



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Superior d'Enginyeries Industrial,
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

Estudio y desarrollo de las etapas de automatización sobre un proceso industrial

Documento:
memoria

Autor:
David Calvo Calahorro

Director:
Miguel Delgado Prieto

Titulación:
Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

Convocatoria:
Prórroga, 2024.

Resumen

El objetivo de este proyecto es el diseño y programación del automatismo programado asociado a una cámara de frío utilizada sobre todo en la industria farmacéutica y química. El punto de partida son las especificaciones de un proyecto real al que se le ha añadido funcionalidades de registro de datos del sistema.

Concretamente, esta cámara se compone de dos refrigeradores asociados a dos grupos de condensación independientes. Normalmente trabajará un único refrigerador e irá realizando el cambio al otro durante cada intervalo de tiempo de funcionamiento programable en horas. Cada refrigerador cuenta con un sistema de desescarche automático. En cada uno de ellos, hay instalado un sensor de temperatura para la optimización de la fase de desescarche, la cual, se realiza mediante una batería de resistencias eléctricas. El equipo dispone de una consigna de control que mediante un sensor ubicado en el interior de la cámara, controla la temperatura interior deseada. Existen unos umbrales de seguridad que generan alarma en caso de rebase por temperatura. Además, el equipo cuenta con parámetros de seguridad y sistemas de detección de apertura de puerta, salto de térmicos, entre otros.

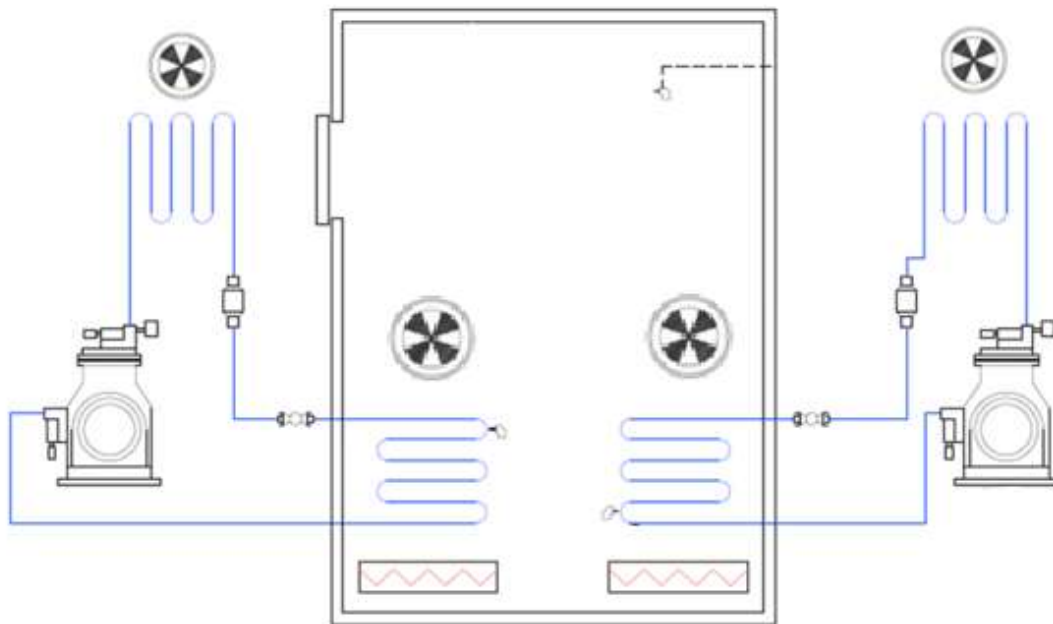


Figura 1. P&ID de la cámara

El reto principal de este proyecto reside en el análisis de los requisitos de operación, el diseño del automatismo y la programación del mismo, tanto de los bloques de los elementos, como de las fases para cumplir con el funcionamiento requerido, además de la creación de una base de datos para poder tener un registro de los datos más significativos así como de los informes que permitirán visualizar estos datos.

Índice

RESUMEN	I
ÍNDICE.....	II
ÍNDICE DE TABLAS	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IV
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVO	1
1.2 ALCANCE.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	2
2 DESCRIPCIÓN DEL AUTOMATISMO	3
2.1 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	4
2.2 CONTROL DE TEMPERATURA TODO / NADA	4
2.3 ELEMENTOS MECÁNICOS DEL SISTEMA	5
2.4 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	10
3 PROGRAMACIÓN PLC	11
3.1 ENTRADAS Y SALIDAS	11
3.2 PARÁMETROS DEL SISTEMA DE CONTROL.....	13
3.3 DIAGRAMA DE FLUJO	15
3.3.1 <i>Control de temperatura</i>	15
3.3.2 <i>Control desescarche</i>	16
3.3.3 <i>Alarmas</i>	16
3.4 PROGRAMACIÓN TIA PORTAL V15.1	17
3.4.1 <i>Bloques de elementos</i>	20
3.4.2 <i>Bloques de Proceso</i>	26
3.5 ALARMAS Y BALIZA.....	31
4 INFORMES	33
4.1 KEPSERVER	34
4.2 SQL SERVER	37
4.3 OBDC.....	41
4.4 OTROS PROGRAMAS	41
5 CONCLUSIONS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6 REFERENCIAS.....	44



Índice de tablas

TABLA 1. EA	11
TABLA 2. ED	12
TABLA 3. SD	13
TABLA 4. BALIZA	32

Índice de figuras

FIGURA 1. P&ID DE LA CÁMARA	1
FIGURA 2.VÁLVULA.....	5
FIGURA 3. SENSOR DE TEMPERATURA.....	6
FIGURA 4.VENTILADOR.....	6
FIGURA 5. RESISTENCIA ELÉCTRICA.....	7
FIGURA 6. CHILLER	8
FIGURA 7. SENSOR MAGNÉTICO	8
FIGURA 8. BALIZA.....	9
FIGURA 9. SENSOR DE PRESIÓN	9
FIGURA 10. PLC S7-1500	10
FIGURA 11. DIAGRAMA PROCESO DE FRIO	15
FIGURA 12. DIAGRAMA CONTROL DEDESCARCHE.....	16
FIGURA 13. HARDWARE	18
FIGURA 14. ESTRUCTURA PROGRAMA TIA	19
FIGURA 15. BLOQUE ENTRADAS ANALÓGICAS.....	21
FIGURA 16. VALIDACIÓN ENTRADAS ANALÓGICAS	22
FIGURA 17. BLOQUE ENTRADAS DIGITALES	22
FIGURA 18. VALIDACIÓN BLOQUE ENTRADAS DIGITALES.....	23
FIGURA 19. BLOQUE SALIDAS DIGITALES.....	24
FIGURA 20. VALIDACIÓN BLOQUE SALIDAS DIGITALES	25
FIGURA 21. SEGMENTO ACTIVACIÓN DE RESISTENCIA 1	26
FIGURA 22. BLOQUE CONTROL FRIO 1/2.....	27
FIGURA 23. BLOQUE CONTROL FRIO 2/2.....	27
FIGURA 24. VALIDACIÓN BLOQUES FRIO 1	28
FIGURA 25. VALIDACIÓN BLOQUES FRIO 2	28
FIGURA 26. VALIDACIÓN BLOQUES FRIO 3	28
FIGURA 27. BLOQUE CONTROL DEDESCARCHE.....	30
FIGURA 28. VALIDACIÓN BLOQUES DEDESCARCHE 1.....	30
FIGURA 29. VALIDACIÓN BLOQUES DEDESCARCHE 2.....	30
FIGURA 30. VALIDACIÓN BLOQUES DEDESCARCHE 3.....	31
FIGURA 31. ALM05.....	32
FIGURA 32. ESTRUCTURA DE PROGRAMAS	34
FIGURA 33. KEPSERVER 1	35
FIGURA 34. KEPSERVER 2	35
FIGURA 35. KEPSERVER 3	36
FIGURA 36. KEPSERVER 4	37
FIGURA 37. SQL 1	38
FIGURA 38. SQL 2	39
FIGURA 39. REPORT BUILDER.....	39
FIGURA 40. REPORT TEMPERATURA.....	40
FIGURA 41. REPORT ALARMAS	40
FIGURA 42. ODBC.....	41
FIGURA 43. PLCSIM Y NETTOPLCSIM.....	42



1. Introducción

1.1 Objetivo

El objetivo de este trabajo consiste en detallar y realizar el proceso de creación de un proyecto de automatización industrial, concretamente, el proyecto de creación de un automatismo programado en base a una cámara de frío, el cual, acostumbra a ser un proceso muy estándar dentro de la industria química y farmacéutica puesto que estas cámaras permiten conservar productos que requieren unas condiciones muy específicas y, por ende, un control de las mismas.

Para llevarlo a cabo se presentarán cuáles son los mejores materiales y metodologías como podrían ser los PLC, las sondas, los sensores o los actuadores, entre otros. Además, se valorará como se debe crear la arquitectura de proyecto óptima y se elegirá el lenguaje o los lenguajes en los que deberá programarse el proyecto, y, en sí mismos los bloques de funcionamiento de los elementos como pueden ser las entradas, las salidas o las sondas.

Finalmente se programará la funcionalidad del proyecto y se llevarán a cabo las pruebas pertinentes para su validación.

1.2 Alcance

Para alcanzar los objetivos propuestos, el alcance del proyecto considera:

Planificación del proyecto:

- Análisis del caso de estudio y presentación del hardware considerado para este proyecto.
- Análisis del caso de estudio y presentación de los componentes del proyecto.
- Definición de la arquitectura del hardware (PLC) para este proyecto.
- Definición de la arquitectura del software para este proyecto.
- Diseño del diagrama de estados asociados al proceso.

Programación:

- Realización del código para que cumpla las funcionalidades requeridas.
- Realización de la programación para la gestión de datos (externo al PLC).
- Validación del programa.

1.3 Justificación

Dada la necesidad de conservar productos a temperaturas muy controladas, nuestro proyecto es muy necesario para sectores como el alimentario, químico o farmacéutico por varios motivos.

En nuestro caso, el proyecto, se verá enfocado al sector farmacéutico ya que la industria farmacéutica está sujeta a regulaciones estrictas en cuanto a la calidad y la seguridad de los productos. Muchas de estas regulaciones requieren el almacenamiento y transporte de medicamentos dentro de rangos específicos de temperatura para garantizar su integridad y eficacia.

Además, los medicamentos que no se almacenan adecuadamente pueden perder su eficacia o incluso volverse peligrosos para el consumo por lo que, mantener una temperatura controlada, ayuda a garantizar que los pacientes reciban productos farmacéuticos seguros y efectivos.

Estos y otros motivos hacen que sea necesaria la automatización de proyectos como este, ya que, gracias a la automatización, aseguramos una mayor eficiencia y calidad en la conservación de producto, cuestión que se refleja en una mayor rentabilidad de las empresas puesto que los productos se conservan correctamente. Indirectamente, también se refleja en menos problemas de salud en consumidores dado que consumir un producto farmacéutico mal conservado puede derivar en graves problemas de salud.

2 Descripción del automatismo

Una cámara de frío industrial es un sistema diseñado específicamente para mantener productos a bajas temperaturas, por lo general temperaturas menores a los 2°C dependiendo del producto que se almacena, preservando su calidad y prolongando su vida útil. Este tipo de instalación es esencial en sectores como la industria alimentaria, farmacéutica y química, donde la temperatura adecuada es crucial para evitar la degradación de los productos.

El funcionamiento de una cámara de frío industrial se basa en varios componentes que trabajan juntos para mantener el ambiente interno a una temperatura constante. La estructura de la cámara está construida con paneles de aislamiento térmico, generalmente hechos de materiales como poliuretano o poliestireno expandido, que minimizan la transferencia de calor entre el interior y el exterior. Este aislamiento es fundamental para mantener la eficiencia energética y asegurar que el frío se mantenga dentro de la cámara tal y como detallan en MECALUX ESMENA (2017).

El corazón del sistema es el sistema de refrigeración, que opera de manera continua para mantener la temperatura baja. Este sistema incluye un compresor, que comprime un refrigerante aumentando su temperatura y presión. A continuación, el refrigerante caliente pasa al condensador, donde se enfría al liberar calor hacia el exterior de la cámara. Una vez que el refrigerante se ha enfriado y convertido en líquido, pasa por una válvula de expansión que reduce su presión, enfriándolo aún más.

El refrigerante frío, tal y como indican en Inditer (2020), luego circula a través del refrigerador, un componente que absorbe el calor del interior de la cámara, enfriando el aire que se encuentra en su interior. Al absorber este calor, el refrigerante se convierte nuevamente en gas y regresa al compresor, repitiendo el ciclo. Este proceso asegura que la temperatura interna de la cámara se mantenga baja de manera continua.

Para garantizar que la temperatura se distribuya de manera uniforme dentro de la cámara, se utilizan ventiladores que circulan el aire frío por todo el espacio. Además, las cámaras de frío están equipadas con sistemas de control de temperatura que permiten regular y mantener la temperatura deseada. Sensores dentro de la cámara monitorean constantemente la temperatura y ajustan el funcionamiento del sistema de refrigeración según sea necesario.

Un aspecto importante del funcionamiento de una cámara de frío industrial es el desescarche, ya que, con el tiempo, puede acumularse hielo en el refrigerador, lo que podría afectar la eficiencia del sistema. Para evitar este problema, muchas cámaras están equipadas con sistemas de desescarche automático que derriten el hielo acumulado.

Las puertas de la cámara también juegan un papel crucial en mantener el ambiente frío. Están diseñadas con sellos herméticos que evitan la entrada de aire caliente desde el exterior.

Para garantizar la seguridad y el buen funcionamiento, las cámaras de frío industriales suelen estar equipadas con sistemas de monitoreo y alarmas que alertan si hay algún problema con la temperatura. Esto permite una intervención rápida para prevenir la pérdida de productos sensibles.

Concluyendo con nuestra descripción, podemos decir que, una cámara de frío industrial es un sistema complejo que combina aislamiento térmico, refrigeración, control de temperatura y seguridad para mantener productos sensibles en condiciones óptimas. Cada componente y proceso está diseñado para asegurar que la temperatura interna se mantenga dentro de un rango adecuado para la preservación de los productos almacenados.

2.1 Funcionamiento del sistema

En el caso de la cámara que tratamos en nuestro proyecto, se compone de dos refrigeradores asociados a dos grupos de refrigeración independientes. Normalmente trabajará un único refrigerador e irá realizando el cambio al otro refrigerador cada intervalo de tiempo de funcionamiento programable en horas. Cada refrigerador cuenta con un sistema de desescarche automático, en ellos, hay instalado un sensor de temperatura para la optimización de la fase de desescarche, la cual, se realiza mediante una batería de resistencias eléctricas. El equipo dispone de una consigna de control que, mediante un sensor ubicado en el interior de la cámara, controla la temperatura interior deseada. Existen unas consignas de seguridad las cuales son de $\pm 3^{\circ}\text{C}$ que generan alarma en caso de rebase por temperatura. El equipo cuenta además con parámetros de seguridad y sistemas de detección de apertura de puerta, salto de térmicos, etc.

Una vez la cámara está en marcha, irá realizando cada intervalo de tiempo programado en horas el cambio automático del refrigerador en funcionamiento para realizar el desescarche, de tal forma que cuando un refrigerador comienza el proceso de desescarche, el otro pasa a ser el refrigerador de trabajo. El próximo cambio se realizará cuando llegue el momento del siguiente desescarche.

2.2 Control de temperatura todo / nada

En el caso del sistema de este trabajo, se utilizará un sistema de control para la temperatura todo/ nada.

El control de temperatura todo/nada, es uno de los métodos más simples y comunes para regular la temperatura en sistemas de calefacción, refrigeración y otros procesos industriales. Su funcionamiento se basa en la activación o desactivación del actuador (en este caso los Chillers y las válvulas indicades en el siguiente punto) dependiendo de si la temperatura medida está por debajo o por encima de un valor de consigna establecida.

En este tipo de control, los actuadores solo tienen dos estados posibles: encendido o apagado. Cuando la temperatura medida sube por encima de la consigna, el controlador activa los actuadores necesarios para bajar la temperatura, y cuando la temperatura es inferior a la consigna, los actuadores se apagan. Este ciclo de encendido y apagado provoca que la temperatura oscile alrededor del valor de consigna, en lugar de mantenerse de forma constante en él.

Para evitar que el sistema se encienda y apague de manera continua (lo que podría desgastar los componentes), se implementa una banda de histéresis, que introduce un margen de tolerancia.

Este tipo de control es ideal en situaciones donde la precisión no es crítica y las fluctuaciones de temperatura dentro de un rango son aceptables. Se utiliza comúnmente en sistemas de calefacción y refrigeración residenciales, control de temperatura en hornos y refrigeradores industriales simples, y sistemas de climatización (HVAC) en entornos no críticos.

2.3 Elementos mecánicos del sistema

Válvulas

En nuestro sistema intervendrán dos válvulas que son las encargadas de dar paso al líquido refrigerante a las tuberías interiores de la cámara. Estas válvulas son válvulas Parker modelo Sporlan E10S Series. Según el datasheet Catálogo Condensado de los Productos Sporlan (2008)



Figura 2. Válvula

Características más relevantes:

- Señal de entrada: 24V
- Sin señal de final de carrera, solo señal de apertura
- Señales IN/OUT: 1 Salida digital

Sensores de temperatura

También dispondremos de cinco sondas de temperatura PT100 para monitorizar temperatura de registro, temperatura interior, una temperatura para cada sistema de desescarche y otra sonda de temperatura que irá directamente conectada a un display en la puerta de la cámara para visualizar la temperatura. Estos sensores serán de la marca Wika modelo TR36.

Los sensores PT100, son muy precisos y tienen una alta estabilidad a largo plazo. Funcionan midiendo la resistencia eléctrica que varía con la temperatura. El PT100 es uno de los más comunes y mide la temperatura con una precisión de $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$, ideal para aplicaciones industriales que requieren un control preciso de la temperatura. Según el datasheet Termorresistencia Versión roscada y compacta Modelo TR36 (2022).



Figura 3. Sensor de Temperatura

Características más relevantes:

- Rango del sensor: $-50\dots+250\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Señal de salida: $4\dots20\text{mA}$
- Señales IN/OUT: 1 Entrada analógica

Ventiladores

Los ventiladores axiales son los más comunes en cámaras de frío. Son eficientes para mover grandes volúmenes de aire a bajas presiones, lo que los hace ideales para recirculación de aire dentro de la cámara. El sistema considerado incluye cuatro de estos ventiladores en el interior de la cámara dos de ellos más grandes, que pertenece cada uno a el equipo de refrigeración y están situados donde circula el refrigerante en el interior de la cámara y otros dos más pequeños en el medio de la cámara para hacer circular el aire dentro de esta. Serán del fabricante EBM-PAPST y los dos pequeños estarán en funcionamiento siempre que la cámara esté activa y los dos grandes se activaran cuando se active el equipo al que pertenecen. Según REPA (2024)



Figura 4. Ventilador

Características más relevantes:

- Tensión: 230V
- Potencia: 160/240W
- Señales IN/OUT: 1 Salida digital

-Revoluciones: 1430/1700 rev/min

Sistema de desescarche por resistencias eléctricas

Este es uno de los métodos más comunes y efectivos para eliminar el hielo de los refrigeradores. Se utilizan resistencias eléctricas integradas en el refrigerador, que se activan para calentar las superficies y derretir el hielo acumulado. Es necesario para mantener la eficiencia del sistema de refrigeración. El hielo que se acumula en los refrigeradores puede reducir la transferencia de calor y, si no se controla, puede dañar el equipo. Para eso, nosotros dispondremos de unas resistencias de la marca Vulcanic referencia 27504-22. Según el datasheet Vulcanic.

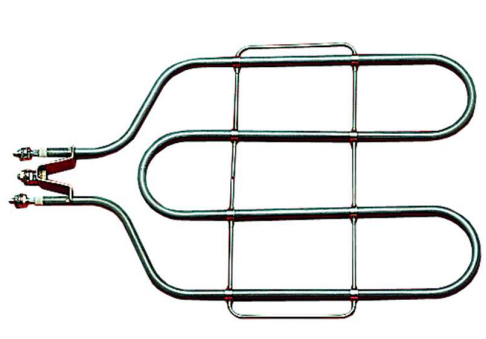


Figura 5. Resistencia eléctrica

Características más relevantes:

- Tensión: 230V
- Potencia: 500W
- Señales IN/OUT: 1 Salida digital

Chiller

Un chiller es un sistema de refrigeración que enfría un fluido, generalmente agua o una mezcla de agua y glicol, que luego se utiliza para enfriar aire o productos en un proceso industrial. El chiller funciona enfriando este fluido en un intercambiador de calor, luego el fluido frío se bombea a través de un circuito secundario a las áreas donde se necesita enfriamiento. Los chillers utilizados en el proyecto serán MTA Aries Tech modelo TAEvo Tech. Según el datasheet The process cooling 2.0 (2023).



Figura 6. Chiller

Características más relevantes:

- Potencia frigorífica nominal: 232 - 1334 kW
- Señales IN/OUT: 1 Salida digital y 1 Entrada digital

Sensor puerta cerrada

Para detectar la posición de la puerta en una cámara de frío industrial, el sensor más común y efectivo es un sensor de proximidad magnético en nuestro caso el Schneider Electric XCSDMC. Según el datasheet Interruptor Magnético Codificado Interruptores De Seguridad De Telemecanique Xcs Xcsdmc 2 Nc Escalonada 2 M.



Figura 7. Sensor magnético

Características más relevantes:

- Tensión: 24 V
- Señales IN/OUT: 1 Entrada digital

Baliza

Para una cámara de frío industrial, una baliza de señalización multicolor con bocina es útil para proporcionar alertas visuales y auditivas claras sobre el estado de la cámara, como puertas abiertas, fallos de temperatura, o estado de funcionamiento general y dado que no disponemos de una HMI en el proyecto para visualizar el estado, utilizaremos una baliza + para poder ver el estado de la cámara. Según el datasheet Signal Tower instruction manual.



Figura 8. Baliza

Características más relevantes:

- Tensión: 24 V
- Dispone de 5 colores y sonido
- Señales IN/OUT: 6 Salidas digitales

Sensor de presión

Para asegurar un funcionamiento seguro también dispondremos de 2 sensores de presión asociados a cada equipo de refrigeración para controlar que la presión del refrigerante esté en un rango seguro. Serán los WIKKA-10. Según el datasheet Transmisor de presión Para aplicaciones industriales Modelo A-10 (2023).



Figura 9. Sensor de presión

Características más relevantes:

- Tensión: 24 V
- Rango de presiones de trabajo: 0...6 bar
- Señales IN/OUT: 1 Entrada digital

2.4 Controlador lógico programable

Para controlar una cámara de frío industrial, un PLC (Controlador Lógico Programable) debe ser capaz de manejar diversas entradas y salidas para controlar sensores de temperatura, ventiladores, compresores, sistemas de descongelamiento, y otros componentes clave. Para ello nosotros disponemos de una CPU 1513-1 PN (6ES7 513-1AL02-0AB0)



Figura 10. PLC S7-1500

Seguidamente a la CPU conectaremos las tarjetas de entradas y salidas analógicas y digitales, el módulo de entradas analógicas (EA01) AI 8xU/I/RTD/TC (6ES7 532-5HD00-0AB0) para las sondas de temperatura el cual dispone de 8 entradas analógicas de 4...20mA, el módulo DI (ED01) (16x24VDC (6ES7 521-1BH10-0AA0) para las entradas digitales que proporciona 16 entradas digitales de 24V y el módulo DQ (SD01) 16x24VDC/0.5A (6ES7 522-1BH10-0AA0) para las salidas digitales que consta de 16 salidas digitales ya que todas las salidas irán a relés en el cuadro eléctrico que se activan con 24V.

3 Programación PLC

3.1 Entradas y salidas

Entradas Analógicas

Tarjeta	Canal	TAG	Descripción
EA01	IW100	TT_CÁMARA	TEMPERATURA CÁMARA (Sensor de temperatura)
EA01	IW102		
EA01	IW104	TT_E1	TEMPERATURA EQUIPO 1 (Sensor de temperatura)
EA01	IW106		
EA01	IW108	TT_E2	TEMPERATURA EQUIPO 2 (Sensor de temperatura)
EA01	IW110		
EA01	IW112	RESERVA_IW112	RESERVA
EA01	IW114	RESERVA_IW114	RESERVA

Tabla 1. EA

Entradas digitales:

Tarjeta	Canal	TAG	Descripción
ED01	I0.0	I_C1	FALLO TÉRMICO EN CHILLER C1*
ED01	I0.1	I_RD1	FALLO TÉRMICO EN RESISTENCIA DESCARCHE 1*
ED01	I0.2	AL_PS_C1	ALARMA PRESOSTATO DE ALTA PRESIÓN EQUIPO 1
ED01	I0.3	CM_C1	CONFIRMACIÓN DE MARCHA CHILLER C1
ED01	I0.4	I_C2	FALLO TÉRMICO EN CHILLER C2*
ED01	I0.5	I_RD2	FALLO TÉRMICO EN RESISTENCIA DESCARCHE 2*

ED01	I0.6	AL_PS_C2	ALARMA PRESOSTATO DE ALTA PRESIÓN EQUIPO 2
ED01	I0.7	CM_C2	CONFIRMACIÓN DE MARCHA COMPRESOR C2
ED01	I1.0	BT_MARCHA	BOTÓN MARCHA CAMARA
ED01	I1.1	ZS_PUERTA	DETECTOR PUERTA ABIERTA CAMARA
ED01	I1.2	RE-SERVA_I1.2	RESERVA
ED01	I1.3... I3.6	RESERVA	RESERVA
ED01	I3.7	RE-SERVA_I3.7	RESERVA

Tabla 2. ED

*Fallo térmico: El fallo térmico es causado por circuitos electrónicos.

Salidas digitales

Tarjeta	Canal	TAG	Descripción
SD01	A0.0	A_EVAP1	MARCHA DESCARCHE EQUIPO 1
SD01	A0.1	A_EVAP2	MARCHA DESCARCHE EQUIPO 2
SD01	A0.2	A_VALV1	APERTURA VALVULA EQUIPO 1
SD01	A0.3	A_VALV2	APERTURA VALVULA EQUIPO 2
SD01	A0.4	A_C1	MARCHA CHILLER EQUIPO 1
SD01	A0.5	A_C2	MARCHA CHILLER EQUIPO 2
SD01	A0.6	A_BAL_SIRENA	ACTIVAR SIRENA
SD01	A0.7	A_BAL_ROJO	ACTIVAR BALIZA ROJA

SD01	A1.0	A_BAL_AMARILLA	ACTIVAR BALIZA AMARILLA
SD01	A1.1	A_BAL_VERDE	ACTIVAR BALIZA VERDE
SD01	A1.2	A_BAL_BLANCA	ACTIVAR BALIZA BLANCA
SD01	A1.3	A_BAL_AZUL	ACTIVAR BALIZA AZUL
SD01	A1.4	A_VENT_1	ACTIVAR VENTILADOR GRANDE EQUIPO1
SD01	A1.5	A_VENT_2	ACTIVAR VENTILADOR PEQUEÑO EQUIPO1
SD01	A1.6	A_VENT_3	ACTIVAR VENTILADOR GRANDE EQUIPO2
SD01	A1.7	A_VENT_4	ACTIVAR VENTILADOR PEQUEÑO EQUIPO 2

Tabla 3. SD

3.2 Parámetros del sistema de control

Para cumplir los requisitos de funcionamiento, el programa contará con los siguientes parámetros:

TEMPERATURA DE LA CÁMARA (Consigna de la cámara)

Es la consigna de temperatura de la cámara. El sistema debe mantener esta temperatura arrancando el refrigerador cuando la diferencia entre la temperatura real y esta consigna sea superior al diferencial estipulado. El refrigerador que esté en funcionamiento parará cuando llegue a esta consigna.

DIFERENCIAL DE LA CONSIGNA DE TEMPERATURA CÁMARA

Es el diferencial de temperatura en valor absoluto asociado a la consigna.

TEMPERATURA DE ENTRADA SEGUNDO REFRIGERADOR

Es el límite establecido de temperatura de recuperación. En caso de rebasar la temperatura de la cámara este límite, se activarán automáticamente los dos refrigeradores al mismo tiempo. La desconexión del segundo refrigerador se realizará automáticamente cuando la temperatura de la cámara llegue a la consigna deseada.

TEMPERATURA DE EMERGENCIA

Es el límite establecido de temperatura de emergencia. En caso de rebasar la temperatura de la cámara este límite, se activará una alarma generando un aviso acústico y luminoso.

AVISO DE ALTA TEMPERATURA

Es el límite establecido de temperatura máxima. En caso de rebasar la temperatura de la cámara este límite, el sistema genera un aviso acústico y luminoso. El sistema desconectará este aviso de forma automática cuando se restablezcan las condiciones.

AVISO DE BAJA TEMPERATURA

Es el límite establecido de temperatura mínima. En caso de rebasar la temperatura de la cámara este límite, el sistema genera un aviso acústico y luminoso. El sistema desconectará este aviso de forma automática cuando se restablezcan las condiciones.

TEMPERATURA FIN CICLO DESESCARCHE REFRIGERADOR 1

Cuando el refrigerador entra en el ciclo de desescarche, en concreto en la primera fase, las baterías de calor entran en funcionamiento. El ventilador del refrigerador 1 se apaga y se inhibe el funcionamiento de su electroválvula. Esta fase finalizará cuando el sensor de temperatura que está instalado en el refrigerador sobrepase el límite fijado en este parámetro. También puede finalizar esta fase si se llega al tiempo máximo de desescarche, que es un parámetro asociado a éste y que limita el tiempo de esta fase.

TEMPERATURA FIN CICLO DESESCARCHE REFRIGERADOR 2

Tiene la misma funcionalidad que el parámetro anterior, para el refrigerador 2.

INTERVALO DE TIEMPO PARA CAMBIO DE REFRIGERADOR

El sistema de control cuenta el tiempo que está en marcha cada refrigerador. Cuando el tiempo de marcha de un refrigerador rebasa este límite, se ejecuta el cambio de refrigerador y el ciclo de desescarche.

TIEMPO MÁXIMO DE DESESCARCHE

Este parámetro limita el tiempo máximo de esta fase.

TIEMPO DE GOTEO

Cuando finaliza la primera fase de desescarche, que es la de calentamiento mediante la batería de calor, se inicia esta fase de goteo. En esta fase permanecen todos los sistemas del refrigerador parados, es decir, chiller, ventiladores y electroválvulas en reposo. Durante este tiempo se pretende evacuar el resto de agua/hielo del refrigerador hacia el desagüe.

TIEMPO DE RETARDO VENTILADOR

Finalizada la fase de goteo del ciclo de desescarche, se conectará la electroválvula de frío del refrigerador y se retrasará la puesta en marcha del ventilador el tiempo estipulado en este parámetro, de tal forma que se evita lanzar al aire el calor acumulado en el refrigerador así como el agua residual.

TIEMPO PARA ALARMA PUERTA ABIERTA

Si una puerta de la cámara permanece abierta más tiempo que el límite establecido en este parámetro, se generará una alarma por puerta abierta.

RETARDO CONEXIÓN ALARMAS POR TEMPERATURA DE EMERGENCIA

Para evitar falsas alarmas debido a problemas eléctricos, o debido a la apertura de la puerta durante un período corto de tiempo, se dispone de un retardo en tiempo para la activación de estas alarmas.

RETARDO CONEXIÓN AVISO POR TEMPERATURA ALTA / BAJA

Para evitar falsos avisos debido a parásitos eléctricos, o debido a la apertura de la puerta durante un período corto de tiempo, se dispone de un retardo en tiempo para la activación de estos avisos.

3.3 Diagrama de flujo

En base a todo lo presentado anteriormente se presenta a continuación el diseño de los diagramas de flujo como paso previo a la programación.

3.3.1 Control de temperatura

En esta fase, una vez presionado el botón de marcha, el programa comparará la temperatura interior de la cámara con el SetPoint que queremos alcanzar más una temperatura diferencial para corroborar que la cámara está por encima de la temperatura a la que la queremos llevar, una vez el programa detecte que la cámara está por encima de la temperatura que queremos alcanzar, pondrá en marcha el equipo de refrigeración que corresponda hasta alcanzar el SP. Después de llegar al SP el equipo se parará hasta que la temperatura vuelva a sobrepasar el valor del SP más la temperatura diferencial igual que al inicio.

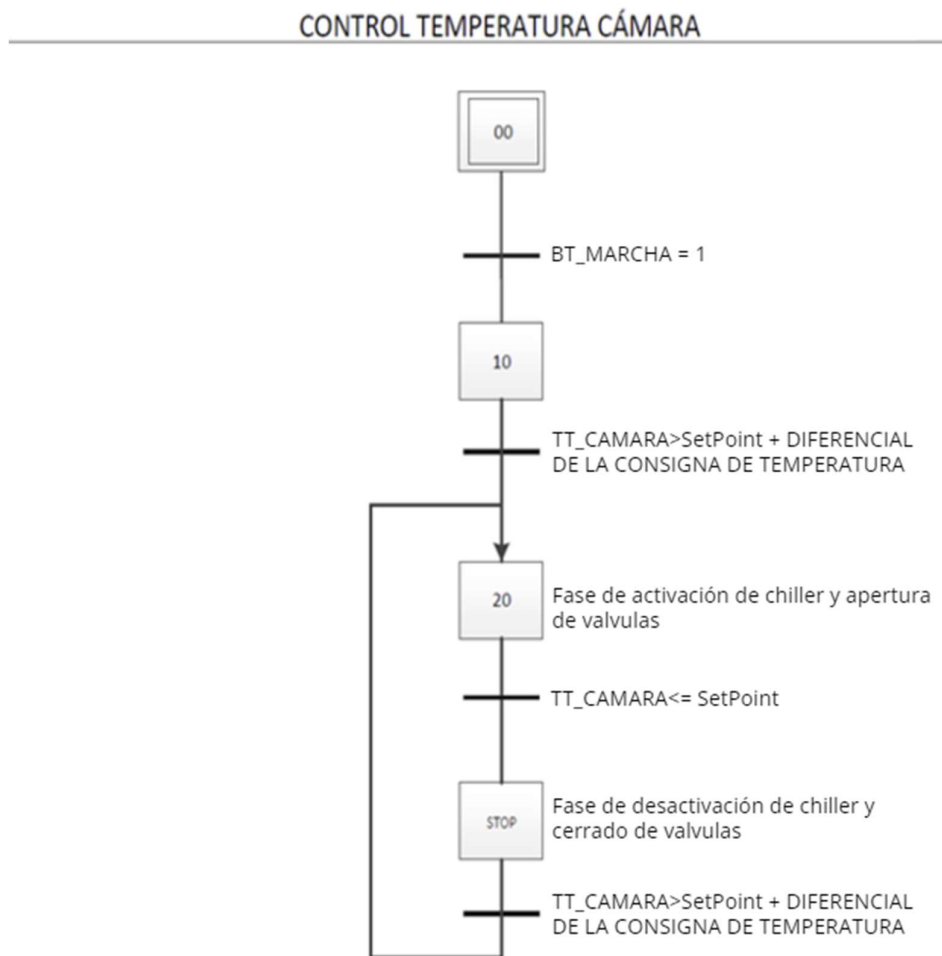


Figura 11. Diagrama proceso de frio

3.3.2 Control desescarche

En el momento en el que un equipo de refrigeración alcance el tiempo de trabajo parametrizado, este parara y se activará la fase de desescarche en la que se activaran las baterías que calentarán las tuberías en las cuales se habrá generado hielo para derretirlo.

Esta etapa se finalizará cuando se alcance el tiempo de desescarche o se alcance un SP de temperatura de seguridad para el desescarche o cuando la cámara entre en alarma de temperatura de seguridad.

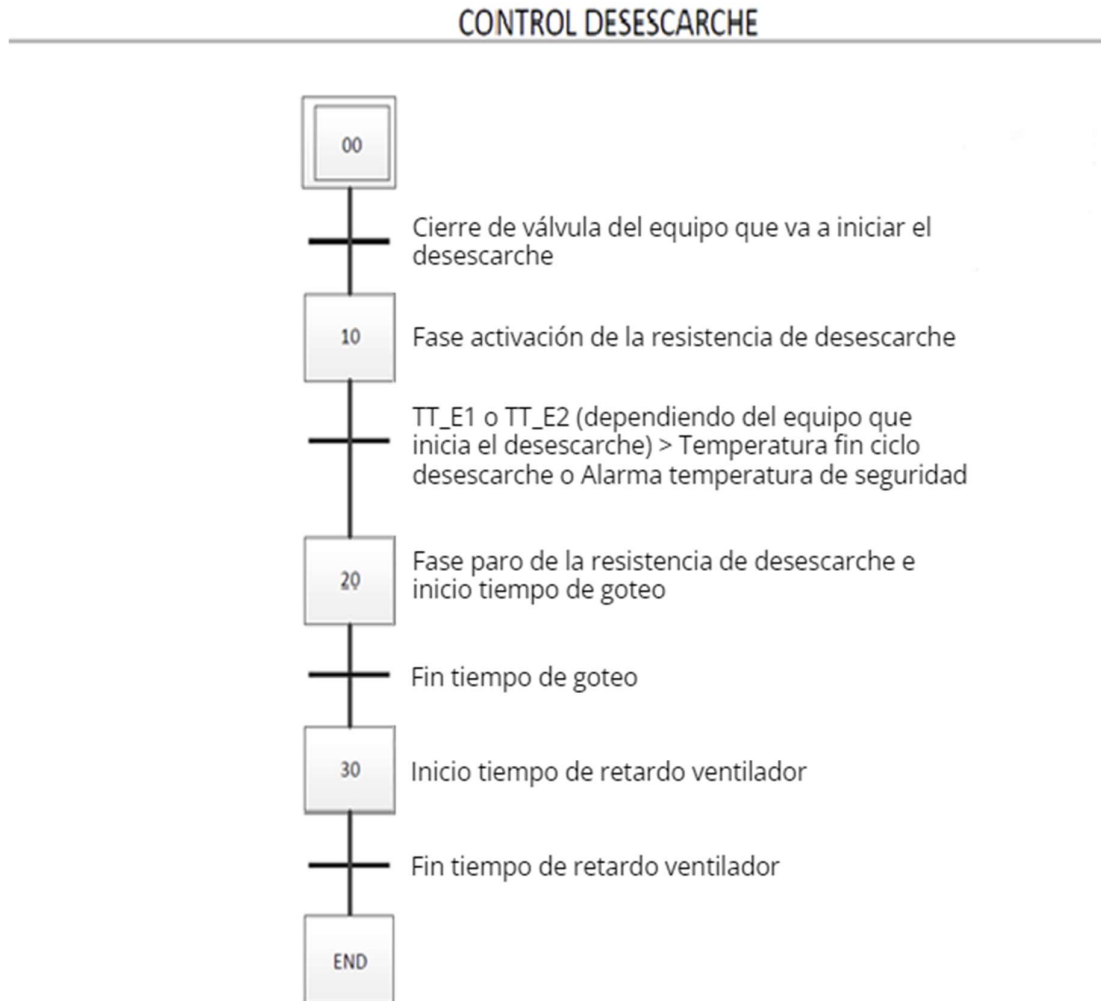


Figura 12. Diagrama control desescarche

3.3.3 Alarmas

La lógica de programación de las alarmas es la siguiente:

ALM01 (Chiller C1) = Fallo térmico C1 o Fallo generado por no confirmación de marcha C1

ALM02 (Chiller C2) = Fallo térmico C2 o Fallo generado por no confirmación de marcha C2

ALM03 (Sensor Presión 1) = AL_PS_C1

ALM04 (Sensor Presión 2) = AL_PS_C2

ALM05 (Sensor Puerta Abierta) = Fin tiempo para alarma puerta abierta

ALM06 (Temperatura muy alta) = TT_CAMARA > Temperatura de emergencia

ALM07 (Temperatura muy baja) = TT_CAMARA < Aviso de baja temperatura

3.4 Programación Tia Portal V15.1

Antes de profundizar en la programación de PLC utilizando TIA Portal, es esencial proporcionar un marco conceptual que permita entender mejor el entorno de trabajo y los elementos involucrados en la automatización industrial. En este sentido se comenzará por explicar qué es un PLC y cuál es su rol en los sistemas de control.

Un PLC (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo electrónico diseñado para automatizar procesos industriales. Su principal función es recibir señales de entrada, procesarlas mediante un programa lógico, y generar las señales de salida correspondientes. El PLC se comunica con una variedad de dispositivos en el campo, como sensores y actuadores, controlando así procesos industriales. Es importante destacar que el PLC sigue un ciclo de trabajo conocido como ciclo de SCAN, en el cual realiza tres tareas fundamentales de manera continua: primero, lee las entradas conectadas (como botones, sensores, etc.), luego ejecuta el programa lógico para procesar esas entradas y, finalmente, actualiza las salidas en función del resultado del programa.

En cuanto a la programación de los PLCs como explica Enrique Mandado en su libro "Autómatas Programables y Sistemas de Automatización"(2018), existen diversos lenguajes que permiten crear instrucciones lógicas para el control del proceso. Entre los más utilizados están el Ladder Logic (LD), que es un lenguaje gráfico basado en símbolos eléctricos, el Texto Estructurado (SCL), que es un lenguaje basado en texto similar a otros lenguajes de programación convencionales y el Diagrama de Bloques Funcionales (FBD), que también es gráfico y se basa en la interconexión de bloques funcionales. Cada uno de estos lenguajes tiene sus ventajas y es importante seleccionar el que mejor se adapte al proceso a automatizar.

El TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) es el entorno de ingeniería integrado de Siemens para la programación de PLCs y otros dispositivos, como interfaces HMI y redes industriales. Es necesario entender cómo está organizado un proyecto típico dentro de este entorno. Cuando se inicia un nuevo proyecto en TIA Portal, lo primero que se debe hacer es seleccionar el tipo de controlador o PLC que se va a utilizar (indicado en el punto 2.3). Esto implica configurar el hardware, que incluye tanto el procesador del PLC como los módulos de entrada y salida que estarán conectados al controlador. Una vez configurado el hardware, se procede a definir la red de comunicaciones, en caso de que el PLC necesite interactuar con otros dispositivos, ya sea a través de Ethernet, Profinet, Profibus, o cualquier otra red industrial.



Figura 13. Hardware

Otro aspecto importante en la configuración inicial del proyecto es la identificación de los dispositivos periféricos, como sensores, actuadores... que estarán conectados al PLC. En este sentido, TIA Portal ofrece bibliotecas de funciones predefinidas que pueden facilitar la programación, como la posibilidad de crear y reutilizar bibliotecas personalizadas, lo que puede ahorrar tiempo y aumentar la eficiencia en la gestión del proyecto.

Una vez que el hardware y la red han sido configurados, es momento de entrar en la parte más importante del proyecto, la programación del software. En TIA Portal, los programas de PLC están organizados en bloques, cada uno con una función específica. Por ejemplo, los Bloques de Organización (OB) gestionan las principales tareas del programa, como el ciclo de escaneo, mientras que los Bloques de Función (FB) y los Bloques de Datos (DB) permiten estructurar el programa de manera modular y organizar las variables y las funciones. Esta estructura modular facilita la comprensión y el mantenimiento del programa, además de permitir que diferentes partes del equipo de ingeniería trabajen en distintas áreas del proyecto simultáneamente.

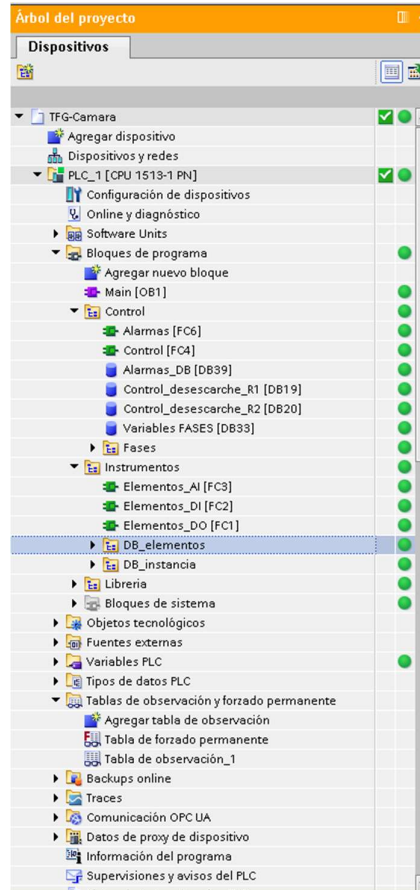


Figura 14. Estructura programa Tia

Una característica importante de TIA Portal es su capacidad para realizar simulaciones. Esto significa que, antes de descargar el programa al PLC real, es posible simular el funcionamiento del mismo para verificar que todas las lógicas de control estén funcionando correctamente. La herramienta de simulación permite detectar errores en el programa, probar el comportamiento del sistema y hacer ajustes sin poner en riesgo el proceso productivo real.

Otro aspecto fundamental de la programación de PLC es la gestión de variables, ya que estas representan las señales de entrada y salida del sistema. Las entradas y salidas del PLC están directamente asociadas a los sensores y actuadores en el campo, por lo que es crucial tener un mapeo claro de cómo se asignan estas variables en el programa. Además, existen variables internas que no están asociadas a dispositivos físicos, pero que son necesarias para realizar cálculos intermedios o almacenar información temporal. En TIA Portal, se pueden definir variables locales a un bloque, que solo son visibles dentro del mismo, o variables globales, que pueden ser utilizadas en cualquier parte del programa.

Por último, es importante entender cómo los PLCs se integran con otros sistemas de automatización. En la mayoría de los casos, el PLC no funciona de manera aislada, sino que se comunica con sistemas como en nuestro caso con una base de datos de SQL para permitir la visualización de datos de los procesos a partir de informes. En TIA Portal, esta integración es fluida, permitiendo configurar las comunicaciones entre el PLC y los

sistemas de supervisión a través de redes industriales como Profinet o Ethernet/IP, lo que asegura poder supervisar el funcionamiento del proceso automatizado.

Teniendo en cuenta todo lo comentado anteriormente nuestro programa se dividirá en dos bloques que serán los Elementos donde se crea una librería específica para el funcionamiento de los elementos que requiere nuestro sistema y el Proceso que será la parte del programa ocupada de gestionar los bloques de los elementos.

3.4.1 Bloques de elementos

Después de analizar los elementos que intervendrán en el proyecto, podemos generar tres tipos de bloques con funcionamientos diferentes que serán capaces de abarcar todos los elementos. Estos bloques serán: entradas analógicas, entradas y salidas digitales.

Estos bloques suelen ser generados en lenguaje SCL ya que son bloques que una vez creados y probado su funcionamiento, no deberían ser modificados ya que el funcionamiento no debería tener que cambiar. Este lenguaje se destaca por su capacidad para manejar programas más complejos, procesar datos de manera eficiente y ofrecer flexibilidad en la escritura de código. Es una gran elección en aplicaciones que requieren por ejemplo cálculos avanzados o estructuras de datos complejas.

Entradas analógicas

Corresponden a las sondas de temperatura PT100 que irán conectadas a la tarjeta de entradas analógicas.

Pese a que la entrada analógica cableada al PLC podría ser 0-10V, 4-20mA, 0-20mA... internamente y después de configurar correctamente la tarjeta en la que estará cableado, el PLC transforma el rango comentado anteriormente en un rango 0-27648, el rango 0-27648 corresponde a una representación digital de una señal de 15 bits. La mayoría de los módulos de entrada analógica en los PLC de Siemens están diseñados para trabajar con señales de 15 bits, lo que permite una alta resolución sin utilizar todo el rango de 16 bits (que sería 0-65535). La razón para no usar los 16 bits completos es permitir espacio para detectar posibles errores de conversión o diagnóstico, por este motivo el bloque creado es independiente del tipo de entrada siempre que esta esté bien configurada.

La funcionalidad de este bloque reside en escalar este rango de entrada que nos proporciona el PLC y obtener el valor en °C correspondiente. Para ello es necesario saber a parte del rango de entrada de Siemens, el rango de calibración de la sonda lo cual se aprecia en la figura 15 entre las líneas 2 y 8 .

A parte de obtener el valor de la salida, este bloque nos proporcionara alarmas de Muy Alta (HH) (figura 15 líneas de 11 a 27) , Alta (H) (figura 15 líneas de 29 a 45), Baja (L) (figura 15 líneas de 47 a 63) y Muy Baja (L) (figura 15 líneas de 65 a 81) comparando el valor de proceso (PV) con un valor límite parametrizado. Estas alarmas podrán ser habilitadas o deshabilitadas por programa y tienen un contador para que si hay algún fallo momentáneo en la señal de entrada no se activen automáticamente.

Finalmente, también contará con una función de simulación lo que facilita hacer pruebas del programa simulado sin disponer de PLC ni sondas de temperatura.

```

1
2 REGION Escalar señal
3 IF NOT #SIM THEN
4   #PV := (((#RAM - #RAU_LO) / (#RAM_HI - #RAU_LO)) * (#PV_HI - #PV_LO) + #PV_LO)// Entrada Física RAM (0 - 27648)
5 ELSE
6   #PV := #PV_SIM;
7 END_IF;
8 END_REGION
9
10
11 REGION Alarma HH
12 IF (#PV >= #SP_HH) AND NOT #ALM_HH AND NOT #EM_HH THEN
13 IF #PULSO_LS THEN
14 IF #TIEMPO_HH <= #SP_HH_T THEN
15   #TIEMPO_HH := #TIEMPO_HH + 1;
16 ELSE
17   #ALM_HH := TRUE;
18   #TIEMPO_HH := 0;
19 END_IF;
20 END_IF;
21 ELSE
22 IF NOT (#PV >= #SP_HH) THEN
23   #ALM_HH := FALSE;
24 END_IF;
25 #TIEMPO_HH := 0;
26 END_IF;
27 END_REGION
28
29 REGION Alarma H
30 IF (#PV >= #SP_H) AND NOT #ALM_H AND NOT #EM_H THEN
31 IF #PULSO_LS THEN
32 IF #TIEMPO_H <= #SP_H_T THEN
33   #TIEMPO_H := #TIEMPO_H + 1;
34 ELSE
35   #ALM_H := TRUE;
36   #TIEMPO_H := 0;
37 END_IF;
38 END_IF;
39 ELSE
40 IF NOT (#PV >= #SP_H) THEN
41   #ALM_H := FALSE;
42 END_IF;
43 #TIEMPO_H := 0;
44 END_IF;
45 END_REGION
46
47 REGION Alarma L
48 IF (#PV <= #SP_L) AND NOT #ALM_L AND NOT #EM_L THEN
49 IF #PULSO_LS THEN
50 IF #TIEMPO_L <= #SP_L_T THEN
51   #TIEMPO_L := #TIEMPO_L + 1;
52 ELSE
53   #ALM_L := TRUE;
54   #TIEMPO_L := 0;
55 END_IF;
56 END_IF;
57 ELSE
58 IF NOT (#PV <= #SP_L) THEN
59   #ALM_L := FALSE;
60 END_IF;
61 #TIEMPO_L := 0;
62 END_IF;
63 END_REGION
64
65 REGION Alarma LL
66 IF (#PV <= #SP_LL) AND NOT #ALM_LL AND NOT #EM_LL THEN
67 IF #PULSO_LS THEN
68 IF #TIEMPO_LL <= #SP_LL_T THEN
69   #TIEMPO_LL := #TIEMPO_LL + 1;
70 ELSE
71   #ALM_LL := TRUE;
72   #TIEMPO_LL := 0;
73 END_IF;
74 END_IF;
75 ELSE
76 IF NOT (#PV >= #SP_LL) THEN
77   #ALM_LL := FALSE;
78 END_IF;
79 #TIEMPO_LL := 0;
80 END_IF;
81 END_REGION
82

```

Figura 15. Bloque entradas analógicas

Seguidamente se aprecia la prueba de funcionamiento del bloque donde forzando valores en hexadecimal en la entrada física, el bloque nos devuelve lo que será equivalente en grados teniendo en cuenta el rango de temperatura de las sondas.

TFG-Cámara ▶ PLC_1 [CPU 1513-1 PN] ▶ Tablas de observación y forzado permanente ▶ Simulación					
	Nombre	Dirección	Formato visualización	Valor de observa...	Valor de forz
1	"TT_CÁMARA"	%IW100	Hex	16#6C00	
2	"TT_E1"	%IW102	Hex	16#3600	
3	"TT_E2"	%IW104	Hex	16#5100	
4					
5	"Variables_TT_CÁMARA".FV		Número en coma flotante	250.0	
6	"Variables_TT_E1".FV		Número en coma flotante	100.0	
7	"Variables_TT_E2".FV		Número en coma flotante	175.0	
8		<Agregar>			

Figura 16. Validación entradas analógicas

Como se aprecia en la figura 16 podemos validar el bloque ya que teniendo en cuenta que los sensores miden en rangos de -50°C a 250°C y que 6C00 en hexadecimal corresponde a una entrada de 27648, 3600 en hexadecimal corresponde a una entrada de 13824 y 5100 en hexadecimal corresponde a una entrada de 20736, que son los valores que se han forzado en la entrada física. Se obtienen resultados de 250°C , 100°C y 175°C lo que corresponde al 100%, al 50% y al 75% del máximo de la entrada analógica.

Entradas Digitales

Corresponde a los elementos: detector de presión y detector de puerta cerrada.

El bloque de función mostrado en las imágenes corresponde a la gestión de entradas digitales de un sistema de control. En el código en SCL se observa una lógica condicional que permite decidir si se utiliza la señal física del sensor o si esta debe ser invertida, lo que es particularmente útil en aplicaciones de seguridad donde las señales suelen estar invertidas.

La primera imagen de código SCL implementa dicha lógica con la opción de invertir la señal (usando el parámetro INV) y además tiene una funcionalidad de simulación (parámetro SIM), lo que permite sustituir la señal física por una simulada cuando sea necesario. Esto se refleja en la segunda imagen, donde se utilizan las variables como IN_SIM, SIM e INV para seleccionar la entrada adecuada según el estado de los parámetros de simulación e inversión. Así, se proporciona flexibilidad para gestionar tanto las señales reales como simuladas, además de invertir la señal cuando es necesario para facilitar la programación uniforme de señales del mismo tipo.

Como se representa en la figura 17 la orden Out que corresponde a la salida está condicionada a la variable de simulación SIM y a la variable para invertir la señal INV.

```

1
2 REGION Control de salida
3   IF NOT (#SIM) THEN
4     IF NOT (#INV) THEN
5       #OUT := #IN;
6     ELSE
7       #OUT := NOT (#IN);
8     END_IF;
9   ELSE
10    IF NOT (#INV) THEN
11      #OUT := #IN_SIM;
12    ELSE
13      #OUT := NOT (#IN_SIM);
14    END_IF;
15  END_IF;
16 END_REGION
17

```

Figura 17. Bloque entradas digitales

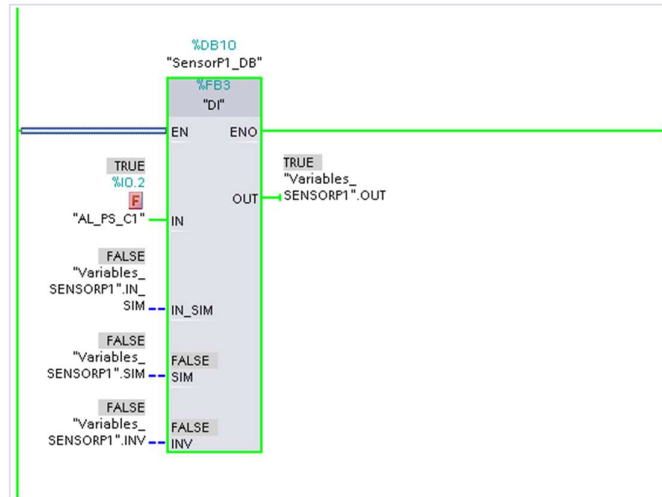


Figura 18. Validación bloque entradas digitales

Se puede considerar validado el bloque ya que en la figura 18 el bloque cuando tiene una entrada AL_PS_C1 activa, con la variable de simulación y inversión desactivada, da como resultado la salida activa.

Salidas Digitales

El bloque de salidas digitales será el bloque que utilizaremos para los chillers, válvulas, resistencias y ventiladores.

Este Bloque gestiona las entradas (si las tienen) del elemento y activa la salida en función de las variables gestionadas por el proceso.

Dispone de la posibilidad de Interlock que hace que el elemento pese a tener petición de marcha no se active como se representa en la figura 19 entre las líneas 2 y 10, simulación figura 19 líneas 44 a 50 y alarma en función de tiempo si el estado del elemento no es el correcto visible entre las líneas 12 y 41 de la figura 19, es decir, si por ejemplo activamos la salida del chiller 23 y no nos llega la señal de confirmación de marcha en un tiempo determinado, se activara la alarma del bloque del chiller para indicar que hay algún problema con este elemento.

```

1
2 REGION Control de activacion de salida por LCK
3 (****** Si tiene alguna alarma-> resetea ordenes ******)
4 IF (#LOCK AND NOT #BYPASS) THEN
5     #CONTROL := FALSE;
6 ELSE
7     #CONTROL := #ORDEN;
8 END_IF;
9
10 END_REGION
11
12 REGION Evaluación de alarmas
13 (*contador tiempo por fallo confirmacion*)
14 (****** Si hay control y no llega el LIM1 -> Empieza a contar LIM1 ******)
15 IF (#CONTROL AND #ENABLE_ALM_LIM1) AND NOT #"FC_1/CM" THEN
16     IF #PULSO THEN
17         IF #TIMER1 <= #T_LIM1 THEN
18             #TIMER1 := #TIMER1 + 1;
19         ELSE
20             #ALM_LIM1 := 1;
21         END_IF;
22     END_IF;
23 ELSE
24     #TIMER1 := 0;
25     #ALM_LIM1 := FALSE;
26 END_IF;
27
28 (****** Si no hay control y no llega el LIM2 y no está en LOCAL -> Empieza a contar LIM2 ******)
29 IF (NOT #CONTROL AND #ENABLE_ALM_LIM2) AND NOT #FC_2 THEN
30     IF #PULSO THEN
31         IF #TIMER2 <= #T_LIM2 THEN
32             #TIMER2 := #TIMER2 + 1;
33         ELSE
34             #ALM_LIM2 := 1;
35         END_IF;
36     END_IF;
37 ELSE
38     #TIMER2 := 0;
39     #ALM_LIM2 := FALSE;
40 END_IF;
41 END_REGION
42
43
44 REGION Si no #SIM -> escritura salida fisica
45 IF NOT #SIM THEN
46     #OUT := #CONTROL;
47
48 ELSE
49     #OUT := FALSE;
50 END_IF;
51 END_REGION

```

Figura 19. Bloque salidas digitales

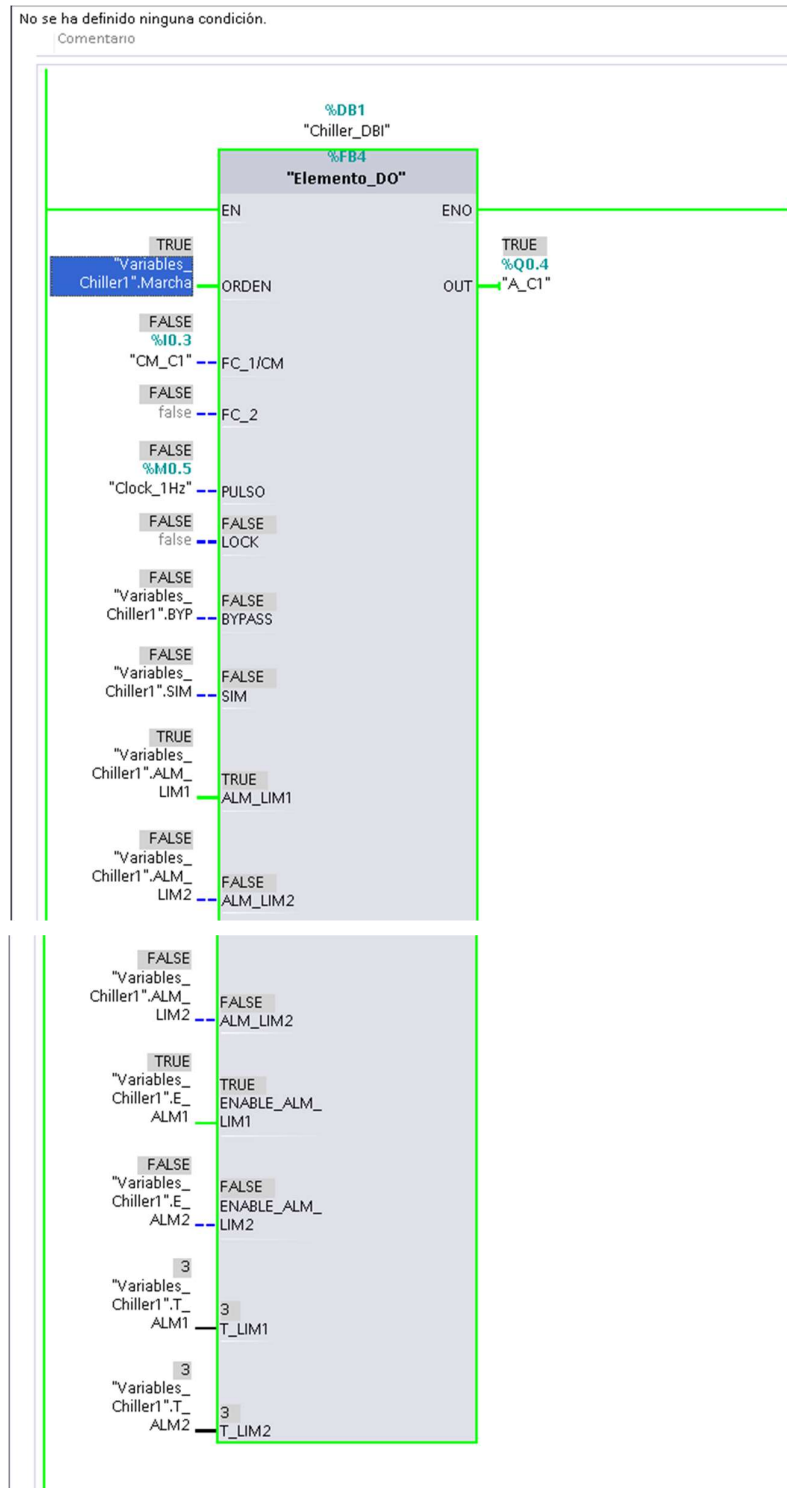


Figura 20. Validación bloque salidas digitales

Dado todo lo explicado anteriormente, se puede validar el bloque utilizando el bloque del chiller 1 representado en la figura 20 donde teniendo la señal de marcha se puede ver como la salida también esta activa y al no recibir la confirmación de marcha después de 3s se activa la alarma 1 que está habilitada.

3.4.2 Bloques de Proceso

Una vez declarados los bloques de elementos, es necesario crear los bloques de proceso que se encargaran de gestionar la activación y desactivación de estos elementos.

Estos bloques estarán creados en lenguaje Lader (LD) ya que estos bloques serán los que serán editados en un hipotético caso en el que haya que cambiar cómo funciona la cámara. El lenguaje Lader es mucho más intuitivo y visual que el SCL por eso para bloques en los que podría darse el caso de que fueran editados es importante que la persona que trabaje con ellos los haga de una forma lo más simple y entendible posible.

Estos bloques de proceso no activan directamente los elementos ya que los elementos del sistema (chiller, válvulas y ventiladores) están condicionados a la fase en la cual se encuentran estos bloques de control como se aprecia en la siguiente figura.

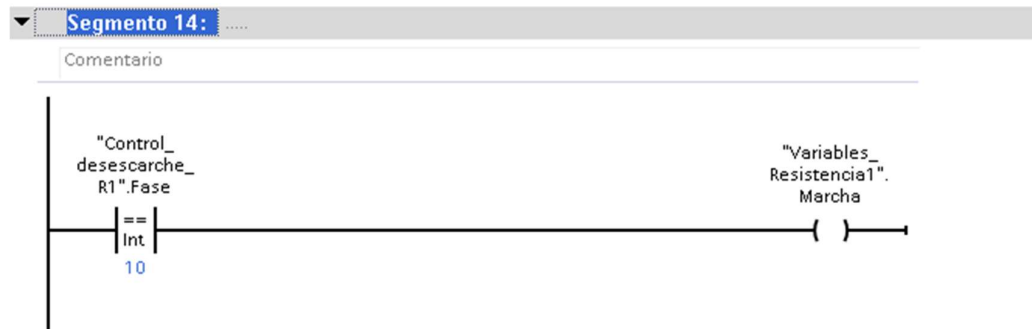


Figura 21. Segmento activación de resistencia 1

Control Frio

En este apartado se muestra el funcionamiento de la fase de control de frio anteriormente detallada.

Como podemos apreciar en la figura 22 el segmento 1 corresponde a la primera transición donde se espera a la señal de control de frio que en la llamada del bloque esta enlazado al botón de marcha. Una vez el programa está en la fase 10, el programa verifica la temperatura para pasar a la siguiente fase. En el momento que se cumplen las condiciones el programa pasa a la fase 20 donde se activaran los elementos necesarios para bajar la temperatura hasta llegar al SetPoint solicitado y pasara la variable fase a valer 30 como se aprecia en el segmento 3. Finalmente, en el segmento 4 el sistema quedara a la espera de volver a superar la temperatura requerida para volver a activarse.

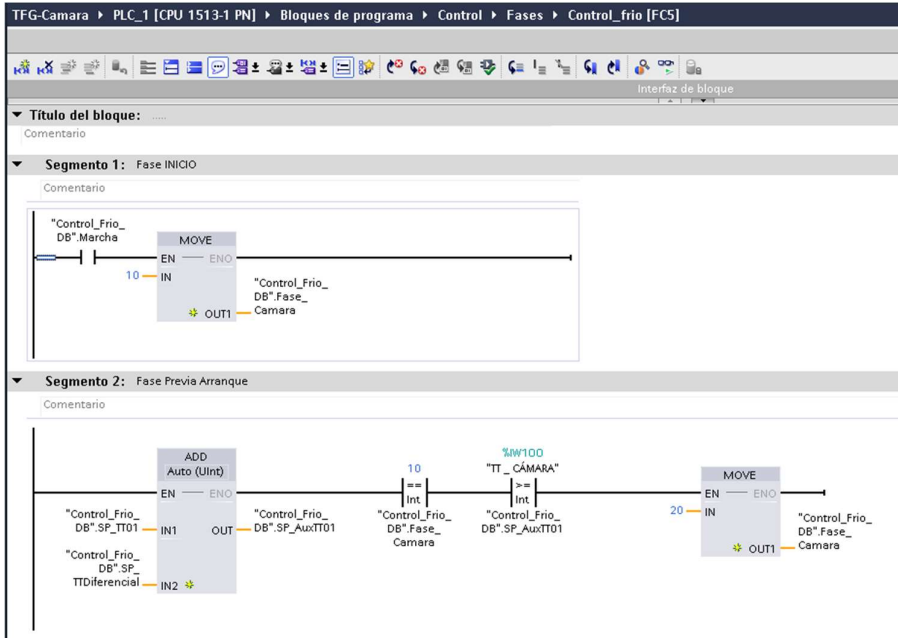


Figura 22. Bloque control frio 1/2

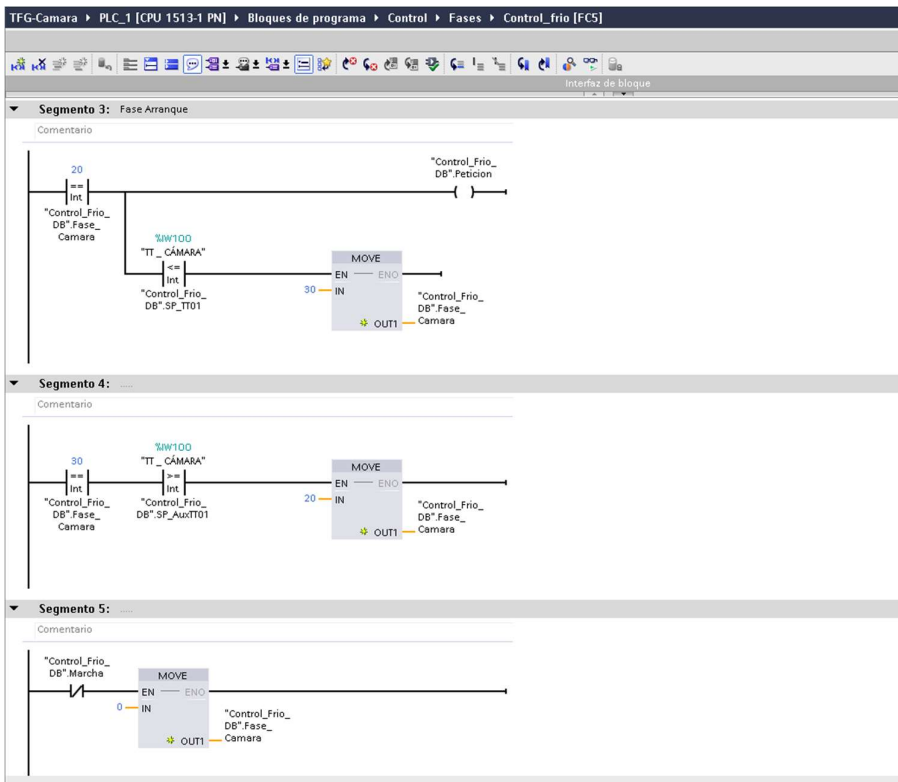


Figura 23. Bloque control frio 2/2

Para validar los bloques programados se ha utilizado el simulador PLC Sim para corroborar que tal y como se aprecia en la figura 24 cuando se supera la temperatura de emergencia entran a trabajar los 2 equipos de frio. Una vez la temperatura ha bajado por debajo de la temperatura de emergencia, el segundo equipo se ha desactivado como indica la figura 25 y finalmente cuando se alcanza el Set Point (en este caso -10°C) el equipo de frio se para a la espera de que la temperatura suba para volver a arrancar (figura 26).

	i	Nombre	Dirección	Formato visualiz...	Valor de observa...	Valor de forzado
1		"Variables_TT_CA...	%DB18.DBD58	Número en com...	25.95486	
2						
3		"A_VALV1"	%Q0.2	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	
4		"A_C1"	%Q0.4	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	
5						
6		"A_VALV2"	%Q0.3	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	
7		"A_C2"	%Q0.5	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	
8						
9						

Figura 24. Validación bloques frio 1

	i	Nombre	Dirección	Formato visualiz...	Valor de observa...	Valor de forzado
1		"Variables_TT_CA...	%DB18.DBD58	Número en com...	-3.342014	
2						
3		"A_VALV1"	%Q0.2	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	
4		"A_C1"	%Q0.4	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	
5						
6		"A_VALV2"	%Q0.3	BOOL	<input type="checkbox"/> FALSE	
7		"A_C2"	%Q0.5	BOOL	<input type="checkbox"/> FALSE	
8						
9						

Figura 25. Validación bloques frio 2

		"Variables_TT_CA...	%DB18.DBD58	Número en com...	-10.39497	
		"A_VALV1"	%Q0.2	BOOL	<input type="checkbox"/> FALSE	
		"A_C1"	%Q0.4	BOOL	<input type="checkbox"/> FALSE	
		"A_VALV2"	%Q0.3	BOOL	<input type="checkbox"/> FALSE	
		"A_C2"	%Q0.5	BOOL	<input type="checkbox"/> FALSE	

Figura 26. Validación bloques frio 3

Control desescarche

En este apartado se muestra el funcionamiento de la fase de control de desescarche anteriormente detallada.

Este control está programado en cuatro segmentos como se refleja en la figura 24 de manera que el sistema espera petición para arrancar la fase de desescarche, y cuando la obtiene, la variable fase pasa a valer 10 llevando el programa al siguiente segmento donde se activan las resistencias hasta cumplir las condiciones de temperatura, tiempo de desescarche o alarma de temperatura de seguridad y pasar el valor de la fase a 20. Seguidamente el sistema espera la señal de que no está la resistencia activa para iniciar el tiempo de goteo y en la sección 4 acabar el control de desescarche después del tiempo de goteo.

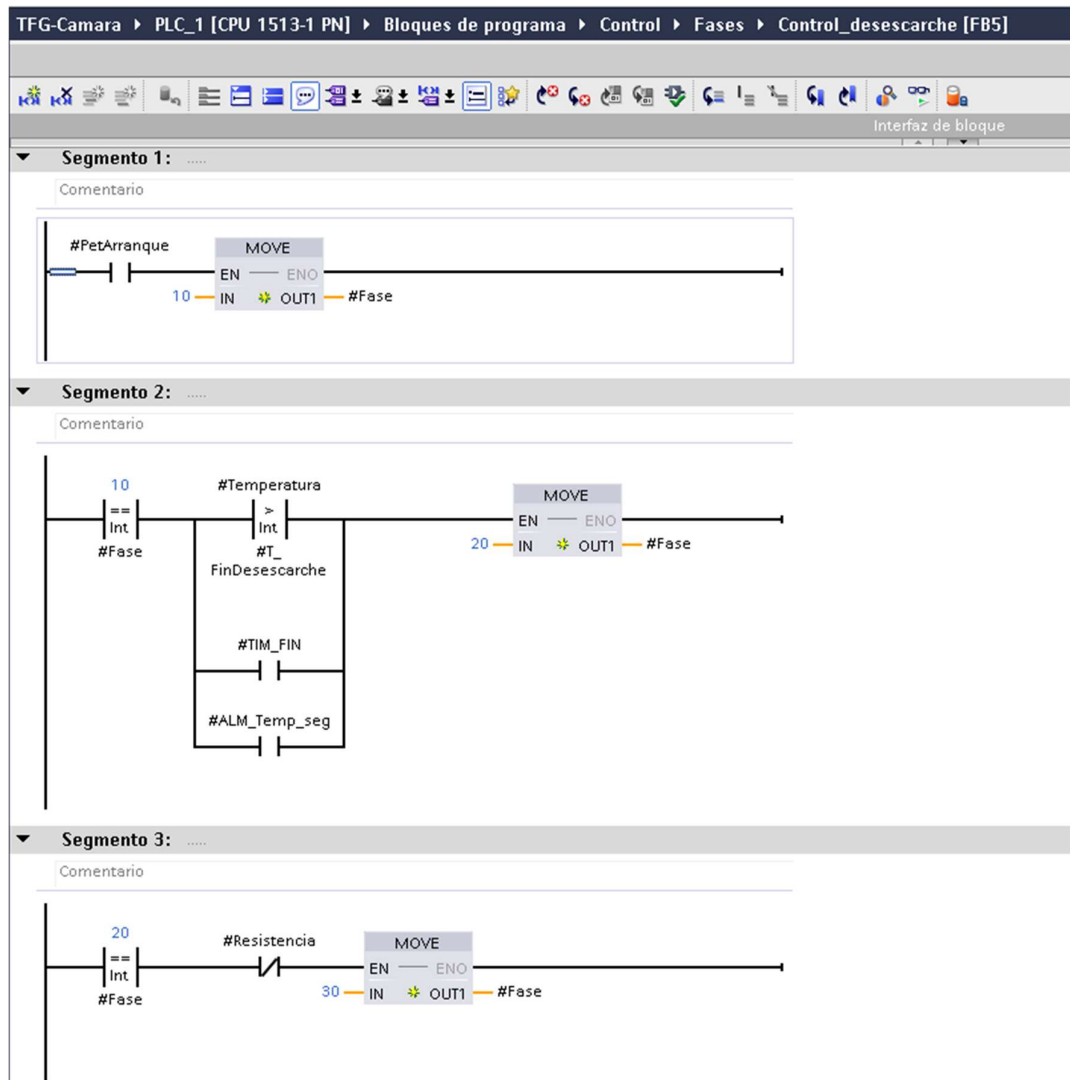




Figura 27. Bloque control desescarche

Para validar estos bloques se ha lanzado la fase desescarche del evaporador y como se demuestra en la figura 28, cuando la fase está en la etapa 10, la resistencia se activa y se inicia el tiempo de desescarche (1min tal y como se muestra en la figura 29). Finalmente, cuando la variable fase tiene un valor de 30 se acaba la fase desescarche después de 20s de tiempo de goteo. En esta prueba tanto el tiempo de desescarche como de goteo han sido reducidos para facilitar las pruebas, realmente estas variables tendrían un valor de 3min y 5min aproximadamente respectivamente.

	Nombre	Dirección	Formato visualiz...	Valor de observa...	Valor de forzado
	"Variables_IT_CA...	%DB18.DB58	Número en com...	-10.39497	
	"A_EVAP2"	%Q0.1	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	
	"Variables FASES...		DEC+/-	10	
	//				
	//				
	//				
	//				
	//				
	..				

Figura 28. Validación bloques desescarche 1

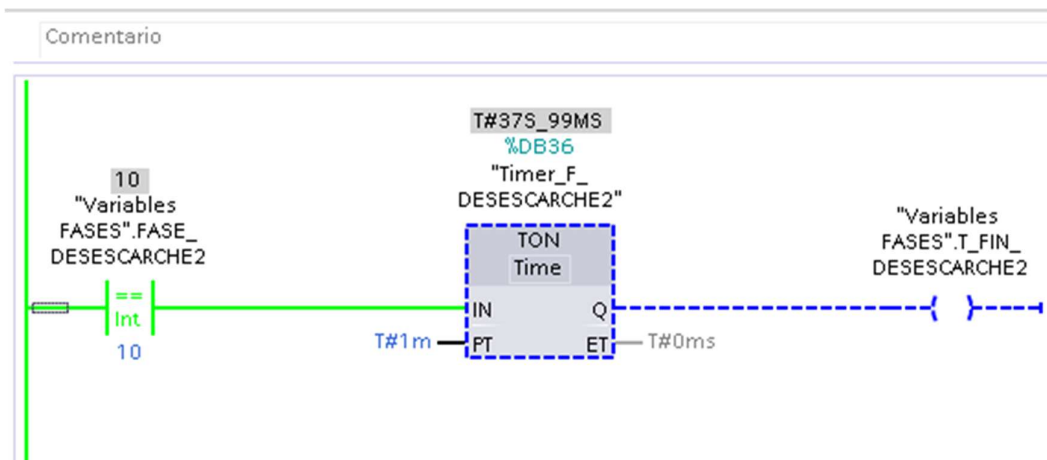


Figura 29. Validación bloques desescarche 2

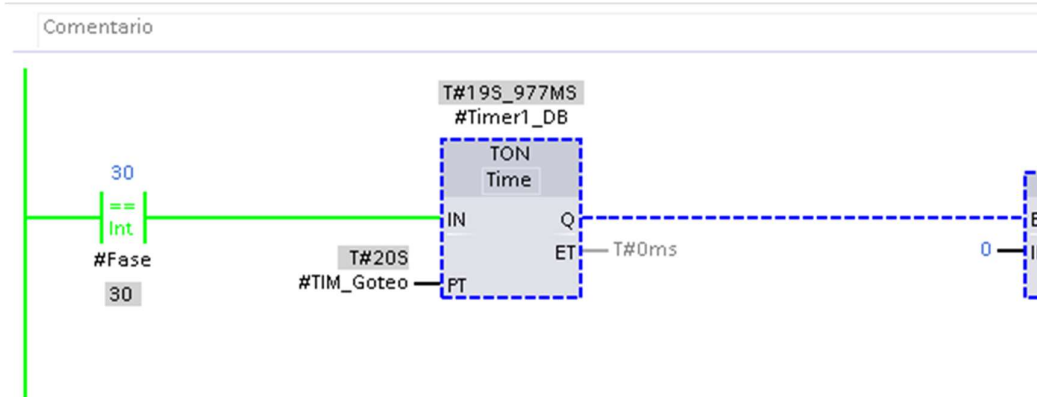


Figura 30. Validación bloques desescarche 3

3.5 Alarmas y Baliza

Las alarmas y balizas juegan un papel crucial en el funcionamiento seguro y eficiente de las máquinas industriales, ya que permiten a los operadores y al personal de mantenimiento tener una comunicación directa y clara con los sistemas de control. Su principal función es advertir sobre condiciones anormales o de riesgo, facilitando la toma de decisiones rápidas para evitar accidentes o daños en los equipos. Sin estas herramientas de señalización, los procesos industriales serían mucho más vulnerables a fallos graves y tiempos de inactividad prolongados.

Para se dispone de las siguientes alarmas:

ALM01 - Chiller C1

Corresponde a un fallo en el estado del chiller 1.

ALM02 - Chiller C2

Corresponde a un fallo en el estado del chiller 2.

ALM03 - Sensor Presión 1

Corresponde a una sobrepresión del sensor 1.

ALM04 - Sensor Presión 2

Corresponde a una sobrepresión del sensor 2.

ALM05 - Sensor Puerta Abierta

Alarma que saltara después de un cierto tiempo (en este caso 5min) programado si se detecta que la puerta está abierta.

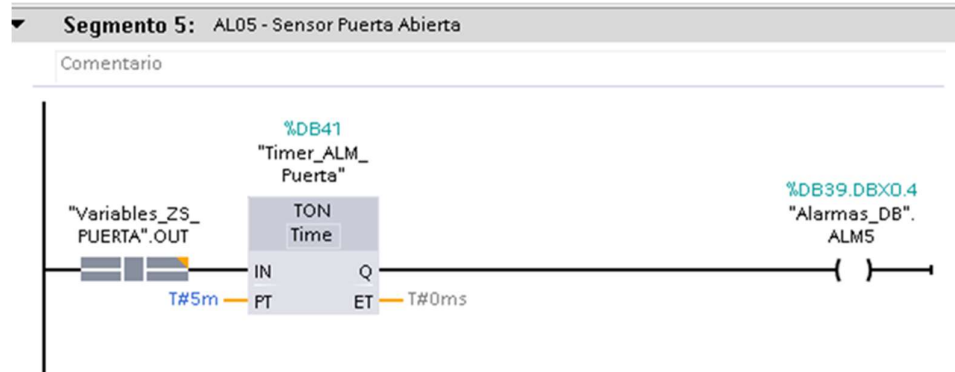


Figura 31. ALM05

ALM06 - Temperatura muy alta

Alarma que saltara si la sonda de temperatura de la cámara supera un valor programado en el bloque del elemento.

ALM07 - Temperatura muy baja

Alarma que saltara si la sonda de temperatura de la cámara es inferior un valor programado en el bloque del elemento.

A partir de estas alarmas y varias señales más podemos determinar el funcionamiento de la Baliza:

<u>Luz Verde:</u>	La cámara está en proceso de enfriamiento.
<u>Luz Blanca:</u>	La cámara tiene tensión.
<u>Luz Azul:</u>	La puerta está abierta.
<u>Luz Naranja:</u>	El bloque de la sonda de temperatura de la cámara tiene saltada la alarma de alta temperatura o baja temperatura (paso previo a la activación de ALM06 o ALM07).
<u>Luz Roja</u>	Hay activa una de las alarmas comentadas anteriormente.
<u>Bocina</u>	Hay activa una de las alarmas comentadas anteriormente

Tabla 4. Baliza

4 Informes

Los reports o informes en una cámara de frío son esenciales en sectores como el farmacéutico y el alimenticio debido a la necesidad de mantener condiciones estrictas para asegurar la calidad y seguridad de los productos almacenados.

Los informes permiten realizar un seguimiento continuo y detallado de los parámetros críticos dentro de la cámara de frío como la temperatura o alarmas que pueden haber ocurrido durante el funcionamiento. Esta monitorización constante no solo asegura que los productos se mantengan en condiciones óptimas, sino que también proporciona una documentación fiable que respalda la calidad de los mismos. En caso de que se produzca una desviación en las condiciones establecidas, los informes permiten identificar el momento exacto en que ocurrió el problema, lo que facilita la adopción de medidas correctivas antes de que el fallo afecte seriamente los productos almacenados. Esto es particularmente importante para evitar la pérdida de productos valiosos y reducir los costos asociados con productos comprometidos.

Además, en el sector farmacéutico y alimenticio existen regulaciones estrictas impuestas por agencias gubernamentales y normativas internacionales que deben cumplirse rigurosamente para garantizar la seguridad del consumidor. Los informes actúan como evidencia de que las empresas están cumpliendo con estos estándares regulatorios. En auditorías o inspecciones, la documentación generada por los informes es esencial para demostrar que los productos han sido almacenados correctamente y que no se han producido alteraciones en las condiciones que pudieran comprometer su seguridad o eficacia. Esta documentación también es clave para cumplir con la trazabilidad requerida, lo que significa que, en caso de un problema o retiro del mercado, se puede rastrear el lote afectado de manera rápida y precisa, minimizando los riesgos para la salud pública.

De igual manera, los informes desempeñan un papel fundamental en la optimización del mantenimiento de las cámaras de frío. Al proporcionar un registro detallado del comportamiento de los equipos de refrigeración, es posible detectar problemas de rendimiento antes de que se conviertan en fallos graves. Por ejemplo, una ligera variación en la temperatura o una alarma repetitiva pueden ser indicadores tempranos de que el equipo necesita mantenimiento. Esto permite planificar intervenciones preventivas que aseguren el buen funcionamiento del sistema y eviten interrupciones imprevistas que podrían poner en riesgo los productos almacenados.

En conclusión, los informes en una cámara de frío en los sectores farmacéutico y alimenticio son herramientas indispensables para garantizar que los productos almacenados mantengan su calidad y seguridad. Además de permitir el seguimiento de las condiciones de almacenamiento en tiempo real, estos informes proporcionan la documentación necesaria para cumplir con normativas, asegurar la trazabilidad de los productos y evitar pérdidas económicas. Sin estos informes, sería extremadamente difícil mantener el control de calidad y asegurar que los productos almacenados en cámaras de frío cumplan con los estándares requeridos a lo largo de toda la cadena de suministro.

Por este motivo una vez creado y probado el programa del PLC es necesario generar los correspondientes informes tanto de alarmas, como de la temperatura del proceso.

Para generar los informes en este proyecto, ha sido necesario integrar diferentes herramientas clave que permiten recopilar, procesar y visualizar los datos de manera eficiente. En este caso, se ha utilizado KEPServer como la plataforma de comunicación para adquirir datos en tiempo real desde los equipos de campo, y SQL como la base de datos central para almacenar y gestionar toda esa información. KEPServer se encarga de la conexión y extracción de datos provenientes del PLC, mientras que SQL proporciona la estructura necesaria para almacenar y organizar esos datos, permitiendo así su posterior análisis y generación de informes detallados gracias a las herramientas SQL Server

Management Studio 20, Report Server Configuration Management y el Report builder. Esta integración es sido esencial para garantizar que los reports reflejen información precisa cumpliendo con los requisitos del sistema.

Para las pruebas de funcionamiento de estos informes en un entorno de simulación también será necesario la utilización del PLCsim de Tia Portal, el Net to PLCsim y el protocolo ODBC.

La relación entre los programas utilizados teniendo en cuenta el entorno de pruebas es la indicada en la siguiente imagen:



Figura 32. Estructura de programas

4.1 KEPServer

KEPServer es un software desarrollado por KEPware que se utiliza principalmente en el ámbito de la automatización industrial para facilitar la comunicación entre dispositivos y sistemas de control. Su función principal es actuar como un servidor de comunicación que permite conectar equipos de diferentes fabricantes y protocolos, como PLCs, sistemas SCADA, sistemas MES, entre otros.

Lo que hace especial a KEPServer es su capacidad de soportar una amplia gama de protocolos de comunicación industrial, como Modbus, Ethernet/IP, BACnet, y muchos otros. Esto lo convierte en una herramienta esencial para conectar dispositivos que normalmente no podrían comunicarse entre sí de forma nativa, permitiendo que trabajen juntos en una red unificada.

Su uso principal es en la automatización de fábricas, donde facilita la interconexión de dispositivos de control y monitoreo.

En resumen, KEPServer actúa como un intermediario clave en la automatización industrial, conectando y gestionando una amplia variedad de dispositivos y sistemas, todo ello a través de un protocolo de comunicación común, lo que simplifica y optimiza las operaciones industriales por ello KEPServer es el programa utilizado para comunicar el PLC con la base de datos de SQL.

Configuración

La configuración de KEPServer es un proceso que, aunque puede variar según la aplicación específica, generalmente sigue una secuencia de pasos que facilitan la integración de dispositivos industriales con sistemas de control y software de supervisión.

Primero, una vez que el software KEPServer ha sido instalado, se debe iniciar la aplicación para comenzar a crear un proyecto nuevo. Este proyecto contendrá la configuración de todos los dispositivos y conexiones que se deseen establecer.

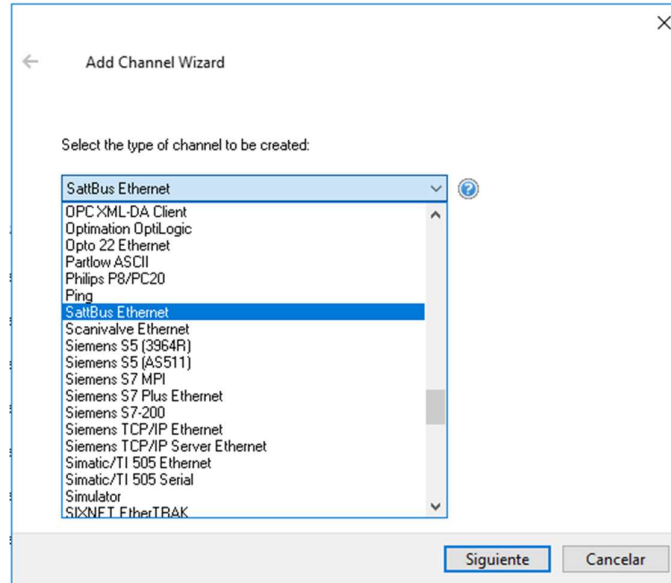


Figura 33. KEPServer 1

El siguiente paso es agregar un canal de comunicación, que es donde se define el protocolo que se va a utilizar para comunicarse con los dispositivos de campo, como Modbus, Ethernet/IP, o BACnet, entre otros. Durante esta fase, se deben configurar detalles específicos del protocolo, como las direcciones IP, puertos de comunicación, velocidades de transmisión y otros parámetros que dependen del dispositivo o sistema con el que se desea interactuar.

Después de configurar el canal, se procede a agregar dispositivos dentro de este canal. Cada dispositivo debe configurarse individualmente, proporcionando la información necesaria para que KEPServer pueda conectarse y comunicarse correctamente con él. Esto incluye ingresar la dirección del dispositivo en la red, seleccionar el tipo de dispositivo (por ejemplo, un PLC específico) y configurar otros parámetros relevantes, como los intervalos de sondeo o actualización de datos.

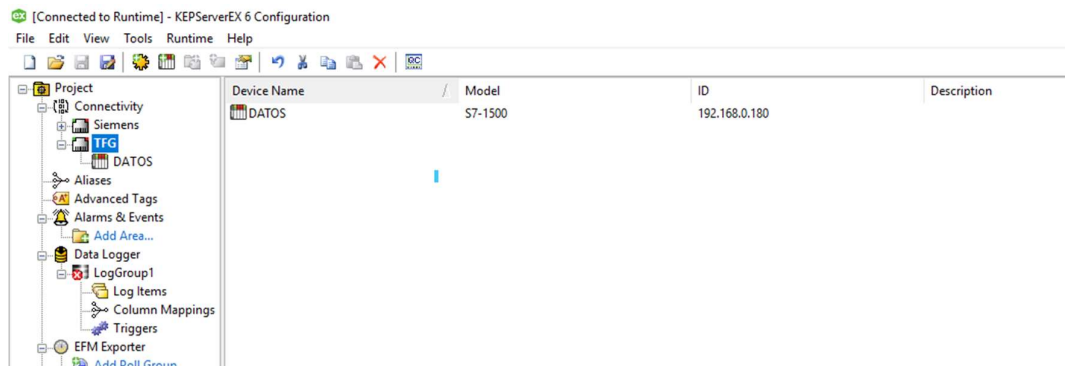


Figura 34. KEPServer 2

Una vez que los dispositivos han sido añadidos y configurados, el siguiente paso es definir los tags o puntos de datos. Los tags son las variables específicas que se desean monitorear o controlar en cada dispositivo. Esto puede incluir datos como temperaturas, presiones, niveles, o estados de máquinas. Los tags se crean seleccionando las

direcciones o registros específicos de los dispositivos, y definiendo cómo se interpretarán y utilizarán esos datos en el sistema.

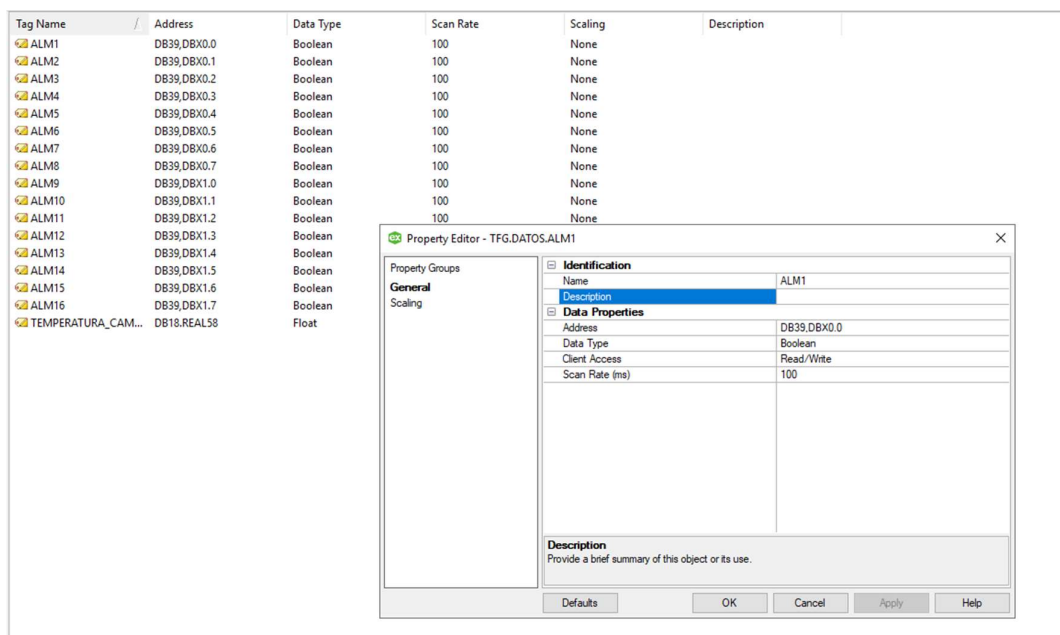


Figura 35. KEPServer 3

Tras configurar los canales, dispositivos y tags, es importante realizar una prueba de comunicación para asegurarse de que todos los dispositivos estén conectados correctamente y que los datos se estén transfiriendo de manera adecuada. Esto se hace mediante la herramienta de diagnóstico incluida en KEPServer, que permite verificar el estado de la conexión y la correcta adquisición de los datos de los dispositivos.

Finalmente, una vez que se ha comprobado que todo funciona correctamente, el proyecto puede ser guardado y activado, permitiendo que KEPServer empiece a recibir datos en tiempo real desde el PLC.

Una vez se ha generado la comunicación ha sido creada entre PLC y KEPServer es necesario crear el Log de datos que se encargará de registrar los datos previamente comunicados con la base de datos de SQL, para ello, se configura la opción de DataLogger. Aquí, se define dónde se almacenarán los datos, siendo lo más común el uso de bases de datos SQL para guardar esta información. En este punto, es necesario establecer la conexión con el servidor SQL, proporcionando los detalles de autenticación y los nombres de las tablas donde se guardarán los datos registrados.

Una vez configurada la conexión con SQL, se define la frecuencia de muestreo y las condiciones bajo las cuales se generará un log de datos. Esto implica establecer con qué regularidad se registrarán los datos en la base de datos, que puede ser en intervalos fijos de tiempo o cuando ocurra algún evento específico (como un cambio en el valor de una variable).

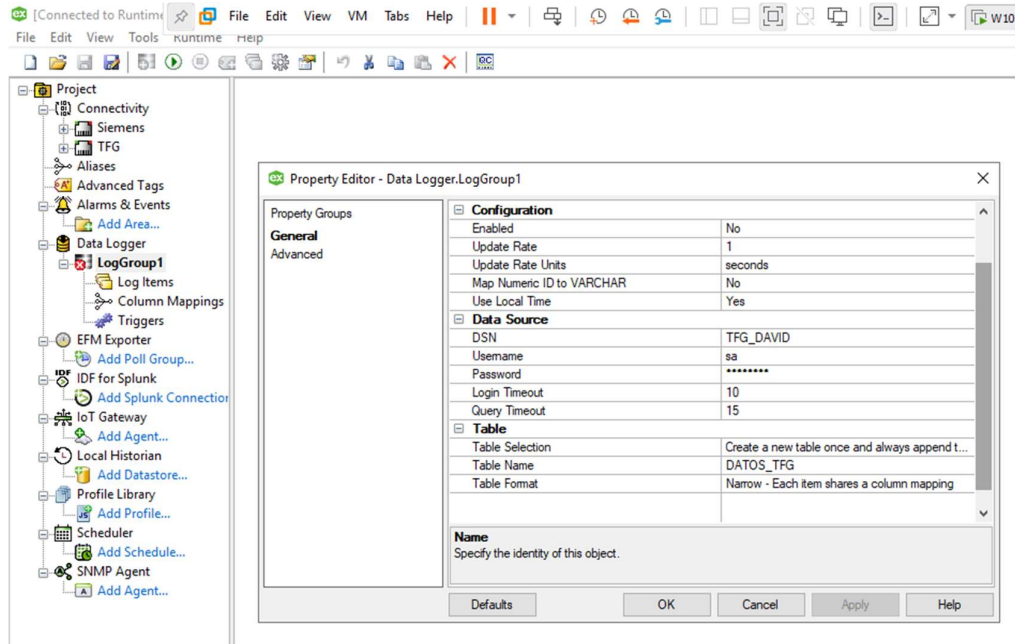


Figura 36. KEPServer 4

Finalmente, el sistema comienza a registrar automáticamente los datos, que luego podrán ser consultados desde la base de datos para generar informes.

4.2 SQL Server

SQL Server es un sistema de gestión de bases de datos desarrollado por Microsoft, utilizado para almacenar, organizar y gestionar grandes volúmenes de datos de manera eficiente. Su función principal es manejar bases de datos, permitiendo realizar consultas complejas, gestionar información y generar informes. A través del lenguaje SQL (Structured Query Language), se pueden manipular y consultar los datos fácilmente, por este motivo SQL Server una plataforma ideal y una de las más utilizadas para entornos industriales.

Dentro de SQL Server, se encuentran dos herramientas esenciales tanto para la administración de las bases de datos como la creación de informes a partir de la información almacenada: SQL Server Management Studio (SSMS) y SQL Server Report Builder.

SQL Server Management Studio (SSMS) es la herramienta principal para administrar los servidores SQL y las bases de datos asociadas. Proporciona una interfaz gráfica que permite gestionar las bases de datos de manera eficiente. SSMS facilita tareas como la creación de nuevas bases de datos, la modificación de las existentes, la escritura y ejecución de consultas SQL, y la configuración de permisos y usuarios. Su funcionalidad también abarca el monitoreo del rendimiento del servidor, la configuración de copias de seguridad, y la gestión de la seguridad de los datos.

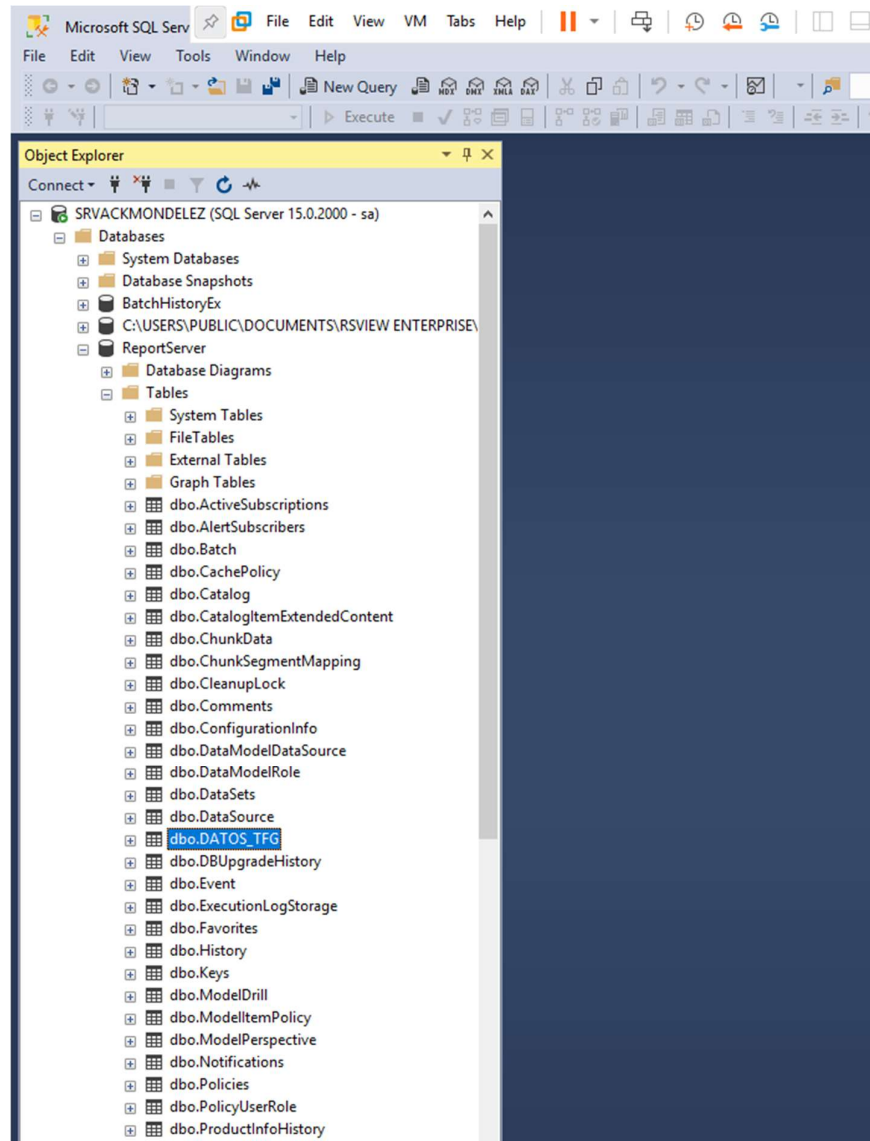


Figura 37. SQL 1

Para generar la estructura de tablas se ha requerido del programa Report Server Configuration Manager el cual a partir de una rápida configuración genera las tablas de datos necesarias para crear de manera rápida informes de cualquier tipo. A parte de generar las tablas, este programa te genera una URL por la cual se podrá acceder a consultar los informes.

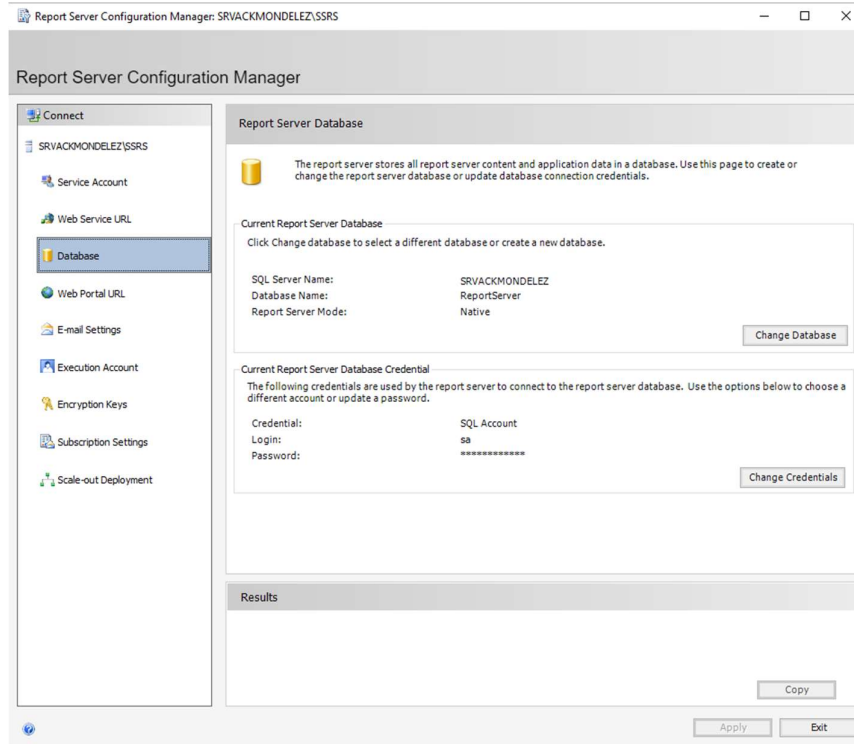


Figura 38. SQL 2

Por otro lado, SQL Server Report Builder es una herramienta diseñada para la creación de informes personalizados a partir de los datos almacenados en SQL Server. Report Builder facilita el diseño de informes mediante una interfaz muy intuitiva donde se pueden generar tablas y otros elementos visuales. Además, se integra con SQL Server Reporting Services (SSRS), lo que permite la publicación directa de los informes en un servidor de informes, facilitando su acceso.

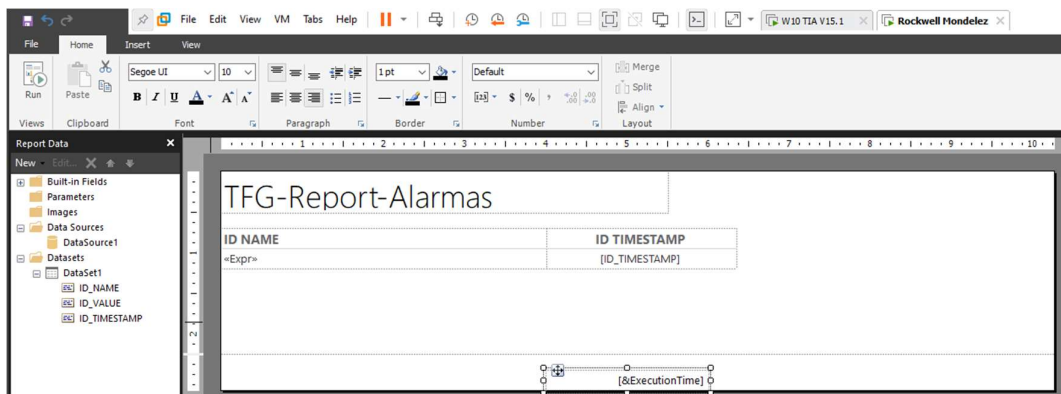


Figura 39. Report builder

Dado que los datos más interesantes del proyecto y más relevantes del proceso a controlar, son las alarmas y los registros de la temperatura interior de la cámara se generan 2 reports

distintos, el informe “TFG- REPORT-Temperatura Camara” y el informe “TFG-Report-Alarmas”.

ID NAME	ID TIMESTAMP	ID VALUE
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:05 PM	28
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:07 PM	23
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:08 PM	22
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:09 PM	19
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:10 PM	19
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:10 PM	16
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:11 PM	13
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:12 PM	10
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:13 PM	7
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:14 PM	4
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:15 PM	4
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:15 PM	1
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:17 PM	-2
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:18 PM	-5
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:19 PM	-8
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:20 PM	-8
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:20 PM	-11
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:23 PM	-11
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:23 PM	-10
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:26 PM	-9
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:28 PM	-8
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:29 PM	-7
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:30 PM	-7
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:30 PM	-6
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:31 PM	-5
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:32 PM	-4
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:33 PM	-3
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:34 PM	-2
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:35 PM	-2
TEMPERATURA CAMARA	9/12/2024 5:38:35 PM	-1

Figura 40. Report Temperatura

ID NAME	ID TIMESTAMP
AL01 - Chiller C1	9/12/2024 5:46:21 PM
AL02 - Chiller C2	9/12/2024 5:49:46 PM
AL03 - Sensor Precision 1	9/12/2024 5:52:36 PM
AL04 - Sensor Precision 2	9/12/2024 5:52:36 PM
AL05 - Sensor Puerta Abierta	9/12/2024 5:52:36 PM
AL06 - Temperatura muy alta	9/12/2024 5:52:36 PM
AL07 - Temperatura muy baja	9/12/2024 5:56:46 PM

Figura 41. Report Alarmas

4.3 ODBC

Otro procedimiento a tener en cuenta es la creación del driver ODBC, en la mayoría de los proyectos industriales este punto no sería necesario ya que los procesos industriales de los cuales se historizan datos, suelen estar incluidos en un SCADA. Al estar conectado con SCADA el propio SCADA es el que, entre otras funciones, hace de puente entre el KEPServer y la base de datos de SQL.

De esta manera, al no disponer de SCADA y ser la comunicación directa PLC-KEPServer-SQL, es necesario crear el driver ODBC ya que el ODBC actúa como un puente entre la aplicación y una base de datos, proporcionando un para interactuar con sistemas de gestión de bases de datos (como SQL Server, MySQL, Oracle, entre otros).

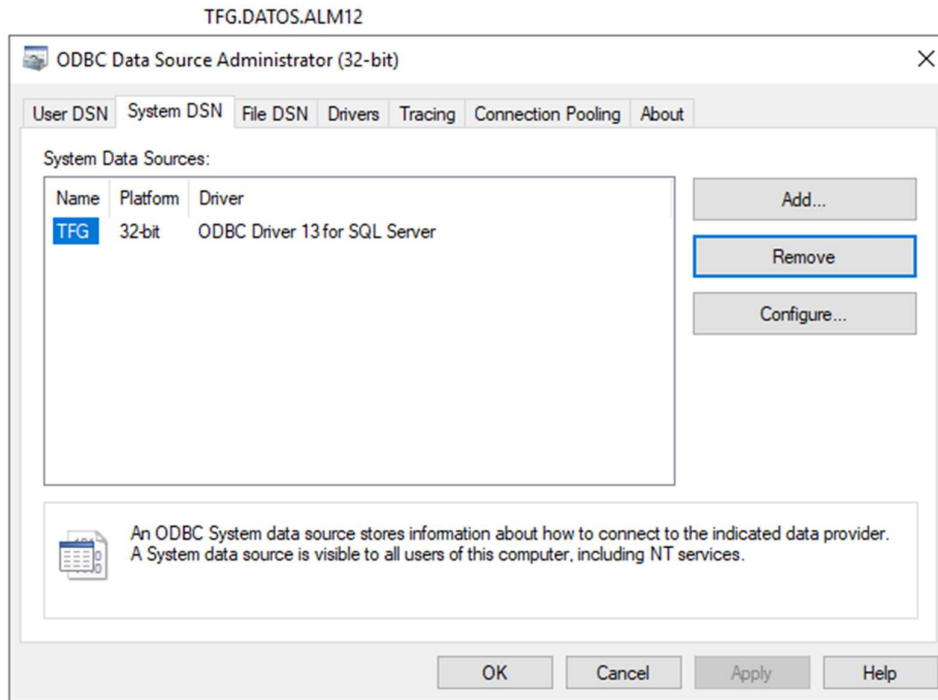


Figura 42. ODBC

4.4 Otros programas

Para realizar la simulación de los informes en un entorno de simulación, es necesario utilizar PLCSIM y NetToPLCSIM, dos herramientas que permiten emular el comportamiento del PLC y su interacción con otros sistemas.

PLCSIM es una aplicación integrada en TIA Portal que permite simular el funcionamiento de un PLC sin necesidad de tener el hardware físico. Con PLCSIM, es posible ejecutar y probar el programa creado para el PLC en un entorno virtual, verificando su lógica y asegurando que el control de las señales y los dispositivos se comporta como se espera.

Por otro lado, NetToPLCSIM es una herramienta que complementa a PLCSIM, permitiendo que la simulación del PLC pueda conectarse con otros sistemas o aplicaciones externas a través de una red virtual. En esencia, actúa como un puente entre el PLC simulado y cualquier software que necesite comunicarse con él. NetToPLCSIM redirige las conexiones

de red que normalmente se usarían en un PLC físico hacia la simulación, lo que facilita la interacción entre el entorno simulado y aplicaciones externas.

El uso combinado de PLCSIM y NetToPLCSIM permite poder generar de forma simulada los datos que ha leído KEPServer.

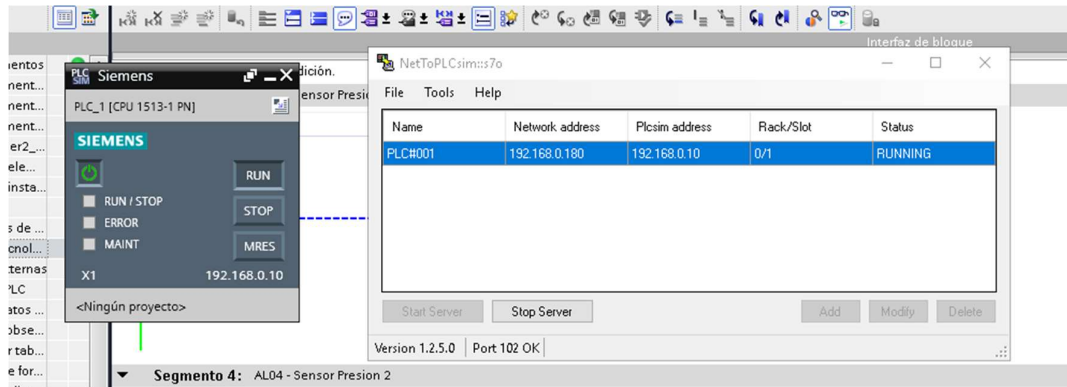


Figura 43. PLCSim y NettoPLCSIM

5 Conclusiones

La realización de este proyecto ha sido un éxito tanto en la realización de los objetivos del proyecto, como en todo lo aprendido durante la realización de este.

Para empezar, se ha identificado la cantidad de entradas y salidas en función de los elementos de los que se disponen, seguidamente se han generado los bloques tanto de elementos como de proceso y se han realizado las pruebas de simulación pertinentes para validarlos y finalmente generar la comunicación PLC-KEPServer-SQL para generar los informes.

Dejando de lado la parte técnica, cabe remarcar, que mis conocimientos en la creación y programación de base de datos y informes, ha mejorado en todos los ámbitos. Al utilizar máquinas virtuales, ya que muchos programas eran de pago y por mi situación laboral disponía de máquinas virtuales con licencias de estos programas, me he encontrado varios problemas de configuraciones no esperadas previo al proyecto y que he tenido que aprender a solucionar. También remarcar que este trabajo me ha sido muy útil para aprender a comunicar un PLC directo a SQL ya que no tenía conocimiento previo en este ámbito.

6 Referencias

Catálogo 301 Catálogo Condensado de los Productos Sporlan (2008) - https://www.parker.com/literature/Sporlan/Sporlan%20pdf%20files/Sporlan%20pdf%20Export/301Span_072008.pdf

Termorresistencia Versión roscada y compacta Modelo TR36 (2022) - https://www.wika.com/media/Data-sheets/Temperature/Resistance/thermometers/ds_te6036_es_es.pdf

REPA (2024) – <HTTPS://WWW.GEV-ONLINE.COM/ES/WEBSHOP/PRODUCT/601972>

VULCANIC - <HTTPS://FR.ZONE-SECURE.NET/55453/398952/#PAGE=106>

The process cooling 2.0 (2023) - https://www.mtait.com/backend/prodotti/file_upload/allegato/2311301643112_5050fas2i001db.pdf

Interruptor Magnético Codificado Interruptores De Seguridad De Telemecanique Xcs Xcsdmc 2 Nc Escalonada 2 M - <HTTPS://EREF.SE.COM/AR/ES/WEB-PRODUCT-DATA-SHEET/PRODUCT-PDF/XCSDMC7902>

Signal Tower instruction manual - [https://media.automation24.com/manual/es/LR4+Series+Quick+Manual+\(En\).pdf](https://media.automation24.com/manual/es/LR4+Series+Quick+Manual+(En).pdf)

Transmisor de presión Para aplicaciones industriales Modelo A-10 (2023) - https://www.wika.com/media/Data-sheets/Pressure/Pressure-sensors/ds_pe8160_es_es.pdf

Mandado, E. (2018). Autómatas programables y sistemas automatización. Marcombo

MECALUX ESMENA (2017) - <https://www.mecalux.es/articulos-de-logistica/aislamiento-termico-camaras-frigorificas>

Inditer (2020) - <HTTPS://INDITER.ES/BLOG/COMO-FUNCIONA-EL-CICLO-DE-REFRIGERACION-INDUSTRIAL/#:~:TEXT=Es%20DONDE%20EL%20REFRIGERANTE%2C%20AHORA,CALOR%20Y%20ENFRIANDO%20EL%20ENTORNO.>