

**FICHA DE ENTREGA DE ACTIVIDADES EVALUABLES.**

<b>Nombre:</b> Joel Sanz Martí	<b>Fecha:</b> 14/11/23
<b>Unidad didáctica:</b> 3	<b>Nota:</b>

**ACTIVIDAD EVALUABLE nº UD3-Q10****1. Enunciado y características de la actividad:**

En una planta industrial, se dispone de 2 tanques de almacenamiento de líquidos (acetona y ácido nítrico) tal y como se indica en la tabla adjunta. Para el control del proceso, se debe saber el volumen del tanque en metros cúbicos a partir de la medida obtenida en un sensor analógico que indica el peso del líquido en cada tanque.

He compartido esta maqueta con Raúl. Yo he realizado el tanque 1 (acetona, variador de frecuencia controlado con multivelocidades. Estas son las características de mi tanque:

- Reactivo: Acetona
- Altura máxima del tanque: 12 m
- Densidad: 784 kg/m<sup>3</sup>
- Diámetro del tanque: 5 m

Simularemos el sensor analógico de peso con un generador en bucle de corriente. Este sensor tendrá una escala de 0 a 200000 kg para el rango de salida de 4 a 20 mA.

A partir de esta señal analógica, tendremos que calcular en ST el volumen en m<sup>3</sup> de acetona y su altura, teniendo en cuenta los límites del tanque. Este dato lo visualizaremos en la pantalla kinco de formas numérica y gráfica.

Diseñaremos el siguiente control de proceso, considerando que el tanque tiene una bomba, una electroválvula y una botonera de control.

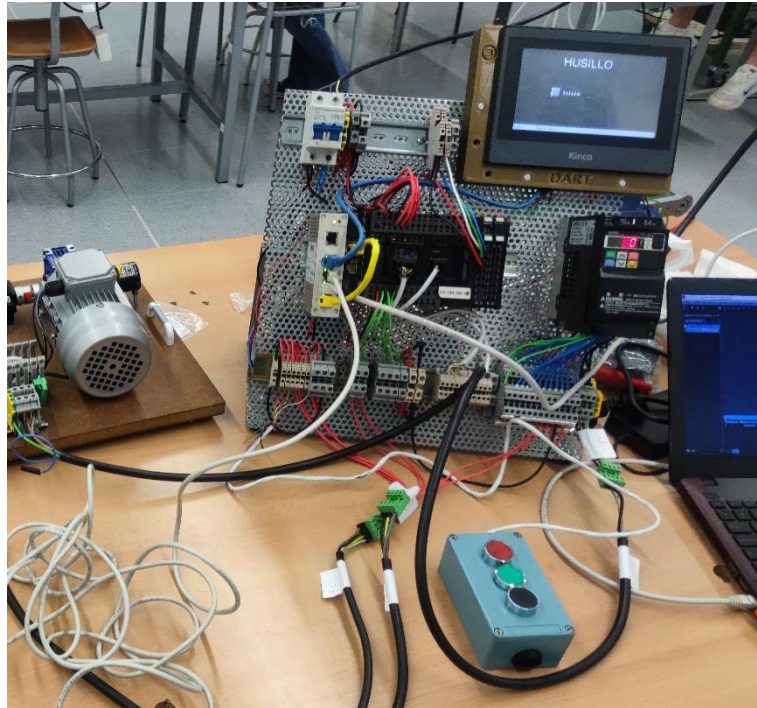
El tanque se llena a partir de una bomba de impulsión, el sistema funciona como sigue, al arrancar el sistema los actuadores en OFF. Se considera que el proceso arranca con los tanques vacíos.

Al pulsar el botón de marcha (PM) se conectarán las bombas de impulsión en velocidad alta (80Hz) hasta que la lectura en m<sup>3</sup> sea del 70% del volumen, momento en que se abrirá la válvula de evacuación al proceso de producción y se bajará la velocidad de las bombas a velocidad baja (30Hz). Cuando se llegue al 90% de la capacidad del tanque, parará la bomba de impulsión. Si el volumen baja del 30% se activará la bomba de nuevo y se cortará el suministro de acetona por la válvula de evacuación al proceso productivo, reanudándose el ciclo automático, sin necesidad de volver a pulsar el PM. En caso de pulsación del pulsador de paro (PP) el sistema desactivará todos los actuadores y esperará la pulsación de Marcha para reanudar el ciclo automático.

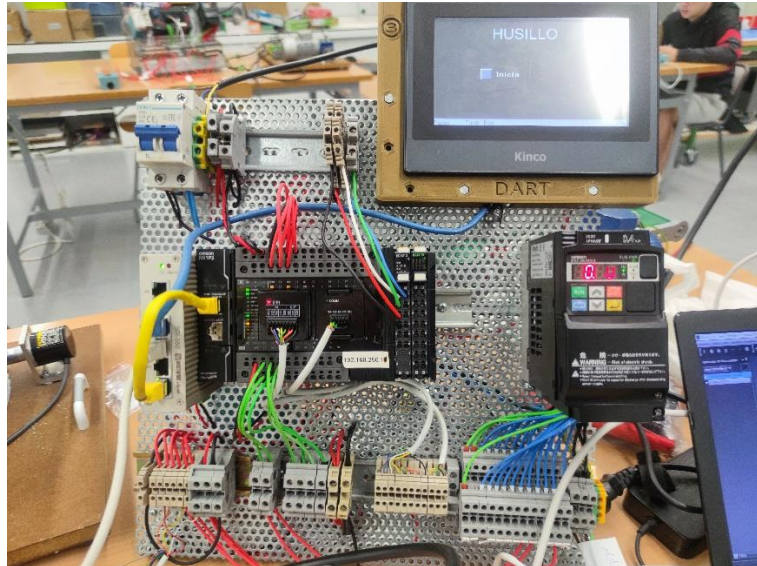
Desde la pantalla HMI tendremos los mismos botones de paro y marcha, además de los visores de la altura del líquido en el tanque. También tendrá la frecuencia a la que está funcionando la bomba, un visor para comprobar el estado de la electroválvula y 3 indicadores numéricos que indiquen la altura a la que se entra en cada zona de trabajo (además, el tanque cambiará de color al sobrepasar cada zona). Por último, las alturas a las que se entra a cada zona se podrán modificar desde la ventana "Cambio de rangos", a la que se accederá desde la pantalla principal y contendrá 3 deslizantes para variar dichos rangos.

## 2. Imagen del montaje realizado:

Montaje General:



Cuadro de Mando:



En este cuadro se encuentran el PLC que controla el sistema completo, el HMI para controlar y monitorizar el proceso, y el variador de frecuencia, controlado por el PLC y que actúa sobre el motor.

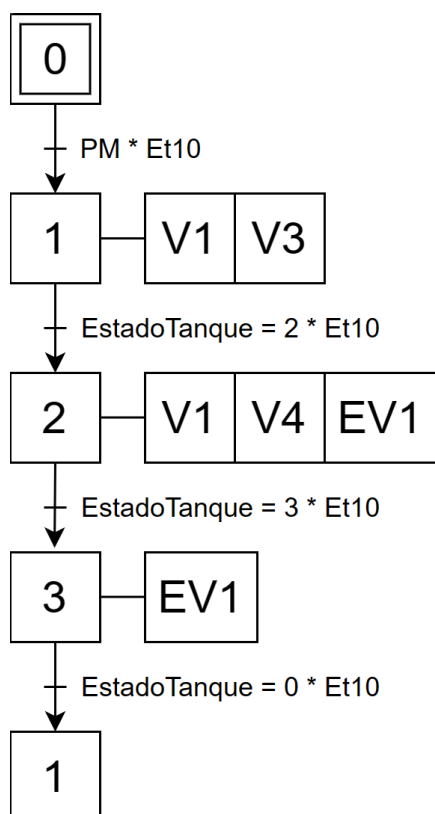
Botonera:



Botonera física desde la que se puede controlar el sistema, un pulsador de reset (negro), uno de marcha (verde) y uno de paro (rojo). El pulsador de reset no se usa en este montaje.

### 3. Grafcet de control implementado y explicación:

Grafcet Principal:



Al pulsar marcha (PM) se pasará de la etapa 0 a la 1. En esta etapa, se activará la bomba (V1) a velocidad máxima (V3, 80Hz). Se ha diseñado el siguiente sistema de estados del tanque:

- 0. Zona 0: Llenado del tanque menor al 30%.
- 1. Zona 1: Llenado del tanque mayor al 30%.
- 2. Zona 2: Llenado del tanque mayor al 70%.
- 3. Zona 3: Llenado del tanque mayor al 90%.

Los anteriores porcentajes son valores predeterminados que se podrán cambiar desde el HMI.

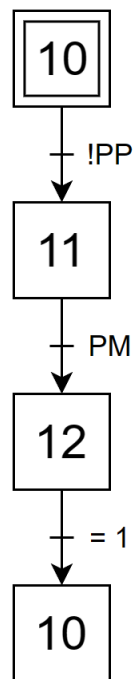
Cuando el tanque entra al estado 2, se pasa a la etapa 2, en la que el motor se mantiene activo (V1), pero a baja velocidad (V4, 30Hz). Además, se activa la electroválvula (EV1).

Cuando el tanque entra al estado 3, se pasa a la etapa 3, en la que solo se mantiene encendida la electroválvula (EV1).

Por último, cuando el tanque entra al estado 0, se pasa a la etapa 1 para repetir el proceso completo.

Todo el sistema esta condicionado con que el grafcet de paro de encuentre en la etapa 10.

Graficet de Paro:



Inicia en la etapa 10. Al pulsar el pulsador de paro, pasa a la etapa 11. Todo el sistema está condicionado con que este graphicet esté en la etapa 10, por lo que pasar a la etapa 11 detiene todo el sistema.

Si se pulsa marcha, pasa a la etapa 12, que es una etapa fantasma intermedia a las etapas 11 y 10.

#### 4. Elementos físicos no programables utilizados, cableado y función en el montaje.

- Pulsadores de paro, marcha:

Los dos pulsadores se encuentran en una única botonera y sirven para dar la señal de comienzo del proceso, pararlo y reanudarlo.

- Generadores de señal en bucle de intensidad:

Estos generadores simulan la señal que entregarían los sensores de peso de los tanques. Entregan al PLC una señal 4..20 mA.

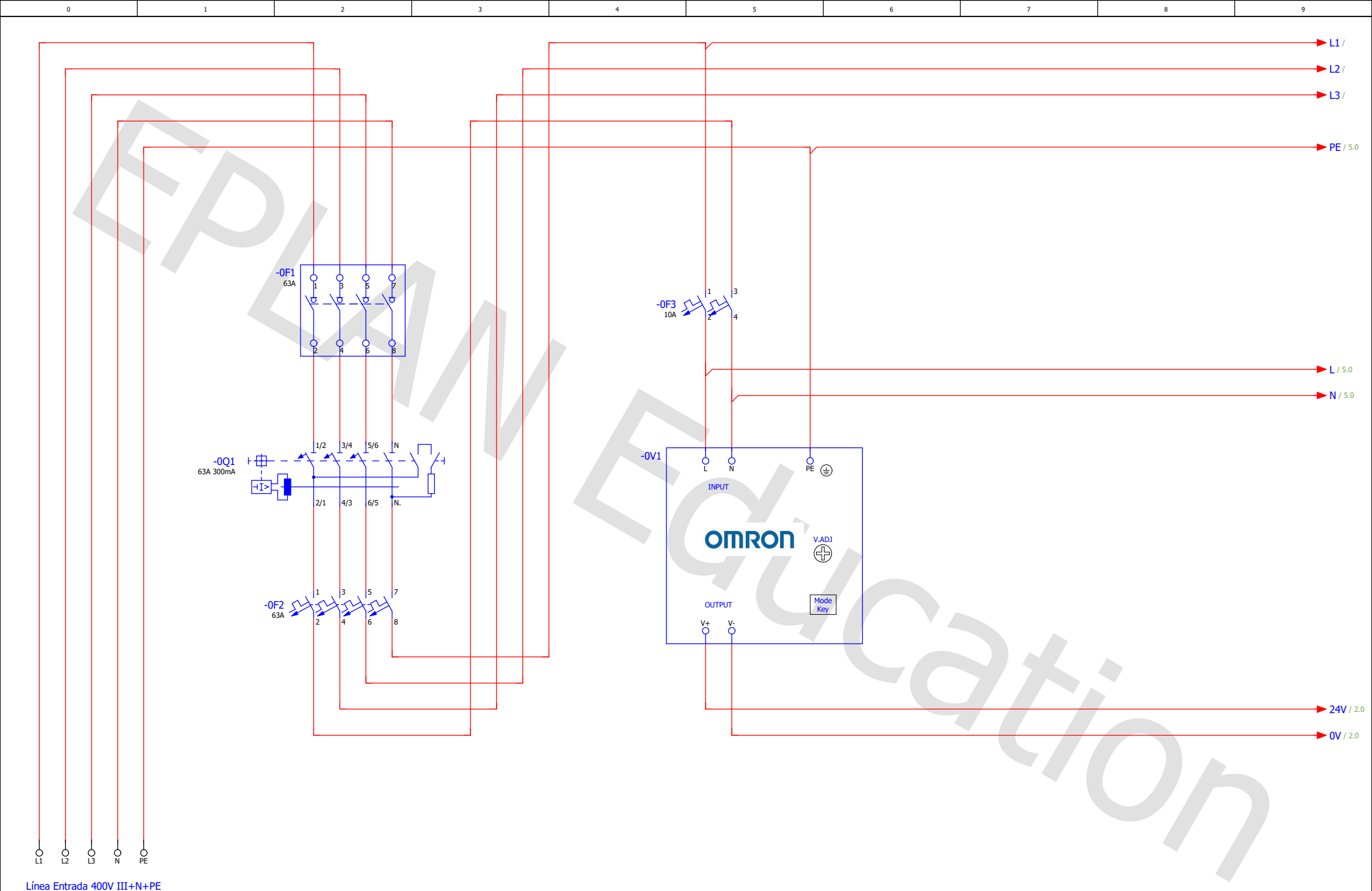
- Electroválvula:

Este elemento no está en el montaje hecho en clase, pero si que forma parte del sistema y aparece en la documentación. Se encarga de dejar salir o no líquido del tanque.

- Motor asíncrono:

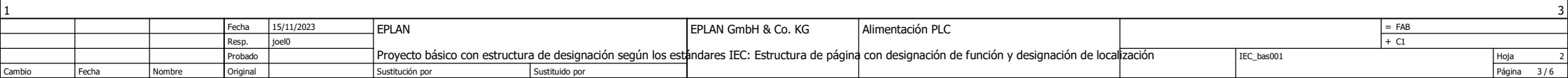
A diferencia de los elementos anteriores, no está directamente conectado al PLC, sino que está controlado por el variador de frecuencia. Se encarga de mover la bomba que introduce líquido en los tanques.

A continuación, se muestran los esquemas eléctricos. En dichos esquemas se puede observar que la alimentación del variador de frecuencia es trifásica, pero se ha cableado en monofásica. Esto es porque el variador de frecuencia usado en clase es monofásico. Solo hay macro de este variador con alimentación trifásica, pero he decidido ser fiel al cableado realizado en clase.

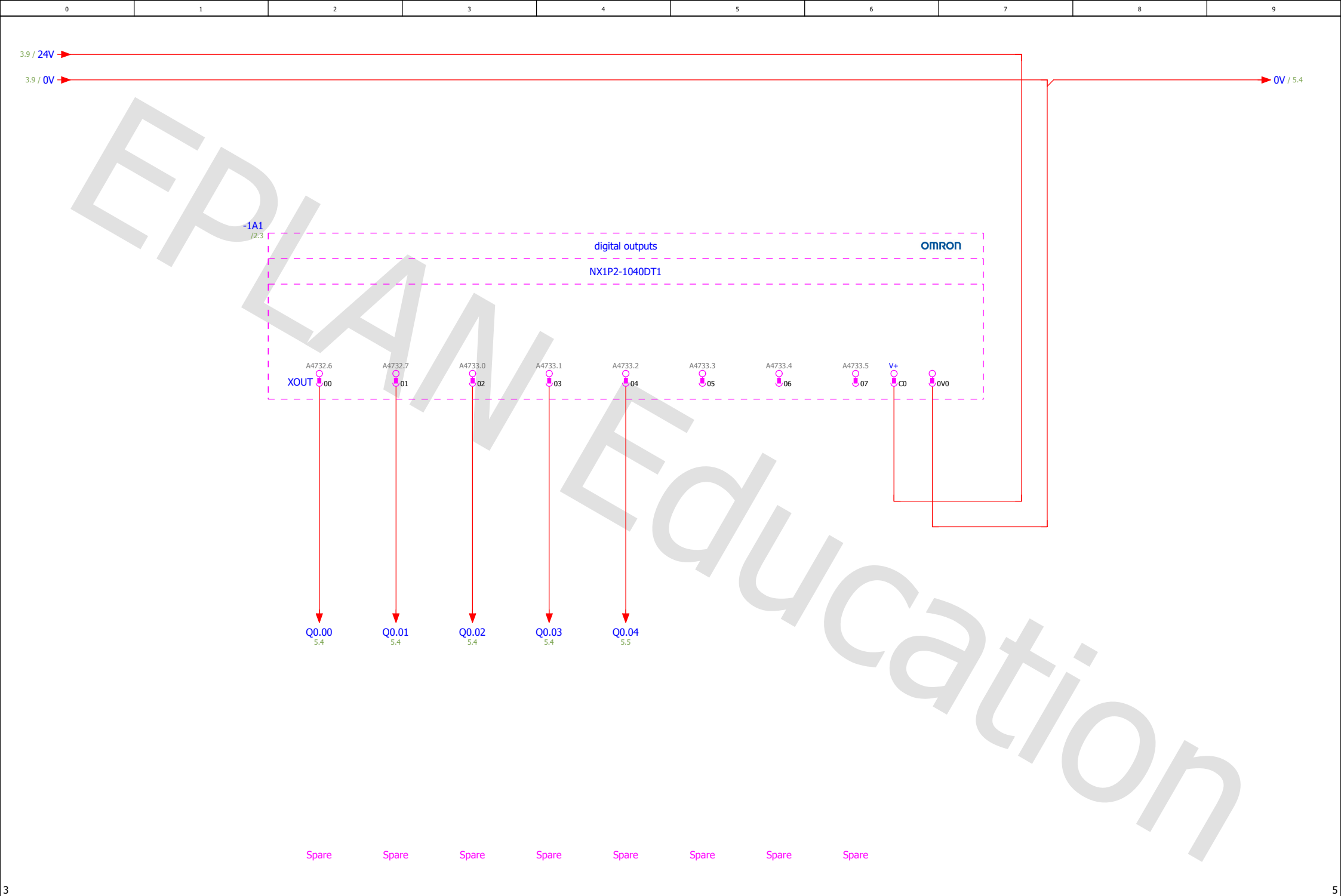


Línea Entrada 400V III+N+PE

+&Portada e Índice/1										2		
			Fecha	30/09/2023	EPLAN	EPLAN GmbH & Co. KG	Entrada Línea				= F&B	
			Resp.	joel0							+ C1	
			Probado					Proyecto básico con estructura de designación según los estándares IEC: Estructura de página con designación de función y designación de localización			IEC_bas001	Hoja
Cambio	Fecha	Nombre	Original		Sustitución por	Sustituido por					Página	2 / 6







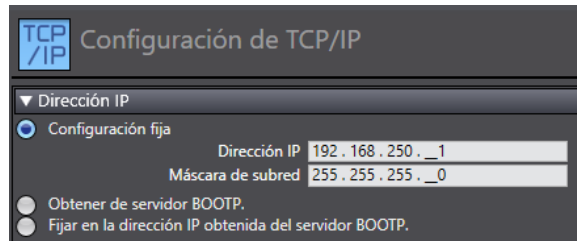




## 5. Configuraciones de elementos programables utilizados y su función en el proyecto.

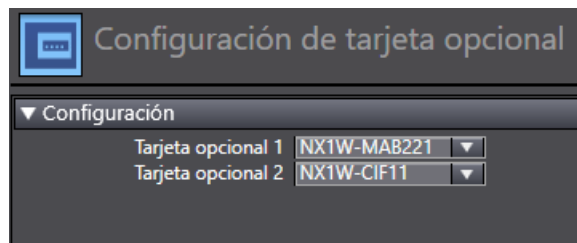
### - OMRON NX1P2:

Es el PLC que controla el sistema. Recibe señales de sus entradas y, en función del programa que tiene cargado, actúa sobre las salidas correspondientes. Su puerto de salidas tiene una configuración PNP fija, pero su puerto de entradas puede ser tanto PNP como NPN. En nuestro caso, dicho puerto estará configurado en PNP. Este PLC tendrá la dirección IP 192.168.250.1.



### - Módulo analógico NX1W-MAB221:

Este es un módulo de expansión que dota al PLC de dos entradas analógicas en tensión o intensidad y dos salidas analógicas en intensidad. Va acoplado a uno de los dos conectores de expansión frontales del PLC. Para usarlo en el programa, tendremos que seleccionarlo en la configuración de tarjeta opcional del PLC:



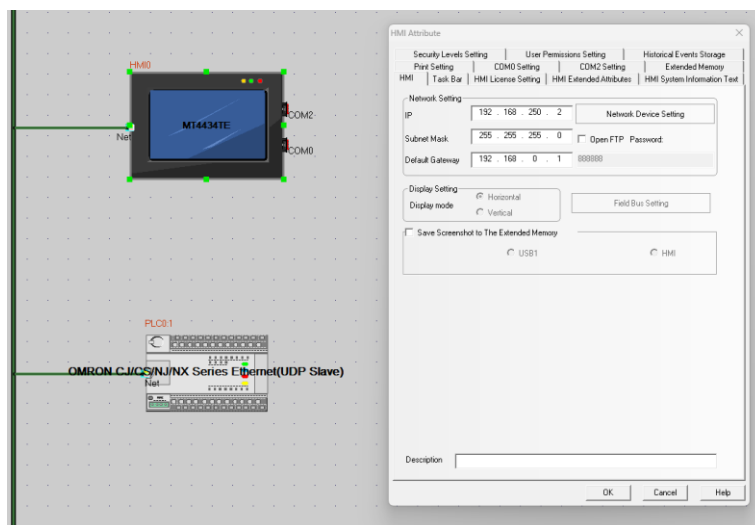
### - Variador de frecuencia OMRON MX2:

Es el variador de frecuencia que controla el motor. Este, a su vez, es controlado por el PLC mediante sus entradas digitales. Para conseguir el funcionamiento deseado, hay que parametrizarlo. Esta es la parametrización necesaria para este proyecto:

A001 – Configuración de origen de frecuencia	-> 2: Operador Digital
A002 – Configuración de la señal de Run	-> 1: Terminales de Control
A004 – Configuración de máxima frecuencia	-> 80
A019 – Selección operación de multivelocidad	-> 0: Binaria
A020 – Referencia de multivelocidad 0	-> 0
A021 – Referencia de multivelocidad 1	-> 30
A022 – Referencia de multivelocidad 2	-> 80
C001 – Función de la entrada [1]	-> 00: FW marcha directa
C002 – Función de la entrada [2]	-> 02: CF1
C003 – Función de la entrada [3]	-> 03: CF2
F001 – Configuración de la referencia de frecuencia	-> 80

#### - HMI Kinco:

Es el HMI que hemos utilizado en este proyecto. Su uso es el de monitorizar el proceso, además de poder comandarlo igual que desde la botonera. También se podrán variar los valores de entrada a cada zona. Para que pueda establecer conexión con el PLC, necesitamos configurarlo en la misma red:



El HMI tendrá la dirección IP 192.168.250.2.

## 6. Asignación de memoria y lista de IO.

#### - Configuración de memoria:

Activar	Tipo de área	Tamaño (número de canales)	Retener
<input type="checkbox"/>	CIO	6144	Sin retención
<input checked="" type="checkbox"/>	WR	512	Sin retención
<input type="checkbox"/>	HR	512	Con retención
<input checked="" type="checkbox"/>	DM	4096	Con retención

#### - Variables internas:

Nombre	Tipo de datos	Valor inicial	AT	Retentiva	Constante	Comentario
kgAcetona	REAL			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	peso del líquido limitado
volumenAcetona	REAL			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	volumen del líquido
kgAcetonaReal	REAL			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	peso del líquido
EstadoTanque	INT			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Et0	BOOL			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Etapa 0
Et1	BOOL			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Etapa 1
Et2	BOOL			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Etapa 2
Et3	BOOL			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Etapa 3
Et10	BOOL			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Et11	BOOL			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Et12	BOOL			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
PP_VAR	BOOL			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
PM_VAR	BOOL			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

## - Variables externas:

Nombre	Tipo de datos	Constante	Comentario
rawKgAcetona	INT	<input type="checkbox"/>	Lectura sensor de peso
V1	BOOL	<input type="checkbox"/>	Avance Motor
AlturaTanque	REAL	<input type="checkbox"/>	Altura del tanque
PM	BOOL	<input type="checkbox"/>	
PP	BOOL	<input type="checkbox"/>	
V3	BOOL	<input type="checkbox"/>	Multivelocidad 1
EV1	BOOL	<input type="checkbox"/>	
V2	BOOL	<input type="checkbox"/>	
V4	BOOL	<input type="checkbox"/>	Multivelocidad 2
PP_HMI	BOOL	<input type="checkbox"/>	
PM_HMI	BOOL	<input type="checkbox"/>	
PR	BOOL	<input type="checkbox"/>	
zona1	REAL	<input type="checkbox"/>	
zona3	REAL	<input type="checkbox"/>	
zona2	REAL	<input type="checkbox"/>	
EV1_HMI	BOOL	<input type="checkbox"/>	
frecuencia_hmi	DINT	<input type="checkbox"/>	
zona3altura	REAL	<input type="checkbox"/>	
zona2altura	REAL	<input type="checkbox"/>	
zona1altura	REAL	<input type="checkbox"/>	

## - Variables globales:

Nombre	Tipo de datos	Valor inicial	AT	Retentiva	Constante	Publicación en red	Comentario
rawKgAcetona	INT		BuiltInIO://opt/#0/Ch1_Analog_Inp...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No publica	Señal de corriente sensor tanque acetona
PP	BOOL		BuiltInIO://cpu/#0/Input_Bit_00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No publica	Pulsador de Paro
PM	BOOL		BuiltInIO://cpu/#0/Input_Bit_01	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No publica	Pulsador de Marcha
PR	BOOL		BuiltInIO://cpu/#0/Input_Bit_02	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No publica	Pulsador de Reset
V1	BOOL		BuiltInIO://cpu/#0/Output_Bit_00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No publica	Avance Motor
V2	BOOL		BuiltInIO://cpu/#0/Output_Bit_01	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No publica	Retroceso Motor
V3	BOOL		BuiltInIO://cpu/#0/Output_Bit_02	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No publica	Multivelocidad 1
V4	BOOL		BuiltInIO://cpu/#0/Output_Bit_03	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No publica	Multivelocidad 2
V5	BOOL		BuiltInIO://cpu/#0/Output_Bit_04	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No publica	Multivelocidad 3
rawKgAcido	INT		BuiltInIO://opt/#0/Ch2_Analog_Inp...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No publica	Señal de corriente sensor tanque acido nitrico
AlturaTanque	REAL		%D10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Solo publicar	Altura del líquido del tanque
EV1	BOOL		BuiltInIO://cpu/#0/Output_Bit_05	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No publica	Electroválvula 1
EV2	BOOL		BuiltInIO://cpu/#0/Output_Bit_06	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No publica	Electroválvula 2
PP_HMI	BOOL		%W0.01	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Solo publicar	
PM_HMI	BOOL		%W0.00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Solo publicar	
zona1	REAL	30.00	%D20	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Solo publicar	zona1 en %
zona2	REAL	70.00	%D24	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Solo publicar	zona2 en %
zona3	REAL	90.00	%D28	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Solo publicar	zona3 en %
EV1_HMI	BOOL		%W0.08	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Solo publicar	
frecuencia_hmi	DINT		%D50	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Solo publicar	Frecuencia del motor
zona1altura	REAL		%D1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Solo publicar	zona1 en metros
zona2altura	REAL		%D3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Solo publicar	zona2 en metros
zona3altura	REAL		%D5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Solo publicar	zona3 en metros

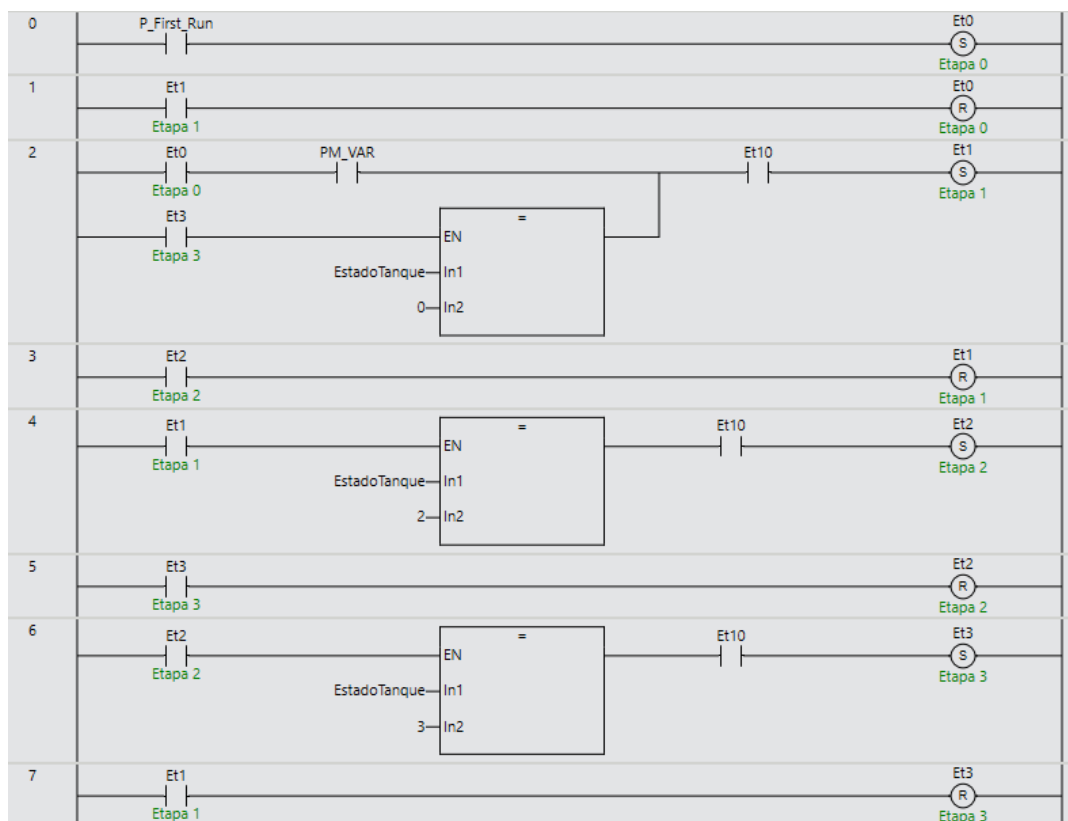
## 7. Programa realizado:

### 7.1. Programa PLC

Este programa se compone de 5 secciones:

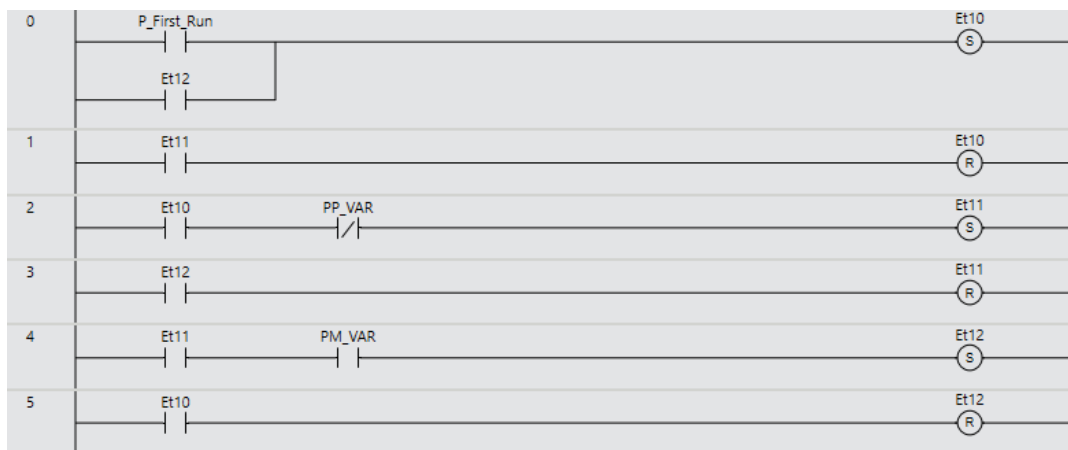
#### - Principal

En esta sección está el funcionamiento correspondiente al grafic principal: Al pulsarse marcha, el motor se enciende a 80Hz, hasta que el nivel del tanque sube del 70%, momento en que se abre la electroválvula y la frecuencia del motor baja a 30Hz. Una vez el nivel del tanque llega al 90%, para el motor y se mantiene abierta la electroválvula hasta que el nivel del tanque baja del 30%, momento en que se vuelve a iniciar el ciclo (sin necesidad de volver a pulsar marcha).



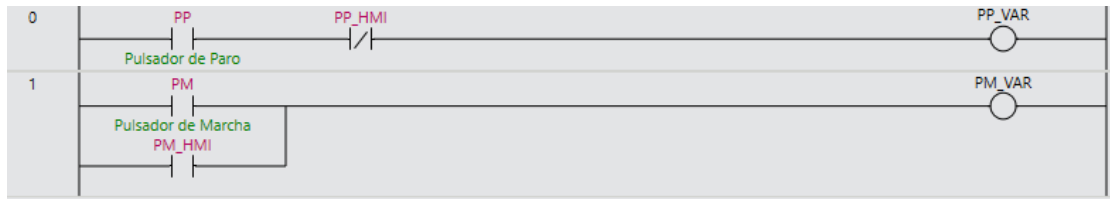
#### - Paro

En esta sección está el funcionamiento correspondiente al grafic de paro. Al pulsar paro, para todo el sistema. Cuando se vuelve a pulsar marcha, el sistema reinicia por donde se había quedado.



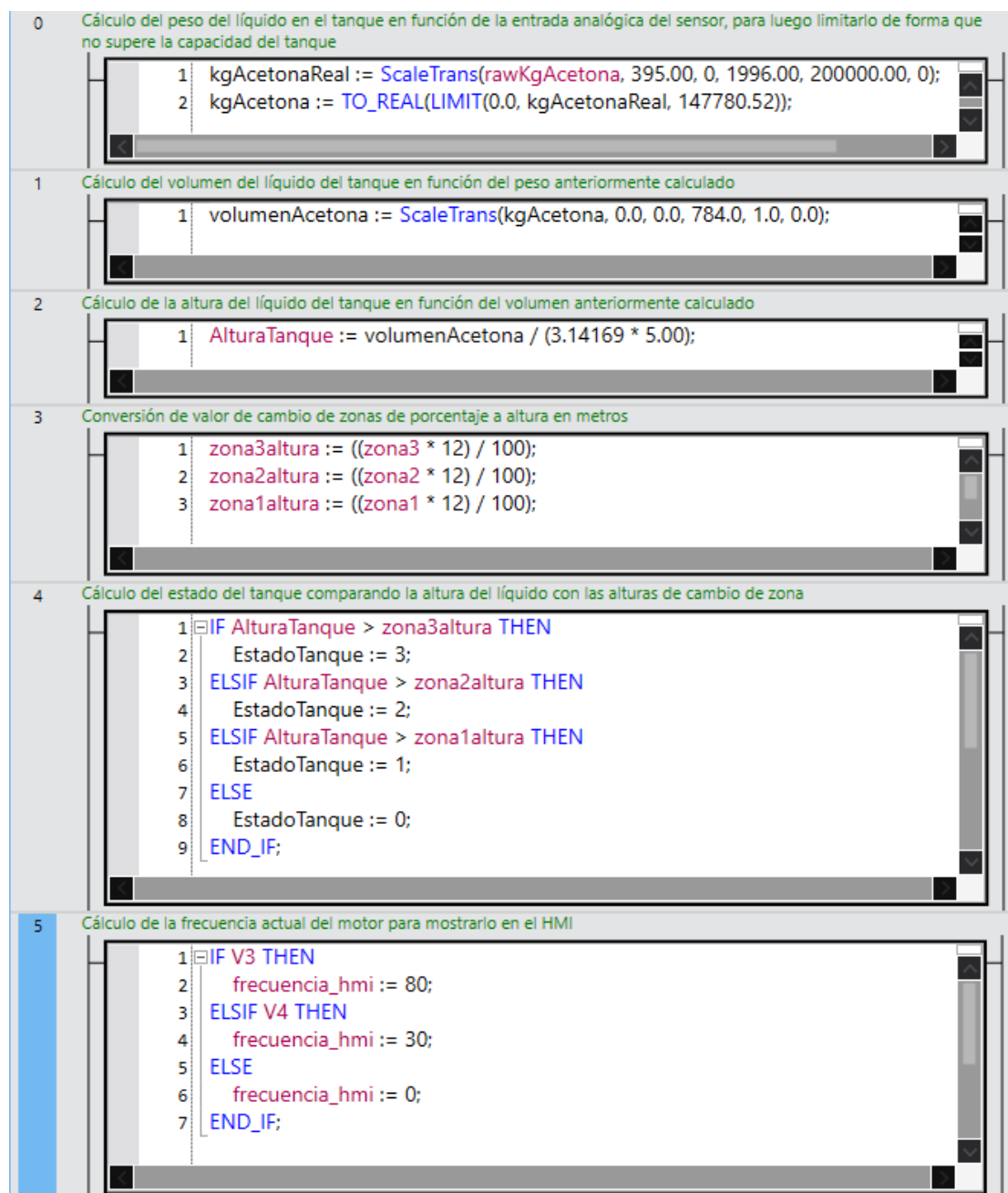
#### - HMI\_PLC

Los pulsadores de paro y marcha están presentes tanto en la botonera física como en el HMI. Esta sección se encarga de unificar las órdenes repetidas de ambas fuentes para simplificar las secciones donde se usen dichas órdenes.



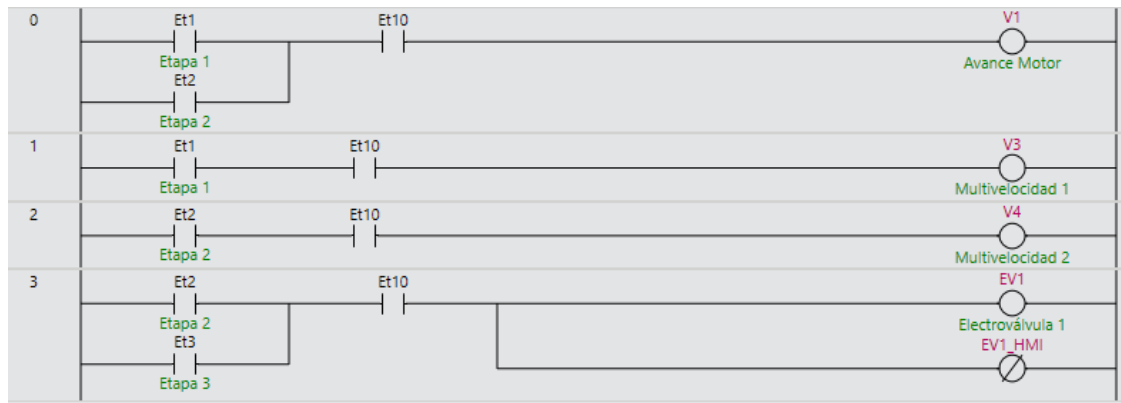
#### - Cálculos

Esta sección reúne todos los cálculos y conversiones que son necesarios para el desarrollo del programa.



### - Tratamiento Posterior

En esta sección se reúnen las condiciones que activan cada salida del PLC.



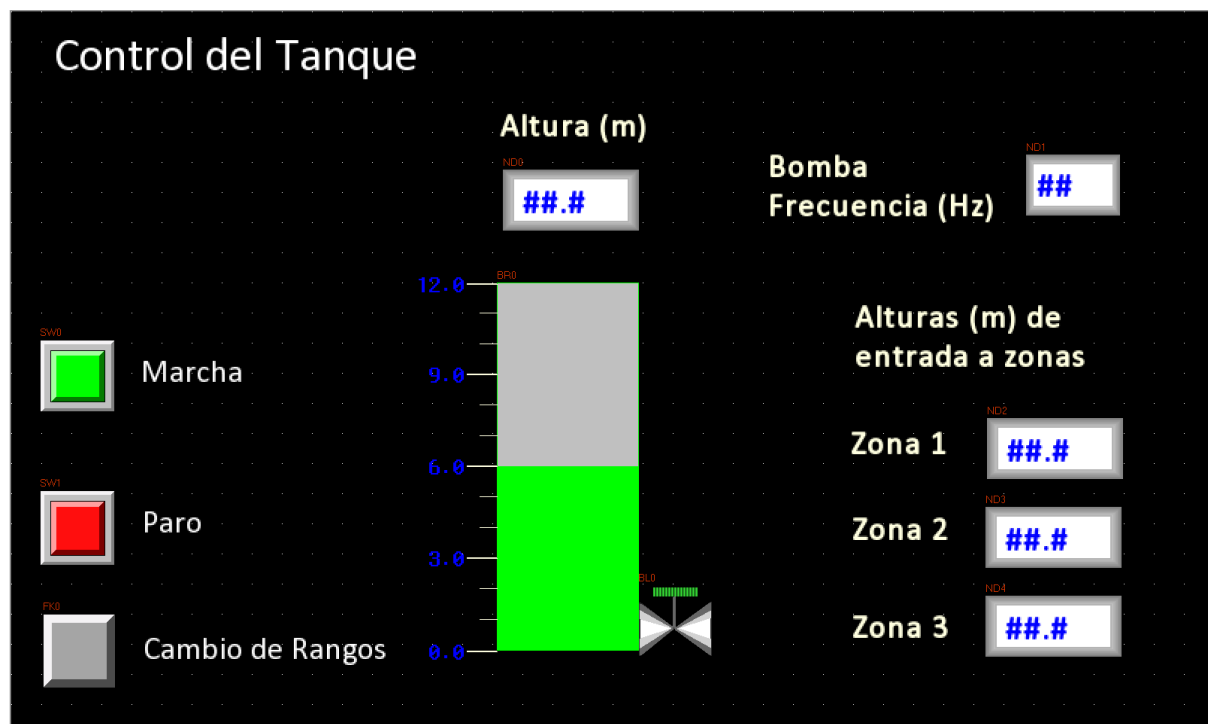
## 7.2. Pantalla HMI

El programa HMI está compuesto de dos pantallas y un script:

### - Pantalla de control

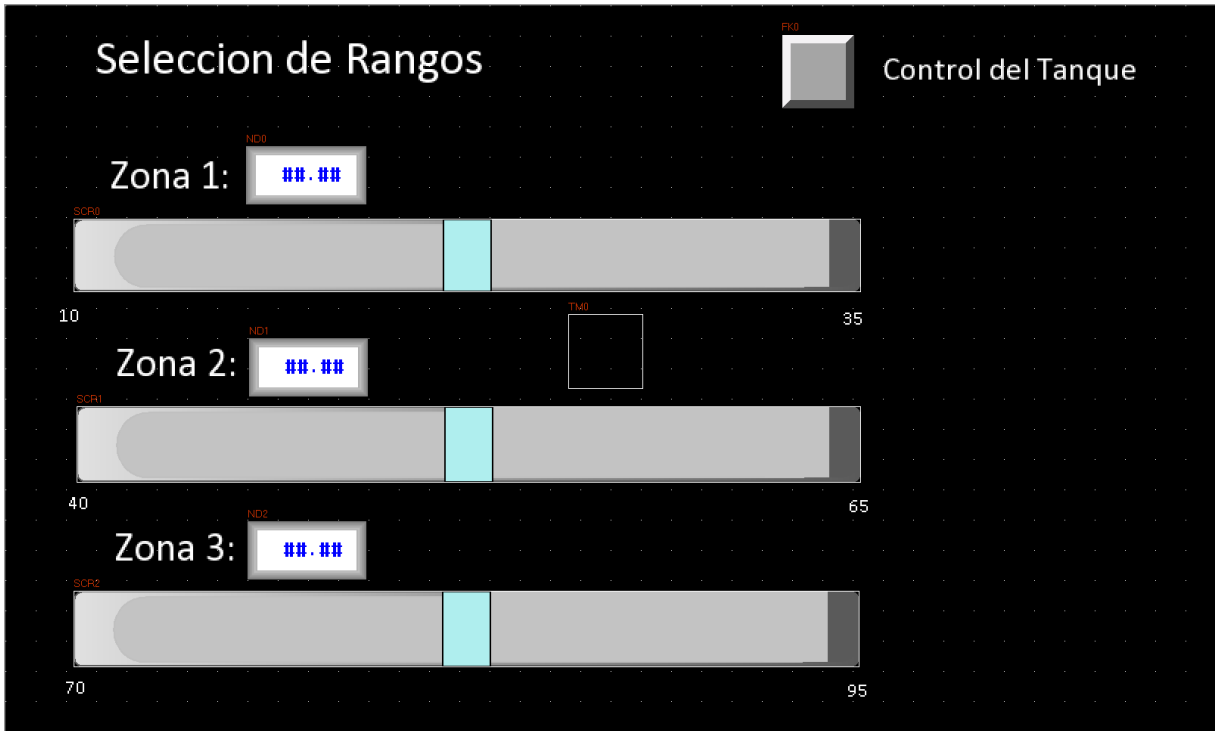
Esta es la primera pantalla que encontraremos al iniciar el sistema. Desde esta, se puede controlar el sistema igual que desde la botonera física, con un botón de marcha y uno de paro. Además, se puede monitorizar dicho sistema mediante un tanque que indica la altura del líquido. El contenido de dicho tanque cambia de color según la zona en la que esté. Arriba de este tanque se puede ver el indicador numérico de la altura del líquido. También se puede monitorizar la frecuencia a la que está funcionando el motor, el estado de la electroválvula y las alturas de cambio de zona.

Por último, tiene un botón “Cambio de Rangos” para poder acceder a la pantalla de cambio de rangos.



- Selección de rangos

En esta pantalla se pueden seleccionar los porcentajes de llenado de tanque a los que queremos que se entre a cada zona mediante tres objetos deslizantes. Estos valores se mostrarán en su respectivo indicador numérico. Mediante el botón “Control del Tanque” podemos volver a la pantalla principal.



Un problema que tienen los objetos deslizantes es que solo pueden trabajar con números enteros. Este sistema es inviable para la aplicación que buscamos. Por tanto, tuvimos que realizar un script que solucionara este problema.

Aunque no esté visible, en esta pantalla hay un temporizador que ejecuta este script cada segundo.

- Script de conversión INT-FLOAT

Los valores de los objetos deslizantes en la pantalla anterior son cien veces más grandes de lo que deberían. De esta forma, este script puede dividir estos valores entre 100 para conseguir un numero real con dos decimales.

```
1 #include "macrotypedef.h"
2 #include "math.h"
3
4 int MacroEntry()
5 {
6     display1 = scroll1 / 100.00;
7     display2 = scroll2 / 100.00;
8     display3 = scroll3 / 100.00;
9     return 0;
10 }
```

Estas son las variables usaras en el script:

DataType	Param name	PLC No.	PLC Address...	Address	Word...	OptMode	Array
unsigned int	scroll1	0	D	30	2	Read	No
float	display1	0	D	20	2	Write	No
float	display2	0	D	24	2	Write	No
float	display3	0	D	28	2	Write	No
unsigned int	scroll2	0	D	34	2	Read	No
unsigned int	scroll3	0	D	38	2	Read	No



## 8. Manual de usuario.

Nada más iniciar el sistema, se deberá pulsar marcha para que este pueda iniciar el proceso. Al iniciarlo, actuará en función del nivel del líquido del tanque.

Si el tanque está en estado 0 (por defecto, < 30%) funcionará el motor a 80Hz.

Si el tanque está en estado 1 (zona 1, por defecto > 30%) funcionará el motor a 80Hz.

Si el tanque está en estado 2 (zona 2, por defecto > 70%) funcionará el motor a 30Hz y se abrirá la electroválvula.

Si el tanque está en estado 3 (zona 3, por defecto > 90%) se abrirá a electroválvula.

Este procedimiento será cíclico en un funcionamiento normal. Si se pulsara paro, el sistema completo se detendría. Al volver a pulsar marcha, el sistema reanudará por donde se había quedado.

Las señales de marcha y paro se pueden realizar tanto desde la botonera física como desde los botones en HMI.

Desde este HMI, además, se puede supervisar el sistema completo. Siempre que se inicie el sistema, la primera pantalla será la de control del tanque.

Dispone de un tanque y un indicador numérico que indican la altura del tanque de formas gráfica y numérica. Este tanque cambia su contenido de color en función de la zona en la que se encuentre. También podrá supervisar la frecuencia del motor y el estado de la electroválvula, además de la altura del líquido en el tanque a la que el sistema cambiará de zona.

Esta pantalla tiene un botón que lleva a la pantalla de selección de rangos.

En esta pantalla hay tres objetos deslizantes desde los que se pueden variar los porcentajes del nivel del líquido a los que el sistema entrará en cada zona. Cada objeto deslizante tiene su correspondiente indicador numérico para visualizar el porcentaje escogido.

A continuación, se muestra una tabla con el nivel del líquido representado en diferentes unidades:

Niveles porcentuales	Nivel del líquido en el tanque (m)	volumen (m3)	peso medido en la célula de carga (kg)	Señal en la célula de carga (mA)	Lectura en la entrada analógica (bits)
0,00%	0,00	0	0	4,00	395
8,33%	1,00	19,63	15393,80	5,23	518
16,67%	2,00	39,27	30787,61	6,46	641
24,99%	3,00	58,90	46181,41	7,69	764
33,32%	4,00	78,54	61575,22	8,93	888
41,65%	5,00	98,17	76969,02	10,16	1011
49,98%	6,00	117,81	92362,82	11,39	1134
58,31%	7,00	137,44	107756,63	12,62	1257
66,64%	8,00	157,08	123150,43	13,85	1380
74,97%	9,00	176,71	138544,24	15,08	1503
83,30%	10,00	196,35	153938,04	16,32	1627
91,63%	11,00	215,98	169331,84	17,55	1750
100,00%	12,00	235,62	184725,65	18,78	1873

## 9. Problemas encontrados y solución implementada.

Uno de los problemas que nos encontramos fue que el script del HMI no compilaba. El problema era que no teníamos el compilador de C instalado, por lo que la solución fue simplemente instalarlo.

Otro problema fue que los indicadores numéricos de los objetos deslizantes en la pantalla HMI no mostraban ningún valor, y además en el PLC se mostraban valores a los que nunca deberían llegar esas variables. No encontramos ninguna solución. Sin embargo, al siguiente día volvimos a conectar la maqueta y todo funcionaba perfectamente, por lo que supusimos que fue un problema de comunicación entre la pantalla y el PLC.

El último problema fue que la representación de la electroválvula en el HMI estaba invertida: se mostraba cerrada cuando debería estar abierta y viceversa. El problema es que las imágenes del objeto estaban invertidas, el estado 0 era el abierto y el 1 el cerrado. La solución fue invertir la variable de la electroválvula en el programa.

## 10. Mejoras propuestas.

Una posible mejora sería permitir al operario variar la frecuencia del motor y su sentido de giro de forma manual, para que así pueda realizar maniobras fuera de un funcionamiento normal de la máquina.

Otra mejora sería implementar una seta de paro de emergencia, que pararía por completo el sistema y obligaría a revisar el correcto estado de todo el sistema antes de reanudar el proceso. Si el proceso parara por paro de emergencia, al reiniciar tendría que volver a empezar desde el principio.