



Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS
AGRARIAS**

**GRADO EN INGENIERÍA DE LAS INDUSTRIAS AGRARIAS
Y ALIMENTARIAS**

Proyecto de automatización de una bodega de elaboración de vino.

Alumno: Jesús David Castaño Izquierdo

Tutor: Luis Miguel Cárcel Cárcel

Fecha: Junio 2025

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO 1. Memoria

0. Motivación
1. Objeto del proyecto
2. Proceso a automatizar.
3. Automatas programables.
4. Selección del sistema.
5. Software de programación
6. Señales de entrada
7. Señales de salida
8. Programación del PLC
9. Supervisión y control del sistema
10. Resumen del presupuesto.

DOCUMENTO 2. Documentación gráfica.

1. Diagramas de control.
2. Esquemas unifilares.

DOCUMENTO 3. Pliego de condiciones

1. Definición y alcance del pliego.
2. Condiciones y normas de carácter general.
3. Condiciones particulares.

DOCUMENTO 4. Mediciones.

DOCUMENTO 5. Presupuesto

1. Cuadro de precios.
2. Presupuestos parciales.
3. Presupuesto total.

DOCUMENTO 6. Anexos

1. Programación
2. Diseño HMI

DOCUMENTO 1. MEMORIA

ÍNDICE DE MEMORIA

0.	MOTIVACIÓN.....	4
1.	OBJETO DEL PROYECTO.....	4
2.	PROCESO A AUTOMATIZAR.....	4
2.1.	RECEPCIÓN DE LA UVA.....	5
2.2.	DESPALILLADO – ESTRUJADO.....	6
2.3.	ENCUBADO.....	7
2.4.	FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA.....	7
2.5.	PRENSADO.....	9
2.6.	FERMENTACIÓN MALOLÁCTICA.....	10
2.7.	CRIANZA.....	10
2.8.	EMBOTELLADO.....	11
3.	AUTÓMATAS PROGRAMABLES.....	12
3.1.	TIPOS DE SEÑALES.....	14
3.1.1.	<i>Señales digitales.....</i>	<i>14</i>
3.1.2.	<i>Señal analógica.....</i>	<i>15</i>
3.2.	PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN.....	15
4.	SELECCIÓN DEL SISTEMA.....	16
4.1.	RECEPCIÓN DE LA VENDIMIA.....	17
4.1.1.	<i>Pesaje de la vendimia.....</i>	<i>17</i>
4.1.2.	<i>Avance de la uva en la recepción.....</i>	<i>20</i>
4.1.3.	<i>Protecciones eléctricas.....</i>	<i>26</i>
4.1.4.	<i>Paradas de emergencia.....</i>	<i>28</i>
4.1.5.	<i>Monitorización de las protecciones eléctricas y paradas de emergencia.....</i>	<i>31</i>
4.1.6.	<i>Selección dispositivos de control y supervisión recepción de la uva.....</i>	<i>31</i>
4.2.	FERMENTACIÓN Y CRIANZA.....	34
4.2.1.	<i>Monitorización del nivel de los depósitos.....</i>	<i>35</i>
4.2.2.	<i>Monitorización y control de la temperatura de los depósitos.....</i>	<i>36</i>
4.2.3.	<i>Control de la bomba de remontados.....</i>	<i>39</i>
4.2.4.	<i>Monitorización de la densidad.....</i>	<i>41</i>
4.2.5.	<i>Monitorización de humedad y temperatura en la sala de crianza.....</i>	<i>43</i>
4.3.	SELECCIÓN DISPOSITIVOS DE CONTROL Y SUPERVISIÓN DE LOS DEPÓSITOS Y SALA DE CRIANZA.....	44
4.3.1.	<i>Módulo de entradas asociado a las sondas PT100 y sensores de presión.....</i>	<i>46</i>
4.3.2.	<i>Módulo de entradas analógicas para los sensores tipo radar.....</i>	<i>47</i>
4.3.3.	<i>Módulo de entradas y salidas digitales.....</i>	<i>47</i>
4.3.4.	<i>Módulo de entradas analógicas.....</i>	<i>48</i>

4.3.5. Selección de los equipos HMI asociados a la CPU S7-1513 IPN.....	49
5. SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN.....	50
6. SEÑALES DE ENTRADA.....	55
6.1. SEÑALES DE ENTRADA NECESARIAS EN EL PROYECTO.	55
6.1.1. Recepción de la uva.....	56
6.1.2. Depósitos de fermentación.....	56
6.1.3. Sala de crianza.....	61
7. SEÑALES DE SALIDA.....	62
7.1. RECEPCIÓN DE LA UVA.	62
7.2. DEPÓSITOS DE FERMENTACIÓN.....	62
8. PROGRAMACIÓN PLC.....	63
8.1. RECEPCIÓN DE LA VENDIMIA.	64
8.1.1. Programación de la marcha y paro del sinfín y la cinta.	64
8.1.2 Control de la velocidad de giro.....	67
8.1.3. Paradas de emergencia y protecciones eléctricas.	69
8.1.4. Pesaje.....	72
8.2. DEPÓSITOS DE FERMENTACIÓN.....	73
8.2.1. Llenado de depósitos.....	73
8.2.2. Monitorización y control de la temperatura.....	76
8.2.3. Monitorización de la densidad.....	79
8.3. REMONTADOS.....	83
8.4. SALA DE CRIANZA.....	87
8.4.1. Monitorización de la humedad relativa.....	87
8.4.2. Monitorización de la temperatura.....	88
8.4.3. Testigos de aviso.....	89
9. SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA.....	91
9.1. CONTROL DEL SISTEMA.....	91
9.1.1. Recepción de la vendimia.....	91
9.1.2 Depósitos de fermentación.....	92
9.1.3. Sala de crianza.....	92
9.2 SUPERVISIÓN DEL SISTEMA.....	93
10.RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	93

0. Motivación.

En un mundo cada vez más competitivo, el avance de la tecnología de automatización hace cada vez más necesaria su integración en los procesos productivos de las empresas, con el objetivo de obtener un mayor control e información sobre los procesos productivos y su optimización, generando productos de la mejor calidad posible de forma eficiente y aprovechando al máximo los recursos empleados.

En un sector tan tradicional como el vinícola, la automatización de ciertas etapas como, por ejemplo, el embotellado, se puede encontrar ya implantada en muchas bodegas, pero aún no se encuentra tan extendida en la monitorización y control automatizado del proceso de elaboración del vino.

1. Objeto del proyecto.

El proyecto tiene como objeto la implantación de un sistema de monitorización y automatización de diferentes procesos en una bodega de elaboración de vino tinto ya en funcionamiento. Los procesos que se automatizan son los de recepción de la vendimia y su pesaje, monitorización y control de diferentes parámetros de la fermentación alcohólica, y monitorización de las condiciones ambientales en la sala de crianza.

2. Proceso a automatizar.

El proceso objeto de automatización es la elaboración de vino tinto en una bodega ya en funcionamiento, donde el proceso que se lleva a cabo sigue el siguiente diagrama de flujo:

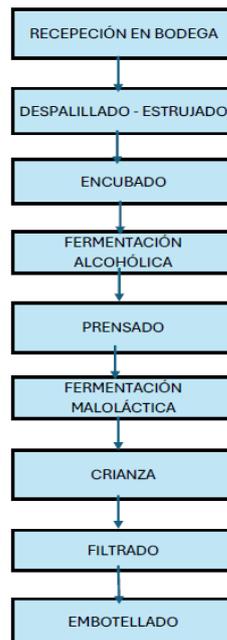


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso

2.1. Recepción de la uva.

La uva se recoge en los viñedos durante una operación conocida como vendimia y se encuentra en forma de racimos, formado por las propias bayas y el raspón. El momento de la vendimia se determina por el enólogo en función de diferentes parámetros tales como la concentración de azúcar en la uva, su estado sanitario y la acidez. Esta operación se puede realizar de forma manual, especialmente en aquellas explotaciones más longevas, o bien mecanizada, depositando los racimos en remolques para su transporte.

Desde el viñedo, se transporta la uva a la bodega para su procesado. Es importante realizar esta operación de forma rápida para evitar reacciones indeseadas en la uva antes de su llegada a la bodega, tales como oxidaciones o fermentaciones no controladas.

La uva llega a la bodega en remolques basculantes, los cuales se descargan por gravedad en una tolva de acero inoxidable equipada con un tornillo sinfin accionado por un motor eléctrico que, en su funcionamiento, provoca el avance de la uva para poder introducir la vendimia dentro de la bodega. Para poder llevar a cabo esta labor, se coloca la tolva de vendimia a una cota inferior



de la que se encuentra el remolque. Los racimos, una vez en la tolva, avanzan paralelamente al eje del sin fin, hasta salir por la boca de apertura, la cual desemboca en una cinta elevadora que transporta la uva hasta la despalilladora.



Figura 3. Cinta elevadora de uva.

En esta etapa, se automatiza el control de la marcha y paro de la tolva de vendimia y de la cinta elevadora, su velocidad de giro, así como sus dispositivos de seguridad y protecciones eléctricas.

2.2. Despalillado – estrujado.

El siguiente paso del proceso corresponde a la separación del raspón y la uva, para lo cual se dispone de una maquina despalilladora y estrujadora, la cual provoca el avance la uva a través de un sinfín con paletas, llevando la uva a un cilindro cribado. Tanto el sinfín como el cilindro se encuentran girando, pero lo hacen a diferente velocidad, siendo este movimiento lo que provoca la separación de la uva del raspón, expulsando este último y quedando únicamente la uva.

Una vez despalillada, la uva pasa por unos rodillos cuya función es la de romper el hollejo y liberar la pulpa de la uva.



Figura 4. Despalilladora – Estrujadora

2.3. Encubado.

Se trata de una de las fases más importantes del proceso de elaboración. Desde la despalilladora, se bombea la pasta y el mosto a unos depósitos cilíndricos de acero inoxidable de tipo vertical, donde se lleva a cabo un proceso de maceración prefermentativa, durante un periodo de entre 5 y 10 días cuyo objetivo es la extracción solido-líquido de compuestos presentes principalmente en el hollejo, tales como taninos, antocianos, sustancias aromáticas y polisacáridos, que se encuentran en la parte sólida de la vendimia, de forma que se transfieren al mosto y por tanto influyen en las características organolépticas del vino.

En el proceso de llenado, se debe de vigilar el nivel de los depósitos con objetivo de no llenarlos completamente, dejando un espacio vacío en ellos que será del orden de entre un 15 y un 20% de la capacidad total del depósito de forma que se pueda absorber el aumento de volumen de la vendimia que se produce por la fermentación alcohólica y el anhídrido carbónico, sin riesgos de desbordamiento. Para facilitar esta tarea, se automatiza la monitorización del nivel de los depósitos mediante la instalación de sensores de nivel.

2.4. Fermentación alcohólica.

Durante esta etapa del proceso, levaduras seleccionadas de la especie *Sacharomyces Cerevisae*, llevan a cabo la siguiente reacción:

Fermentación alcohólica

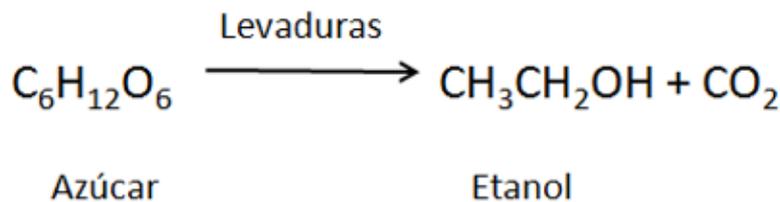


Figura 5. Reacción química de la fermentación alcohólica.

Debido a esta reacción, el azúcar es transformado en etanol y CO_2 en estado gaseoso siendo la reacción más importante de todas las que tienen lugar, pero no la única, ya que además se produce la formación de otros compuestos secundarios, tales como ácido acético o ácido láctico que influirán en la calidad y cualidades organolépticas del producto, por lo que se les debe prestar también especial atención para obtener el producto buscado.

Durante este proceso, parte de la energía química contenida en los enlaces de los azúcares se libera en forma de calor, lo que provoca el aumento de la temperatura del vino del depósito. Se debe tener en cuenta que es crucial durante la fermentación mantener la temperatura del vino entre 24°C y 30°C , siendo este rango de temperatura el más propicio para la extracción de compuestos como antocianos, taninos y compuestos fenólicos, y procurando no exceder este rango porque las altas temperaturas pueden afectar negativamente tanto al proceso de fermentación como a la calidad del vino. Con el objetivo de favorecer la extracción de los compuestos mencionados, y obtener un producto más homogéneo, se realiza una operación conocida como remontado, la cual consiste en extraer el vino de la parte inferior del depósito e introducirlo de nuevo por la parte superior del mismo. Esta tarea se automatiza mediante el uso de bombas de remontado acopladas a los depósitos y controladas de forma automática.

Esto se debe a diversos factores entre los que destacan el estrés térmico al que son sometidas las levaduras, que pueden provocar que disminuya su actividad o incluso su muerte provocando la parada del proceso de fermentación.

Además, las altas temperaturas pueden provocar la aparición de compuestos no deseados durante la fermentación, pérdida de color e incluso la proliferación indeseada de bacterias que pueden competir con las levaduras, generando ácidos volátiles o defectos en el vino.

Es por este motivo que la temperatura debe ser controlada durante el proceso, de forma que se pueda refrigerar el vino mediante el paso de un líquido refrigerante por las camisas de frío, de forma que se produzca un intercambio de calor y se reduzca la temperatura antes de que llegue a valores perjudiciales para el proceso. Debido a su importancia, se automatiza la medición de la temperatura de los depósitos y el control de la temperatura a través de solenoides que permitan el paso de refrigerante por las camisas en caso de un exceso de temperatura.

La monitorización de la densidad durante el proceso de fermentación es también fundamental porque proporciona información clave sobre el progreso de esta.

A medida que las levaduras transforman los azúcares en alcohol y dióxido de carbono, la densidad del mosto se reduce, debido a que estos compuestos poseen valores de densidad notablemente menores que los del azúcar. Cuando la densidad deja de disminuir y alcanza un valor constante, cercano e incluso algo inferior a 1.000 g/cm^3 la fermentación se puede considerar por finalizada.

Una reducción continua de la densidad sugiere que la fermentación progresa de manera adecuada. Si su valor permanece invariable podría señalar dificultades en el proceso, tales como inactividad o muerte de las levaduras, ausencia de nutrientes o circunstancias adversas como temperatura incorrecta o pH elevado.

Por ello, se automatiza su medición en los depósitos, a través de sensores de presión y el procesamiento de su señal en el programa, obteniendo una lectura de la densidad del vino en ese momento.

2.5. Prensado.

En vinos tintos, el prensado se realiza después de la fermentación alcohólica para extraer el vino de las partes sólidas de la uva, ayuda a extraer taninos y antocianos de las pieles, esenciales para el color, estructura y envejecimiento del vino tinto, y de igual manera, el prensado influye también en la concentración de compuestos aromáticos, determinando la intensidad aromática del vino.



Figura 6. Prensa hidráulica para vino.

Permite también permite maximizar la extracción del líquido, lo cual es importante desde un punto de vista económico. Sirve en parte, también, para eliminar impurezas como pieles, semillas y pulpa, que pueden generar sabores amargos o defectos durante las siguientes etapas,

pero se debe de vigilar que no se someta a un prensado excesivo ya que puede llegar a tener efectos indeseados sobre el vino.

2.6. Fermentación maloláctica.

El vino tinto suele contener niveles elevados de ácido málico, el cual se encuentra presente de forma natural en la uva, y que puede resultar desagradable organolépticamente. Además, el ácido málico sirve de sustrato para microorganismos indeseables que podrían causar efectos no deseados. Para obtener un vino más agradable al paladar, haciéndolo más estable durante su almacenamiento y envejecimiento, se realiza un proceso conocido como fermentación maloláctica.

Se trata de un proceso bioquímico donde el ácido málico, se transforma en ácido láctico y dióxido de carbono mediante la acción de diferentes bacterias lácticas, principalmente del género *Oenococcus oeni*.

Si bien el proceso puede ocurrir de forma espontánea, es habitual recurrir a inoculaciones dirigidas con cepas seleccionadas para controlar el perfil aromático y evitar la producción de compuestos no deseados en el vino.

Fermentación maloláctica

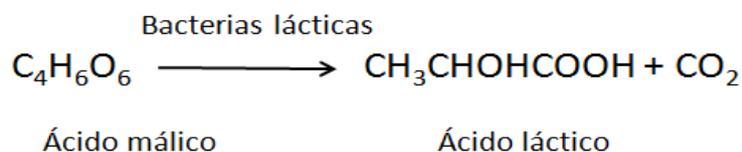


Figura 7. Reacción de la fermentación maloláctica.

Para que este proceso se desarrolle eficazmente, se requieren temperaturas entre 18 y 22°C, un pH del vino de 3.2 a 3.6, y niveles de etanol inferiores al 14% vol., ya que a concentraciones más altas se inhibe la actividad bacteriana. Además, el dióxido de azufre libre debe mantenerse por debajo de 10 mg/L, ya que concentraciones superiores bloquean el metabolismo de las bacterias lácticas.

Se puede realizar tanto en depósitos como en las propias barricas de crianza. Ambos métodos tienen sus ventajas, ya que, al realizar el proceso en depósitos, se puede llevar a cabo un control térmico preciso mediante las camisas de los depósitos, mientras que al llevarla a cabo directamente en barricas de roble, se permite una microoxigenación controlada que favorece la polimerización de taninos y antocianos.

2.7. Crianza.

La fase de crianza es clave para la evolución y mejora del vino, donde este desarrolla complejidad, equilibrio y estabilidad. Su influencia en el vino dependerá del manejo de factores como el tiempo, las condiciones ambientales y el tipo de recipiente utilizado. En la bodega en

la que se implanta este proyecto, la crianza tiene lugar en barricas de roble, que debido a su porosidad permite una microoxigenación controlada, donde el oxígeno reacciona con los taninos los cuales sufren reacciones de polimerización, y estabilizando el color del vino por la interacción que se produce con los antocianos del vino. Además, la madera del roble aporta compuestos aromáticos y fenólicos, como vainilla, especias, tostados y notas ahumadas, que enriquecen el perfil sensorial del vino. El tiempo de envejecimiento determina que tipo de vino se elabora, y es decisión del enólogo.

En la fase de crianza resulta de gran importancia controlar la temperatura de la sala, para evitar temperaturas elevadas que aceleren el envejecimiento o fluctuaciones que afecten la estabilidad del vino. El rango de temperatura adecuado para la crianza es entre 12 °C y 16 °C.



Figura 8. Barrica para crianza.

Otro factor a controlar es la humedad relativa de la sala, ya que un valor muy alto puede favorecer el crecimiento de mohos, mientras que un valor excesivamente bajo puede provocar que se resequen las barricas, por lo que debería mantenerse entre el 60 y el 80 % de humedad relativa.

Tanto la monitorización de la temperatura, como de la humedad relativa, se automatizan mediante el uso de un sensor que integra ambas mediciones.

2.8. Embotellado.

La fase de embotellado constituye la etapa final del proceso de elaboración del vino, donde el producto, tras completar su crianza en barrica, se transvasa a un depósito pulmón, que alimenta de forma constante el vino a la línea de embotellado, evitando fluctuaciones de caudal.

Al inicio de la línea de embotellado, las botellas vacías se someten a un proceso de lavado para eliminar cualquier residuo físico, químico o microbiológico que pueda encontrarse en las botellas, evitando así que constituyan una fuente de contaminación del vino. Mediante cintas transportadoras, las botellas avanzan por la línea hasta llegar a la máquina de llenado, donde, donde al llegar a la posición adecuada, se eleva neumáticamente mediante un pistón, hasta sellar de forma hermética el cuello de la botella con la boquilla de llenado, abriendo la válvula y permitiendo el paso de vino a la botella hasta su llenado.

Una vez llena, la botella llega a la maquina taponadora, donde las botellas se alinean mediante un sistema de guías, y al ser detectadas por células fotoeléctricas, se inicia el proceso de taponado. Estos equipos, suelen encontrarse ya automatizados en la mayoría de las bodegas de medio y gran tamaño.

El tapón se comprime mediante mandíbulas de acero inoxidable, reduciendo su diámetro en aproximadamente un 30%, para ser introducido mediante un émbolo en el cuello de la botella. A continuación, debido a las características elásticas del corcho, vuelve a aumentar su volumen sellando herméticamente la botella. Posteriormente las botellas son almacenadas en salas de temperatura y humedad controlada en rangos de entre 12 y 15°C y humedad de entre el 70 y el 80 %, llevando a cabo lo que se conoce como crianza en botella.

3. Autómatas programables.

Para la implantación del presente sistema de automatización, se utilizan dispositivos conocidos como Controladores Lógicos Programables, más conocidos como PLC, el cual es una computadora destinada al uso industrial. Según la norma IEC-61131, se definen de la siguiente manera:

“Es una máquina electrónica programable diseñada para ser utilizada en un entorno industrial que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario, para implantar soluciones específicas tales como funciones lógicas, secuencias, temporizadores, recuentos y funciones aritméticas, con el fin de controlar mediante entradas y salidas, digitales y análogas diversos tipos de máquinas o procesos.”

Estos dispositivos llegaron a mitad del Siglo XX para sustituir a los relés físicos en la automatización del proceso, y entre sus ventajas se encuentran la reducción en la necesidad de cableado, mayor facilidad de intervención y flexibilidad debido a que facilitan la implantación de cualquier modificación, así como un aumento de la fiabilidad.

Dentro de la que se conoce cómo pirámide de la automatización, se representan los 5 niveles tecnológicos que pueden presentarse en un entorno industrial. En ella, los PLC se sitúan en el nivel 2, conocido como nivel de control, y cuya función consiste en el procesamiento de los datos obtenidos mediante los dispositivos situados a nivel de campo, tomando decisiones en consecuencia. También sirve para poder implantar los niveles superiores de automatización, por ejemplo, un nivel de supervisión al complementarlo con un HMI o SCADA.



Figura 9. Pirámide de la automatización.

Un PLC, requiere de una fuente de alimentación y contiene una Unidad Central de Procesamiento, conocida como CPU, la cual integra una memoria en la que se almacena, entre otras cosas, el programa introducido por el usuario.

Estos equipos se encuentran diseñados para trabajar de forma cíclica en lo que se conoce como ciclo de scan. Consiste en la realización de una lectura del estado de las entradas, dependientes de las señales recibidas de dispositivos tales como sensores, a medida que va ejecutando el programa escrito en él, almacenando ese estado en un área de su memoria conocido como imagen del proceso de las entradas, de forma que, dentro del programa, estas imágenes permanecen en valores fijos hasta que el autómatas haga de nuevo una lectura de esas entradas. En función de la imagen del estado de las entradas, y de la programación que se haya realizado, el autómatas ejecuta las salidas cuyas condiciones para su activación sean verdaderas.

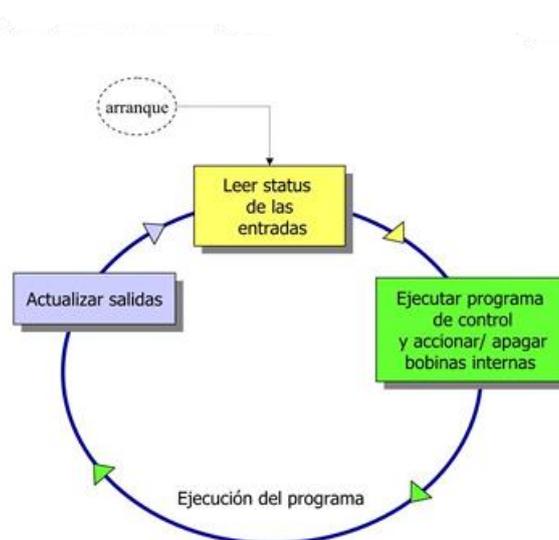


Figura 10. Ciclo de funcionamiento de un PLC.

Una vez finalizado este proceso, el proceso vuelve a comenzar con la lectura del estado de las entradas. El tiempo de ejecución de este ciclo, se mide milisegundos y es importante tenerlo en cuenta a la hora de realizar la automatización, ya que, en caso de requerir una respuesta muy rápida ante el cambio de una variable, el autómatas no leería el cambio de su estado hasta que inicie el siguiente ciclo de scan. Este tiempo depende de la capacidad de procesamiento del autómatas, pero también de como este estructurada la programación, por lo que resulta importante realizar una programación optimizada.

En el presente proyecto, se utilizan dos CPU de la serie SIMATIC S7 de la marca Siemens, cuyas características se encuentran descritas en la *Tabla 19. Ficha de especificaciones del PLC S7-1214C DC/DC/DC* y en la *Tabla 33. Ficha de especificaciones de la CPU PLC S7-1513 1PN*.

3.1. Tipos de señales.

Las señales es el método utilizado por el PLC tanto para recibir la información a través de dispositivos como sensores o interruptores, como para actuar sobre el proceso a través de los actuadores. Se pueden encontrar dos tipos de señales, la de tipo digital, y las de tipo analógico.

3.1.1. Señales digitales.

Son señales discretas que solo pueden adoptar dos estados posibles (verdadero o falso), según la presencia, o no, de tensión eléctrica independientemente de la magnitud de esta. Es una señal que se utiliza principalmente en elementos como interruptores, contactores o sensores de presencia, aunque también puede utilizarse para transmitir información en código binario mediante la combinación de “unos” y “ceros” correspondientes al valor lógico verdadero y falso respectivamente.

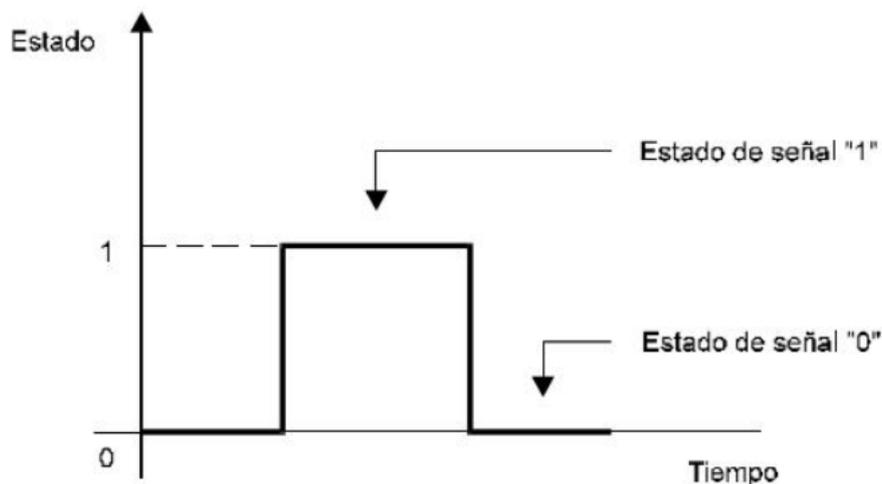


Figura 11. Grafica estado-tiempo señal digital.

3.1.2. Señal analógica.

Es una señal continua que puede adoptar infinitos valores entre sus límites máximos y mínimos, mediante un valor de voltaje o intensidad proporcional a la variable física medida. Se utiliza para medir magnitudes tales como temperatura, presión o velocidad, entre otras.

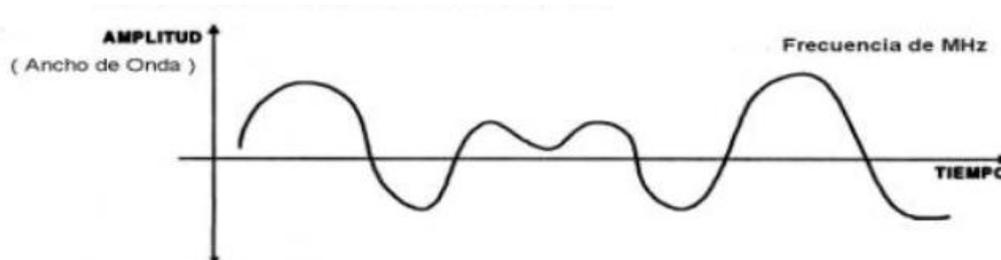


Figura 12. Gráfica amplitud - tiempo señal analógica.

En el caso de utilizar la magnitud de intensidad lo más habitual es utilizar el rango de 4 a 20 mA, o bien de 0 a 20 mA, mientras que si se utiliza la magnitud de voltaje lo más habitual es utilizar el intervalo de 0 a 10 V.

3.2. Protocolos de comunicación.

Además de los módulos de entradas y salidas habituales, los PLC cuentan habitualmente con puertos habilitados para la comunicación industrial.

La comunicación industrial, consiste en la transmisión de datos de forma que se permite el intercambio de información entre dispositivos tanto a nivel de campo como a nivel de control y supervisión.

Para facilitar esta transmisión, se han desarrollado estándares que detallan como se debe estructurar la información y su forma de transmisión, creando lo que se conoce como protocolos de comunicación.

En los PLC, se utilizan habitualmente los siguientes protocolos de comunicación:

- PROFINET
- PROFIBUS
- MODBUS
- ETHERNET INDUSTRIAL
- HTTP
- SMPT

Entre las ventajas que proporciona el uso de estos protocolos se encuentran:

- Menor necesidad de cableado, al sustituir conexiones punto a punto por un bus de datos compartido al que se conectan los dispositivos.
- Posibilidad de integración de HMI y SCADA, que permiten implantar un nivel mayor de automatización, supervisión y control.

- Proporciona escalabilidad al sistema, al poder añadir dispositivos sin grandes cambios en la infraestructura.
- Comunicación rápida y efectiva entre dispositivos. Permite una mejor comunicación con los módulos.

4. Selección del sistema.

El proyecto de automatización consiste en el control de una tolva de vendimia equipada con un sinfín, en la que se vierte la uva desde el remolque, su pesaje en la tolva, una cinta de elevación para alimentar la despalladora - estrujadora, la monitorización y control del proceso de fermentación alcohólica en los 8 depósitos con los que cuenta la bodega, así como su nivel de llenado. Además, se monitoriza la temperatura y humedad relativa en la sala de crianza.

También incluye las protecciones, tanto a nivel de seguridad como de protección eléctrica, necesarias en los equipos automatizados, y la monitorización de su estado.

Las variables por controlar se resumen de la siguiente manera:

Tabla 1. Procesos automatizados en el presente proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Recepción de la vendimia	
Monitorización	Control
Cantidad de uva introducida en la bodega mediante su pesaje.	Marcha y paro del sinfín de la tolva de vendimia, y su velocidad de giro.
Estado de las protecciones eléctricas.	Marcha y paro de la cinta de elevación, y su velocidad de giro.
Estado de las paradas de emergencia.	
Depósitos de fermentación	
Monitorización	Control
Temperatura del vino.	Circulación de refrigerante por las camisas para el control de temperatura.

Densidad del vino, a través de sensores de presión.	Marcha y paro de las bombas de remontados.
Nivel de llenado de los depósitos.	
Estado de las protecciones eléctricas de las bombas de remontados.	
Sala de crianza	
Monitorización	
Temperatura de la sala.	
Humedad relativa de la sala.	

4.1. Recepción de la vendimia.

En esta etapa del proceso productivo, las tareas automatizadas son las siguientes:

- Pesaje de la vendimia.
- Control del sinfín de la tolva de vendimia y una cinta de elevación.
- Paradas de emergencia del sinfín de la tolva y de la cinta, así como sus protecciones eléctricas.
- Monitorización de las protecciones.

4.1.1. Pesaje de la vendimia.

Para poder llevar la función de pesaje, se decide la instalación de 4 celdas de carga de compresión en la tolva de vendimia, repartidas en las 4 esquinas de la tolva.

Se ha de seleccionar una celda de carga adecuada al uso esperado, por lo que, para dimensionar la celda de carga necesaria, se consideran los siguientes aspectos:

- Capacidad máxima de la tolva: 6.000 kg
- Tara de la tolva: 2.500 kg
- Coeficiente de mayoración: 1,25

Se determina, por tanto, el peso a soportar por las celdas de carga mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Peso total} = (\text{Capacidad máxima de la tolva} + \text{tara de tolva}) \times \text{Coeficiente de mayoración}$$

$$\text{Peso total} = (6.000 \text{ kg} + 2500 \text{ kg}) \times 1,25$$

Peso total a soportar por las celdas = 10.625 kg

Como se cuenta con 4 celdas de carga, la capacidad mínima de cada una debe ser de 2.657 kg.

Se selecciona una celda de carga a compresión de galgas extensiométricas, debido a su precisión y resistencia, fiabilidad y facilidad de integración con el sistema de automatización. La celda seleccionada, posee las siguientes características:

Tabla 2. Ficha especificaciones de la celda de carga. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	Celda de carga a compresión
	
Características	
<p>Carga nominal 2.800 kg</p> <p>Medición mediante 4 galgas extensiométricas.</p> <p>Clase de precisión 0,1 %.</p> <p>Protección IP66.</p> <p>Tensión de alimentación 6-12 V DC</p> <p>Funcionamiento a 4 hilos (EXC +,EXC-,Señal + y Señal -)</p>	

Su principio de funcionamiento se basa en la ley de Hooke, según la cual un cuerpo elástico experimenta una deformación directamente proporcional a la fuerza aplicada sobre él. Esta deformación produce un aumento de su longitud y por tanto disminuye su sección transversal, provocando un aumento de la resistencia eléctrica debido a la relación inversamente proporcional que existe entre la resistencia y la sección de un conductor. La medición de la variación de resistencia se realiza mediante un puente de Wheatstone.

Al utilizar 4 celdas de carga para obtener el peso total de la tolva, se debe de sumar la señal obtenida de todas las celdas. Para ello, se selecciona una caja sumadora que combina todas las señales mediante un circuito pasivo sumador, generando una única señal de salida. Se selecciona una caja de conexiones con las siguientes características:

Tabla 3. Ficha de especificaciones de la caja suma. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	Caja de suma (Junction box)
	
Características	
<p>Permite la conexión en paralelo de hasta 6 celdas de carga con sistema de 4 hilos.</p> <p>Integra un circuito pasivo sumador, así como la distribución de las señales hacia las celdas de cargas.</p> <p>Protección IP 66, con resistencia al polvo y al agua.</p> <p>Carcasa fabricada en acero inoxidable.</p> <p>Bornes de resorte, resistentes a vibraciones.</p> <p>Temperatura de funcionamiento de -30 °C a +85 °C.</p> <p>Señal analógica de salida no amplificada de rango 0-30 mV.</p>	

Las celdas de carga por si solas no pueden ser conectadas de forma directa al PLC, debido a que la señal eléctrica de salida que generan es demasiado pequeña para ser procesada por el PLC, por lo que requiere ser amplificada antes de ser enviada a este. Además, el PLC no es capaz de realizar mediciones de resistencia eléctrica.

Para solventar este problema, la solución consiste en la utilización de un módulo especializado en funciones de pesaje, en este caso de la serie SIWAREX de la marca Siemens, por lo que se elige el siguiente modelo:

Tabla 4. Ficha especificaciones del módulo de pesaje. Fuente: Elaboración propia,

Nombre del equipo	SIWAREX WP231
-------------------	---------------


Características
<p>Capacidad para soportar hasta 4 celdas de carga.</p> <p>4 entradas digitales.</p> <p>4 salidas digitales.</p> <p>Salida analógica 0-20 mA.</p> <p>Admite comunicación PROFINET y MODBUS TCP/ICP</p> <p>Alimentación a 24V</p> <p>Protección IP20</p>

El manejo y configuración del módulo se realiza mediante la pantalla HMI, donde se pueden ajustar los parámetros necesarios para la utilización del módulo.

4.1.2. Avance de la uva en la recepción.

El transporte de la uva una se comienza mediante un sinfín alojado en la tolva de vendimia, la cual está equipada con una compuerta en la boca de salida que desemboca en una cinta elevadora que transporta la uva hasta la despalladora.

Sinfín de la tolva de vendimia.

Para la detección del estado de la compuerta, se opta por la selección de un sensor de tipo inductivo, debido a que la compuerta se encuentra fabricada en acero inoxidable, por lo que se selecciona un sensor con las siguientes características:

Tabla 5.Ficha de especificaciones del sensor inductivo. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	Sensor inductivo


Características
<p>Tipo PNP a 3 hilos.</p> <p>Admite alimentación en el rango 10-30 V en corriente continua.</p> <p>Alcance de detección de hasta 22 mm.</p> <p>Histéresis de un 3% de la distancia de alcance real.</p> <p>Protección clase III.</p> <p>Activa un LED indicador al conmutar para emitir señal de salida.</p>

Se trata de un dispositivo que, a través de un oscilador, produce una corriente alterna que fluye por una bobina, generando un campo electromagnético variable. Cuando un objeto metálico entra dentro de este campo magnético, se induce una corriente de inducción, conocida como corriente parásita o de Foucault en el objeto metálico, provocando que la oscilación se reduzca o incluso se detenga debido al aumento de la carga en el circuito oscilador.

El sensor realiza un tratamiento de la señal mediante un circuito rectificador, transformándola en una señal pulsante de corriente continua, y mediante un circuito comparador integrado en el sensor, si detecta que esta señal es mayor que el umbral de detección realiza una conmutación para emitir una señal de salida, que se debe procesar mediante una entrada digital en el PLC. Además de la emisión de la señal de salida, se enciende un led indicador que indica el estado de esta.

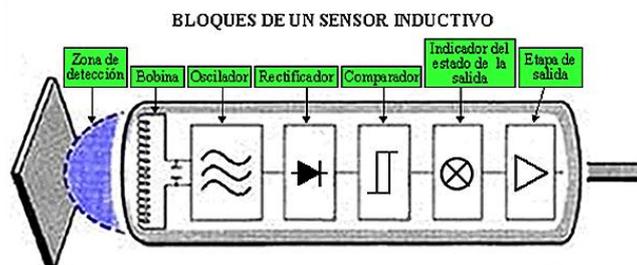


Figura 13. Descripción partes sensor inductivo.

El avance de la uva en la tolva de vendimia se lleva a cabo mediante un sinfín accionado por un motor eléctrico. Para poder controlar tanto la maniobra de marcha y paro como la velocidad del motor eléctrico, se incorpora un variador electrónico de velocidad, para lo que se ha de tener

en cuenta las características del motor para su elección. El motor del sinfín se caracteriza de la siguiente manera:

Tabla 6. Ficha de especificaciones del motor eléctrico de la tolva. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	Motor eléctrico del sinfín de la tolva.
	
Características	
<p>Motor trifásico de 6 polos y potencia nominal 3kW con funcionamiento a 400V.</p> <p>Frecuencia 50 Hz e intensidad nominal de 5,09 A.</p> <p>Velocidad nominal de giro de 1000 revoluciones por minuto.</p> <p>Tipo de montaje IM B3, con pies de apoyo y sin bridas para instalación horizontal.</p> <p>Clase de eficiencia energética IE4 según norma IEC 60034-30.</p>	

El variador se debe sobredimensionar al menos un 15 % por motivos de seguridad, seleccionando un equipo con una potencia nominal de 4kW y 8,8 A de intensidad nominal para cumplir con esta premisa. Este equipo permite el control de la marcha y paro del motor a través de un PLC, así como el ajuste de la frecuencia de funcionamiento deseada. Al integrar el PLC junto a un HMI, el operador puede controlar en todo momento el funcionamiento del motor.

El variador seleccionado para el sinfín, consta de las siguientes características:

Tabla 7. Variador de frecuencia del sinfín. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	Variador de frecuencia SINAMICS V20 (5BE24)
-------------------	---



Características

- Potencia nominal de 4 kW.
- Tensión de alimentación trifásica entre 380 V – 400 V.
- Corriente nominal de salida: 8,8 A
- Frecuencia de salida 0-55 Hz.
- Protección IP20.
- Protección contra sobrecorriente, actuando la protección si la corriente supera en un 150% la corriente nominal durante más de 60 segundos.
- Soporta las interfaces de comunicación MODBUS RTU y USS.
- 4 entradas digitales y 1 analógica de 4-20 mA y 0-10 V.
- 2 salidas digitales y 1 analógica de 4-20 mA y 0-10 V.

Cinta elevadora.

Para poder automatizar el manejo de la cinta de elevación de uva, y poder gestionar tanto la maniobra de marcha y paro de la cinta, así como su velocidad de giro, se utiliza la misma estrategia que en el caso del sinfín, integrando un variador de frecuencia controlado mediante las salidas del PLC.

Para su selección, se debe de tener en cuenta las características del motor a controlar:

Tabla 8. Características del motor eléctrico de la cinta. Fuente: Elaboración propia

Nombre del equipo	Motor eléctrico de la cinta elevadora.
-------------------	--


Características
<p>Motor trifásico de 4 polos y potencia nominal de 0,75 kW a 400 V y frecuencia 50 Hz</p> <p>Intensidad nominal 1,27 A.</p> <p>Velocidad de giro de 1.500 rpm.</p> <p>Montaje tipo B5 con brida.</p> <p>Grado de protección IP55.</p>

Con estas características, se utiliza un variador de frecuencia con las siguientes especificaciones, siguiendo el mismo criterio de sobredimensionamiento utilizado para seleccionar el anterior.

Tabla 9. Ficha especificaciones del variador de frecuencia. Fuente elaboración propia.

Nombre del equipo	Variador de frecuencia SINAMICS V20 (5BE21)
	
Características	
<p>Potencia nominal de 1,1 kW.</p> <p>Tensión de alimentación trifásica entre 380 V – 400 V.</p>	

Corriente nominal de salida: 3,1 A.

Frecuencia de salida 0-55 Hz.

Protección IP20.

Capacidad de sobrecarga del 150% de la intensidad nominal durante 60 segundos.

Soporta las interfaces de comunicación MODBUS RTU y USS.

2 entradas digitales para manejo en remoto y 1 analógica de 4-20 mA y 0-10 V.

1 salida digital y 1 analógica de 4-20 mA y 0-10 V.

Configuración de los variadores de frecuencia.

Para poder controlar los variadores electrónicos de frecuencia mediante las señales emitidas desde el PLC, se deben configurar los equipos para poder controlar tanto la maniobra de marcha y paro, como el ajuste de la frecuencia de consigna.

- **Marcha y paro.**

Para poder arrancar y parar el motor a través de las entradas digitales del variador, se debe configurar el parámetro P0700 del equipo, el cual determina la fuente digital de la señal de mando, asignando un valor 2, para establecer el control del variador mediante los bornes, según se especifica en el manual del equipo:

Tabla 10. Parámetros de ajuste del SINAMICS V20. Fuente: Elaboración propia.

Valor del parámetro	Fuente digital de señales de mando
0	Ajuste predeterminado de fábrica.
1	Panel de mando/teclado del variador.
2	Bornes del variador.
5	USS/Modbus mediante RS485.

Se utiliza la entrada digital DI.1 del variador, para recibir la orden de marcha y paro del variador. Se debe configurar en el parámetro P0701 del variador asignando el valor 1 para que la función de esa entrada sea la ON/OFF1.

Esta parametrización significa que mientras recibe 24 V, se encuentra activa la orden de marcha. Al cesar el envío de la señal desde el PLC al variador, se detiene el motor según el tiempo de deceleración que el operador haya definido en el parámetro P1121 del variador.

- Frecuencia de giro.

Para transmitir la frecuencia deseada a través de este, se debe configurar el variador a través de su parámetro P1000, al que se le asigna el valor 2, de forma que el variador queda parametrizado para que la consigna de frecuencia sea establecida a través de su entrada analógica.

En el parámetro P2000 del variador, se asigna un valor de referencia en Hercios para la frecuencia máxima de alimentación del motor, para a continuación, definir en el equipo el rango de la entrada analógica que se va a utilizar y entre que valores de frecuencia debe trabajar el equipo.

Mediante el parámetro P0757, se indica el valor mínimo de la señal analógica que se recibe en el borne de entrada, para a continuación en el parámetro P0758 indicar porcentualmente con que valor de la frecuencia de referencia se corresponde. Es decir, si se asigna un valor 0 al parámetro P0757, y un valor 50 al parámetro P0758, al recibir 0 V en el borne de la entrada analógica, el motor se alimenta con una frecuencia cuyo valor será el 50% de la frecuencia de referencia establecida como valor de referencia.

Se debe proceder de igual forma indicando el valor máximo de la señal eléctrica que se recibe en el variador, ajustando el parámetro P0759, y con qué porcentaje de la frecuencia establecida como valor de referencia se corresponde, en el parámetro P0760. Si se utiliza una señal analógica 0-10 V, y se ajusta la variable P0759 en un valor 100%, al recibir una señal analógica de 10 V, el equipo alimenta el motor con el 100% de la frecuencia de consigna establecida en el parámetro P0757.

4.1.3. Protecciones eléctricas.

Para la protección eléctrica de los motores, se deben identificar cuáles son las posibles amenazas a las que se pueden enfrentar durante su funcionamiento y que podrían dañar el mismo, determinando las siguientes: cortocircuitos, sobrecargas y fugas de corriente.

Cortocircuitos.

Para proteger los variadores y motores ante cortocircuitos, se incorpora en cada fase, un fusible de protección combinada gR-gS, siguiendo las recomendaciones del fabricante del variador de frecuencia. Las características de estos fusibles son las siguientes:

Tabla 11. Tabla de características del fusible de cuchillas. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	Fusible de cuchillas centradas de tipo gR-gS
-------------------	--


Características
<p>Fusible de tipo gR-gS especialmente diseñado para la protección de semiconductores y circuitos eléctricos.</p> <p>Apto para bases portafusibles NH00.</p> <p>Corriente nominal de 16A.</p> <p>Tensión nominal de 690V.</p>

El fusible se complementa aguas arriba con un magnetotérmico para obtener una mayor protección. Al realizar un arranque mediante variador, no se generan picos de arranque muy elevados por lo que se elige un dispositivo de curva de disparo tipo C. Como ya se dispone de un fusible en cada fase, lo que se pretende es obtener una protección adicional, por lo que se selecciona un dispositivo de 10 A, con las siguientes características:

Tabla 12. Interruptor magnetotérmico de 10 A. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	Magnetotérmico de 10 A.
	
Características	
Curva de disparo tipo C.	

Corriente nominal de 10 A.
 Dispositivo tripolar apto para carril DIN.
 Poder de corte de 50 kA a 400V.

Protección contra sobrecarga.

La protección contra sobrecarga se encuentra integrada en los propios variadores, por lo que no se requiere protección adicional en este aspecto.

Protección contra fugas de corriente.

Se decide no utilizar ningún diferencial, ya que pueden producirse disparos innecesarios del mismo, tal como recomienda el fabricante de los variadores de frecuencia.

4.1.4. Paradas de emergencia.

Para poder realizar un paro de emergencia tanto de la tolva de vendimia como de la cinta de elevación de la uva, se opta por la instalación de una seta de parada de emergencia en cada equipo, para que el operador pueda detener de forma rápida el equipo en caso de cualquier problema o peligro.

La seta elegida, cuenta dos contactos normalmente cerrados. Se seleccionan 2 unidades con las siguientes características:

Tabla 13. Ficha de especificaciones de la seta de emergencia. Fuente: elaboración propia.

Nombre del equipo	Seta de parada de emergencia
	
Características	
2 contactos normalmente cerrados.	
Botón pulsador de color rojo.	
Protección IP65.	

Montaje en superficie.

Liberación por torsión.

Protección contra cortocircuitos con un fusible de 10 A.

En normativas como la EN 60204-1, EN-ISO 12100 y EN 60947-5-1, se especifica que las paradas de emergencia de las máquinas deben ser capaces de cortar la alimentación del equipo, no siendo válido únicamente el envío de una señal al PLC para que este detenga el equipo, y no deben permitir el rearme accidental de la máquina. Para cumplir estas normativas, se incorpora un relé de seguridad asociado a cada seta de parada de emergencia.

Estos dispositivos reciben la señal desde la seta de emergencia, comprobando la ausencia de fallos, y una vez realizada la comprobación, permiten el cierre de sus contactos. En caso de cualquier fallo, no permiten el rearme del sistema.

En caso de que se active el paro de emergencia, el relé no activa de nuevo sus contactos hasta que la seta de parada se rearme y cierre sus contactos, y además, se pulse el botón de rearme, de forma que se evita la puesta en marcha accidental del equipo.

Se selecciona un relé de seguridad de las siguientes características, siendo necesarias 2 unidades de este:

Tabla 14. Relé de seguridad. Fuente: Elaboración propia

Nombre del equipo	Relé de seguridad
	
Características	
<p>2 entradas para contactos normalmente cerrados.</p> <p>3 salidas con contactos normalmente abiertos.</p> <p>Tensión de alimentación de 24V.</p> <p>Certificado CE.</p>	

Indicadores LED para el estado de los canales de entrada y de la alimentación.

Integrable en carril DIN.

Mediante los contactos auxiliares presentes en el relé, se puede monitorizar el estado de las paradas de emergencia al conectarlos a las entradas digitales presentes en el PLC.

Para el rearme, se utiliza un pulsador de color blanco, conectado a los bornes que el relé de seguridad tiene habilitados para dicho fin, que al ser pulsado cierra el circuito de rearme del relé, proporcionando así un método seguro de rearme una vez la seta ha dejado de estar pulsada.

Tabla 15. Pulsador de rearme. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	Pulsador de rearme para relé de seguridad
	
Características	
<p>Pulsador momentáneo, soporta hasta 10 A y 600v.</p> <p>Botón de color blanco.</p> <p>Apto para montaje en panel.</p> <p>Retorno por muelle.</p>	

En el caso de la tolva de vendimia, el relé de seguridad se encuentra cableado en serie entre la salida digital %Q0.1 del S7-1214C DC/DC/DC y la entrada digital del variador de frecuencia, de forma que este deja de recibir señal de marcha al abrir los contactos el relé debido al accionamiento de la seta de parada.

Para la cinta de elevación de uva, el relé se encuentra cableado en serie entre la salida digital %Q0.0 del S7-1214C DC/DC/DC, y la entrada digital del variador de frecuencia, siguiendo el mismo esquema que en el caso anterior.

4.1.5. Monitorización de las protecciones eléctricas y paradas de emergencia.

Para poder supervisar de forma el estado de los dispositivos de protección eléctrica, se utiliza un contacto auxiliar el cual se acopla al lateral de estos de forma que sus contactos conmutan solidariamente con ellos, y que se pueden cablear hacia el autómata para poder tener una entrada que varíe su estado conforme lo hacen los dispositivos de protección, permitiendo así la rápida detección de un problema en la instalación.

Se seleccionan contactos auxiliares de las siguientes características:

Tabla 16. Contacto auxiliar. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	Contacto auxiliar
	
Características	
<p>2 contactos normalmente abiertos.</p> <p>Tensión máxima de 690 V de AC.</p> <p>Intensidad nominal de 2 A DC y 10 A de AC.</p>	

4.1.6. Selección de los dispositivos de control y supervisión de la recepción de la uva.

Una vez se han definido los equipos necesarios a nivel de campo para esta etapa, se pasa a seleccionar el equipo correspondiente al nivel de control, es decir, el PLC.

Se ha de tener en cuenta que el autómata soporte la instalación de un HMI, correspondiente al nivel de supervisión. En primer lugar, se definen las necesidades que debe cubrir:

Tabla 17. Conexiones realizadas al PLC. Fuente: Elaboración propia.

Dispositivo	Unidades	Forma de conexión
Módulo SIWAREX	1	Interfaz de comunicación.
Entrada analógica	1	Borne de entradas.
Salida analógica	2	Módulo especializado.
Entradas digitales	5	Bornes de entradas.
Salidas digitales	2	Bornes de salidas.
HMI	1	Interfaz de comunicación.

Los dispositivos utilizados se alimentan a 24 V, por lo que se tiene en cuenta este aspecto al seleccionar el autómata. El PLC debe soportar 5 entradas digitales, 2 salidas digitales, 2 salidas analógicas, 1 entrada analógica, además de un módulo de pesaje y un HMI comunicados a través de la interfaz de comunicación. El autómata seleccionado es el siguiente:

Tabla 18. Ficha de especificaciones del PLC 1. Fuente: Elaboración propia

Nombre del equipo	Siemens S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC
	
Características	
<p>CPU compacta que funciona con corriente continua en un rango de entre 20,4 y 28,8 V, integra en su bastidor 14 entradas digitales, 10 salidas digitales a transistor y 2 entradas analógicas, así como 1 puerto Profinet integrado, soportando hasta 3 módulos de comunicación adicionales. Admite hasta 8 módulos de expansión, siendo apta para su montaje en carril DIN.</p> <p>Memoria de trabajo de 100kB y memoria de carga de 4 MB.</p>	

Al utilizar salidas analógicas, se genera la necesidad de utilizar un módulo adicional que sea capaz de soportar este tipo de salidas, ya que este PLC no las incorpora de forma nativa, por lo que se opta por el siguiente modulo:

Tabla 19. Módulo de salidas analógicas. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	Módulo de salidas analógicas SM 1232 AQ
	
Características	
<p>2 canales de entradas analógicas de Voltaje (0 a 10 V) y de Intensidad (0 a 20 mA o 4 a 20 mA) configurables con TIA PORTAL.</p> <p>Alimentación mediante el backplane de la CPU.</p> <p>Resolución 12 bits.</p>	

Se selecciona también un HMI cuya función en el sistema es permitir al operador las siguientes tareas:

- Control del módulo SIWAREX (Inicio y fin de pesaje, Tara, visualización del valor de pesaje y configuración).
- Marcha y paro tanto del sinfín y cinta elevadora.
- Configuración de la velocidad de funcionamiento del variador de frecuencia de la cinta elevadora.
- Visualización de alarmas.

Tabla 20. Ficha de especificaciones del HMI. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	HMI SIMATIC Comfort Siemens TP700.
-------------------	------------------------------------


Características
<p>Pantalla táctil de tipo resistiva de 7 pulgadas.</p> <p>1 puerto de comunicación RJ45 a protocolos MODBUS y PROFINET.</p> <p>Grado de protección IP65 en su parte frontal y IP20 en su parte posterior.</p> <p>Alimentación a 24 V.</p>

El HMI se conecta mediante ethernet a través del puerto integrado en el PLC.

4.2. Fermentación y crianza.

En la siguiente etapa que resulta objeto de automatización en el presente proyecto, la uva se bombea desde la salida de la despalilladora-estrujadora hasta los depósitos para proceder a su encubado. Se trata de una de las fases más importantes del proceso de elaboración ya que en esta fase se produce la fermentación alcohólica.

En la bodega se cuenta con 8 depósitos cilíndricos de las siguientes características:

Tabla 21. Ficha de especificaciones de los depósitos. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	Depósitos
	
Características	

Depósitos fabricados en acero inoxidable 304I con fondo plano inclinado 5% .

Capacidad para 10.000 litros de vino.

Camisa de frio y tubo de remontado.

Altura de 2 metros y diámetro 2,1 metros.

En estos depósitos, se automatizan las siguientes tareas:

- Monitorización del nivel de los depósitos.
- Monitorización y control de la temperatura de los depósitos.
- Control de la bomba de remontados, y sus protecciones eléctricas.
- Monitorización de la densidad del mosto durante la fermentación.

4.2.1. Monitorización del nivel de los depósitos.

Para la medición de nivel del depósito, se selecciona un sensor de nivel tipo radar, sin contacto directo con el vino en el depósito. Los depósitos tienen una altura de 2 metros, por lo que el dispositivo debe ser capaz de realizar mediciones por lo menos en esa distancia. Al realizar el montaje de este equipo se debe prestar especial atención a que se encuentre totalmente perpendicular al nivel de líquido a medir, así como a que el flujo de llenado no interfiera en la señal de medición dando lugar a falsas mediciones. Se selecciona el siguiente tipo de sensor:

Tabla 22.Ficha especificaciones sensor radar. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	SITRANS LR100
	
Características	
Sensor de nivel tipo radar mediante señal de 80 GHz.	

Distancia de medición de hasta 8 metros.

Rango de temperatura de entre -40 y 80 °C.

Presión máxima de hasta 4 bares.

Voltaje de entre 12 y 24 V.

Precisión de ± 2 mm.

Salida analógica 4-20 mA.

El dispositivo se integra en el sistema a través de señal analógica de entrada en la CPU y de rango 4-20mA.

Es un tipo de sensor de nivel que realiza una medición continua e indirecta. Para ello, emite una señal de alta frecuencia que se refleja en la superficie del líquido y es detectada de nuevo por el sensor. En función del tiempo que tarda en ser detectada de nuevo, el sensor calcula la distancia existente entre el dispositivo y el vino, emitiendo una señal eléctrica analógica proporcional al nivel. Se elige este tipo de sensor debido a que se realiza una medición sin contacto, de forma que se previene cualquier tipo de contaminación en el vino, y proporciona una medición continua que al ser procesada por el PLC, permite conocer el volumen de vino del que se dispone en el depósito en todo momento.

4.2.2 Monitorización y control de la temperatura de los depósitos.

Monitorización de temperatura.

La monitorización de temperatura en los depósitos se realiza mediante sondas RTD de tipo PT100.

Dentro de este tipo de sondas, existen dispositivos con diferentes precisiones, por lo que para elegir entre la clase de precisión A y B, se valora la tolerancia de ambas clases según la norma IEC-6075, la cual define ambas tolerancias según las siguientes formulas:

- Clase A

$$Tolerancia = (0.15 + 0.002 * |t|)$$

- Clase B

$$Tolerancia = (0.30 + 0.005 * |t|)$$

Donde:

$|t|$: Corresponde al valor absoluto de la temperatura medida.

La tolerancia aumenta con la temperatura, entre otras razones por la dilatación térmica que sufre el platino con la temperatura, por tanto, se utiliza la mayor temperatura a la que se prevé exponer la sonda para realizar el cálculo de la tolerancia, siendo esta de unos 30 °C.

De esta manera, se determinan las tolerancias a 30 °C de ambas clases:

Tolerancia Clase A: $\pm 0.21^\circ\text{C}$

Tolerancia Clase B: $\pm 0.45^\circ\text{C}$

Se decide, por tanto, seleccionar una sonda de la clase B debido a que resulta más económica y la tolerancia que proporciona es suficiente para la monitorización y control de la temperatura del depósito. Se selecciona un modelo de 3 hilos, de forma que se compense la resistencia del cable en la medición.

Tabla 23. Ficha especificaciones sonda de temperatura. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	PT100
	
Características	
<p>Tolerancia clase B.</p> <p>Precisión 0,3 %.</p> <p>Protección IP54.</p> <p>Conexión a 3 hilos.</p> <p>Carcasa fabricada en aluminio y varilla en acero inoxidable.</p>	

La medición realizada por estas sondas se basa en la variación que experimenta la conductividad eléctrica en materiales conductores contruidos con metales puros, debido a que, al aumentar la

temperatura, se incrementa también la amplitud de vibraciones de los iones, dificultando el paso de los electrones por el conductor, dando lugar a un aumento de la resistividad eléctrica.

La relación entre temperatura y resistencia es conocida, y tiene una muy buena repetibilidad, la cual se mantiene en el tiempo, por lo que son una opción muy interesante para realizar mediciones de temperatura.

Se trata de un elemento pasivo, es decir, que no genera una salida por sí mismo, por lo que, para poder realizar la lectura del sensor, se decide utilizar un módulo especializado, ya que los PLC no pueden leer valores de resistencia eléctrica, si no que se debe utilizar un dispositivo intermedio que transforme ese valor en un valor procesable por el autómata. En este proyecto, el módulo que realiza la lectura del sensor se encuentra descrito en la *Tabla 33.Ficha de especificaciones del módulo RTD y de entradas analógicas.*

Control de temperatura.

Cuando la temperatura excede el valor configurado por el operador como valor de referencia, se debe hacer pasar agua glicolada por las camisas del depósito, para lo cual se instala una válvula de solenoide controlada desde una salida digital del PLC, que en caso de ser necesario abrir el circuito de refrigeración, se activa abriendo la válvula y permitiendo el paso de refrigerante por las camisas.

La válvula de solenoide seleccionada, de la cual son requeridas 8 unidades, tiene las siguientes características:

Tabla 24.Ficha de especificaciones válvula de control de frio. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	Válvula de solenoide
	
Características	
<p>Electroválvula normalmente cerrada.</p> <p>Cuerpo en acero inoxidable 304.</p> <p>Bobina de 24 V DC.</p>	

Rosca de $\frac{3}{4}$ de pulgada.

Valor Kv de 6,48 m³/h a 1 bar de presión en agua.

4.2.3. Control de la bomba de remontados.

Para el control de la bomba de remontados, el sistema elegido consiste en la puesta en marcha de las bombas a través de contactores con una bobina de control, la cual se encuentra vinculada a una salida digital del PLC. El operador puede desde el HMI seleccionar cuando y durante cuanto tiempo desea que funcione la bomba de cada depósito, siendo controlado este proceso por el PLC.

Se elige una bomba de desplazamiento positivo, adecuada para bombear líquidos con sólidos en suspensión, de las siguientes características:

Tabla 25. Bomba de remontados. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	Bomba para remontados
	
Características	
<p>Bomba de desplazamiento positivo con rodete de goma fabricado con EPDM (Etileno-Propileno-Dieno Monómero) apto para su contacto con alimentos según la norma EC1935/2004.</p> <p>Motor y cuerpo de la bomba giran de forma solidaria, con una transmisión directa del giro a 900 revoluciones por minuto, con una única velocidad.</p> <p>Cebado automático.</p> <p>Funcionamiento a 400 V, con una potencia nominal de 1,5 kW e intensidad de 0,9 A.</p>	

El contactor asociado a cada bomba para su control, presenta las siguientes características:

Tabla 26. Ficha de especificaciones del contactor de potencia trifásico. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	Contactor de potencia trifásico
	
Características	
<p>Intensidad nominal de 9^a y capacidad de conmutación de hasta 9A a 400V.</p> <p>Apto para montaje en carril DIN.</p> <p>Control con 24 V asociado a un contacto normalmente abierto que controla la conmutación.</p>	

Protecciones eléctricas de la bomba de remontados.

Se debe instalar una protección eléctrica para el motor ante sobrecarga térmica y ante cortocircuitos, seleccionando los dos siguientes dispositivos:

Tabla 27. Ficha de especificaciones relé de sobre carga térmica. Fuente: Elaboración propia

Nombre del equipo	Relé de sobrecarga térmica
	
Características	
<p>Rango de funcionamiento ajustable entre 0,9 y 1,25 A.</p>	

<p>Indicador visual para indicar que se ha producido el disparo.</p> <p>1 contacto auxiliar normalmente abierto que envía una señal en caso de disparo y un normalmente cerrado para desconexión del sistema.</p> <p>1 contacto auxiliar normalmente cerrado para poder dispararlo de forma remota.</p>

Para la protección contra cortocircuitos, se instala un dispositivo magnetotérmico, con las siguientes características:

Tabla 28. Interruptor magnetotérmico de 6A. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	Interruptor magnetotérmico de 6A.
	
Características	
<p>Intensidad nominal de 6A.</p> <p>Curva de disparo tipo C.</p> <p>Poder de corte de 6kA.</p> <p>Integrable en carril DIN.</p>	

Para la monitorización del estado de las protecciones se utilizan contactos auxiliares como los descritos en la *Tabla 17.Contacto auxiliar.* , que conmutan de forma solidaria a los contactos de las protecciones, y que al ser cableados a las entradas digitales del PLC, permiten detectar el disparo de una protección eléctrica, indicando al operador en el HMI cual es la protección que ha actuado y permitiendo la rápida identificación del problema.

4.2.4. Monitorización de la densidad.

Para poder llevar a cabo la monitorización de la densidad, no se realiza una medición directa de la misma. En su lugar se mide la presión mediante dos sensores, uno colocado en la parte

superior del depósito, en la zona libre de vino, y otro en la parte inferior, en contacto con el líquido, encontrándose acoplados mediante bridas al depósito. Cada sensor genera una señal analógica la cual se transforma en un valor de densidad mediante el cálculo programado en el PLC.

En un depósito, en el cual se encuentra un fluido en reposo, como es el caso del vino, existe un tipo de presión conocida como presión hidrostática, la cual se puede definir como la presión a la que se encuentra sometida un objeto situado dentro de un fluido y causado por la columna de líquido que se sitúa sobre él.

Esta presión, en un fluido en equilibrio, resulta directamente proporcional a la gravedad, la altura y la densidad del fluido, según la siguiente ecuación:

$$P = \rho \times g \times h$$

Donde:

P = Presión (Pa)

ρ = Densidad (kg/m³)

g= Aceleración debido a la gravedad (Se puede considerar 9.8 m/s²)

h= altura en el fluido (m)

Como se trata de un depósito el cual se llena hasta el 80 % de su capacidad máxima, la presión hidrostática en un punto del depósito se compone de la suma de la presión causada por el aire en el espacio libre de vino, y la presión causada por el propio líquido. Debido a esto, se debe medir la presión presente en el espacio libre para poder restar su efecto al causado por el propio vino, y conociendo ambas presiones, se puede determinar la densidad del vino mediante la siguiente operación matemática.

$$\rho = \frac{P \text{ vino} - P \text{ gas}}{g \times h}$$

Donde:

P vino y P gas: Son las mediciones de presión obtenidas de ambos sensores de presión.

h: Es la altura que existe por encima del punto donde se encuentra situado el sensor de presión de la zona de vino.

El dispositivo seleccionado para la medición de presión es el siguiente:

Tabla 29. Ficha de especificaciones sensor de presión. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	SITRANS P DS III
	
Características	
<p>Salida analógica de 4-20 mA.</p> <p>Alimentación a 24 V.</p> <p>Presión máxima de 9 bares.</p> <p>2 puertos de entrada.</p> <p>Diafragma montado con tubo capilar flexible, fabricado en acero inoxidable 316 y utilizando aceite apto para uso alimentario en su interior.</p>	

Su principio de funcionamiento es muy similar al de las celdas de carga, donde la fuerza a la que se somete el dispositivo debido a la presión, se transforma en una señal eléctrica proporcional a la deformación sufrida por un cuerpo y la variación de la resistencia eléctrica que tiene lugar.

4.2.5. Monitorización de humedad y temperatura en la sala de crianza.

La bodega cuenta con una sala destinada a la crianza del vino en barrica, en la que se monitoriza la humedad relativa y temperatura de la sala, de forma que se pueda actuar de forma rápida ante cualquier desviación. Para la medición de las condiciones ambientales de sala, se opta por la instalación de un equipo que integre ambas mediciones de forma combinada, optando por el siguiente dispositivo:

Tabla 30. Ficha de especificaciones sensor de humedad y temperatura. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	Sensor de humedad relativa y temperatura SIEMENS QFA3171
	
Características	
<p>Alimentación a 24 V DC.</p> <p>Dos canales de salida, uno por cada variable.</p> <p>Salida analógica 0-10 V y 4-20 mA</p> <p>Rango de funcionamiento: -40 a +70 °C y 0-100 % humedad relativa.</p> <p>Clase de protección IP30.</p>	

Este dispositivo contiene dos sensores integrados. Por un lado, un sensor de humedad capacitivo el cual utiliza un material higroscópico sensible a la humedad relativa, absorbiendo o cediendo agua al ambiente en función de las condiciones ambientales y provocando la variación de la constante dieléctrica del material cuando este absorbe moléculas de agua, de forma que varía la capacitancia, y que tras ser procesada por el dispositivo genera una señal analógica según la configuración que se realiza en el sensor.

Por otro lado, un sensor PT100 integrado en el dispositivo es quien realiza la medición de temperatura de la sala, midiendo la variación de la resistencia y generando una señal analógica de salida.

4.3. Selección de dispositivos de control y supervisión de los depósitos y sala de crianza.

El control tanto de la etapa fermentativa como de la sala de crianza, se integra en una misma CPU, contando con dos HMI diferentes para el control de cada uno de los procesos.

Para realizar seleccionar el modelo de autómeta, se debe asegurar que sea suficiente para soportar las siguientes características:

Tabla 31. Tabla de conexiones al PLC. Fuente: Elaboración propia.

Dispositivo	Entrada/salida
Entradas analógicas	34
Entradas digitales	16
Salidas digitales	16
Dispositivos HMI	2

Se decide utilizar una CPU de la serie S7-1500, el cual a diferencia del S7-1200 se trata de un equipo modular, lo que permite una mayor adaptabilidad a las necesidades del proyecto.

La CPU seleccionada es la siguiente:

Tabla 32. Ficha de especificaciones de la CPU del PLC 2. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	SIMATIC S7-1500 CPU 1513-1 PN
	
Características	
<p>CPU de tipo modular con pantalla frontal integrada y con capacidad para hasta 32 módulos, admitiendo hasta 512 canales de entradas y salidas. Presenta también un puerto PROFINET integrado. Capacidad de memoria de 300 kB para programas y 1 MB para datos.</p> <p>Funciona con alimentación a 24 V DC.</p>	

A continuación, se seleccionan los módulos necesarios para procesar los sensores y actuadores del proyecto.

4.3.1. Módulo de entradas asociado a las sondas PT100 y sensores de presión.

En primer lugar, se selecciona el módulo necesario para las 8 sondas PT100 y los sensores de presión, seleccionando un módulo de entradas analógicas que además de admitir la conexión de entradas analógicas de voltaje e intensidad, está diseñado para poder procesar la señal de sensores RTD y termopares. Se ha de tener en cuenta que cada sonda de este tipo necesita dos canales para su conexión a este módulo, mientras que los sensores de presión en cambio requieren únicamente de 1 canal para su conexión al módulo.

El módulo incorpora un conversor A/D para transformar la señal analógica de las termorresistencias en una señal de tipo digital que transmite a la CPU. Para llevar a cabo el proceso de conversión, el módulo realiza un muestreo en tiempos concretos de la señal analógica, cuantificando su valor en esos puntos.

Con estos datos, se selecciona un módulo de 8 canales de entrada , siendo necesarias 4 unidades con las siguientes características:

Tabla 33.Ficha de especificaciones del módulo RTD y de entradas analógicas. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	AI 8xU/I/RTD/TC ST
	
Características	
<p>8 canales de entradas analógicas, configurables independientemente para lectura de voltaje, intensidad, o ser utilizados en lectura de RTD de 2,3 y 4 hilos y termopares.</p> <p>Circuito incorporado de corriente constante para realizar la lectura de la resistencia en la RTD.</p> <p>Resolución hasta 16 bits.</p> <p>Funciones de diagnóstico para cortocircuitos, roturas de cable y valores fuera de rango.</p>	

4.3.2. Módulo de entradas analógicas para los sensores tipo radar.

Para el procesamiento de las 8 señales de los sensores radar, los cuales proporcionan una señal analógica, se selecciona el siguiente módulo de entradas analógicas, diferenciándose del anterior por estar diseñado para la adquisición de señales analógicas vinculadas a magnitudes con variaciones más rápidas. Se requiere por tanto una unidad del siguiente módulo:

Tabla 34. Módulo de entradas analógicas para los sensores radar. Fuente: Elaboración propia

Nombre del equipo	AI 8xU/I HS
	
Características	
<p>8 canales de entradas analógicas de hasta 40 mA.</p> <p>Aislamiento entre canales y respecto al backplane del PLC.</p> <p>Resolución hasta 16 bits.</p> <p>Precisión del $\pm 0.3 \%$.</p> <p>Funciones de diagnóstico para cortocircuitos, roturas de cable y valores fuera de rango.</p>	

4.3.3. Módulo de entradas y salidas digitales.

Para el procesamiento de la entradas y salidas de tipo digital, se elige una referencia que combina entradas y salidas de este tipo, siendo necesario cablear 16 señales de entrada digital, correspondientes al estado de los relés de sobrecarga térmica y magnetotérmicos de las bombas de remontados, así como 16 señales de salida, correspondientes a los solenoides de las camisas de los depósitos y los contactores que controlan las bombas, por lo que se utilizan dos unidades del siguiente modelo:

Tabla 35. Ficha de especificaciones módulo de entradas y salidas digitales. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	DI 16x24VDC / DQ 16x24VDC/0.5A
-------------------	--------------------------------


Características
<p>Alimentación a 24 V DC.</p> <p>16 señales de entrada digitales de 24V.</p> <p>16 señales de salida digitales de 24V DC de hasta 0.5 A tipo transistor.</p> <p>Indicador LED para indicar visualmente estado de cada entrada y salida.</p> <p>Funciones de diagnóstico para cortocircuito, rotura de hilo y tensión de alimentación.</p>

4.3.4. Módulo de entradas analógicas.

Se requiere procesar las dos señales analógicas procedentes de la medición de humedad y temperatura de la sala de crianza, por lo que se equipa otro módulo adicional con capacidad para procesar dos señales analógicas, seleccionando el siguiente:

Tabla 36. Módulo de entradas analógicas de 4 canales. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	AI 4xU/I/RTD/TC ST
	
Características	

4 canales de entradas analógicas, configurables independientemente para lectura de voltaje, intensidad, o ser utilizados en lectura de RTD de 2,3 y 4 hilos y termopares.

Circuito incorporado de corriente constante para realizar la lectura de la resistencia en la RTD.

Resolución hasta 16 bits.

Funciones de diagnóstico para cortocircuitos, roturas de cable y valores fuera de rango.

4.3.5. Selección de los equipos HMI asociados a la CPU S7-1513 1PN.

Para permitir al operador, tanto la visualización de las variables medidas, como para poder configurar la entrada en funcionamiento de los actuadores, se seleccionan dos HMI asociados a la CPU S7-1513- 1 PN.

Para el control y supervisión del proceso fermentativo que se lleva a cabo en los depósitos, se selecciona un HMI de mayor tamaño, ya que lleva asociado más dispositivos y requiere de mayor espacio para la visualización, optando por el siguiente modelo:

Tabla 37. Ficha de especificaciones del HMI para el proceso de fermentación. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	HMI SIMATIC Siemens TP1200 Comfort
	
Características	
<p>Pantalla de 12 pulgadas de tipo táctil resistiva.</p> <p>2 puertos ethernet integrados.</p> <p>1 puerto USB 2.0.</p> <p>Soporta protocolos Profinet, Modbus TCP, TCP/IP, S7-Communication.</p> <p>Alimentación a 24 V DC.</p>	

Protección IP65.

Para la zona de la sala de crianza, resulta suficiente con un equipo HMI de menor tamaño, debido a que las variables a monitorizar son de menor envergadura, por lo que se selecciona el siguiente dispositivo:

Tabla 38. Ficha de especificaciones para el HMI de la sala de crianza. Fuente: Elaboración propia.

Nombre del equipo	HMI Siemens KTP700 Basic PN
	
Características	
<p>Alimentación a 24 V DC.</p> <p>Pantalla de 7 pulgadas de tipo táctil resistiva.</p> <p>Protección IP65.</p> <p>8 teclas físicas.</p> <p>Puerto Profinet integrado.</p>	

5. Software de programación.

Las CPU, módulos y HMI mencionados en el presente proyecto pertenecen todos ellos al fabricante SIEMENS. Esto simplifica la programación ya que desde 2010, Siemens integra todo su software en una misma plataforma conocida como TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal), con el objetivo unificar la programación de PLCs, HMIs, redes industriales y variadores de velocidad en una única plataforma. La versión del programa que se utiliza en el presente proyecto es la versión 19.

Para la programación, admite diferentes lenguajes de programación que se encuentran definidos en la norma IEC 61131-3, entre los que se encuentran:

- Lenguaje de Contactos (LD)
- Texto Estructurado (ST)
- Diagrama de Bloques de Función (FBD)
- Lista de Instrucciones (IL)
- Diagrama de Secuencias de Funciones (SFC)

Dentro de la plataforma, se incorpora un simulador para poder realizar pruebas de la lógica programada, así como de los diseños de las pantallas.

La configuración de diferentes módulos y otros parámetros como configuraciones de direcciones IP e interfaces de comunicación se llevan a cabo también mediante esta plataforma.

Una vez realizadas todas las programaciones, así como las configuraciones necesarias, desde TIA Portal se pueden trasladar a los dispositivos de hardware.

Para almacenar y manipular datos dentro del programa del PLC, se dispone de diferentes tipos de variables entre las que se encuentran las variables de entrada (I), que representan señales que se reciben desde sensores o dispositivos externos, las variables de salida (Q), que corresponden a señales que se envían a actuadores, y las variables de marcas (M), que se utiliza como memoria intermedia para almacenar datos temporalmente dentro del programa. También existen un tipo de variables conocidas como bloques de datos (DB), en el cual se pueden contener diferentes tipos de información, como enteros, reales o estructuras más complejas. Los bloques de datos permiten almacenar múltiples valores organizados dentro de una estructura, de forma que cada variable dentro de un bloque de datos tiene una dirección relativa dentro del bloque, lo que permite acceder a ellas de forma estructurada.

Las direcciones de memoria en TIA Portal indican la ubicación exacta donde se almacenan las variables dentro del PLC. Cada tipo de variable tiene un área de memoria específica, siguiendo los siguientes criterios:

- Las entradas se direccionan con la letra "I" seguido del número de bit o byte correspondiente.
- Las salidas se direccionan comenzando por la letra "Q".
- Las marcas de memoria se identifican con la letra "M".

Las variables pueden tener distintos tipos de datos, que determinan el formato de la información que cada variable puede contener según la información que se desea almacenar. Para este proyecto, se utilizan los siguientes tipos:

- Bool

Almacena valores lógicos, como Verdadero o Falso o bien "1" o "0".

Tabla 39. Propiedades de los datos tipo Bool. Fuente: Siemens

Longitud (bits)	Formato	Rango de valores	Ejemplos de entrada de valores
1	Booleano	FALSE o TRUE BOOL#0 o BOOL#1 BOOL#FALSE o BOOL#TRUE	TRUE BOOL#1 BOOL#TRUE
	Enteros sin signo	0 ó 1	1
	Números binarios	2#0 ó 2#1	2#0
	Números octales	8#0 u 8#1	8#1
	Números hexadecimales	16#0 ó 16#1	16#1

- Int

Se trata de valores enteros de 16 bits con signo, con valores desde -32.768 hasta 32.767.

Tabla 40. Propiedades de los datos tipo Int. Fuente: Siemens.

Tamaño en bits	Tipo de numero	Rango de valores	Ejemplos de entrada de valores
16	Enteros con signo	-32768 hasta 32767	+3785, INT#+3785

Números binarios (sólo positivos)	2#0 hasta 2#01111111111111111111	2#0000111011001001, INT#2#0000111011001001
Números octales	8#0 hasta 8#77777	8#7311, INT#8#7311
Números hexadecimales (sólo positivos)	16#0 hasta 16#7FFF	16#0EC9, INT#16#0EC9

- Dint

Almacena valores enteros dobles de 32 bits con signo, en el rango de valores desde

-2.147.483.648 hasta 2.147.483.647

Tabla 41. Propiedades de los datos tipo Dint. Fuente: Siemens.

Longitud (bits)	Formato	Rango de valores	Ejemplos de entrada de valores
32	Enteros con signo	-2147483648 hasta +2147483647	125790, DINT#125790, L#275
	Números binarios (sólo positivos)	2#0 hasta 2#01111111111111111111111111111111	2#00000000000000001111010110101110, DINT#2#00000000000000001111010110101110
	Números octales (sólo positivos)	8#0 hasta 8#1777777777	8#365536, DINT#8#365536
	Números hexadecimales	16#00000000 hasta 16#7FFFFFFF	16#0001EB5E, DINT#16#0001EB5E

- Real

Representa valores numéricos de coma flotante de 32 bits para almacenar valores decimales.

Tabla 42. Propiedades de los datos tipo Real. Fuente: Siemens.

Longitud (bits)	Formato	Rango de valores	Ejemplos de entrada de valores
32	Números en coma flotante según IEEE754	-3.402823e+38 a -1.175495e-38 ±0,0 +1.175495e-38 a +3.402823e+38	1.0e-5, REAL#1.0e-5
	Números en coma flotante		1,0, REAL#1.0

- Time

Representa un valor de tiempo en milisegundos.

Tabla 43. Propiedades de los datos tipo Time. Fuente: Siemens.

Longitud (bits)	Formato	Rango de valores	Ejemplos de entrada de valores
32	Tiempo con signo	T#-24d20h31m23s648ms bis T#+24d20h31m23s647ms	T#10d20h30m20s630ms, TIME#10d20h30m20s630ms
	Números hexadecimales	16#00000000 hasta 16#7FFFFFFF	16#0001EB5E

- Array

Estructura que permite almacenar varios valores del mismo tipo de datos en una secuencia.

Tabla 44. Ejemplo de datos tipo Array. Fuente: Siemens.

Nombre	Declaración	Comentario
Valor medido	Array[1..20] of REAL	Campo unidimensional de 20 componentes
Hora	Array[-5..5] of INT	Campo unidimensional de 11 componentes
Carácter	Array[1..2, 3..4] of CHAR	Campo bidimensional de 4 componentes

6. Señales de entrada.

En un sistema de automatización, el autómatas necesita adquirir datos externos del estado del proceso, para poder ejecutar la lógica programada en el mismo y monitorizar y/o actuar sobre el sistema.

Las señales de entrada en los sistemas de automatización se pueden definir como la información que llega al controlador procedente de dispositivos externos como sensores o interruptores que forman parte del sistema. Estos dispositivos generan señales, las cuales se pueden diferenciar en señales digitales o analógicas.

6.1. Señales de entrada necesarias en el proyecto.

Una vez las señales de entrada son recibidas por el autómatas, se deben vincular a variables creadas en la programación del equipo, para poder tanto almacenar el estado de la entrada durante la ejecución de la lógica programada.

Para poder llevar a cabo la automatización proyectada en el presente proyecto, se requiere captar las siguientes señales desde el proceso para ejecutar la programación:

6.1.1. Recepción de la uva.

Tabla 45. Señales de entrada utilizadas para el S7-1200 en la recepción de uva. Fuente: Elaboración propia.

Dispositivo de procedencia.	Variable asociada.	Tipo de variable.	Dirección.	Tipo de señal.
Sensor inductivo.	COMPUERTA	Bool	%I0.0	Digital.
Relé de seguridad del sinfín.	SETA_PARO_SINFIN	Bool	%I0.1	Digital.
Relé de seguridad de la cinta.	SETA_PARO_CINTA	Bool	%I0.2	Digital.
Contacto auxiliar magnetotérmico del sinfín.	Magnetotermico_SINFIN	Bool	%I0.3	Digital.
Contacto auxiliar magnetotérmico de la cinta.	Magnetotermico_CINTA	Bool	%I0.4	Digital.
Salida analógica del módulo SIWAREX.	Señal_peso	Word	%IW64	Analógica.

6.1.2. Depósitos de fermentación.

Tabla 46. Señales de entrada utilizadas en el S7-1500 para la sala de depósitos. Fuente: Elaboración propia.

Dispositivo de procedencia.	Variable asociada.	Tipo de variable.	Dirección.	Tipo de señal.
PT100 Depósito 1	TEMP_INT_DEPOSITO1	Int	%IW0	Digital.

PT100 Depósito 2	TEMP_INT_DEPOSITO2	Int	%IW4	Digital.
PT100 Depósito 3	TEMP_INT_DEPOSITO3	Int	%IW8	Digital.
PT100 Depósito 4	TEMP_INT_DEPOSITO4	Int	%IW12	Digital.
PT100 Depósito 5	TEMP_INT_DEPOSITO5	Int	%IW16	Digital.
PT100 Depósito 6	TEMP_INT_DEPOSITO6	Int	%IW20	Digital.
PT100 Depósito 7	TEMP_INT_DEPOSITO7	Int	%IW24	Digital.
PT100 Depósito 8	TEMP_INT_DEPOSITO8	Int	%IW28	Digital.
Contacto auxiliar magnetotérmico depósito 1	Magneto_bomba_deposito_1	Bool	%I32.0	Digital
Contacto auxiliar magnetotérmico depósito 2	Magneto_bomba_deposito_2	Bool	%I32.1	Digital
Contacto auxiliar magnetotérmico depósito 3	Magneto_bomba_deposito_3	Bool	%I32.2	Digital
Contacto auxiliar magnetotérmico depósito 4	Magneto_bomba_deposito_4	Bool	%I32.3	Digital
Contacto auxiliar magnetotérmico depósito 5	Magneto_bomba_deposito_5	Bool	%I32.4	Digital

Contacto auxiliar magnetotérmico depósito 6	Magneto_bomba_deposito_6	Bool	%I32.5	Digital
Contacto auxiliar magnetotérmico depósito 7	Magneto_bomba_deposito_7	Bool	%I32.6	Digital
Contacto auxiliar magnetotérmico depósito 8	Magneto_bomba_deposito_8	Bool	%I32.7	Digital
Contacto auxiliar guardamotor depósito 1	Guardamotor_bomba_deposito_1	Bool	%I33.0	Digital
Contacto auxiliar guardamotor depósito 2	Guardamotor_bomba_deposito_2	Bool	%I33.1	Digital
Contacto auxiliar guardamotor depósito 3	Guardamotor_bomba_deposito_3	Bool	%I33.2	Digital
Contacto auxiliar guardamotor depósito 4	Guardamotor_bomba_deposito_4	Bool	%I33.3	Digital
Contacto auxiliar guardamotor depósito 5	Guardamotor_bomba_deposito_5	Bool	%I33.4	Digital
Contacto auxiliar guardamotor depósito 6	Guardamotor_bomba_deposito_6	Bool	%I33.5	Digital

Contacto auxiliar guardamotor depósito 7	Guardamotor_bomba_deposito_7	Bool	%I33.6	Digital
Contacto auxiliar guardamotor depósito 8	Guardamotor_bomba_deposito_8	Bool	%I33.7	Digital
Sensor radar depósito 1	RADAR_DEPOSITO1	Int	%IW34	Analógica
Sensor radar depósito 2	RADAR_DEPOSITO2	Int	%IW36	Analógica
Sensor radar depósito 3	RADAR_DEPOSITO3	Int	%IW38	Analógica
Sensor radar depósito 4	RADAR_DEPOSITO4	Int	%IW40	Analógica
Sensor radar depósito 5	RADAR_DEPOSITO5	Int	%IW42	Analógica
Sensor radar depósito 6	RADAR_DEPOSITO6	Int	%IW44	Analógica
Sensor radar depósito 7	RADAR_DEPOSITO7	Int	%IW46	Analógica
Sensor radar depósito 8	RADAR_DEPOSITO8	Int	%IW48	Analógica
Sensor de presión parte alta del depósito 1	PRESION_ALTA_1	Int	%IW60	Analógica
Sensor de presión parte alta del depósito 2	PRESION_ALTA_2	Int	%IW62	Analógica
Sensor de presión parte	PRESION_ALTA_3	Int	%IW64	Analógica

alta del depósito 3				
Sensor de presión parte alta del depósito 4	PRESION_ALTA_4	Int	%IW66	Analógica
Sensor de presión parte alta del depósito 5	PRESION_ALTA_5	Int	%IW68	Analógica
Sensor de presión parte alta del depósito 6	PRESION_ALTA_6	Int	%IW70	Analógica
Sensor de presión parte alta del depósito 7	PRESION_ALTA_7	Int	%IW72	Analógica
Sensor de presión parte alta del depósito 8	PRESION_ALTA_8	Int	%IW74	Analógica
Sensor de presión parte baja del depósito 1	PRESION_BAJA_1	Int	%IW76	Analógica
Sensor de presión parte baja del depósito 2	PRESION_BAJA_2	Int	%IW78	Analógica
Sensor de presión parte baja del depósito 3	PRESION_BAJA_3	Int	%IW80	Analógica

Sensor de presión parte baja del depósito 4	PRESION_BAJA_4	Int	%IW82	Analógica
Sensor de presión parte baja del depósito 5	PRESION_BAJA_5	Int	%IW84	Analógica
Sensor de presión parte baja del depósito 6	PRESION_BAJA_6	Int	%IW86	Analógica
Sensor de presión parte baja del depósito 7	PRESION_BAJA_7	Int	%IW88	Analógica
Sensor de presión parte baja del depósito 8	PRESION_BAJA_8	Int	%IW90	Analógica

6.1.3. Sala de crianza.

Tabla 47. Señales de entrada utilizadas en el S7-1500 para la sala de crianza. Fuente: Elaboración propia.

Dispositivo de procedencia	Variable asociada	Tipo de variable	Dirección	Tipo de señal
Salida analógica de humedad sensor de la sala de crianza.	HUMEDAD_RELATIVA_SENSOR	Int	%IW52	Analógica
Salida analógica de temperatura	TEMPERATURA_SENSOR	Int	%IW54	Analógica

sensor de la sala de crianza.				
-------------------------------	--	--	--	--

7. Señales de salida.

Son las señales generadas por el autómata para actuar sobre el proceso. Una vez recibidas y procesadas las señales de entrada, y en función de la programación realizada en el autómata, este emite señales eléctricas a diferentes elementos del sistema conocidos como actuadores.

Las señales de salida se deben a asociar a variables y deben estar cableadas a algún tipo de actuador o dispositivo para producir una acción o cambio.

Las señales de salida necesarias en el proyecto son:

7.1. Recepción de la uva.

Tabla 48. Señales de salida utilizadas en el S7-1200 para la recepción de uva. Fuente: Elaboración propia.

Dispositivo de destino	Variable asociada	Tipo de variable	Dirección	Tipo de señal
Entrada digital del variador.	MARCHA_SINFIN	Bool	%Q0.1	Digital
Entrada digital del variador.	MARCHA_CINTA	Bool	%Q0.0	Digital
Entrada analógica del variador.	FRECUENCIA_CINTA	Int	%QW96	Analógica
Entrada analógica del variador.	FRECUENCIA_SINFIN	Int	%QW98	Analógica.

7.2. Depósitos de fermentación.

Tabla 49. Señales de salida utilizadas en el S7-1500 para los depósitos de fermentación. Fuente: Elaboración propia.

Dispositivo de destino	Variable asociada	Tipo de variable	Dirección	Tipo de señal
Solenoides del depósito 1	SOLENOIDE_DEPOSITO1	Bool	%Q0.0	Digital
Solenoides del depósito 2	SOLENOIDE_DEPOSITO2	Bool	%Q0.1	Digital

Solenoides del depósito 3	SOLENOIDE_DEPOSITO3	Bool	%Q0.2	Digital
Solenoides del depósito 4	SOLENOIDE_DEPOSITO4	Bool	%Q0.3	Digital
Solenoides del depósito 5	SOLENOIDE_DEPOSITO5	Bool	%Q0.4	Digital
Solenoides del depósito 6	SOLENOIDE_DEPOSITO6	Bool	%Q0.5	Digital
Solenoides del depósito 7	SOLENOIDE_DEPOSITO7	Bool	%Q0.6	Digital
Solenoides del depósito 8	SOLENOIDE_DEPOSITO8	Bool	%Q0.7	Digital
Bobina del contactor de la bomba del depósito 1	BOMBA_REMONTADOS_1	Bool	%Q1.0	Digital
Bobina del contactor de la bomba del depósito 2	BOMBA_REMONTADOS_2	Bool	%Q1.1	Digital
Bobina del contactor de la bomba del depósito 3	BOMBA_REMONTADOS_3	Bool	%Q1.2	Digital
Bobina del contactor de la bomba del depósito 4	BOMBA_REMONTADOS_4	Bool	%Q1.3	Digital
Bobina del contactor de la bomba del depósito 5	BOMBA_REMONTADOS_5	Bool	%Q1.4	Digital
Bobina del contactor de la bomba del depósito 6	BOMBA_REMONTADOS_6	Bool	%Q1.5	Digital
Bobina del contactor de la bomba del depósito 7	BOMBA_REMONTADOS_7	Bool	%Q1.6	Digital
Bobina del contactor de la bomba del depósito 8	BOMBA_REMONTADOS_8	Bool	%Q1.7	Digital

8. Programación PLC.

Para la programación del proyecto se utiliza el lenguaje Ladder, debido a su facilidad de lectura e interpretación al asemejarse a circuitos eléctricos de relés.

Se realiza mediante el software TIA Portal del fabricante SIEMENS, en su versión 19, desde el cual se puede realizar tanto la programación de las CPU como de los módulos asociados a ella, así como la configuración de todas las conexiones.

8.1. Recepción de la vendimia.

Tanto el motor eléctrico presente en la tolva de vendimia, como el ubicado en la cinta de elevación, se encuentran asociados a un variador electrónico de frecuencia para su control desde el PLC mediante una señal de tipo digital, ajustando también la velocidad de giro del motor a través de señales de tipo analógico.

8.1.1. Programación de la marcha y paro del sinfín y la cinta.

Para activar la marcha del motor que mueve la tolva, se requiere una señal digital de 24 V procedente de la salida Q0.1 del PLC, cableada a la entrada digital del variador. Se encuentra asociada a la variable booleana “Marcha_sinfín”, mientras que la señal para activar la marcha de la cinta procede de la salida Q0.0 del PLC, asociada a la variable “Marcha_cinta”.

Tabla 50. Variables utilizadas en la marcha y paro del sinfín y la tolva. Fuente: Elaboración propia

Variable	Función
Modo_manual	Se utiliza para activar y desactivar el modo manual de funcionamiento.
Modo_auto	Se utiliza para activar y desactivar el modo automático de funcionamiento.
Compuerta	Se utiliza para indicar el estado de la compuerta de la tolva.
Marcha_manual_sinfín	Se utiliza para poner en funcionamiento el sinfín de forma manual.
Marcha_manual_cinta	Se utiliza para poner en funcionamiento la cinta de forma manual.
Marcha_sinfín	Indica el estado de la salida digital que pone en funcionamiento el sinfín.
Marcha_cinta	Indica el estado de la salida digital que pone en funcionamiento la cinta.

Existen dos modos de funcionamiento para poner en funcionamiento los equipos, un modo automático y un modo manual:

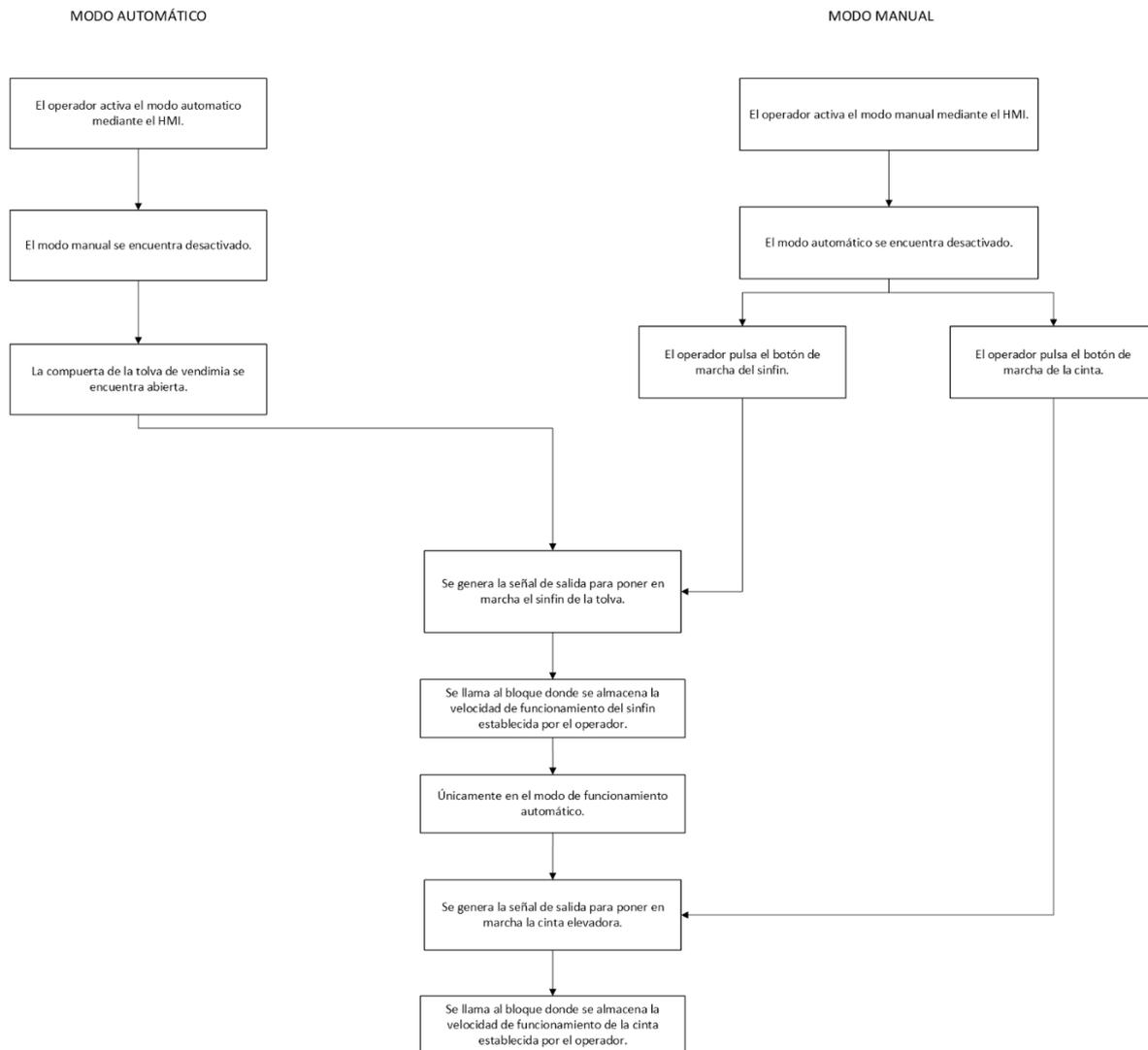


Figura 14. Diagrama de puesta en marcha del sinfín y la cinta

Modo Automático.

Para activar este modo, el operador debe accionar el switch habilitado en el HMI, cambiando de 0 a 1 el estado lógico de la variable “Modo_auto”. En este modo, la salida Q.01, asociada a la variable “Marcha_sinfín” y que da la orden de marcha del sinfín, y la Q0.0, asociada a la variable “Marcha_cinta” que da la orden de marcha de la cinta, se activan conjuntamente si se cumplen simultáneamente las siguientes condiciones:

- El modo automático se encuentra activado. (Variable “Modo_auto” = 1)
- El modo manual se encuentra desactivado. (Variable “Modo_Manual” = 0)
- La compuerta se encuentra abierta. (Variable “Compuerta” = 1)

El paro tanto del sinfín como de la cinta elevadora en el modo automático, se produce al dejar de cumplirse al menos una de las condiciones anteriores.

Modo Manual

Este modo permite al operador poner en funcionamiento de forma independiente el sinfín de la tolva y la cinta de elevación, sin que influya el estado de la compuerta de la tolva.

Para su activación, el operador dispone de un switch en el HMI, que, al ser activado, cambia la variable “Modo_Manual” al valor lógico 1.

Una vez activado el modo manual, se deben cumplir las siguientes condiciones.

- a) El modo automático debe estar desactivado. (Variable “Modo_auto” = 0)
- b) El switch de marcha del sinfín debe activarse desde el HMI, cambiando el valor lógico de la variable “Marcha_Manual_sinfín” al valor lógico 1. Para poner en marcha de forma manual la cinta, el operador debe activar el switch de marcha de la cinta, cambiando el valor lógico de la variable “Marcha_manual_cinta” a 1.

Al cumplirse estas condiciones, se activa la salida Q0.1 que activa el sinfín, desactivándose al dejar de cumplirse alguna de estas condiciones.

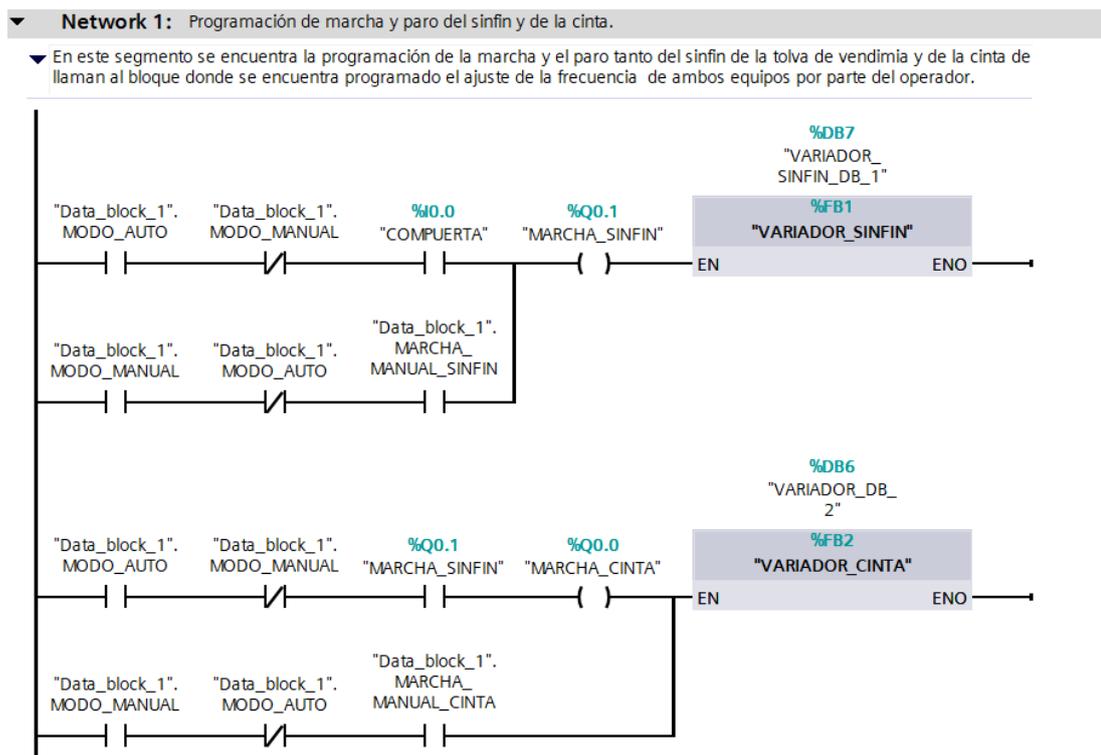


Figura 18. Segmento de programación de la activación del sinfín y de la cinta.

8.1.2 Control de la velocidad de giro.

La velocidad de giro del motor eléctrico que acciona el tornillo sinfín, y la del motor que acciona la cinta de elevación, se controla mediante la variación de la frecuencia de alimentación del motor, y se ajustan por el operador desde el HMI y se transmiten a los variadores mediante las salidas analógicas del PLC, concretamente a través de una señal de rango 0 – 10 V procedente de las salidas analógicas %QW98 en el caso del sinfín de la tolva, y %QW96 en el caso de la cinta. Para poder transmitir la señal, se utiliza el módulo SM 1232 AQ asociado al PLC S7-1214C DC/DC/DC.

Utilizando TIA PORTAL, se configuran las salidas analógicas del módulo, indicando que debe ser una salida de tipo Voltaje, la cual se caracteriza por trabajar en un rango de 0 a 10 V.

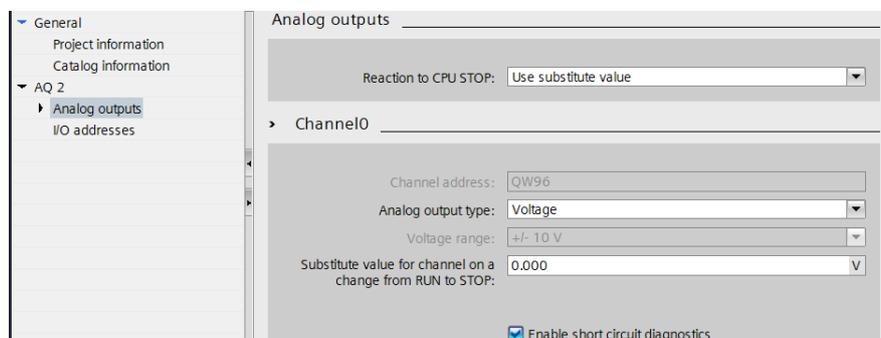


Figura 15. Configuración del módulo de entradas analógicas.

Una vez configurada, desde la pantalla HMI, el operador dispone de una barra deslizadora para cada variador de frecuencia, en la que selecciona un valor entre 0 y 100 y almacenando su valor en las variables “Set_point_hmi_sinfín” y “Set_point_hmi_cinta.”. El valor 0 corresponde al 0% de la frecuencia de consigna parametrizada en los variadores, mientras que el valor 100 se corresponde con el 100 % de la frecuencia de consigna.

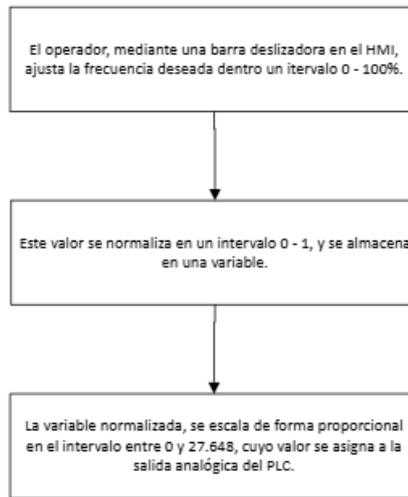


Figura 16. Diagrama de funcionamiento de la salida analógica de ajuste de la frecuencia.

Una vez establecida la frecuencia deseada, el programa en primer lugar normaliza el valor seleccionado por el operador, para posteriormente escalarla dando lugar a una salida de tipo analógica entre 0 y 10V que transmite la consigna de frecuencia. Se utilizan las siguientes variables:

Tabla 51. Variables utilizadas en el ajuste de la frecuencia de los equipos. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Función
Set_point_hmi_sinfin	Introduce en el programa el porcentaje de la frecuencia máxima parametrizada en el variador del sinfin, ajustada por el operador.
Set_point_hmi_cinta	Introduce en el programa el porcentaje de la frecuencia máxima parametrizada en el variador de la cinta, ajustada por el operador.
Frecuencia_normalizada_sinfin	Normaliza entre 0 y 1 el valor almacenado en la variable “set_point_hmi_sinfin”
Frecuencia_normalizada_cinta	Normaliza entre 0 y 1 el valor almacenado en la variable “set_point_hmi_cinta”
Frecuencia_sinfin	Almacena el valor de la salida analógica que se transmite al variador asociado al motor del sinfin.

Frecuencia_cinta	Almacena el valor de la salida analógica que se transmite al variador asociado al motor de la cinta.
------------------	--

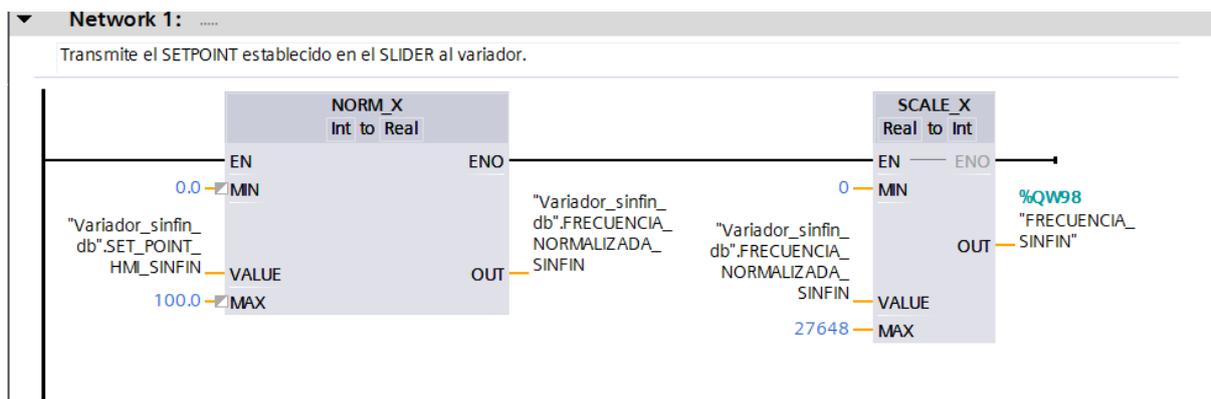


Figura 17. Segmento de programación del ajuste de la frecuencia del sinfin.

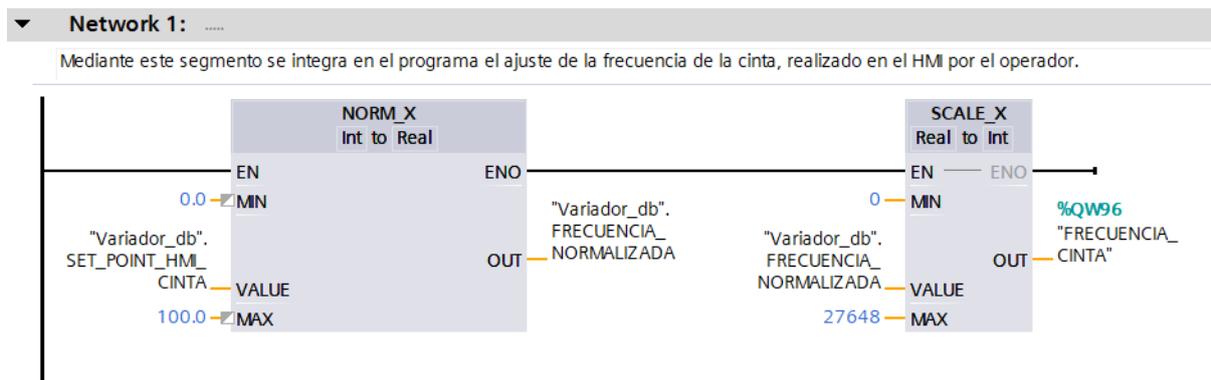


Figura 18. Segmento de programación del ajuste de la frecuencia de la cinta.

8.1.3. Paradas de emergencia y protecciones eléctricas.

Para poder identificar el paro del sinfin de la tolva de vendimia o de la cinta de elevación, debido a una parada de emergencia o al disparo de las protecciones eléctricas, se utilizan contactos auxiliares cableados a las entradas digitales del PLC, de forma que, mediante la programación realizada, se indica su estado mediante testigos de aviso en la pantalla, indicando el motivo de la parada, utilizando las siguientes variables:

Tabla 52. Variables utilizadas en la monitorización de las protecciones. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Función
Magnetotermico_tolva	Indica el estado del magnetotérmico del sinfín.
Magnetotermico_cinta	Indica el estado del magnetotérmico de la cinta.
Seta_paro_cinta	Indica el estado de la seta de parada de emergencia de la cinta.
Seta_paro_sinfín	Indica el estado de la seta de parada de emergencia del sinfín.

El funcionamiento de los programas es el siguiente:

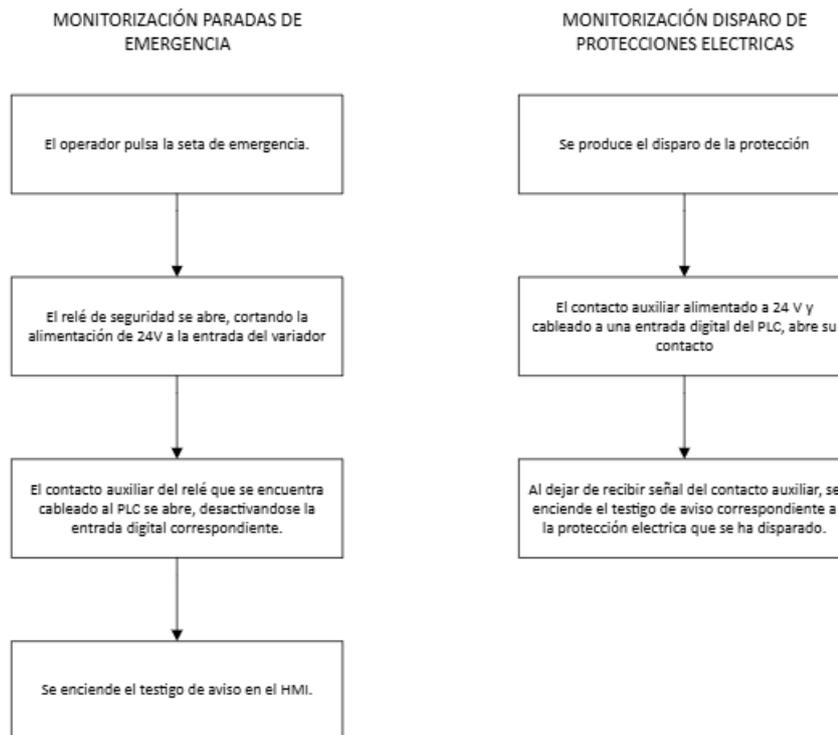


Figura 19. Funcionamiento de los programas de monitorización de las paradas de emergencia y disparo de las protecciones.

Paradas de emergencia.

Debido a que se debe asegurar que una avería o fallo en el autómatas, no comprometa la seguridad de los operadores, los paros de emergencia de ambos equipos no se realizan desde el PLC, si no que se encuentran cableados directamente en el circuito de control de los equipos.

Tanto en el sinfín de la tolva de vendimia como en la cinta de elevación, el relé se encuentra conectado como un contacto normalmente cerrado en serie entre la salida digital del PLC y la entrada digital DI.1 del variador, de forma que al pulsar la seta de parada de emergencia se deja de alimentar, de forma inmediata, la señal de marcha al variador produciendo el paro del equipo cuya parada de emergencia ha sido pulsada.

Para generar las alarmas en el HMI, se utiliza uno de los contactos auxiliares de los relés de seguridad, los cuales se alimentan a 24 V a su entrada y se cablean a una de las entradas digitales del PLC, vinculándose a una variable booleana la cual pasa de 1 a 0 cuando deja de llegar la señal de 24 V. Esto se consigue gracias a que un contacto normalmente cerrado en TIA Portal, no permite el paso de corriente si su variable vale 1, por tanto, al dejar de recibir la señal desde el contacto auxiliar, la variable cambia su valor a 0, y activa el testigo correspondiente.

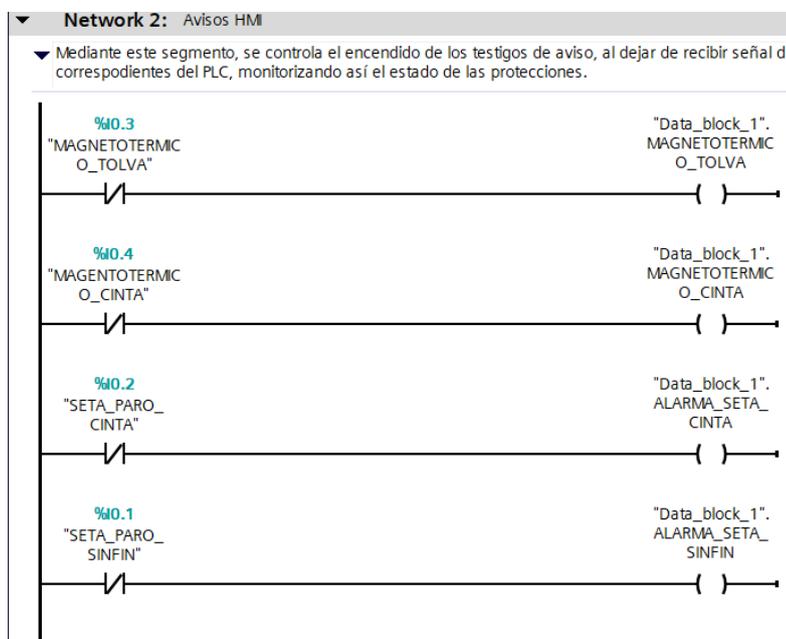


Figura 21. Segmento de programación de las alarmas del HMI.

Protección eléctrica.

Para generar las alarmas en el HMI relativas a las protecciones eléctricas se sigue la misma estrategia que en las paradas de emergencia, utilizando los contactos auxiliares que se acoplan a los magnetotérmicos tanto del sinfín como de la cinta, los cuales se alimentan a 24 V, y se cablean a las entradas %I0.3 y %I0.4 del PLC, programándose como contactos normalmente cerrados, y vinculados a una variable booleana que se activa al dejar de recibir la señal de 24 V en el borne de entradas, encendiendo el testigo correspondiente a la protección que ha saltado.

8.1.4. Pesaje.

Para la programación del módulo SIWAREX, que se encarga de procesar la señal de las celdas de carga y su configuración, se utiliza un bloque de programación proporcionado por el fabricante, el cual contiene todas las variables y programación necesaria tanto para el funcionamiento como para la calibración y configuración del equipo, de forma que se pueden configurar por el operador desde el HMI. Este bloque se llama desde el Main OB1 de la programación del S7-1214C DC/DC/DC.

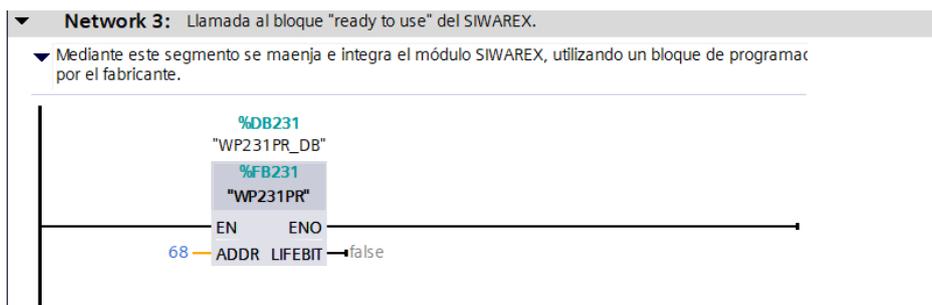


Figura 20. Llamada al bloque de programación del SIWAREX.

Una vez se realiza el pesaje, la información del peso de uva en la tolva se transmite a la CPU emitiendo una única señal de tipo analógica de rango 0 – 20 mA, que se procesa en el programa normalizando el valor de la entrada entre 0 y 1, para posteriormente escalarlo y obtener el valor de la cantidad de uva existente en la tolva. Como las celdas de carga tienen una carga máxima nominal de 2.800 kg, y se cuenta con un total de 4, la carga máxima del conjunto es de 11.200 kg, siendo este valor el fondo de escala que se utiliza en la programación.

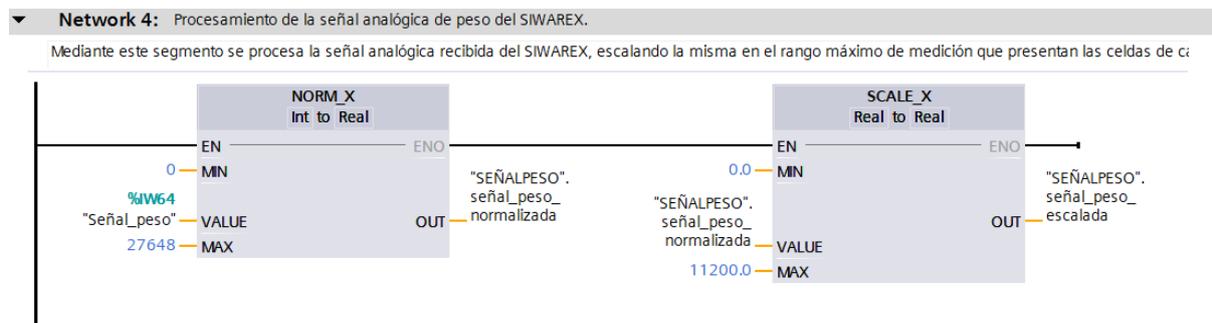


Figura 21. Segmento de programación de la entrada analógica del SIWAREX

Las variables que utilizadas en esta programación son las siguientes:

Tabla 53. Variables utilizadas en la programación de la señal de peso. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Función
Señal_peso	Almacena el valor de la entrada analógica procedente del módulo SIWAREX.

Señal_peso_normalizada	Almacena el valor normalizado entre 0 y 1 de la entrada analógica procedente del módulo SIWAREX.
Señal_peso_escalada	Almacena el valor escalado entre 0 y 11.200 de la entrada analógica. El valor de esta variable es el que se muestra en el HMI al operador como resultado del pesaje.

8.2. Depósitos de fermentación.

8.2.1. Llenado de depósitos.

Los depósitos se encuentran equipados con un sensor tipo radar, el cual mide la altura de la columna de líquido en cada depósito, emitiendo una señal proporcional de tipo analógica de 0-20 mA, según el rango de altura entre 0 y 8 metros, que corresponde con el rango de medición del sensor utilizado. Esta señal, se debe normalizar y escalar según la escala de medición del sensor, para posteriormente mediante cálculo, mostrar al operador el volumen de vino que contiene el depósito y el porcentaje de llenado.

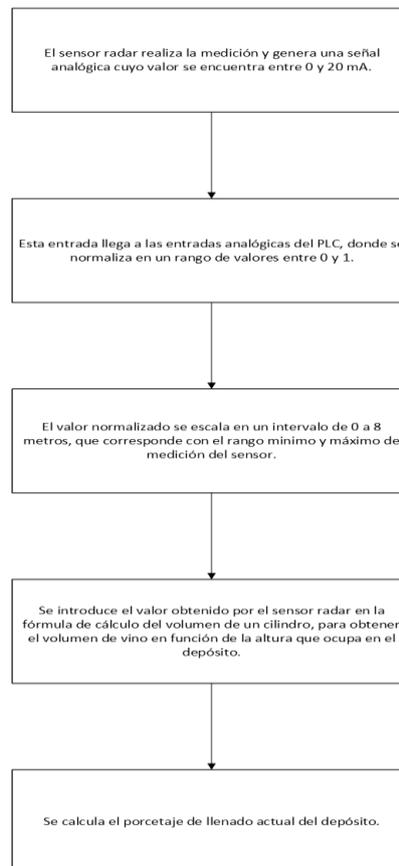


Figura 22. Funcionamiento del programa de monitorización del nivel de los depósitos.

Para la ejecución del programa se utilizan las siguientes variables:

Tabla 54. Variables utilizadas en la monitorización de nivel de los depósitos. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Función
Radar_deposito	Corresponde a la entrada analógica procedente del sensor.
Nivel_normalizado	Almacena el valor normalizado de la entrada analógica entre 0 y 1.
Nivel_escalado	Almacena el valor escalado entre 0 y 8 metros de la entrada analógica.
Nivel_m3_deposito	Almacena el valor en la unidad de m ³ correspondiente al volumen de vino en el depósito.
Nivel_litros_deposito	Almacena el valor correspondiente al volumen de vino en el depósito, en la unidad de Litros.
%_llenado_normalizado	Almacena el valor de la variable Nivel_litros_deposito normalizado entre 0 y 1 para el cálculo del porcentaje actual de llenado.
%_llenado_escalado	Almacena el porcentaje de llenado del depósito.

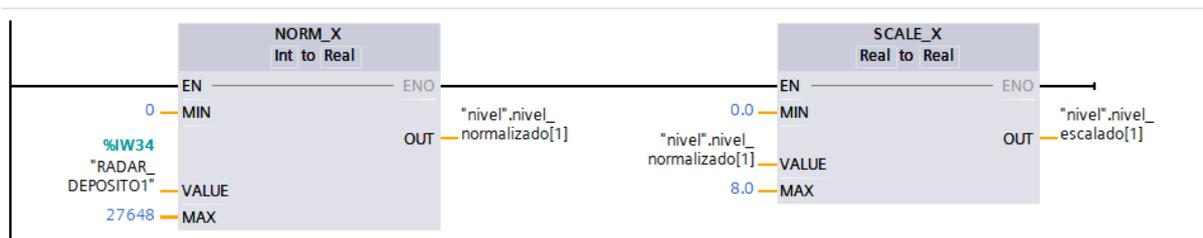


Figura 24. Segmento de programación de la entrada analógica del radar del depósito 1.

Mediante este segmento de programación, se obtiene la altura de líquido en metros en el depósito, tras procesar la señal analógica del sensor radar. Como se conoce que los depósitos son de forma cilíndrica, su volumen se puede determinar mediante la siguiente fórmula:

$$V = \pi x r^2 x h$$

Donde:

$V = \text{Volumen en m}^3$

$R = \text{radio del depósito en metros. (1,05 metros)}$

$h = \text{altura de líquido en metros. (Medición del sensor radar)}$

Cómo el radio del depósito es un dato que permanece invariable y es conocido, mediante la monitorización de la altura de líquido, se puede determinar el volumen ocupado por el mismo. Una vez transformada la señal analógica en un dato de altura de la columna de líquido, y sabiendo que el diámetro del depósito es de 2,1 metros, la variable que tiene almacenada la altura del depósito se multiplica por el número π y por el cuadrado del radio del depósito, obteniendo el volumen ocupado en el depósito por el vino en la unidad de m^3 . Posteriormente se multiplica por 1.000 para convertir el dato a la unidad de litros.

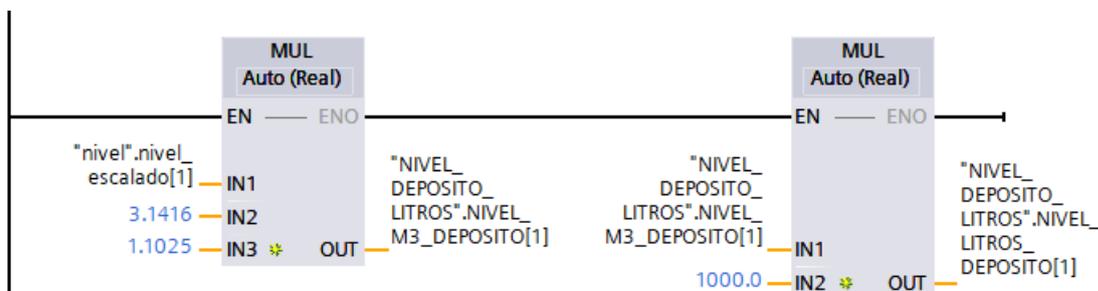


Figura 25. Segmento de programación del cálculo del volumen del depósito 1.

Para poder obtener de manera más visual el nivel de llenado de los depósitos, se normaliza la variable “nivel_litros_deposito” para luego escalarlo en un rango de 0 a 100, obteniendo así el porcentaje de llenado del depósito en cada momento, conociendo que la capacidad máxima de los mismos es de 10.000 Litros.

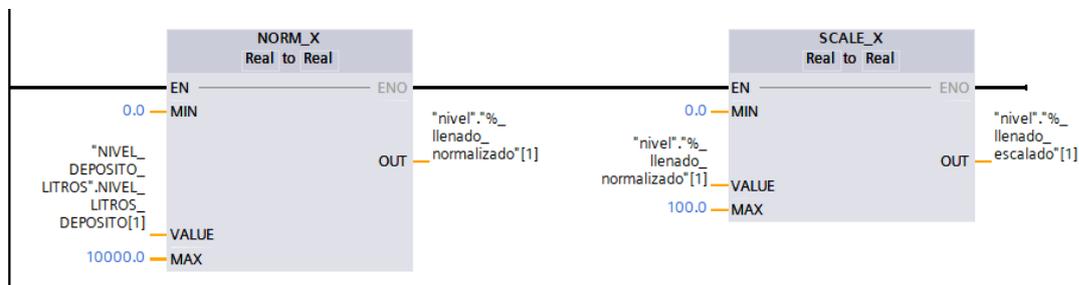


Figura 26. Segmento de programación de la escala 0-100 % del llenado de depósito.

El porcentaje de llenado se muestra en el HMI para mostrar al operador una representación del nivel en la pantalla.

8.2.2. Monitorización y control de la temperatura.

Monitorización de la temperatura.

Para el control y monitorización de la temperatura en los depósitos, se debe, en primer lugar realizar la medición de la temperatura, para lo cual se utilizan los sensores PT100 que se encuentran acoplados a los depósitos.

Estos sensores se encuentran conectados a los módulos AI 8xU/I/RTD/TC, que se deben configurar para el uso de este tipo de sondas de la siguiente manera:

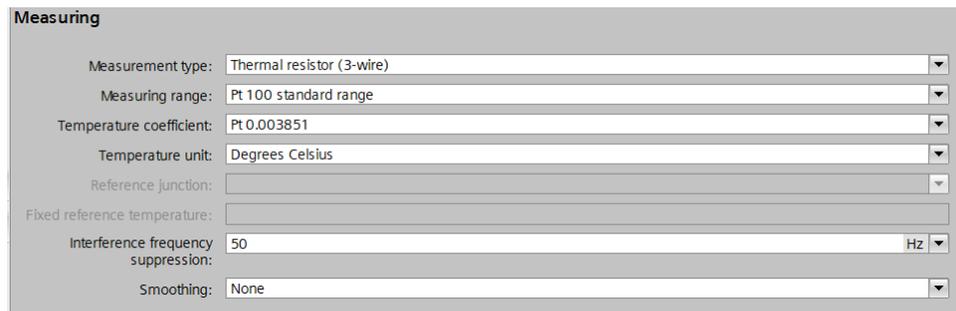


Figura 27. Configuración del canal de entrada del módulo para el uso de la PT100.

Una vez configurado el módulo, se definen las variables necesarias para la programación:

Tabla 55. Variables utilizadas en la programación de la monitorización de la temperatura. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Función
TEMP_INT_DEPOSITO	Almacena la lectura de la sonda PT100 obtenida del módulo AI 8xU/I/RTD/TC.
TEMP_DEPOSITO_REAL	Almacena la lectura de la sonda PT100 transformada a un valor de tipo real.
TEMP_DEPOSITO	Almacena el valor de temperatura que se muestra al operador y que sirve como referencia para el control de temperatura.

El módulo, una vez configurado, realiza la lectura de temperatura mediante la sonda, transformando su señal en un tipo de dato entero, el cual se debe transformar de la siguiente forma:

El módulo trabaja con una precisión de hasta centésimas de grado, pero los datos se transmiten a la CPU como un valor entero, de forma que, si la temperatura del depósito es de 17,532 °C, el valor que recibe la CPU es 17532, por lo que en primer lugar se debe convertir a una variable de tipo real utilizando la función “CONV”, y posteriormente dividir el valor de la variable obtenida del módulo entre 100 para obtener el resultado correcto.

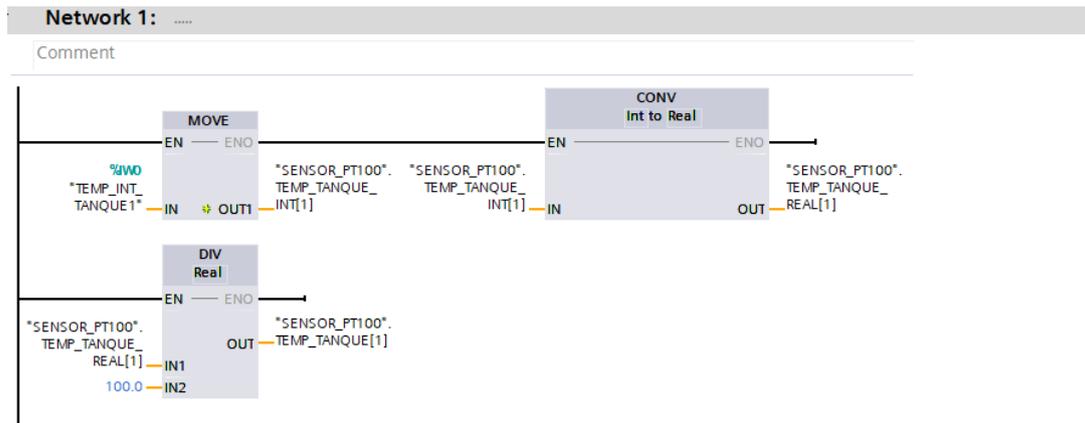


Figura 28. Segmento de programación de la entrada analógica del módulo asociado a la PT100 del depósito 1.

Control de la temperatura.

El operador puede configurar la temperatura de activación del solenoide de cada depósito desde el HMI, estableciendo un límite superior y un límite inferior de temperatura, que sirven para configurar la apertura y cierre del solenoide.

Para ello se utilizan las siguientes variables en la programación:

Tabla 56. Variables utilizadas en el control de temperatura de los depósitos. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Función
SETPOINT_SUP_DEPOSITO	Almacena el valor de temperatura establecido por el operador como límite superior de temperatura.
SETPOINT_INF_DEPOSITO	Almacena el valor de temperatura establecido por el operador como límite inferior de temperatura.
Control_habilitado	Almacena el estado del switch que habilita el control de temperatura del tanque.
Solenoide_deposito	Almacena el estado de la salida digital que activa el solenoide del depósito.
Alarma_temperatura	Se utiliza para encender el testigo de alarma en el HMI, si la temperatura no ha descendido por debajo del límite superior de temperatura una vez transcurridos 30 minutos desde la activación del solenoide.

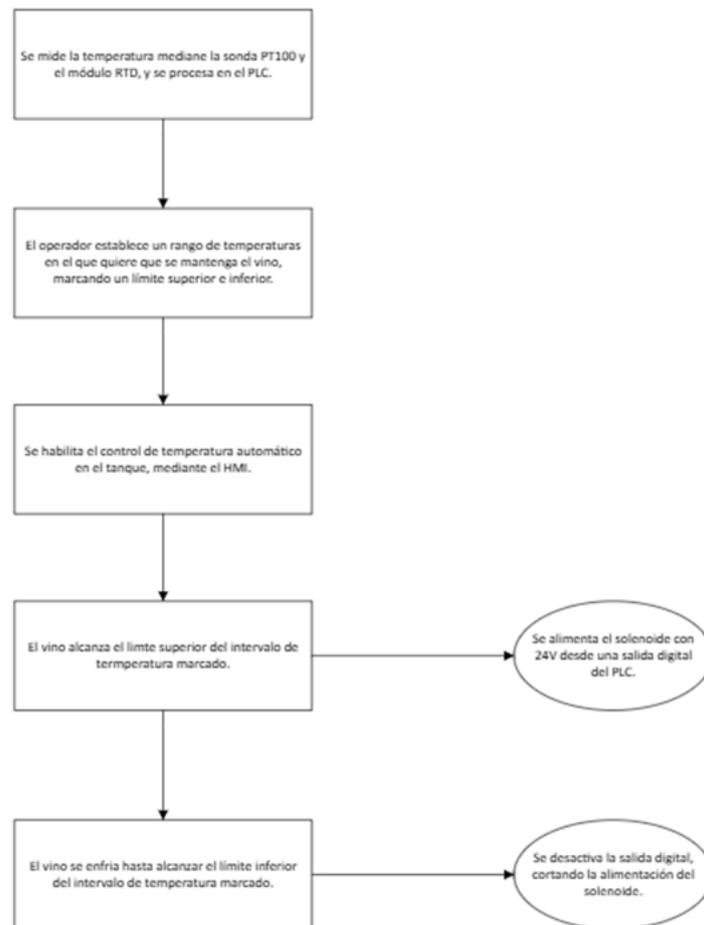


Figura 23. Funcionamiento del programa de control de temperatura.

El sistema, una vez habilitado el control de temperatura del depósito correspondiente, mediante un switch situado en la pantalla, si detecta que la lectura de temperatura en el depósito es superior al límite superior de temperatura, se alimenta el solenoide mediante una salida digital del PLC.

Al bajar la temperatura por debajo del valor habilitado en el límite inferior de temperatura, el sistema desactiva la salida que digital conectada al solenoide. Para ello, se utiliza un bloque Set-Reset, donde al cumplirse la primera condición, se activa la salida, y permanece activa hasta que se cumple la segunda condición.

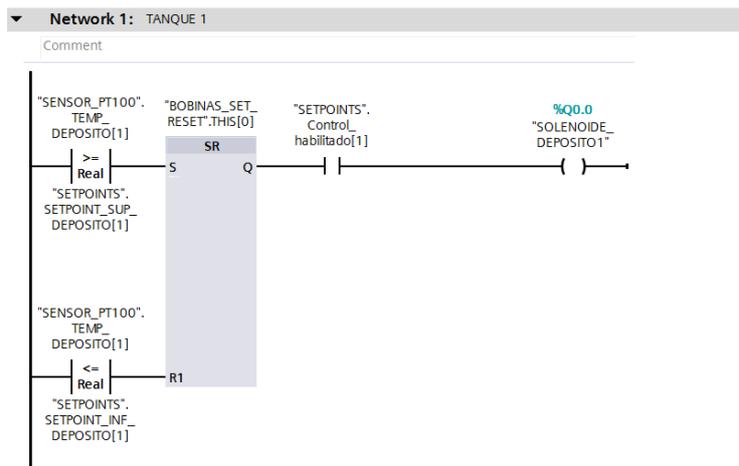


Figura 29. Segmento de programación del control del solenoide de la camisa del depósito 1.

Si pasados 30 minutos desde la activación del solenoide, la temperatura no está por debajo del límite superior de temperatura establecido en la variable, se activa un testigo rojo en el HMI para poder informar al operador de la existencia de alguna anomalía en el sistema de enfriamiento. Para ello, se utiliza un temporizador regresivo desde 30 minutos, que comienza al activarse la salida digital del solenoide.

Pasados 30 minutos, compara la temperatura del depósito con el límite superior de temperatura, y si no ha descendido por debajo de este valor, activa el testigo de aviso.

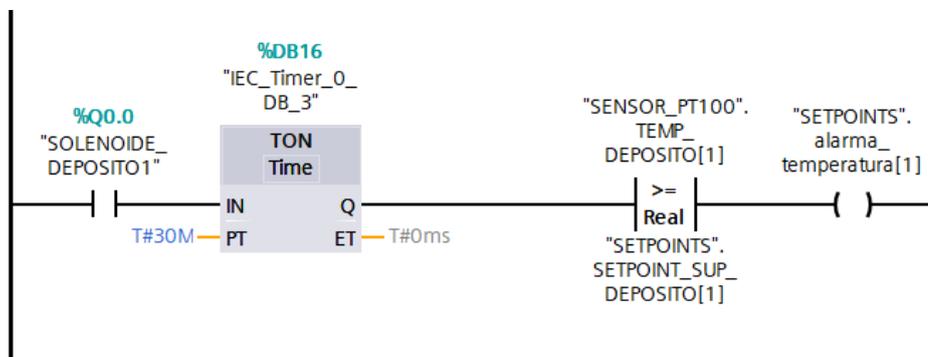


Figura 24. Segmento de programación del depósito de la alarma de temperatura del depósito 1.

8.2.3. Monitorización de la densidad.

Para la monitorización de la densidad, se realiza la medición de la presión en dos puntos diferentes de cada depósito, utilizando los sensores de presión SITRANS P DS III, el cual se debe parametrizar mediante software en la puesta en marcha, ajustando la variable DV del sensor en valor 0, para que la salida analógica emitida corresponda con la variable de presión absoluta.

El rango de medición queda configurado estableciendo un valor de 4 mA para el inicio de la escala correspondiente a 0 bar de presión, y 20 mA correspondiente a 9 Bbr de presión, como fondo de escala. Se generan dos salidas analógicas, una correspondiente a la presión en la parte alta del depósito, en la zona libre de vino del depósito, y otra correspondiente a la parte inferior del depósito correspondiente a la zona donde se encuentra el vino en el depósito.

Se definen las siguientes variables para la programación:

Tabla 57. Variables necesarias en la monitorización de la densidad. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Función
Presion_alta	Sirve para introducir en el programa la entrada analógica procedente del sensor de presión de la zona de gas del depósito.
Presion_baja	Sirve para introducir en el programa la entrada analógica procedente del sensor de presión de la zona de vino del depósito.
Presion_normalizada_alta	Almacena el valor normalizado de la entrada analógica procedente del sensor de presión de la zona de gas del depósito.
Presion_normalizada_baja	Almacena el valor normalizado de la entrada analógica procedente del sensor de presión de la zona de vino del depósito.
Presion_escalada_alta	Almacena el valor escalado en el rango de medición del sensor y en la unidad de bar, de la entrada analógica procedente del sensor de presión de la zona de gas del depósito.
Presion_escalada_baja	Almacena el valor escalado en el rango de medición del sensor y en la unidad de bar, de la entrada analógica de presión de la zona de vino del depósito.
Pres_alta_Pa_deposito	Almacena la lectura de presión, en la unidad de Pascales, en la zona de gas del depósito.
Pres_baja_Pa_deposito	Almacena la lectura de presión, en la unidad de Pascales, en la zona de vino del depósito.

Resta_presiones	Almacena el resultado de restar, en la unidad de Pascales, la lectura de presión de la zona alta y la de la zona baja del depósito.
Densidad_deposito	Almacena el resultado final de la fórmula, que corresponde con la densidad presente en el depósito.

El funcionamiento del programa es el siguiente:

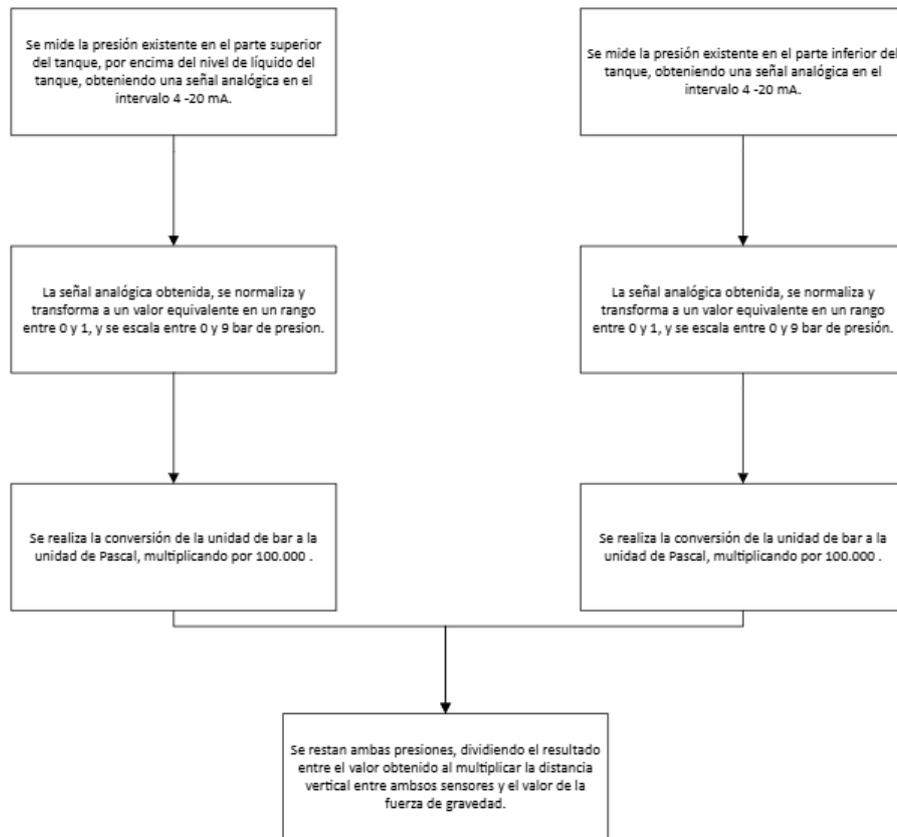


Figura 25. Diagrama de funcionamiento del programa de la monitorización de la densidad.

El primer paso del programa, de igual forma que se procede en el resto de las entradas analógicas usadas en el proyecto, es normalizar la entrada procedente del sensor, para posteriormente escalarlo en el rango de 0 a 9 a bares:

Para poder realizar la conversión a densidad, se necesita obtener el dato de presión en la unidad de Pascal. Se debe tener en cuenta que 1 bar de presión equivalen a 100.000 Pa, por lo que se introduce en la programación la conversión multiplicando la variable obtenida en el bloque de escalado por ese valor:

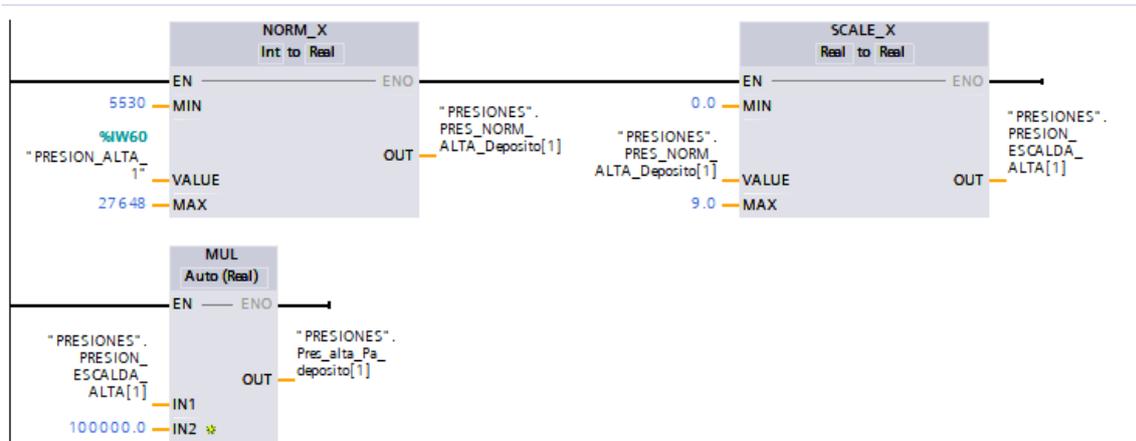


Figura 26. Segmento de programación correspondiente a la zona alta del depósito.

A continuación, se realiza la misma operación la señal analógica correspondiente a la parte baja del depósito:

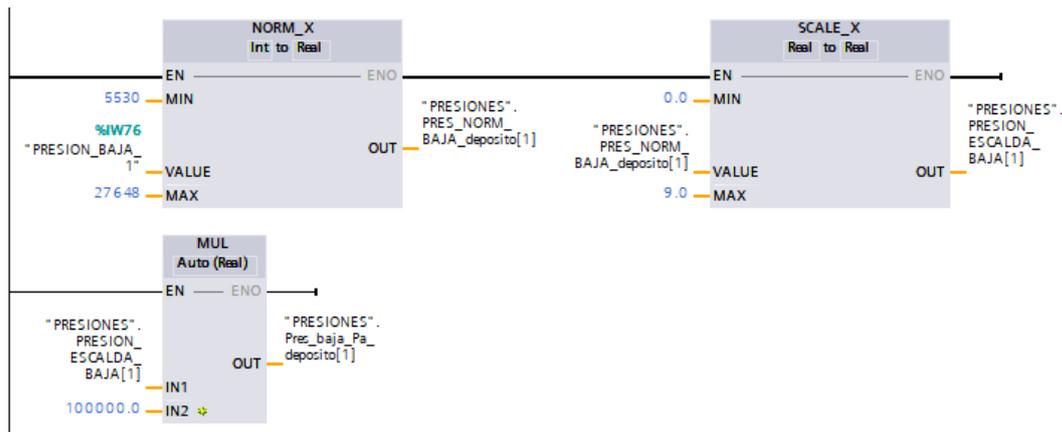


Figura 27. Segmento de programación donde se programa la señal analógica de presión correspondiente a la parte baja del depósito.

Una vez obtenidas ambos valores de presión en las unidades correctas, se implanta en el programa la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{P \text{ vino} - P \text{ gas}}{g \times h}$$

Donde:

P vino y P gas: Son las mediciones de presión obtenidas de ambos sensores de presión transformadas a Pascales.

h: es la altura que existe por encima del punto donde se encuentra situado el sensor de presión de la zona de vino, en este caso 2,75 metros, hasta el sensor de la parte superior correspondiente a la zona de gas.

g: valor de la fuerza de gravedad (9.8 m/s^2)

Se inserta la fórmula en el programa realizando primero la resta de las variables vinculadas a la presión en la unidad de Pascales, para posteriormente dividirlo por el múltiplo de la gravedad y la altura:

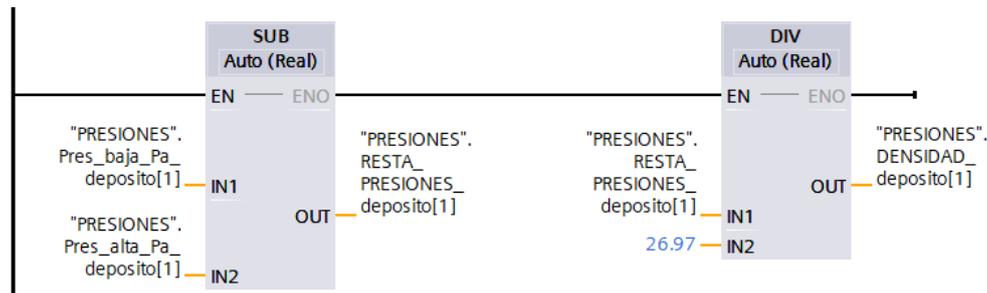


Figura 28. Segmento de programación donde se lleva a cabo el cálculo de la densidad.

El valor de la variable “Densidad_deposito” muestra el valor de la densidad en kg/m^3 , siendo mostrada en el HMI para su monitorización.

8.3. Remontados.

La bomba de remontados se puede programar desde el HMI por el operador, configurando el tiempo que se desea que pase, desde que se habilita el switch de remontado, hasta que da comienzo al mismo, activando la salida digital conectada a la bobina del contactor. También se configura el tiempo que se desee que dure el funcionamiento de la bomba una vez activada.

Para ello, se utiliza dos temporizadores regresivos, de forma que el primero de ellos controla el tiempo restante hasta la activación de la bomba, por lo que al llegar a 0, se activa la salida digital que pone en marcha el equipo, y a su vez, da inicio al segundo temporizador regresivo, siendo este el que controla la duración del remontado.

Cuando este segundo temporizador llega a 0, se desactiva la salida digital, parando la bomba.

Se requiere utilizar las siguientes variables:

Tabla 58. Variables utilizadas en la programación. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Función
t_inicio_HMI_deposito	Almacena el tiempo en minutos establecido por el operador, indicando la duración del primer temporizador regresivo.

t_inicio_ms_deposito	Almacena el valor de la variable “t_inicio_HMI_deposito” convertido a la unidad de milisegundos para la ejecución del programa. Es el tiempo que se introduce en el temporizador para controlar cuando entra en funcionamiento la bomba.
t_fin_HMI_deposito	Almacena el tiempo en minutos establecido por el operador indicando la duración del segundo temporizador regresivo.
t_fin_ms_deposito	Almacena el valor de la variable “t_fin_HMI_deposito” convertido a la unidad de milisegundos para la ejecución del programa. Es el tiempo que se introduce en el temporizador para controlar durante cuanto tiempo funciona la bomba.
Duracion_remontado_ms_deposito	Almacena en la unidad de milisegundos el tiempo que lleva en funcionamiento la bomba de remontados.
Duracion_remontado_min_deposito	Almacena el resultado de convertir a minutos la variable “Duracion_remontado_ms_deposito” para ser mostrado en el HMI al operador.
Remontado_habilitado_deposito	Almacena el estado del switch que da inicio al temporizador regresivo que controla el arranque de la bomba.

El funcionamiento del programa para controlar la puesta en marcha y paro de la bomba es el siguiente:

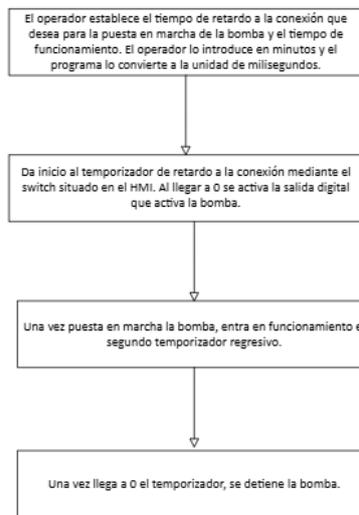


Figura 29. Diagrama de funcionamiento de la bomba de remontados.

Se ha de tener en cuenta que el bloque de programación del contador requiere el tiempo en la unidad de milisegundos, pero para simplificar el manejo para el operador, este introduce el tiempo en la unidad de minutos y el programa realiza la conversión a milisegundos multiplicando este valor por 60.000.

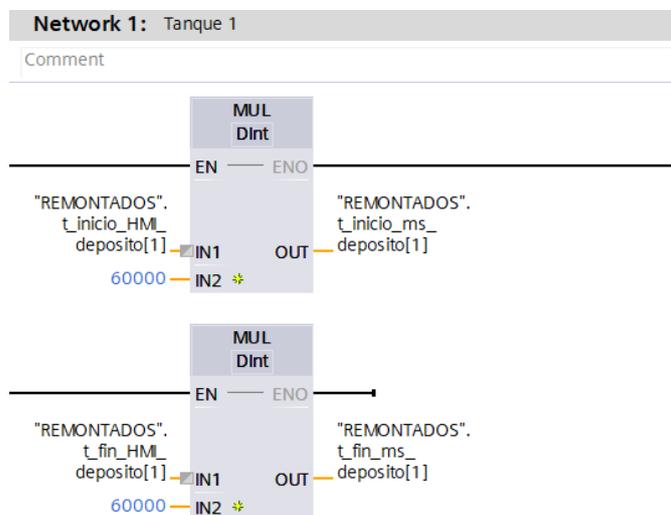


Figura 30. Segmento de la programación donde se convierte de minutos a milisegundos el tiempo introducido en el HMI.

La bomba entra en funcionamiento cuando, al habilitarse el funcionamiento mediante el switch, el contador llega a 0 al pasar el tiempo programado, activando la salida digital del PLC. En ese momento se activa otro contador, cuya duración corresponde con el tiempo programado como duración del remontado en el HMI, y que al llegar a 0, desactiva la salida del PLC.

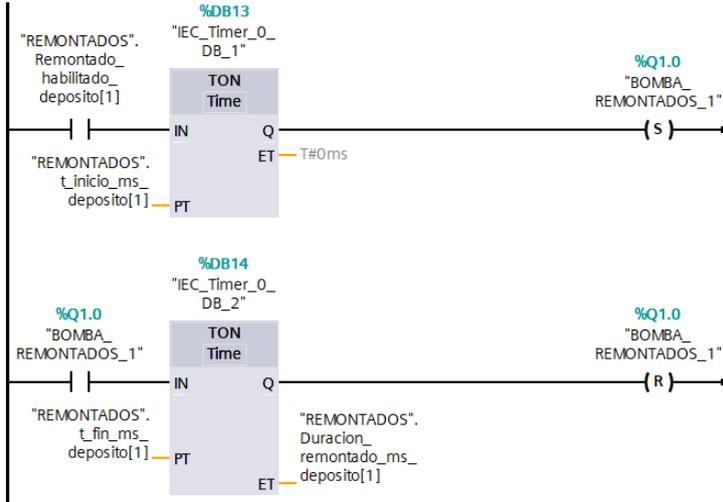


Figura 31. Segmento donde se encuentra la programación de los contadores de marcha y paro de la bomba de remontados.

Se utiliza la variable ET del segundo contador para, mediante la asignación de la variable “Duración_ms_deposito”, mostrar al operador en la pantalla cuánto tiempo lleva en funcionamiento la bomba de remontados. Debido a que se encuentra en la unidad de milisegundos.

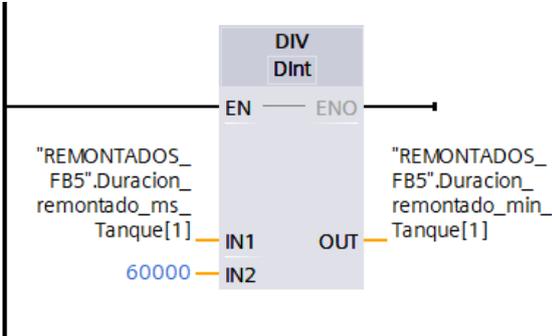


Figura 32. Conversión del tiempo transcurrido desde el inicio del remontado en minutos.

Para la monitorización de las protecciones eléctricas de las bombas, se utilizan contactos auxiliares que se vinculan a una entrada digital del PLC, programadas como un contacto normalmente cerrado. Cuando tiene lugar el disparo de la protección, se abre el circuito y se corta la alimentación de la entrada digital, que, al dejar de recibir señal eléctrica, activa la variable asociada a ellas, y se enciende el testigo correspondiente en el HMI.

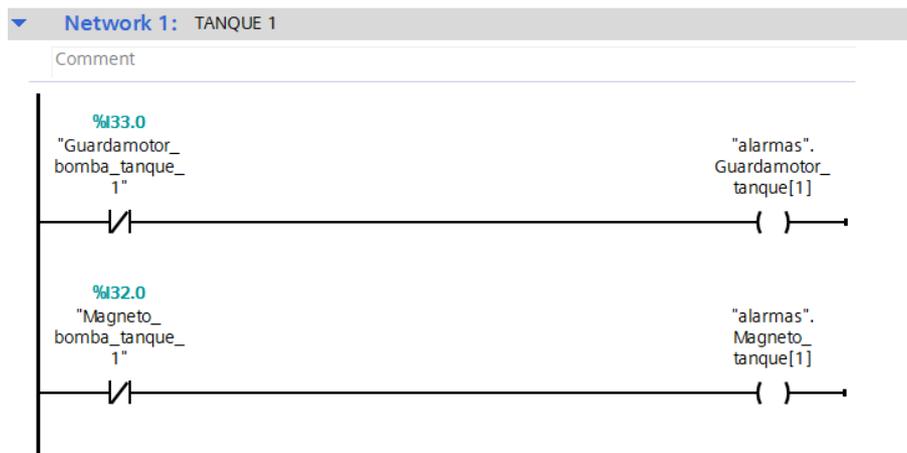


Figura 33. Segmento de programación de las protecciones eléctricas.

8.4. Sala de crianza.

Para realizar la medición de las condiciones ambientales de la sala de crianza se utiliza un sensor de medición de humedad relativa y temperatura integradas en un mismo dispositivo, el cual genera dos señales de tipo analógico. El tratamiento de ambas señales realizado por el programa es igual que el realizado en el resto de las señales analógicas, normalizando en primer lugar la señal para posteriormente adaptarlo a la escala de medición del sensor.

8.4.1. Monitorización de la humedad relativa.

El sensor mide la humedad relativa de la sala, la cual varía entre 0 y 100%, y genera una señal proporcional a la misma, de tipo analógica y rango 0-20 mA. Por tanto, utiliza una entrada analógica del PLC, la cual se debe normalizar y escalar en un rango de 0 a 100, siendo almacenada en una variable para ser visualizada en el HMI. Se utilizan las siguientes variables:

Tabla 59. Variables utilizadas en la monitorización de la humedad relativa. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Función
Humedad_realtiva_sensor	Almacena el valor de la entrada analógica procedente del sensor y correspondiente a la medición de humedad relativa.
humedad_normalizada	Almacena el valor normalizado de la variable "Humedad_realtiva_sensor".
humedad_escalada	Almacena el valor ya escalado de la lectura del sensor correspondiente a la humedad relativa.

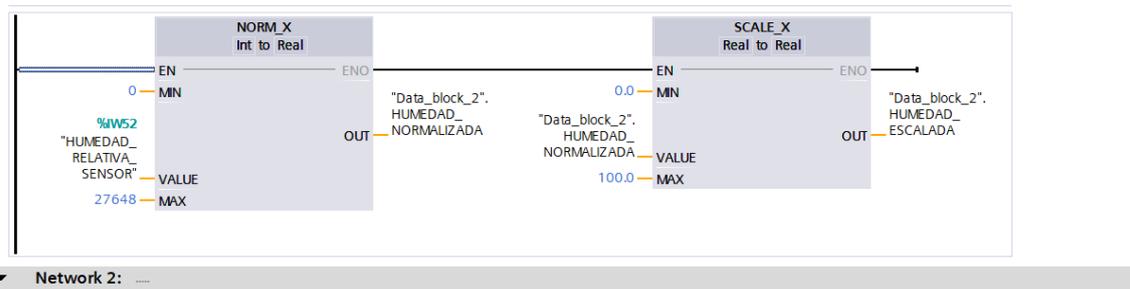


Figura 34. Segmento de programación de la monitorización de humedad.

8.4.2. Monitorización de la temperatura.

El sensor utilizado posee diferentes escalas configurables, por lo que, utilizando los selectores que tiene en su parte trasera, y siguiendo los pasos que marca el fabricante en el manual del equipo, se debe configurar en la escala de -40 a +70 °C, ya que este rango cubre todas las posibles temperaturas que se pueden dar en la zona.

Se utiliza una señal analógica de rango 4-20 mA, para el tratamiento de la señal emitida, la cual se normaliza, y posteriormente se escala en el rango -40 a 70°C, tal y como se ha configurado en el equipo.

Tabla 60. Variables utilizadas en la medición del sensor de temperatura. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Función
Temperatura_sensor	Almacena el valor de la entrada analógica procedente del sensor y correspondiente a la medición de temperatura.
Temperatura_crianza_norm	Almacena el valor normalizado de la variable "Temperatura_sensor".
Temperatura_crianza_escalada	Almacena el valor ya escalado de la lectura del sensor correspondiente a la medición de temperatura.

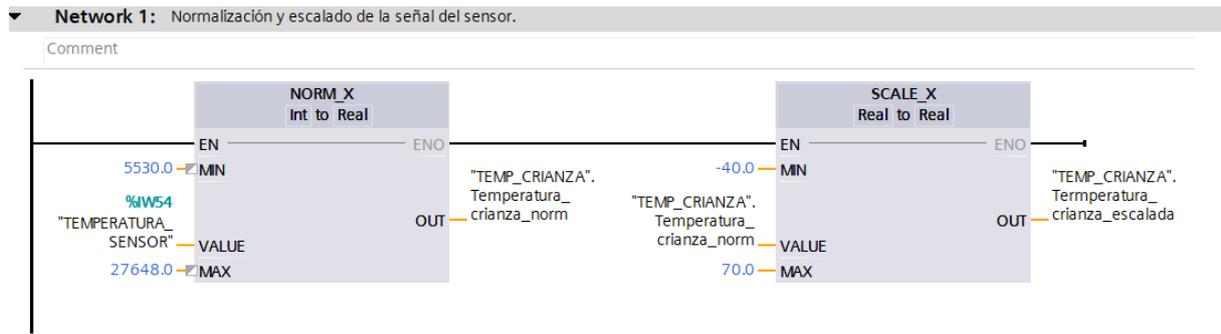


Figura 35. Segmento de programación correspondiente a la medición de temperatura en la sala de crianza.

8.4.3. Testigos de aviso

Con el objetivo de identificar de forma rápida cualquier desviación de las condiciones ambientales y permitiendo actuar sobre las mismas, el operador puede definir los rangos de temperatura y humedad relativa permitidos, de forma que cuando alguna de estas dos variables rebasa por exceso o por defecto el rango definido, se enciende un testigo en la pantalla indicando la anomalía detectada.

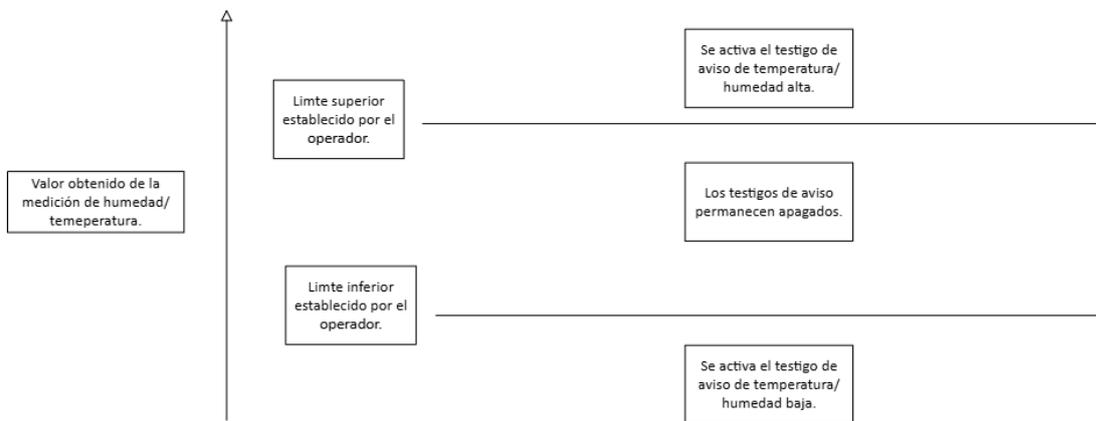


Figura 36. Diagrama de funcionamiento de los testigos de aviso de la sala de crianza.

Las variables utilizadas son las siguientes:

Tabla 61. Variables utilizadas en los testigos de aviso. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Función
Limitehum_sup_hmi	Almacena el valor del límite superior de humedad establecido por el operador en el HMI.

Limitehum_inf_hmi	Almacena el valor del límite inferior de humedad establecido por el operador en el HMI.
Alarma_humedad_alta	En caso de superar el límite superior de humedad, cambia su valor a 1, encendiendo el testigo de humedad relativa alta.
Alarma_humedad_baja	En caso de que el valor de humedad descienda por debajo del límite inferior de humedad, cambia su valor a 1, encendiendo el testigo de humedad relativa baja.

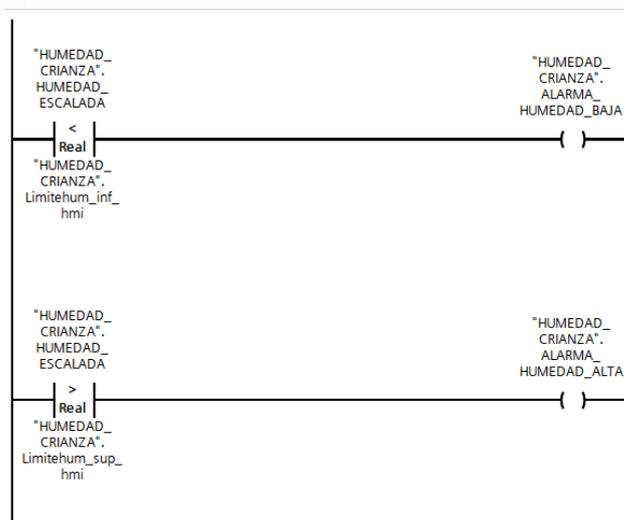


Figura 37. Segmento de programación de el encendido de los testigos de aviso de la humedad relativa.

Para controlar los testigos de aviso de desviación en la temperatura de la sala, se utilizan las siguientes variables:

Tabla 62. Variables utilizadas en el control de testigos de temperatura.

Variable	Función
limitetemp_inf_hmi	Almacena el valor del límite inferior de temperatura establecido por el operador en el HMI.
limitetemp_sup_hmi	Almacena el valor del límite superior de temperatura establecido por el operador en el HMI.
Alarmatemperatura_alta	En caso de que el valor de temperatura sea superior al límite superior de humedad, cambia su valor a 1, encendiendo el testigo de humedad relativa alta.

Alarmatemperatura_baja	En caso de que el valor de temperatura descienda por debajo del límite inferior, cambia su valor a 1, encendiendo el testigo de humedad relativa baja
------------------------	---

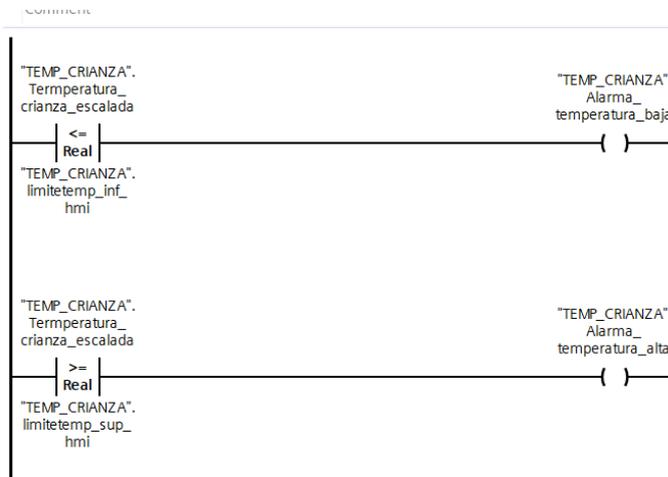


Figura 38.. Segmento de programación de el encendido de los testigos de aviso de la humedad relativa.

9. Supervisión y control del sistema.

9.1. Control del sistema

Para implantar de forma efectiva un sistema de automatización, una vez se dispone de los dispositivos a nivel de campo, se deben de integrar en un sistema de control que una vez recibe información del proceso a través de las señales de entrada, ejecuta la lógica programada en la CPU y actúa sobre el proceso mediante las señales de salida enviadas a los actuadores.

El nivel de control se corresponde con el nivel inmediatamente superior al nivel de campo en la pirámide de automatización, y se encuentra integrado principalmente por las CPU de los PLC.

En el presente proyecto, las etapas objeto de automatización se resumen en las siguientes:

9.1.1. Recepción de la vendimia

- Pesaje de la vendimia mediante el uso de celdas de carga asociadas al módulo SIWAREX WP231.
- Control de la marcha y paro del motor asociado al sinfín de la tolva de vendimia y su velocidad de giro mediante un variador electrónico de frecuencia.

- Control de la marcha y paro del motor asociado a una cinta elevadora y su velocidad de giro mediante un variador electrónico de frecuencia.
- Paradas de emergencia de ambos motores y monitorización del estado de estas.
- Protecciones eléctricas de los motores y monitorización del estado de estas.

9.1.2 Depósitos de fermentación

- Monitorización de la temperatura mediante sondas PT100.
- Control automatizado de solenoides que controlan el paso de refrigerante por la camisa de los depósitos.
- Programación del funcionamiento de las bombas de remontado, sus protecciones eléctricas y monitorización de su estado.
- Monitorización de la densidad del vino mediante sensores de presión.
- Monitorización del nivel de los depósitos y de la cantidad de litros que contienen mediante el uso sensores radar.

9.1.3. Sala de crianza

- Monitorización de la humedad relativa y temperatura de la sala.

El nivel de control lo componen dos CPU, el S7-1214C DC/DC/DC/DC y el S7-1513-1PN, que se reparten el control de estas etapas de la siguiente forma:

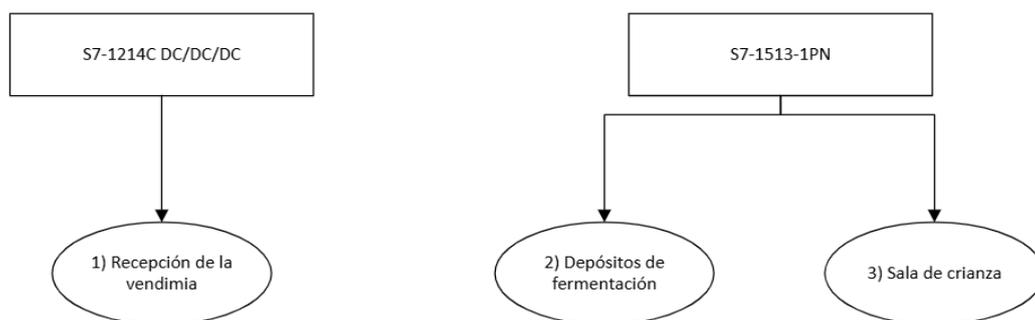


Figura 39. Etapas controladas por cada CPU.

9.2 Supervisión del sistema.

El nivel de supervisión se corresponde con la etapa de mostrar información sobre el estado del proceso y de los equipos que forman parte de este, de forma que permita tomar decisiones de forma rápida para obtener los resultados deseados.

Este nivel de automatización se complementa con el nivel de control conformado por los PLC, y se encarga de permitir la interacción entre los operadores y los equipos que se integran en el proyecto. En el presente proyecto se encuentran un total de tres equipos que actúan como HMI (Human machine interface) de forma que sirven de interfaz entre el operador y el nivel de control, permitiendo la configuración de algunos parámetros del sistema y la visualización de la información recibida sobre el estado del proceso.

Los tres equipos de este tipo que se integran en el proyecto son los siguientes:

- TP 700 Comfort.
- TP 1200 Comfort.
- KTP 700 Basic PN.

Estos equipos se asocian con las CPU de la siguiente forma:

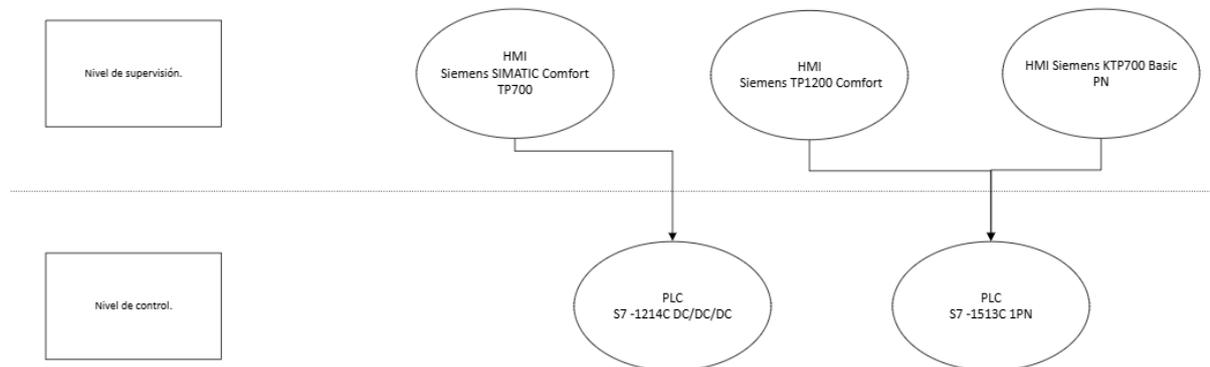


Figura 40. Conexión entre el nivel de control y de supervisión.

10. Resumen del presupuesto

El presupuesto total del proyecto, calculado a partir de las mediciones detalladas en el Documento 4. Mediciones, y desglosado en el Documento 5. Presupuesto, es el siguiente:

- 1) Instalaciones y equipos principales

41.426,52 €

- 2) Cuadro eléctrico

MEMORIA

12.632,01 €

3) Instalación, programación y puesta en marcha

2.779,00 €

TOTAL PROYECTO

54.061,30

Proyecto de automatización de una bodega de elaboración de vino.

DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

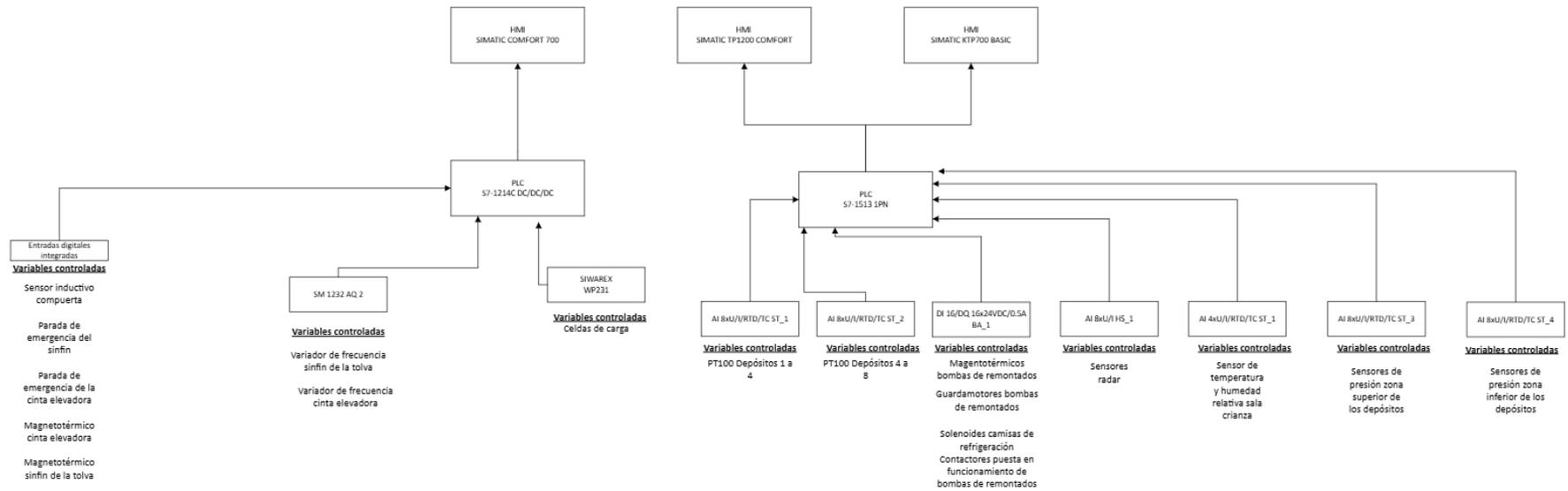
DOCUMENTO 2. DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

ÍNDICE DE LA DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

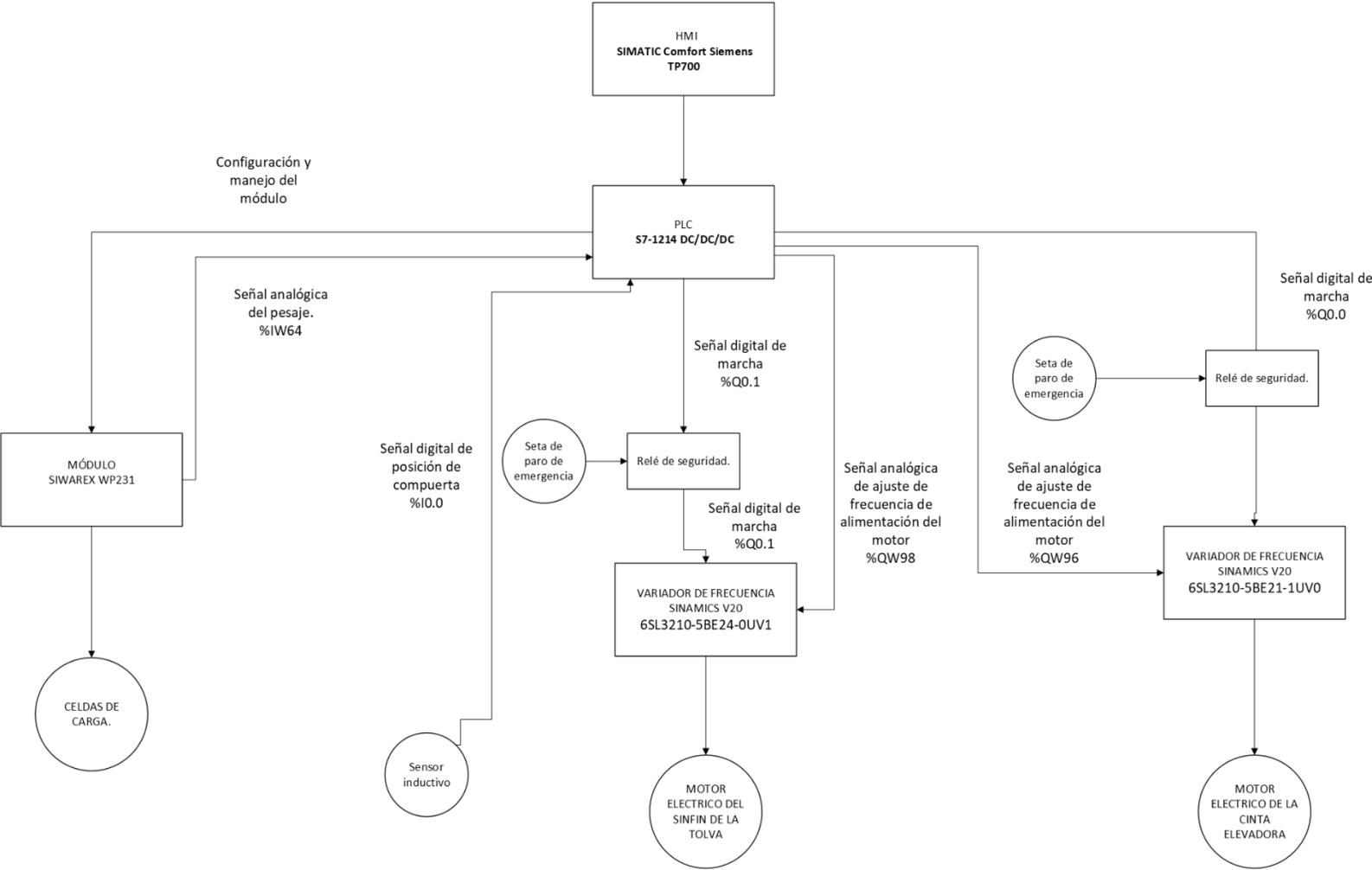
1.	DIAGRAMAS DE CONTROL.....	1
1.1.	DIAGRAMA DE CONTROL GENERAL.....	1
1.2.	DIAGRAMA DE CONTROL DE LOS VARIADORES DE FRECUENCIA Y DEL MÓDULO SIWAREX.....	2
1.3.	DIAGRAMA DE MONITORIZACIÓN DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS Y PARADAS DE EMERGENCIA.	3
1.4.	DIAGRAMA DE CONTROL SENSORES RADAR.....	5
1.5.	DIAGRAMA DE CONTROL DE LOS SENSORES DE PRESIÓN.....	6
1.6.	DIAGRAMA DE CONTROL DE LOS SOLENOIDES.	7
1.7.	DIAGRAMA DE CONTROL DE LAS BOMBAS DE REMONTADOS.	8
1.8.	DIAGRAMA DE MONITORIZACIÓN DEL ESTADO DE LAS PROTECCIONES.....	9
1.9.	DIAGRAMA DE CONTROL DE LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD RELATIVA DE LA SALA DE CRIANZA.....	10
2.	ESQUEMAS UNIFILARES.....	11
2.1.	ESQUEMA UNIFILAR DE CONTROL DEL SINFIN DE LA TOLVA DE VENDIMIA.	11
2.2.	ESQUEMA UNIFILAR DE CONTROL DE LA CINTA ELEVADORA.	12
2.3.	ESQUEMA UNIFILAR DE CONTROL DE CELDAS DE CARGA Y MÓDULO SIWAREX.	13
2.4.	ESQUEMA UNIFILAR DE CONTROL PT100 DEPÓSITOS 1 A 4.....	14
2.5.	ESQUEMA UNIFILAR DE CONTROL PT100 DEPÓSITOS 5 A 8.....	15
2.6.	ESQUEMA UNIFILAR DE CONTROL DE LAS BOMBAS DE REMONTADOS.....	16
2.7.	ESQUEMA UNIFILAR DE CONTROL DE LOS SOLENOIDES DE TEMPERATURA.	17
2.8.	ESQUEMA UNIFILAR DE CONTROL DE LOS SENSORES RADAR.	18
2.9.	ESQUEMA UNIFILAR DE CONTROL DEL SENSOR AMBIENTAL.	19
2.10.	ESQUEMA UNIFILAR DE CONTROL DE LOS CONTACTOS AUXILIARES DE LAS BOMBAS.	20
2.11.	ESQUEMA UNIFILAR DE FUERZA DEL SINFIN Y DE LA CINTA ELEVADORA.....	21
2.12.	ESQUEMA DE FUERZA DE LAS BOMBAS DE REMONTADOS.	22

1. Diagramas de control

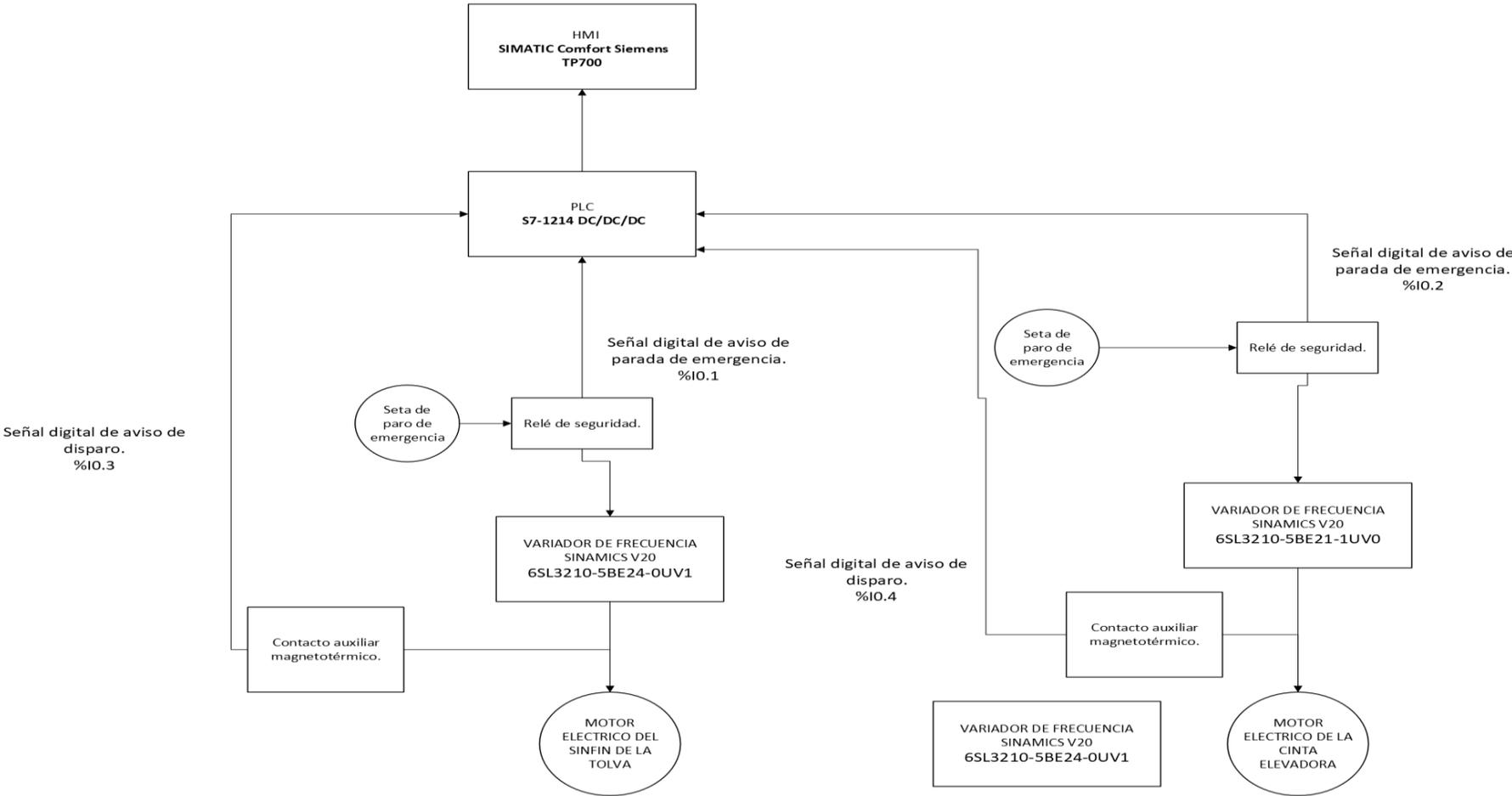
1.1. Diagrama de control general.



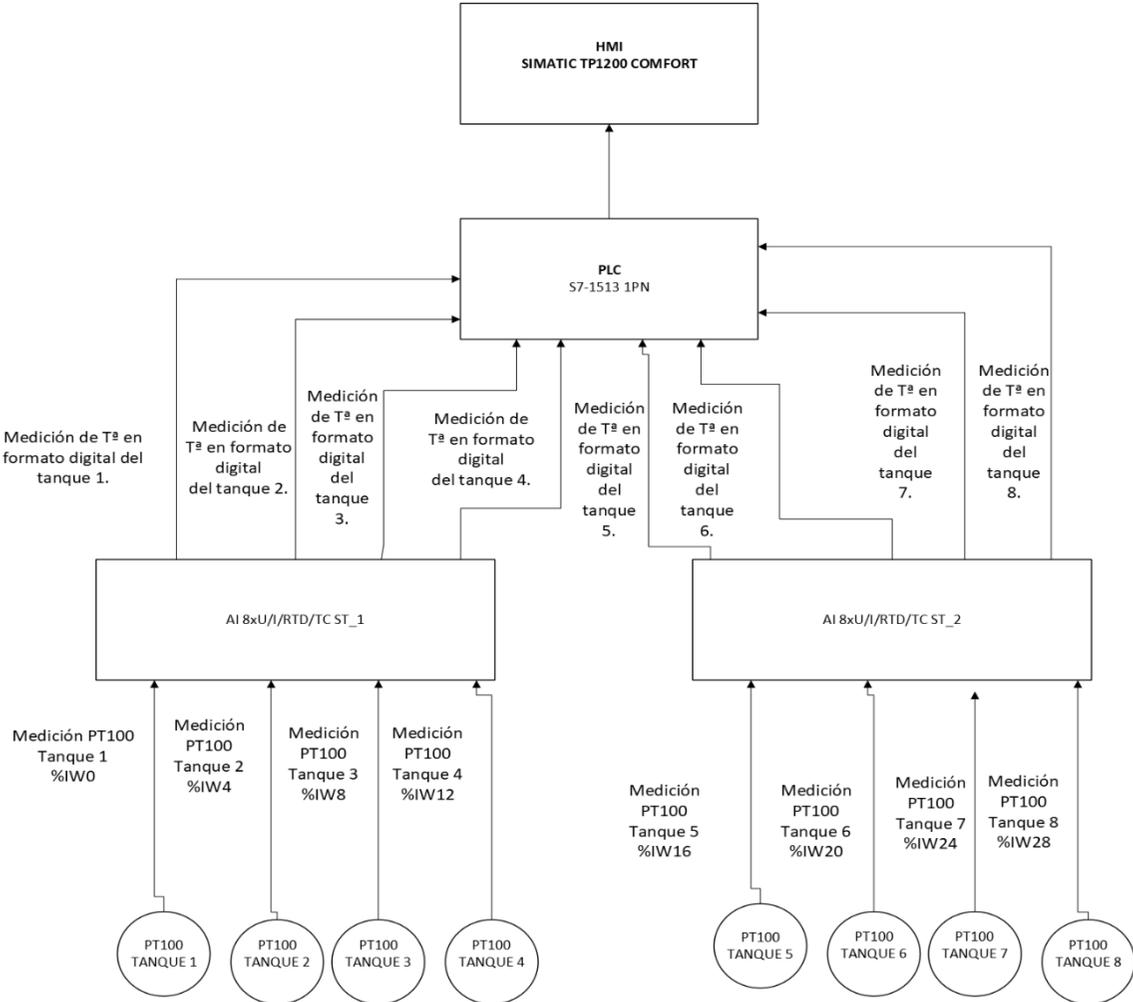
1.2. Diagrama de control de los variadores de frecuencia y del módulo SIWAREX.



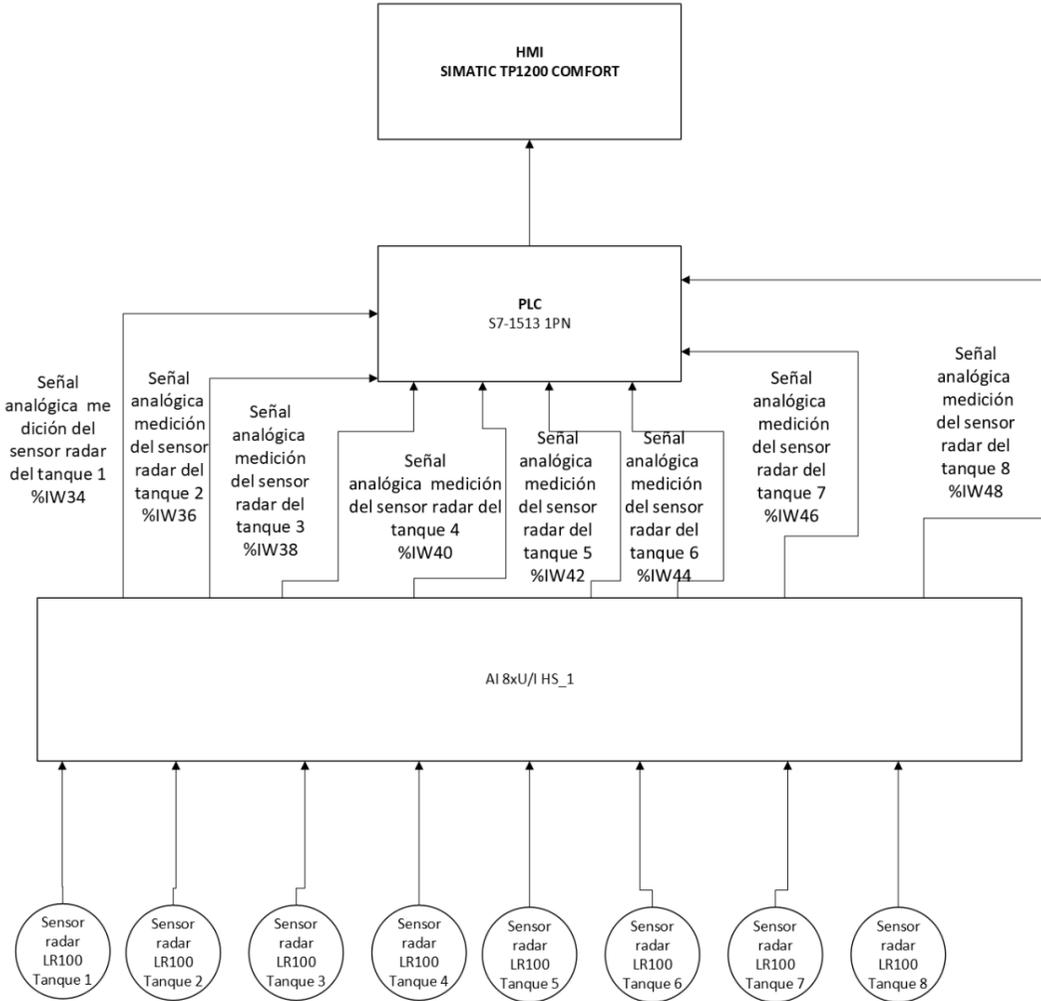
1.3. Diagrama de monitorización de protecciones eléctricas y paradas de emergencia.



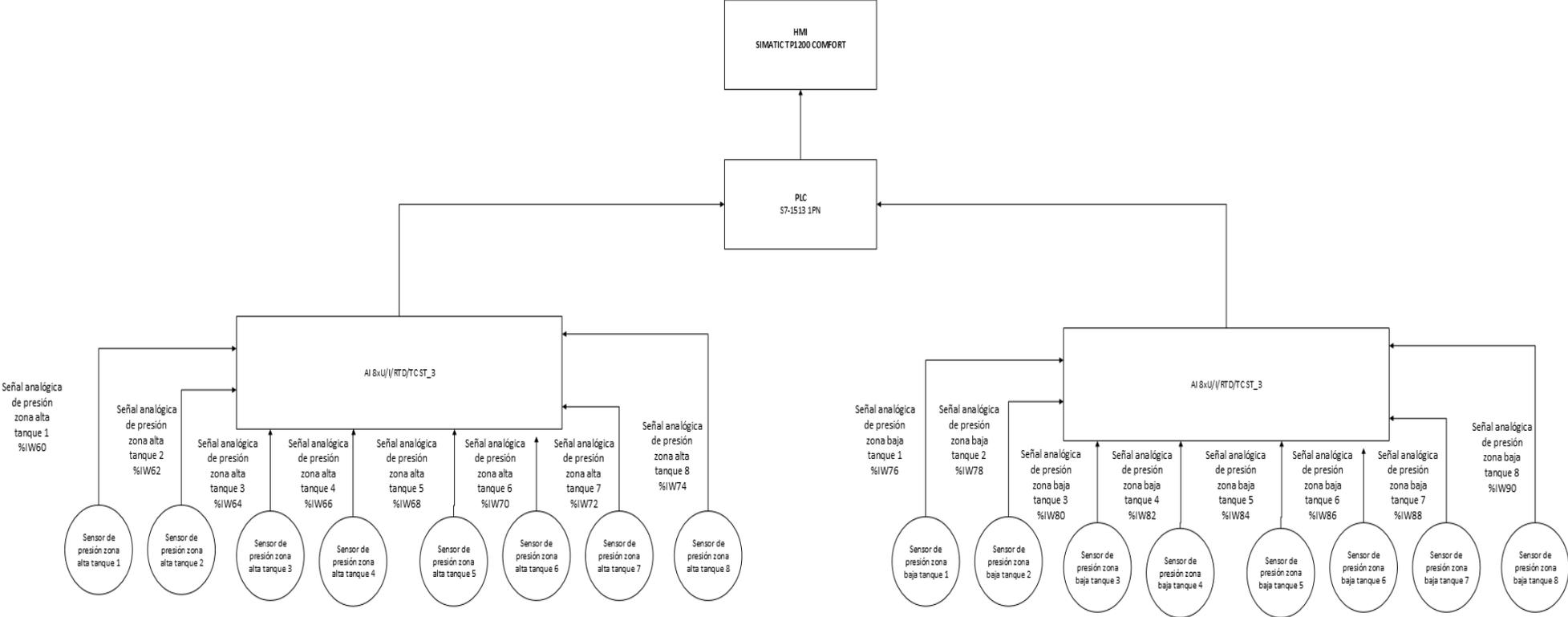
1.4. Diagramas de control de las sondas PT100 de monitorización de la temperatura.



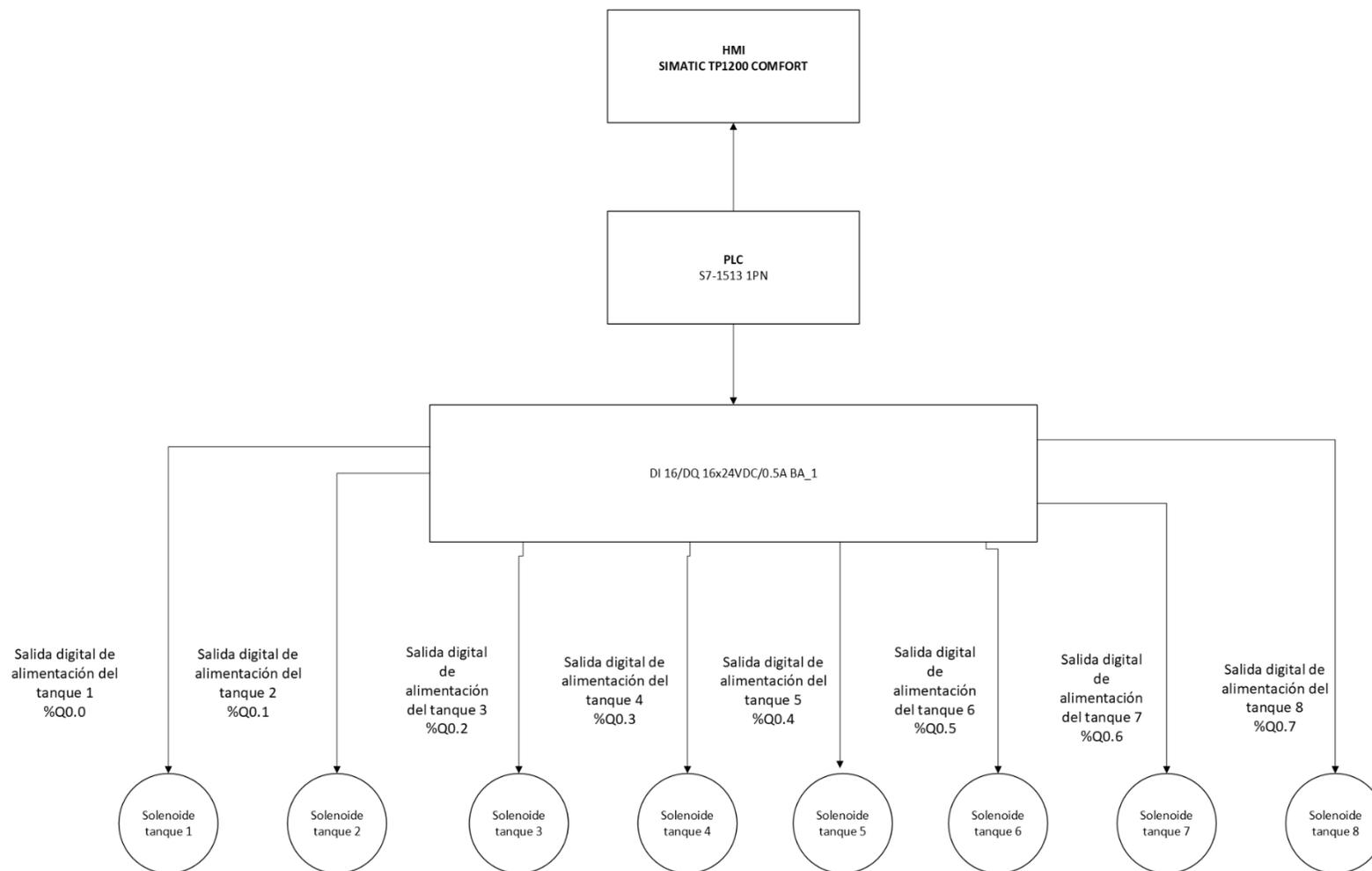
1.4. Diagrama de control sensores radar



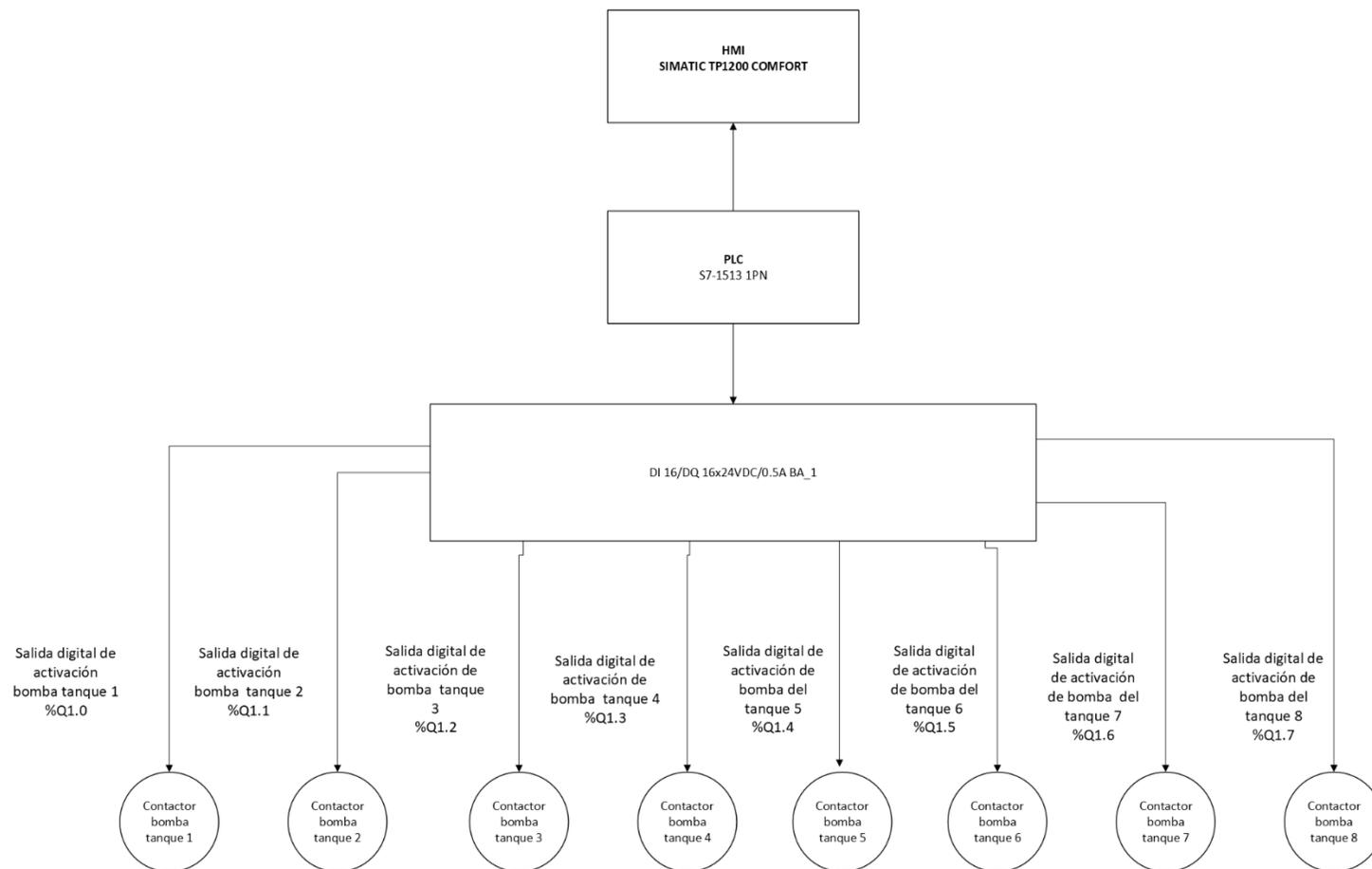
1.5. Diagrama de control de los sensores de presión



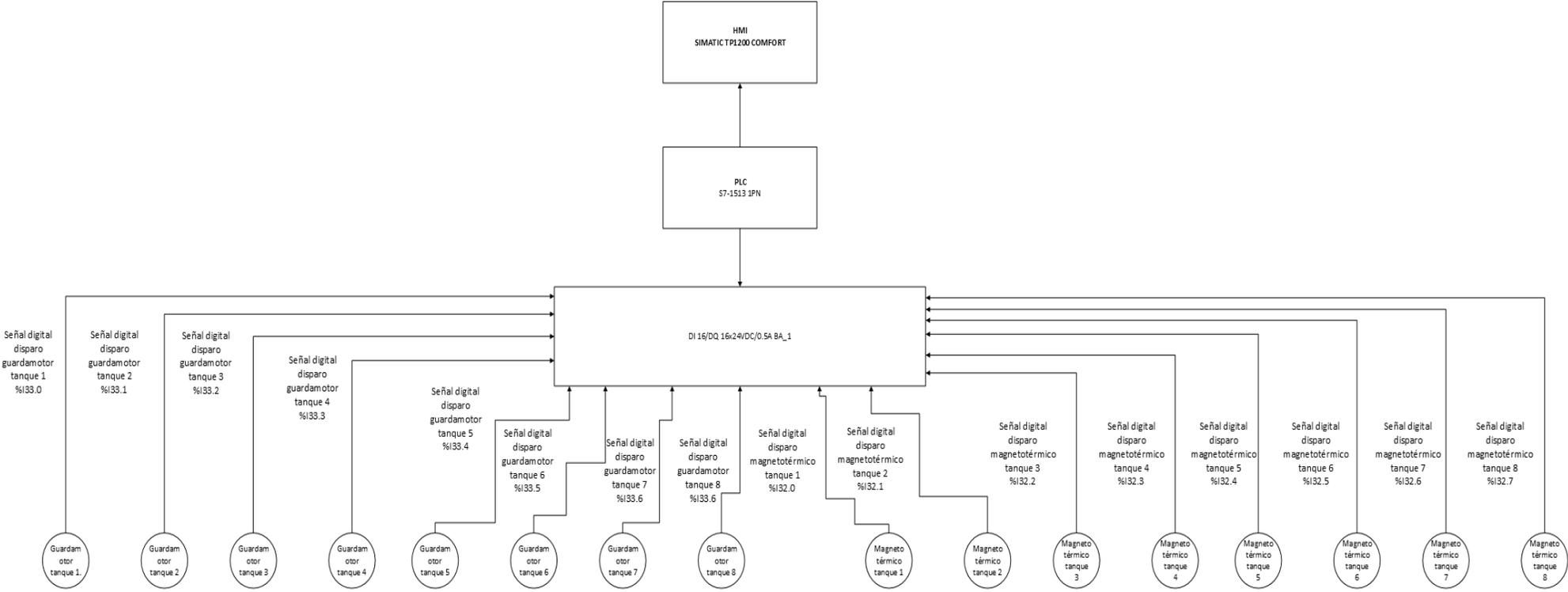
1.6. Diagrama de control de los solenoides.



1.7. Diagrama de control de las bombas de remontados.



1.8. Diagrama de monitorización del estado de las protecciones.

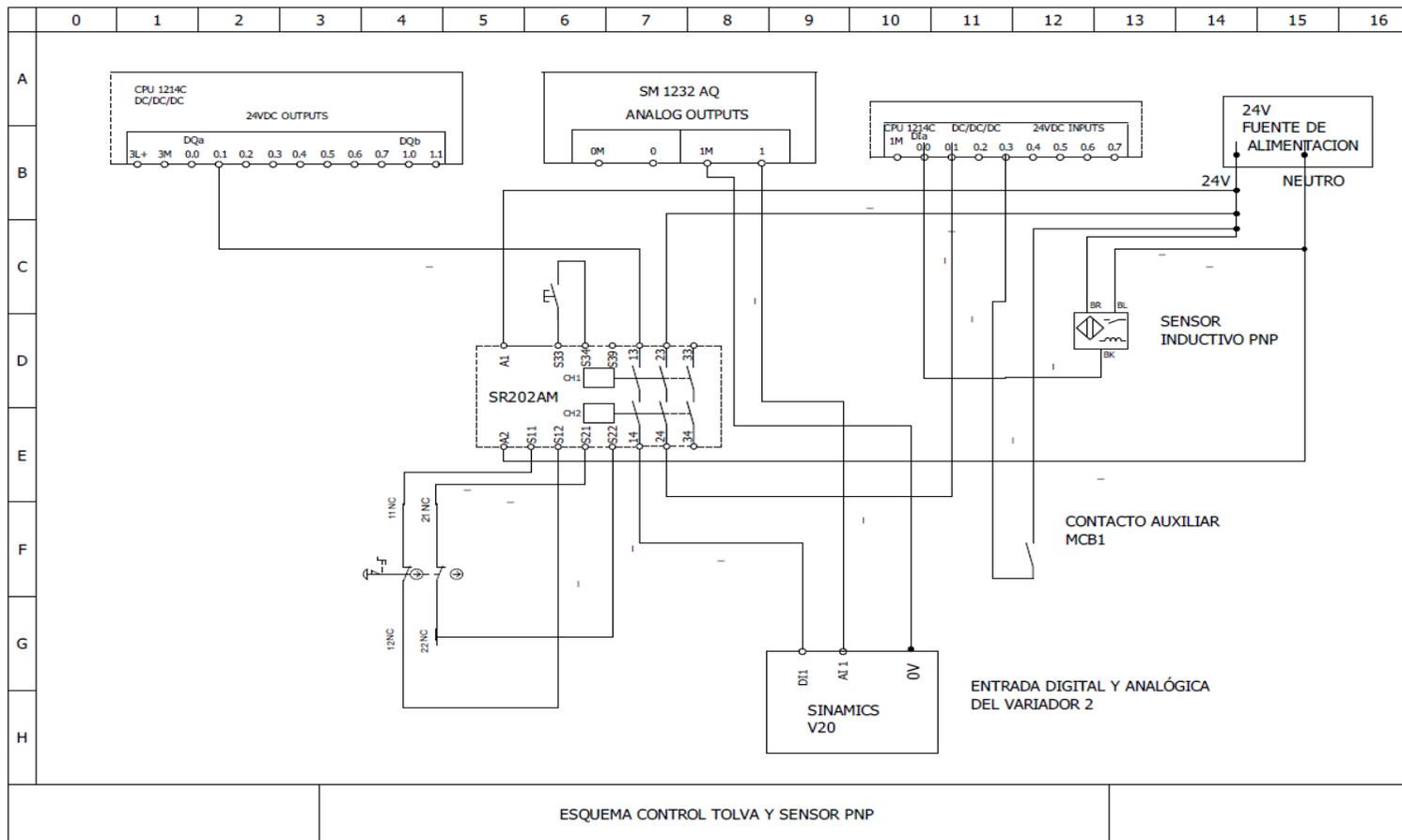


1.9. Diagrama de control de la temperatura y la humedad relativa de la sala de crianza.

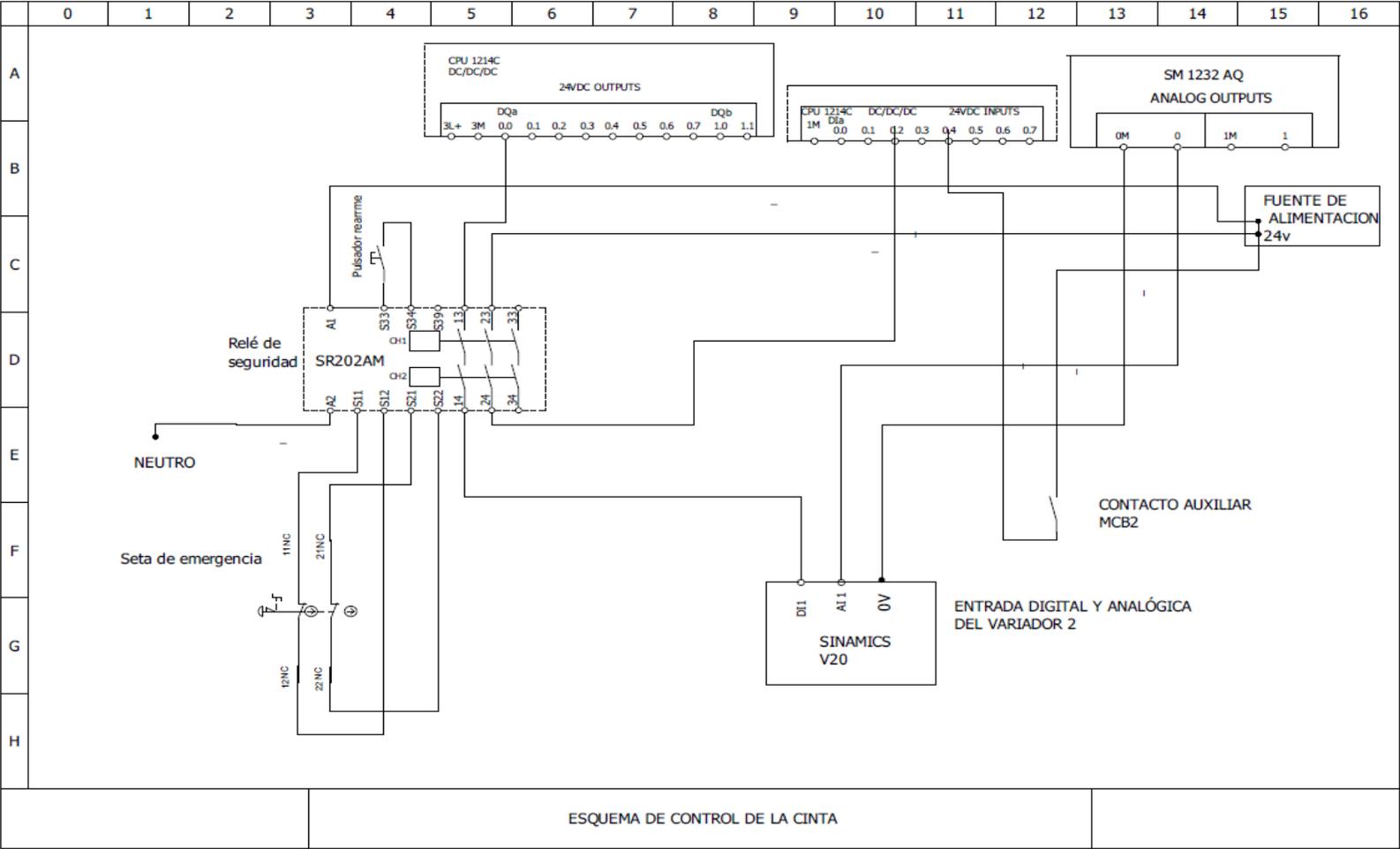


2. Esquemas unifilares.

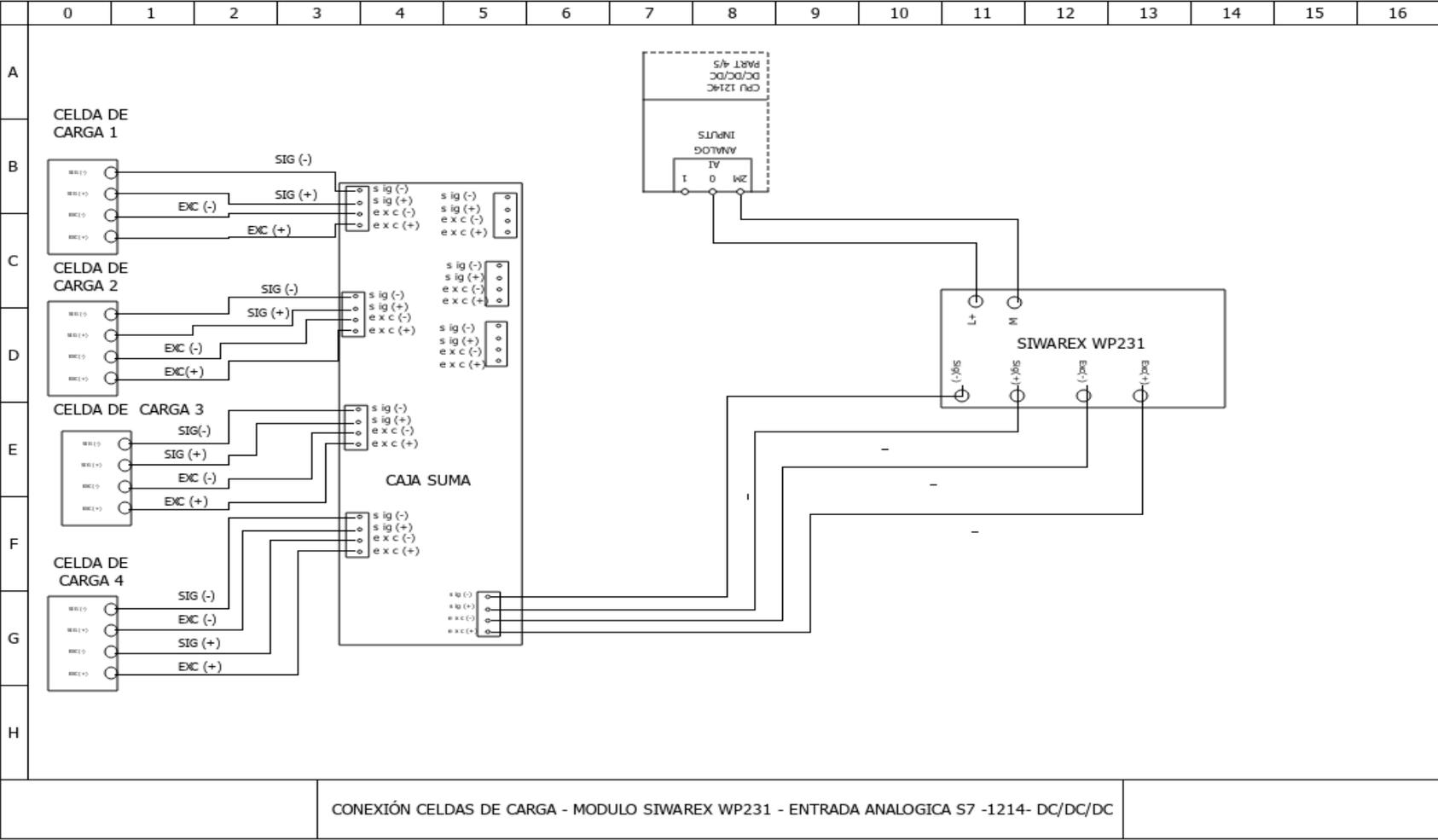
2.1. Esquema unifilar de control del sinfín de la tolva de vendimia.



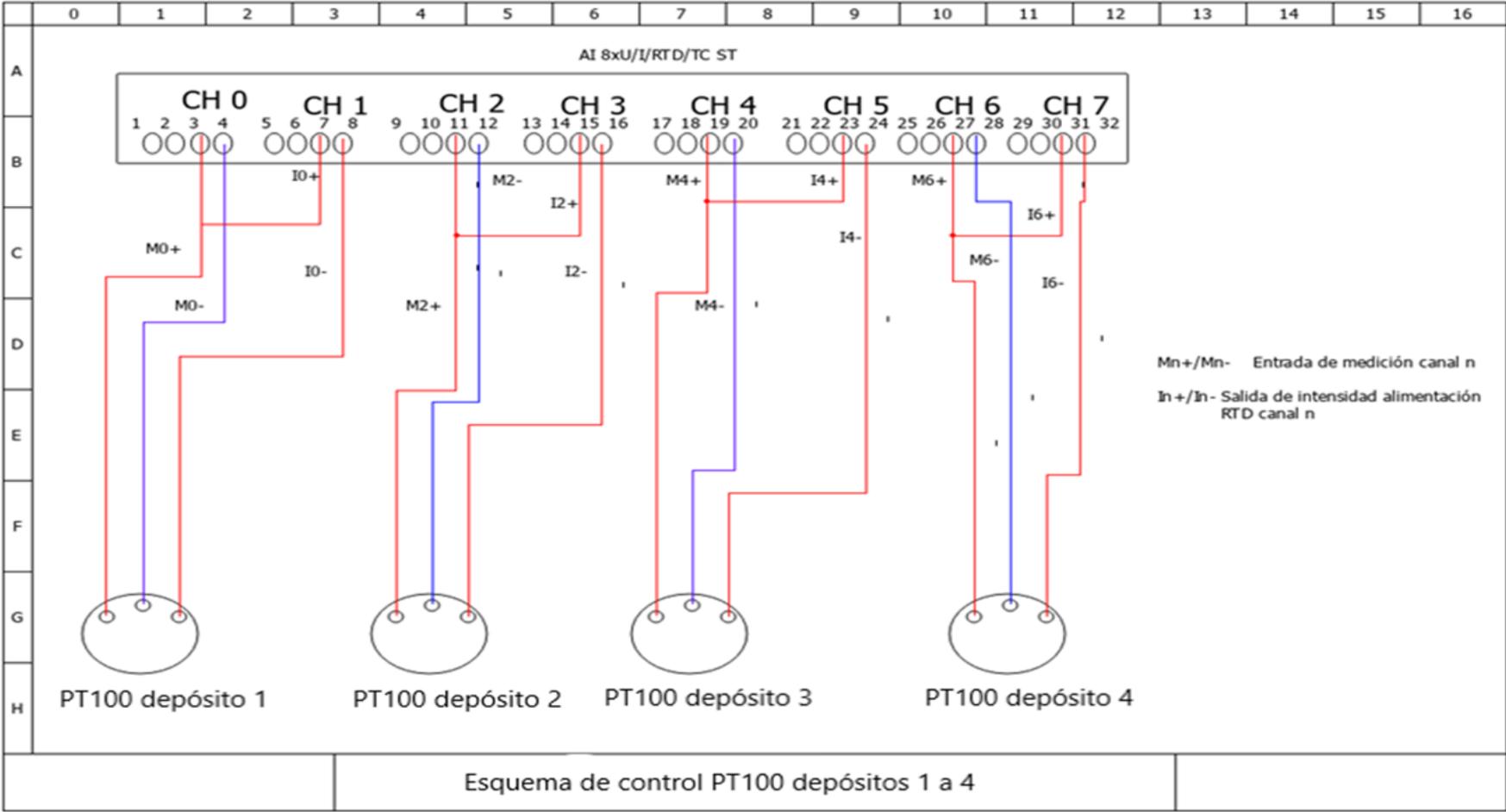
2.2. Esquema unifilar de control de la cinta elevadora.



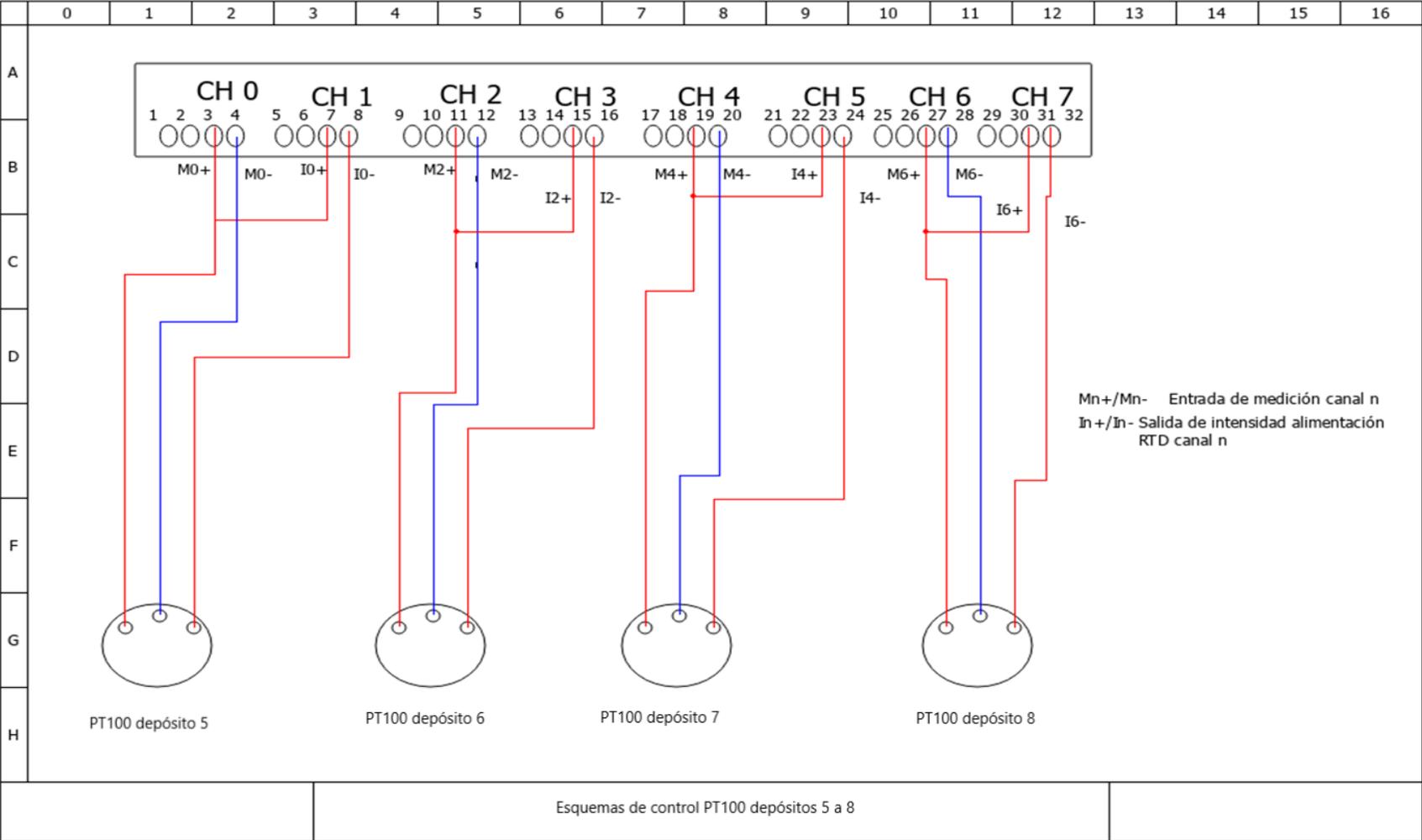
2.3. Esquema unifilar de control de las celdas de carga y módulo SIWAREX.



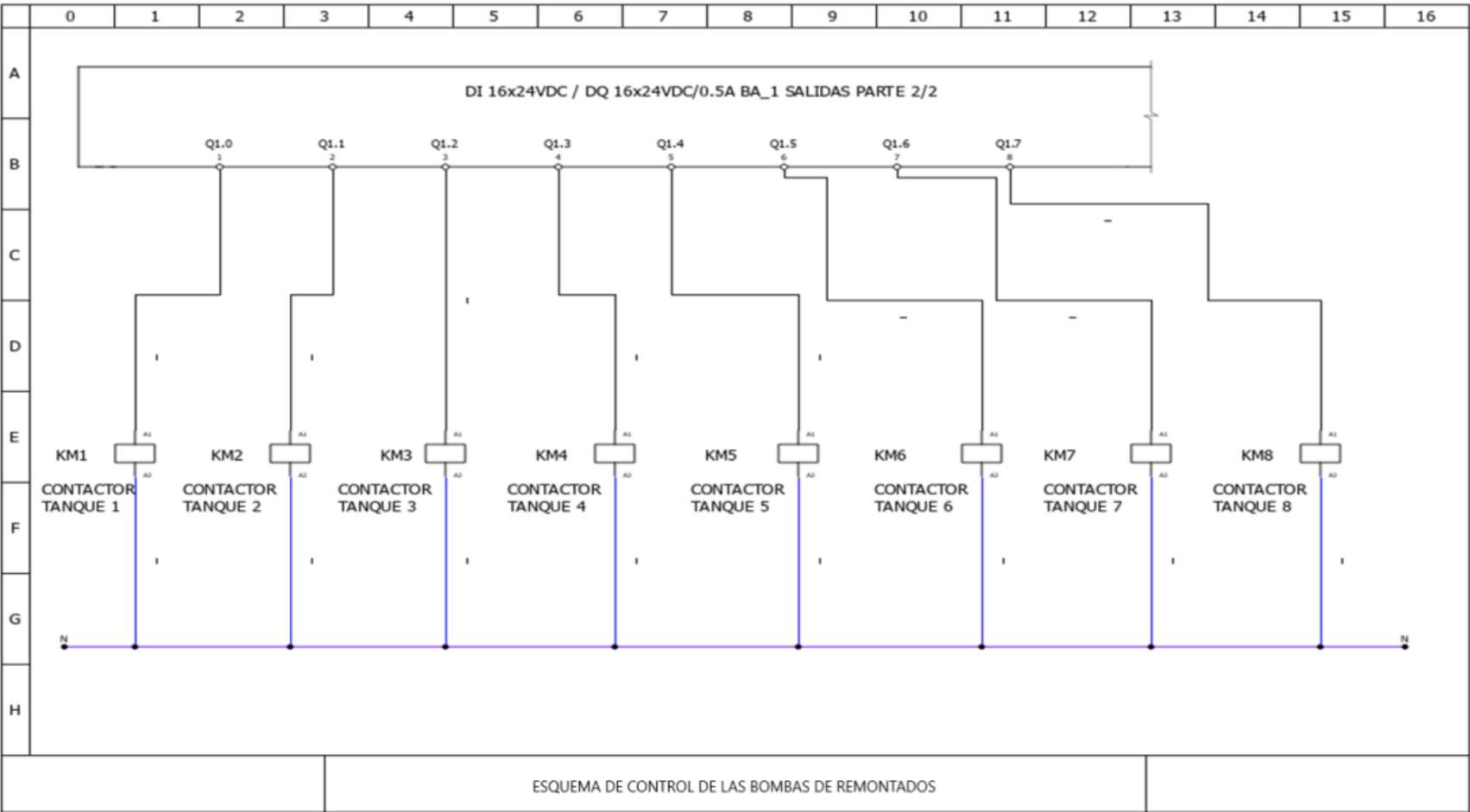
2.4. Esquema unifilar de control PT100 depósitos 1 a 4



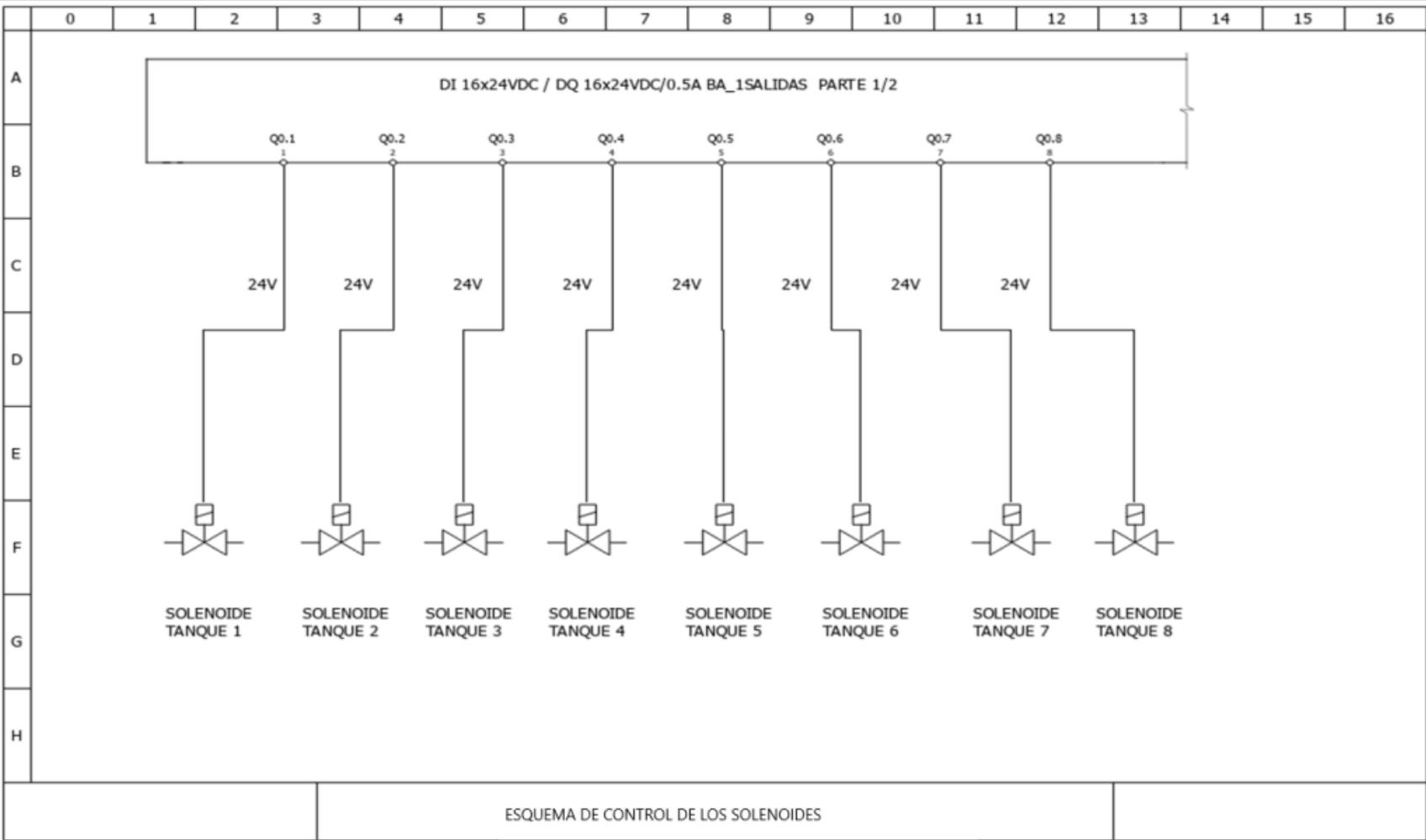
2.5. Esquema unifilar de control PT100 Depósitos 5 a 8



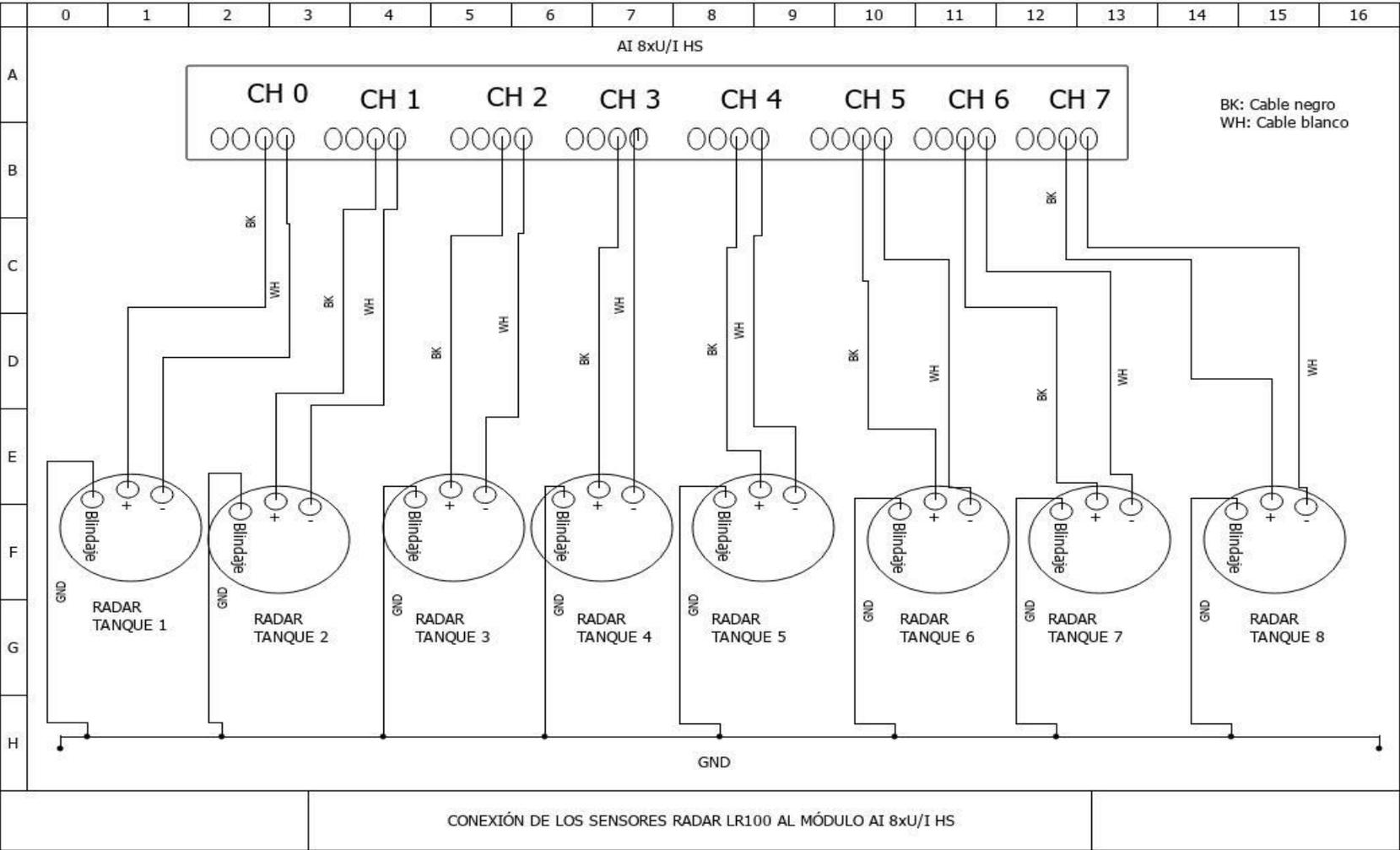
2.6. Esquema unifilar de control de las bombas de remontados.



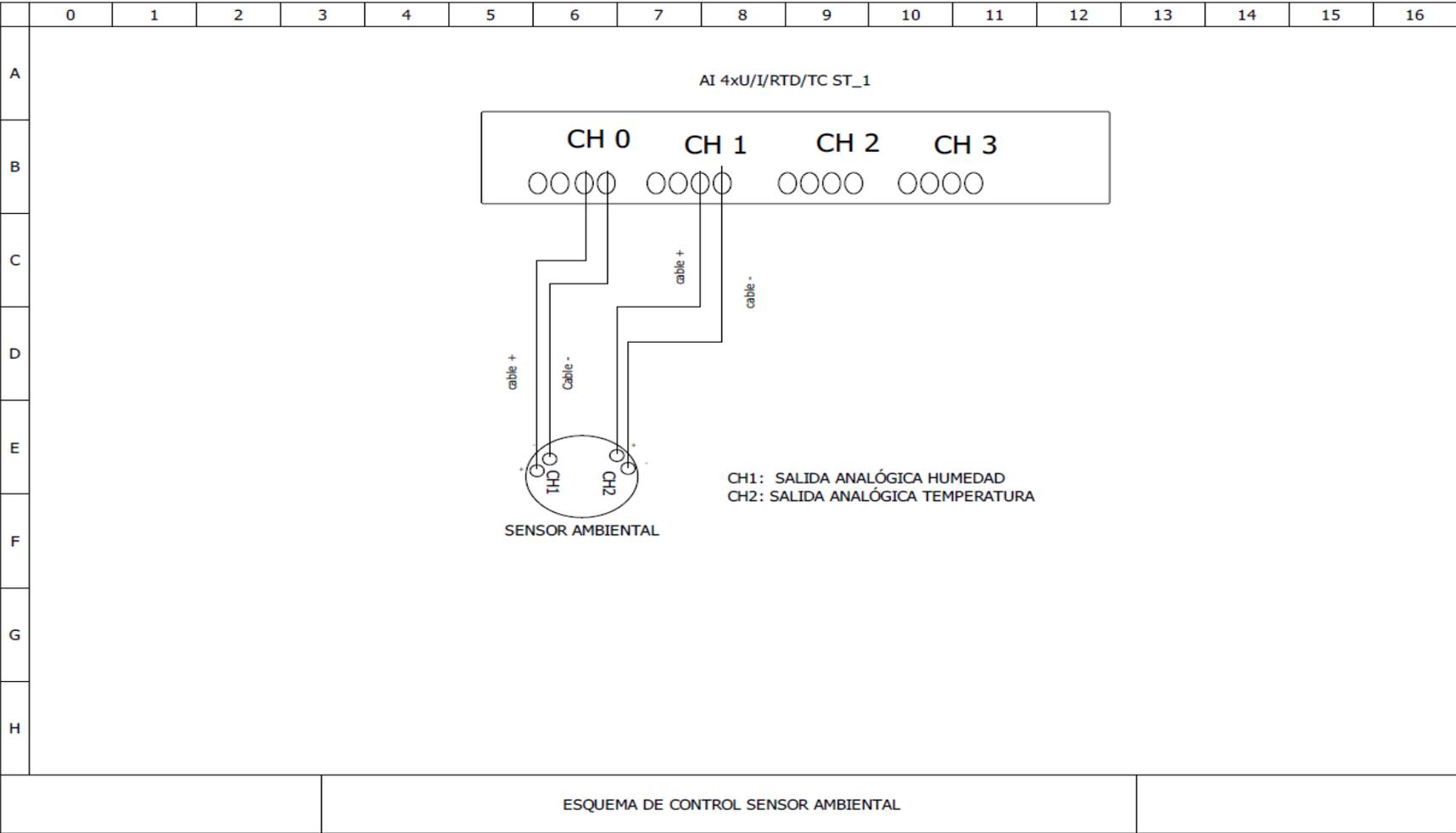
2.7. Esquema unifilar de control de los solenoides de temperatura.



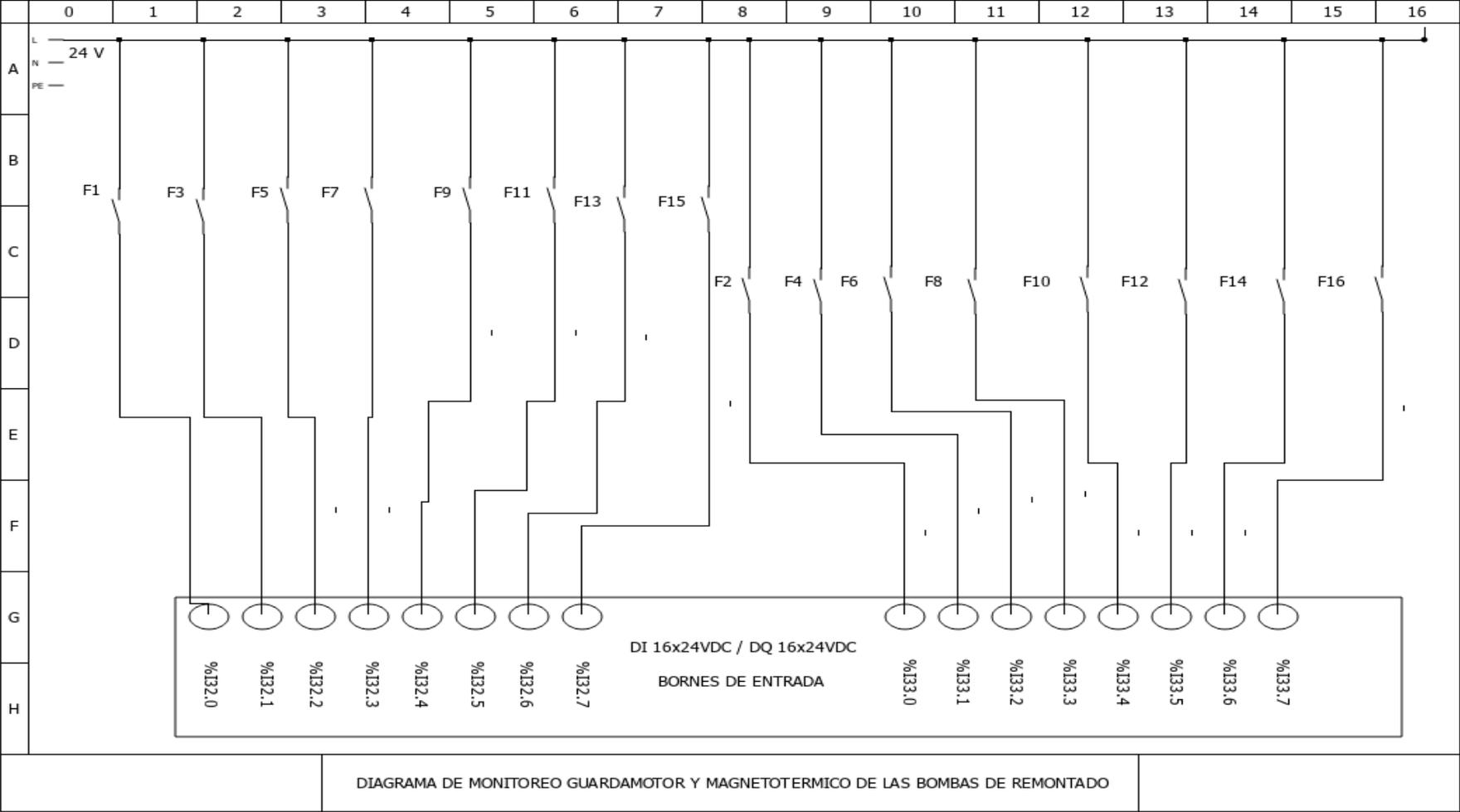
2.8. Esquema unifilar de control de los sensores radar.



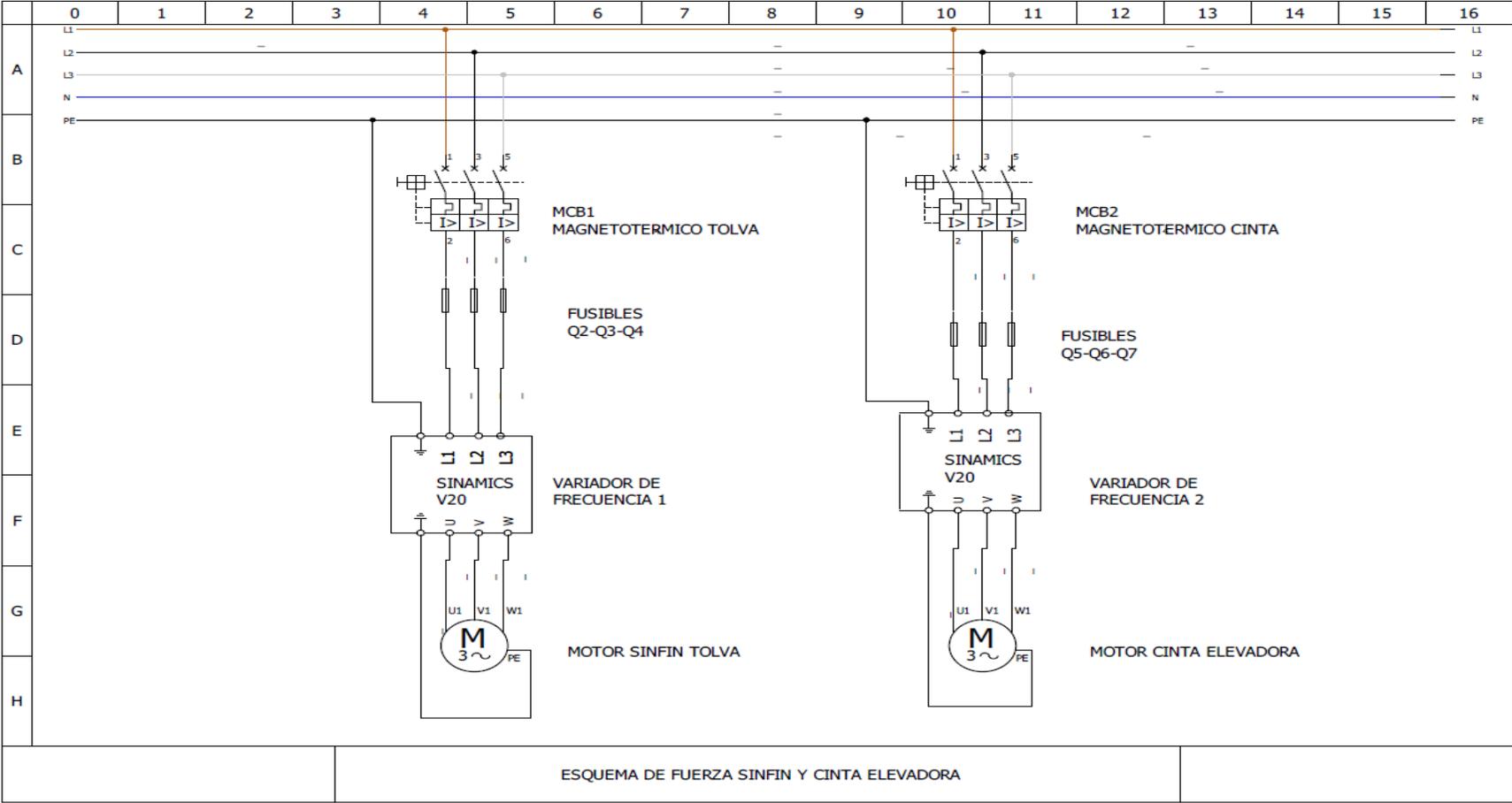
2.9. Esquema unifilar de control del sensor ambiental.



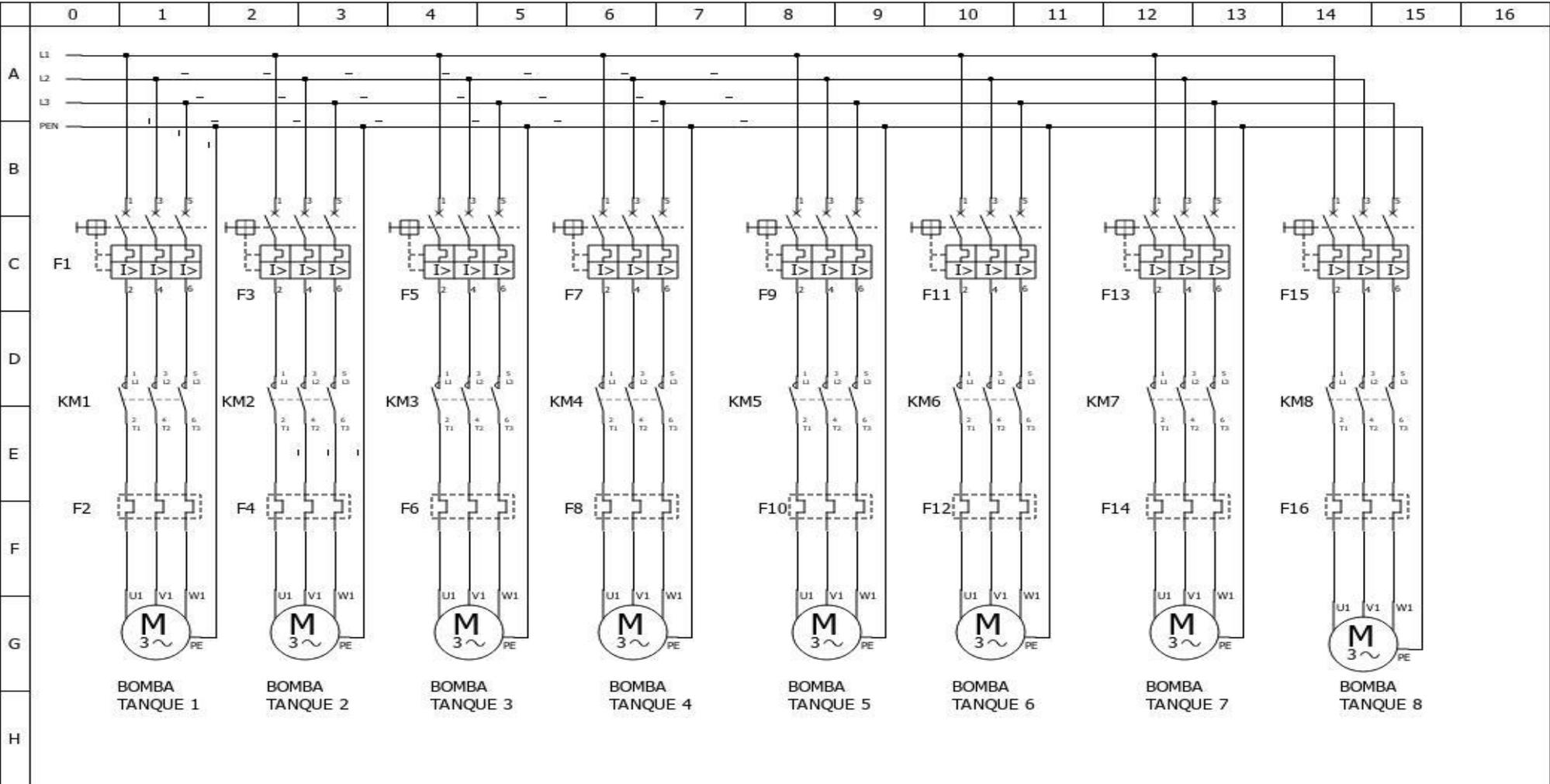
2.10. Esquema unifilar de control de los contactos auxiliares de las bombas.



2.11. Esquema unifilar de fuerza del sinfín de la tolva y de la cinta elevadora.



2.12. Esquema de fuerza de las bombas de remontados.



ESQUEMA DE FUERZA DE LAS BOMBAS DE REMONTADOS

DOCUMENTO 3

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE DE PLIEGO DE CONDICIONES

1.DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO.....	3
2. CONDICIONES Y NORMAS DE CARÁCTER GENERAL.....	3
3.CONDICIONES DE CARÁCTER PARTICULAR.....	4
3.1. CONDICIONES TÉCNICAS.....	4
3.1.1 Generalidades	4
3.1.2 Utilización y mantenimiento.....	4
3.1.3. Materiales.....	4
3.1.4. Personal	4
3.1.5. Unidades de obra defectuosas.....	5
3.1.6. Recepción de la obra y plazo de garantía.....	5
3.2. CONDICIONES FACULTATIVAS	5
3.2.1. Contrato	5
3.2.2. Responsabilidades	6
3.2.3. Rescisión del contrato	6
3.2.4. Liquidación en caso de rescisión de contrato.....	6
3.3. CONDICIONES ECONÓMICAS.....	7
3.3.1. Abono de la obra	7
3.3.2. Precios.....	7
3.3.3. Revisión de precios.....	7
3.3.4. Penalizaciones.....	8

1. Definición y alcance del pliego

El objeto de este documento tiene por objeto establecer los criterios técnicos, normativos y facultativos, de la automatización de varios procesos en una bodega destinada a la elaboración de vino tinto.

El alcance de aplicación de este documento abarca todos los equipos, aparatos y protecciones, que forman el proyecto de automatización.

2. Condiciones y normas de carácter general

Todos los elementos y procedimientos empleados deberán cumplir con la normativa vigente aplicable en España y la Unión Europea que afecte al proyecto.

De la misma forma, se precisan unas actuaciones correspondientes al contrato, teniendo en cuenta la legislación vigente aplicable al promotor, contratista, proyectista y técnicos incluyendo también las relaciones y obligaciones que les conciernen a cada uno con el fin del correcto cumplimiento del contrato.

La normativa de carácter general que debe de cumplir el presente proyecto es la siguiente:

- IEC 61131-3: Norma internacional que regula los lenguajes de programación de autómatas programables.
- Directiva 2006/42/CE: Relativa a seguridad en máquinas.
- Real Decreto 614/2001. Disposiciones mínimas para la protección de trabajadores frente a riesgo eléctrico, frente al riesgo eléctrico.
- IEC 60447:2004 Principios básicos y de seguridad para la interfaz hombre-máquina, el marcado y la identificación.
- ISO 3864, estándar internacional para señales, marcas de seguridad en lugares públicos de trabajo y áreas públicas.
- Real Decreto 1644/2008, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- Directiva 2014/35/UE sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de comercialización de material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

3. Condiciones de carácter particular

3.1. Condiciones técnicas

3.1.1 Generalidades

Las especificaciones técnicas se modificarán, si es necesario, con el consentimiento de ambas partes. Si no se efectúan cambios, se deberán cumplir con los requisitos y los parámetros establecidos en este documento, así como con las condiciones de seguridad mencionadas.

3.1.2 Utilización y mantenimiento

Si una operación no está incluida en la tabla de características del equipo electrónico, se debe prestar especial atención al diseño del circuito para prevenir cualquier sobrecarga ocasionada por condiciones de funcionamiento adversas.

El autómata programable está en funcionamiento constante. Para evitar cualquier fallo o error es imprescindible el mantenimiento óptimo, adecuado y correcto de tal forma que se consiga una mayor durabilidad del equipo y un mayor rendimiento.

La temperatura, humedad y otros factores externos del entorno deberán controlarse con el fin de no repercutir de forma negativa sobre el correcto funcionamiento del PLC. Se debe asegurar que el PLC no este expuesto a temperaturas menores de 5°C ni superiores a 50 °C mientras que la humedad relativa a la que se expone el dispositivo no debe ser inferior al 5% ni superior al 80%.

La línea de alimentación se revisará con el fin de afianzar un suministro eléctrico continuo sin picos de corriente ni sobretensiones.

3.1.3. Materiales

Los materiales utilizados se deben corresponder con las características y calidades recogidas en el presente proyecto.

Cualquier equipo o dispositivo utilizado deberá ser sometido a la previa aprobación, tanto por el contratista como por el promotor, antes de la instalación.

3.1.4. Personal

El contratista designará a una persona que ejercerá el rol de encargado, con autoridad sobre su personal y que posea conocimientos acreditados y suficientes para la ejecución del montaje y puesta en marcha del proyecto.

Además, se debe de asegurar la presencia de operarios en número suficiente para la ejecución del proyecto, así como con los conocimientos y aptitudes necesarios para los trabajos a realizar.

Se designará también una persona que ejercerá como responsable de seguridad, siendo la persona encargada de velar por el cumplimiento en todo momento de las normas de seguridad y salud.

3.1.5. Unidades de obra defectuosas

Si se produce el hallazgo de una unidad de obra que no coincide con las características detalladas y previstas en el presente proyecto, se deberá valorar entre ambas partes la forma de proceder, de forma que se puede aceptar la unidad, revisando el valor de esta y fijando un precio justo en función de las diferencias existentes, o bien proceder a la reconstrucción de la unidad defectuosa, a cargo del contratista.

3.1.6. Recepción de la obra y plazo de garantía

Al finalizar la ejecución del proyecto, y tras llevar a cabo la revisión por las partes implicadas, se realiza la recepción con carácter provisional por parte del promotor, levantando acta de la conformidad y comenzando a contar el plazo de garantía establecido desde ese mismo momento.

En caso de que se produzca el hallazgo de defectos que den lugar a la conformidad, se deberá hacer constar en el acta levantado, y acordar entre ambas partes la subsanación de las unidades defectuosas por parte del Contratista, fijando un plazo para ello, al final del cual se llevará a cabo una nueva revisión entre ambas partes para verificar la correcta subsanación y conformidad con la obra.

El plazo de garantía establecido será el acordado en el contrato, o en su defecto, de un año a contar desde el día de firma del acta provisional de conformidad con la entrega de las obras. Durante la vigencia de este periodo, la conservación de las unidades de obra queda a cargo del contratista, siempre y cuando no se demuestre un uso incorrecto por parte del promotor.

Al finalizar el plazo de garantía, el Contratista deja de tener obligación de reparación y subsanación de cualquier defecto producido, siendo únicamente responsable de aquellos debidos a defectos ocultos.

3.2. Condiciones facultativas

3.2.1. Contrato

El contrato se formaliza mediante un documento de carácter privado, que puede convertirse en público a petición de cualquiera de las partes implicadas en el mismo.

El documento comprende la adquisición de materiales, transporte, mano de obra y medios auxiliares para la ejecución del proyecto dentro del plazo que se estipule, así como la reconstrucción de las posibles unidades defectuosas, la ejecución de las actuaciones complementarias y las derivadas de las modificaciones que se introduzcan durante la ejecución.

Todos los documentos que integran el documento técnico del proyecto se deben introducir en el contrato y tanto el contratista como el promotor deben firmarlos en testimonio de conocimiento y aceptación de estos.

3.2.2. Responsabilidades

El contratista tiene la responsabilidad de realizar la ejecución y puesta en marcha conforme a lo estipulado en el proyecto y en el contrato, con la obligación de subsanar cualquier deficiencia.

El contratista es el responsable único de cualquier infracción que tanto él como su equipo cometan durante la realización de las obras u operaciones vinculadas a estas. Además, será responsable de los incidentes o perjuicios que se ocasionen a la propiedad, o a terceros en general.

El contratista es el responsable único del incumplimiento de las normativas vigentes relativas a la seguridad e higiene laboral, con relación a su personal, así como de los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de los mismos.

3.2.3. Rescisión del contrato

Las siguientes situaciones se consideran causa suficiente para la rescisión del contrato:

- Muerte o incapacitación del contratista.
- Quiebra de la empresa contratista.
- El incumplimiento de los datos de ejecución por parte del contratista.
- La suspensión durante seis meses de las obras una vez comenzadas.
- Abandono de la obra sin causa justificada.
- No comenzar la obra en el plazo indicado motivada por causas ajenas al promotor.
- No haber completado la ejecución del proyecto al haber finalizado el plazo acordado.
- Mala fe en la ejecución de los trabajos.
- Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin la autorización expresa del promotor.
- Incumplimiento reincidente de las disposiciones y normativas de Seguridad, Salud y Medio Ambiente

3.2.4. Liquidación en caso de rescisión de contrato

En caso de rescisión el contrato por alguna de las causas anteriormente citadas o mediante acuerdo entre ambas partes, se deberá abonar al contratista aquellas unidades de obra que se encuentren ya ejecutadas y todos los materiales acopiados en el lugar que sean necesarios para la misma.

La rescisión del contrato implica la retención de la fianza para sufragar los posibles gastos de conservación y mantenimiento que acontezcan hasta la fecha de una nueva adjudicación.

3.3. Condiciones Económicas

En el contrato se indica la cuantía de la fianza que el Contratista debe depositar a modo de garantía del cumplimiento de este, o en su defecto, se acordará una retención de pagos efectuados a cuenta de la ejecución de la obra. En caso de no fijarse fianza alguna en el contrato, se adopta como garantía una retención del 5%.

En caso de la negativa por parte del Contratista a la ejecución los trabajos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, o a la atención de la garantía, el promotor podrá ordenar la actuación a un tercero, siendo abonado su importe con cargo a la retención o fianza acordada, sin perjuicio de las posibles acciones legales a que tenga derecho el promotor si el importe de la retención o fianza no resulta suficiente para abonar estos trabajos.

Una vez firmada el acta de recepción, la fianza o pagos retenidos serán abonados al contratista en un plazo inferior a 30 días naturales desde la fecha de firma.

3.3.1. Abono de la obra

En el acuerdo se especificará con claridad la forma y plazos en los que se pagarán los trabajos realizados.

Las liquidaciones parciales que se puedan definir tendrán la naturaleza de anticipadas, y no implicando estas liquidaciones la aceptación o recepción de las obras incluidas. Al concluir la obra, se llevará a cabo la liquidación final, que se realizará conforme a los criterios fijados en el contrato.

3.3.2. Precios

Al realizar la firma del contrato, el Contratista debe proporcionar la relación de los precios de las unidades de obra que integran el proyecto, que deben ser aceptados y que tendrán carácter contractual.

Estos precios unitarios incluyen la ejecución total de la unidad descrita, incluyendo todos los trabajos y los materiales, así como la parte proporcional de imposición fiscal, y otros gastos repercutibles.

En caso de tener que realizarse unidades de obra no previstas en el proyecto, se determinará su precio y se presentarán al promotor para su aceptación o no antes de comenzar su ejecución.

3.3.3. Revisión de precios

El derecho a la revisión de los precios estipulados por parte del contratista se acordará y establecerá en el contrato, indicando además la fórmula que ha de utilizar en el cálculo.

3.3.4. Penalizaciones

Se establecerá la aplicación de penalizaciones ante retrasos en los plazos de ejecución del proyecto, cuyas cuantías y demoras se determinarán en el contrato.

DOCUMENTO 4. MEDICIONES

ÍNDICE DE MEDICIONES

1. INSTALACIONES Y EQUIPOS PRINCIPALES.	11
1.1. AUTÓMATAS PROGRAMABLES.	11
1.2 MÓDULOS DE EXPANSIÓN.	11
1.3. PANTALLAS HMI.....	12
1.4. VARIADOR DE FRECUENCIA.	12
1.5. BOMBAS DE REMONTADOS.	12
1.6. SENSORES Y TRANSMISORES.....	12
2. CUADRO ELÉCTRICO	13
2.1. ARMARIO ELÉCTRICO Y DE CONTROL.....	13
2.2. PROTECCIONES ELÉCTRICAS Y MANIOBRA.....	13
3. INSTALACIÓN, PROGRAMACIÓN Y PUESTA EN MARCHA	14

1. Instalaciones y Equipos Principales.

1.1. Automatas programables.

Tabla 63. Mediciones del apartado de autómatas programables.

Descripción	Unidades
Ud.- S7-1214C DC/DC/DC Versión de firmware 4.6 Ref.: 6ES7214-1AG40-0XB0	1
Ud.- S7-1513 1PN Versión de firmware 2.9 Ref.: 6ES7 513-1AL02-0AB0	1

1.2 Módulos de expansión.

Tabla 64. Mediciones del apartado de módulos.

Descripción	Unidades
Ud. -Módulo de salidas analógicas SM 1232 AQ Ref.: 6ES7 232-4HB30-0XB0	1
Ud. -Módulo de entradas analógicas AI 8xU/I/RTD/TC ST Ref.:6ES7 531-7KF00-0AB0	4
Ud. - Módulo de entradas analógicas AI 8 x U/I HS Ref.:6ES7 531-7NF10-0AB0	1
Ud.- Módulo de entradas analógicas AI 4xU/I/RTD/TC ST Ref.: 6ES7 531-7QD00-0AB0	1
Ud. -Módulo de entradas y salidas digitales DI 16x24VDC/DQ 16x24VDC/0.5A BA Ref.: 6ES7 523-1BL00-0AA0	1
Ud.- Módulo de pesaje SIWAREX WP231 Ref.: 7MH4960-2AA01	1

1.3. Pantallas HMI.

Tabla 65. Mediciones del apartado de HMIs.

Descripción	Unidades
Ud. - SIMATIC Comfort Siemens TP1200 Versión 17.0 Ref.: 6AV2124-0MC01-0AX0	1
Ud. - SIMATIC Comfort Siemens TP700 Versión 17.0 Ref.: 6AV2124-0GC01-0AX0	1
Ud. - SIMATIC KTP700 Basic PN Versión 17.0 Ref.: 6AV2124-1GC01-0AX0	1

1.4. Variador de frecuencia.

Tabla 66. Mediciones del apartado de variadores de frecuencia.

Descripción	Unidades
Ud. - SINAMICS V20 Potencia nominal 4 kW Ref.: 6SL3210-5BE24-0UV1	1
Ud. - SINAMICS V20 Potencia nominal 1,1 kW Ref.: 6SL3210-5BE21-1UV0	1

1.5. Bombas de remontados.

Tabla 67. Mediciones del apartado de bombas.

Descripción	Unidades
Ud. - Bomba de desplazamiento positivo trifásica de potencia nominal 1,5 kW e intensidad nominal de 0,9 A.	8

1.6. Sensores y transmisores.

Tabla 68. Mediciones del apartado de sensores y transmisores.

Descripción	Unidades
Ud.- Sensor inductivo tipo PNP	1

Ud.- Sonda PT100 clase B	8
Ud. - Sensor radar SITRANS LR100 Ref.: 7ML5307-1AB06-0AA0	8
Ud.- Celda de carga a compresión	4
Ud. - Transmisor de presión SITRANS P DS III Ref:7MF4433-1GA22-2RB1	16
Ud.- Sonda de precisión combinada (HTC) para ambiente Siemens QFA3171	1

2. Cuadro Eléctrico

2.1. Armario eléctrico y de control

Tabla 69. Mediciones del apartado del armario eléctrico y de control.

Descripción	Unidades
Ud. - Carril DIN perforado	10
Ud. - Armario eléctrico mural con ventana de visualización para HMI.	3
Ud. - Armario eléctrico compacto de pared.	4
Ud.- Bolsa de 40 unidades de terminal de puntera hueca 6 mm	1
Ud.- Bolsa de 100 unidades de terminal de puntera plana 25mm	1

2.2. Protecciones eléctricas y maniobra

Tabla 70. Mediciones del apartado de protecciones eléctricas y maniobra.

Descripción	Unidades
Ud. - Caja sumadora	1
Ud. - Relé de seguridad SR202AM	2
Ud. - Pulsador de parada de emergencia	2
Ud. - Fusible de cuchillas centradas de tipo gR-gS	6
Ud. - Interruptor magnetotérmico de 3 polos de 10 A.	2

Ud. - Contacto auxiliar	18
Ud. - Pulsador de retorno por muelle	2
Ud. - Contactor de potencia trifásico de intensidad nominal de 9A.	8
Ud. - Relé de sobrecarga térmica Funcionamiento ajustable entre 0,9 y 1,25 A	8
Ud. - Interruptor magnetotérmico de 3 polos de 6 A.	8
Ud. - Válvula de solenoide de 3/4 de pulgada de cuerpo fabricado en acero inoxidable AISI 304	8

3. Instalación, programación y puesta en marcha

Tabla 71. Mediciones del apartado de instalación, programación y puesta en marcha.

Descripción	Unidades
Horas de montaje de componentes y puesta en marcha.	20
Partida alzada. – Suministro, tendido, canalización, conexión y pruebas de cable de potencia RV-K 3G de sección 2,5 mm².	1
Partida alzada. – Suministro, tendido, canalización, conexión y pruebas de cable apantallado de par trenzado 2x0,5 mm².	1
Partida alzada. – Suministro, tendido, canalización, conexión y pruebas de cable de control H07V-K 0,75 mm²	1
Horas de programación PLC y HMI.	25

DOCUMENTO 5. PRESUPUESTO

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. CUADRO DE PRECIOS 17

1. 1. INSTALACIONES Y EQUIPOS PRINCIPALES.....	17
1.1.1. Autómatas programables.....	17
1.1.2. Módulos de expansión.....	17
1.1.3. Pantallas HMI.....	18
1.1.4. Variadores de frecuencia.....	18
1.1.5. Bombas.....	18
1.1.6. Sensores y transmisores.....	19
1.2. CUADRO ELÉCTRICO.....	19
1.2.1. Armarios eléctricos y de control.....	19
1.2.2. Protecciones eléctricas y maniobra.....	19
1.2.3. Programación, instalación y puesta en marcha.....	20

2. PRESUPUESTOS PARCIALES. 21

2.1. INSTALACIONES Y EQUIPOS PRINCIPALES.....	21
2.1.1. Autómatas programables.....	21
2.1.2. Módulos de expansión.....	21
2.1.3. Pantallas HMI.....	22
2.1.4. Variadores de frecuencia.....	22
2.1.5. Bombas de remontados.....	23
2.1.6. Sensores y transmisores.....	23
2.2. CUADRO ELÉCTRICO.....	23
2.2.1. Armarios eléctricos y de control.....	23
2.2.2. Protecciones eléctricas y de maniobra.....	24
2.3. INSTALACIÓN, PROGRAMACIÓN Y PUESTA EN MARCHA.....	24

3. PRESUPUESTO TOTAL. 25

1. Cuadro de precios

1. 1. Instalaciones y Equipos Principales.

1.1.1. Automatas programables.

Tabla 72. Cuadro de precios automatas programables. Fuente: Elaboración propia.

Descripción	Precio unitario (€)
Ud.- S7-1214C DC/DC/DC Versión 4.6 Ref.: 6ES7214-1AG40-0XB0	518,84
Ud.- S7-1513 1PN Versión 2.9 Ref.: 6ES7 513-1AL02-0AB0	1.214,00

1.1.2. Módulos de expansión.

Tabla 73. Cuadro de precios módulos de expansión. Fuente: Elaboración propia

Descripción	Precio unitario (€)
Ud. -Módulo de salidas analógicas SM 1232 AQ 2x14 Bits Versión 1.0 Ref.: 6ES7 232-4HB30-0XB0	500,00
Ud. -Módulo de entradas analógicas AI 8xU//RTD/TC ST Ref:6ES7 531-7KF00-0AB0	722,33
Ud. - Módulo de entradas analógicas AI 8 x U/I HS Ref:6ES7 531-7NF10-0AB0	415,49
Ud.- Módulo de entradas analógicas AI 4xU//RTD/TC ST Ref.: 6ES7 531-7QD00-0AB0	381,56
Ud. -Módulo de entradas y salidas digitales DI 16x24VDC/DQ 16x24VDC/0.5A BA Ref.: 6ES7 523-1BL00-0AA0	341,25
Ud.- Módulo de pesaje SIWAREX WP231 Ref.: 7MH4960-2AA01	808,38

1.1.3. Pantallas HMI.

Tabla 74. Cuadro de precios HMI. Fuente: Elaboración propia

Descripción	Precio unitario (€)
Ud. - SIMATIC Comfort Siemens TP1200 Versión 17.0 Ref.: 6AV2124-0MC01-0AX0	2.450,40
Ud. - SIMATIC Comfort Siemens TP700 Versión 17.0 Ref.: 6AV2124-0GC01-0AX0	1.600,04
Ud. - SIMATIC KTP700 Basic PN Versión 17.0 Ref.: 6AV2124-1GC01-0AX0	1.640,19

1.1.4. Variadores de frecuencia.

Tabla 75. Cuadro de precios variadores de frecuencia. Fuente: Elaboración propia

Descripción	Precio unitario (€)
Ud. - SINAMICS V20 potencia nominal 4 kW Ref.: 6SL3210-5BE24-0UV1	257,02
Ud. - SINAMICS V20 potencia nominal 1,1 kW Ref.: 6SL3210-5BE21-1UV0	486,55

1.1.5. Bombas.

Tabla 76. Cuadro de precios de bombas. Fuente: Elaboración propia

Descripción	Precio unitario (€)
Ud. - Bomba de desplazamiento positivo trifásica de potencia nominal 1,5 kW e intensidad nominal de 0,9 A.	479,31

1.1.6. Sensores y transmisores.

Tabla 77. Cuadro de precios. Fuente: Elaboración propia

Descripción	Precio unitario (€)
Ud.- Sensor inductivo	32,43
Ud.- Sonda PT100	79,98
Ud. - Sensor radar SITRANS LR100 Ref.: 7ML5307-1AB06-0AA0	795,21
Ud.- Celda de carga a compresión	485
Ud. - Transmisor de presión SITRANS P DS III Ref:7MF4433-1GA22-2RB1	942
Ud.- Sonda de precisión combinada (Hr+T) para ambiente Siemens QFA3171	494,77

1.2. Cuadro eléctrico.

2.12.1. Armarios eléctricos y de control.

Tabla 78. Cuadro de precios armarios eléctricos. Fuente: Elaboración propia

Descripción	Precio Unitario (€)
Ud. - Carril DIN perforado Dimensiones (Longitud,anchura,altura): 500mm x 35mm x 7.5mm	6,28
Ud. - Armario eléctrico mural con ventana de visualización para HMI.	241,90
Ud. - Armario eléctrico compacto de pared	167,03
Ud.- Bolsa de 100 terminales de puntera hueca 6 mm	4,41
Ud.- Bolsa de 100 terminales de puntera plana 25mm	13,10

2.12.2. Protecciones eléctricas y maniobra

Tabla 79. Cuadro de precios protecciones eléctricas. Fuente: Elaboración propia.

Descripción	Precio unitario (€)
Ud. - Caja sumadora.	128,29

Ud. - Relé de seguridad SR202AM.	252,64
Ud. - Pulsador de parada de emergencia.	57,82
Ud. - Fusible de cuchillas centradas de tipo gR-gS.	532,04
Ud. - Interruptor magnetotérmico de 3 polos de 10 A.	157,40
Ud. - Contacto auxiliar.	19,20
Ud. - Pulsador de retorno por muelle.	26,87
Ud. - Contactor de potencia trifásico de Intensidad nominal de 9A	223,52
Ud. - Relé de sobrecarga térmica. Funcionamiento ajustable entre 0,9 y 1,25 A	174,93
Ud. - Interruptor magnetotérmico de 3 polos de 6 A.	136,05
Ud. - Válvula de solenoide de ¾ de pulgada de cuerpo fabricado en acero inoxidable AISI 304	278,3

2.12.3. Programación, instalación y puesta en marcha

Tabla 80. Presupuesto parcial de la programación, instalación y puesta en marcha.

Descripción	Precio unitario (€)
Horas de montaje de componentes	50
Horas de conexionado y pruebas	50
Horas de programación PLC y HMI	50
Partida alzada. - Suministro, tendido, canalización, conexión y pruebas de cable de potencia RV-K 3G de sección 2,5 mm².	149
Partida alzada. - Suministro, tendido, canalización, conexión y pruebas de cable apantallado de par trenzado 2x0,5 mm².	90
Partida alzada. - Suministro, tendido, canalización, conexión y pruebas de cable de control H07V-K 0,75 mm²	40

2. Presupuestos parciales.

2.1. Instalaciones y equipos principales.

2.1.1. Automatas programables.

Tabla 81. Presupuesto parcial de los autómatas programables.

Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Importe (€)
Ud.- S7-1214C DC/DC/DC Versión 4.6 Ref.: 6ES7214-1AG40-0XB0	1	518,84	518,84
Ud.- S7-1513 1PN Versión 2.9 Ref.: 6ES7 513-1AL02-0AB0	1	1.214,00	1.214,00
TOTAL	1.732,84 €		

2.1.2. Módulos de expansión.

Tabla 82. Presupuesto parcial de los autómatas programables.

Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Importe (€)
Ud. -Módulo de salidas analógicas SM 1232 AQ 2x14 Bits Versión 1.0 Ref.: 6ES7 232-4HB30-0XB0	1	500,00	500
Ud. -Módulo de entradas analógicas AI 8xU/I/RTD/TC ST Ref:6ES7 531-7KF00-0AB0	4	722,33	2.889,32
Ud. - Módulo de entradas analógicas AI 8 x U/I HS Ref:6ES7 531-7NF10-0AB0	1	415,49	415,49
Ud.- Módulo de entradas analógicas AI 4xU/I/RTD/TC ST Ref.: 6ES7 531-7QD00-0AB0	1	381,56	381,56

Ud. -Módulo de entradas y salidas digitales DI 16x24VDC/DQ 16x24VDC/0.5A BA Ref.: 6ES7 523-1BL00-0AA0	1	341,25	341,25
Ud.- Módulo de pesaje SIWAREX WP231 Ref.: 7MH4960-2AA01	1	808,38	808,38
TOTAL	5.336,00 €		

2.1.3. Pantallas HMI.

Tabla 83 Presupuesto parcial de los HMI. Fuente: Elaboración propia.

Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Importe (€)
Ud. - SIMATIC Comfort Siemens TP1200 Versión 17.0 Ref.: 6AV2124-0MC01-0AX0	1	2.450,40	2.450,40
Ud. - SIMATIC Comfort Siemens TP700 Versión 17.0 Ref.: 6AV2124-0GC01-0AX0	1	1.600,04	1.600,04
Ud. - SIMATIC KTP700 Basic PN versión 17.0 Ref:6AV2124-1GC01-0AX0	1	1.640,19	1.640,19
TOTAL	5.690,63 €		

2.1.4. Variadores de frecuencia

Tabla 84. Presupuesto parcial de los variadores de frecuencia. Fuente: Elaboración propia.

Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Importe (€)
Ud. - SINAMICS V20 de potencia nominal 4 kW Ref.: 6SL3210-5BE24-0UV1	1	257,02	257,02
Ud. - SINAMICS V20 de potencia nominal 1,1 kW Ref:6SL3210-5BE21-1UV0	1	486,55	485,55
TOTAL	742,57 €		

2.1.5. Bombas de remontados.

Tabla 85. Presupuesto parcial de las bombas de remontados. Fuente: Elaboración propia

Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Importe (€)
Ud. - Bomba de desplazamiento positivo trifásica de potencia nominal 1,5 kW e intensidad nominal de 0,9 A.	8	479,31	3.384,48
TOTAL	3.384,48 €		

2.1.6. Sensores y transmisores.

Tabla 86. Presupuesto parcial sensores y transmisores. Fuente: Elaboración propia.

Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Importe (€)
Ud.- Sensor inductivo	1	32,43	32,43
Ud.- Sonda PT100	8	79,98	639,84
Ud. - Sensor radar SITRANS LR100 Ref.: 7ML5307-1AB06-0AA0	8	795,21	6.361,68
Ud.- Celda de carga a compresión	4	485	1.940
Ud. - Transmisor de presión SITRANS P DS III Ref:7MF4433-1GA22-2RB1	16	942	15.072,00
Ud.- Sonda de precisión combinada (Hr+T) para ambiente Siemens QFA3171	1	494,77	494,77
TOTAL	24.540 €		

2.2. Cuadro Eléctrico

2.2.1. Armarios eléctricos y de control

Tabla 87. Presupuesto parcial armarios eléctricos y de control. Fuente: Elaboración propia.

Descripción	Unidades	Precio Unitario (€)	Importe (€)
Ud. - Carril DIN perforado	10	6,28	62,88
Ud. - Armario eléctrico mural con ventana de visualización	3	241,90	725,7
Ud. - Armario eléctrico compacto de pared	4	167,03	167,03

PRESUPUESTO

Ud.- Bolsa de 40 Unidades de terminal de puntera hueca 6 mm.	1	4,41	4,41
Ud.- Bolsa de 100 Unidades de terminal de puntera plana 25mm	1	13,10	13,1
TOTAL	1.474,13 €		

2.2.2. Protecciones eléctricas y de maniobra

Tabla 88. Presupuesto parcial protecciones eléctricas y de maniobra. Fuente: Elaboración propia.

Descripción	Unidades	Precio Unitario (€)	Importe (€)
Ud. - Caja sumadora	1	128,29	128,29
Ud. - Relé de seguridad SR202AM	2	252,64	505,28
Ud. - Pulsador de parada de emergencia	2	57,82	115,64
Ud. - Fusible de cuchillas centradas de tipo gR-gS	6	532,04	3.192,24
Ud. - Interruptor magnetotérmico de 3 polos de 10 A.	2	157,40	314,8
Ud. - Contacto auxiliar	18	19,20	345,6
Ud. - Pulsador de retorno por muelle	2	26,87	53,74
Ud. - Contactor de potencia trifásico de intensidad nominal de 9A.	8	223,52	1.788,16
Ud. - Relé de sobrecarga térmica Funcionamiento ajustable entre 0,9 y 1,25 A	8	174,93	1.399,44
Ud. - Interruptor magnetotérmico de 3 polos de 6 A.	8	136,05	1.088,4
Ud. - Válvula de solenoide de ¾ de pulgada de cuerpo fabricado en acero inoxidable AISI 304	8	278,3	2.226,4
TOTAL	11.157,99 €		

2.3. Instalación, programación y puesta en marcha.

Tabla 89. Presupuesto parcial instalación, programación y puesta en marcha. Fuente: Elaboración propia

Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Importe(€)
-------------	----------	---------------------	------------

PRESUPUESTO

Horas de montaje de componentes	20	50	1.000
Horas de conexionado y pruebas	5	50	250
Partida alzada. – Suministro, tendido, canalización, conexión y pruebas de cable de potencia RV-K 3G de sección 2,5 mm².	1	149	149
Partida alzada. – Suministro, tendido, canalización, conexión y pruebas de cable apantallado de par trenzado 2x0,5 mm².	1	90	90
Partida alzada. – Suministro, tendido, canalización, conexión y pruebas de cable de control H07V-K 0,75 mm²	1	40	40
Horas de programación PLC y HMI	25	50	1.250
TOTAL	2.779,00 €		

3. Presupuesto total.

- | | |
|---|-------------|
| 1. Instalaciones y equipos principales | 41.426,52 € |
| 2. Cuadro eléctrico | 12.632,01 € |
| 3. Instalación, programación y puesta en marcha | 2.779,00 € |

TOTAL PROYECTO

54.061,30

DOCUMENTO 6. ANEXOS

1. Programación

PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC]

PLC_1

Project information

Name	PLC_1	Author	jedac
Comment		Slot	1
Rack	0		

Catalog information

Short designation	CPU 1214C DC/DC/DC	Description	Work memory 150 KB; 24VDC power supply with DI14 x 24VDC SINK/SOURCE, DQ10 x 24VDC and AI2 on board; 6 high-speed counters and 4 pulse outputs on-board; signal board expands on-board I/O; up to 3 communication modules for serial communication; up to 8 signal modules for I/O expansion; PROFINET IO controller, I-device, transport protocol TCP/IP, secure Open User Communication, S7 communication, Web server, OPC UA: Server DA
Article number	6ES7 214-1AG40-0XB0	Firmware version	V4.6
	False		

Connection resources\

	Station resources - Reserved - Maximum	Station resources - Reserved - Configured	Station resources - Dynamic - Configured	Module resources - PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] - Configured
Maximum number of resources:		34	34	68
	Maximum	Configured	Configured	Configured
PG communication:	4	-	-	-
HMI communication:	12	2	0	2
S7 communication:	8	0	0	0
Open user communication:	8	0	0	0
Web communication:	2	-	-	-
OPC UA client/server communication:	0	-	-	-
Other communication:	-	-	0	0
Total resources used:		2	0	2
Available resources:		32	34	66

Overview of addresses\Overview of addresses\Overview of addresses

Inputs	True	Outputs	True
Address gaps	False	Slot	True

PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks

Main [OB1]

Main Properties

General

Name	Main	Number	1	Type	OB
Language	LAD	Numbering	Automatic		

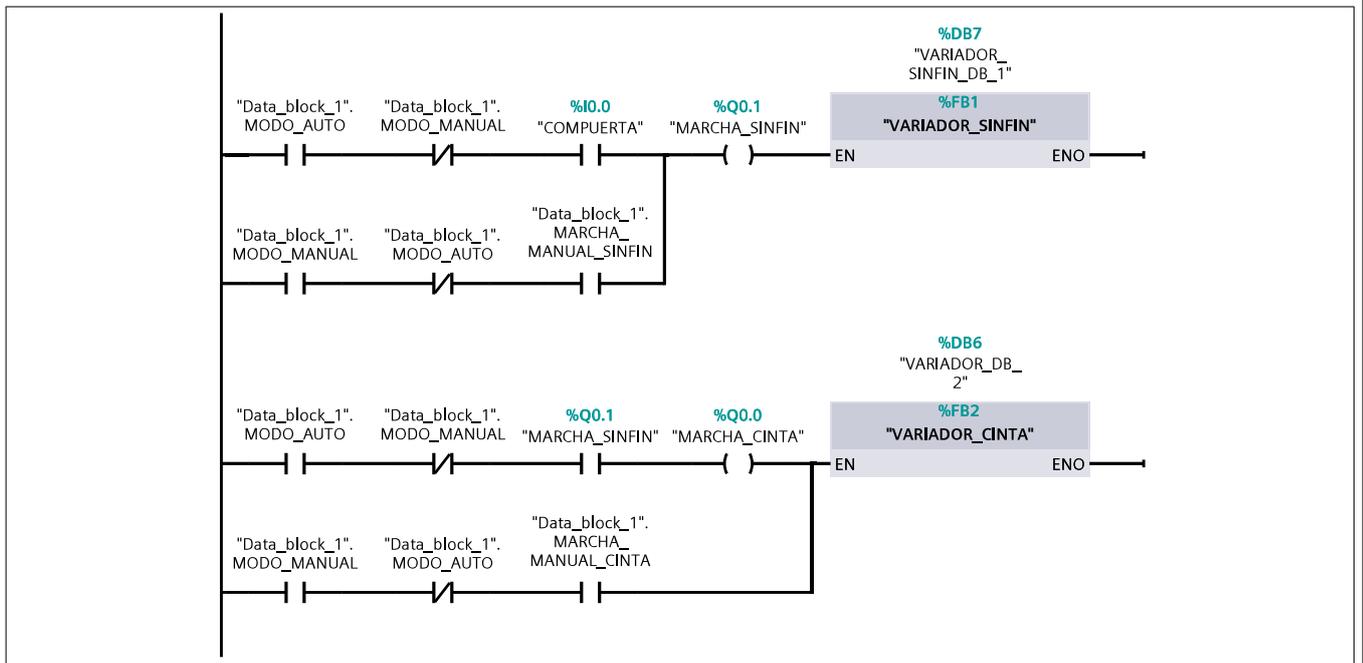
Information

Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment	En este bloque se encuentra la programación de la marcha y paro del sinfin y la cinta con su llamada a los bloques donde se ajusta su frecuencia. Tambien se encuentra la programación de los avisos de disparo de las protecciones eléctricas y el accionamiento de las paradas de emergencia. En el segmento 3, se introduce y realiza el llamado del bloque de programación del SIWAREX, y en el segmento 4 se procesa la señal analógica del peso.
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Default value
Temp		
Constant		

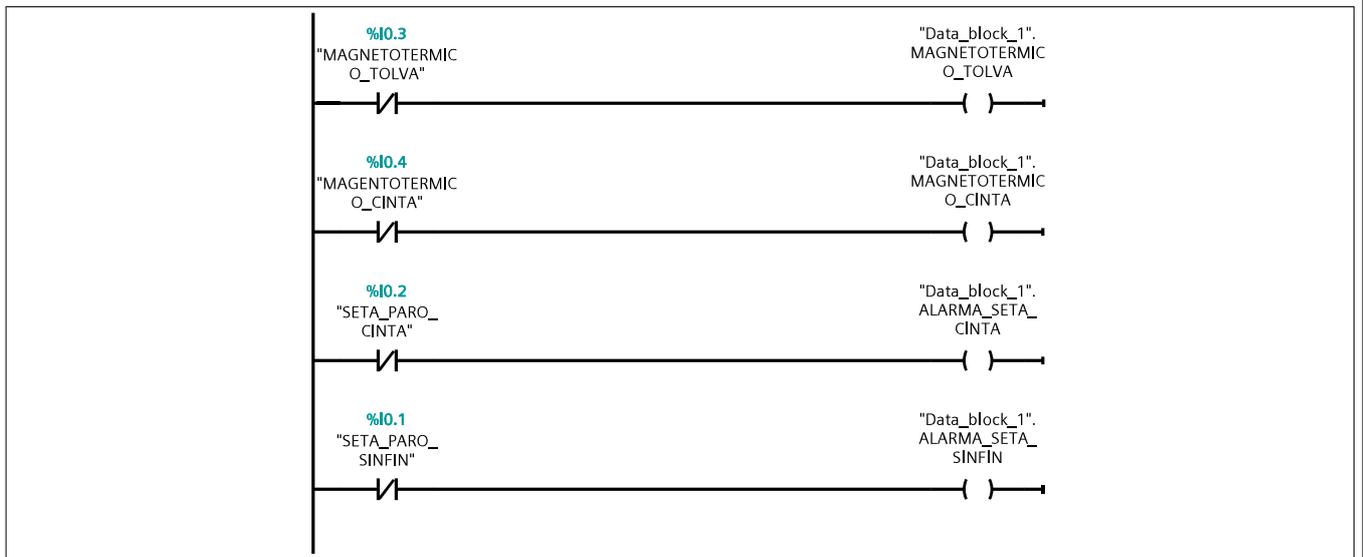
Network 1: Programación de marcha y paro del sinfin y de la cinta.

En este segmento se encuentra la programación de la marcha y el paro tanto del sinfin de la tolva de vendimia y de la cinta de elevación, que al activarse llaman al bloque donde se encuentra programado el ajuste de la frecuencia de ambos equipos por parte del operador.



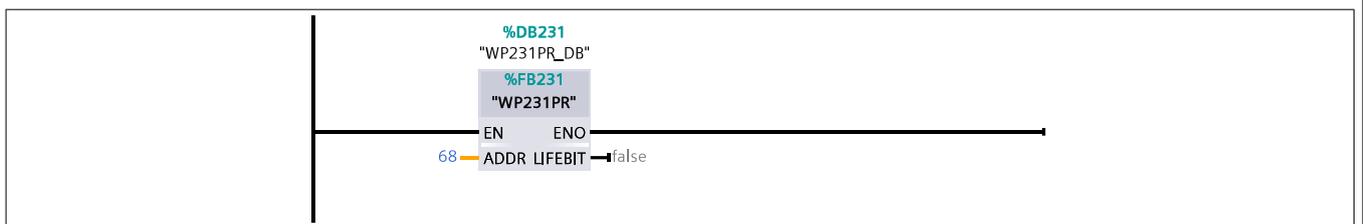
Network 2: Avisos HMI

Mediante este segmento, se controla el encendido de los testigos de aviso, al dejar de recibir señal digital en las entradas correspondientes del PLC, monitorizando así el estado de las protecciones.



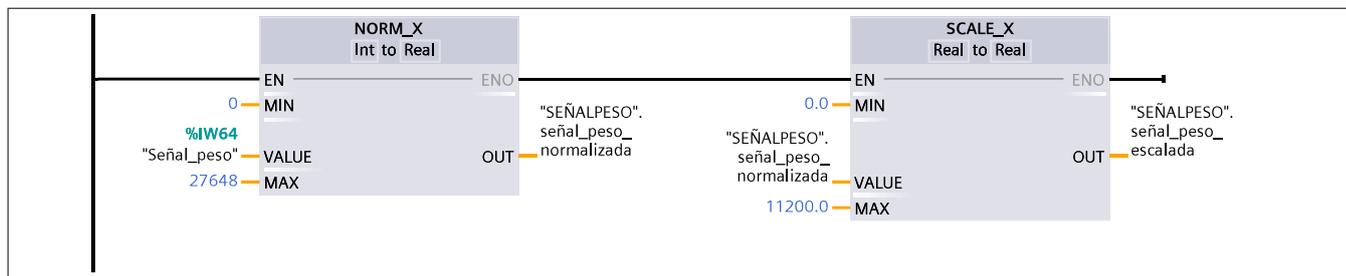
Network 3: Llamada al bloque "ready to use" del SIWAREX.

Mediante este segmento se maenja e integra el módulo SIWAREX, utilizando un bloque de programación ya proporcionado por el fabricante.



Network 4: Procesamiento de la señal analógica de peso del SIWAREX.

Mediante este segmento se procesa la señal analógica recibida del SIWAREX, escalando la misma en el rango máximo de medición que presentan las celdas de carga.



PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks

Data_block_1 [DB1]

Data_block_1 Properties

General

Name	Data_block_1	Number	1	Type	DB
Language	DB	Numbering	Automatic		

Information

Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Start value	Retain
▼ Static			
MODO_AUTO	Bool	false	False
MODO_MANUAL	Bool	false	False
MARCHA_MANUAL_SINFIN	Bool	false	False
PARO_SINFIN	Bool	false	False
MARCHA_MANUAL_CINTA	Bool	false	False
PARO_CINTA	Bool	false	False
MAGNETOTERMICO_TOLVA	Bool	false	False
SINFIN_ON	Bool	false	False
ALARMA_SETA_SINFIN	Bool	false	False
ALARMA_SETA_CINTA	Bool	false	False
MAGNETOTERMICO_CINTA	Bool	false	False
auxiliar_flanco_negativo	Bool	false	False
auxiliar_flanco_positivo	Bool	false	False

PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks

VARIADOR_CINTA [FB2]

VARIADOR_CINTA Properties

General

Name	VARIADOR_CINTA	Number	2	Type	FB
Language	LAD	Numbering	Manual		

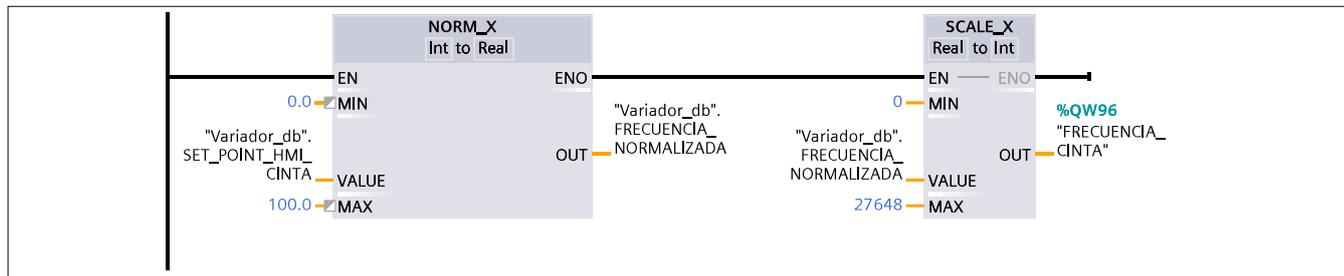
Information

Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Default value	Retain
Input			
Output			
InOut			
Static			
Temp			
Constant			

Network 1:

Mediante este segmento se integra en el programa el ajuste de la frecuencia de la cinta, realizado en el HMI por el operador.



PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks

Variador_db [DB2]

Variador_db Properties

General

Name	Variador_db	Number	2	Type	DB
Language	DB	Numbering	Automatic		

Information

Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Start value	Retain
▼ Static			
SET_POINT_HMI_CINTA	Int	0	False
cinta_on	Bool	false	False
porcentaje_frecuencia_consigna	Real	0.0	False
frecuencia_multiplicada	Real	0.0	False
FRECUENCIA_NORMALIZADA	Real	0.0	False
auxiliar_variador_frecuencia_real	Real	0.0	False
frecuencia_real_hmi	Real	0.0	False

PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks

WP231PR [FB231]

WP231PR Properties

General

Name	WP231PR	Number	231	Type	FB
Language	SCL	Numbering	Manual		

Information

Title		Author	Siemens	Comment	
Family	SIWAREX	Version	4.3	User-defined ID	

Name	Data type	Default value
▼ Input		
ADDR	DInt	0
▼ Output		
LIFEBIT	Bool	false
InOut		
▼ Static		
internal	Struct	
i_MaxLifeBitCyc	UInt	500
CMD_A	Int	2034
CMD_B	Int	0
s_CMD1	Struct	
s_CMD2	Struct	
s_CMD3	Struct	
s_CMD_curr	Struct	
bo_CMD_ERR	Bool	false
s_FB_STATUS	Struct	
w_ErrorCode	Word	16#0
s_IO_DATA	Struct	
at_IO_DATA	Struct	
DR03	Struct	
DR03_AT	Array[0..95] of UInt	
DR04	Struct	
DR04_AT	Array[0..13] of UInt	
DR05	Struct	
DR05_AT	Array[0..19] of UInt	
DR06	Struct	
DR06_AT	Array[0..29] of UInt	
DR07	Struct	
DR07_AT	Array[0..29] of UInt	
DR08	Struct	
DR08_AT	Array[0..9] of UInt	
DR09	Struct	
DR09_AT	Array[0..33] of UInt	
DR10	Struct	
DR10_AT	Array[0..21] of UInt	
DR12	Struct	
DR12_AT	Array[0..49] of UInt	
DR13	Struct	
DR13_AT	Array[0..11] of UInt	

Name	Data type	Default value
DR14	Struct	
DR14_AT	Array[0..7] of UInt	
DR15	Struct	
DR15_AT	Array[0..13] of UInt	
DR16	Struct	
DR16_AT	Array[0..7] of UInt	
DR17	Struct	
DR17_AT	Array[0..7] of UInt	
DR18	Struct	
DR18_AT	Array[0..5] of UInt	
DR30	Struct	
DR30_AT	Array[0..29] of UInt	
DR31	Struct	
DR31_AT	Array[0..15] of UInt	
DR32	Struct	
DR32_AT	Array[0..13] of UInt	
DR34	Struct	
DR34_AT	Array[0..12] of UInt	
DR35	Struct	
DR35_AT	Array[0..19] of UInt	
DR41	Struct	
DR41_AT	Array[0..35] of UInt	
DR42	Struct	
DR42_AT	Array[0..35] of UInt	
DR45	Struct	
DR45_AT	Array[0..13] of UInt	
DR46	Struct	
DR46_AT	Array[0..63] of UInt	
DR47	Struct	
DR47_AT	Array[0..35] of UInt	
DR48	Struct	
DR48_AT	Array[0..11] of UInt	
DR59	Struct	
DR59_AT	Array[0..13] of UInt	
DR70	Struct	
DR70_AT	Array[0..89] of UInt	
DR80	Struct	
DR80_AT	Array[0..37] of UInt	
DR81	Struct	
DR81_AT	Array[0..31] of UInt	
DR82	Struct	
DR82_AT	Array[0..91] of UInt	

PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks

WP231PR_DB [DB231]

WP231PR_DB Properties

General

Name	WP231PR_DB	Number	231	Type	DB
Language	DB	Numbering	Manual		

Information

Title		Author	Siemens	Comment	
Family	SIWAREX	Version	4.3	User-defined ID	

Name	Data type	Start value	Retain
▼ Input			
ADDR	DInt	0	False
▼ Output			
LIFEBIT	Bool	false	False
InOut			
▼ Static			
internal	Struct		False
i_MaxLifeBitCyc	UInt	500	False
CMD_A	Int	2034	False
CMD_B	Int	0	False
s_CMD1	Struct		False
s_CMD2	Struct		False
s_CMD3	Struct		False
s_CMD_curr	Struct		False
bo_CMD_ERR	Bool	false	False
s_FB_STATUS	Struct		False
w_ErrorCode	Word	16#0	False
s_IO_DATA	Struct		False
DR03	Struct		False
DR04	Struct		False
DR05	Struct		False
DR06	Struct		False
DR07	Struct		False
DR08	Struct		False
DR09	Struct		False
DR10	Struct		False
DR12	Struct		False
DR13	Struct		False
DR14	Struct		False
DR15	Struct		False
DR16	Struct		False
DR17	Struct		False
DR18	Struct		False
DR30	Struct		False
DR31	Struct		False
DR32	Struct		False
DR34	Struct		False
DR35	Struct		False
DR41	Struct		False

Totally Integrated
Automation Portal

Name	Data type	Start value	Retain
DR42	Struct		False
DR45	Struct		False
DR46	Struct		False
DR47	Struct		False
DR48	Struct		False
DR59	Struct		False
DR70	Struct		False
DR80	Struct		False
DR81	Struct		False
DR82	Struct		False

PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks

Cyclic interrupt [OB35]

Cyclic interrupt Properties

General

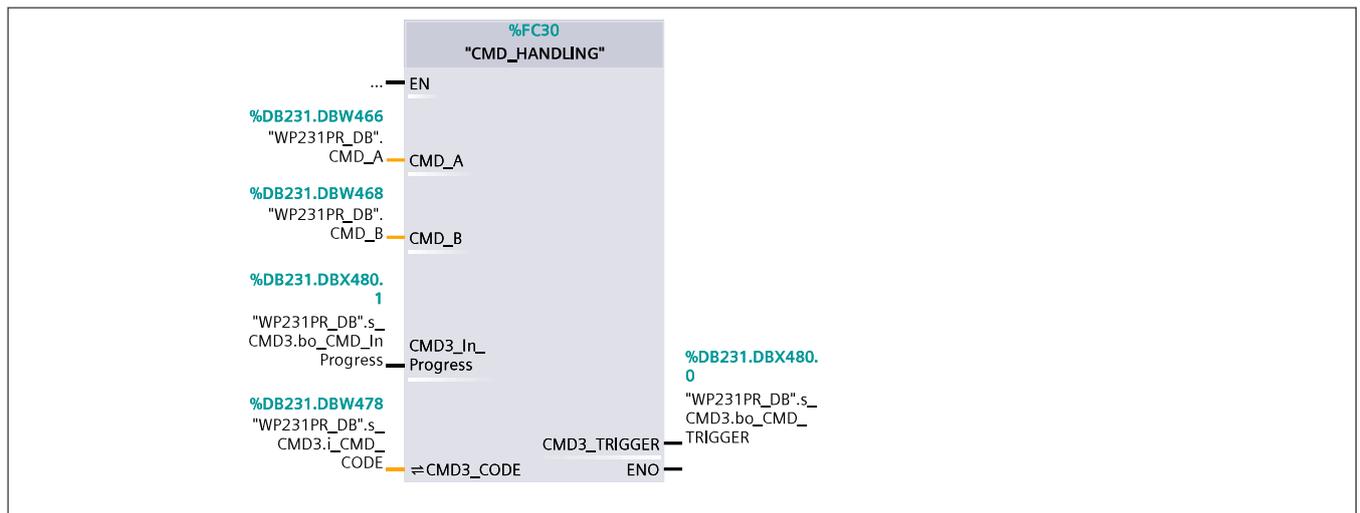
Name	Cyclic interrupt	Number	35	Type	OB
Language	FBD	Numbering	Manual		

Information

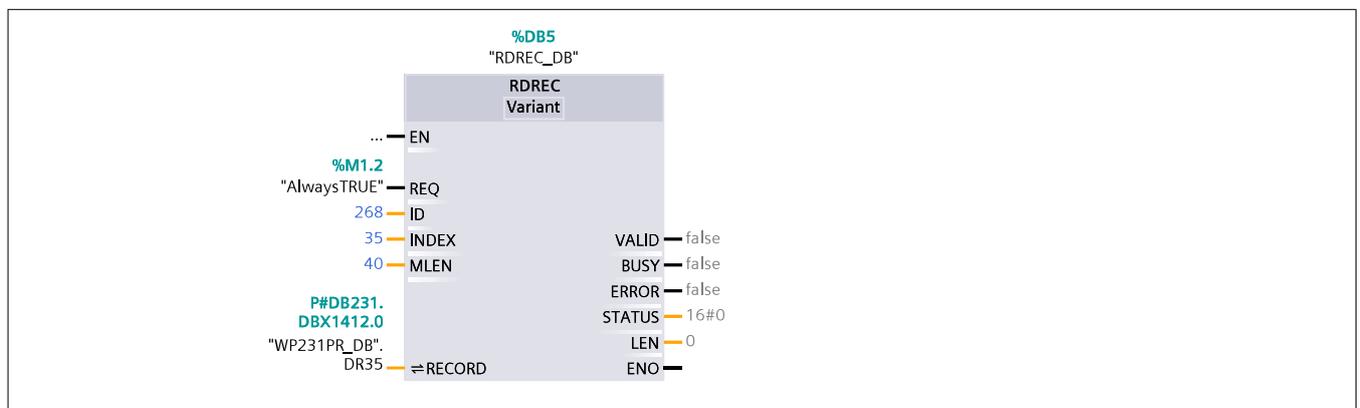
Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Default value
Temp		
Constant		

Network 1: Bloque de envio de comandos del SIWAREX



Network 2:



PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks

CMD_HANDLING [FC30]

CMD_HANDLING Properties

General

Name	CMD_HANDLING	Number	30	Type	FC
Language	SCL	Numbering	Manual		

Information

Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Default value
▼ Input		
CMD_A	Int	
CMD_B	Int	
CMD3_In_Progress	Bool	
▼ Output		
CMD3_TRIGGER	Bool	
▼ InOut		
CMD3_CODE	Int	
Temp		
Constant		
▼ Return		
CMD_HANDLING	Void	

```

0001 IF (#CMD3_In_Progress=FALSE) THEN
0002     IF (#CMD_A<>0) THEN
0003         IF (#CMD_B<>0) THEN
0004             IF (#CMD3_CODE=#CMD_A) THEN #CMD3_CODE:=#CMD_B;
0005             ELSE #CMD3_CODE:=#CMD_A;
0006             END_IF;
0007         ELSE #CMD3_CODE:=#CMD_A;
0008         END_IF;
0009         #CMD3_TRIGGER:=TRUE;
0010     ELSIF (#CMD_B<>0) THEN #CMD3_CODE:=#CMD_B; #CMD3_TRIGGER:=TRUE;
0011     END_IF;
0012 END_IF;
    
```

PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks

SDT [FB10]

SDT Properties

General

Name	SDT	Number	10	Type	FB
Language	SCL	Numbering	Manual		

Information

Title	Secure Display Transfer	Author	Siemens	Comment	Function block for sending and receiving data to an from a remote device via TCP/IP
Family	Siwarex	Version	1.0	User-defined ID	

Name	Data type	Default value	Retain
▼ Input			
DR35	Struct		Non-retain
ID	Word	16#0	Non-retain
LDEV_ID	Byte	16#0	Non-retain
LTSAPID	Word	16#0	Non-retain
RTSAPID	Word	16#0	Non-retain
RSTADDR1	Byte	16#0	Non-retain
RSTADDR2	Byte	16#0	Non-retain
RSTADDR3	Byte	16#0	Non-retain
RSTADDR4	Byte	16#0	Non-retain
REQ	Bool	false	Non-retain
▼ Output			
CUR_STATE	Int	0	Non-retain
CONTROL	Word	16#0	Non-retain
DONE	Bool	false	Non-retain
BUSY	Bool	false	Non-retain
ERROR	Bool	false	Non-retain
STATUS	Word	16#0	Non-retain
STATUS_FB	Int	0	Non-retain
InOut			
▼ Static			
s_Connect	TCON_Param		Non-retain
si_CurrentState	Int	0	Non-retain
TCON_1	TCON		
TSEND_1	TSEND		
TRCV_1	TRCV		
b_NoConnectionEstablished	Bool	TRUE	Non-retain
sb_REQ	Bool	false	Non-retain
▼ Temp			
w_word	Word		
b_Done	Bool		
b_Busy	Bool		
b_Error	Bool		
w_Status	Word		
i_Rcvd_Len	DInt		
i_AdrCnt	Int		

Name	Data type	Default value	Retain
i_AdrDR35	Int		
Constant			

```

0001
0002
0003 //
*****
*****
0004 // SDT (Secure Display Transfer)
0005 // Version 1.0
0006 // 05/06/2013
0007 //
*****
*****
0008
0009 //The function block SDT (Secure Display Transfer) sends the data record 35
(krypto data) to a remote device
0010 //and reads two bytes control number from a remote device by calling the
function blocks TSEND and TRCV. If there
0011 //is no connection established (internal variable b_NoConnectionEstablished =
TRUE or status of TSEND/TRCV =
0012 //16#80A1) the function block establishes the connection via the function
TCON. The sending and receiving of
0013 //data is started by a positive edge at the input REQ. Data record 35
("DR35") and control number ("CONTROL")
0014 //are directly connected to the Inputs/Outputs of the function block.
0015 //An internal state machine has the following states:
0016
0017 // Constants of the State Machine (Variable si_CurrentState):
0018 // 0: idle
0019 // 1: init TCON with request = 0
0020 // 2: establish connecton
0021 // 3: send data
0022 // 4: receive data
0023
0024
0025 //*****
0026 // Evaluate new request
0027 //*****
0028
0029 IF 0 = #si_CurrentState THEN
0030     IF #REQ AND NOT #sb_REQ THEN
0031
0032         //New Request: reset outputs
0033         #BUSY := FALSE;
0034         #ERROR := FALSE;
0035         #DONE := FALSE;
0036         #STATUS := 16#0000;
0037         #STATUS_FB := 0; //idle
0038
0039         IF #b_NoConnectionEstablished THEN
0040             #si_CurrentState := 1; //Establish connection
0041         ELSE
0042             #si_CurrentState := 3; //Send data
0043         END_IF;
0044     END_IF;
0045     #sb_REQ := #REQ;
0046 END_IF;

```

```
0047
0048
0049 //*****
0050 // Establish Connection
0051 //*****
0052
0053 //Init TCON or establish connection
0054 IF 1 = #si_CurrentState OR 2 = #si_CurrentState THEN
0055
0056 //Set member variables of structure s_Connect
0057 #s_Connect.BLOCK_LENGTH := 16#40; // (initial value)
0058 #s_Connect.ID := #ID; // Connection ID
0059 #s_Connect.CONNECTION_TYPE := 17; // TCP (initial value)
0060 #s_Connect.ACTIVE_EST := false; // always = 16#00, passive connec-
tion (initial value)
0061 #s_Connect.LOCAL_DEVICE_ID := #LDEV_ID; // = 1 (Interface ID)
0062 IF 0 = #LTSAPID THEN
0063 #s_Connect.LOCAL_TSAP_ID_LEN := 0;
0064 ELSE
0065 #s_Connect.LOCAL_TSAP_ID_LEN := 2;
0066 END_IF;
0067 //#s_Connect.rem_subnet_id_len: always = 16#00, not used (initial value)
0068 IF 0 = #RSTADDR1 AND 0 = #RSTADDR2 AND 0 = #RSTADDR3 AND 0 = #RSTADDR4 THEN
0069 #s_Connect.REM_STADDR_LEN := 0;
0070 ELSE
0071 #s_Connect.REM_STADDR_LEN := 4;
0072 END_IF;
0073 IF 0 = #RTSAPID THEN
0074 #s_Connect.REM_TSAP_ID_LEN := 0;
0075 ELSE
0076 #s_Connect.REM_TSAP_ID_LEN := 2;
0077 END_IF;
0078
0079 //#s_Connect.next_staddr_len: always = 16#0, not relevant for TCP (initial
value)
0080 #w_word := #LTSAPID;
0081 #s_Connect.LOCAL_TSAP_ID[1] := #w_word.%B1;
0082 #s_Connect.LOCAL_TSAP_ID[2] := #w_word.%B0;
0083 //#s_Connect.local_tsap_id[3..16]: always = 16#0, not used (initial value)
0084 //#s_Connect.rem_subnet_id[1..16]: always = 16#0, not used (initial value)
0085 #s_Connect.REM_STADDR[1] := #RSTADDR1;
0086 #s_Connect.REM_STADDR[2] := #RSTADDR2;
0087 #s_Connect.REM_STADDR[3] := #RSTADDR3;
0088 #s_Connect.REM_STADDR[4] := #RSTADDR4;
0089 //#s_Connect.rem_staddr[5..6]: always = 16#0, (initial value)
0090 #w_word := #RTSAPID;
0091 #s_Connect.REM_TSAP_ID[1] := #w_word.%B1;
0092 #s_Connect.REM_TSAP_ID[2] := #w_word.%B0;
0093 //#s_Connect.rem_tsap_id[3..16]: always = 16#0, not used (initial value)
0094 //#s_Connect.next_staddr[1..6]: always = 16#0, (initial value)
0095 //#s_Connect.spare: always = 16#0, not used (initial value)
0096
0097
0098 #TCON_1(REQ := (2 = #si_CurrentState),
0099 ID := #ID,
0100 DONE => #b_Done,
0101 BUSY => #b_Busy,
0102 ERROR => #b_Error,
0103 STATUS => #w_Status,
```

```

0104     CONNECT := #s_Connect);
0105
0106     //Evaluatate result of establishing the connection
0107     IF 2 = #si_CurrentState THEN
0108
0109         #STATUS_FB := 2; //Call of TCON
0110
0111         IF #b_Busy THEN
0112             #DONE := #b_Done;
0113             #BUSY := #b_Busy;
0114             #ERROR := #b_Error;
0115             #STATUS := #w_Status;
0116             ELSIF #b_Error AND (#w_Status <> 16#80A3) THEN // #w_Status = 16#80A3: try-
ing to establish an existing connection (no error)
0117                 //Error: connection could not be established
0118                 #si_CurrentState := 0;
0119                 #DONE := #b_Done;
0120                 #BUSY := #b_Busy;
0121                 #ERROR := #b_Error;
0122                 #STATUS := #w_Status;
0123                 ELSIF #b_Done OR (#w_Status = 16#80A3) THEN // #w_Status = 16#80A3: trying
to establish an existing connection (no error)
0124                     //Connection has been established: send or receive data
0125                     #b_NoConnectionEstablished := FALSE;
0126                     #BUSY := FALSE;
0127                     #ERROR := FALSE;
0128                     #DONE := FALSE;
0129                     #STATUS := #w_Status;
0130                     #si_CurrentState := 3; //Send Data
0131                 ELSE
0132                     #si_CurrentState := 0;
0133                     #BUSY := FALSE;
0134                     #ERROR := TRUE;
0135                     #DONE := FALSE;
0136                     #STATUS := 16#FFFF;
0137                 END_IF;
0138             END_IF; //IF 2 = #si_CurrentState THEN
0139         END_IF;
0140
0141
0142     //*****
0143     // Send Data
0144     //*****
0145
0146     #TSEND_1(REQ := (3 = #si_CurrentState),
0147             ID := #ID,
0148             LEN := 32,
0149             DONE => #b_Done,
0150             BUSY => #b_Busy,
0151             ERROR => #b_Error,
0152             STATUS => #w_Status,
0153             DATA := #DR35.DISPLAY_DATA);
0154
0155
0156
0157     //Evaluatate result of sending data
0158     IF 3 = #si_CurrentState THEN
0159
0160         #STATUS_FB := 3; //Call of TSEND

```

```

0161
0162 IF #b_Busy THEN
0163     #DONE := FALSE;
0164     #BUSY := TRUE;
0165     #ERROR := FALSE;
0166     #STATUS := #w_Status;
0167 ELSIF #b_Error THEN
0168     //Error: data could not be sent
0169     IF #w_Status = 16#80A1 THEN
0170     #b_NoConnectionEstablished := TRUE; //Establish connection
0171     #sb_REQ := FALSE;
0172     #si_CurrentState := 0;
0173     ELSE
0174     //Error: data could not be sent
0175     #si_CurrentState := 0;
0176     #BUSY := FALSE;
0177     #ERROR := TRUE;
0178     #STATUS := #w_Status;
0179     END_IF;
0180 ELSIF #b_Done THEN
0181     //data have been sent
0182     #si_CurrentState := 4; //Recieve Data
0183 ELSE
0184     //Error
0185     #si_CurrentState := 0;
0186     #DONE := FALSE;
0187     #BUSY := FALSE;
0188     #ERROR := TRUE;
0189     #STATUS := 16#FFFF;
0190 END_IF;
0191 END_IF; //IF 3 = #si_CurrentState THEN
0192
0193
0194 //*****
0195 // Receive Data
0196 //*****
0197
0198 #TRCV_1(EN_R := (4 = #si_CurrentState),
0199     ID := #ID,
0200     LEN := 2,
0201     NDR => #b_Done,
0202     BUSY => #b_Busy,
0203     ERROR => #b_Error,
0204     STATUS => #w_Status,
0205     RCVD_LEN => #i_Rcvd_Len,
0206     DATA := #CONTROL);
0207
0208 //Evalutate result of receiving data
0209 IF 4 = #si_CurrentState THEN
0210
0211     #STATUS_FB := 4; //Call of TRCV
0212
0213     IF #b_Busy THEN
0214     #DONE := FALSE;
0215     #BUSY := TRUE;
0216     #ERROR := FALSE;
0217     #STATUS := #w_Status;
0218     ELSIF #b_Error THEN
0219     //Error: data could not be received

```

```
0220 #si_CurrentState := 0;
0221 #DONE := FALSE;
0222 #BUSY := FALSE;
0223 #ERROR := TRUE;
0224 #STATUS := #w_Status;
0225
0226 ELSIF #b_Done THEN
0227 //data have been sent
0228 #si_CurrentState := 0; //Idle
0229 #DONE := TRUE;
0230 #BUSY := FALSE;
0231 #ERROR := FALSE;
0232 #STATUS := #w_Status;
0233
0234 ELSE
0235 //Error
0236 #si_CurrentState := 0;
0237 #DONE := FALSE;
0238 #BUSY := FALSE;
0239 #ERROR := TRUE;
0240 #STATUS := 16#FFFF;
0241 END_IF;
0242 END_IF; //IF 4 = #si_CurrentState THEN
0243
0244 //Set current state to "establish connection" after initialisation
0245 IF #si_CurrentState = 1 THEN
0246 #si_CurrentState := 2;
0247 END_IF;
0248
0249 //Write current state to output
0250 #CUR_STATE := #si_CurrentState;
0251
0252
0253
0254
```

PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks

SDT_DB [DB10]

SDT_DB Properties

General

Name	SDT_DB	Number	10	Type	DB
Language	DB	Numbering	Manual		

Information

Title		Author	Siemens	Comment	
Family	Siwarex	Version	1.0	User-defined ID	

Name	Data type	Start value	Retain
▼ Input			
DR35	Struct		False
ID	Word	16#0	False
LDEV_ID	Byte	16#0	False
LTSAPID	Word	16#0	False
RTSAPID	Word	16#0	False
RSTADDR1	Byte	16#0	False
RSTADDR2	Byte	16#0	False
RSTADDR3	Byte	16#0	False
RSTADDR4	Byte	16#0	False
REQ	Bool	false	False
▼ Output			
CUR_STATE	Int	0	False
CONTROL	Word	16#0	False
DONE	Bool	false	False
BUSY	Bool	false	False
ERROR	Bool	false	False
STATUS	Word	16#0	False
STATUS_FB	Int	0	False
InOut			
▼ Static			
s_Connect	TCON_Param		False
si_CurrentState	Int	0	False
TCON_1	TCON		False
TSEND_1	TSEND		False
TRCV_1	TRCV		False
b_NoConnectionEstablished	Bool	TRUE	False
sb_REQ	Bool	false	False

PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks

VARIADOR_DB_1 [DB3]

VARIADOR_DB_1 Properties

General

Name	VARIADOR_DB_1	Number	3	Type	DB
Language	DB	Numbering	Automatic		

Information

Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Start value	Retain
Input			
Output			
InOut			
Static			

PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks

VARIADOR_DB_2 [DB6]

VARIADOR_DB_2 Properties

General

Name	VARIADOR_DB_2	Number	6	Type	DB
Language	DB	Numbering	Automatic		

Information

Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Start value	Retain
Input			
Output			
InOut			
Static			

PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks

SEÑALPESO [DB4]

SEÑALPESO Properties

General

Name	SEÑALPESO	Number	4	Type	DB
Language	DB	Numbering	Automatic		

Information

Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Start value	Retain
▼ Static			
señal_peso_normalizada	Real	0.0	False
señal_peso_escalada	Real	0.0	False

PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks

VARIADOR_SINFIN [FB1]

VARIADOR_SINFIN Properties

General

Name	VARIADOR_SINFIN	Number	1	Type	FB
Language	LAD	Numbering	Automatic		

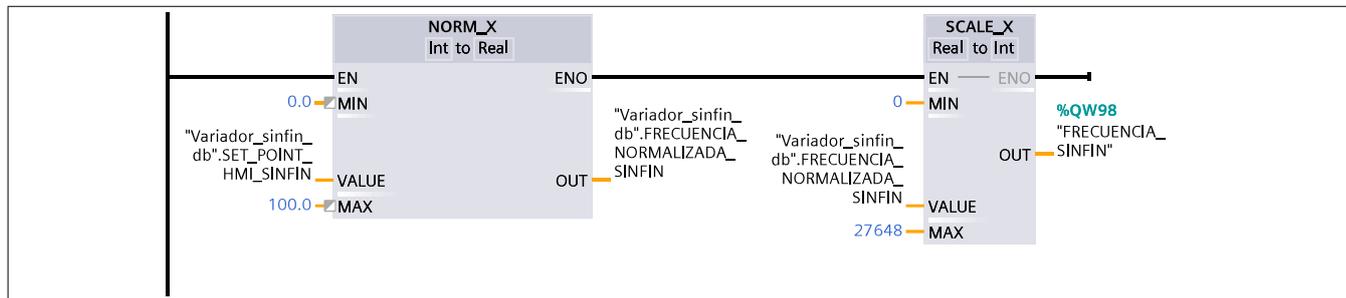
Information

Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Default value	Retain
Input			
Output			
InOut			
Static			
Temp			
Constant			

Network 1:

Mediante este segmento se integra en el programa el ajuste de la frecuencia del sinfin de la tolva, realizado en el HMI por el operador.



Program blocks

Main [OB1]

Main Properties

General

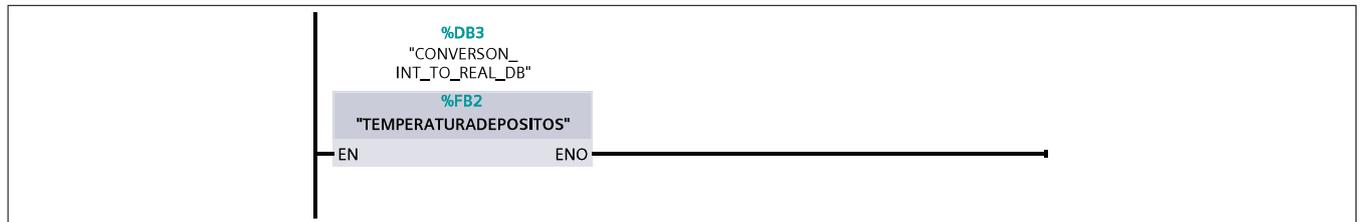
Name	Main	Number	1	Type	OB
Language	LAD	Numbering	Automatic		

Information

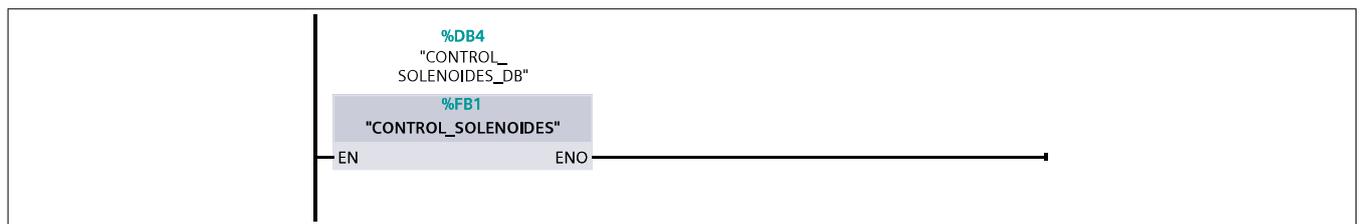
Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment	LLamada desde el bloque MAIN a todos los bloques de programación.
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Default value
▼ Input		
Initial_Call	Bool	
Remanence	Bool	
Temp		
Constant		

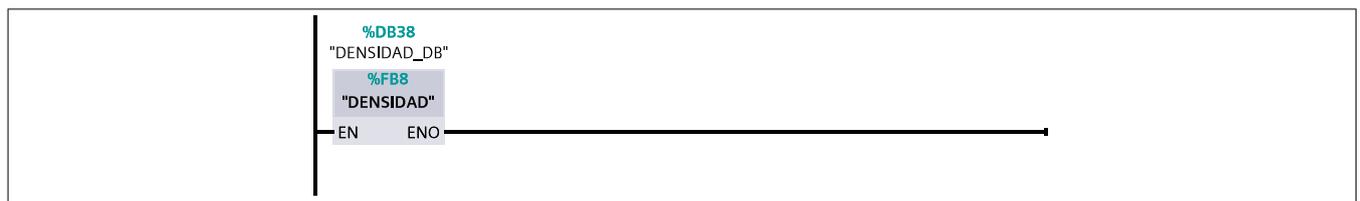
Network 1:



Network 2:

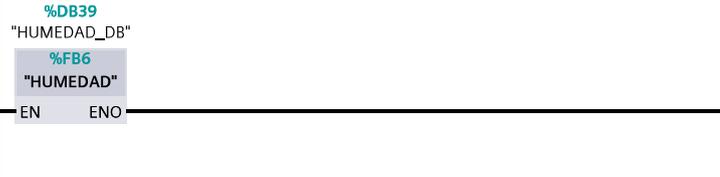


Network 3:

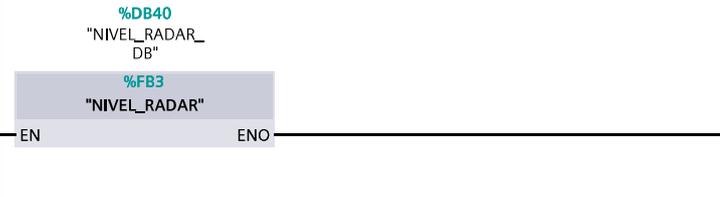


Network 4:

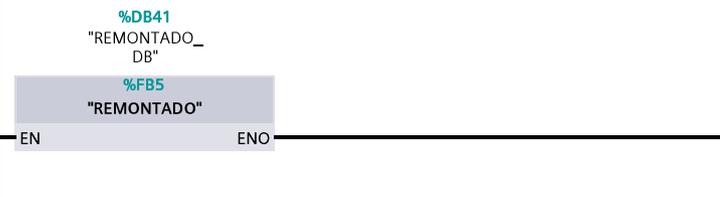
--	--	--



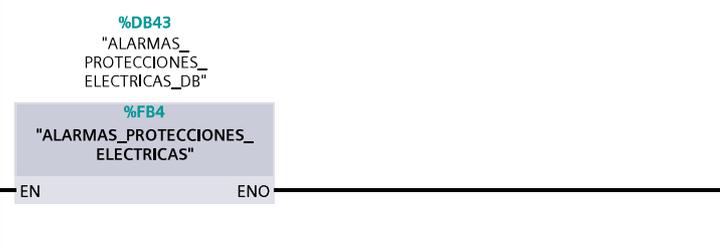
Network 5:



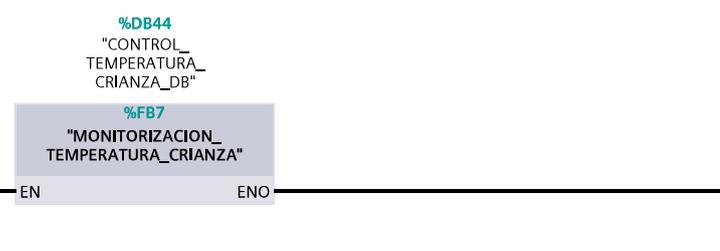
Network 6:



Network 7:



Network 8:



Program blocks

CONTROL_SOLENOIDES [FB1]

CONTROL_SOLENOIDES Properties

General

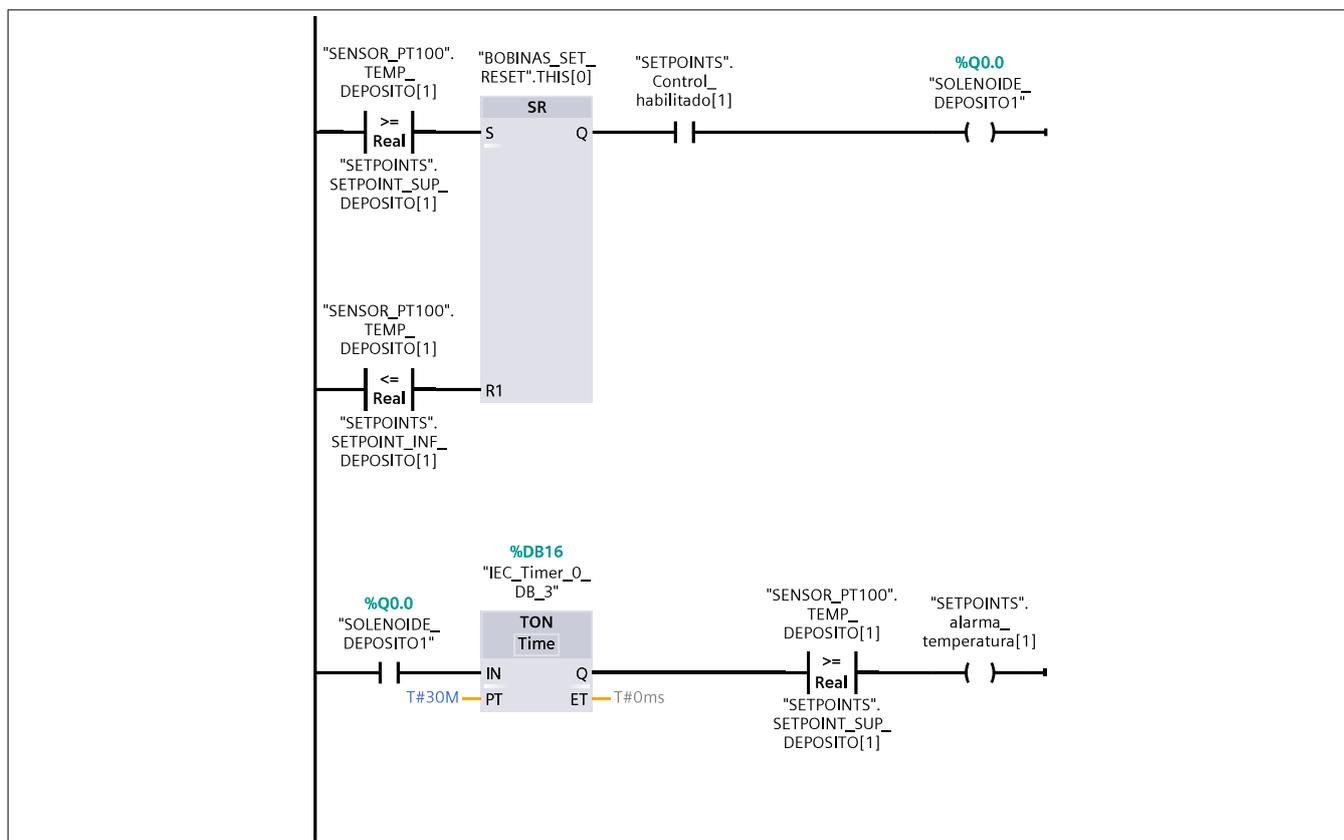
Name	CONTROL_SOLENOIDES	Number	1	Type	FB
Language	LAD	Numbering	Automatic		

Information

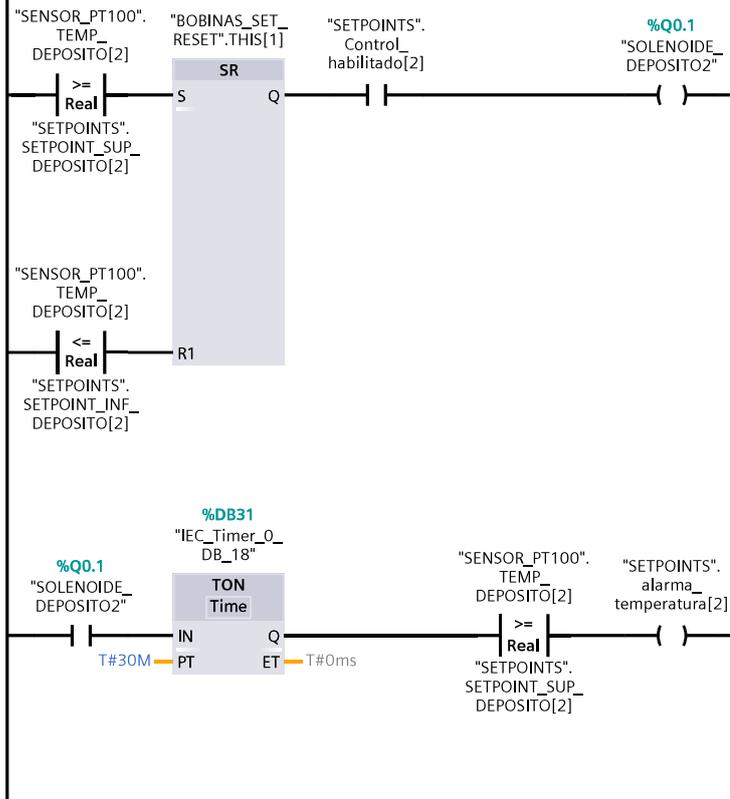
Title	ACTIVACION DE LOS SOLENOIDES DE REFRIGERACION	Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Default value	Retain
Input			
Output			
InOut			
Static			
Temp			
Constant			

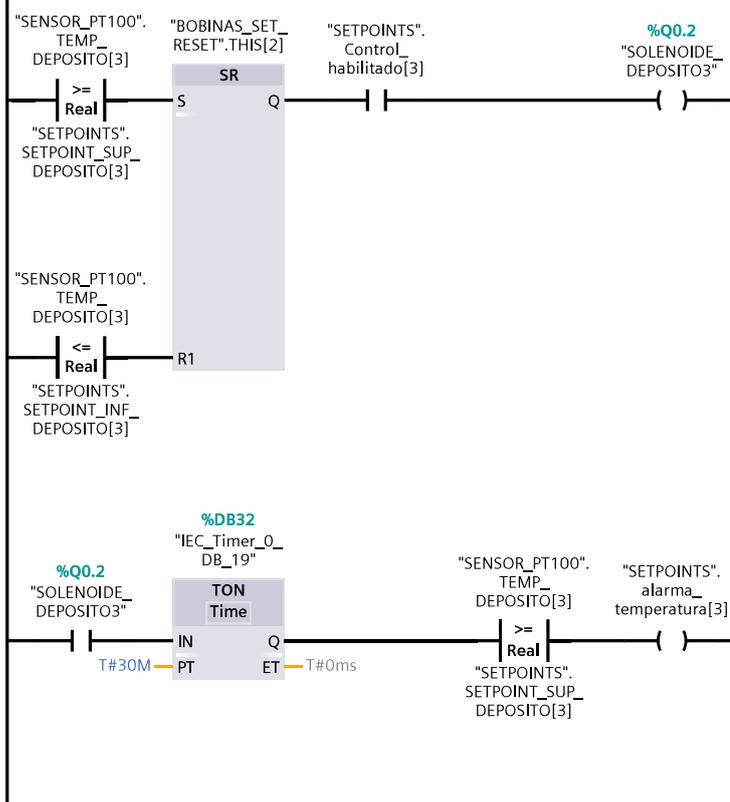
Network 1: TANQUE 1

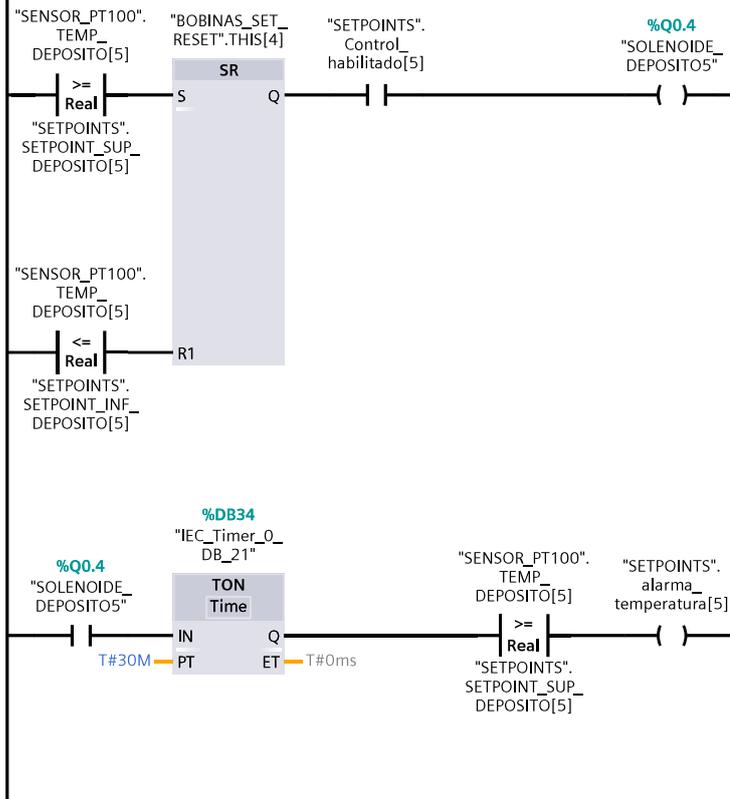


Network 2: TANQUE 2

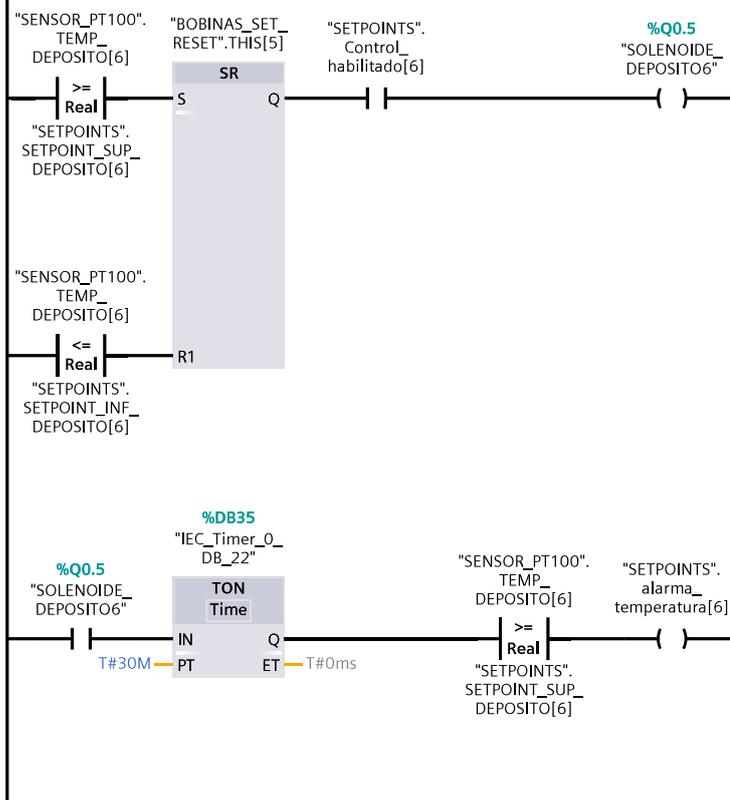


Network 3: TANQUE 3

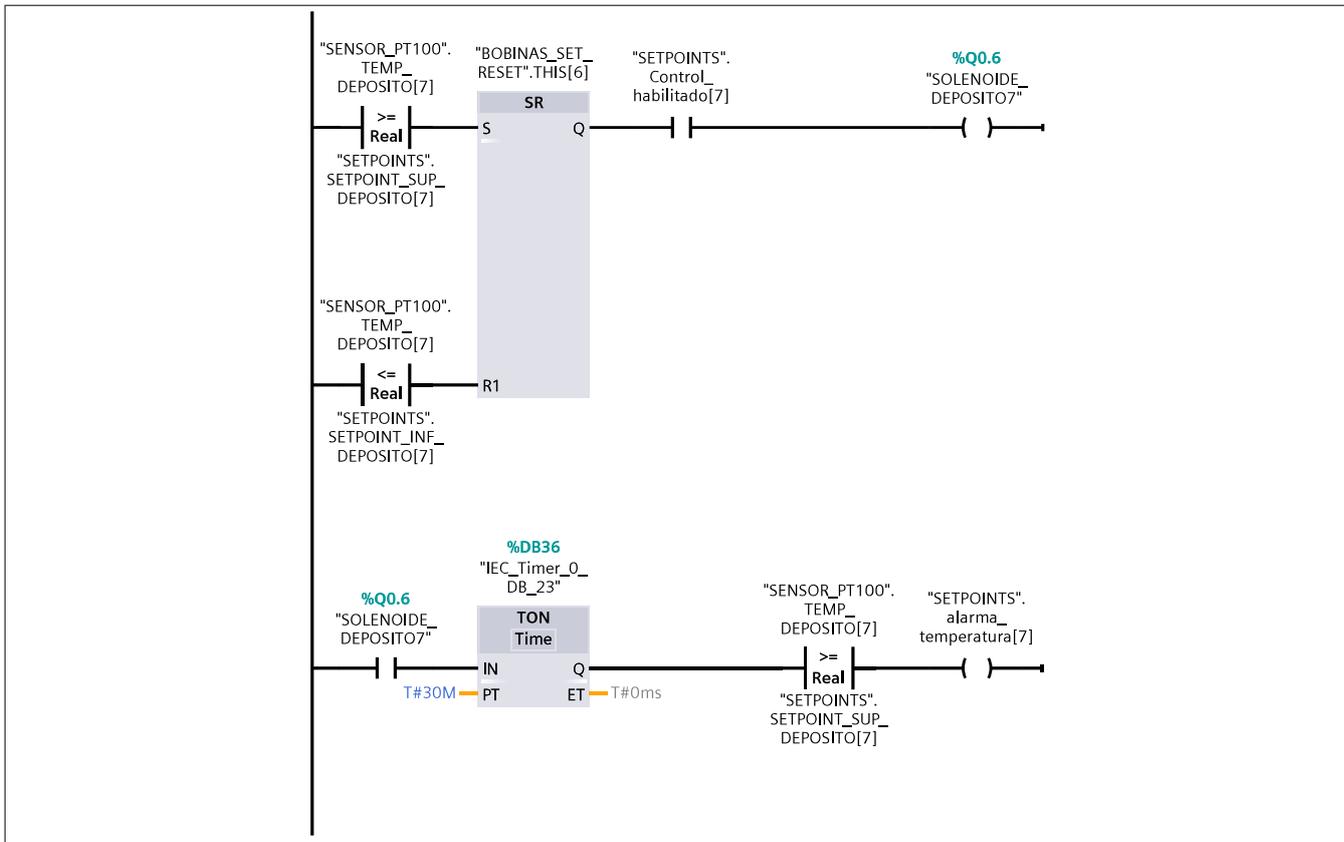




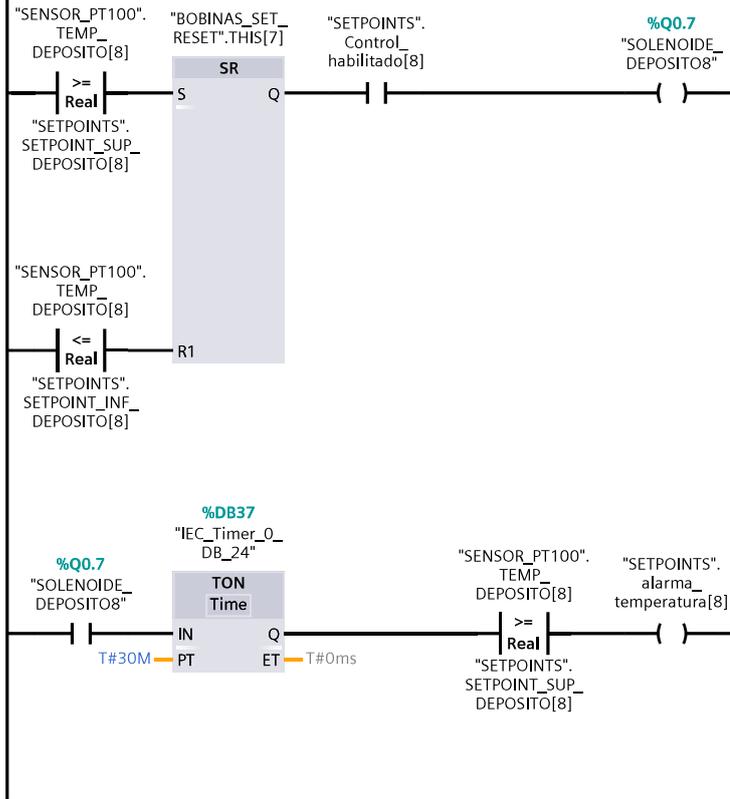
Network 6: TANQUE 6



Network 7: TANQUE 7



Network 8: TANQUE 8



Program blocks

SENSOR_PT100 [DB1]

SENSOR_PT100 Properties

General

Name	SENSOR_PT100	Number	1	Type	DB
Language	DB	Numbering	Automatic		

Information

Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Start value	Retain
▼ Static			
TEMP_DEPOSITO	Array[1..9] of Real		False
TEMP_MAX	Array[1..9] of Real		False
TEMP_MIN	Array[1..9] of Real		False
SOLENOIDE_TANQUE	Array[1..9] of Bool		False
TEMP_TANQUE_INT	Array[1..8] of Int		False
TEMP_TANQUE_REAL	Array[1..8] of Real		False
Static_2	Array[1..8] of Real		False

Program blocks

TEMPERATURADEPOSITOS [FB2]

TEMPERATURADEPOSITOS Properties

General

Name	TEMPERATURADEPOSITOS	Number	2	Type	FB
Language	LAD	Numbering	Automatic		

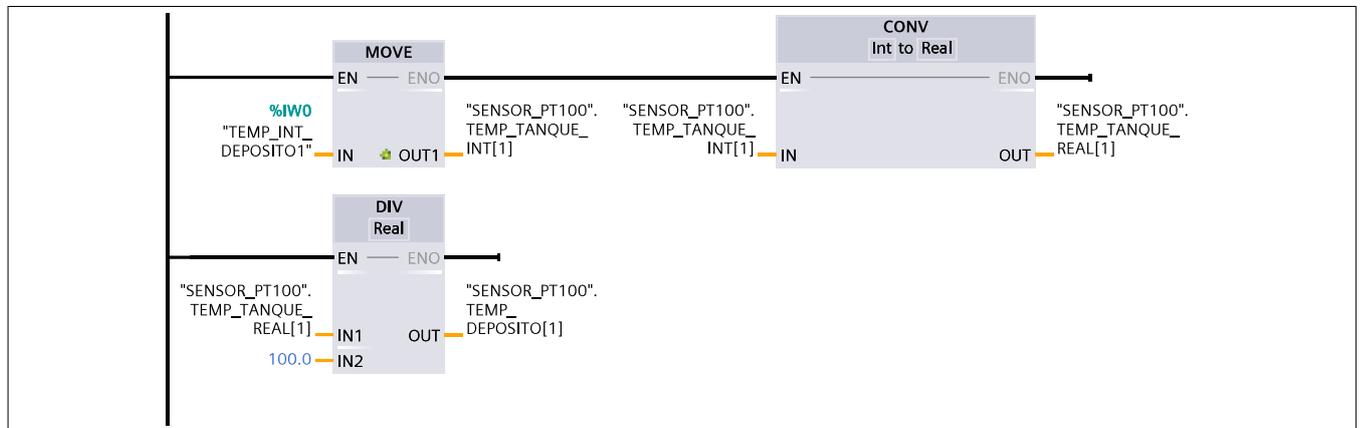
Information

Title	Conversion de la entrada analógica de número entero a real con precisión de centésimas.	Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Default value	Retain
Input			
Output			
InOut			
Static			
Temp			
Constant			

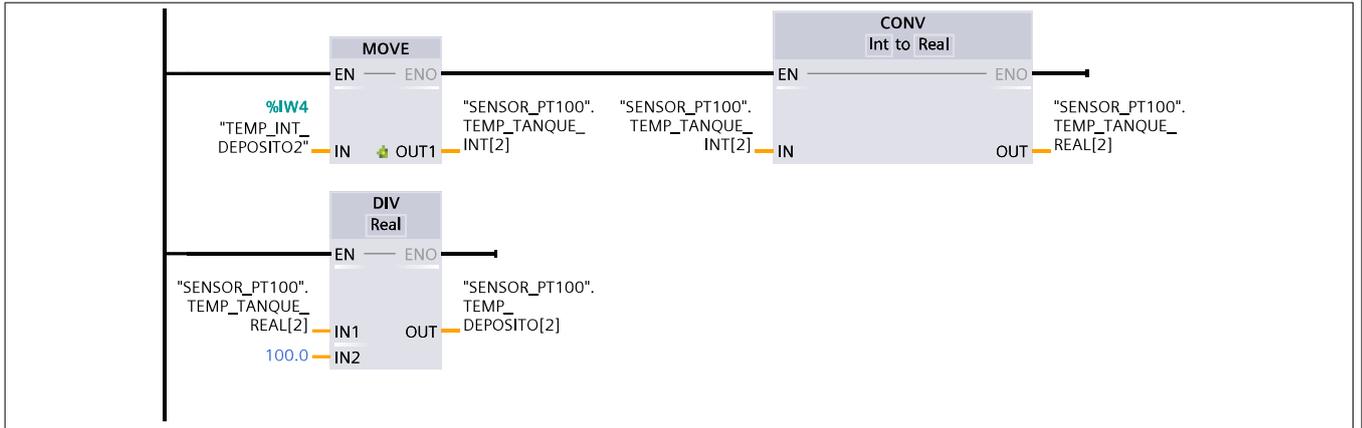
Network 1:

Programación de la PT100 del depósito 1.



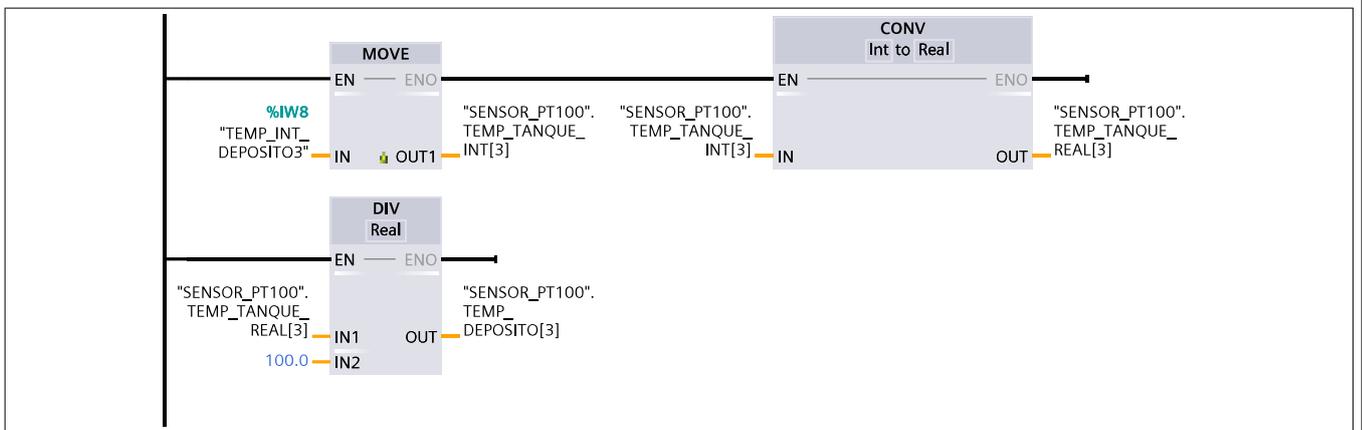
Network 2:

Programación de la PT100 del depósito 2.



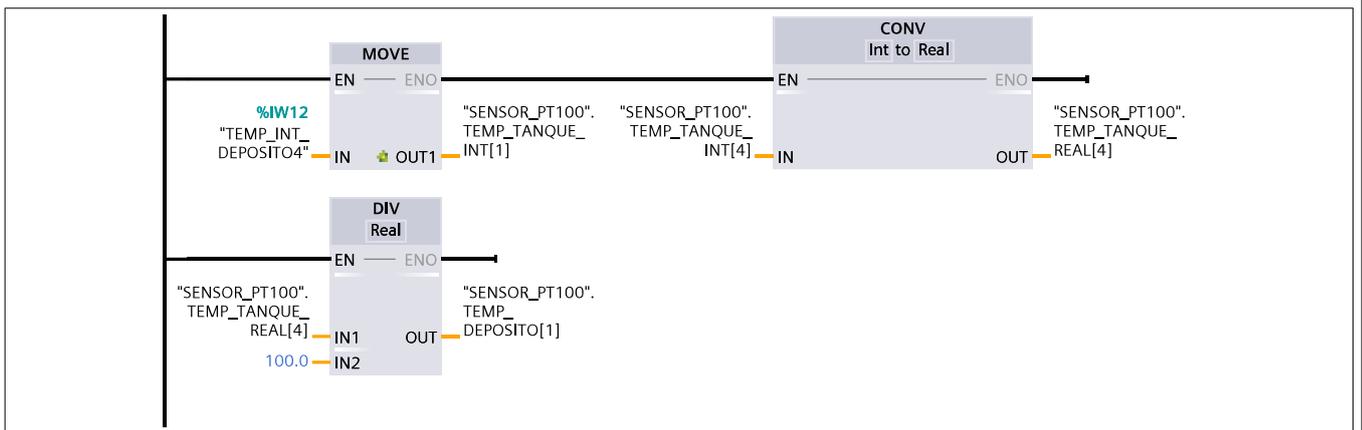
Network 3:

Programación de la PT100 del depósito 3.



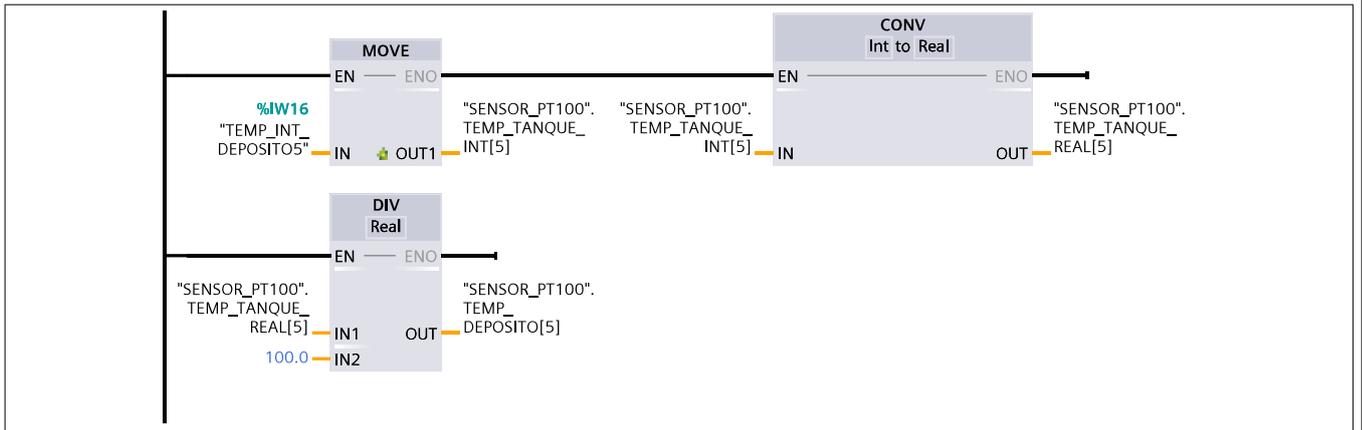
Network 4:

Programación de la PT100 del depósito 4.



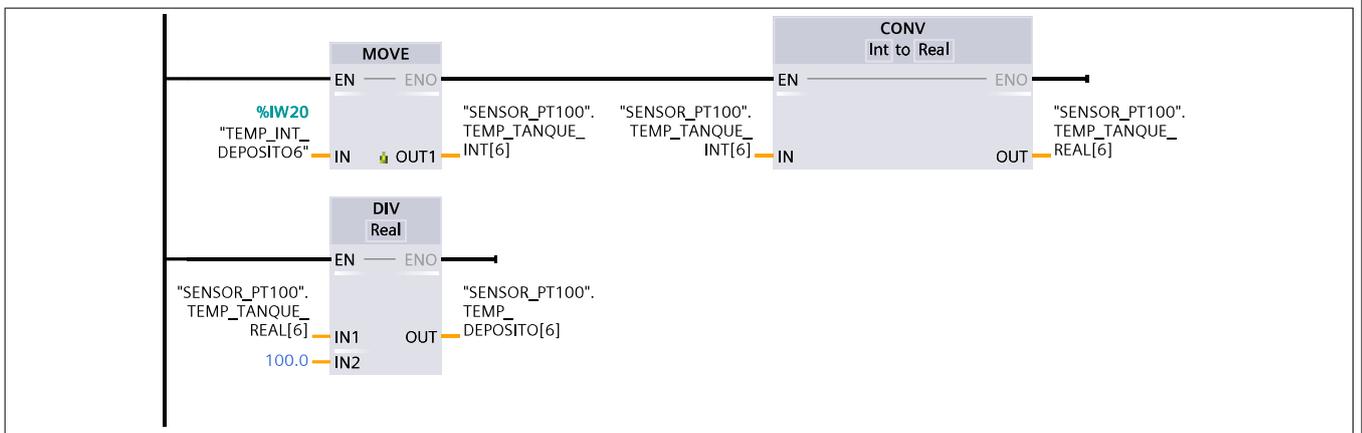
Network 5:

Programación de la PT100 del depósito 5



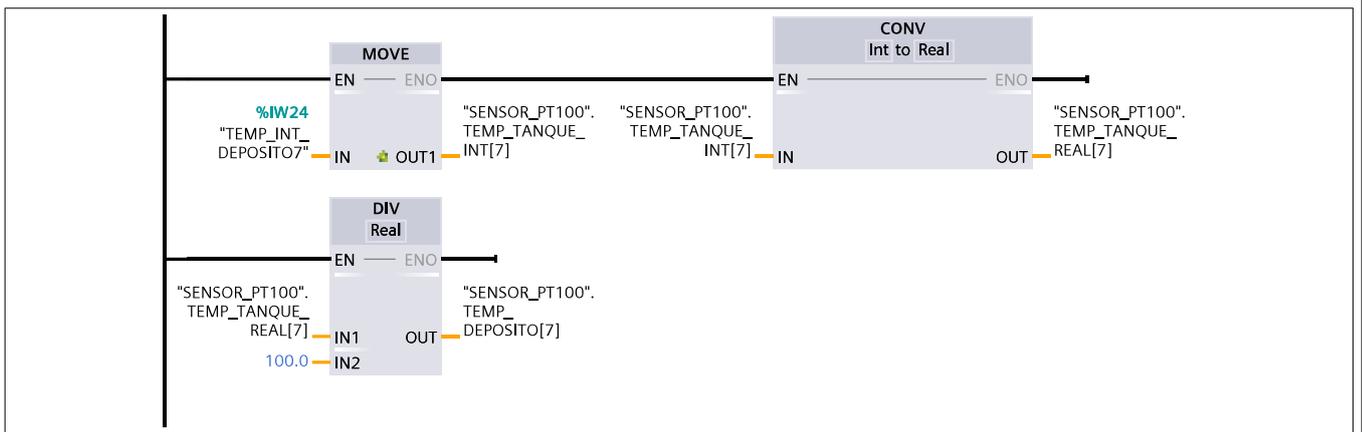
Network 6:

Programación de la PT100 del depósito 6



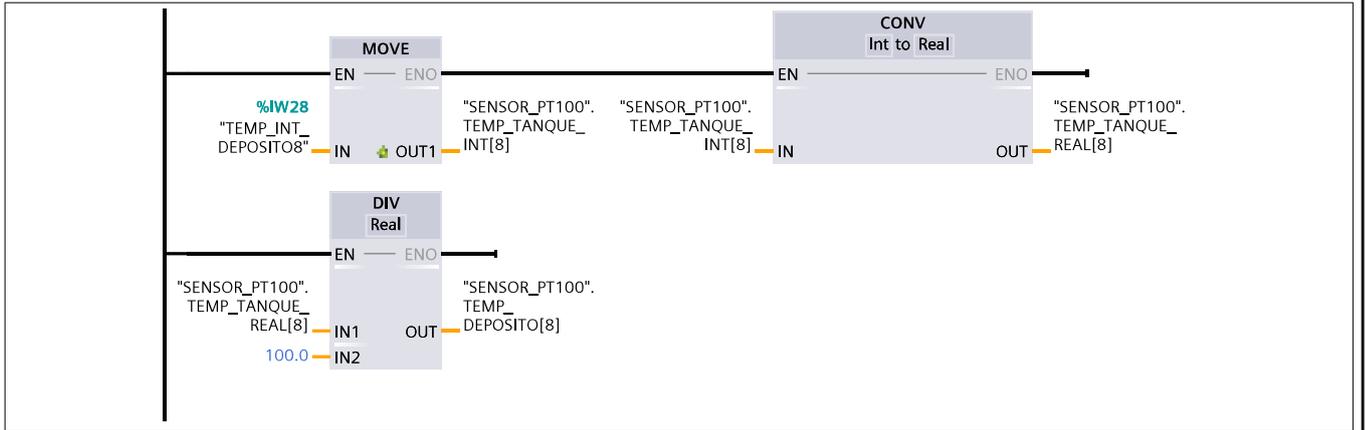
Network 7:

Programación de la PT100 del depósito 7.



Network 8:

Programación de la PT100 del depósito 8.



Program blocks

BOBINAS_SET_RESET [DB2]

BOBINAS_SET_RESET Properties

General

Name	BOBINAS_SET_RESET	Number	2	Type	DB
Language	DB	Numbering	Automatic		

Information

Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Start value	Retain
▼ BOBINAS_SET_RESET	Array[0..7] of Bool		False
BOBINAS_SET_RESET[0]	Bool	false	False
BOBINAS_SET_RESET[1]	Bool	false	False
BOBINAS_SET_RESET[2]	Bool	false	False
BOBINAS_SET_RESET[3]	Bool	false	False
BOBINAS_SET_RESET[4]	Bool	false	False
BOBINAS_SET_RESET[5]	Bool	false	False
BOBINAS_SET_RESET[6]	Bool	false	False
BOBINAS_SET_RESET[7]	Bool	false	False

Program blocks

CONVERSION_INT_TO_REAL_DB [DB3]

CONVERSION_INT_TO_REAL_DB Properties

General

Name	CONVERSION_INT_TO_REAL_DB	Number	3	Type	DB
-------------	---------------------------	---------------	---	-------------	----

Language	DB	Numbering	Automatic
-----------------	----	------------------	-----------

Information

Title		Author		Comment	
--------------	--	---------------	--	----------------	--

Family		Version	0.1	User-defined ID	
---------------	--	----------------	-----	------------------------	--

Name	Data type	Start value	Retain
Input			
Output			
InOut			
Static			

Program blocks

NIVEL_RADAR [FB3]

NIVEL_RADAR Properties

General

Name	NIVEL_RADAR	Number	3	Type	FB
Language	LAD	Numbering	Automatic		

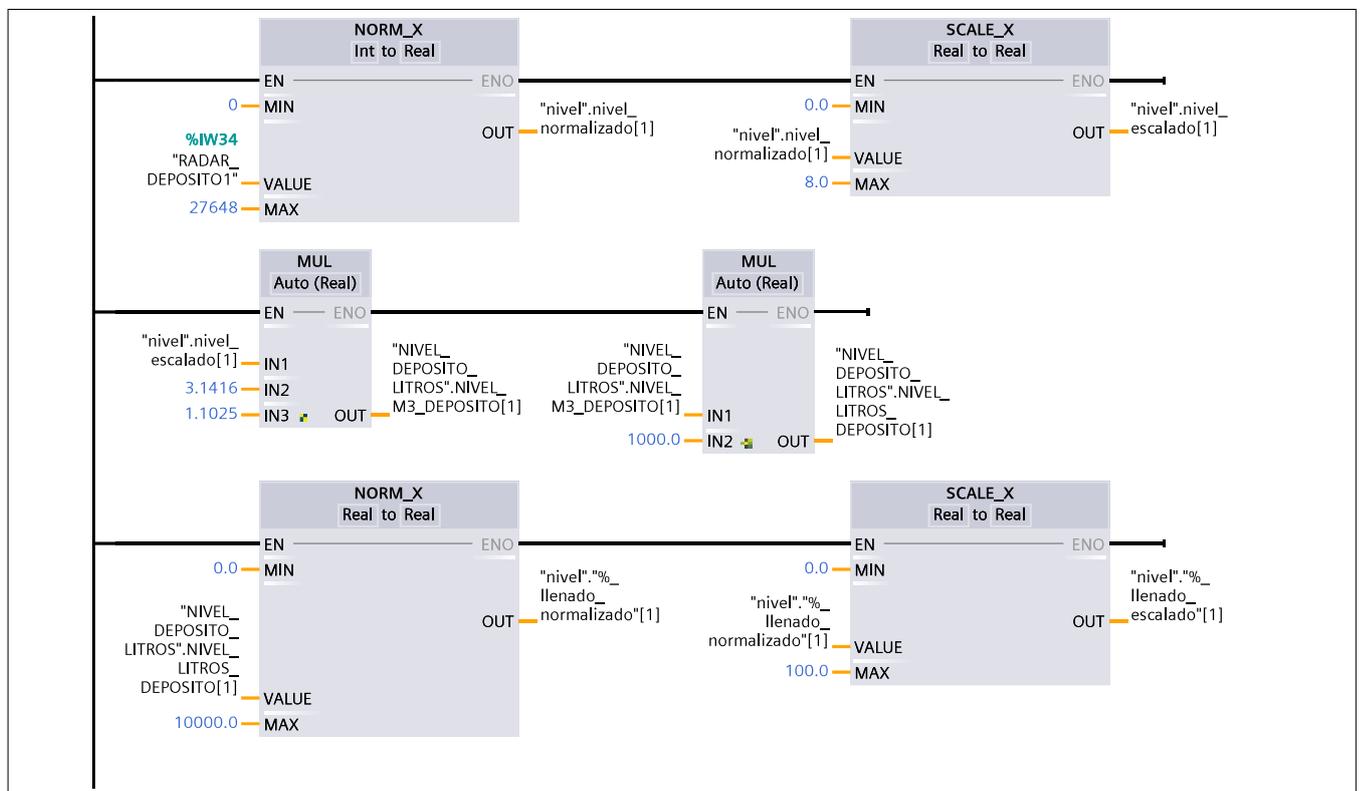
Information

Title	Convertir la entrada analogica en una medida de litros. Escalar el llenado de litros al porcentaje de llenado del total.	Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Default value	Retain
Input			
Output			
InOut			
Static			
Temp			
Constant			

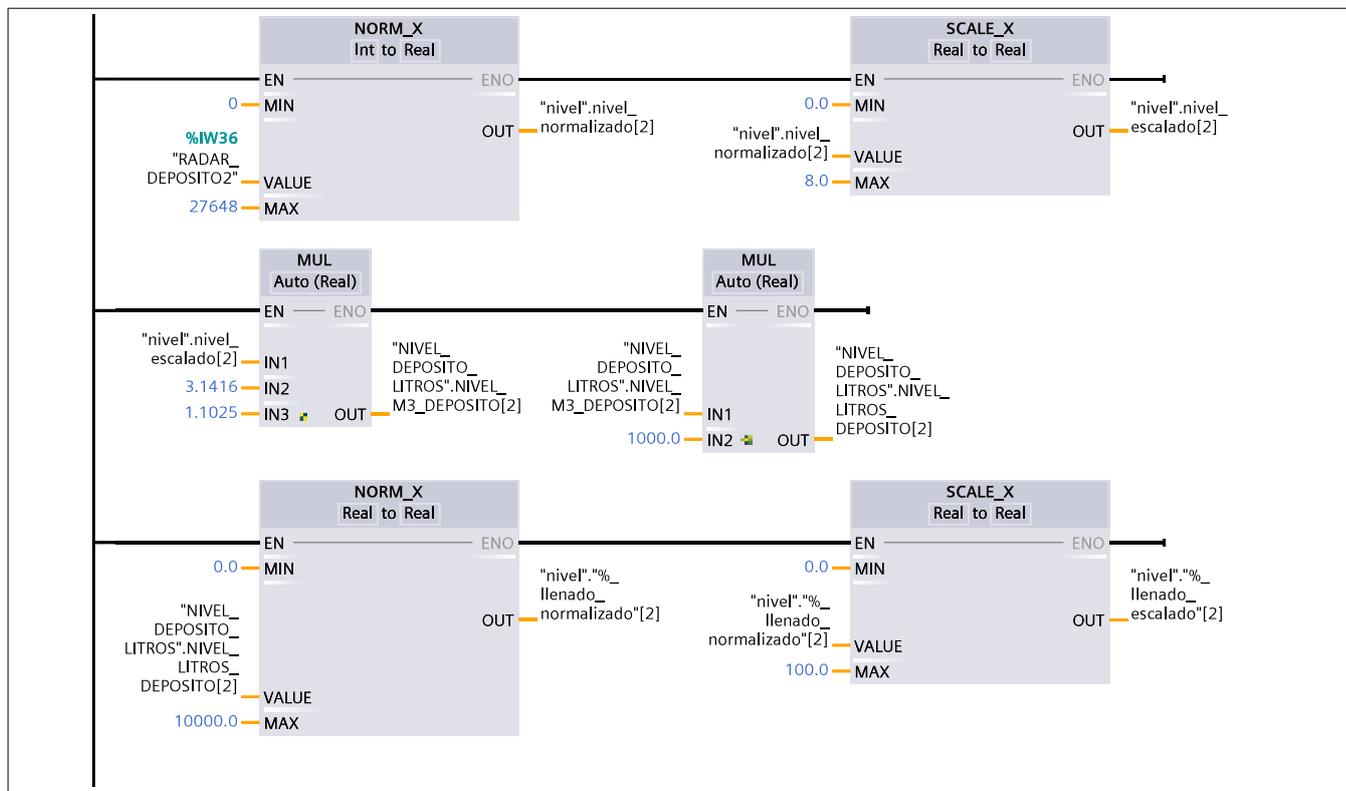
Network 1:

Segmento de programación donde se normaliza, escala y en litros la señal procedente de los sensores radar, del depósito 1.



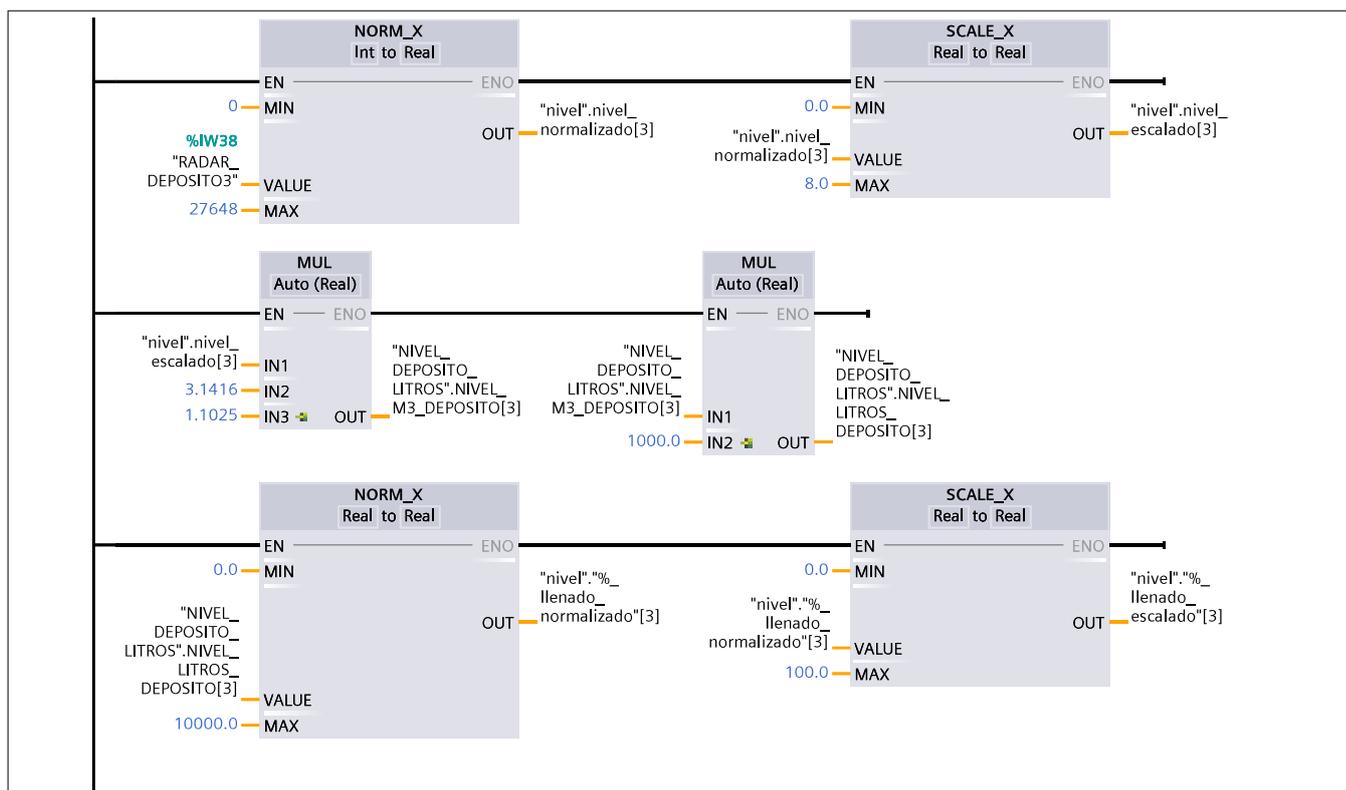
Network 2:

Segmento de programación donde se normaliza, escala y en litros la señal procedente de los sensores radar del depósito 2.



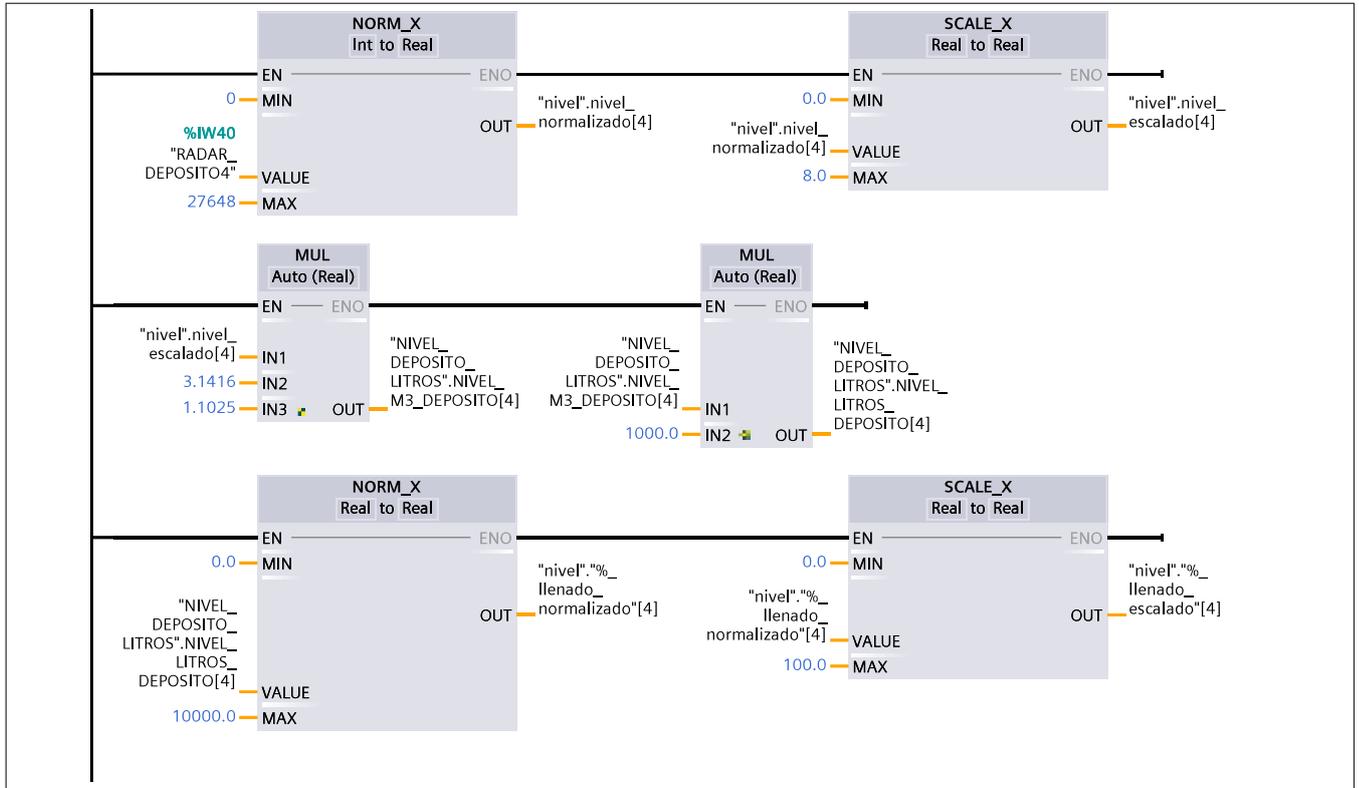
Network 3:

Segmento de programación donde se normaliza, escala y en litros la señal procedente de los sensores radar, del depósito 3



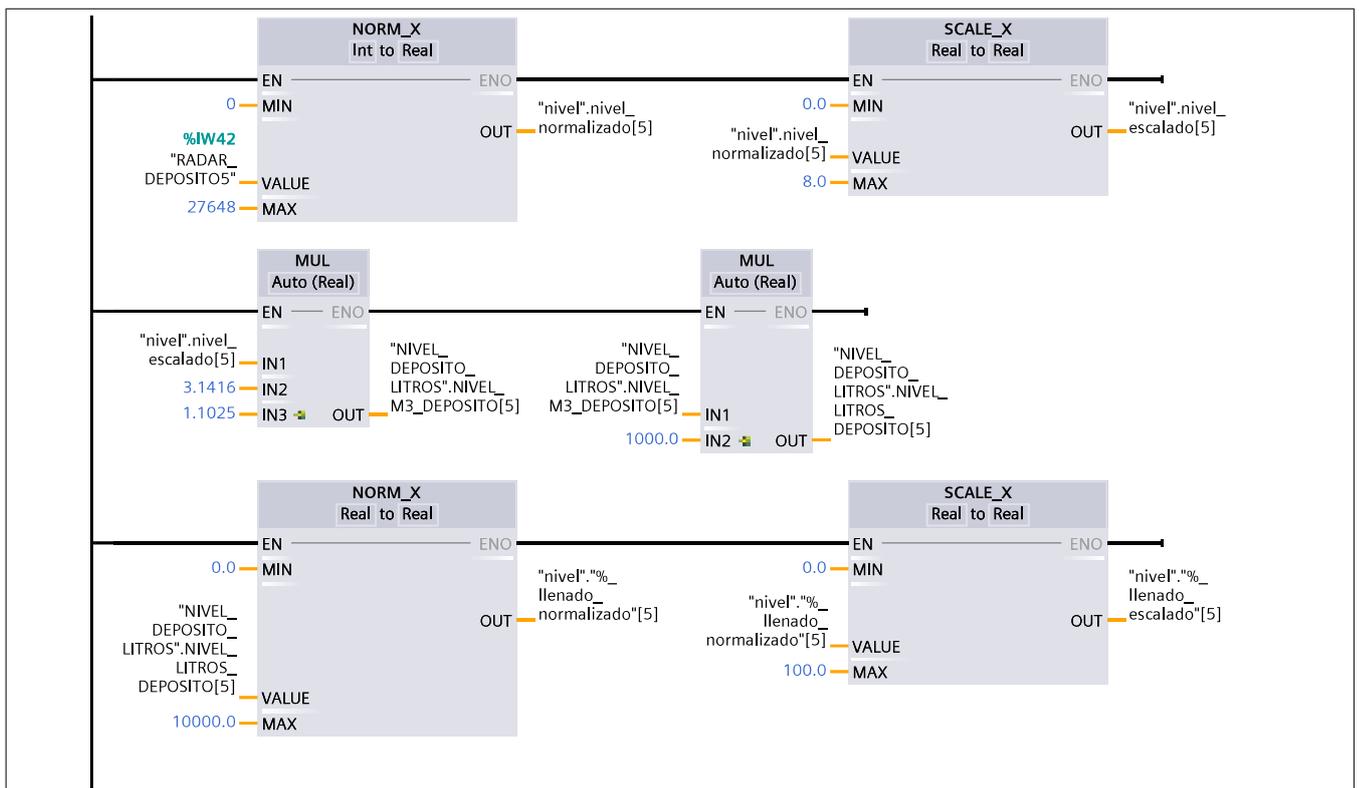
Network 4:

Segmento de programación donde se normaliza, escala y en litros la señal procedente de los sensores radar, del depósito 4



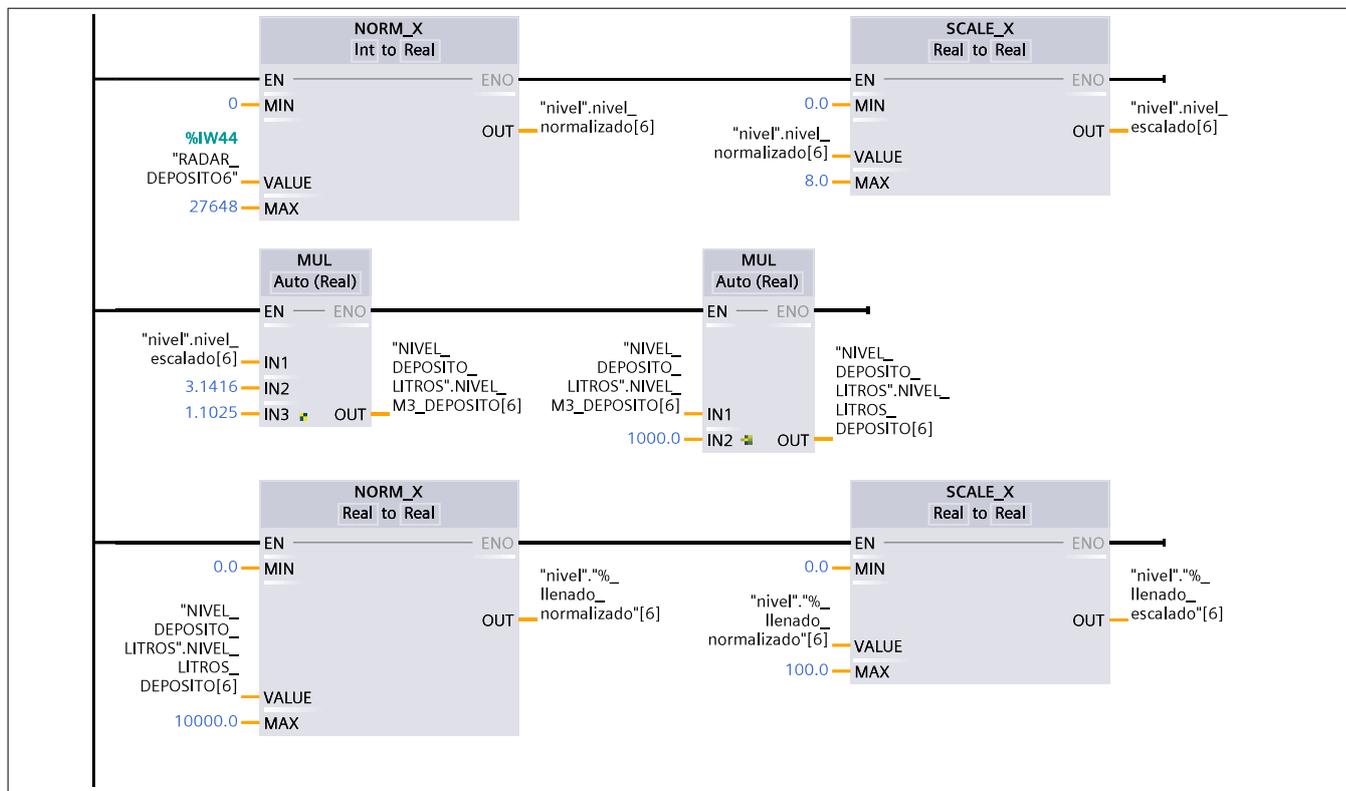
Network 5:

Segmento de programación donde se normaliza, escala y en litros la señal procedente de los sensores radar, del depósito 5.



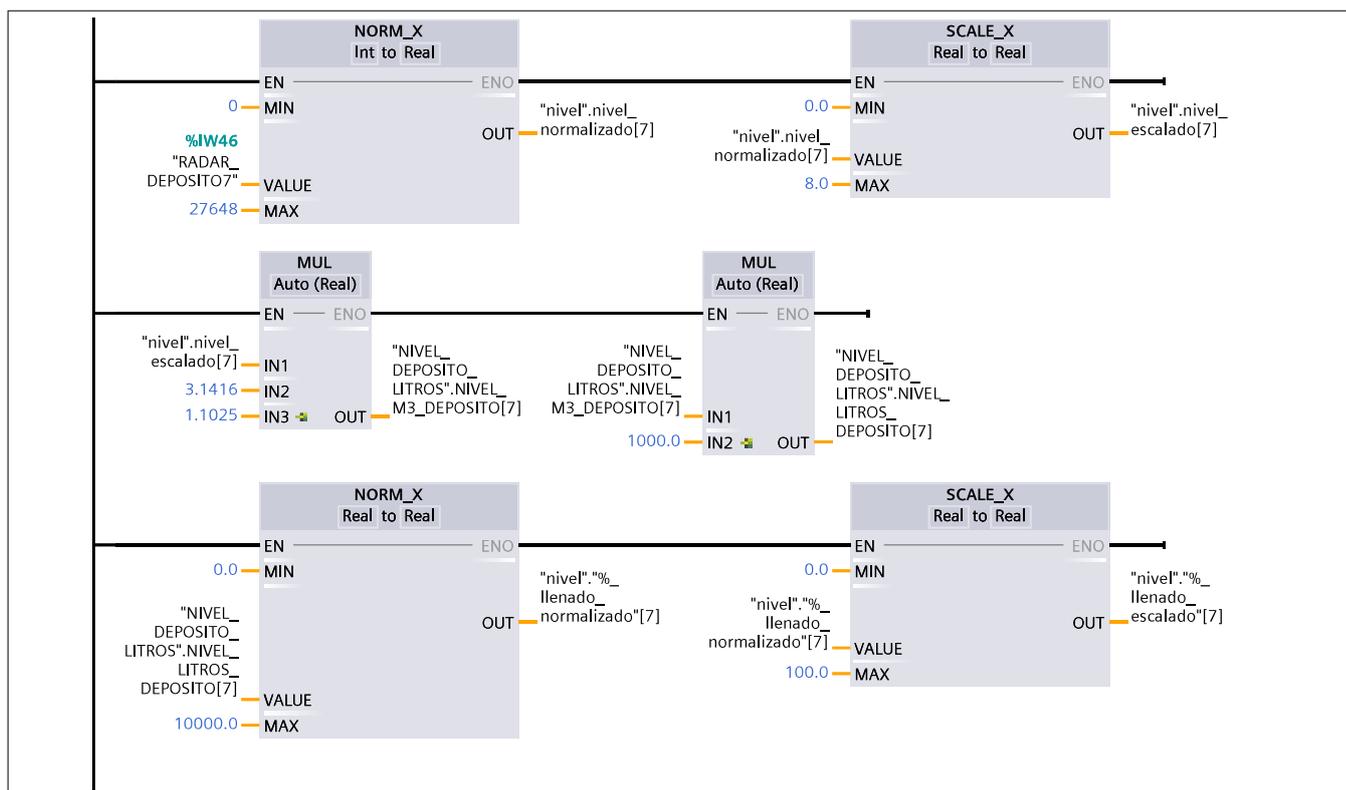
Network 6:

Segmento de programación donde se normaliza, escala y en litros la señal procedente de los sensores radar, del depósito 6.



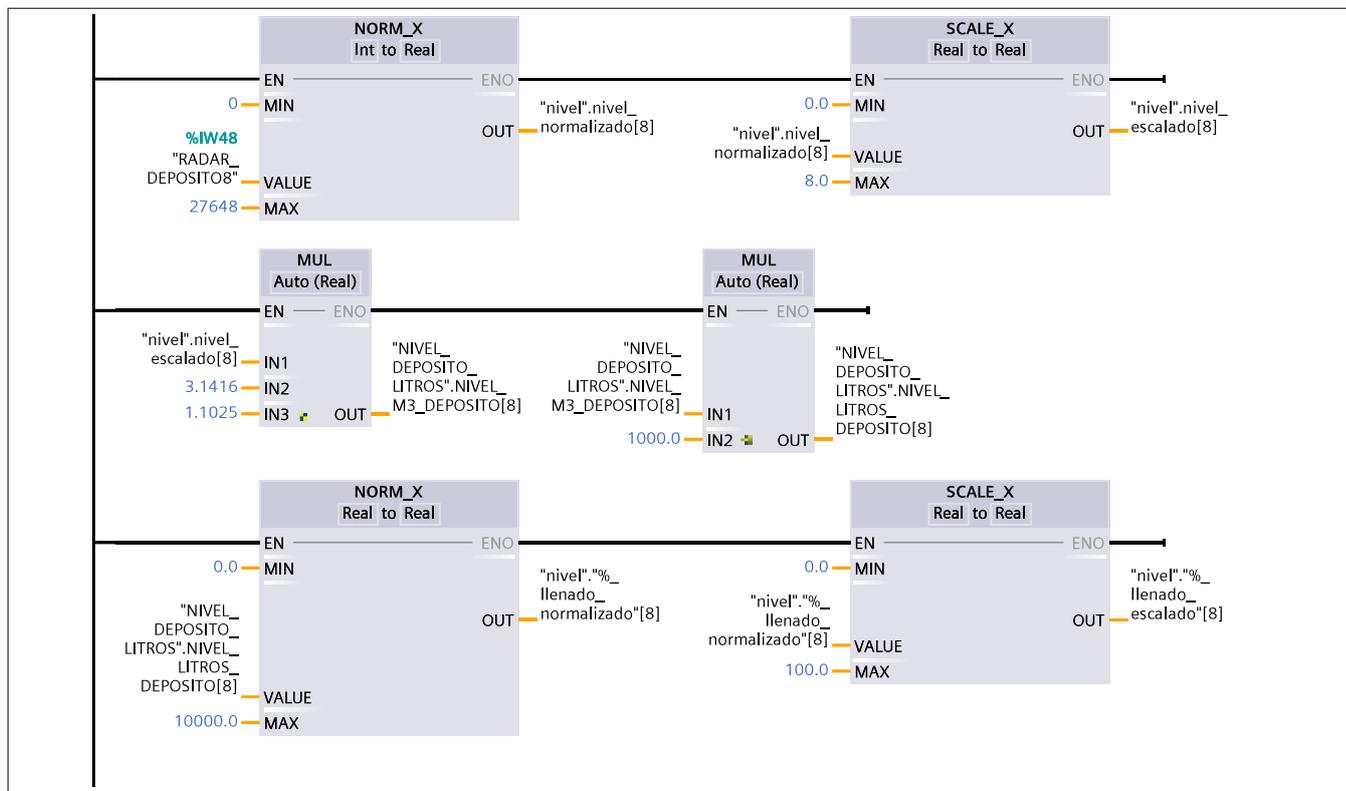
Network 7:

Segmento de programación donde se normaliza, escala y en litros la señal procedente de los sensores radar, del depósito 7.



Network 8:

Segmento de programación donde se normaliza, escala y en litros la señal procedente de los sensores radar, del depósito 8.



Program blocks

NIVEL_NORMALIZADO [DB5]

NIVEL_NORMALIZADO Properties

General

Name	NIVEL_NORMALIZADO	Number	5	Type	DB
Language	DB	Numbering	Automatic		

Information

Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Start value	Retain
▼ NIVEL_NORMALIZADO	Array[0..7] of Real		False
NIVEL_NORMALIZADO[0]	Real	0.0	False
NIVEL_NORMALIZADO[1]	Real	0.0	False
NIVEL_NORMALIZADO[2]	Real	0.0	False
NIVEL_NORMALIZADO[3]	Real	0.0	False
NIVEL_NORMALIZADO[4]	Real	0.0	False
NIVEL_NORMALIZADO[5]	Real	0.0	False
NIVEL_NORMALIZADO[6]	Real	0.0	False
NIVEL_NORMALIZADO[7]	Real	0.0	False

Program blocks

NIVEL_ESCALADO [DB6]

NIVEL_ESCALADO Properties

General

Name	NIVEL_ESCALADO	Number	6	Type	DB
Language	DB	Numbering	Automatic		

Information

Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Start value	Retain
▼ Static			
NIVEL_ESCALADO	Array[1..8] of Real		False

Program blocks

NIVEL_DEPOSITO_LITROS [DB7]

NIVEL_DEPOSITO_LITROS Properties

General

Name	NIVEL_DEPOSITO_LITROS	Number	7	Type	DB
Language	DB	Numbering	Automatic		

Information

Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Start value	Retain
▼ Static			
NIVEL_M3_DEPOSITO	Array[1..8] of Real		False
NIVEL_NORMALIZADO_DEPOSITO	Array[1..8] of Real		False
NIVEL_ESCALADO_DEPOSITO	Array[1..8] of Real		False
NIVEL_LITROS_DEPOSITO	Array[1..8] of Real		False

Program blocks

HUMEDAD [FB6]

HUMEDAD Properties

General

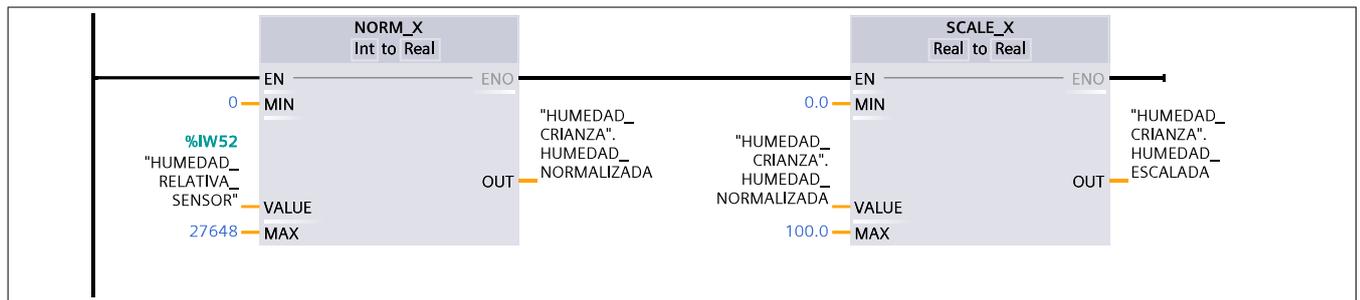
Name	HUMEDAD	Number	6	Type	FB
Language	LAD	Numbering	Automatic		

Information

Title	Bloque de programación de humedad.	Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Default value	Retain
Input			
Output			
InOut			
Static			
Temp			
Constant			

Network 1: Normalizacion y escalado de la señal de humedad del sensor



Network 2: Encendido y apagado de las alarmas.

"HUMEDAD_CRIANZA".
HUMEDAD_ESCALADA

<
Real

"HUMEDAD_CRIANZA".
Limitehum_inf_hmi

"HUMEDAD_CRIANZA".
ALARMA_HUMEDAD_BAJA

"HUMEDAD_CRIANZA".
HUMEDAD_ESCALADA

>
Real

"HUMEDAD_CRIANZA".
Limitehum_sup_hmi

"HUMEDAD_CRIANZA".
ALARMA_HUMEDAD_ALTA



Program blocks

HUMEDAD_CRIANZA [DB10]

HUMEDAD_CRIANZA Properties

General

Name	HUMEDAD_CRIANZA	Number	10	Type	DB
Language	DB	Numbering	Automatic		

Information

Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Start value	Retain
▼ Static			
HUMEDAD_NORMALIZADA	Real	0.0	False
HUMEDAD_ESCALADA	Real	0.0	False
Limitehum_inf_hmi	Real	0.0	False
Limitehum_sup_hmi	Real	0.0	False
ALARMA_HUMEDAD_ALTA	Bool	false	False
ALARMA_HUMEDAD_BAJA	Bool	false	False

Program blocks

MONITORIZACION_TEMPERATURA_CRIANZA [FB7]

MONITORIZACION_TEMPERATURA_CRIANZA Properties

General

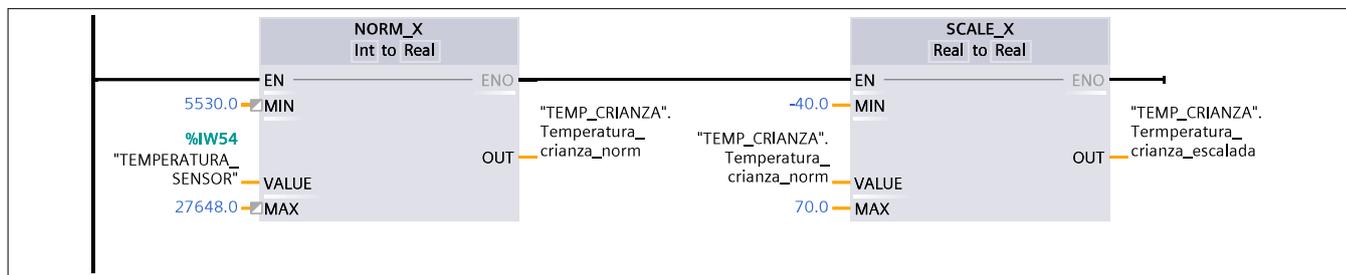
Name	MONITORIZACION_TEMPERATURA_CRIANZA	Number	7	Type	FB
Language	LAD	Numbering	Automatic		

Information

Title	CONTROL CLIMATIAZICION CALOR/ FRIO SALA CRIANZA	Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Default value	Retain
Input			
Output			
InOut			
Static			
Temp			
Constant			

Network 1: Normalización y escalado de la señal del sensor.



Network 2: Alarmas de temperatura.

"TEMP_CRIANZA".
Temperatura_
crianza_escalada

<=
Real

"TEMP_CRIANZA".
limitetemp_inf_
hmi

"TEMP_CRIANZA".
Alarma_
temperatura_baja

()

"TEMP_CRIANZA".
Temperatura_
crianza_escalada

>=
Real

"TEMP_CRIANZA".
limitetemp_sup_
hmi

"TEMP_CRIANZA".
Alarma_
temperatura_alta

()

Program blocks

TEMP_CRIANZA [DB11]

TEMP_CRIANZA Properties

General

Name	TEMP_CRIANZA	Number	11	Type	DB
Language	DB	Numbering	Automatic		

Information

Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Start value	Retain
▼ Static			
Temperatura_crianza_norm	Real	0.0	False
Temperatura_crianza_escalada	Real	0.0	False
Alarma_temperatura_baja	Bool	false	False
Alarma_temperatura_alta	Bool	false	False
limitetemp_sup_hmi	Real	0.0	False
limitetemp_inf_hmi	Real	0.0	False

Program blocks

DENSIDAD [FB8]

DENSIDAD Properties

General

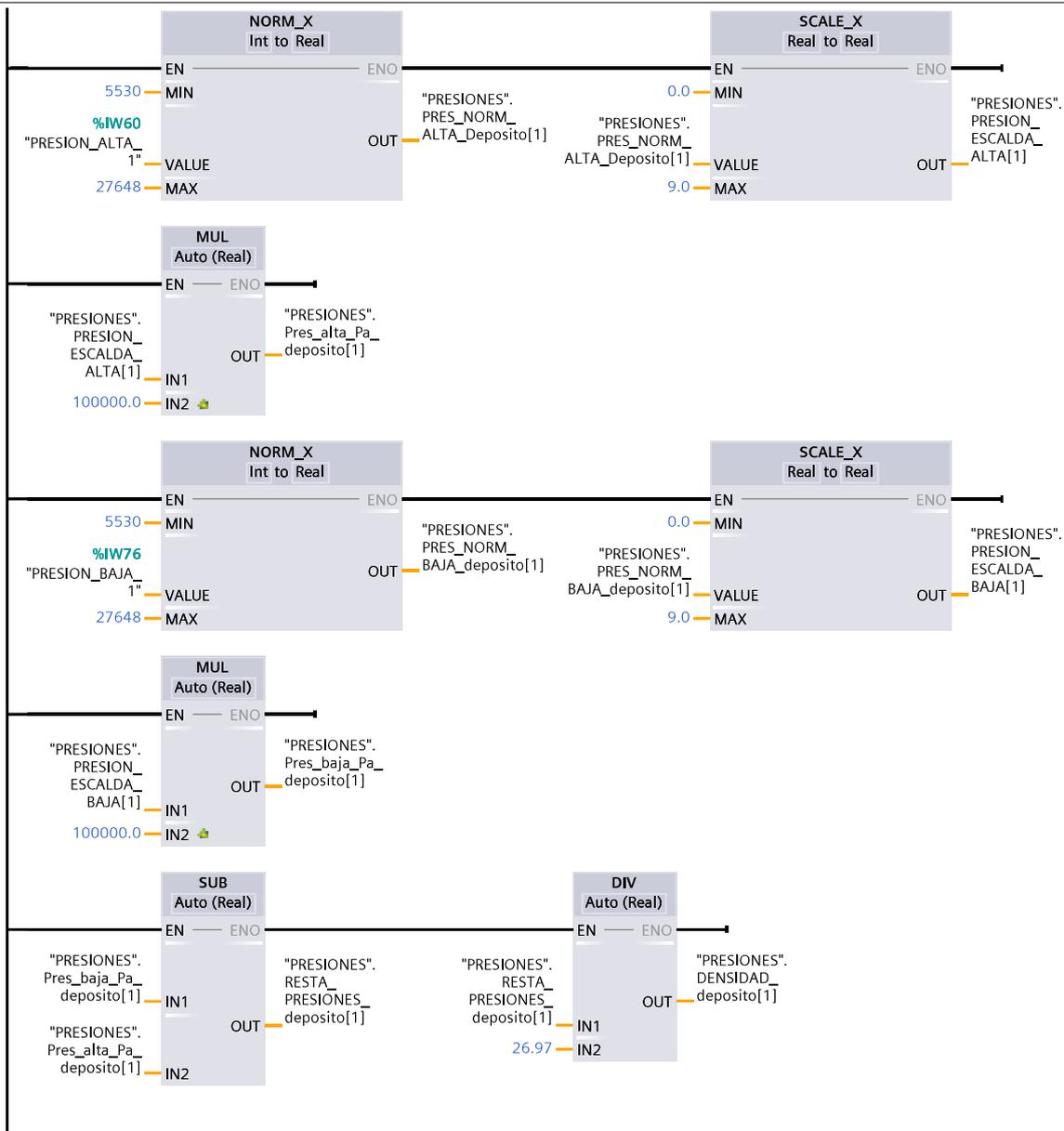
Name	DENSIDAD	Number	8	Type	FB
Language	LAD	Numbering	Automatic		

Information

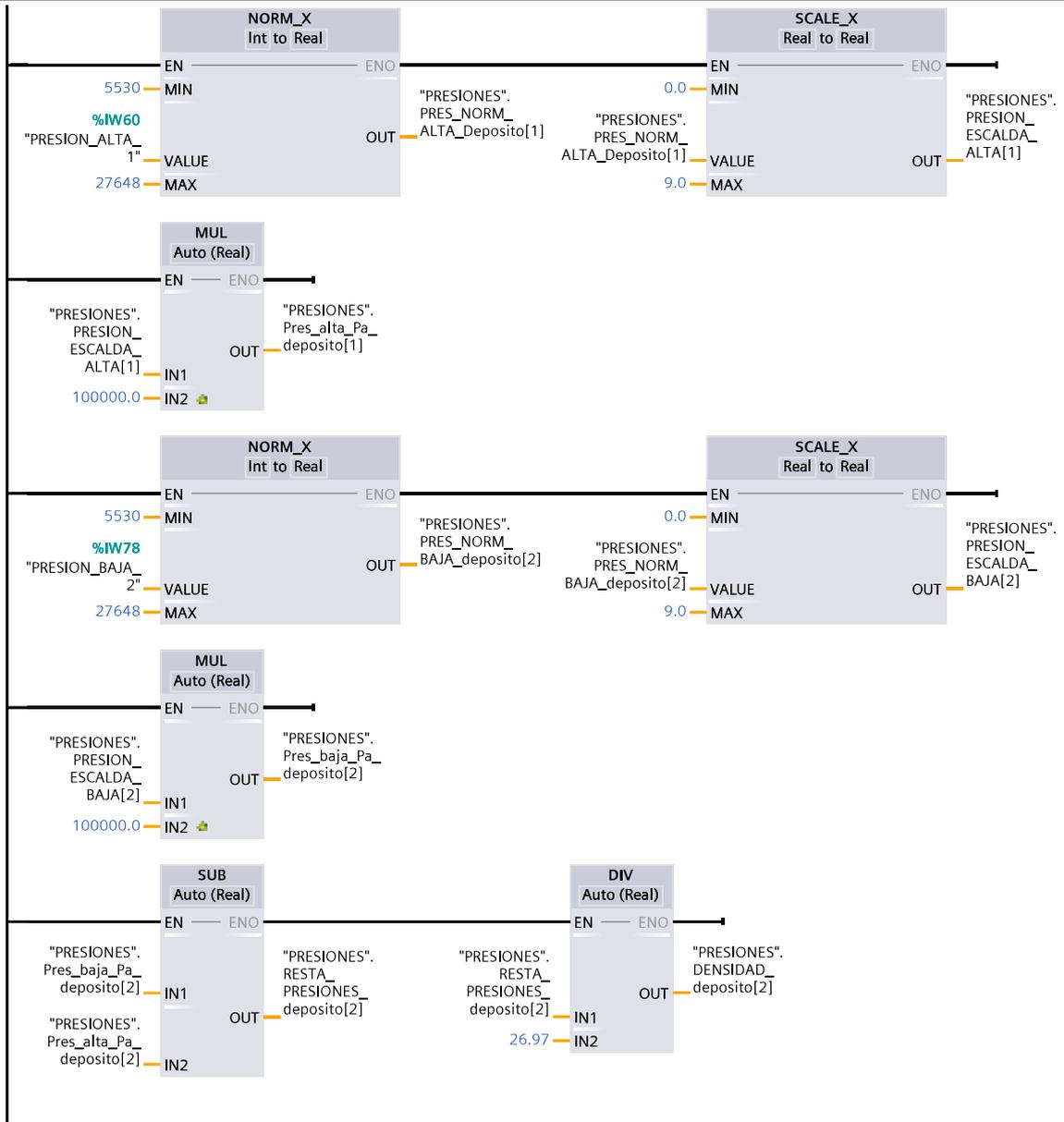
Title		Author		Comment	Bloque de programación donde se normaliza, escala y transforma la señal procedente de los sensores de presión.
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Default value	Retain
Input			
Output			
InOut			
Static			
Temp			
Constant			

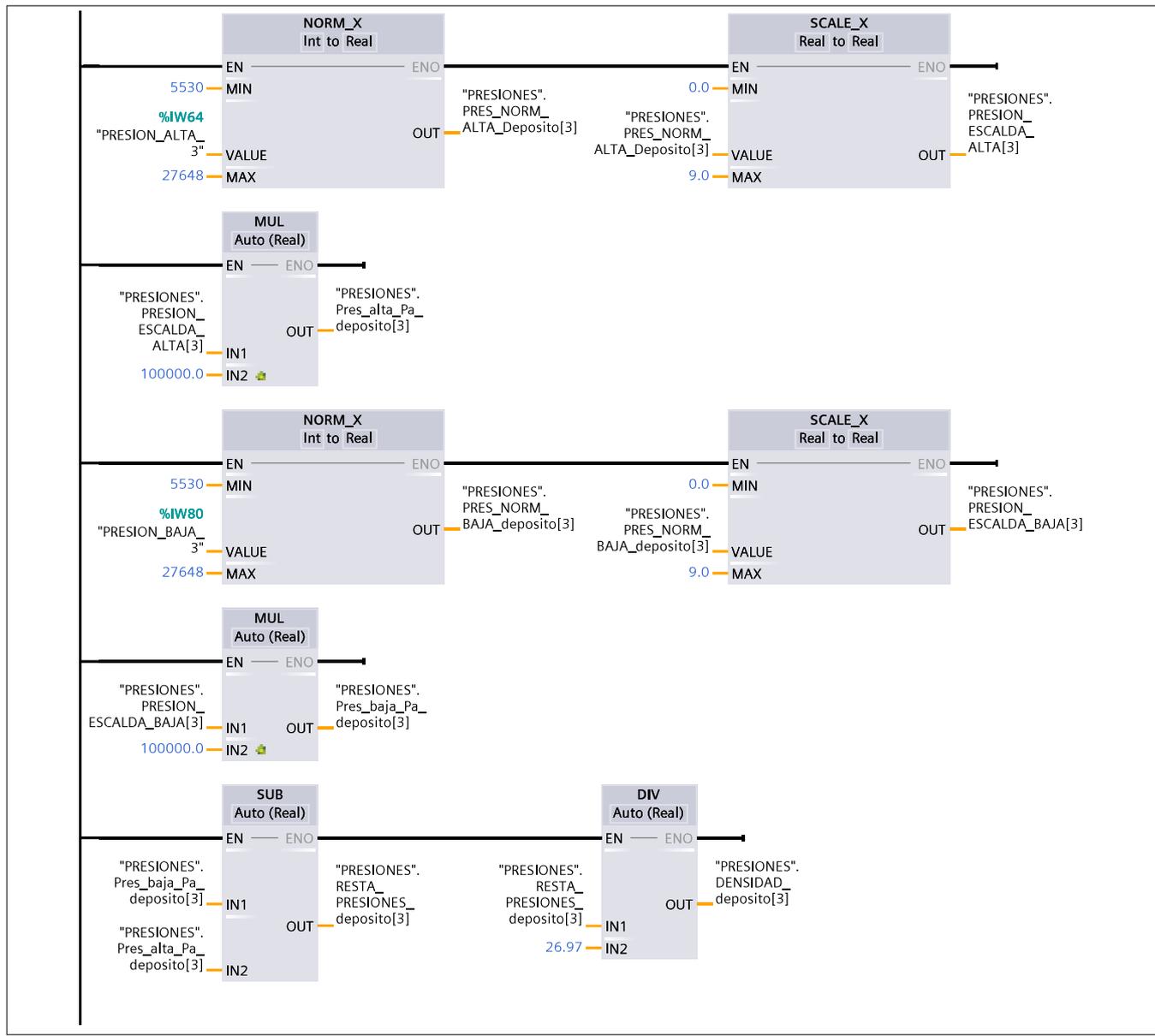
Network 1: Depósito 1.



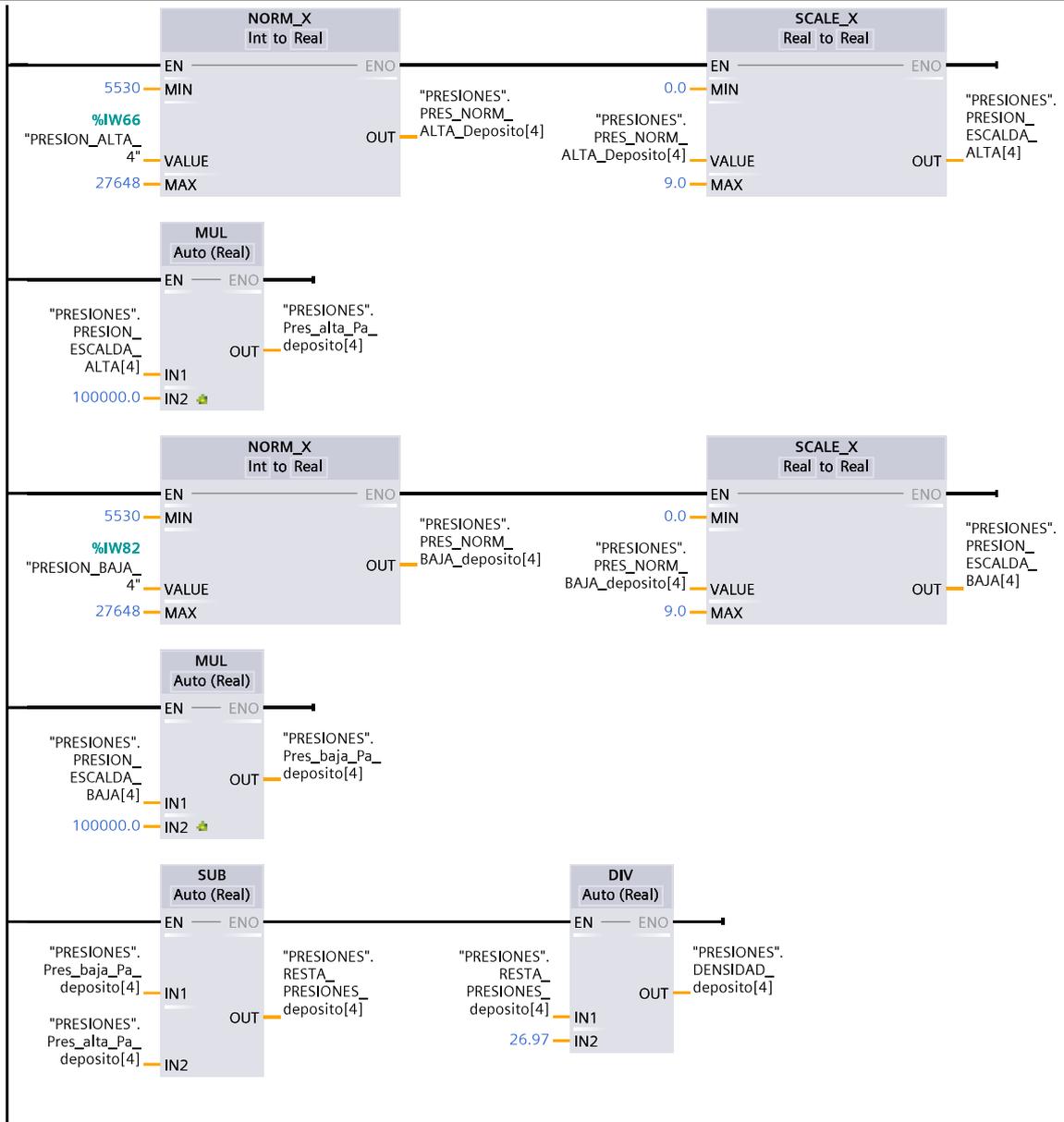
Network 2: Depósito 2.



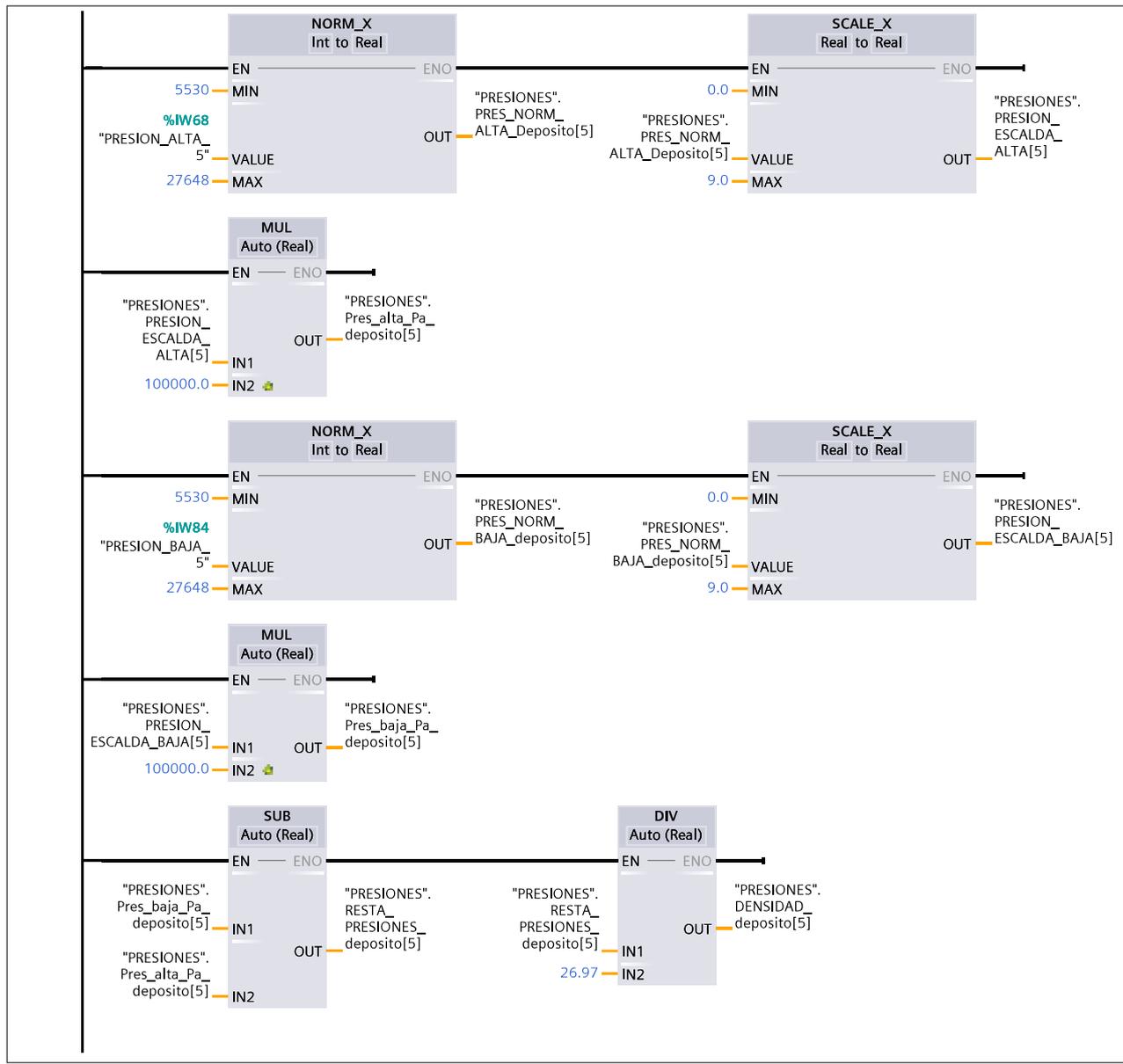
Network 3: Depósito 3.



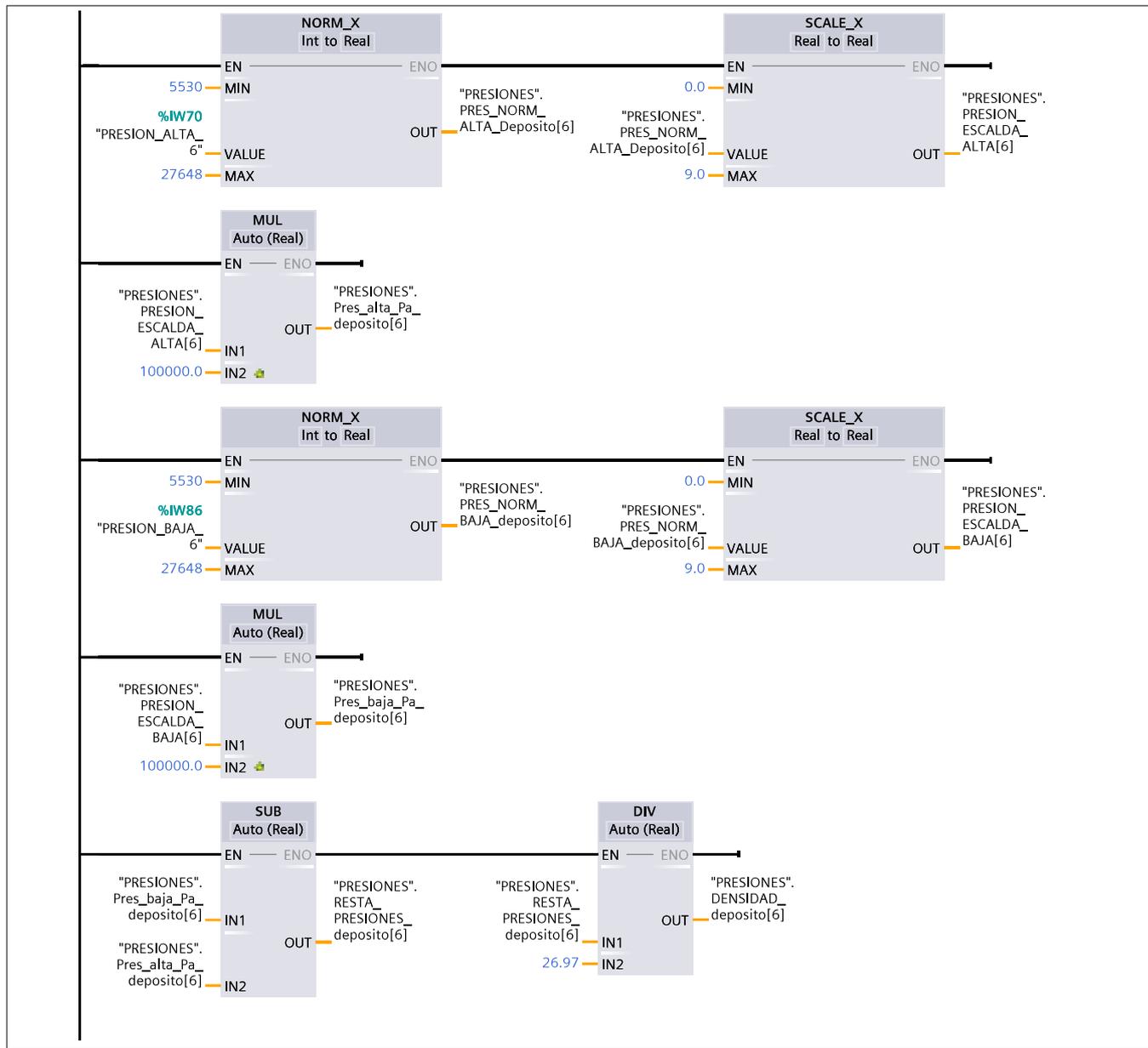
Network 4: Depósito 4.



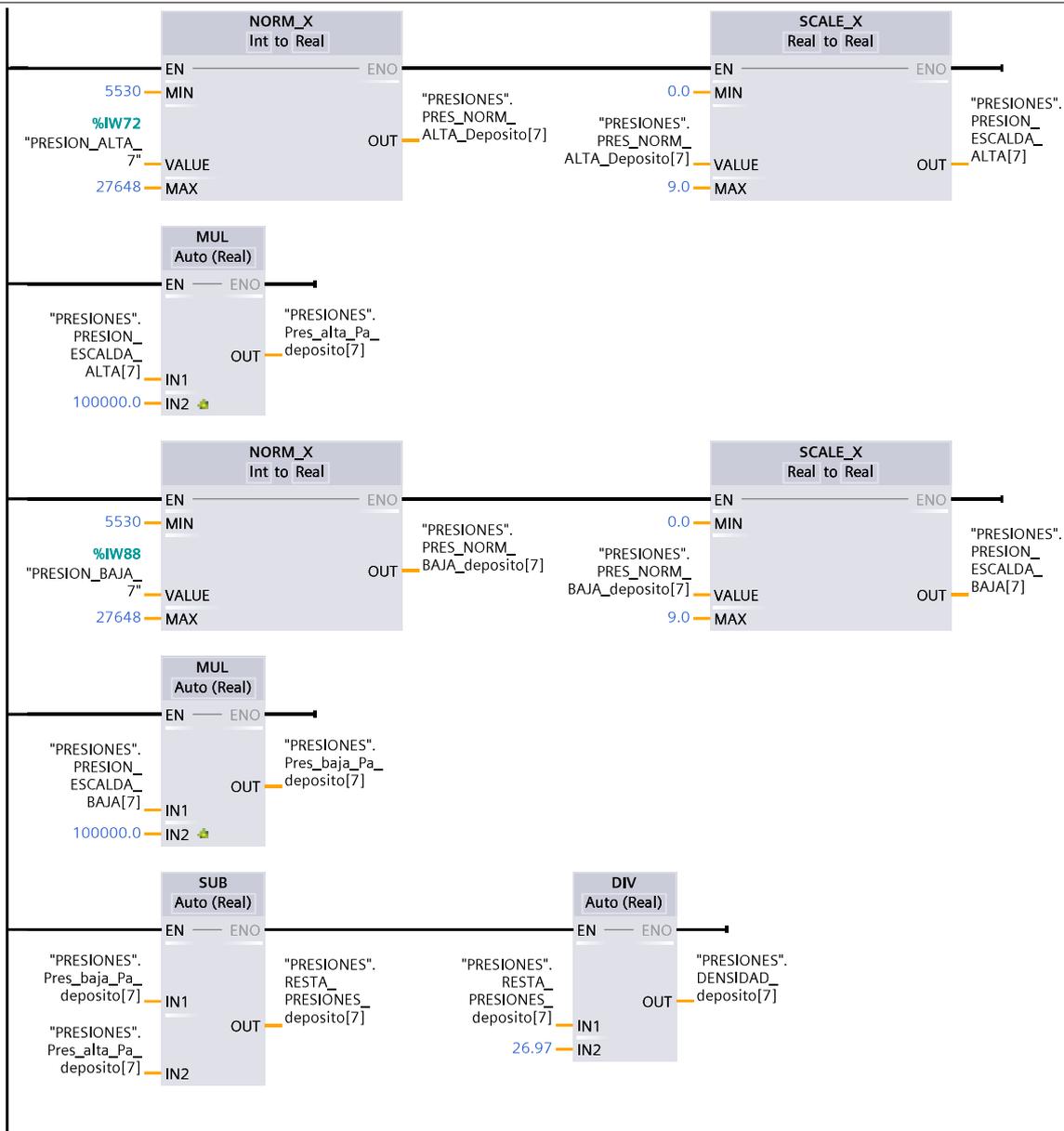
Network 5: Depósito 5.



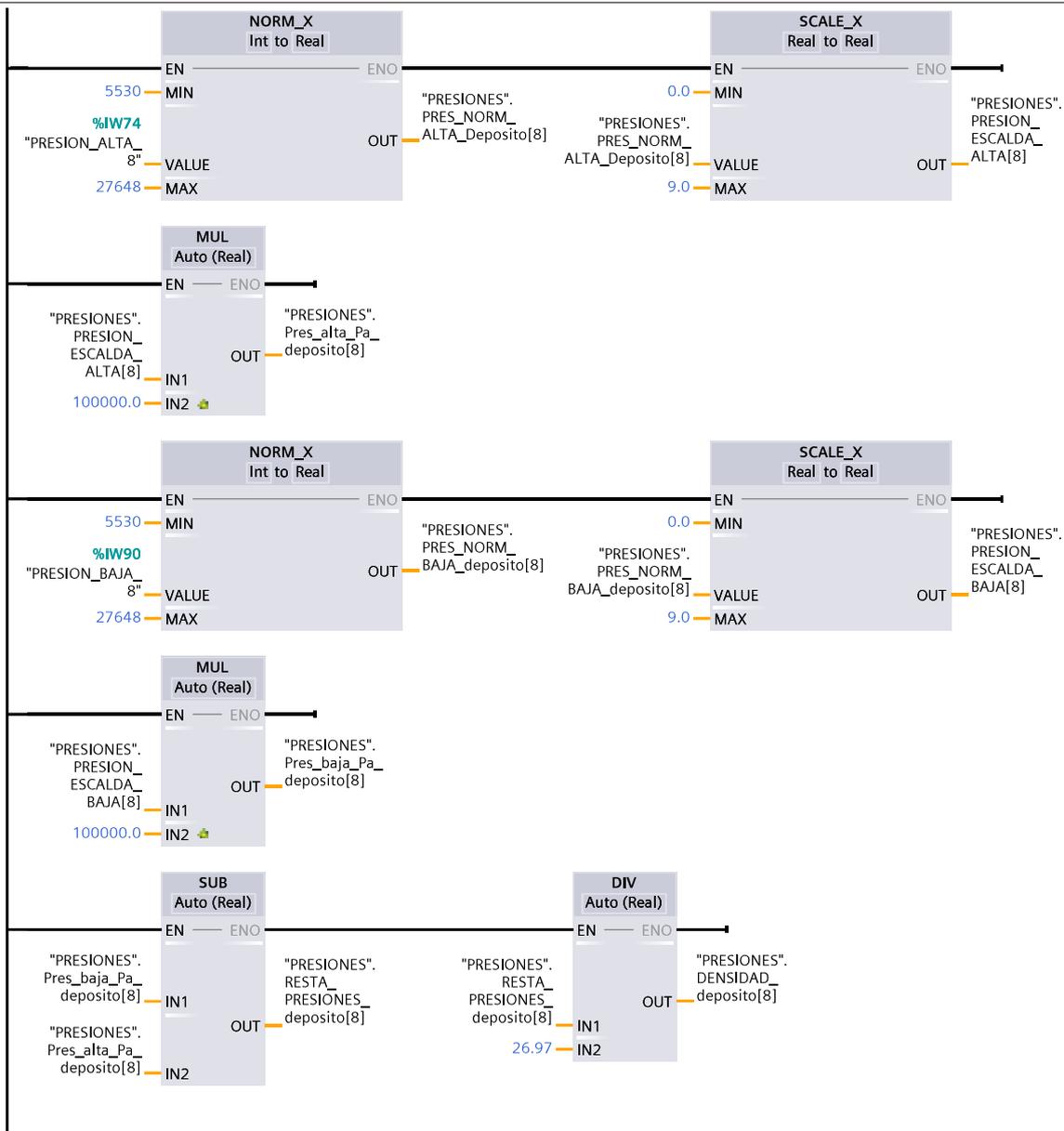
Network 6: Depósito 6.



Network 7: Depósito 7.



Network 8: Depósito 8.



Program blocks

PRESIONES [DB12]

PRESIONES Properties

General

Name	PRESIONES	Number	12	Type	DB
Language	DB	Numbering	Automatic		

Information

Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Start value	Retain
▼ Static			
PRESION_ESCALDA_ALTA	Array[1..8] of Real		False
PRESION_ESCALDA_BAJA	Array[1..8] of Real		False
PRES_NORM_ALTA_Deposito	Array[1..8] of Real		False
PRES_NORM_BAJA_deposito	Array[1..8] of Real		False
RESTA_PRESIONES_deposito	Array[1..8] of Real		False
DENSIDAD_deposito	Array[1..8] of Real		False
Pres_alta_Pa_deposito	Array[1..8] of Real		False
Pres_baja_Pa_deposito	Array[1..8] of Real		False

Program blocks

REMONTADO [FB5]

REMONTADO Properties

General

Name	REMONTADO	Number	5	Type	FB
Language	LAD	Numbering	Automatic		

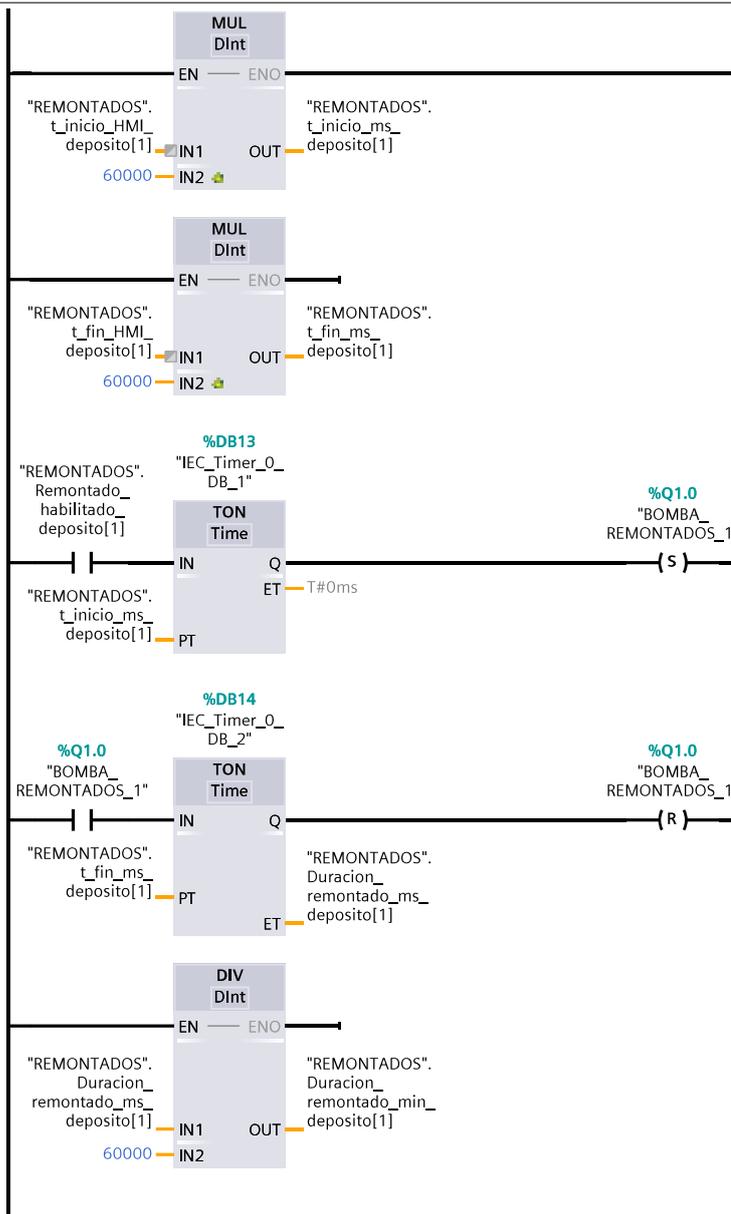
Information

Title		Author		Comment	Configuracion de la temporización de las bombas de remontado de los tanques.
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Default value	Retain
Input			
Output			
InOut			
Static			
Temp			
Constant			

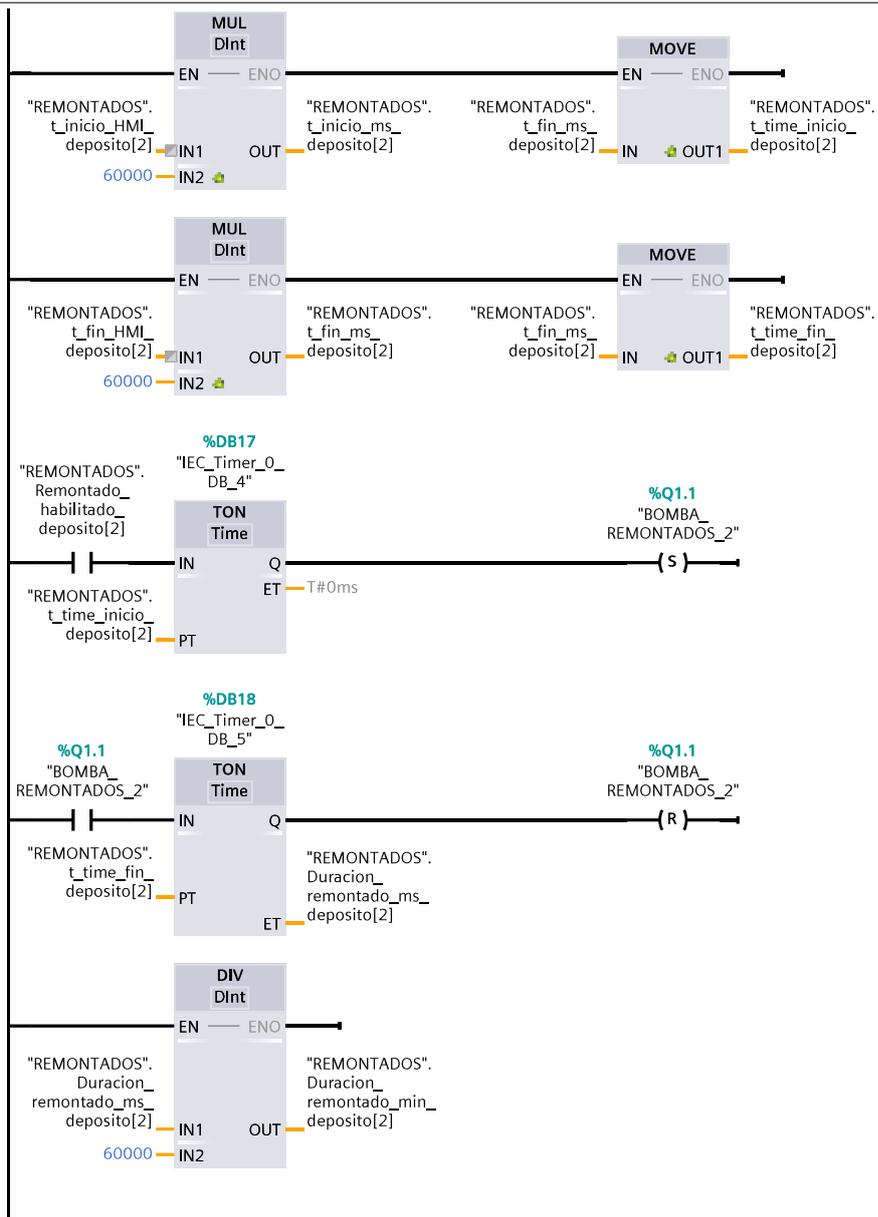
Network 1: deposito 1

Segmento de programación de la bomba de remontados del deposito 1.



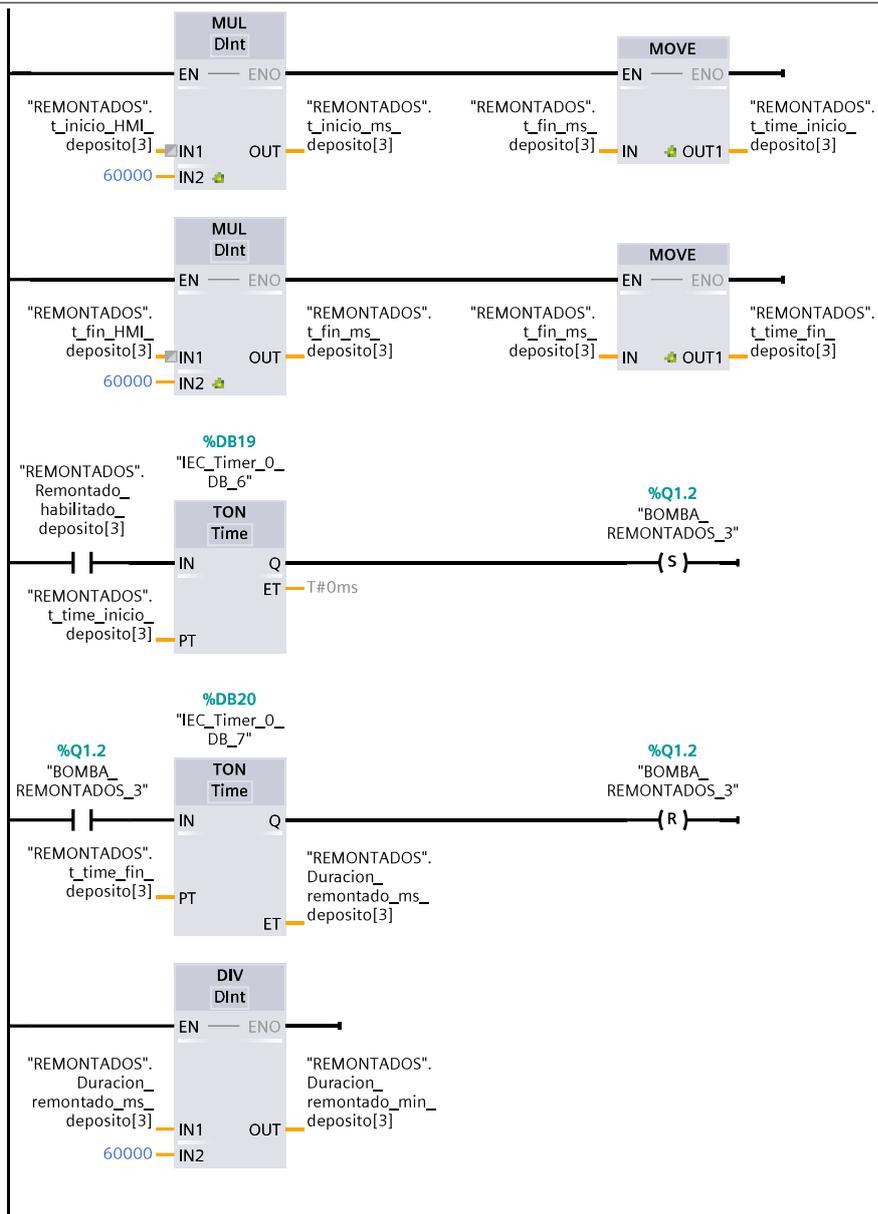
Network 2: Depósito 2

Segmento de programación de la bomba de remontados del deposito 2.



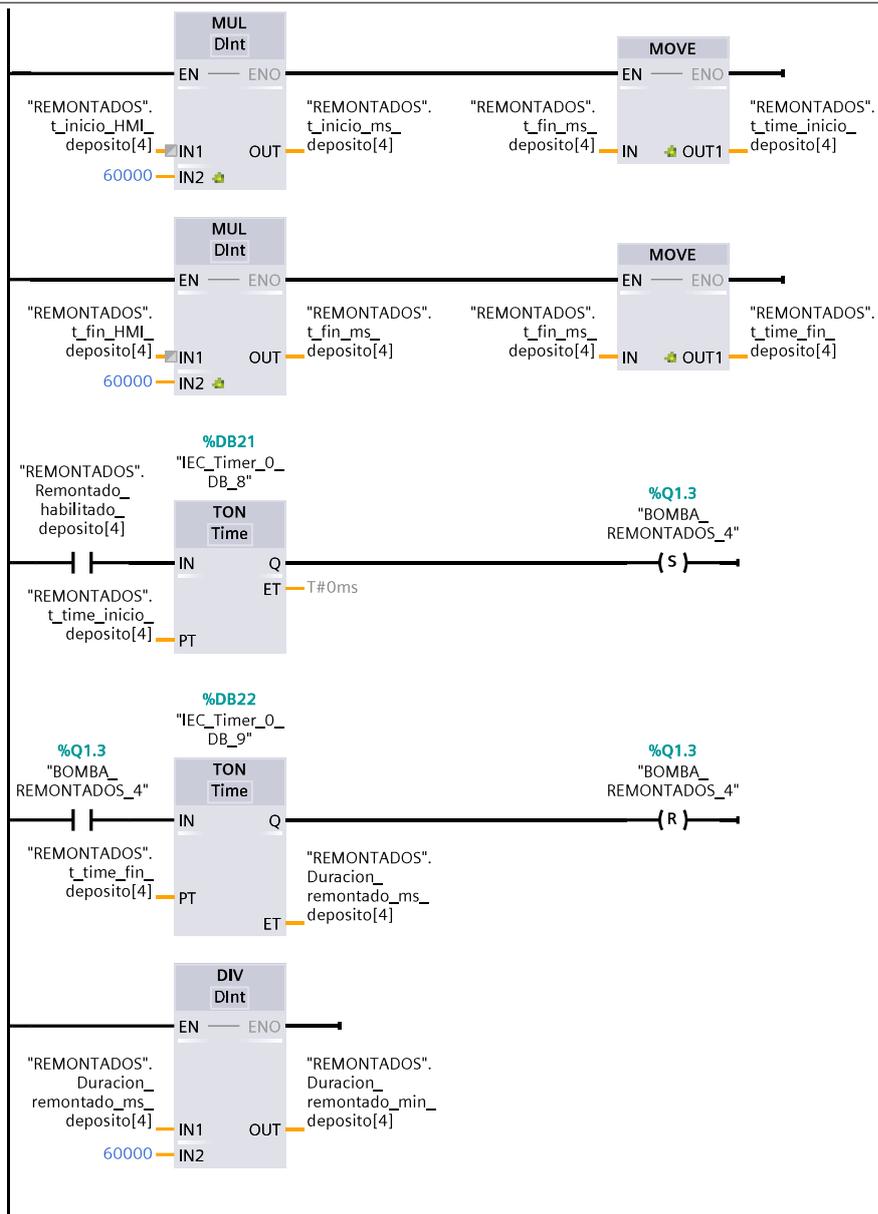
Network 3: Depósito 3

Segmento de programación de la bomba de remontados del deposito 3.



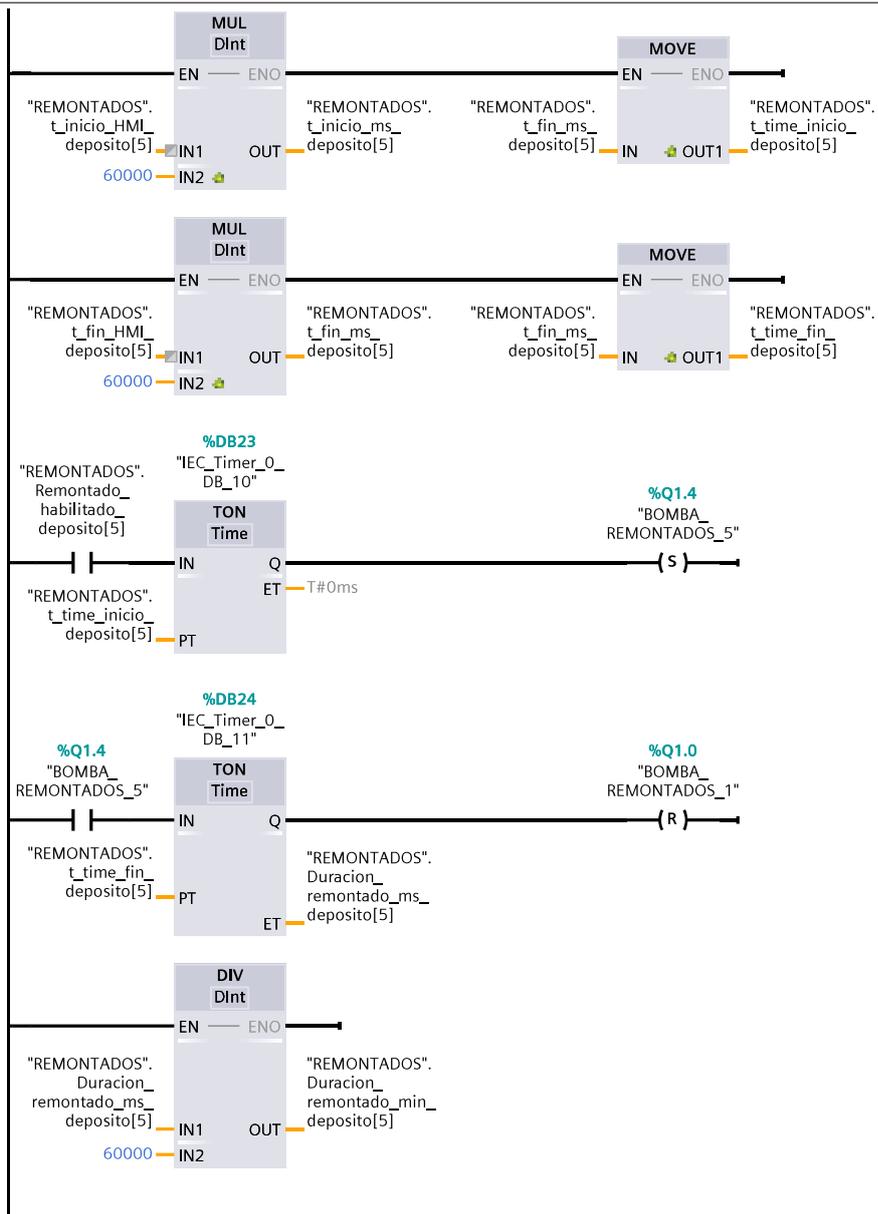
Network 4: Depósito 4

Segmento de programación de la bomba de remontados del deposito 4.



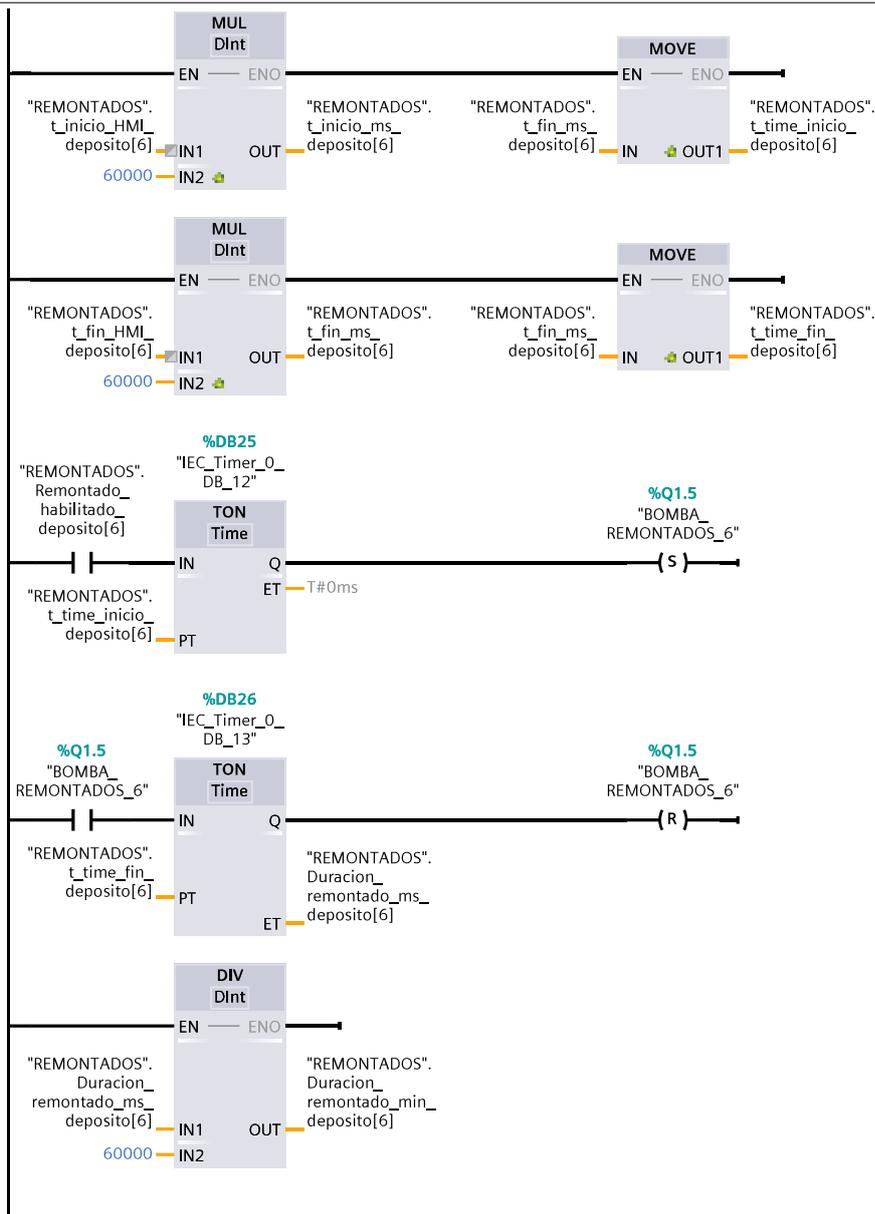
Network 5: Depósito 5.

Segmento de programación de la bomba de remontados del deposito 5.



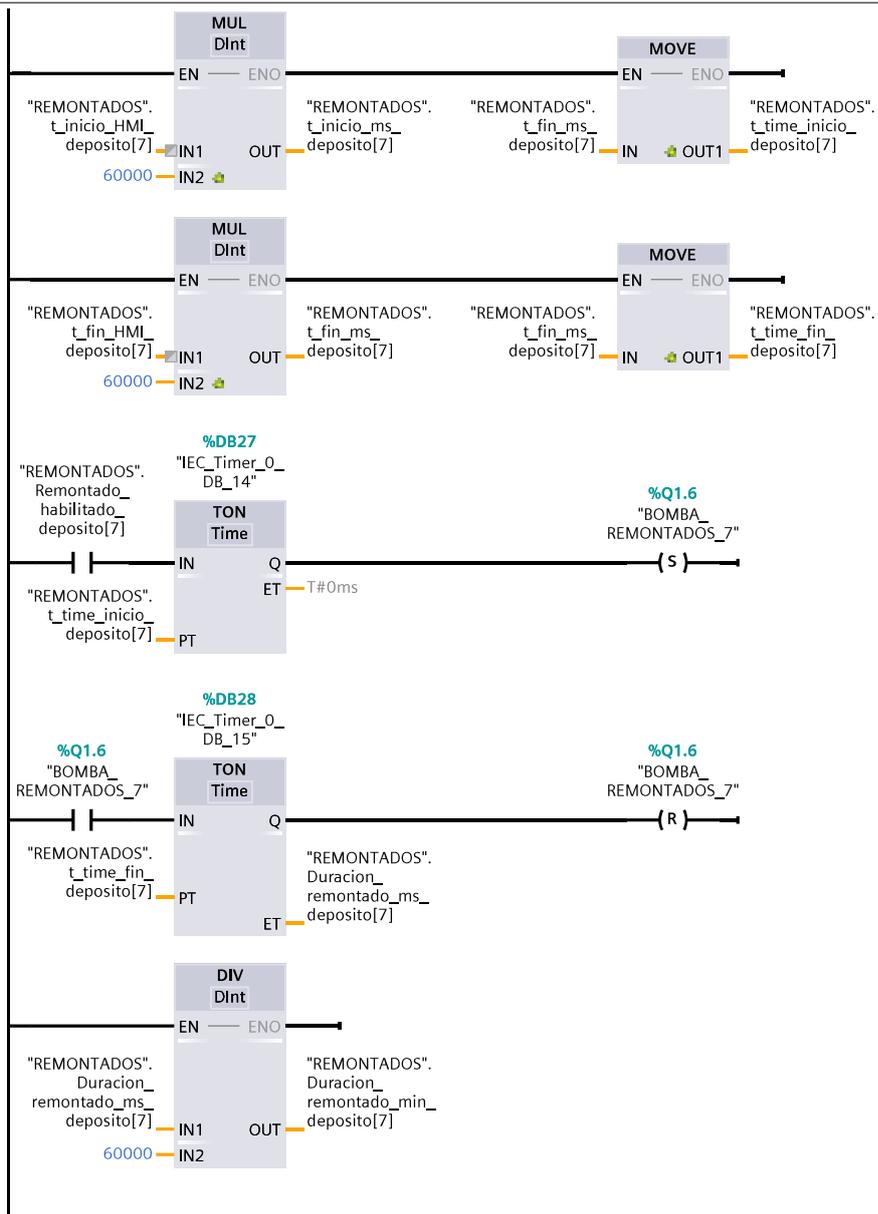
Network 6: Depósito 6

Segmento de programación de la bomba de remontados del deposito 6.



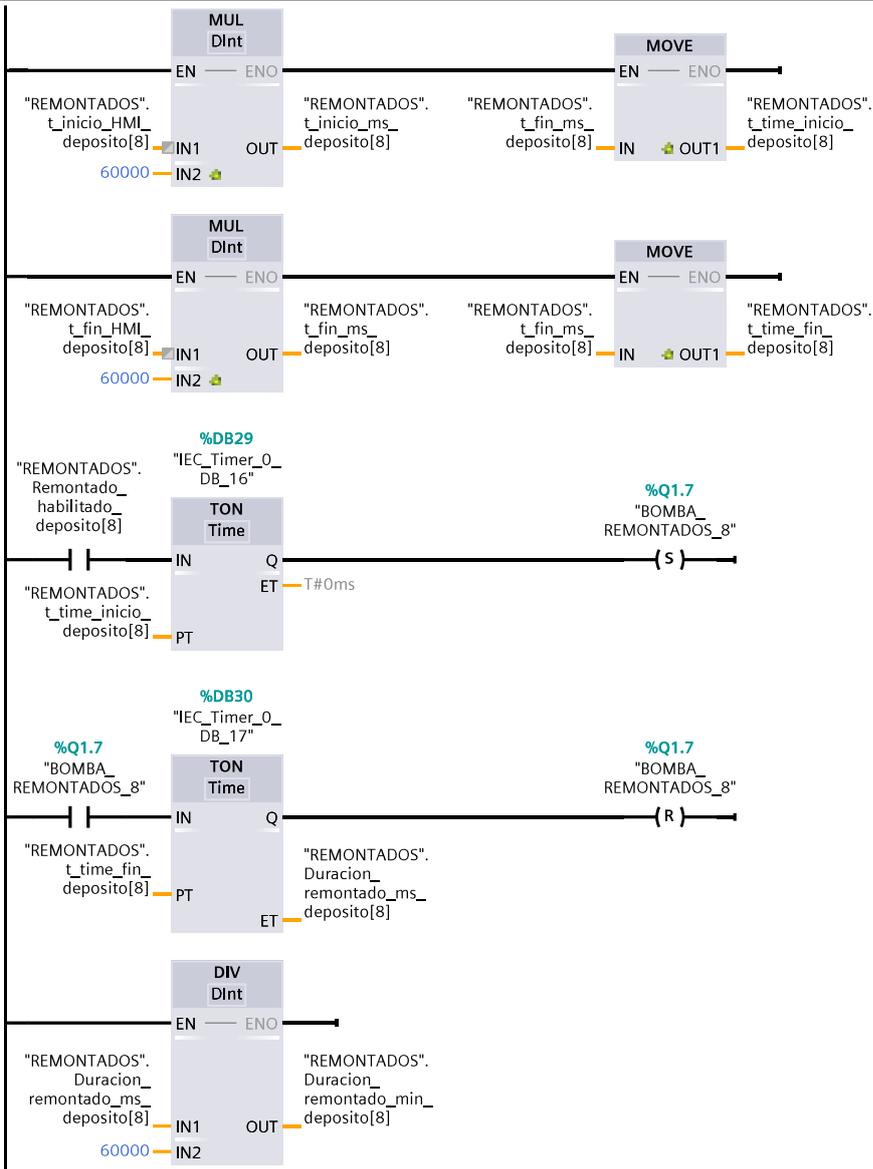
Network 7: Depósito 7

Segmento de programación de la bomba de remontados del deposito 7.



Network 8: Depósito 8.

Segmento de programación de la bomba de remontados del deposito 8.



Program blocks

REMONTADOS [DB8]

REMONTADOS Properties

General

Name	REMONTADOS	Number	8	Type	DB
Language	DB	Numbering	Automatic		

Information

Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Start value	Retain
▼ Static			
t_inicio_HMI_deposito	Array[1..8] of Int		False
t_inicio_ms_deposito	Array[1..8] of DInt		False
t_fin_HMI_deposito	Array[1..8] of Int		False
t_fin_ms_deposito	Array[1..8] of DInt		False
t_time_inicio_deposito	Array[1..8] of Time		False
t_time_fin_deposito	Array[1..8] of Time		False
Remontado_habilitado_deposito	Array[1..8] of Bool		False
aux1	Array[1..8] of Bool		False
aux2	Array[1..8] of Bool		False
Duracion_remontado_ms_deposito	Array[1..8] of Time		False
Duracion_remontado_s_deposito	Array[1..8] of DInt		False
Duracion_remontado_min_deposito	Array[1..8] of DInt		False

Program blocks

SETPOINTS [DB15]

SETPOINTS Properties

General

Name	SETPOINTS	Number	15	Type	DB
Language	DB	Numbering	Automatic		

Information

Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Start value	Retain
▼ Static			
SETPOINT_SUP_DEPOSITO	Array[1..8] of Real		False
Error_configuracion	Array[1..8] of Bool		False
SETPOINT_INF_DEPOSITO	Array[1..8] of Real		False
Control_habilitado	Array[1..8] of Bool		False
alarma_temperatura	Array[1..8] of Bool		False

Program blocks

DENSIDAD_DB [DB38]

DENSIDAD_DB Properties

General

Name	DENSIDAD_DB	Number	38	Type	DB
Language	DB	Numbering	Automatic		

Information

Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Start value	Retain
Input			
Output			
InOut			
Static			

Program blocks

NIVEL_RADAR_DB [DB40]

NIVEL_RADAR_DB Properties

General

Name	NIVEL_RADAR_DB	Number	40	Type	DB
Language	DB	Numbering	Automatic		

Information

Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Start value	Retain
Input			
Output			
InOut			
Static			

Program blocks

REMONTADO_DB [DB41]

REMONTADO_DB Properties

General

Name	REMONTADO_DB	Number	41	Type	DB
Language	DB	Numbering	Automatic		

Information

Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Start value	Retain
Input			
Output			
InOut			
Static			

Program blocks

ALARMAS_PROTECCIONES_ELECTRICAS [FB4]

ALARMAS_PROTECCIONES_ELECTRICAS Properties

General

Name	ALARMAS_PROTECCIONES_ELECTRICAS	Number	4	Type	FB
Language	LAD	Numbering	Automatic		

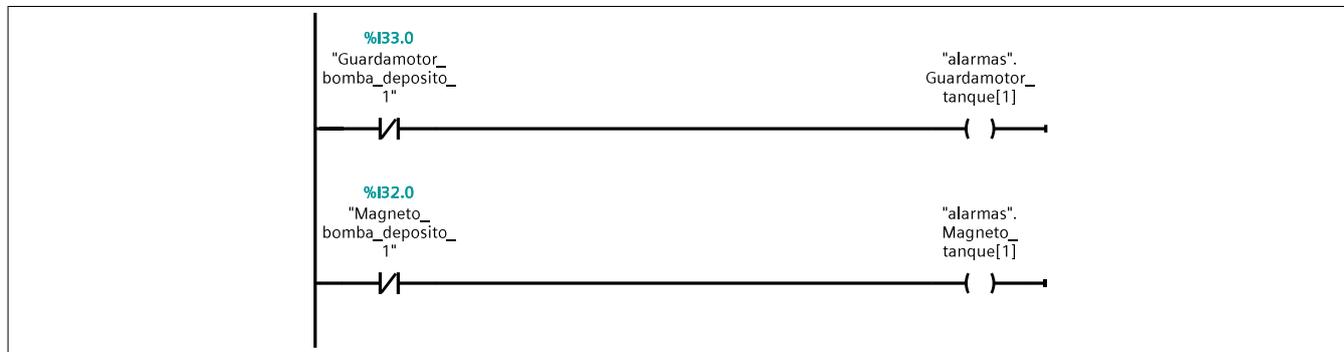
Information

Title		Author		Comment	Segmento de programación de las protecciones electricas de las bombas de los depósitos.
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Default value	Retain
Input			
Output			
InOut			
Static			
Temp			
Constant			

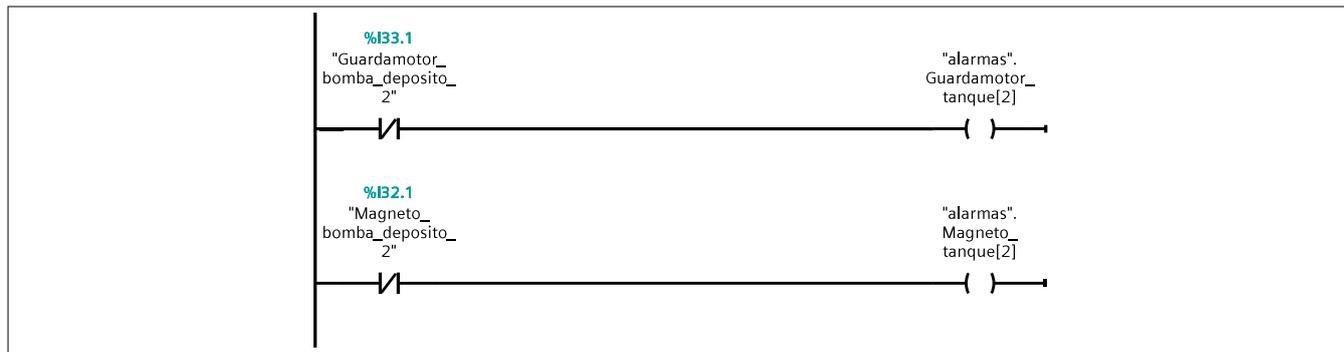
Network 1: TANQUE 1

Protecciones de la bomba del depósito 1.



Network 2: TANQUE 2

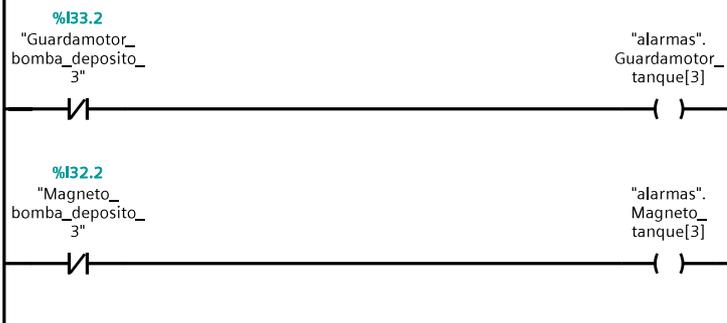
Protecciones de la bomba del depósito 2.



Network 3: TANQUE 3

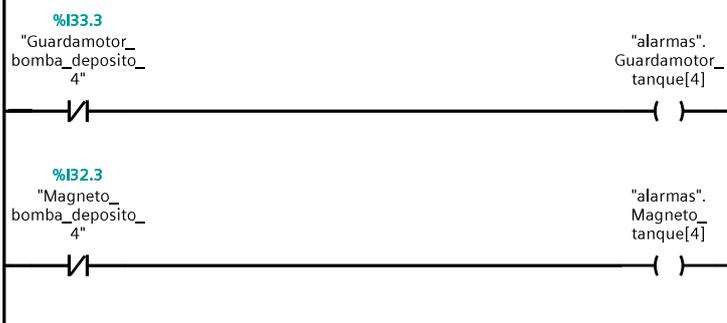
Protecciones de la bomba del depósito 3.

--	--	--



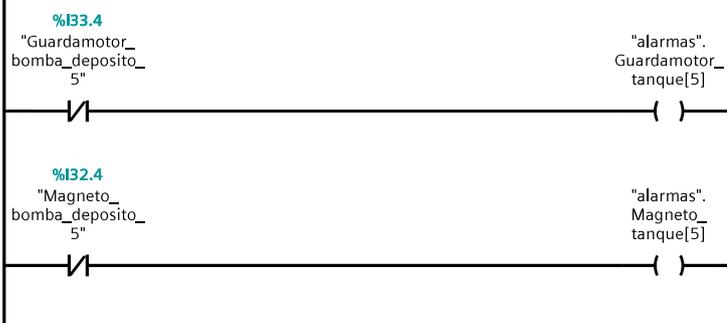
Network 4: TANQUE 4

Protecciones de la bomba del depósito 4



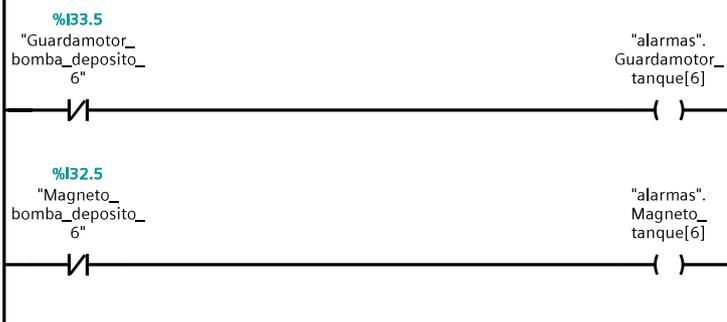
Network 5: TANQUE 5

Protecciones de la bomba del depósito 5.



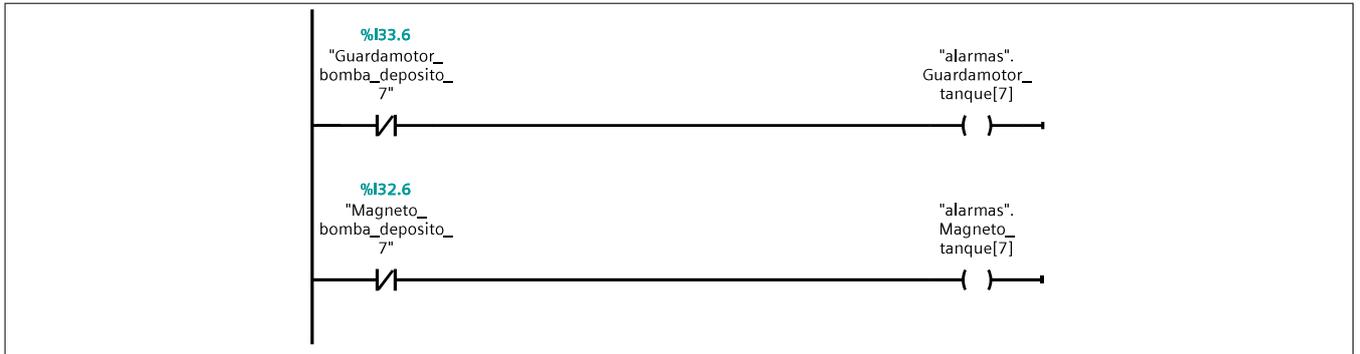
Network 6: TANQUE 6

Protecciones de la bomba del depósito 6.



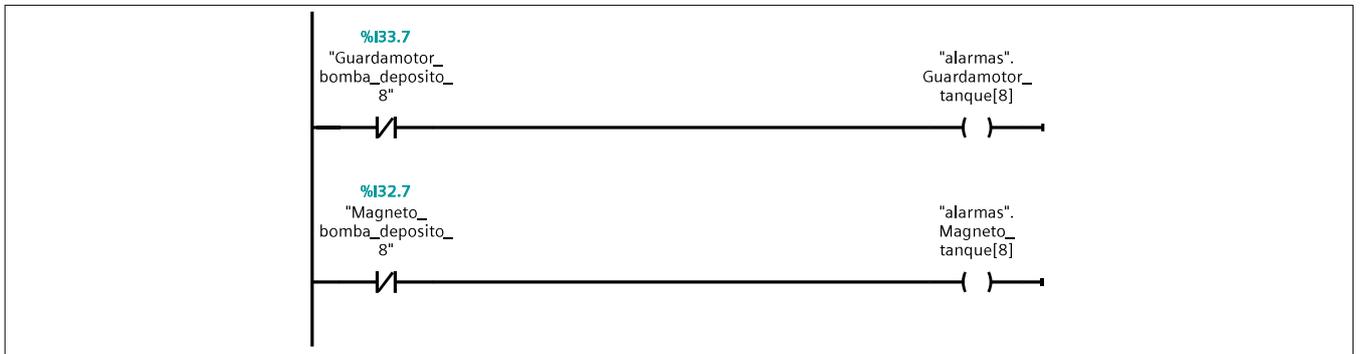
Network 7: TANQUE 7

Protecciones de la bomba del depósito 7.



Network 8: TANQUE 8

Protecciones de la bomba del depósito 8.



2. Programación HMI.

2.1. Recepción de la uva.

El HMI utilizado en esta etapa es el SIMATIC TP700 Comfort, permitiendo al operador controlar la marcha y paro y del sinfín de la tolva de vendimia, la cinta de elevación y el módulo SIWAREX. También permite visualizar el estado de las paradas de emergencia y de las protecciones eléctricas.

En la pantalla, se dispone de un menú que actúa como ventana principal, en el que se dispone de varios botones que permiten acceder a las diferentes ventanas que controlan el sistema. El operador, puede volver a esta ventana principal mediante el botón “atrás” que se ubica en todas las ventanas utilizadas.

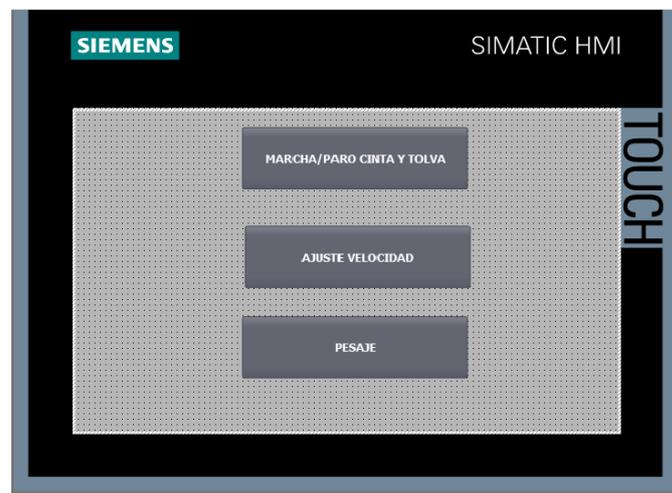


Figura 41. Menú principal de la pantalla HMI TP700 Comfort.

2.1.1. Marcha/paro cinta y tolva.

Al pulsar este botón, el operador puede acceder a la ventana mediante la cual se realizan las siguientes operaciones:

- Activar y desactivar el funcionamiento automático y conjunto del sinfín de la tolva y la cinta. Para ello el operador debe pulsar el switch de funcionamiento automático.
- Activar y desactivar el funcionamiento de cada equipo de forma manual. En este modo, el sinfín y la cinta pueden accionarse independientemente. Para ello el operador debe pulsar el switch de funcionamiento manual y posteriormente activar el equipo que desee poner en marcha.

Mediante los testigos colocados en la ventana, se pueden supervisar los siguientes eventos:

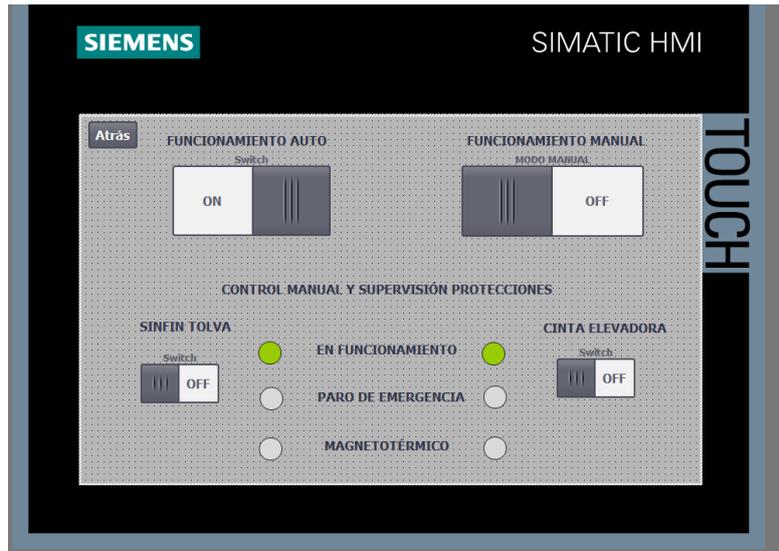


Figura 42. Pantalla marcha/paro en el modo de funcionamiento automático.

- **El estado del sinfín y de la cinta.**

Al activarse las salidas digitales que accionan el sinfín y la cinta, el testigo pasa a ser de color verde, mientras que en caso de estar parado, pasa a ser de color gris.

- **El estado de las setas de parada de emergencia**

Si se pulsa una de las setas de emergencia, el contacto del relé de seguridad se abre, dejando de enviar señal a la entrada digital del PLC a la cual está cableado. Cuando el estado lógico de esas entradas digitales es igual a 0, el testigo pasa a ser de color rojo, indicando que se ha pulsado la seta de emergencia.

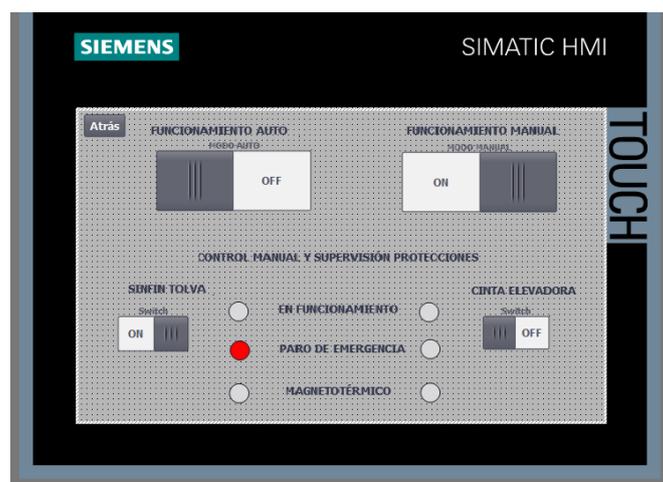


Figura 23. Estado de la pantalla al realizar una parada de emergencia del sinfín.

- **El estado de las protecciones eléctricas.**

En caso de parada del motor debido al disparo de uno de los magnetotérmicos, el testigo cambia de su color gris a color rojo indicando el disparo de la protección.

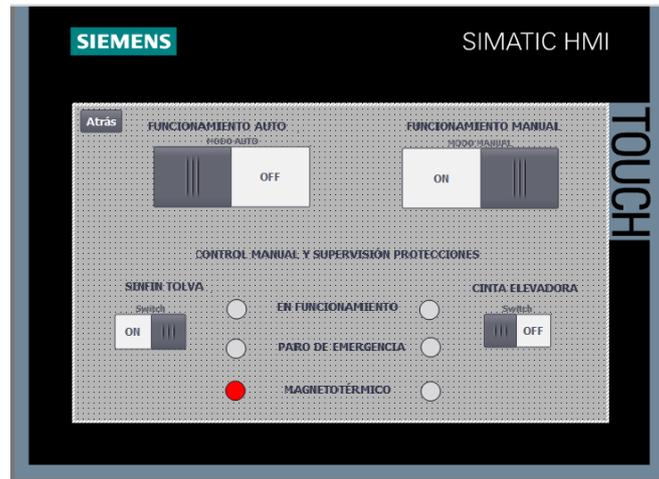


Figura 44. Estado de la pantalla debido al disparo de uno de los magnetotérmicos.

2.1.2. Ajuste velocidad motores.

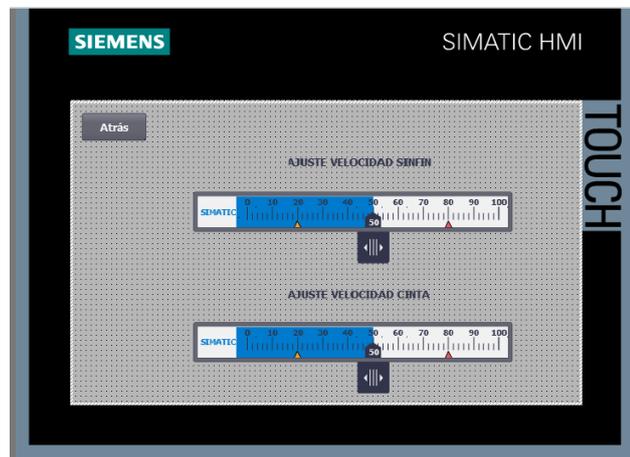


Figura 45. Pantalla de ajuste de la velocidad de funcionamiento de los motores.

Desde esta ventana, el operador puede ajustar el valor de consigna para la frecuencia del sinfín y de la cinta, a través de una barra deslizadora la cual ajusta el valor de las variables “SET_POINT_HMI_SINFIN” y “SETPOINT_HMI_cinta”, y que sirven de entrada en la programación, para ajustar este parámetro utilizando las entradas analógicas del variador.

2.1.3. Pesaje.

Desde esta ventana se configura accede a tanto a la visualización de las funciones de pesaje, como a su configuración.

El fabricante proporciona las ventanas ya configuradas, de forma que únicamente es necesario introducirlas en el programa. Al acceder a la función de pesaje desde la ventana principal, esta abre la ventana del menú del módulo Siwarex.

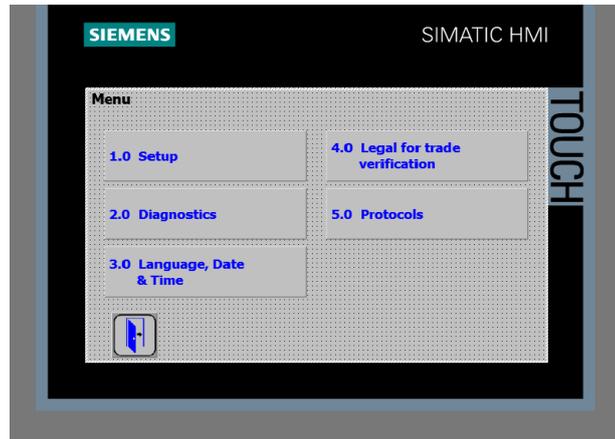


Figura 46. Ventana de inicio del módulo de pesaje.

Menú 1.0 Setup

Desde este menú, el operador puede acceder y modificar los ajustes del módulo según sea necesario, realizando la puesta en marcha, la calibración, configuración de las salidas y entradas digitales y configuración de la salida analógica, entre otros ajustes.

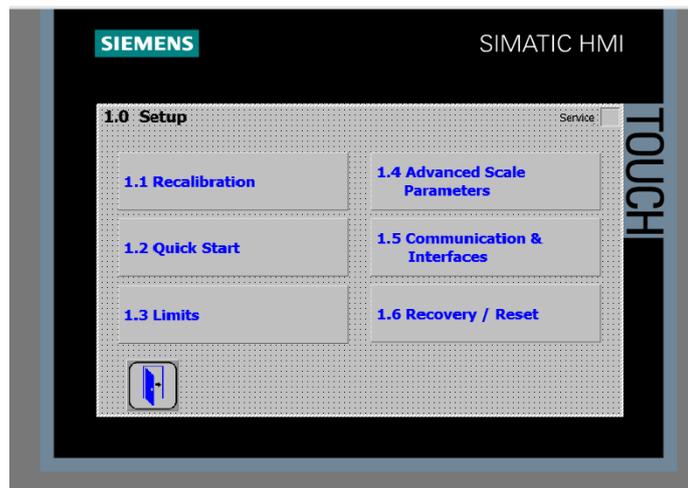


Figura 47. Menú de ajustes del módulo de pesaje.

Quick start

Mediante este menú, se puede hacer una configuración rápida del equipo:

En primer lugar, el operador debe elegir entre realizar el inicio rápido utilizando los ajustes actuales, o bien reiniciar el equipo a los valores de fábrica.

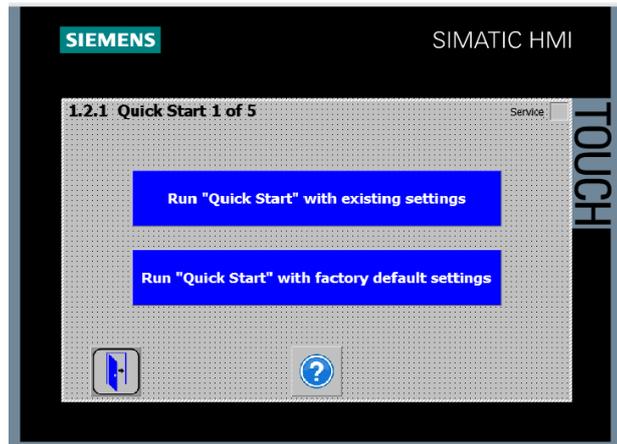


Figura 48. Ventana de elección de método de inicio.

Calibración del módulo.

La calibración de una báscula consiste en el ajuste y verificación de su precisión, mediante la comparación las mediciones realizadas al someterlo a un peso ya conocido, ajustando el equipo para corregir las desviaciones detectadas. Este procedimiento es fundamental para garantizar que la báscula proporcione mediciones exactas y confiables. El operador dispone de dos métodos de calibración:

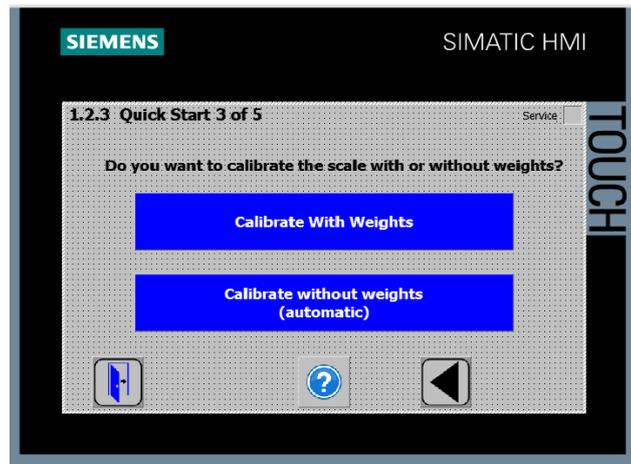


Figura 49. Ventana de elección del método de calibración.

a) Calibración utilizando 2 o 3 pesas patrón

En este método se utilizan un mínimo de dos pesos conocidos para realizar la calibración del equipo, aunque es posible utilizar de forma opcional hasta 3 pesos si se desea mayor precisión en la calibración.

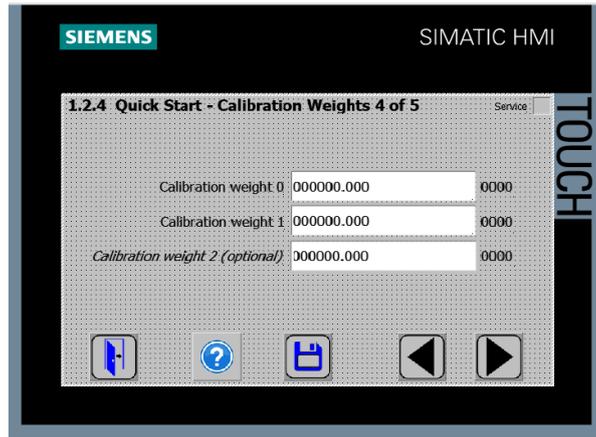


Figura 50. Calibración mediante peso patrón.

b) Calibración automática sin uso de peso patrón.

En este caso, el sistema realiza automáticamente una calibración según valores teóricos, sin utilizar pesos patrón.

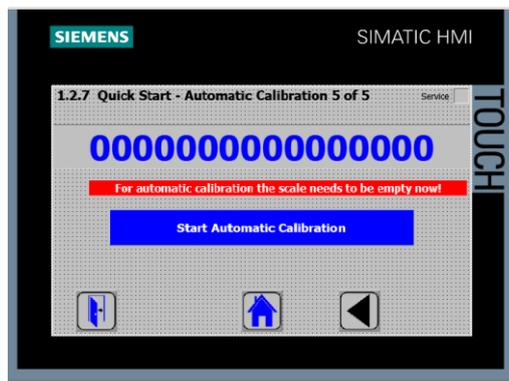


Figura 51. Calibración sin peso patrón.

Configuración de la salida analógica.

Una vez realizada la calibración, desde el menú 1.5 *Communication & Interfaces*, se configura la salida analógica que debe realizar el módulo:

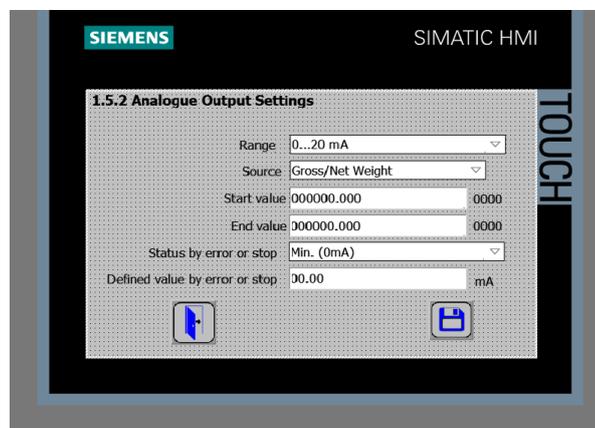


Figura 52. Ventana de ajuste de la salida analógica.

Desde esta ventana se selecciona el rango de salida 0-20 mA, ya que es la forma en que se encuentra programado en el PLC. Además, se configura que valor es el que se transmite en esa escala, eligiendo entre el peso bruto o el peso neto, si se desea restar la tara en el valor de pesaje obtenido del módulo.

Una vez ajustado el valor mínimo correspondiente a 0 kg, y el valor máximo correspondiente a 12.800 kg, el equipo ya estaría listo para su utilización.

Visualización del pesaje.

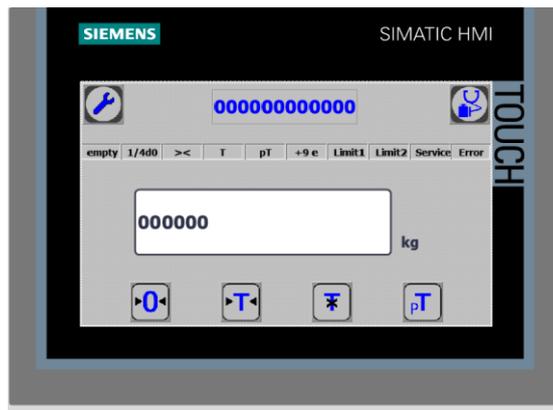


Figura 53. Ventana de visualización del peso.

Desde esta pantalla, el operador visualiza el peso situado en la tolva y a través de los botones situados en la parte de abajo de la pantalla, el operador puede de forma rápida, realizar las siguientes tareas: ajustar el cero, realizar el tarado, eliminar la tara ajustada, o seleccionar una tara preseleccionada.

2.2. Tanques de fermentación y sala de crianza.

En esta etapa se encuentran dos equipos diferentes, el TP1200 Comfort, ubicado en la sala de tanques, y el KTP700 ubicado en la sala de crianza. Ambos equipos se encuentran conectados a la CPU 1513-1 PN.

2.2.1. Tanques de fermentación.

En esta etapa, el equipo HMI utilizado es el TP 1200 Comfort, donde el operador puede llevar a cabo las siguientes tareas:

- Monitorización y configuración del control de temperatura.
- Monitorización del nivel de llenado de los depósitos.
- Programación de la bomba de remontados y monitorización de sus protecciones.
- Monitorización de la densidad.

Menú principal.

Esta pantalla es el menú principal del equipo, donde el operador puede ir accediendo a las diferentes pantallas programadas.

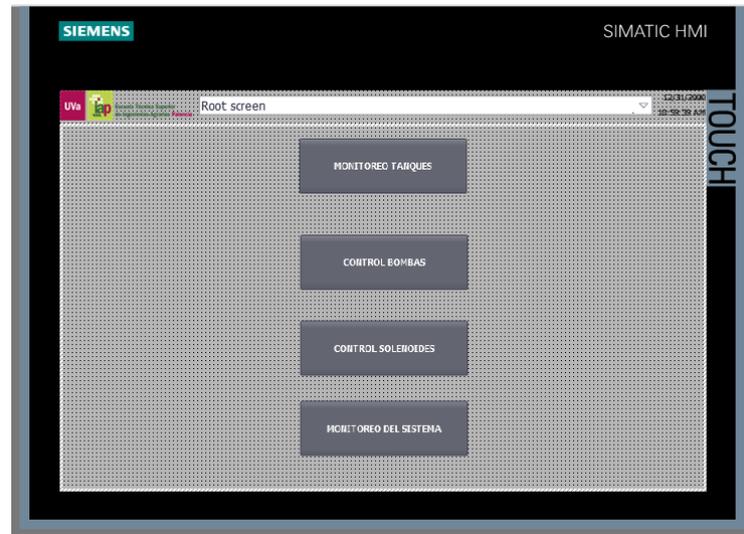


Figura 54. Ventana principal sala de tanques.

Monitoreo de tanques.

Desde esta ventana, se puede observar el estado de los siguientes parámetros de cada tanque:

- Cantidad de vino en litros.
- Barra de llenado indicando el porcentaje de llenado del depósito.
- Densidad del vino en kg/m^3 .
- Temperatura del vino.

Además, un testigo de color rojo, junto a la indicación de la temperatura si pasados 30 minutos del inicio de la apertura del solenoide, la temperatura no ha descendido por debajo de la temperatura máxima establecida por el operador.

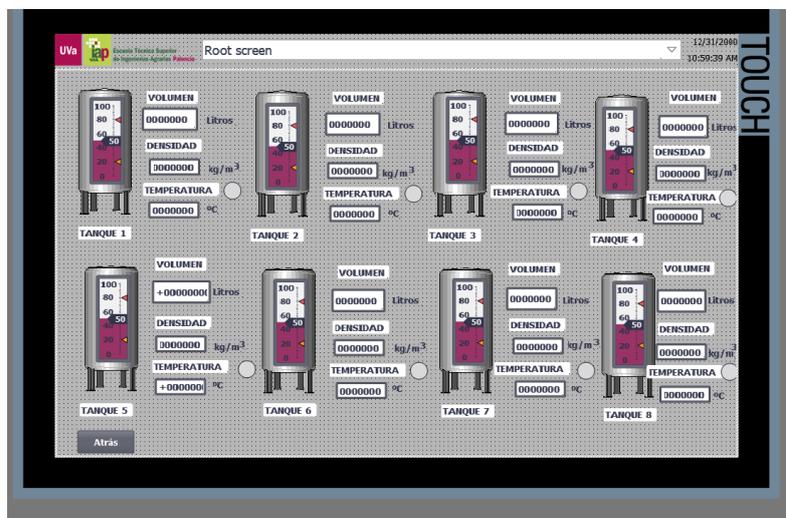


Figura 55. Ventana de monitoreo de tanques.

2.1.2. Control bombas de remontado.

Desde esta ventana, al pulsar el switch, se habilita y deshabilita el funcionamiento programado de las bombas de remontados, configurando su funcionamiento de la siguiente manera:

Tiempo hasta inicio.

Establece el tiempo en minutos, que ha de transcurrir desde que se habilita el funcionamiento de la bomba hasta que esta se pone en marcha. Los botones habilitados al lado del indicador de tiempo permiten aumentar y disminuir este tiempo en intervalos de 1,5 y 10 minutos.

Duración del remontado.

Mediante esta variable se puede ajustar el tiempo de funcionamiento de la bomba, en minutos, una vez se produce su activación. Mediante los botones habilitados al lado del indicador se puede aumentar y disminuir este tiempo en intervalos de 1,5 y 10 minutos.

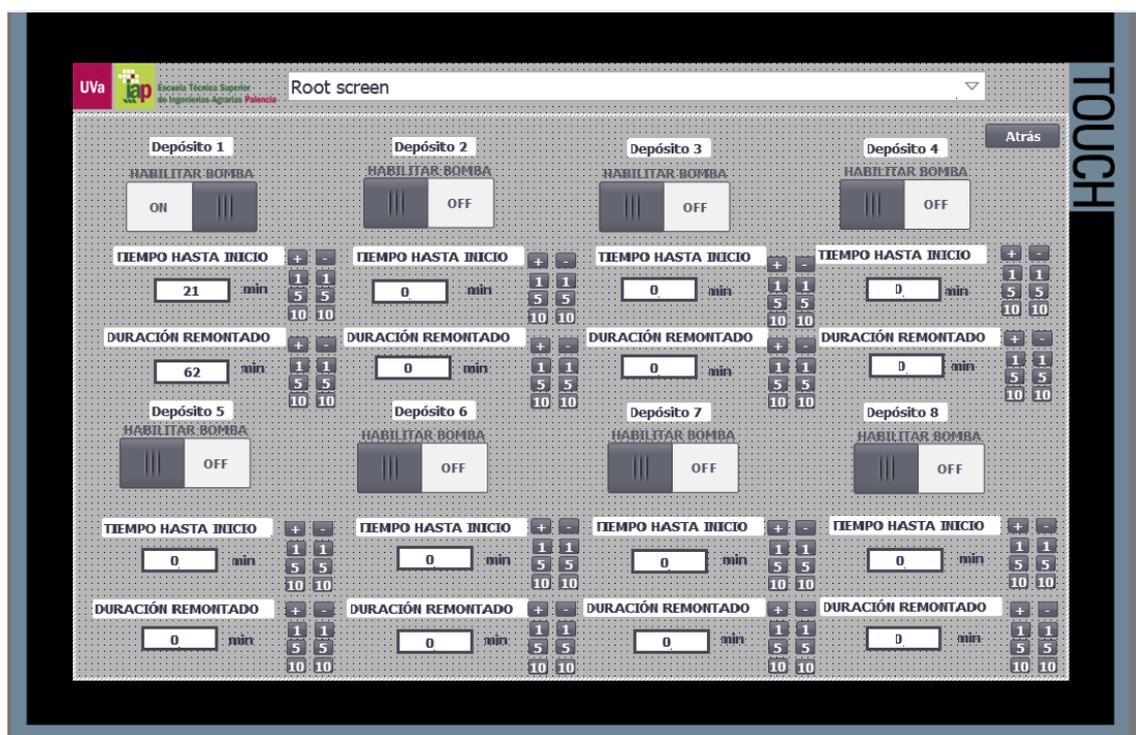


Figura 56. Ventana de control de la bomba de remontados.

2.1.3. Control temperatura tanques.

Mediante esta ventana, se puede habilitar el control de temperatura de cada depósito, a través de la apertura de los solenoides que permiten el paso del refrigerante por las camisas. El operador debe ajustar el límite superior e inferior de temperatura mediante los botones “+” y “-” situados al lado de los tanques, los cuales están programados para aumentar y disminuir el valor en intervalos de 1 °C.

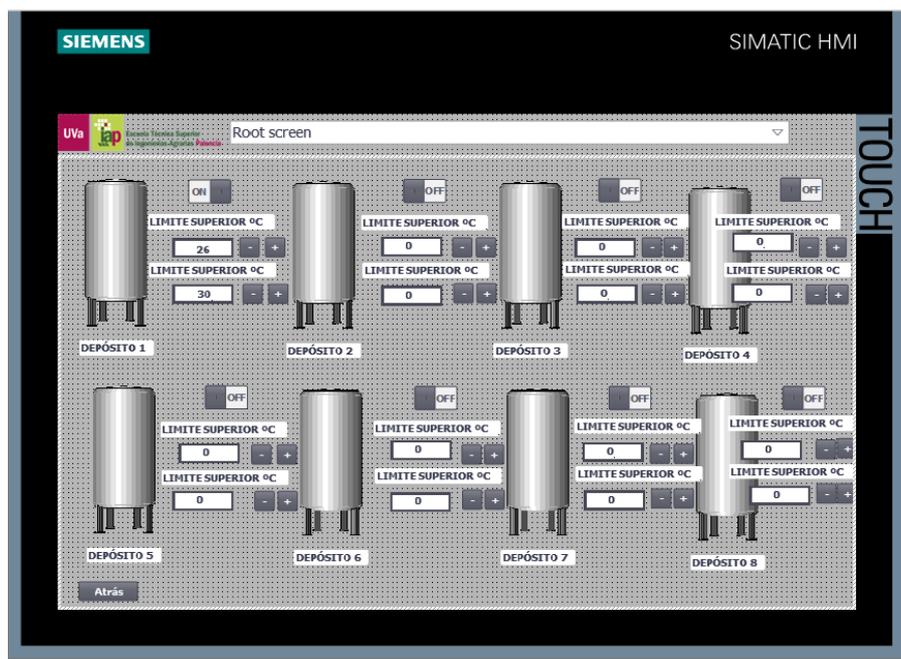


Figura 57. Control de la temperatura de los tanques.

2.1.4. Monitoreo del sistema.

Desde esta ventana, el operador puede visualizar el estado de los siguientes equipos del proceso:

- **Estado de las bombas de remontado.**

Al activarse la salida digital correspondiente al accionamiento de la bomba, el testigo pasa a color verde. De esta forma se puede saber en cada momento en depósitos se encuentra en funcionamiento la bomba de remontados. Mientras la bomba no se encuentra en funcionamiento el testigo permanece en color gris.

- **Tiempo desde inicio de remontado.**

En este recuadro, en caso de estar activo un proceso de remontado, se muestra el tiempo transcurrido desde que comenzó el proceso.

- **Magnetotérmica bomba.**

Al producirse el disparo del magnetotérmico se deja de recibir señal en la entrada del PLC a la que se encuentra cableado su contacto auxiliar, por lo que, según la programación, el testigo cambia a color rojo. Mientras el magnetotérmico está armado, el testigo permanece en color gris.

- **Solenoides de refrigeración.**

Cuando se activa la salida digital para energizar el solenoide de un depósito, el testigo cambia a color verde. Cuando la salida no se encuentra activa, el testigo permanece en color gris.

- **Relé térmico.**

El funcionamiento es el mismo que el que se utiliza en los magnetotérmicos de las bombas. Mediante un contacto auxiliar se energiza una entrada digital del PLC, permaneciendo el testigo de color gris mientras llega corriente a la entrada. Al abrirse el contacto, debido al disparo de la protección, se deja de recibir la señal y el testigo pasa a color ojo.

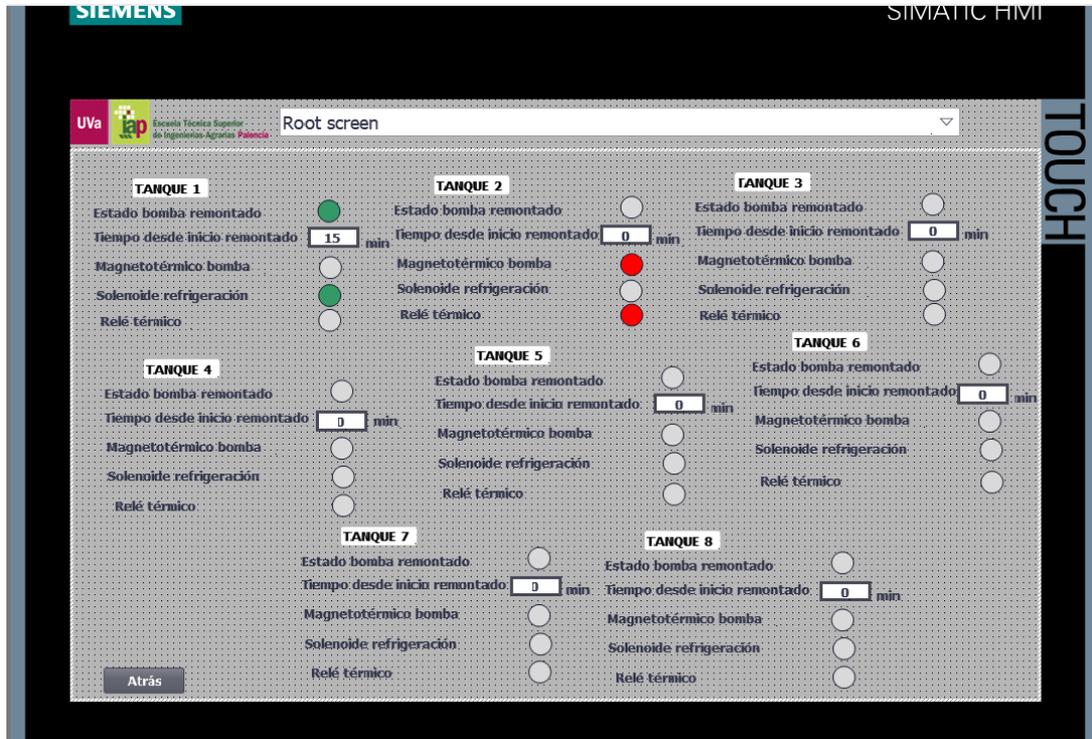


Figura 58. Ventana de monitoreo del sistema.

2.2. Sala de crianza.

El HMI ubicado en esta sala es el KTP700 Basic, y en él se visualiza tanto la medición de la temperatura actual de la sala, como la de humedad relativa, permitiendo además el ajuste de ambas consignas para configurar los testigos de aviso. Desde la ventana inicial, se observan las mediciones actuales de temperatura y humedad relativa del sensor.

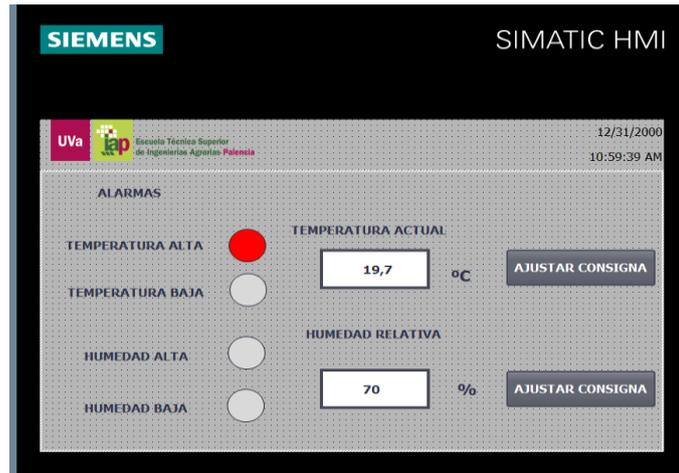


Figura 59. Ventana inicial HMI sala de crianza.

Desde los botones “ajustar consigna”, se accede a la ventana de ajuste de consigna de cada una de las variables.

Temperatura.

En esta ventana, se configura el rango de temperatura que el operador considera como apto, mediante los botones situados junto al valor de temperatura que aumenta y disminuyen en 1°C al ser presionados.

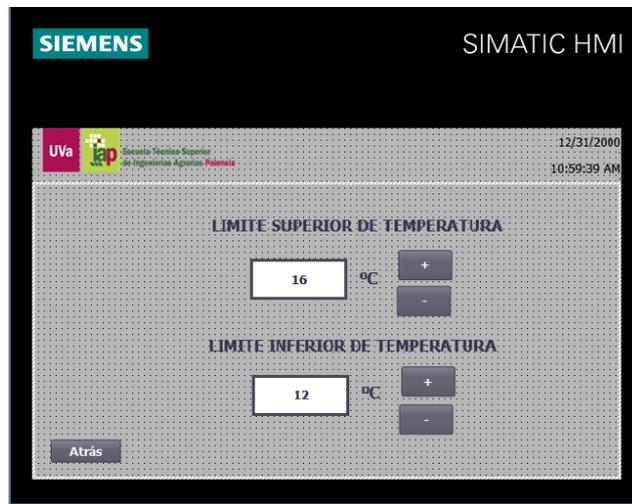


Figura 60. Ventana de ajuste de consigna de temperatura.

Humedad.

Mediante esta ventana, el operador puede ajustar el limite superior e inferior de humedad que considera como adecuado para la sala. Al presionar los botones situados junto a cada valor de humedad relativa, esta aumenta o disminuye en un 1%.

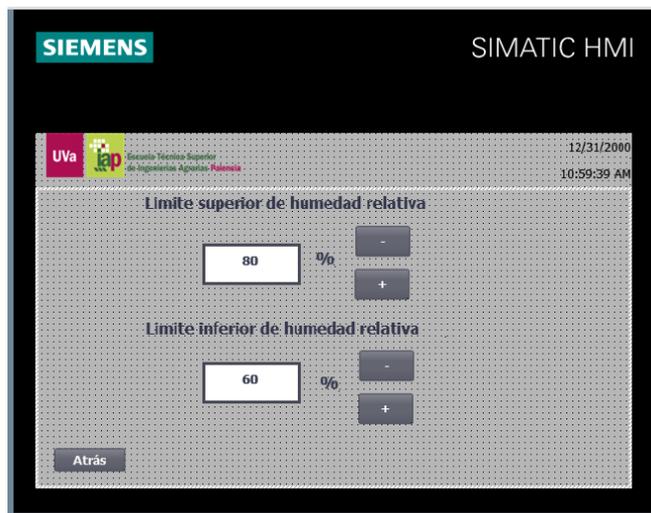


Figura 61. Ajuste de consigna de humedad relativa.