancia máxima (m)	Medio
9.6	1200	RS 485
19.2		
45.45		
93.75		
187.5		
500	1000	
1500	400	
3000	200	
6000	100	
12000		
31.25		
	1900	MBP
	1200	

Tabla 3: Velocidad de transmisión en función de la distancia máxima y tipo de PROFIBUS.

2.2.5. Protocolo de comunicación y tipo de conexión.

El protocolo usa el modelo “Maestro-Eslavo” donde un dispositivo maestro (master) controla a uno o más dispositivos esclavos. En nuestro sistema, el maestro será el que tenga el módulo de comunicaciones CM 1243-5 (PLC master) mientras que los esclavos serán los que tengan el módulo de comunicaciones CM 1242-5 (PLC controlador del depósito y PLC controlador de botellas).

El protocolo de acceso al medio se realiza a través del llamado “Token Passing”. El “Token” se transmite por la red y la estación que contenga el Token, dominará el acceso a la red. En nuestra red de comunicaciones únicamente tenemos un maestro, por lo que solo este controlará el acceso a la red.

Existen dos tipos de maestro, de clase 1 (DPM1) y de clase 2 (DPM2):

- Maestro de clase 1: Utiliza la comunicación cíclica para intercambiar datos de proceso con sus esclavos asociados. Es el caso de nuestro controlador PLC master. Usa la versión DP-V0.
- Maestro de clase 2: Es un dispositivo que puede ser usado para definir parámetros de otros dispositivos a través de comunicaciones acíclicas. Usa las versiones DP-V1 y DP-V2.

Para el correcto funcionamiento del bus es necesario que el tiempo de ciclo del bus sea menor que el tiempo de ciclo de programa del sistema central de automatización, en caso de ser un PLC, el ciclo de Scan, que normalmente suele ser 10 ms aproximadamente. El tipo de conexión entre dispositivos se realiza a partir de la configuración Daisy Chain (Figura 10 y figura 11) en la que no se permiten ramales secundarios.

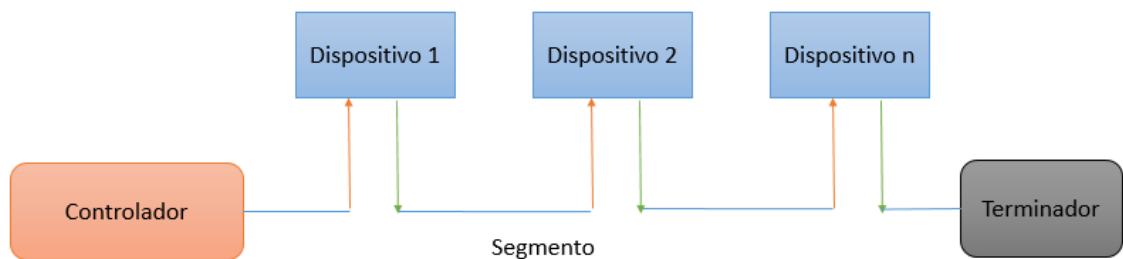


Figura 10: Conexión Daisy chain.

Para nuestro sistema:

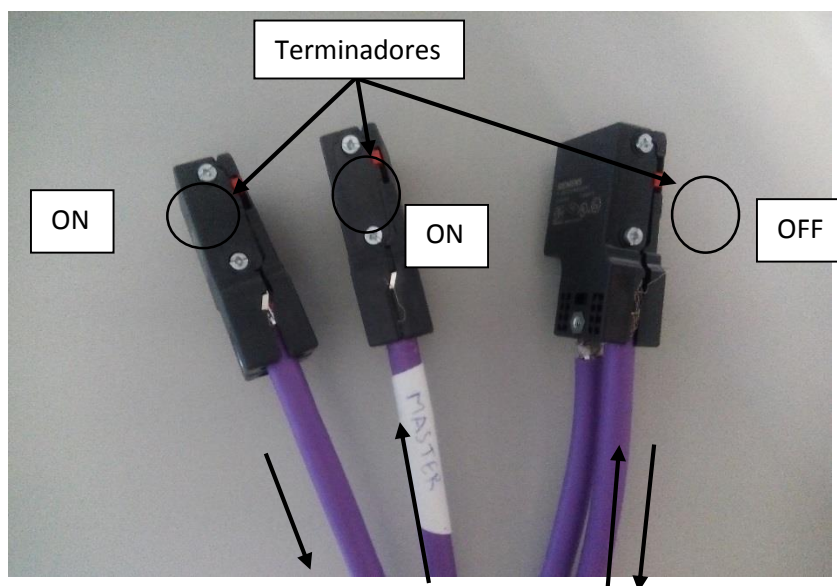


Figura 11: Conexión Daisy Chain (tres dispositivos) y terminadores.

2.2.6. Terminadores

Los terminadores son resistencias que se coloca en los extremos de la línea. La incorrecta colocación de los terminadores PROFIBUS, son uno de los principales problemas de este tipo de redes. Los terminadores adquieren mayor importancia cuanto mayor sea la velocidad de transmisión de los datos, ya que la reflexión es mayor ante una discontinuidad. Por tanto, la función principal de un terminador es la de atenuar la señal. Veamos una comparativa entre señales con terminadores y sin ellos. (Figura 12 y Figura 13).

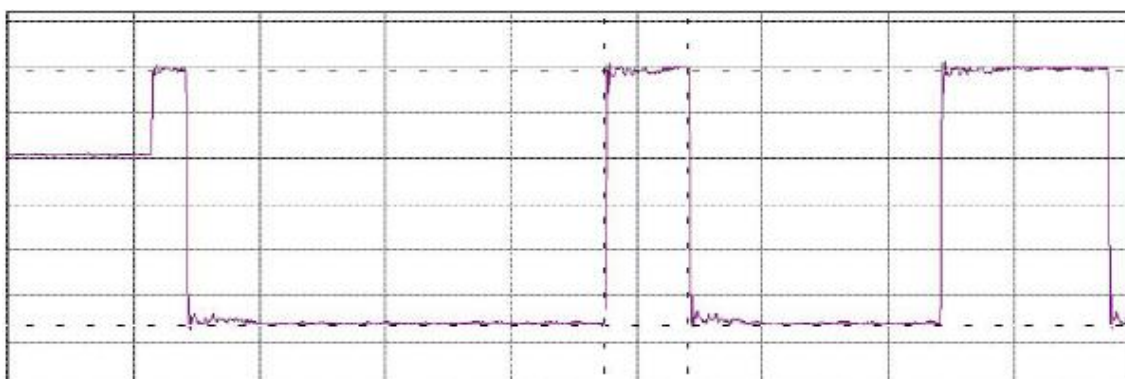


Figura 12: Señal correcta con terminador.³

³ Extraída de “PROFIBUS System Description. Technology and Application”.

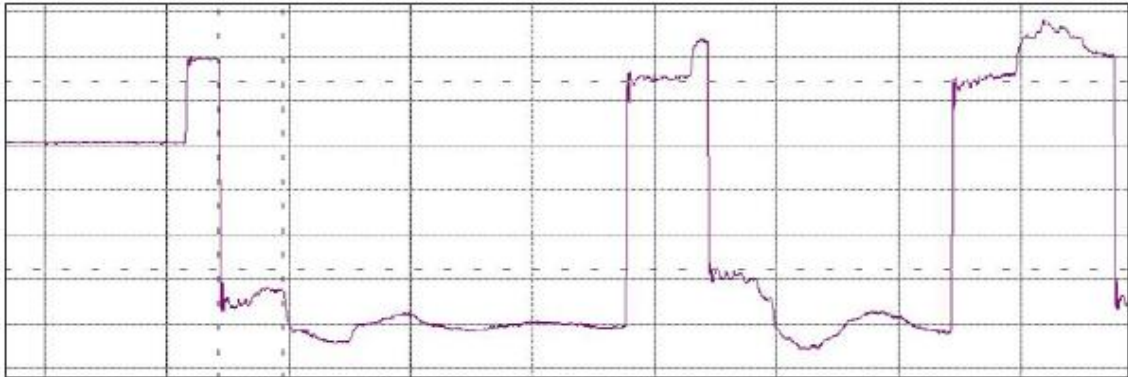


Figura 13: Señal correcta sin terminador.⁴

⁴ Extraída de “PROFIBUS System Description. Technology and Application”.





industriales
etsii

**Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Industrial**

CAPÍTULO 3

**CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN EN TIA
PORTAL V12.**



**Universidad
Politécnica
de Cartagena**

3. Código del sistema en TIA Portal V12.

En este apartado, se detalla el código de programación perteneciente a cada uno de los PLC's a partir del software TIA PORTAL V12. Este software utiliza el lenguaje COP de programación, que emplea operaciones con bits (Figura 14).

La mayoría de las operaciones utilizadas en el código, se detallan a continuación.

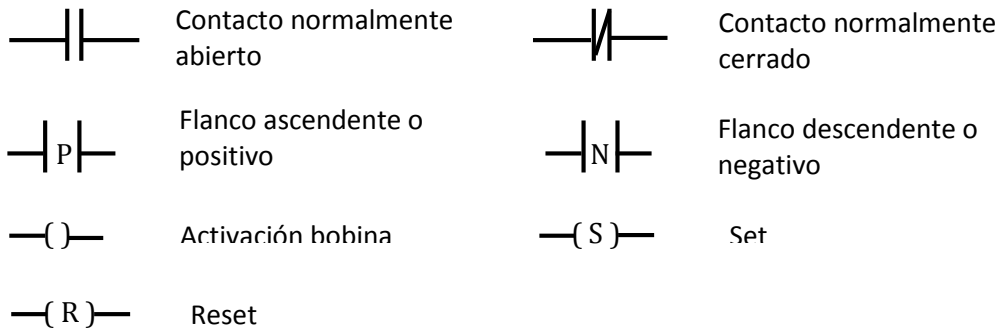


Figura 14: Operaciones con bits.

En adición a estas operaciones con bits, también se ha realizado operaciones con temporizadores, comparadores y contadores.

Temporizadores: Los temporizadores comúnmente usados son Ton y Toff.

Ton (Figura 15): El temporizador contiene dos entradas y dos salidas. La entrada IN, corresponde al desencadenador y la entrada PT corresponde al tiempo establecido de consigna. Por el contrario, la salida Q, indica si el contador ha terminado o no, y la salida ET, permite saber que tiempo en cada instante.

El funcionamiento de este temporizador depende de la activación del desencadenador para empezar la cuenta.

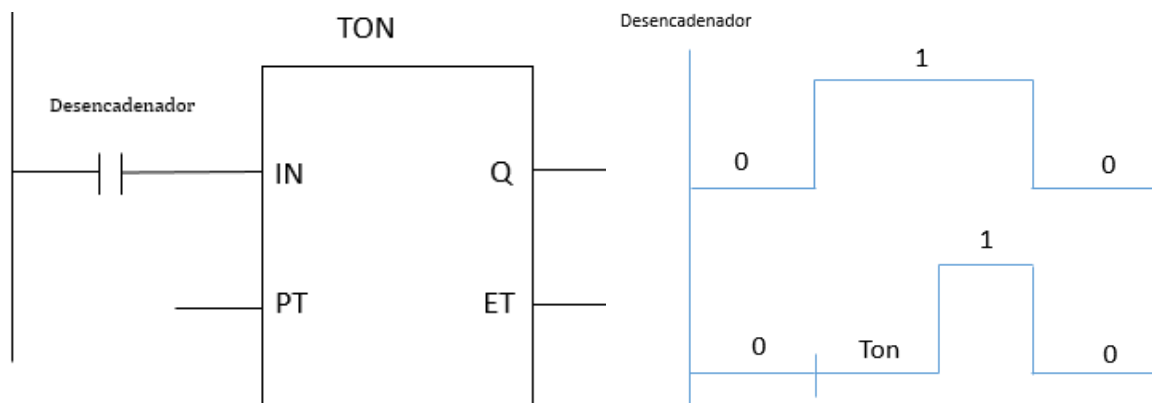


Figura 15: Esquema y funcionamiento de un Temporizador ON.

Toff (Figura 16): Las entradas y salidas son similares al Ton pero el funcionamiento es distinto, ya que empieza a contar con la caída del desencadenador y se desactiva cuando acaba el conteo.

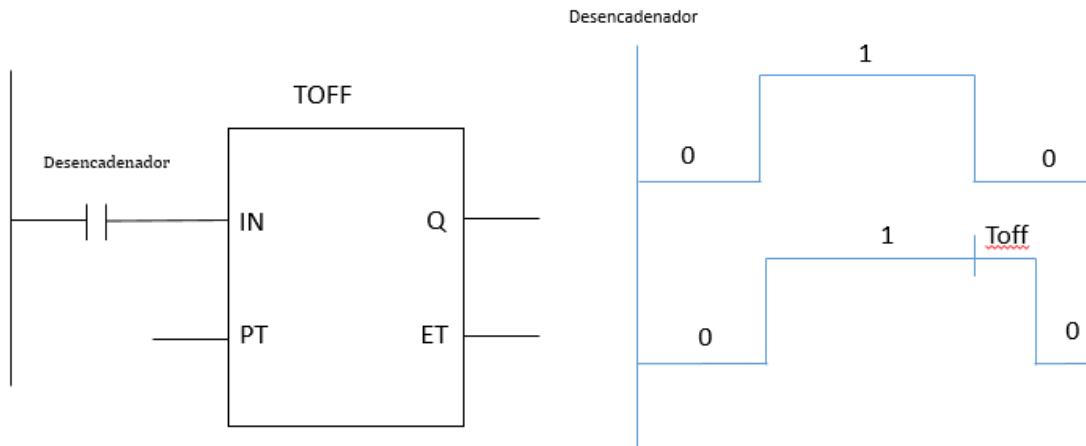


Figura 16: Esquema y funcionamiento de un temporizador Toff.

Comparadores: Comparan el valor de una variable con un valor de consigna. Los signos de comparación son los básicos (<, >, =, ≥, ≤). (Figura 17)

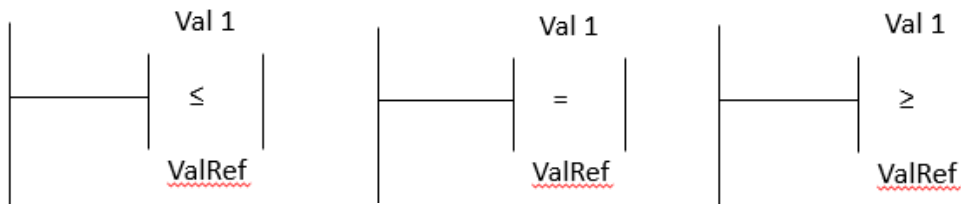


Figura 17: Esquema de funcionamiento de los comparadores

Contadores: Realizan la función de incrementar o decrementar un valor de consigna.

Existen tres tipos de contadores:

- CTU: Contador hacia delante.
- CTD: Contador hacia atrás.
- CTUD: Contador hacia delante y atrás. (Figura 18)

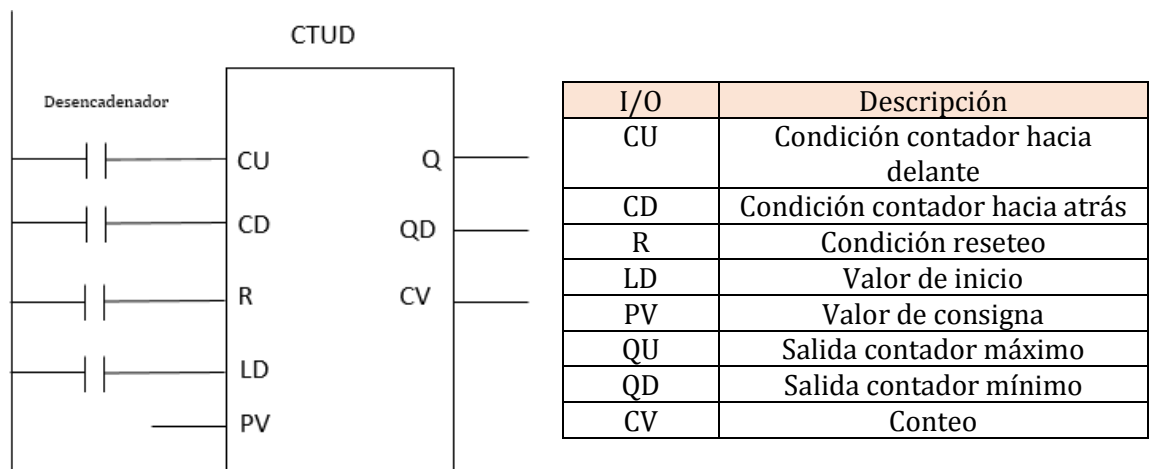


Figura 18: Estructura contador CTUD.

3.1. Depósito.

En la figura 19, se muestra el PLC que realiza la función del depósito. En él, podemos apreciar la dirección IP (192.168.0.103) y las entradas y salidas digitales y analógicas del PLC. Las conexiones cableadas de entrada y salida del controlador se pueden ver en el capítulo 4 “Conexiones eléctricas y transmisión de datos”.

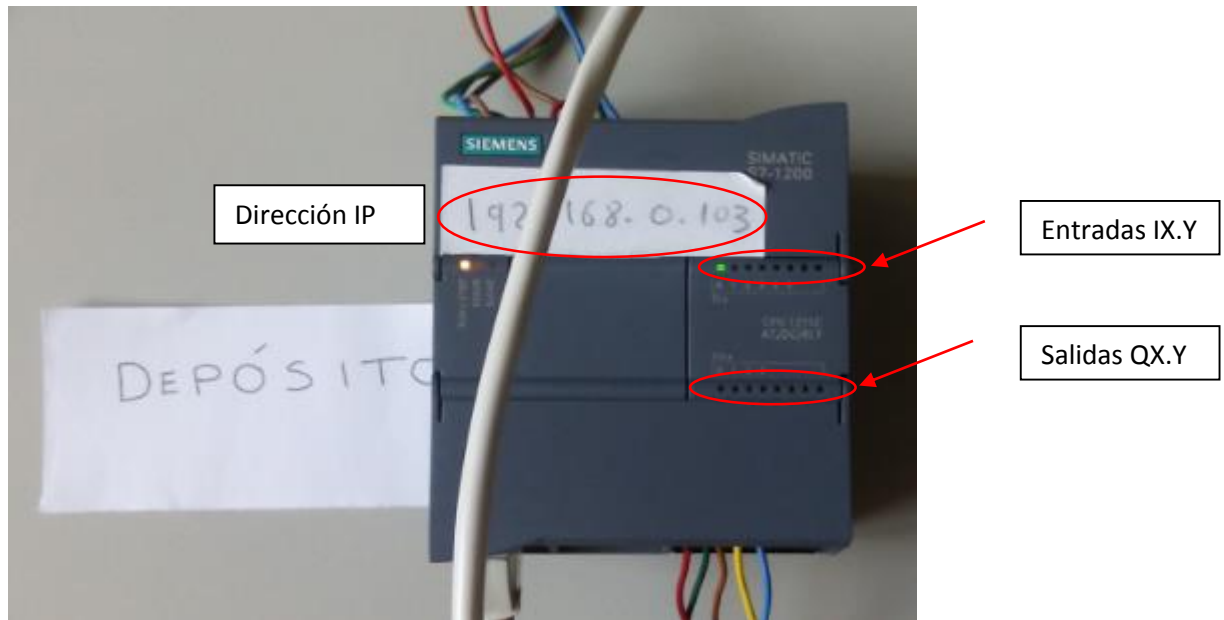


Figura 19: PLC Depósito.

En la siguiente tabla (Tabla 4), se pueden ver las distintas variables del sistema. En ellas, aparecerán entradas digitales, identificadas a partir de la dirección %IX.Y, salidas digitales, identificadas a partir de la dirección %QX.Y y direcciones de memoria %MX.Y para señales digitales y %MDX.Y para señales reales.

Los bloques de datos ocupan direcciones de memoria %DBX.

Nombre de la variable	Dirección de memoria	Tipo de variable
Válvula entrada depósito	%I0.0	Bool
Válvula botella llenando	%I0.1	Bool
Enfriar	%I0.2	Bool
H1 sensor límite inferior	%Q0.0	Bool
H2 sensor límite superior	%Q0.1	Bool
Límite máximo temperatura	%Q0.2	Bool
Límite mínimo temperatura	%Q0.3	Bool
Clock_2.5Hz	%M0.2	Bool
Clock_2Hz	%M0.3	Bool
Clock_0.5Hz	%M0.7	Bool
Llenado normalizado	%MD60	Real
Altura depósito	%MD64	Real
Temperatura normalizada	%MD68	Real
Temperatura depósito	%MD72	Real
Contador depósito	%DB1	IEC_Counter

Nombre de la variable	Dirección de memoria	Tipo de variable
Contador depósito.CV		Int
Contador depósito.QU		Bool
Control temperatura depósito	%DB2	IEC_Counter
Control temperatura depósito.CV		Int
Control temperatura depósito.QU		Bool

Tabla 4: Variables PLC Depósito.

De forma visual, podemos ver el funcionamiento del dispositivo en los siguientes diagramas de flujo (Figura 20 y Figura 21).

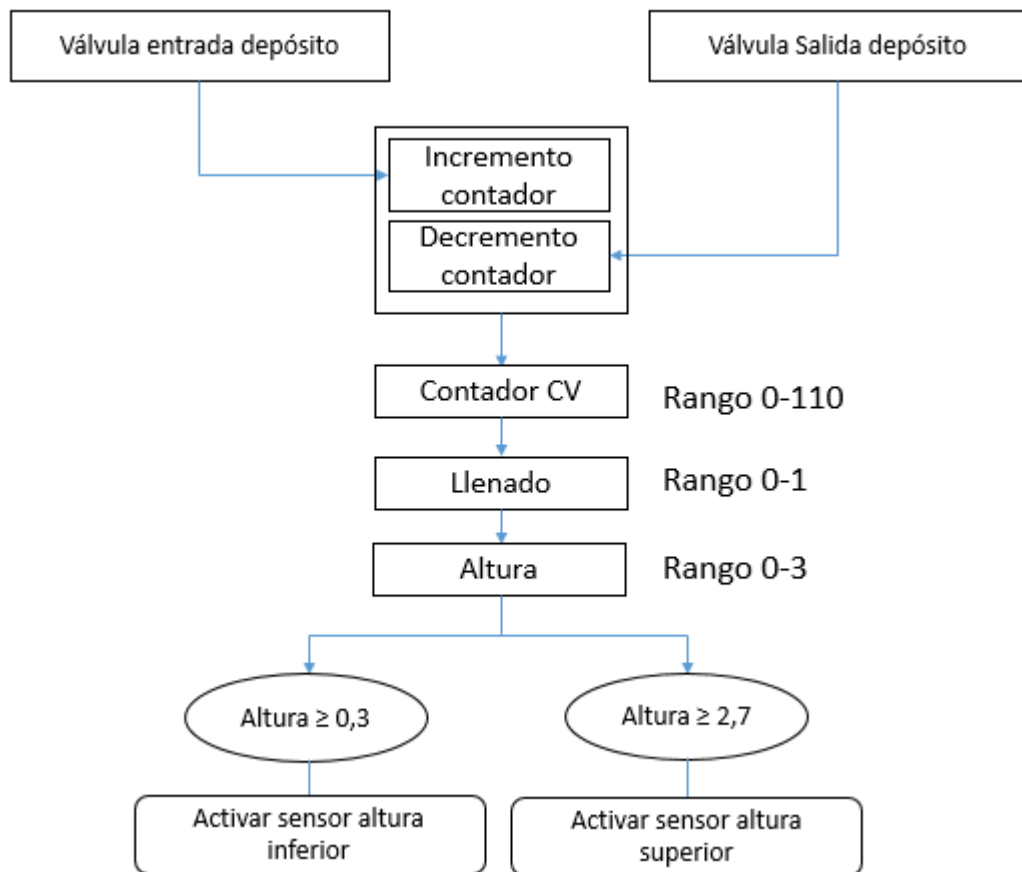


Figura 20: Esquema funcionamiento PLC "Depósito" en control de altura.

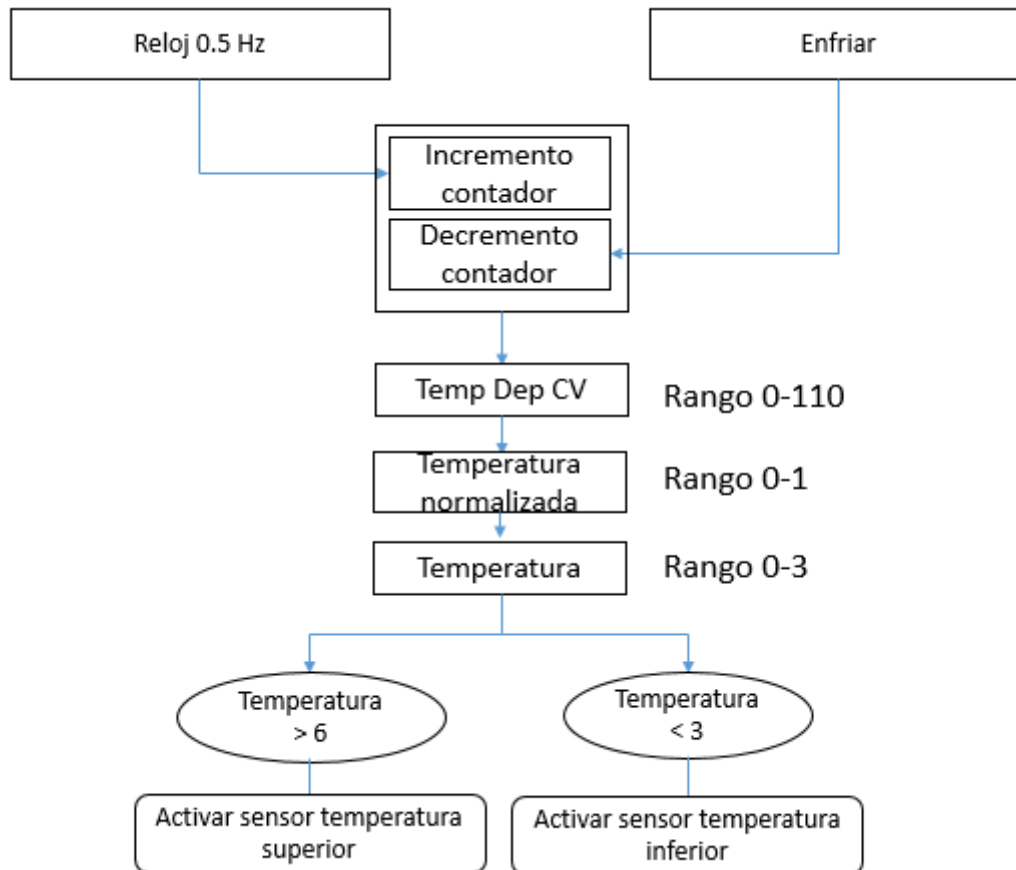


Figura 21: Esquema funcionamiento PLC "Depósito" en control de temperatura.

Segmento 1: Este segmento (Figura 22), está destinado a controlar la altura del depósito. Para ello, dispone de un contador CTUD, que permite tanto un incremento como un decremento en el conteo, que se guarda en la variable "Contador depósito.CV".

Las condiciones de entrada en el incremento, es decir, el aumento de altura en el depósito, depende del estado de la variable "válvula de entrada en el depósito" (como se verá posteriormente depende del límite de altura inferior del depósito) y conlleva un llenado a una frecuencia de 2Hz.

Las condiciones de entrada en el decremento, es decir, la disminución de altura del depósito, depende de la variable "Válvula botella llenando", que es una variable transmitida a partir del bus de comunicación desde el PLC "Botellas" y que indica, que hay al menos, una botella que se está llenando y por tanto, el depósito está perdiendo líquido, a una frecuencia de 0.5Hz.

Asunción: El caudal de salida del depósito es independiente de la altura.

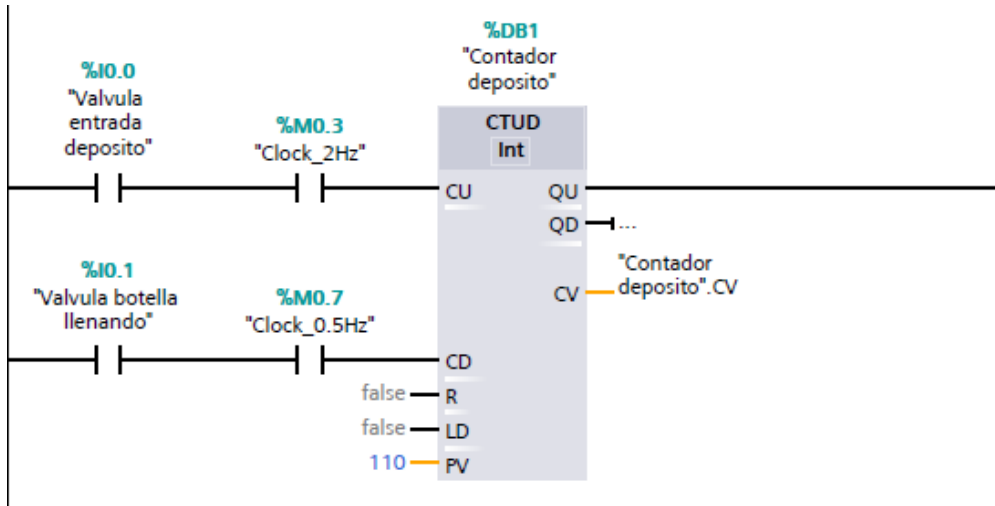


Figura 22: Segmento 1, PLC Depósito.

Segmento 2: Este segmento (Figura 23), permite una simulación del valor de altura del depósito en función del conteo “Contador depósito. CV” del contador.

Mediante la función NORM_X, se normaliza, el conteo del “Contador depósito”, es decir, los posibles valores del contador, entre 0 y 110, se convierten a un rango entre 0 y 1. Por lo tanto, un 0 en el contador, corresponde con un 0 en la variable “Llenado normalizado” mientras que un 110 en el contador, indica un 1 en la variable “Llenado normalizado”, que es una variable real, puesto que alberga números decimales. (Por ejemplo, un valor de 100 en el contador, se muestra con un 0.909 en “llenado normalizado”).

Mediante la función SCALE_X, el valor de la variable “Llenado normalizado” que adquiere valores entre cero y uno, se escala a los valores de altura de interés. En nuestro caso, se pretende que el depósito tenga una altura máxima de 3 metros, y evidentemente, una mínima de 0 metros. La salida de esta función SCALE_X, se obtiene la variable “Altura del depósito” que mostrará continuamente el valor de la altura del depósito.



Figura 23: Segmento 2, PLC Depósito.

Segmento 3: En este segmento (Figura 24), se consiguen establecer los condicionantes, que permiten la activación de los sensores de altura máximo y mínimo.

Así pues, se consigue la simulación del estado de los sensores de altura, en función de la altura del depósito. El sensor mínimo de altura, permanecerá activo cuando la altura sea mayor o igual a 0.3 metros mientras que, el sensor máximo de altura, permanecerá activo cuando sea mayor o igual a 2.7 metros.

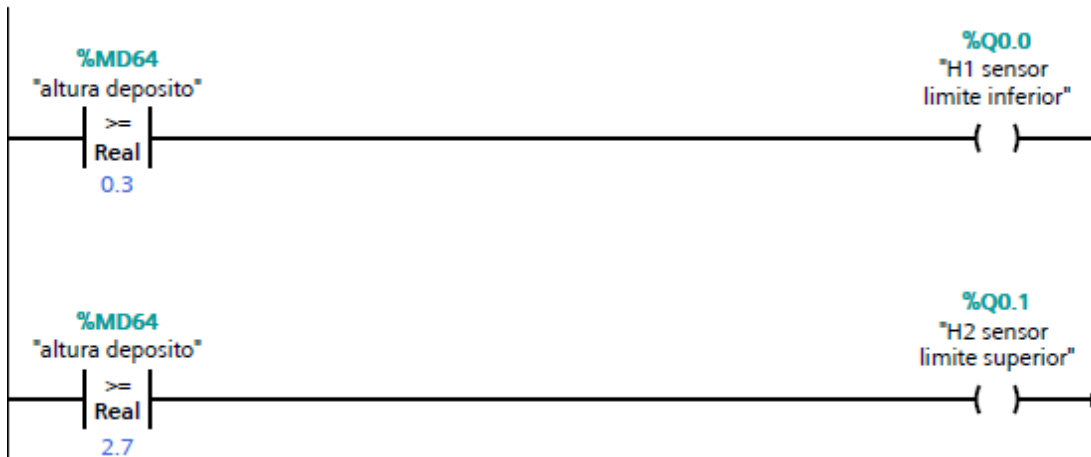


Figura 24: Segmento 3, PLC Depósito.

Segmento 4: De la misma manera que se ha conseguido la simulación de la variable “Altura depósito”, este segmento (Figura 25) está destinado a controlar la temperatura del depósito. Para ello, dispone de un contador CTUD, que permite tanto un incremento como un decremento en el conteo, que se guarda en la variable “Contador temperatura depósito.CV”.

Las condiciones de entrada en el incremento, es decir, el aumento de temperatura del líquido en el depósito, es un proceso continuo, a una frecuencia de 0.5Hz.

Las condiciones de entrada en el decremento, es decir, la disminución de la temperatura del líquido en el depósito, depende de la variable “Enfriar” controlada a partir del PLC “Controlador del Depósito” que establece un enfriamiento cuando la temperatura se encuentre por encima de 6 grados centígrados. Se enfriará a una frecuencia de 2.5Hz.

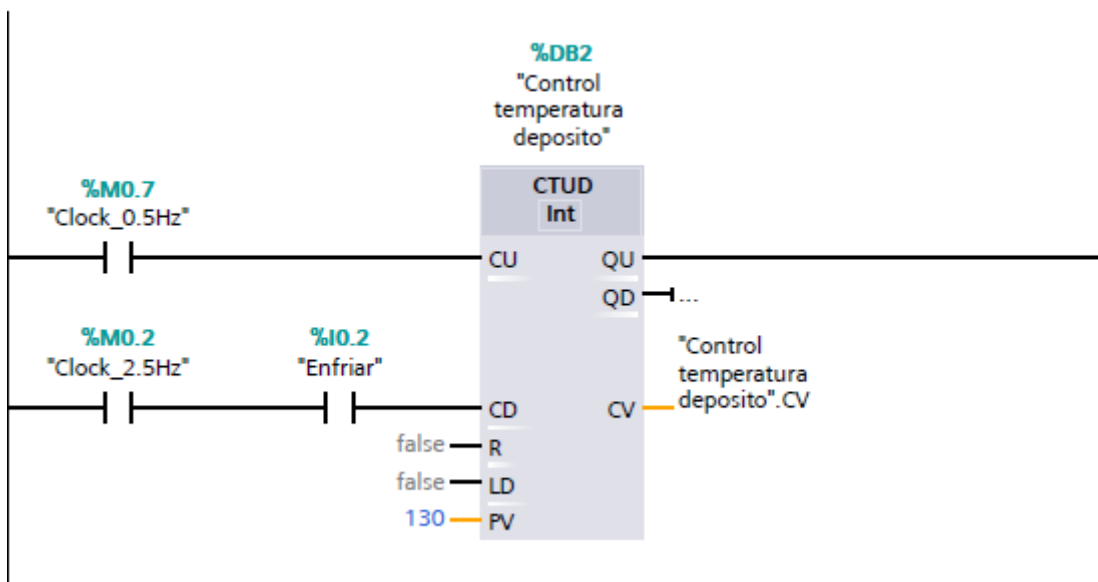


Figura 25: Segmento 4, PLC Depósito.

Segmento 5: Este segmento (Figura 26), permite una simulación del valor de temperatura del líquido en el depósito en función del conteo “Contador temperatura depósito. CV” del contador.

Mediante la función NORM_X, se normaliza, el conteo del “Contador temperatura depósito”, es decir, los posibles valores del contador, entre 0 y 130, se convierten a un rango entre 0 y 1, que se almacena en la variable “Temperatura normalizada”.

Mediante la función SCALE_X, el valor de la variable “Temperatura normalizada” que adquiere valores entre cero y uno, se escala a los valores de temperatura de interés.

En nuestro caso, se pretende que la temperatura tenga un valor máximo de 8 grados centígrados y un valor mínimo de 2.9 grados centígrados. La salida de esta función SCALE_X, se obtiene la variable “Temperatura Depósito” que mostrará continuamente el valor de la temperatura del depósito.

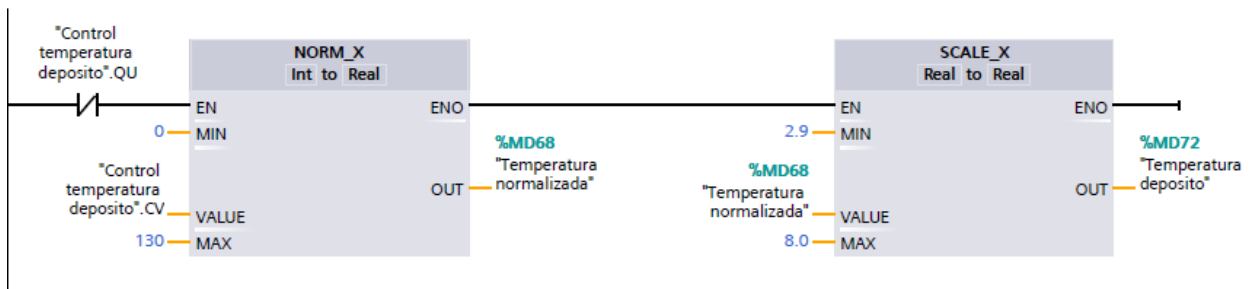


Figura 26: Segmento 5, PLC Depósito.

Segmento 6: En este segmento (Figura 27), se consiguen establecer los condicionantes, que permiten la activación de del sensor de temperatura.

Así pues, cuando el sensor de temperatura, marque un valor por debajo de 3 grados centígrados, se activará la variable “Limite mínimo de temperatura”. Cuando el sensor de temperatura marque un valor por encima de 6 se activará la variable “Límite máximo de temperatura”.

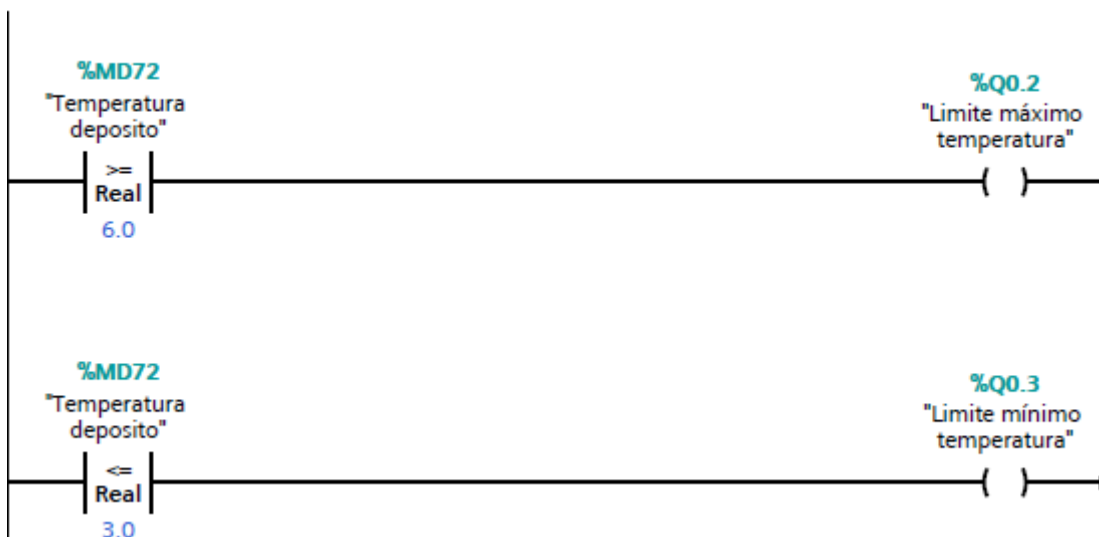


Figura 27: Segmento 6, PLC Depósito.

3.2. Controlador del depósito.

En la figura 28, se muestra el PLC que realiza la función de controlador del depósito. La dirección IP de este dispositivo es 192.168.0.101 y podemos apreciar como lleva conectado el dispositivo CM 1242-5, esclavo de la red PROFIBUS.



Figura 28: PLC Controlador Depósito.

En la siguiente tabla (Tabla 5), se pueden ver las distintas variables del sistema. En ellas, aparecerán entradas digitales, identificadas a partir de la dirección %IX.Y y las salidas digitales, identificadas a partir de la dirección %QX.Y.

Nombre de la variable	Dirección de memoria	Tipo de variable
H1 sensor límite inferior	%I0.0	Bool
H2 sensor límite superior	%I0.1	Bool
Válvula botella llenando (e)	%I1.0	Bool
Límite máximo Temperatura	%I0.2	Bool
Límite mínimo Temperatura	%I0.3	Bool
Abrir Válvula entrada depósito	%Q0.0	Bool
Válvula botella llenando (s)	%Q0.1	Bool
Enfriar	%Q0.2	Bool
Alarma	%Q1.0	Bool
Abrir Válvula Salida Depósito	%Q4.0	Bool

Tabla 5: Variables PLC Controlador Depósito.

De forma visual, podemos ver el funcionamiento en el siguiente diagrama de flujo (Figura 29).

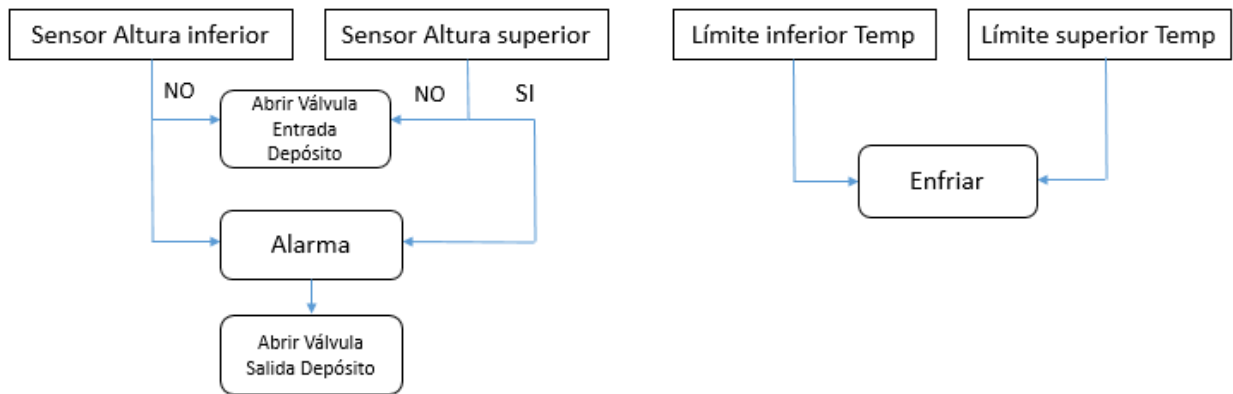


Figura 29: Esquema funcionamiento PLC Controlador Depósito.

Segmento 1: Este segmento (Figura 30) está destinado a activar la variable “Abrir Válvula entrada depósito” cuya señal será enviada a través de las conexiones cableadas al dispositivo “PLC Depósito”. Esta válvula de entrada al depósito se activará cuando el nivel de agua se encuentre por debajo del nivel inferior y se seguirá llenando hasta que el nivel de agua llegue al nivel superior. En este segmento, es necesario que el dispositivo “PLC Controlador Depósito”, reciba las señales de los sensores de altura, que recordemos que son activados en función de la altura del depósito en el dispositivo “PLC Depósito”.

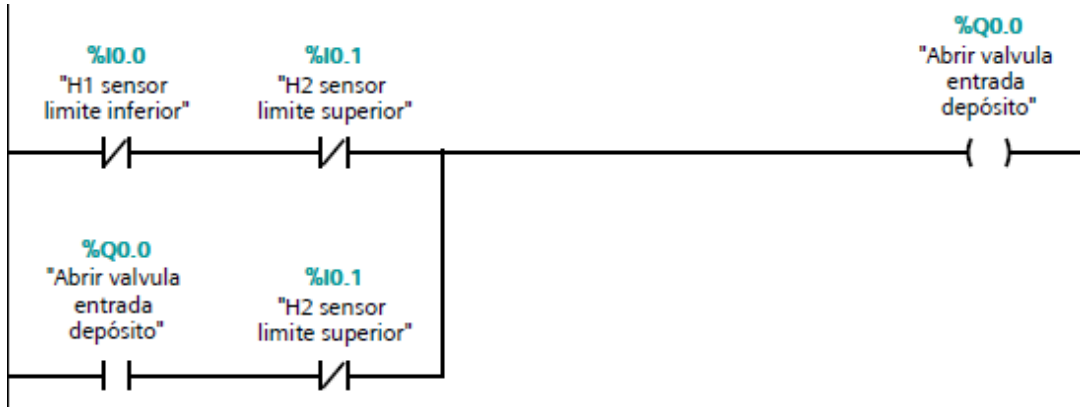


Figura 30: Segmento 1, PLC Controlador Depósito.

Segmento 2: En este segmento (Figura 31), se activa la variable “Abrir válvula salida depósito” siempre y cuando, no exista ninguna alarma, que por seguridad no se debe abrir. En conclusión, el comportamiento general de esta válvula es abierta, permitiendo el paso de fluido a través de ella hacia las botellas.

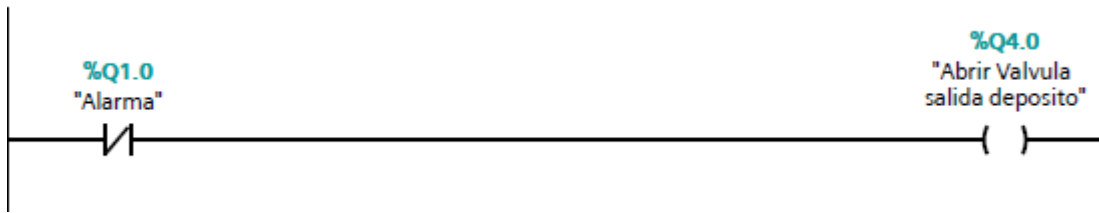


Figura 31: Segmento 2, PLC Controlador Depósito.

Segmento 3: En este segmento (Figura 32), la variable “Alarma” es activada por medida de seguridad, cuando los sensores de altura del nivel de agua del depósito estén dando una señal errónea. La única posibilidad es que el depósito esté lleno, y el sensor inferior no detecte líquido.

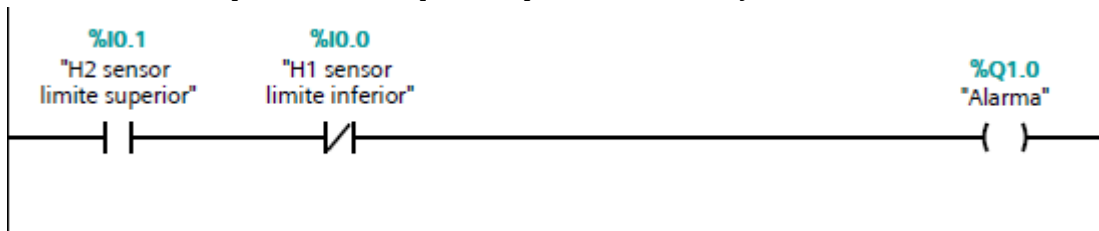


Figura 32: Segmento 3, PLC Controlador Depósito.

Segmento 4: Este segmento (Figura 33), es una transición de la variable “Válvula botella llenando”, que proviene desde del maestro, para ser dirigida al “PLC Depósito” a través de un medio cableado.

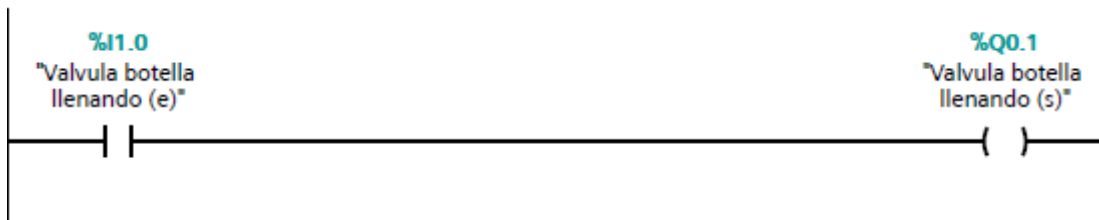


Figura 33: Segmento 4, PLC Controlador Depósito.

Segmento 5: Este segmento (Figura 34), tiene la función de controlar la variable temperatura del “PLC Depósito”, de manera que activa la variable “Enfriar” cuando la temperatura supera el límite superior. Enfriará hasta el límite inferior de temperatura.

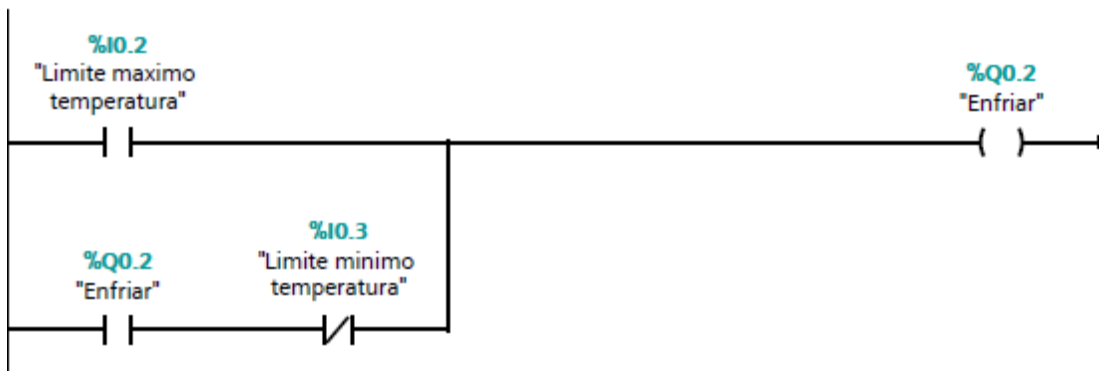


Figura 34: Segmento 4, PLC Controlador Depósito.

3.3. Master

En la figura 35, se muestra el PLC que realiza la función de Maestro en la comunicación PROFIBUS. . La dirección IP de este dispositivo es 192.168.0.105 y podemos apreciar como lleva conectado el dispositivo CM 1243-5, maestro de la red PROFIBUS que requiere alimentación independiente.

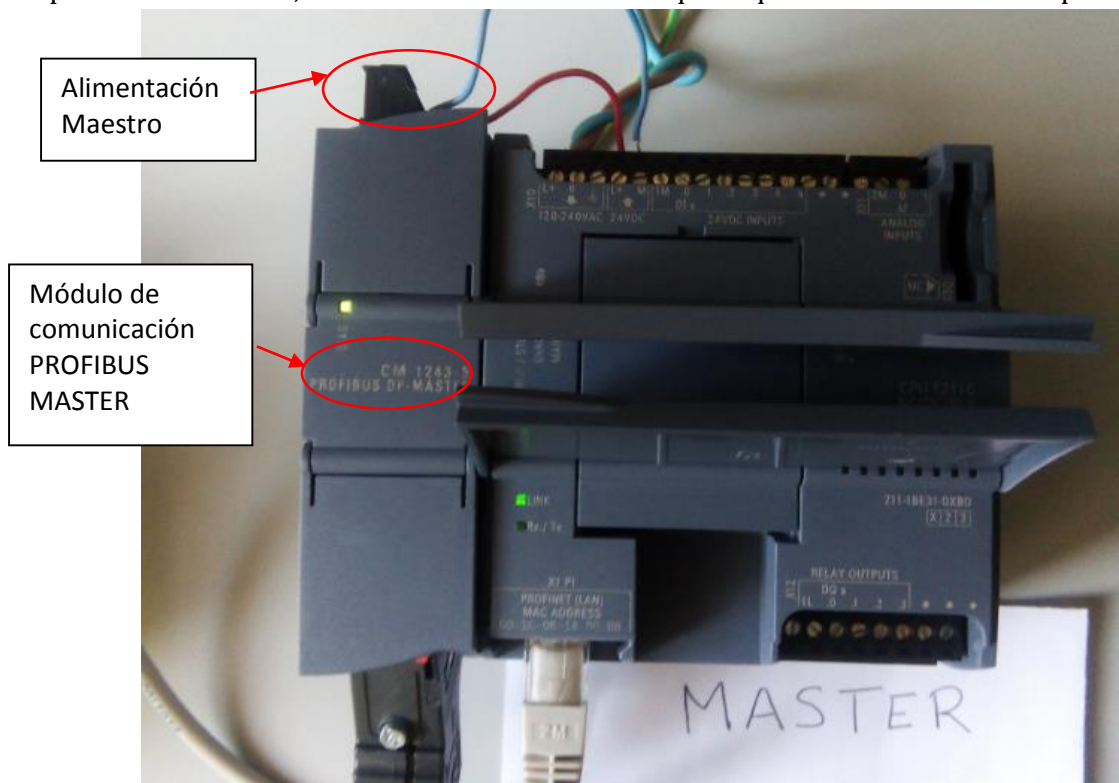


Figura 35: PLC Master.

En la siguiente tabla (Tabla 6), se pueden ver las distintas variables del sistema. En ellas, aparecerán entradas digitales, identificadas a partir de la dirección %IX.Y y las salidas digitales, identificadas a partir de la dirección %QX.Y.

Nombre de la variable	Dirección de memoria	Tipo de variable
Válvula botella llenando (e)	%I1.0	Bool
Válvula botella llenando (s)	%Q1.0	Bool
Salida depósito (e)	%I4.0	Bool
Salida depósito (s)	%Q4.0	Bool

Tabla 6: Variables PLC Maestro

De forma visual, podemos ver el funcionamiento en el siguiente diagrama de flujo (Figura 36).

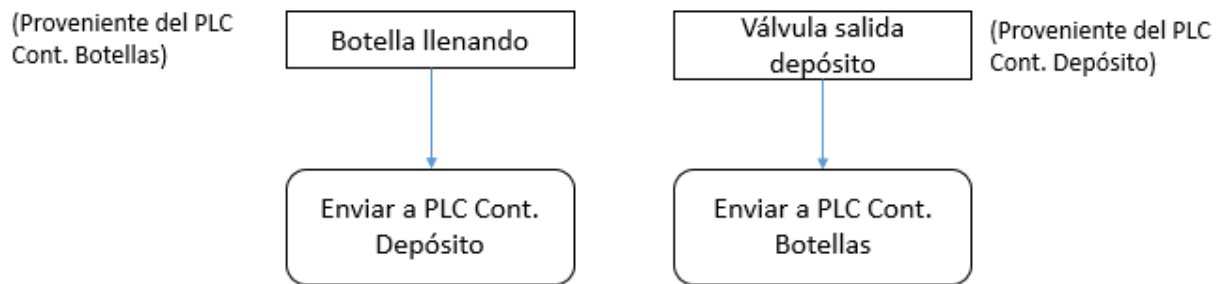


Figura 36: Esquema funcionamiento PLC Maestro.

Segmento 1: Este segmento (Figura 37) es una transición de variables para una adecuada comunicación entre el PLC Controlador Depósito y el PLC controlador botellas.

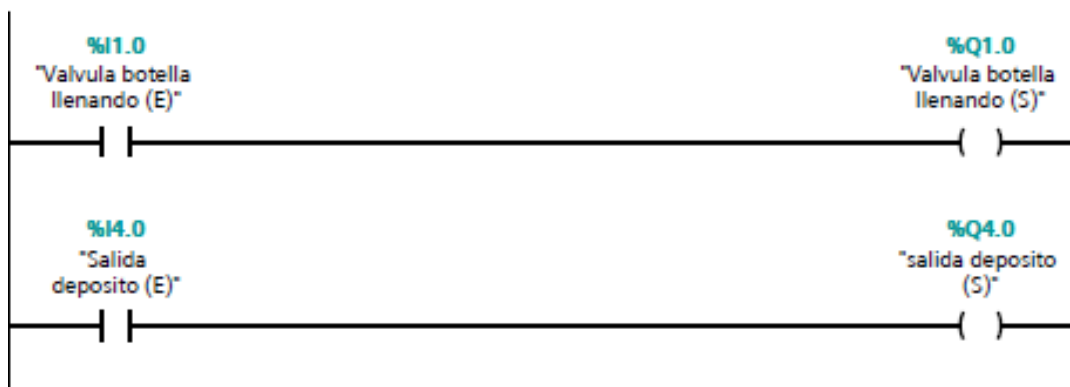


Figura 37: Segmento 1, PLC Máster.

3.4. Controlador Botellas.

En la figura 38, se muestra el PLC que realiza la función de controlador de botellas. La dirección IP de este dispositivo es 192.168.0.104 y podemos apreciar como lleva conectado el dispositivo CM 1242-5, esclavo de la red PROFIBUS. Además a partir de conexiones cableadas, se conectan unos pulsadores destinados a la primera simulación de las botellas. El esquema de estas conexiones se puede ver en el capítulo 4 “Conexiones eléctricas y transmisión de datos.

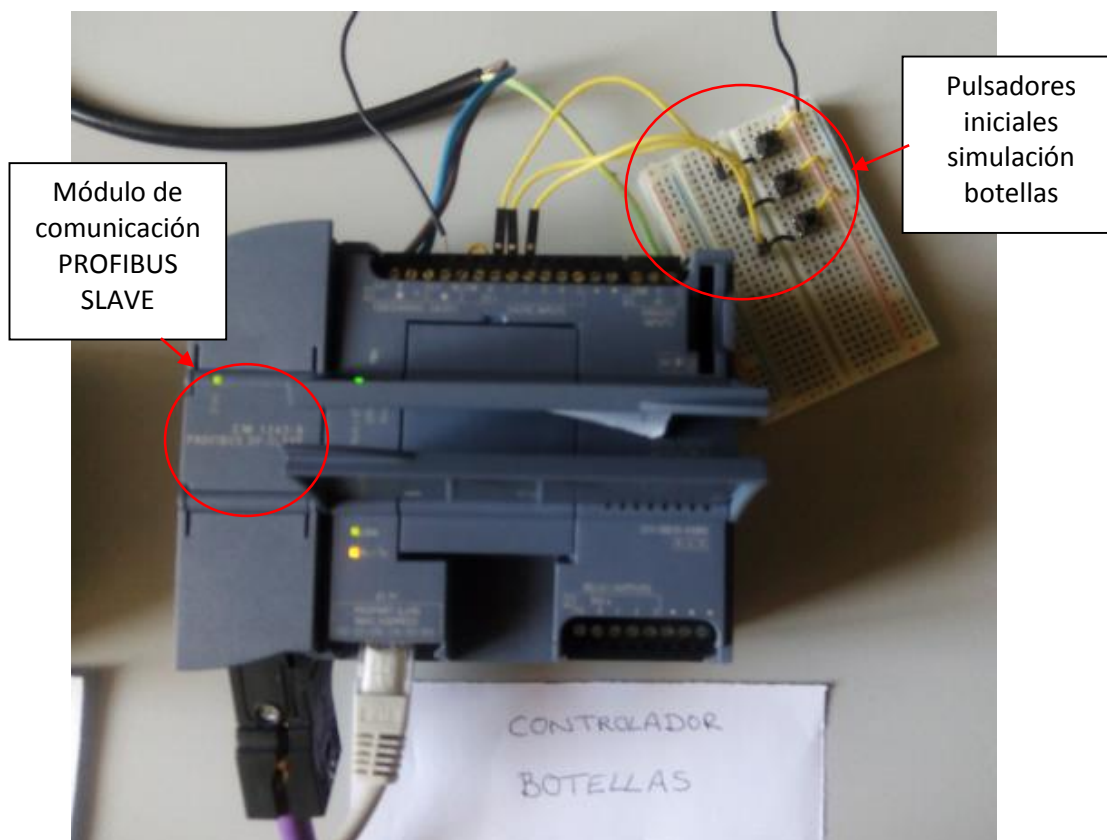


Figura 38: PLC Controlador Botellas.

En la siguiente tabla (Tabla 7), se pueden ver las distintas variables del sistema. En ellas, aparecerán entradas digitales, identificadas a partir de la dirección %IX.Y, salidas digitales, identificadas a partir de la dirección %QX.Y y direcciones de memoria %MX.Y para señales digitales. Los bloques de datos ocupan direcciones de memoria %DBX.

Nombre de la variable	Dirección de memoria	Tipo de variable
Clock_2Hz	%M0.3	Bool
Clock_1Hz	%M0.5	Bool
Clock_0.625Hz	%M0.6	Bool
Pulsador Botella 1	%I0.0	Bool
Pulsador botella 2	%I0.1	Bool
Pulsador botella 3	%I0.2	Bool
Válvula salida depósito	%Q4.0	Bool

Posición botella 1	%I5.0	Bool
Posición botella 2	%I5.1	Bool
Posicion botella 3	%I5.2	Bool
Led Válvula Botella 1	%Q0.0	Bool
Led Válvula Botella 2	%Q0.1	Bool
Led valvula botella 3	%Q0.2	Bool
Válvula llenando	%Q1.0	Bool
Válvula botella 1	%Q7.0	Bool
Válvula botella 2	%Q7.1	Bool
Válvula botella 3	%Q7.2	Bool
Botella 1 llena	%Q8.0	Bool
Botella 2 llena	%Q8.1	Bool
Botella 3 llena"	%Q8.2	Bool
Botella nueva 1	%Q9.0	Bool
Botella nueva 2	%Q9.1	Bool
Botella nueva 3	%Q9.2	Bool
Contador botella 1	%DB1	IEC_Counter
Contador botella 2	%DB2	IEC_Counter
Contador botella 3	%DB3	IEC_Counter
Temporizador botella nueva 1	%DB5	IEC_Timer
Temporizador botella nueva 2	%DB6	IEC_Timer
Temporizador botella nueva 3	%DB7	IEC_Timer

Tabla 7: Variables PLC controlador Botellas

De forma visual, podemos ver el funcionamiento en el diagrama de flujo (Figura 40).

Segmento 1: Este primer segmento (Figura 39), está destinado a abrir la Válvula que permite el paso del flujo de líquido hacia la botella que se encuentre en la posición 1, cuya variable es “Válvula Botella 1”. Una vez se active esta variable, a partir de una señal luminosa nos indicará que esa botella se está llenando, cuyo estado lo recoge la variable “Led Válvula botella 1”.

En definitiva, solo se abrirá la válvula para llenar las botellas, si la válvula de salida del depósito está abierta, existe una botella detectada por el sensor de posición y si la botella no se encuentra llena.

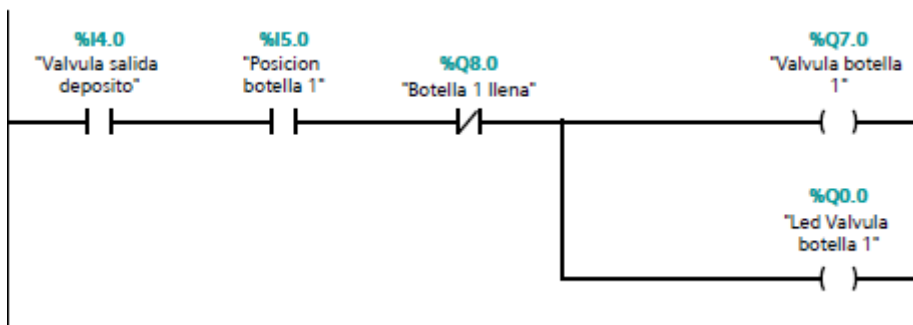


Figura 39: Segmento 1, PLC Controlador Botellas.

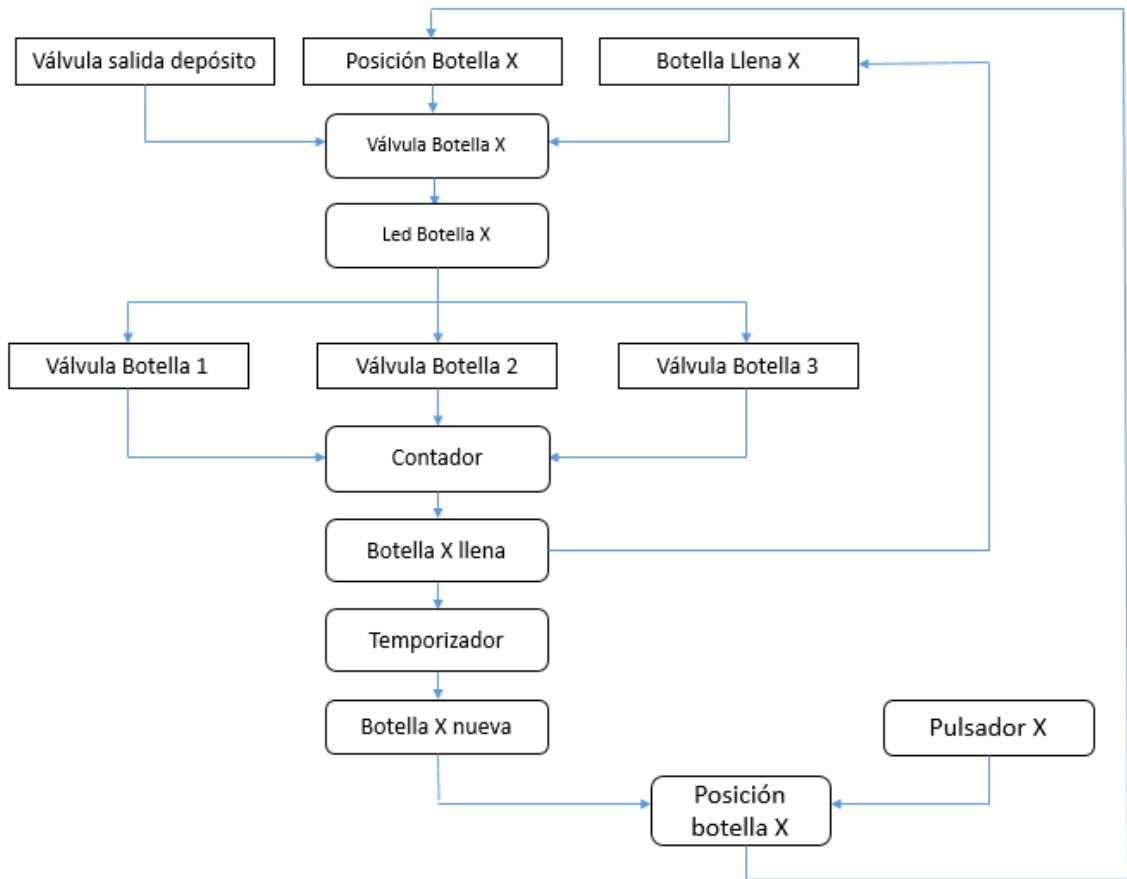


Figura 40: Esquema funcionamiento PLC Controlador Botellas.

Segmento 2: En este segmento (Figura 41), se establecen las condiciones de llenado de la botella que se encuentra en la primera posición. En función del número de botellas que se estén llenando simultáneamente, la velocidad de llenado será diferente. De esta manera, las frecuencias de llenado serán las siguientes:

- Frecuencia de 2 Hz: Las botellas en la primera posición, se llenarán a esta frecuencia cuando el resto de botellas no se estén llenando, y por tanto, la totalidad del caudal de salida del depósito va destinado al llenado de dicha botella.
- Frecuencia de 1 Hz: Las botellas en la primera posición, se llenarán a esta frecuencia cuando se esté llenando otra botella, es decir, o la botella 2 o la botella 3 simultáneamente.
- Frecuencia de 0.625 Hz: Las botellas en la primera posición, se llenarán a esta frecuencia cuando las botellas de las otras dos posiciones estén activas y por tanto se reparten el caudal total entre las tres.

Finalmente, en función de los estados de todas las botellas a lo largo del tiempo, se activa un contador, que controla el llenado de cada botella. Cuando el contador llegue al valor asignado, se activará la variable “Botella 1 llena” y reiniciando el contador, a la espera de que llegue otra botella a la posición 1.

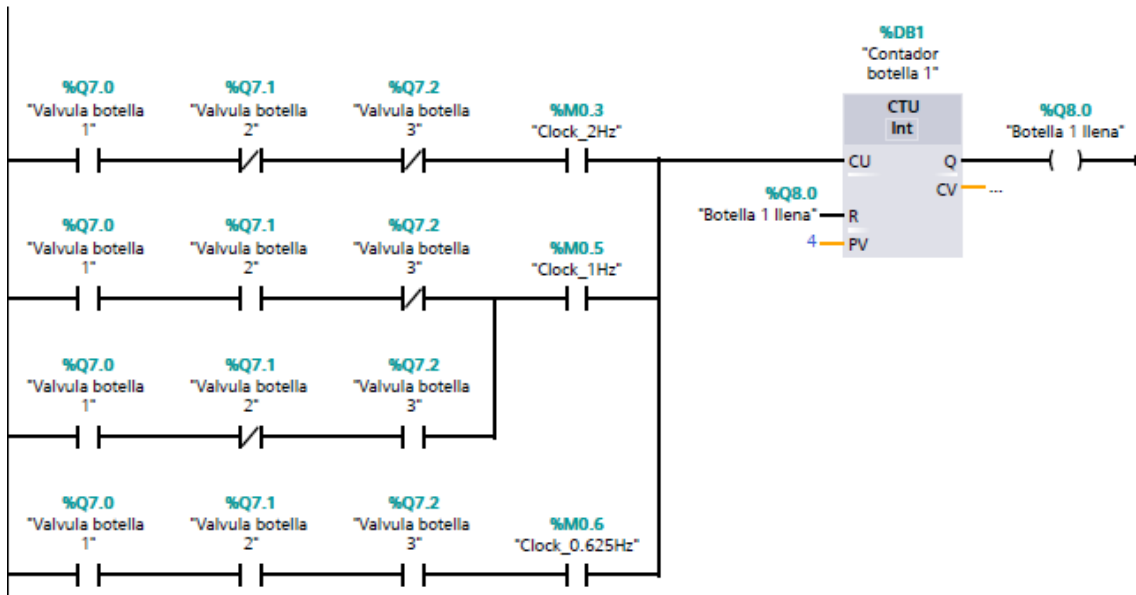


Figura 41: Segmento 2, PLC Controlador Botellas

Segmento 3: Este segmento (Figura 42), está destinado a abrir la válvula que permite el paso del flujo de líquido hacia la botella que se encuentre en la posición 2, cuya variable es “Válvula Botella 2”. Una vez se active esta variable, a partir de una señal luminosa nos indicará que esa botella se está llenando, cuyo estado lo recoge la variable “Led Válvula botella 2”. En definitiva, solo se abrirá la válvula para llenar las botellas, si la válvula de salida del depósito está abierta, existe una botella detectada por el sensor de posición y si la botella no se encuentra llena.

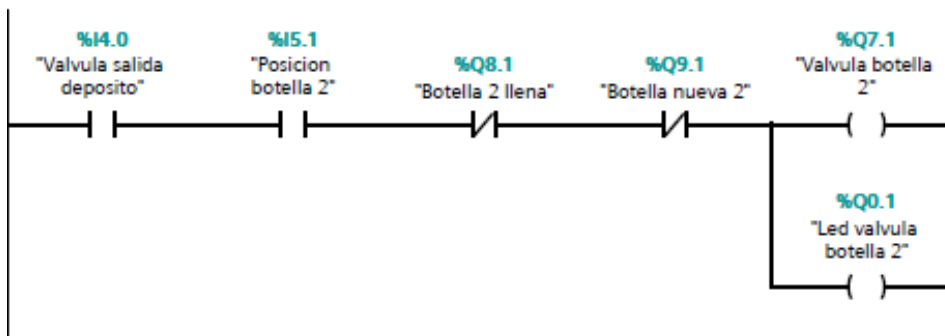


Figura 42: Segmento 3, PLC Controlador Botellas.

Segmento 4: En este segmento (Figura 43), se establecen las condiciones de llenado de la botella que se encuentra en la segunda posición. En función del número de botellas que se estén llenando simultáneamente, la velocidad de llenado será diferente. De esta manera, las frecuencias de llenado serán las siguientes:

- Frecuencia de 2 Hz: Las botellas en la segunda posición, se llenarán a esta frecuencia cuando el resto de botellas no se estén llenando, y por tanto, la totalidad del caudal de salida del depósito va destinado al llenado de dicha botella.

- Frecuencia de 1 Hz: Las botellas en la segunda posición, se llenarán a esta frecuencia cuando se esté llenando otra botella, es decir, o la botella 1 o la botella 3 simultáneamente
- Frecuencia de 0.625 Hz: Las botellas en la segunda posición, se llenarán a esta frecuencia cuando las botellas de las otras dos posiciones estén activas y por tanto se reparten el caudal total entre las tres.

Finalmente, en función de los estados de todas las botellas a lo largo del tiempo, se activa un contador, que controla el llenado de cada botella. Cuando el contador llegue al valor asignado, se activará la variable “Botella 2 llena” y reiniciando el contador, a la espera de que llegue otra botella a la posición 2.

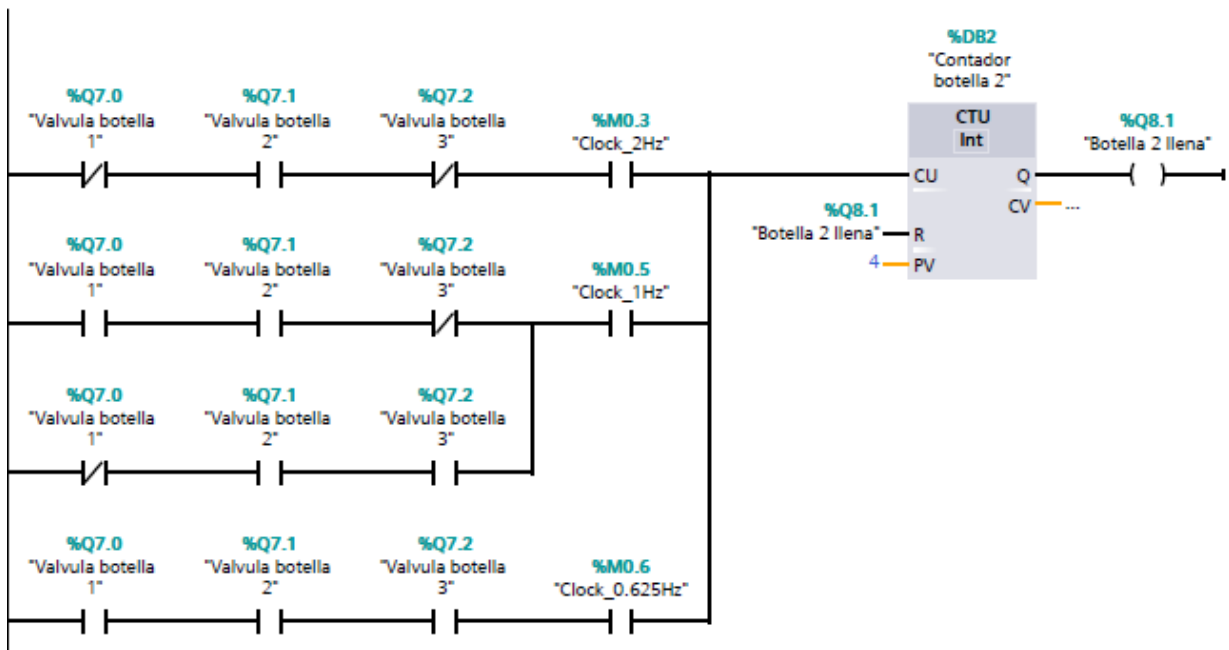


Figura 43: Segmento 4, PLC Controlador Botellas.

Segmento 5: Este segmento (Figura 44), está destinado a abrir la válvula que permite el paso del flujo de líquido hacia la botella que se encuentre en la posición 3, cuya variable es “Válvula Botella 3”. Una vez se active esta variable, a partir de una señal luminosa nos indicará que esa botella se está llenando, cuyo estado lo recoge la variable “Led Válvula botella 3”. En definitiva, solo se abrirá la válvula para llenar las botellas, si la válvula de salida del depósito está abierta, existe una botella detectada por el sensor de posición y si la botella no se encuentra llena.

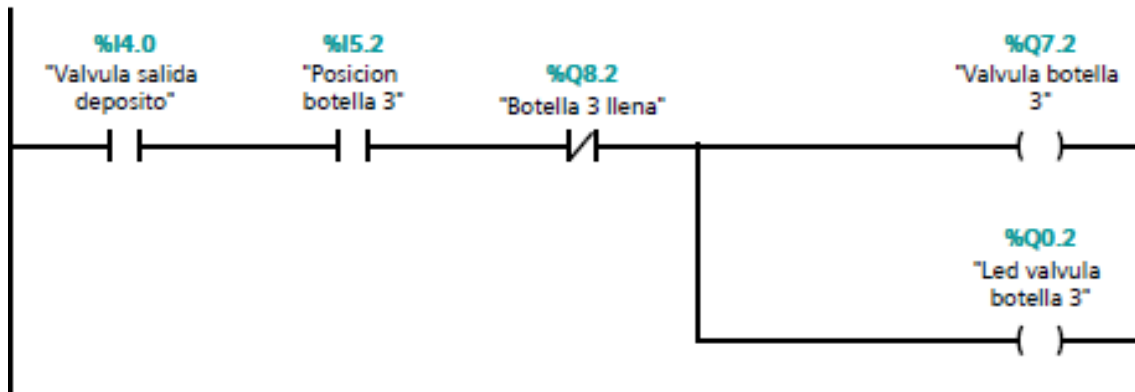


Figura 44: Segmento 5, PLC Controlador Botellas.

Segmento 6: En este segmento (Figura 45), se establecen las condiciones de llenado de la botella que se encuentra en la tercera posición. En función del número de botellas que se estén llenando simultáneamente, la velocidad de llenado será diferente. De esta manera, las frecuencias de llenado serán las siguientes:

- Frecuencia de 2 Hz: Las botellas en la tercera posición, se llenarán a esta frecuencia cuando el resto de botellas no se estén llenando, y por tanto, la totalidad del caudal de salida del depósito va destinado al llenado de dicha botella.
- Frecuencia de 1 Hz: Las botellas en la tercera posición, se llenarán a esta frecuencia cuando se esté llenando otra botella, es decir, o la botella 1 o la botella 2, simultáneamente
- Frecuencia de 0.625 Hz: Las botellas en la tercera posición, se llenarán a esta frecuencia cuando las botellas de las otras dos posiciones estén activas y por tanto se reparten el caudal total entre las tres.

Finalmente, en función de los estados de todas las botellas a lo largo del tiempo, se activa un contador, que controla el llenado de cada botella. Cuando el contador llegue al valor asignado, se activará la variable “Botella 3 llena” y reiniciando el contador, a la espera de que llegue otra botella a la posición 3.

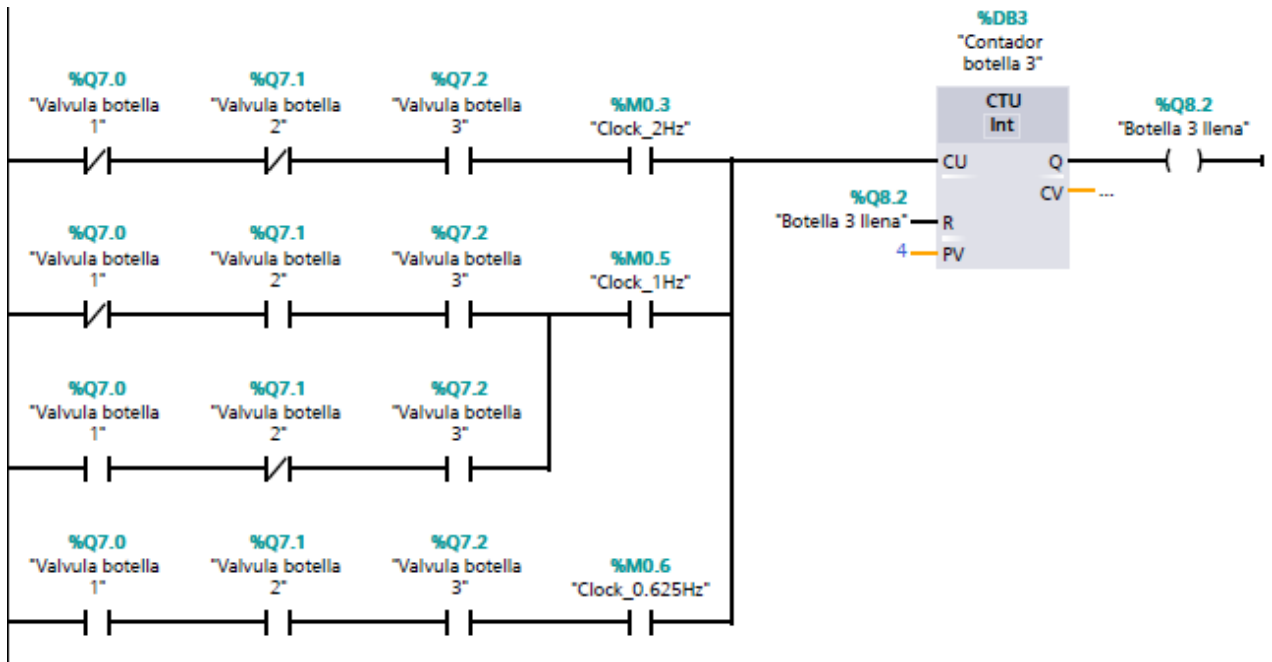


Figura 45: Segmento 6, PLC Controlador Botellas.

Segmento 7: Este segmento (Figura 46), está destinado para simular el tránsito de botellas en la posición 1. Cuando la variable “Botella llena 1” se active debido al “Contador Botella 1” del segmento 2, se activará un contador de 3 segundos. Pasados esos tres segundos se activará una variable llamada “Botella nueva 1”, que simular la aparición de una botella.

En el momento en que esa botella nueva se detecte, el sensor de posición correspondiente a la posición 1, debe activarse para reactivar el proceso de apertura de válvula del segmento 1.

El sensor de posición se mantendrá activo, hasta que la botella se llene.

La primera activación del sensor de posición se realizará manualmente a partir de un pulsador instalado en una protoboard conectada eléctricamente al PLC. (“Ver Capítulo 5 de Conexiones Eléctricas”).

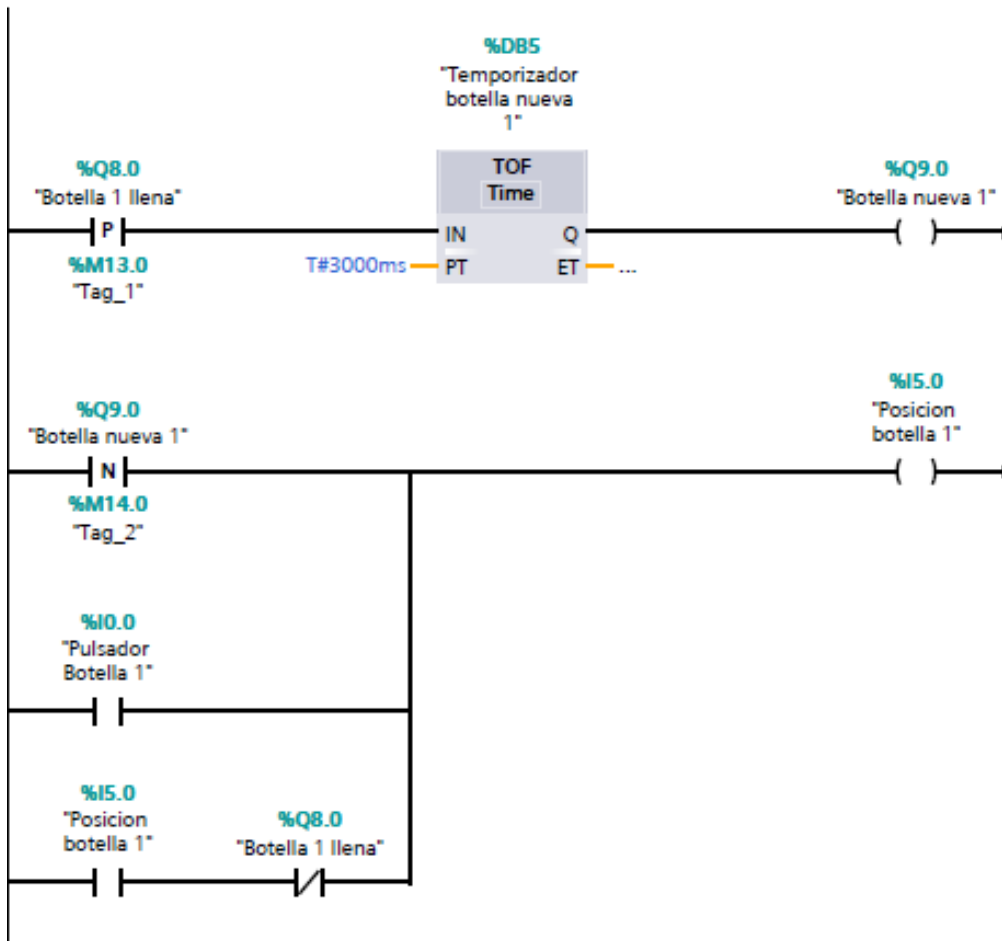


Figura 46: Segmento 7, PLC Controlador Botellas.

Segmento 8: Este segmento (Figura 47), está destinado para simular el tránsito de botellas en la posición 2. Cuando la variable “Botella llena 2” se active debido al “Contador Botella 2” del segmento 4, se activara un contador de 2 segundos. Pasados esos dos segundos se activará una variable llamada “Botella nueva 2”, que simular la aparición de una botella.

En el momento en que esa botella nueva se detecte, el sensor de posición correspondiente a la posición 2, debe activarse para reactivar el proceso de apertura de válvula del segmento 1.

El sensor de posición se mantendrá activo, hasta que la botella se llene.

La primera activación del sensor de posición se realizará manualmente a partir de un pulsador instalado en una protoboard conectada eléctricamente al PLC. (“Ver Capítulo 5 de Conexiones Eléctricas”).

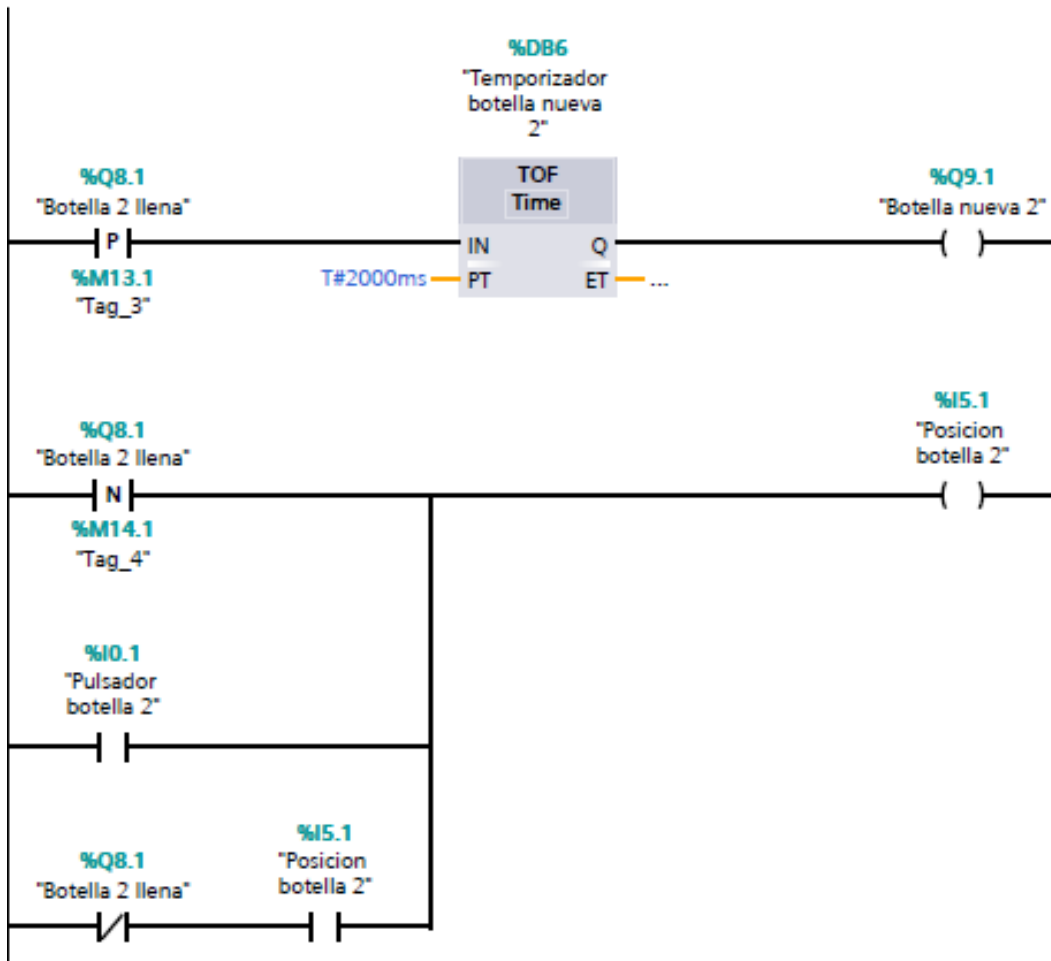


Figura 47: Segmento 8, PLC Controlador Botellas.

Segmento 9: Este segmento (Figura 48), está destinado para simular el tránsito de botellas en la posición 3. Cuando la variable “Botella llena 3” se active debido al “Contador Botella 3” del segmento 6, se activará un contador de 4 segundos. Pasados esos cuatro segundos se activará una variable llamada “Botella nueva 3”, que simular la aparición de una botella.

En el momento en que esa botella nueva se detecte, el sensor de posición correspondiente a la posición 3, debe activarse para reactivar el proceso de apertura de válvula del segmento 5.

El sensor de posición se mantendrá activo, hasta que la botella se llene.

La primera activación del sensor de posición se realizará manualmente a partir de un pulsador instalado en una protoboard conectada eléctricamente al PLC. (“Ver Capítulo 5 de Conexiones Eléctricas”).

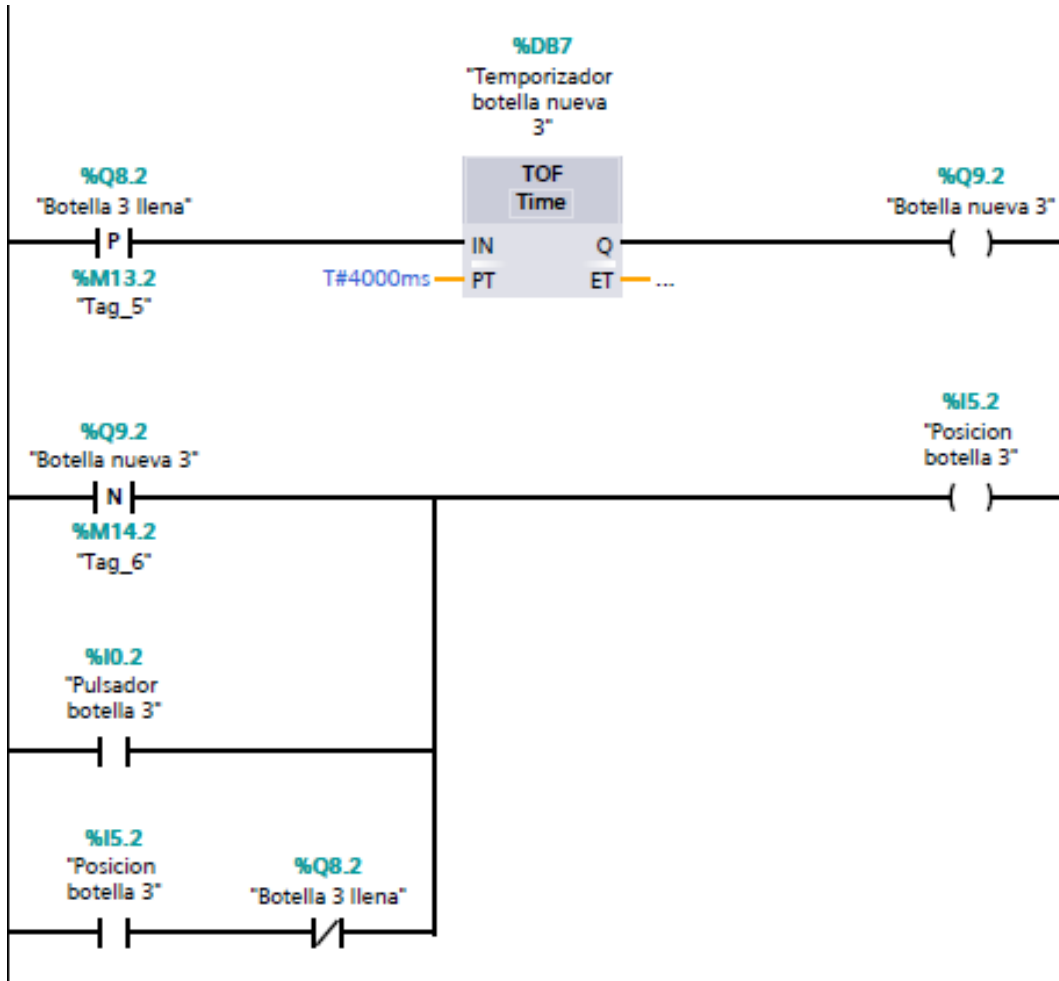


Figura 48: Segmento 9, PLC Controlador Botellas.

Segmento 10: Finalmente, este segmento (Figura 49), permite la transmisión de una señal al “PLC Máster” para ser enviado al “PLC Controlador Depósito”. Esta señal indica que una de las botellas se está llenando y por tanto que el depósito está perdiendo caudal.

Nota: Se ha asumido un caudal de salida constante.



Figura 49: Segmento 10, PLC Controlador Botellas.

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.





industriales
etsii

Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

CAPÍTULO 4

PRESUPUESTO MATERIAL



Universidad
Politécnica
de Cartagena

4. Presupuesto.

En este apartado, mostraremos el coste total de este sistema de control, incluyendo los costes del PLC y de los módulos de comunicaciones.

Descripción	Coste unitario	Unidades	Coste total
SIMATIC S7-1200, CPU 1211C, CPU compacta, AC/DC/Relé, Periferia integrada E / S: 8 ED 24V DC; 6 SD Relé 0,5A; 2 EA 0 - 10V DC, Alimentación: AC 85 - 264 V AC @ 47 -63 HZ, Memoria de programa/Datos 50 KB	114,49euros + IVA	4 uds	458,36 euros
SIMATIC NET, módulo de comunicaciones CM 1242-5 para conectar un SIMATIC S7-1200 a PROFIBUS como esclavo DP	169,65 euros + IVA	2 uds	339.3 euros
SIMATIC NET, CM 1243-5 módulo de comunicaciones para conectar un SIMATIC S7-1200 a PROFIBUS como maestro DP AL: N ECCN: N.	254,47 + IVA	1 uds	254,47 + IVA
SIMATIC ET 200, 1 conector para PROFIBUS hasta 12 MBit/s, salida cable a 90 grados, 15,8 x 59 x 35,6 mm (ancho x alto x profundo), desplazamiento de aislamiento FAST CONNECT, sin conector para PG	30,16 euros + IVA	3 uds	90.48 euros

<p>SIMATIC NET, cable PROFIBUS estándar FAST CONNECT, 2 hilos, apantallado, ejecución especial para montaje rápido, unidad de suministro: máx. 1000 m, pedido mínimo 20 m</p>	<p>1,09 euros + IVA por metro de cable</p>	<p>6 metros</p>	<p>6,54 euros</p>
<p>SIMATIC STEP 7 PROFESSIONAL 2010 SR3/V12 SP1 COMBO ENGINEERING SW PARA 20 ESTUDIANTES; 20 LIC. DE DEMOSTR. P. 365 DIAS EN LAPIZ USB; SOFTWARE Y DOCUMENTACION EN DVD; 6 IDIOMAS (AL, IN, IT, FR, ES, CN); EJECUTABLE BAJO WINDOWS XP (32 BIT)/ WINDOWS 7 (32/64 BIT); PARA LA CONFIGURACION DE SIMATIC S7-300, 400,1200, 1500 Y SIMATIC BASIC PANELS; SOLO PARA FORMACION.</p>	<p>150 euros + IVA</p>	<p>1 ud</p>	<p>150 euros + IVA</p>

Tabla 8: Presupuesto material del proyecto.

Precio total del material: 1299.15 euros + IVA



industriales
etsii

Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

CAPÍTULO 5

CONEXIONES ELÉCTRICAS Y TRANSMISIÓN DE
DATOS.



Universidad
Politécnica
de Cartagena

5. Conexiones eléctricas.

En este apartado, se mostrarán cada una de las conexiones que se ha realizado para conectar los PLC's eléctricamente.

5.1. Conexiones cableadas entre "PLC Depósito" y "PLC Controlador Depósito".

Se muestran las conexiones que permiten la transmisión de estado de variables digitales entre dos PLC a partir de conexiones cableadas(Figura 50). En la tabla 9, se muestran todas las variables que son transmitidas entre el PLC Depósito y PLC Controlador Depósito. La salida L+ aporta 24 V al sistema. Ésta se une alimentando las salidas del PLC contrario. En cambio, las salidas M, aportan 0V, y alimentan a las entradas 1M. De esta manera, se consiguen cerrar todos los circuitos, siendo la conexión completada.

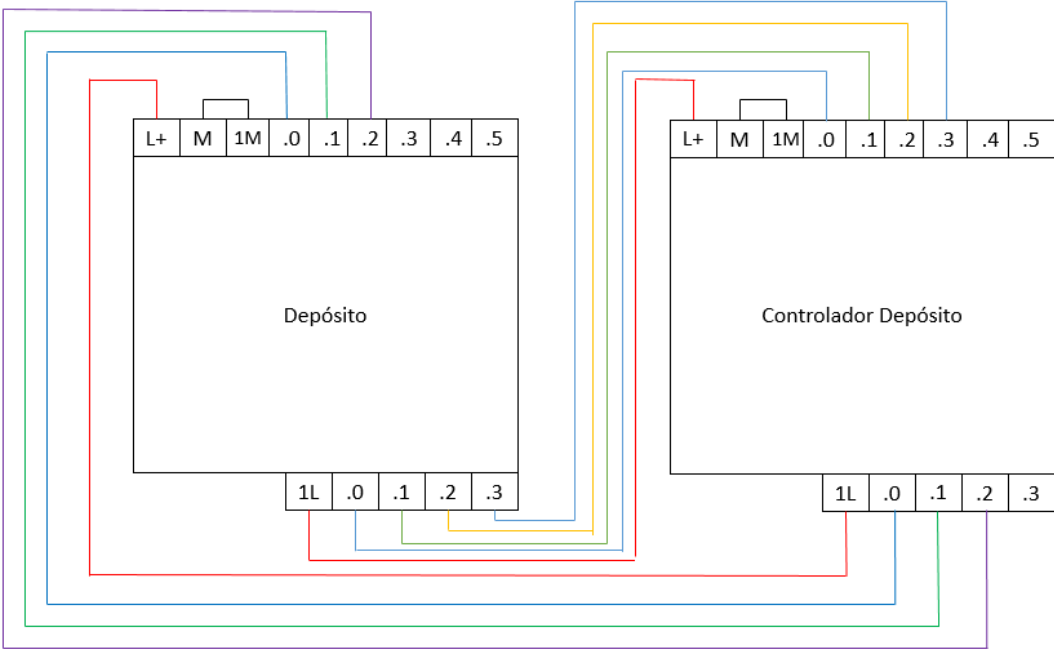


Figura 50 : Conexiones cableadas entre "PLC Depósito" y "PLC Controlador Depósito"

PLC 1	Nombre Variable	PLC 2	Nombre Variable
I0.0	Válvula entrada depósito	Q0.0	<i>Abrir Válvula entrada depósito</i>
I0.1	Válvula botella llenando	Q0.1	<i>Válvula botella llenando (s)</i>
I0.2	Enfriar	Q0.2	<i>Enfriar</i>
Q0.0	H1 sensor límite inferior	I0.0	<i>H1 sensor límite inferior</i>
Q0.1	H2 sensor límite superior	I0.1	<i>H2 sensor límite superior</i>
Q0.2	Límite máximo temperatura	I0.2	<i>Límite máximo Temperatura</i>
Q0.3	Límite mínimo temperatura	I0.3	<i>Límite mínimo Temperatura</i>

Tabla 9 Variables transmitidas entre “PLC Depósito” y “PLC Controlador Depósito”.

5.2. Transmisión de datos a partir de PROFIBUS DP entre “PLC Controlador Depósito”, “PLC Master” y “PLC Controlador Botellas”.

Este apartado, muestra las variables que son transmitidas a través del bus de campo PROFIBUS. La variable “Salida depósito”, hace referencia a que la válvula de salida del depósito está abierta y por tanto, se transmite esa información a través del maestro, por el bus de campo, hasta el PLC Controlador de botellas.

Por el contrario, la variable “Válvula botella llenando” hace referencia a que una de las tres botellas se están llenando y por tanto, se transmite a través del maestro, hacia el PLC controlador del depósito para que de forma cableada sea enviada al PLC Depósito y decremente la altura de éste. (Figura 51).

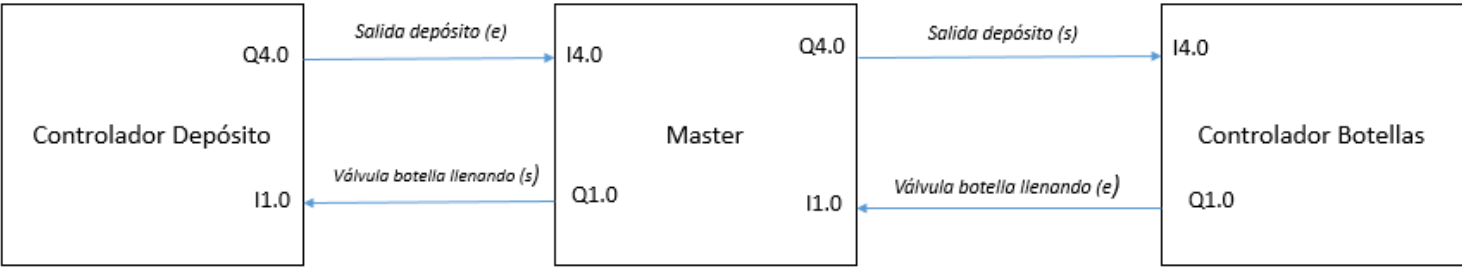


Figura 51 : Transmisión de datos a partir de PROFIBUS DP.

5.3. Conexiones cableadas, pulsadores del “PLC Controlador Botellas”.

En la figura 52, se muestra el esquema de conexión de los tres pulsadores iniciales de las botellas. Podemos ver como la salida de 24 V, L+, se conecta a los pulsadores mientras que el otro extremo del pulsador se conecta a la entrada digital del PLC, que a su vez está conectada a 0V. Así pues, cuando el pulsador esté activo, caerán 24V en la resistencia de la entrada digital correspondiente activándola, mientras que si el pulsador está abierto, los 24 V caen en el pulsador y no cae nada en la resistencia, mostrando así un 0.

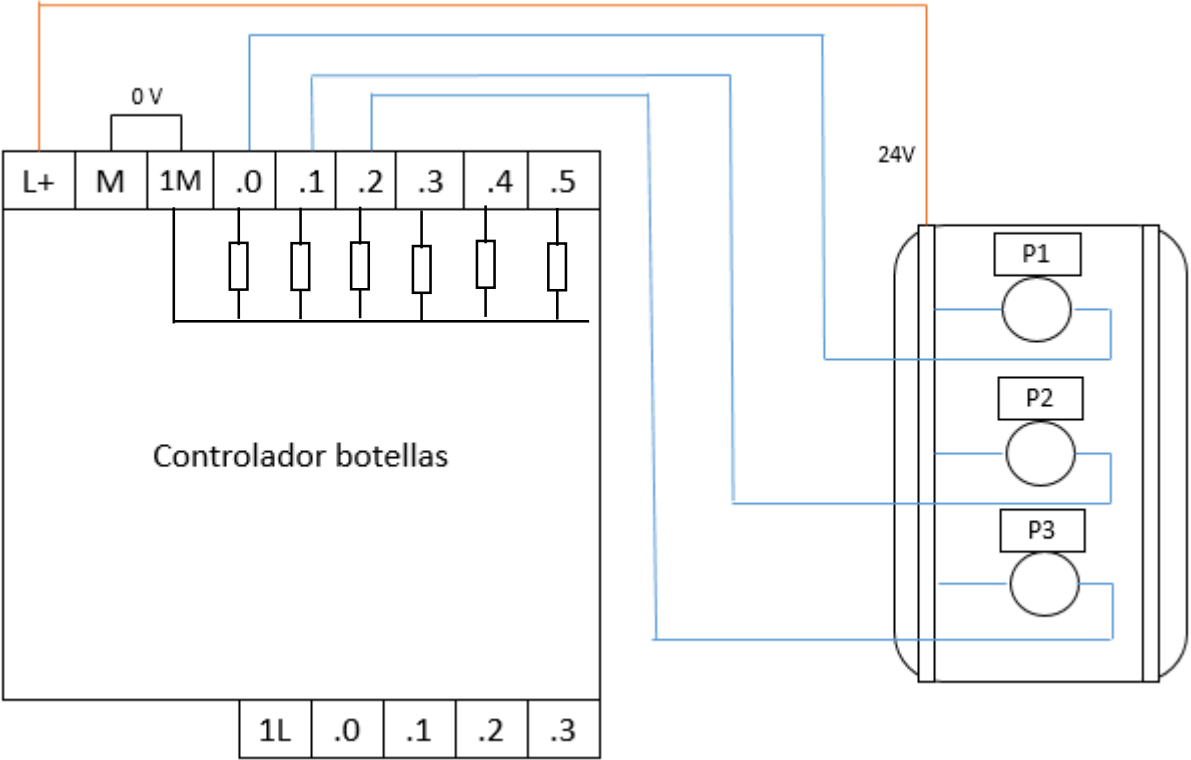


Figura 52 : Conexión pulsadores del “PLC Controlador de botellas”.