



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación



“Diseño de un Sistema SCADA de los sistemas de refrigeración y control de alarmas para fugas de gas amoníaco en los barcos pesqueros atuneros”

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGISTER EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL

Presentado por:

Ing. Orlando Alexander Murillo Naranjo

Guayaquil - Ecuador

2021

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a toda mi familia que desde el inicio de la MACI me han apoyado con sus consejos y brindándome energía positiva para llegar a esta instancia de mi carrera académica.

A mi tutor el MSc. Alexander Prieto L. el cual, por medio de sus consejos, paciencia conocimiento y desarrollo de habilidades que me ha brindado a lo largo de este proyecto.

A los docentes de la MACI por habernos compartido sus conocimientos con respeto y profesionalismo en cada clase y por supuesto, ser mejores seres humanos.

A mis amigos, amigas y colegas de la sexta promoción de la MACI por el apoyo incondicional en cada paso a este desarrollo de este proyecto.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón y mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante la realización de este proyecto.

Mi madre Alexandra, por creer siempre en mí,
Mamá gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto te lo debo a ti.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ph. D. MARÍA ÁLVAREZ

SUB-DECANO FIEC

MSc. ALEXANDER PRIETO

DIRECTOR DE TESIS

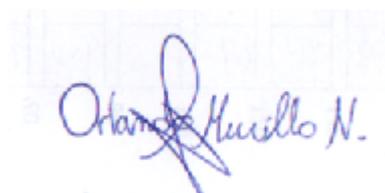


MSc. RONALD SOLÍS

MIEMBRO PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”.

A handwritten signature in blue ink, reading "Orlando Murillo N.", is positioned above a horizontal line. The signature is written in a cursive style with a large initial 'O'.

Ing. Orlando Murillo Naranjo

RESUMEN

En este documento se presenta el estudio sobre el uso de los refrigerantes en los sistemas de refrigeración dentro de los barcos pesqueros-atuneros.

Está enfocado en el diseño y simulación de un sistema de supervisión en el sistema de refrigeración para el monitoreo y toma de decisión de dicho sistema ante sus fallas en lo que concierne sobre todo a fuga de refrigerante y cómo actuar ante ella.

Algunos datos dentro del sistema son teóricos; sin embargo, otros datos se asemejan al sistema de refrigeración en la vida real en distintas situaciones, por lo cual, las reglas del sistema para la decisión de respuesta puedan ser adaptables para la programación de la misma, pero con la diferencia de que dichas reglas dependerán de la cantidad de componentes como: compresores, cubas, válvulas de paso, etc. a usarse en el sistema de refrigeración utilizando el software Indusoft Web Studio.

Los resultados obtenidos se expresarán en la detección, accionamiento y decisión a la anomalía del sistema que esté causando una falla y a la postre, la reconfiguración del sistema por medio de la comunicación maestro-esclavo entre los dispositivos de automatización durante el desarrollo de este trabajo de titulación.

Palabras claves: Refrigeración, Supervisión, Seguridad, Fugas, Amoníaco, Temperatura, Presión, Sistema Experto.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	II
DEDICATORIA.....	III
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	IV
DECLARACIÓN EXPRESA	V
RESUMEN	VI
ÍNDICE GENERAL	VII
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
INDICE DE TABLAS	XVIII
INTRODUCCIÓN	XIX
CAPÍTULO 1	1
1. ANÁLISIS DEL PROBLEMA	1
<i>1.1 Identificación del Problema</i>	<i>1</i>
<i>1.2 Justificación del problema</i>	<i>2</i>
<i>1.3 Solución Propuesta</i>	<i>3</i>
<i>1.4 Objetivos</i>	<i>3</i>
<i>1.4.1 Objetivo General</i>	<i>3</i>
<i>1.4.2 Objetivos Específicos</i>	<i>3</i>
<i>1.5 Metodología</i>	<i>4</i>
CAPÍTULO 2	6
2. ESTADO DEL ARTE	6

2.1. Principios Básicos de Refrigeración.....	6
2.2. Sistemas de Refrigeración.	7
2.2.1 Funcionamiento del Sistema de Refrigeración.....	7
2.3. Componentes de los sistemas de refrigeración.....	9
2.3.1 Compresores de refrigeración o frigoríficos	9
2.3.2 Evaporadores.....	13
2.3.3 Condensadores.....	15
2.3.4 Sistemas de Agua Desechable.....	16
2.3.5 Refrigerantes	18
2.3.6 Dispositivos de Expansión	19
2.3.7 Receptores.....	21
2.3.8 Separadores de Aceite	22
2.4. Gas Amoníaco	23
2.4.1 Parámetros de uso en la industria	25
2.5 Automatismos de Refrigeración.....	26
2.5.1 Regulador	27
2.5.2 Sensores del sistema de refrigeración	27
2.6 Sistemas de Control Lógico Secuencial	30
2.7 Controlador Lógico Programable (PLC)	33
2.7.1 Elección del PLC.	34
2.8 STEP 7 TIA PORTAL.....	37
2.9 SISTEMAS SCADAS	39
2.9.1 Sistemas de Supervisión.	40
2.10 Indusoft Web Studio.....	42
2.11 Detección y Diagnóstico de Fallas.	43
2.12 Sistemas Expertos.	45

CAPÍTULO 3	47
DISEÑO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD Y RECONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	47
3.1. <i>Diseño del sistema de seguridad.</i>	48
3.1.1 Sistema lumínico-sonoro.	59
3.1.2 Sistema de neutralización del gas amoníaco.	61
3.2 <i>Reconfiguración del sistema de Refrigeración.</i>	63
3.3. <i>Resultados del Capítulo.</i>	65
CAPÍTULO 4	73
4. DISEÑO DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN	73
4.1 Algoritmo de detección de fallos y decisión de la respuesta del sistema de seguridad.	73
4.2 <i>Diseño de la pantalla principal del sistema de Refrigeración.</i>	75
4.2.1 Descripción del sistema de Refrigeración.	75
4.3 <i>Control de Alarmas para Fugas de Gas Amoníaco.</i>	83
4.4 Tendencias de los Componentes del Sistema de Refrigeración.	85
4.5 Seguridad Operacional del Usuario.	91
4.6 <i>Análisis de Costo.</i>	102
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
Bibliografía	105
ANEXOS	110

ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

KPa	KiloPascales
ppm	Partes Por Millón
°C	Grados Centígrados.
KW	KiloWatts.
Lts.	Litros
I/O	Entradas / Salidas

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Sistema Básico de Refrigeración. [3]	7
Figura 2. 2 Funcionamiento Sistema Básico de Refrigeración [3]	8
Figura 2. 3 Compresor de Refrigeración [30]	10
Figura 2. 4: Compresor de refrigeración y sus partes. [6].....	11
Figura 2. 5: Descarga del compresor en relación a la presión. [8]	12
Figura 2. 6: Evaporador de tubo. [10].....	14
Figura 2. 7: Intercambio de calor en el interior del evaporador. [8]	14
Figura 2. 8: El flujo de un fluido en el condensador. [8].....	16
Figura 2. 9: Sistema de agua desechable cuando hay agua en abundancia. [8]	17
Figura 2. 10: Refrigerantes. [13].....	18
Figura 2. 11: Ciclo de refrigeración completo con sus componentes básicos: compresor, condensador, evaporador y dispositivo de expansión. [8]	20
Figura 2. 12: Dispositivo de expansión exhibiendo un cambio de temperatura en una dirección a otra. [8].....	21

Figura 2. 13: Receptores verticales y horizontales. [8].....	22
Figura 2. 14: Separador de aceite usado en el conducto de descarga de un compresor para devolver parte del aceite al compresor antes de que salga hacia el sistema. [8].....	22
Figura 2. 15: Botella de gas amoníaco. [15].....	23
Figura 2. 16: Presostato. [21]	29
Figura 2. 17: Termostato. [22]	30
Figura 2. 18: Esquema de Bloques de un Sistema Secuencial. [23].....	31
Figura 2. 19: Ejemplo de un diagrama de flujo de un Sistema Secuencial. [23]	33
Figura 2. 20: TIA PORTAL. [25]	37
Figura 2. 21: Interfaz del software TIA PORTAL en Vista Portal. [25].....	38
Figura 2. 22: Monitorización (izquierda) y Supervisión (derecha) de un Proceso. [28]	40
Figura 2. 23: Interfaz del software Indusoft Web Studio. [29]	42
Figura 2. 25: Sistema Experto. [28]	45

Figura 3. 1. Comunicación PLC - Scada y viceversa.	47
Figura 3. 2. Configuración del PLC S7-1500 para el sistema de seguridad.	50
Figura 3. 3. Vista General de Dispositivos configurados en el PLC S7-1500.	50
Figura 3. 4. Conexiones y redes.....	52
Figura 3. 5. Listado de variables para el sistema de seguridad.....	52
Figura 3. 6. Esquema Eléctrico de los sensores de detección de fugas en el PLC.	54
Figura 3. 7. Diagrama de flujo para las Cubas	56
Figura 3. 8. Diagrama de flujo Compresores y Separadores.....	57
Figura 3. 9. Diagrama de los Condensadores y Receptor.....	58
Figura 3. 10. Diagrama de flujo del sistema Lumínico-Sonoro.....	60
Figura 3. 11. Riego de líquido para la neutralización del gas en el Sistema SCADA.....	61
Figura 3. 12. Segmentos para la Neutralización del gas.	62
Figura 3. 13. Diagrama de flujo de la Reconfiguración del Sistema.	65

Figura 3. 14. Sistema SCADA en ejecución ante una falla en dicho sistema. (Indusoft Web Studio).....	65
Figura 3. 15. Falla detectada en uno de las cubas del sistema de refrigeración. (TIA PORTAL)	66
Figura 3. 16. Activación del sistema lumínico.....	66
Figura 3. 17. Activación del sistema lumínico (SCADA)	67
Figura 3. 18. Activación del sistema lumínico y salida de la sala del sistema de refrigeración. (SCADA).....	67
Figura 3. 19. Activación del sistema sonoro.	68
Figura 3. 20. Activación del sistema sonoro por medio de una luz piloto y paro del sistema SCADA. (Indusoft Web Studio)	68
Figura 3. 21. Neutralización del gas.	69
Figura 3. 22. Circuito de riego de líquido para la neutralización de gas. (Indusoft Web Studio).....	69
Figura 3. 23. Activación de la reconfiguración del sistema desactivando los otros sistemas que forman parte del sistema de seguridad.	70
Figura 3. 24. La salida “ClassCub1” es el contacto que envía la señal al SCADA para su reconfiguración”.	71

Figura 3. 25. Componente afectado por alguna fuga de gas antes de su reconfiguración.....	72
Figura 3. 26. Una válvula de cierre (izquierda) suspende el funcionamiento del componente para su futura reparación.....	72
Figura 4. 1. Diagrama de bloques para el algoritmo de detección de fallos y respuesta del sistema.	74
Figura 4. 2. Pantalla Principal del Sistema de Refrigeración.....	75
Figura 4. 3. Botella de Amoníaco y Chiller	76
Figura 4. 4. Cubas del Sistema de Refrigeración.	77
Figura 4. 5. Compresores.....	78
Figura 4. 6. Separadores de Aceite.....	80
Figura 4. 7. Condensador y agente de enfriamiento (Agua proveniente del Mar)	81
Figura 4. 8. Recibidor o Receptor de líquido refrigerante.....	82
Figura 4. 9. Pantalla “Alarmas”.....	83
Figura 4. 10. Cuadro de Alarmas.	84

Figura 4. 11. Tarea de Alarmas del Sistema.	84
Figura 4. 12.Reconocimiento del historial de Alarmas durante la ejecución del sistema.	85
Figura 4. 13. Botones de la pantalla “Navegación”.....	86
Figura 4. 14. Pantalla “Cuba”.	87
Figura 4. 15. Puntos para la Tendencia de la temperatura de Entrada de c/cuba.....	87
Figura 4. 16. Puntos para la Tendencia de la temperatura interna de c/cuba.	87
Figura 4. 17. Puntos para la Tendencia de la temperatura saliente de c/cuba.	88
Figura 4. 18. Puntos para la Tendencia de presión constante de c/cuba.	88
Figura 4. 19. Pantalla “Compresores”.	89
Figura 4. 20. Puntos de variables para el Compresor #1.	89
Figura 4. 21. Puntos de variables para el Compresor #2.	90
Figura 4. 22. Pantalla “Separadores”.	90
Figura 4. 23. Puntos de variables para los Separadores 1 y 2.	91

Figura 4. 24. Asistente del Sistema de Seguridad Operacional del Usuario.	92
Figura 4. 25. Configuración para los grupos de seguridad.....	93
Figura 4. 26. Cuentas de grupo para la seguridad del usuario.....	93
Figura 4. 27. Grupo de seguridad “Tripulación”.....	94
Figura 4. 28. Grupo de seguridad “Operador”.....	94
Figura 4. 29. Grupo de seguridad “Supervisor”.....	95
Figura 4. 30. Grupo de seguridad “Jefe”.....	95
Figura 4. 31. Pantalla de Acceso al usuario.....	96
Figura 4. 32. Ejecución de Acceso al usuario.....	97
Figura 4. 33. Ingreso de Datos de Usuario del grupo “Tripulación”.....	97
Figura 4. 34. Ingreso de Datos de Usuario del grupo “Operador”.....	98
Figura 4. 35. Ingreso de Datos de Usuario del grupo “Supervisor”.....	98
Figura 4. 36. Ingreso de Datos de Usuario del grupo “Jefe”.....	99
Figura 4. 37. Usuario del grupo “Tripulación” ingresando al sistema SCADA.	100

Figura 4. 38. Confirmación de acceso al SCADA por el usuario del grupo “Tripulación”	100
Figura 4. 39. Seguridad aplicada al grupo “Tripulación” durante la ejecución del sistema.	101

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Propiedades de los Refrigerantes Amoníaco y Freón. [16]	25
Tabla 2. Efectos del gas R-717 (Amoníaco). [17].....	26
Tabla 3 . Descripción de los módulos dentro de la configuración del PLC...	51
Tabla 4 .Descripción de las variables del PLC del sistema de seguridad. ...	53
Tabla 5. Tabla de procedimiento para la detección y diagnóstico de fallas del sistema de refrigeración.	55
Tabla 6 .Grupos de Seguridad junto con el ingreso de datos de los usuarios.	93

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de titulación está orientado a la supervisión y control de un sistema de refrigeración dentro de los barcos pesqueros-atuneros. Para lo cual se han diseñado dos sistemas, uno de supervisión que permite observar el funcionamiento del sistema y otro de seguridad para la protección de sus componentes y de la gente a bordo del barco.

Este documento realiza un estudio del sistema de refrigeración y la programación sobre las posibles anomalías que tenga dicho sistema y, a la postre, salvar a la tripulación del barco de una muerte irreparable.

A lo largo de la programación del sistema de este trabajo de titulación, se va observando cuándo funciona en buenas condiciones y cuándo existen fallas que provocan fugas en el sistema de refrigeración. Haciendo que el sistema de seguridad cumpla su programación de manera eficaz. Protegiendo los componentes, detectando la falla, actuando sobre ella y reconfigurando el sistema de refrigeración aliviando los componentes de las anomalías. Haciendo que dicho sistema quede fuera de todo peligro y vuelva a funcionar en sus buenas condiciones.

CAPÍTULO 1

1. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del Problema

Durante los últimos años en los barcos pesqueros-atuneros, luego de realizar una pesca en altamar y durante la navegación para llegar a puerto, los barcos no poseían un sistema de refrigeración por lo cual la materia prima, en este caso el atún, pasaba a un estado de descomposición.

Para resolver dicha situación, una sala con un sistema de refrigeración hace que se conserve la materia prima y su procesado para su distribución al cliente.

Sin embargo, dichos sistemas de refrigeración son difíciles de manipular por el gas refrigerante que circula por todo el sistema, el gas amoníaco. Este, mantiene un ambiente frío dentro de los contenedores donde se coloca la materia prima (atún) evitando la descomposición de la misma y otros componentes.

Ha habido casos en que dicho gas dentro de las tuberías del sistema ha explotado y el gas se ha esparcido provocando muertes a los seres humanos. Ya que, este gas es mortal si se lo absorbe, deteriorando el organismo del ser humano, por una mala manipulación del gas o por mal funcionamiento del sistema en sus componentes.

No obstante, en estos sistemas de refrigeración sólo existen indicadores que determinan los niveles y valores de las variables de cada componente que conforman el sistema sin saber la ubicación de la fuga de gas, estado de los componentes, control y acción a la fuga para evitar muertes desastrosas.

1.2 Justificación del problema.

Una posible solución al problema es diseñar un sistema de supervisión basado en los sistemas de refrigeración de los barcos con su funcionamiento. Durante la simulación de este trabajo se considerará el diseño de los componentes necesarios del sistema de refrigeración efectuando el mismo funcionamiento.

Además, el sistema SCADA (Control Supervisor y Adquisición de Datos) se comunicará con un controlador lógico programable (PLC) y viceversa bajo un control de detección de fugas del gas amoníaco.

Así, el sistema de seguridad dará protección y solución a las anomalías que presencie el sistema de refrigeración durante un accidente simulado en diferentes escenarios, tanto el barco en altamar como en puerto para que la tripulación a bordo, por medio de una ruta lumínica-sonora, que los guíe a la salida del barco evitando una muerte irreparable.

En simultáneo de que el sistema detecte la fuga y de la ruta lumínica, tanto el sistema SCADA como el PLC se encargarán de neutralizar el gas en el lugar donde estuvo dicha fuga y reconfigurar el sistema de refrigeración para modificar parámetros del componente o componentes afectados, adaptarlos al sistema de refrigeración y

volver a iniciar el sistema, resolviendo el problema que se propuso para su respectiva solución.

1.3 Solución Propuesta

Detectar la causa y actuar sobre ella es a lo que se quiere llegar, es decir, el sistema SCADA junto con el PLC comunicados fijarán las fallas o fugas de gas del sistema por medio de la pantalla del SCADA para primero, activar las alarmas de la misma y resolverlas por medio de la decisión de respuesta del sistema de seguridad para que el sistema vuelva a su normal funcionamiento.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Analizar y diseñar un sistema SCADA de refrigeración para detección de fallas de fugas de gas, control o reconfiguración del sistema de refrigeración y accionamiento del sistema de seguridad mediante estudios bibliográficos, software de automatización, etc. Para solucionar los deterioros del sistema a futuro evitando pérdidas irreparables tanto materiales como humano.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar y describir el funcionamiento de un sistema de refrigeración del gas amoníaco empleado en los barcos pesqueros – atuneros.
- Diseñar y proyectar un sistema SCADA del sistema de refrigeración donde transita el gas amoníaco con sus componentes.
- Diseñar un sistema de supervisión para control y monitoreo de los fallos del sistema, reconfigurar el control del sistema de refrigeración y sistema de seguridad.

- Diseñar un sistema lumínico-sonoro para guía de escape de la tripulación a bordo del barco.

1.5 Metodología

Para cumplir con los objetivos se comienza con la revisión del estudio bibliográfico tipo explicativo referente a este trabajo.

Dicho estudio del sistema de refrigeración se describe los componentes que lo conforman y su respectivo funcionamiento dentro del barco, el cual se lo aplica según lo aprendido en la asignatura de “Sistemas SCADA”.

Para eso, se realizará un Sistema SCADA con los componentes del sistema mencionado y simularlos en el software de control y supervisión como lo es Wonderware Indusoft.

Durante el desarrollo de este trabajo se simulará los posibles escenarios que pueden presentarse en caso de alguna fuga de gas dentro del sistema y controlarlos mediante un sistema de supervisión dentro del SCADA y de forma simultánea diseñar la guía de salida del barco evitando el peligro de muerte durante el esparcimiento del gas mediante un sistema sonoro-lumínico.

Por lo tanto, se evitarán muertes irreparables de la tripulación a bordo del barco pesquero.

1.6 Alcance

El tema de titulación que se desarrollará analizará diferentes escenarios para actuar ante una causa como la fuga de un gas refrigerante y resolverla para no obtener consecuencias trágicas.

Este proyecto hará uso de una programación de sistemas SCADA para diseñar y supervisar el funcionamiento del sistema de refrigeración aplicado a los barcos pesqueros-atuneros, además se establecerá una comunicación PLC-INDUSOFT en base al funcionamiento, alarmas, algoritmos de detección de fallas, reconfiguración del sistema de refrigeración y sistema de seguridad ante diferentes escenarios dispuestos a simularlos y por supuesto, a resolverlos.

CAPÍTULO 2

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. Principios Básicos de Refrigeración.

El frío es la ausencia de calor por lo cual un sistema de refrigeración parte por un intercambiador de calor. La termodinámica, en su segunda ley afirma que el calor siempre viaja desde un objeto caliente hacia otro más frío. [1]

Todos los procesos tienden hacia un estado de equilibrio, en el que la temperatura, la presión y demás propiedades se uniformizan en todo el sistema y en el medio. Sin embargo, una vez que un proceso ha alcanzado tal equilibrio no volverá espontáneamente al estado inicial. Los procesos fisicoquímicos se desarrollan en el sentido en que la dispersión o entropía del universo del sistema más el medio aumente lo más posible; en este punto tiene lugar el equilibrio. Los procesos que implican un aumento de entropía son, de este modo, irreversibles; nunca volverán a su estado inicial de manera espontánea. [2]

2.2. Sistemas de Refrigeración.

El sistema de refrigeración es el administrador de mantener la temperatura adecuada en un ambiente determinado. En un barco podemos considerar dos tipos de sistemas de refrigeración: la planta de aire acondicionado en general y la planta de refrigeración de suministros. Ambos sistemas alcanzan el mismo principio de funcionamiento y cuentan con los mismos equipos en general. [3]



Figura 2. 1 Sistema Básico de Refrigeración. [3]

2.2.1 Funcionamiento del Sistema de Refrigeración.

El sistema básico de refrigeración como se muestra en la figura 2.1 cuenta con 4 dispositivos: la maquinaria principal de refrigeración (el compresor), el concentrador de fluido (condensador), los dispositivos de expansión y el intercambiador de calor como el evaporador. El compresor se encarga de aumentar la presión en el sistema. Al llegar el refrigerante al condensador concentra el fluido disminuyendo su temperatura y liberando energía. La válvula de expansión genera una caída de presión

en el sistema. Luego en el evaporador, el refrigerante se evapora aumentando así su temperatura, absorbiendo energía y regresando al compresor. [3]

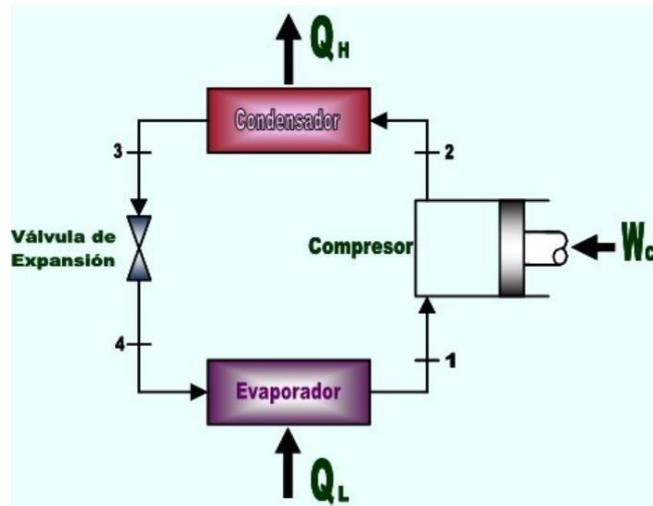


Figura 2. 2 Funcionamiento Sistema Básico de Refrigeración [3]

Durante este proceso, en el condensador mostrado en la figura 2.2, el fluido libera energía para poder volver al estado líquido y esto se convierte en una disminución en su temperatura. En el evaporador se produce el efecto contrario, el refrigerante absorbe energía de su entorno. Esto quiere decir que el evaporador es el que produce el efecto refrigerante. [3]

En los tramos de la salida del compresor hasta la válvula de expansión se considera de alta presión (HP) y desde la salida de la válvula de expansión hasta la entrada del compresor se considera de baja presión (LP). [3]

2.3. Componentes de los sistemas de refrigeración.

En la actualidad, el sistema de refrigeración empleado por la gran mayoría de barcos en los que se requiere producción de frío consiste en la refrigeración por compresión accionada mediante energía eléctrica. [4]

Las ventajas de este tipo de sistema se establecen en:

- Reducción de costes al prescindir de la utilización de combustibles fósiles.
- Menor impacto medioambiental: este sistema emplea compuestos menos contaminantes (amoníaco y agua)
- Además, permiten la recuperación de calor residual, que de otra forma se disiparían directamente a la atmósfera. [4]

Los componentes básicos dentro un sistema de refrigeración son:

- Compresores Frigoríficos.
- Evaporadores.
- Condensadores.
- Acumulador de Líquido.
- Refrigerantes.
- Válvulas de Expansión.

2.3.1 Compresores de refrigeración o frigoríficos

Como verán en la figura 2.3, son mecanismos que se encargan de variar la temperatura del ambiente, mediante el uso de la energía, que hace que circule el fluido por medio de una serie de tuberías internas, se produzca la compresión y la posterior refrigeración, que se despliega en un circuito cerrado y por medio de varios procesos.

[5]

El funcionamiento de un compresor de refrigeración depende mucho de la presión que se produzca, transformando entre alta y baja, concediendo niveles de refrigeración distintos en el ambiente dependiendo de la presión con la que trabaje, lo que hace que pueda mantener un ambiente a bajas temperaturas, que producen un proceso de refrigeración a bajas temperaturas sin llegar al punto de congelación, y otras mucho más bajas que ya producen procesos de congelación del líquido que se encuentre en el ambiente. [5]



Figura 2. 3 Compresor de Refrigeración [30]

El compresor trabaja dependiendo de cierto tipo de fluidos, que son llamados refrigerantes, y que por medio de su mezcla con aire comprimido produce la alteración de temperatura interna y luego es expulsada por el sistema de ventilación para producir el frío requerido, en la figura 2.4 se muestra el compresor y las partes que lo conforman. [5]

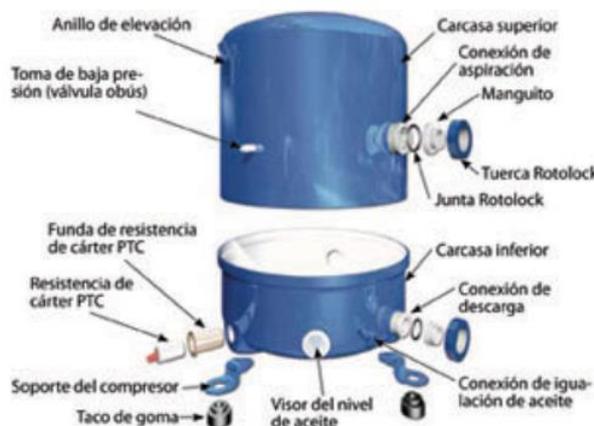


Figura 2. 4: Compresor de refrigeración y sus partes. [6]

Para que un compresor produzca la refrigeración necesaria depende también de su conexión con otros elementos dentro del proceso, el primer elemento del cual depende el compresor es el evaporador, quien se encarga de evaporizar los fluidos condensados y entregarlo al mecanismo de admisión en forma de vapor o aire no condensado. Este es el primer proceso de la compresión, pero el último en el funcionamiento de la refrigeración total del ambiente. [7]

Luego que el aire se encuentra dentro de la válvula de admisión esta se encarga de pasarla al mecanismo de compresión, quien tiene la tarea de transformar el vapor recibido en aire comprimido, por medio de su paso por unas paletas que, mediante la reducción de la cavidad, a medida que se produce la rotación, se acorta el espacio y se produce la compresión del aire, para ser pasado al sistema de escape o expulsión tal como se muestra en la figura 2.5. [7]

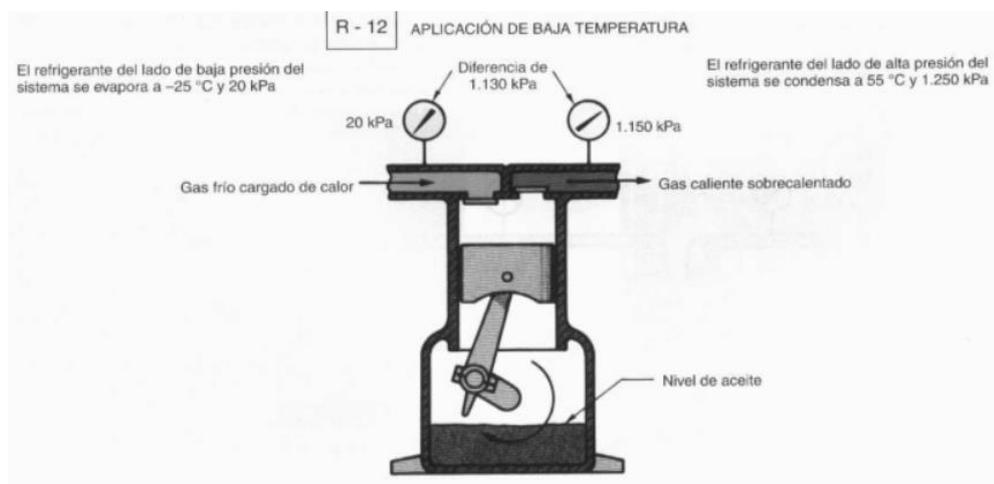


Figura 2. 5: Descarga del compresor en relación a la presión. [8]

La relación de compresión hace referencia a la diferencia de presión que sirve para comparar las condiciones de bombeo de un compresor y se denota de la siguiente forma:

$$\text{relación de compresión} = \frac{\text{descarga absoluta}}{\text{Aspiración absoluta}}$$

Si la relación de compresión se eleva en proporción 12:1 para un compresor pues la temperatura del gas refrigerante se eleva hasta tal punto que el aceite utilizado para su lubricación se podría sobrecalentar. Por lo tanto, el aceite sobrecalentado se podrá convertir en carbón y genera ácido en el sistema. [8]

El refrigerante frío entra por la válvula de aspiración del compresor para llenar los cilindros, ese vapor frío contiene el calor absorbido en el evaporador. El compresor bombea este vapor cargador de calor al condensador para expulsar calor del sistema. [8]

Las ventajas de un compresor de refrigeración son las siguientes: [8]

- Ideal para procesos industriales de modificación de la temperatura.
- Mantener refrigerados o congelados alimentos.
- Conservación de medicamentos.
- Modificación de la temperatura en espacios cerrados y abiertos.

El compresor aporta una serie de desventajas y estas son: [8]

- Funcionamiento estático.
- Alta dependencia a los líquidos y fluidos refrigerantes.
- Reparaciones costosas.
- Su uso es único y exclusivo para sistema de refrigeración.

2.3.2 Evaporadores

Es el que se encarga de absorber el calor hacia el sistema desde cualquier entorno que se vaya a enfriar, esto se consigue manteniendo el serpentín del evaporador a una temperatura inferior a la del entorno que se va a enfriar. [8]

Son intercambiadores de calor entre líquidos de refrigeración, provocando calor dentro del evaporador como se muestra en la figura 2.6. Por un lado, la temperatura baja cuando se refrigera el líquido mientras por otro lado el refrigerante sube de temperatura en estado de gas caliente. [9]



Figura 2. 6: Evaporador de tubo. [10]

Las dos cámaras están separadas por la superficie sólida de los tubos, a través de la cual tiene lugar el intercambio de calor. [11]

Los técnicos de mantenimiento deben ser capaces de determinar la temperatura y presión con la que conduce el serpentín para los diferentes sistemas en diferentes condiciones de carga ya que el evaporador como se muestra en la figura 2.7, absorbe calor hacia el sistema y es el responsable del intercambio de calor entre el espacio o producto acondicionado y el refrigerante que hay en el interior del sistema. [8]

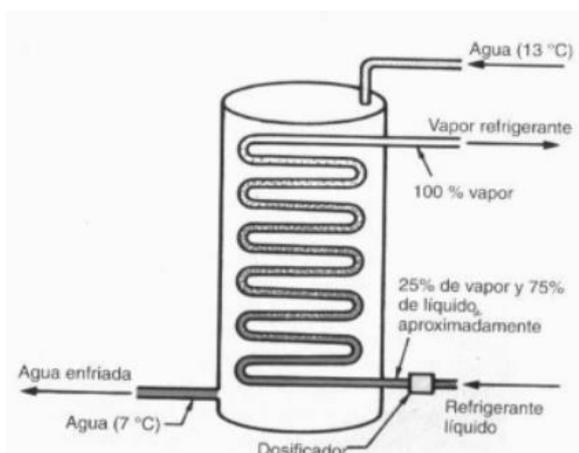


Figura 2. 7: Intercambio de calor en el interior del evaporador. [8]

El objetivo del evaporador es que el líquido refrigerante tiene que hervir lo más cerca posible del final del serpentín así se mantiene el nivel del rendimiento del mismo y garantiza que no salga refrigerante líquido del evaporador y vaya al compresor. [8]

Existen algunas características generales del evaporador que se muestran a continuación: [8]

- Debe tener un serpentín de tubo de cobre.
- Aletas de aluminio sujetas al serpentín
- Tiro forzado con un ventilador de tipo propulsor
- Circuito Refrigerante continuo.
- Refrigerante R-12 o R-717
- Evaporador a temperatura fría.
- Evaporador en buenas condiciones.

2.3.3 Condensadores

El condensador es un dispositivo de intercambiador de calor parecido al evaporador que se encarga de expulsar el calor del sistema que ha sido aspirado por el evaporador. Esta energía calorífica se encuentra en forma de vapor caliente que se debe refrigerar hasta que se condense rechazando más cantidad de calor como lo vemos en la figura 2.8. [8]

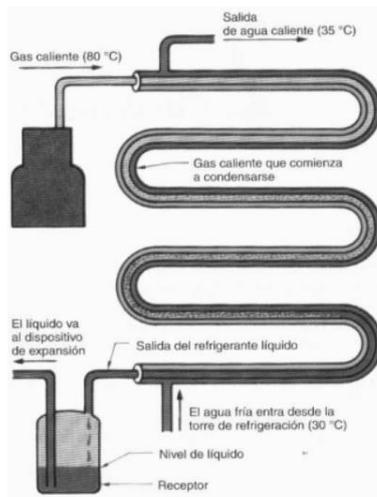


Figura 2. 8: El flujo de un fluido en el condensador. [8]

Dado que el agua fluye por uno de los tubos se forman depósitos minerales, el calor que hay en el gas de descarga tiene tendencia a provocar que los minerales se depositen en la superficie del tubo. Dichos depósitos actúan como una especie de aislante entre el tubo y el agua lo cual hay que procurar reducirlos al mínimo. [8]

2.3.4 Sistemas de Agua Desechable

Como su nombre lo indica, el agua se utiliza una sola vez y luego se desecha por el drenaje. Este sistema es muy útil si el agua es gratuita o sólo si hay que utilizar una pequeña cantidad de agua, pero si se requiere grandes cantidades de agua resulta más económico guardar el agua, enfriarla y volverla a utilizar. [8]

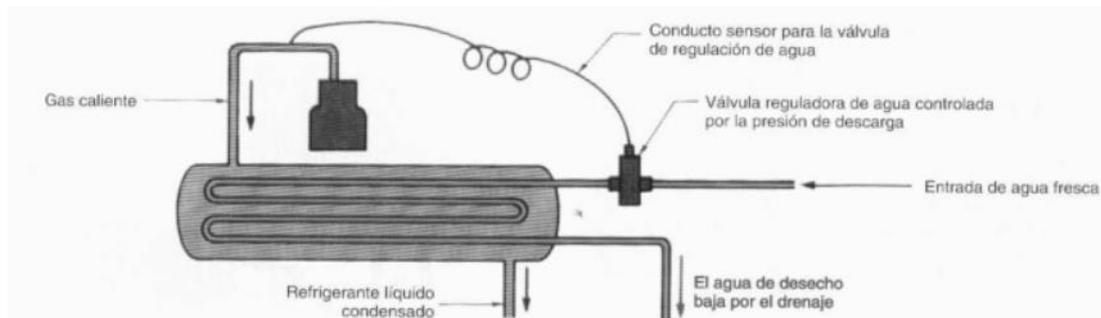


Figura 2. 9: Sistema de agua desechable cuando hay agua en abundancia. [8]

Como se ve en la figura 2.9, el agua que se suministra a los sistemas que solamente utilizan el agua una vez y luego la desechan en que posee una escala de temperaturas muy amplia. Un cambio de temperatura del agua afecta a la presión de descarga del refrigerante (temperatura de condensación) y para que el dispositivo de expansión funcione correctamente, la presión de descarga debe ser 700kPa más alta que la presión de aspiración. [8]

Existe una relación entre la temperatura de condensación del refrigerante y la temperatura del agua utilizada para condensar dicho refrigerante. En los sistemas de agua desechable, se puede alterar el flujo de agua según las necesidades por medio de una válvula reguladora de agua. [8]

Dicha válvula tiene una forma de presión que conecta el fuelle a la parte de alta presión del sistema. Si la presión de descarga se eleva, la válvula se abre y permite que fluya más agua a través del condensador para mantener la presión de descarga correcta.

[8]

2.3.5 Refrigerantes

Es un fluido en un sistema de refrigeración que se convierte de líquido en vapor y nuevamente en líquido a presiones prácticas. [8]

Un refrigerante, como lo pueden ver en la figura 2.10, es un compuesto que actúa como agente de congelación tomando calor de otro cuerpo, es el fluido vital en cualquier sistema de refrigeración mecánica. [12]



Figura 2. 10: Refrigerantes. [13]

Algunas de sus características son:

- La frialdad del refrigerante debe estar a bajas temperaturas que el sistema evadiendo la congelación del evaporador. [13]
- En el proceso de la evaporación, el calor tiene que ser ligeramente alto para que el fluido recoja partes de energía calorífica. [13]
- En sus procesos tanto la línea de absorción como la de presión, el volumen es inferior. [13]
- Para el uso conductos diminutos, la densidad es mayor. [13]
- Para que no exista una mínima fuga en el condensador, la presión del fluido refrigerante debe ser alto, provocando la baja temperatura del mismo. [13]
- Manifiestan una baja conducción a la electricidad. [13]

Actualmente, son tres las clases de refrigerantes en la línea de los hidrocarburos halogenados. Estas son:

CFC: Clorofluorocarbono, es estable, persiste mucho tiempo en la atmósfera afectando de forma muy seria la capa de ozono y causante del calentamiento global (R-11, R-12, R-115). No está permitida su elaboración desde 1995. [13]

HCFC: Semejante al anterior con partículas de hidrógeno. El cual, tiene un potencial minúsculo de destrucción de la capa de ozono (R-22). Pronosticado su desaparición a partir del 2015. [13]

HFC: Es un fluorocarbono con partículas de hidrógeno y como no contiene cloro pues no es un potencial demoledor para la capa de ozono. (R-134a, 141b). [13]

2.3.6 Dispositivos de Expansión

Los dispositivos de expansión es uno de los componentes necesarios para que funcione el ciclo de compresión de refrigeración. Estos dispositivos están ocultos en el equipo y no son evidentes para cualquier observador en el cual se puede tratar tanto de una válvula como dispositivo de diámetro fijo, como lo verán en la figura 2.11.

El dispositivo de expansión es una de las líneas divisorias entre el lado de alta presión y el lado de baja presión del sistema ya que la otra línea le pertenece al compresor.

[8]

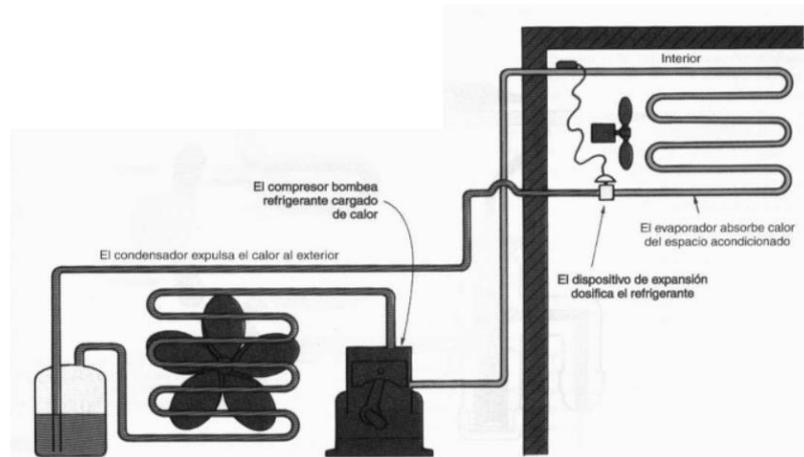


Figura 2. 11: Ciclo de refrigeración completo con sus componentes básicos: compresor, condensador, evaporador y dispositivo de expansión. [8]

Los dispositivos de expansión se encargan de dosificar la cantidad correcta de refrigerante que va al evaporador así el evaporador funciona mucho mejor cuando está lo más lleno posible de refrigerante líquido sin llegar a salir nada por el conducto de aspiración. [8]

Cualquier refrigerante líquido que entre en el conducto de aspiración puede llegar al compresor porque no debería haber ninguna cantidad de calor apreciable añadido al refrigerante en este conducto que hirviera el líquido hasta convertirlo en vapor tal y como se muestra en la figura 2.12. [8]

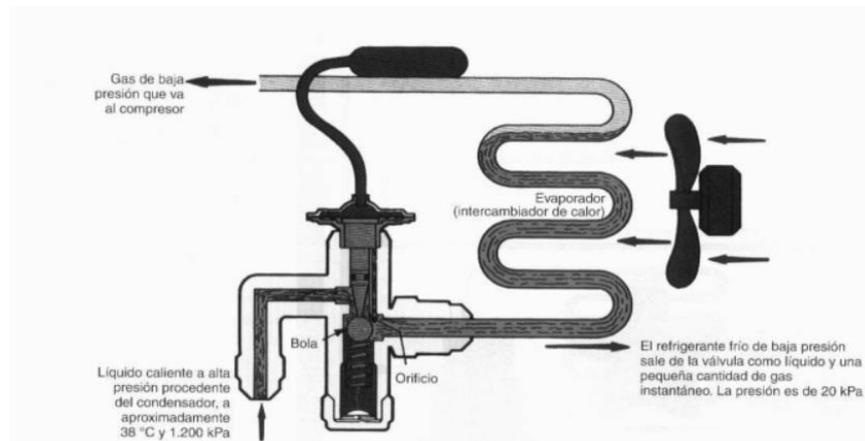


Figura 2. 12: Dispositivo de expansión exhibiendo un cambio de temperatura en una dirección a otra. [8]

2.3.7 Receptores

En la figura 2.13, el receptor se localiza en el conductor de líquido y se emplea para almacenar el refrigerante líquido después de que este abandona el condensador. El receptor debe estar situado en una posición más baja que el condensador para que el refrigerante tenga un incentivo para fluir hacia él de manera natural, siendo el receptor una forma de tanque de forma horizontal o vertical dependiendo de su instalación. [8]

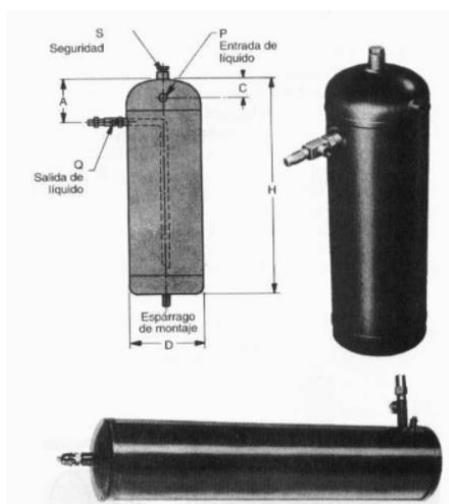


Figura 2. 13: Receptores verticales y horizontales. [8]

2.3.8 Separadores de Aceite

El separador de aceite es un componente de refrigeración que, como su nombre lo indica, divide el aceite del fluido refrigerante por medio de un canal de descarga que se redirige al cárter del cigüeñal del compresor y reutilizarlo en el sistema de refrigeración como se aprecia en la figura 2.14. [8]

Los compresores dejan una cantidad de aceite a través del conducto de descarga, una vez que el aceite abandona el compresor se dirige al sistema completo para volver al cárter del cigüeñal del compresor a través de los tubos y serpentines del sistema. [8]

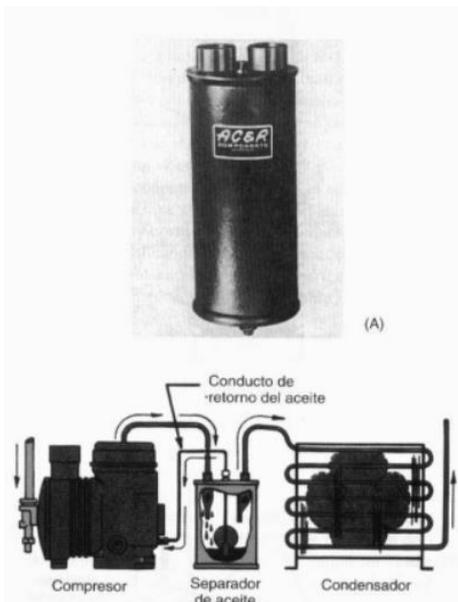


Figura 2. 14: Separador de aceite usado en el conducto de descarga de un compresor para devolver parte del aceite al compresor antes de que salga hacia el sistema. [8]

El separador de aceite tiene un flotador para permitir a dicho aceite tomar un atajo y volver al cárter, el separador debe mantenerse caliente para evitar que se condense refrigerante líquido en él durante la parte inactiva del ciclo. Si hubiera refrigerante líquido en el separador, aquel se devuelve al cárter del compresor haciendo que se diluya el aceite que la lubricación disminuya. [8]

2.4. Gas Amoníaco

El amoníaco (R717), véase en la figura 2.15, ha sido utilizado como refrigerante desde hace más de 120 años, y sigue utilizándose en la actualidad, tanto en instalaciones de refrigeración como de climatización por todo el mundo. [14]



Figura 2. 15: Botella de gas amoníaco. [15]

Los equipos de refrigeración y climatización con amoníaco son competitivos en precio no sólo considerando el coste inicial, sino además teniendo en cuenta los costes de instalación y operacionales debido a su alta eficiencia energética. Es más ligero que el aire, por tanto, se dispersa fácilmente en la atmósfera. La naturaleza misma produce varios miles de veces más amoníaco que toda la actividad humana en el planeta. [14]

El amoníaco es biodegradable pues tiene una vida en la atmósfera de entre 7 y 14 días. Las fugas, incluso pequeñas, son fácilmente detectadas por el olfato, debido a su olor penetrante, que es percibido en concentraciones de 5 ppm. Por esa razón, es muy improbable que una fuga pueda durar mucho tiempo sin ser detectada. [14]

El amoníaco es el refrigerante más barato. La cantidad de amoníaco necesario en estos equipos es entre 2 y 3 veces menor que la de los equipos similares con refrigerantes halogenados. [14]

En los equipos de climatización o refrigeración, sólo pequeñas cantidades de R-717 son manipuladas en pequeños recipientes o en circuitos cerrados. El R-717 tiene el mismo riesgo que el gas natural, o cualquier otro gas a presión (incluido el aire). [14]

Con el R-717 existen los mismos riesgos que al emplear refrigerantes halogenados transitorios. La larga experiencia en el uso del amoníaco ha demostrado que, cuando las medidas preventivas son adecuadas, los riesgos son muy limitados y controlados.

[14]

El Amoníaco en altas concentraciones es considerablemente tóxico, aunque su poderoso olor no puede ser aguantado. Sin embargo, se puede convertir en una muy buena alarma, y si se encuentra expuesto al gas por un período de tiempo talvez no llegue a ser mortal para la persona que lo absorba. [16]

El coste del amoníaco es mínimo a cualquier refrigerante sintetizado, vale de un 10% menos en armarlo. Por termodinámica, su eficiencia comparada a los otros refrigerantes es de un 3% por lo que un sistema de refrigeración de amoníaco tiene menos derroche de electricidad. [16]

Se pretende el uso de poca cantidad de amoníaco para la misma utilidad que otros refrigerantes y siendo un compuesto natural, se puede producir o usar las veces que sea; en cambio, otros refrigerantes sintetizados son limitados. [16]

2.4.1 Parámetros de uso en la industria

En la tabla 1, se aprecian las propiedades de dos de los fluidos refrigerantes para su uso en la industria.

PROPIEDAD	R-717 (AMONÍACO)	R-22 (FREÓN)
Calor específico (KJ/Kg °C)	4.65	1.15
Conducción térmica (W/m °C)	0.55	0.10
Viscosidad (cP)	0.20	0.25

Tabla 1: Propiedades de los Refrigerantes Amoníaco y Freón. [16]

En caso de una fuga de amoníaco sea por tubería o por un mal tratamiento del ciclo de refrigeración en el barco puede afectar a las personas a bordo de la misma y puede ocurrir efectos como se muestra en la siguiente tabla 2:

PPM	EFFECTOS
5	Detección al límite.
25	Media contenida en el tiempo
35	Exposición limitada en tiempos cortos.
150-200	Por el transcurso de 1 minuto, el ojo humano se vería ligeramente afectado.
300	Índice mínimo de riesgo.
450	Deterioro considerable en los ojos.
600	Los ojos se lagrimean durante 30 segundos.
700	Lágrimas de manera inmediata.
1000	La vista se reduce, dificultad al respirar y piel irritada.
1500	Abandono automático del lugar afectado por las averías.
30000	Dosis letal.

Tabla 2. Efectos del gas R-717 (Amoníaco). [17]

2.5 Automatismos de Refrigeración

El hombre ha buscado siempre perfeccionar los medios de producir aquello que le es necesario para asegurar su existencia y satisfacer sus necesidades. Estas creaciones y productos han requerido esfuerzos físicos e intelectuales que se han traducido en un gasto de energía. Para alcanzar el objetivo buscado, el hombre se vio obligado a cuidar y a vigilar los dispositivos creando órganos de ejecución llamados los autómatas de servidumbre. [18]

El automatismo se realiza básicamente mediante un termostato y sensores de refrigeración que comandan el funcionamiento de los equipos y un medidor de humedad para el control de la misma. Si el diseño de la instalación se efectúa en función de las condiciones críticas ya que el sistema debe efectuar correctamente adaptándose a todas las variables climáticas contando con los controles automáticos adecuados. [19]

2.5.1 Regulador

Un regulador debe incorporar elementos primarios relacionados que son:

- Detector de medida: Determina el valor del parámetro que ha de regularse lo cual define la información de la variable a medirse. [18]
- Transmisor de medida: Transmite a la línea la información recibida del detector. [18]
- Línea de conducción: Conduce dicha información al órgano de regulación. [18]
- Órgano de regulación: Actúa sobre la marcha de la máquina en función de las informaciones recibidas. [18]

El regulador cumple tres funciones generales: marcha, protección y control lo cual el regulador alimenta, regula, asegura e indique por medio de una señal tanto óptica como sonora. [18]

2.5.2 Sensores del sistema de refrigeración.

Conviene estar situados a un nivel inferior para todos los refrigerantes menos para el R-717, que tiene que estar en un alto nivel. A su vez, se tiene que colocar sensores en el evaporador. Lo suficientes como para salvaguardar toda la zona, situando en lugares en las que las tuberías recorran por armarios elevadores. [20]

El método establecido para la localización de fugas convendría ser asequible para la evaluación, mantenimiento y preservación a pesar de los deterioros. Correspondería obtener algún tipo de facilidad para probar la alarma. Por lo menos una vez por año, se puede ejecutar un ensayo de impacto a las alarmas. Lo correcto sería que el sistema de alarmas notifique tanto en la perspectiva visual como melódica mediante un eco de 15dB de referencia como mínimo por encima de nivel del ruido del sistema, tanto intrínseca como extrínsecamente de la sala de refrigeración. [20]

La presencia de refrigerante R-717 es también detectable por el olor a niveles muy bajos tanto así que en las salas de máquinas para refrigeración con amoníaco se deben controlar mediante detectores fijos superiores a 50kg, las fugas menores no se detectan porque el umbral de activación se encuentra en 500 ppm aproximadamente. [20]

Algunos sensores pueden ser:

- Células electroquímicas: Baterías pequeñas diseñados para detectar niveles bajos de amoníaco (50 ppm – 500ppm) con vida útil de 18 meses a 4 años dependiendo de la presencia del gas refrigerante. [20]
- Semiconductores: Tienen una vida útil larga capaces de funcionar en entornos hostiles en que su nivel de detección es de 10000 ppm con un tiempo de respuesta rápido y de poco consumo, el detalle es que a veces dependiendo del gas su respuesta provoque falsas alarmas. [20]
- Catalíticos: Utilizados para detectar concentraciones de amoníaco de 10000 ppm, siendo un sensor cubierto de un catalizador que al aumento de temperatura se detecten eléctricamente. Sin embargo, su sensibilidad se puede mermar si se sumerge en grandes concentraciones de gas que dicho sensor los debe manifestar. [20]

Presostato:

Es un dispositivo que, como se aprecia en la figura 2.16, regula la variable de presión que cumple dos funcionalidades:

- Como regulador de marcha: Ratifica la marcha instantánea en función de la presión de evaporación del fluido sistematizando secundariamente la temperatura. [18]
- Como aparato de protección: Detener el compresor en caso de un descenso considerable de presión y volverlo a poner en marcha en condiciones normales. [18]



Figura 2. 16: Presostato. [21]

Termostato

El termostato regula la temperatura de una superficie fría o de un ambiente frío entre dos límites prefijados consta de un termómetro, un interruptor eléctrico y un dispositivo de enlace mecánico como se muestra en la figura 2.17. Los termostatos son de fácil

regulación, robustos, precisos y fidedignos capaces de regular de forma automática la temperatura. [18]



Figura 2. 17: Termostato. [22]

2.6 Sistemas de Control Lógico Secuencial

Un controlador lógico combinacional no permite realizar la generación de variables de salida en función de una secuencia de estados de las variables de entrada. Por eso, es necesario realizar sistemas con capacidad de memorizar las variables de entrada en forma de estado interno, para tomar decisiones en un instante en función del valor que tuvieron las variables de entrada en el pasado. [23]

Estos sistemas reciben el nombre de secuenciales y la forma más inmediata de realizarlos es mediante la realimentación de un sistema combinacional y la memoria de este sistema secuencial está formada por el retardo del sistema combinacional. [23]

Según la forma en que están contruidos los controladores lógicos secuenciales pueden ser cableados, programables o configurables, pero todos ellos presentan la característica común de que su funcionamiento se puede describir de la misma manera. [23]

En la figura 2.18, se aprecia los bloques del sistema secuencial que, por medio del establecimiento de un algoritmo y su representación gráfica proporciona las siguientes ventajas:

- Se obtiene fácilmente a partir de las especificaciones de funcionamiento sin necesidad de tener conocimientos de álgebra binaria. [23]
- Está estructurado de tal forma que a partir de él se obtiene de forma directa un diagrama de estados de evolución del estado interno del controlador lógico que permite su síntesis sistemática. [23]

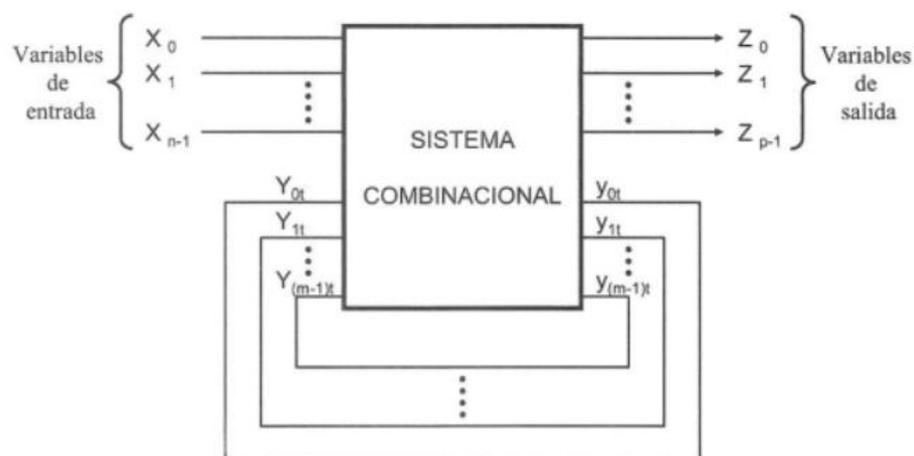


Figura 2. 18: Esquema de Bloques de un Sistema Secuencial. [23]

Para representar mediante un algoritmo las especificaciones de funcionamiento, como se muestra el ejemplo de la figura 2.19, es necesario crear símbolos gráficos adecuados para cada una de las acciones que puede ejecutar el controlador lógico, que son las siguientes: [23]

- El inicio o fin del proceso que, como su nombre indica, establece el comienzo o la finalización del algoritmo. [23]
- La activación o desactivación de las variables de salida representadas mediante un paralelogramo en cuyo interior se indica la variable o variables que se activan o desactivan. [23]
- Las tomas de decisión de cambio de estado interno en función del valor de la capacidad de transición. Se representan mediante un rombo en cuyo interior se indica la expresión de la capacidad de transición. [23]

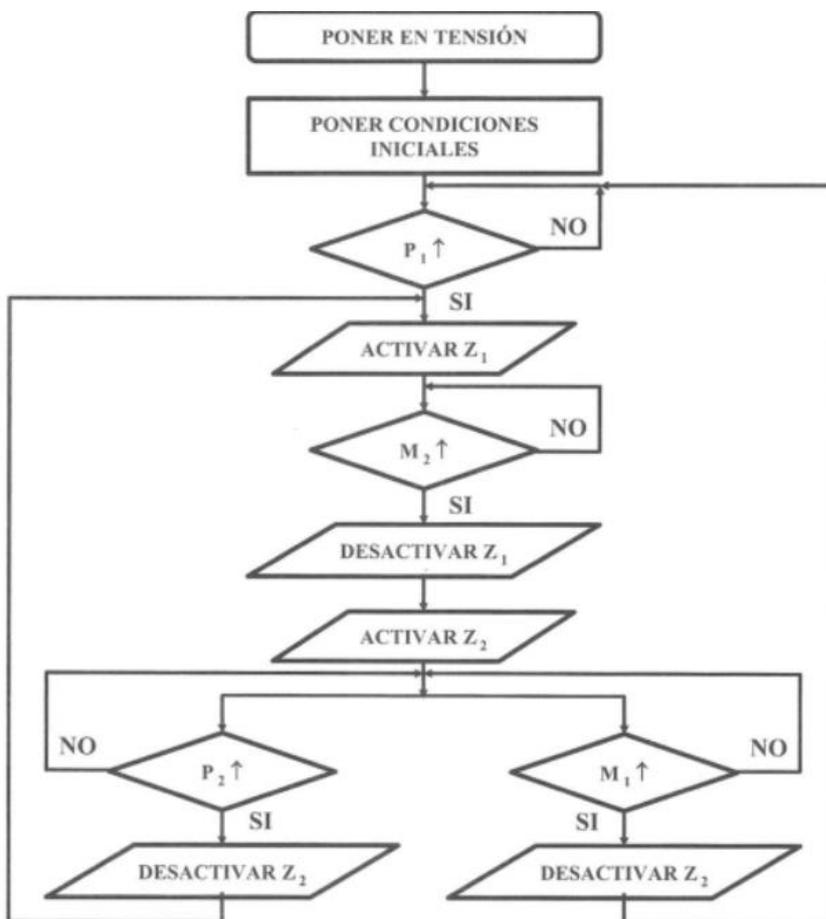


Figura 2. 19: Ejemplo de un diagrama de flujo de un Sistema Secuencial. [23]

2.7 Controlador Lógico Programable (PLC)

Se denominan controladores lógicos programables aquellos procesadores digitales secuenciales programables que actúan sobre las variables de salida mediante la ejecución de una secuencia de instrucciones. Actualmente son los equipos electrónicos más adecuados para automatizar cualquier proceso industrial, desde el más sencillo sistema de riego de un jardín hasta el más complejo sistema de fabricación. [23]

Los sistemas de control lógico así realizados, cuyo sistema físico es mucho más sencillo que el de un computador, son idóneos para emular cualquier sistema digital combinacional o secuencial y además se comportan igual que un controlador lógico secuencial síncrono. [23]

- Solamente realizan operaciones lógicas con variables binarias independientes. [23]
- Atienden a todas las variables de entrada y salida mediante la ejecución de instrucciones en una secuencia única debido a que la unidad de control posee un único contador que evoluciona secuencialmente sin que ninguna señal externa pueda cambiar dicha secuencia. [23]

Pero el aumento de la complejidad de los procesos industriales hizo que en muchas ocasiones fuese necesario:

- Procesar variables analógicas que al ser convertidas en digitales dan lugar a un conjunto de variables binarias que representan una información numérica. Esto hace necesario que el sistema electrónico digital tenga capacidad de procesar información numérica. [23]
- Responder muy rápidamente a la aparición de los cambios de determinadas variables de entrada. [23]

2.7.1 Elección del PLC.

Estar al tanto de optar por el autómatas apropiado para cada momento es un atributo primordial para que la ejecución del plan alcance su objetivo. Tenemos que adquirir

de forma correcta la colocación del dispositivo para que no nos falten algunas prestaciones ni de deficiencias en sus funciones. [24]

Es esencial tener en cuenta sobre qué se basa el proyecto que se va a automatizar y así poder seleccionar nuestro autómeta. [24]

- ENTRADAS / SALIDAS (E/S)

Las marcas poseen distintos estándares de PLC que acceden a otras señales de E/S. No es un atributo definitivo para optar por una marca u otra, pero sí para estar al tanto de la calidad de PLC que vamos a requerir. [24]

- CAPACIDAD DE PROGRAMA y MEMORIA

Esta particularidad va de la mano con el volumen del PLC, a mayor número de E/S mayor capacidad de programa. Frecuentemente, dentro de la rama de PLCs con iguales E/S se sitúan distintos CPU cuyo contraste es el contenido de programa. [24]

- COMUNICACIONES

Las comunicaciones son la piedra angular ya que, al ingresar desde los sistemas de supervisión SCADA hasta el autómeta más pequeño va a ser indispensable tanto así que hasta los PLCs de menor rango ya pueden comunicarse por Ethernet. [24]

- MOTION CONTROL

Realizan el control de los servos por medio de una tarjeta específica que, por medio de un bus de control, tramita la vigilancia de los servos transmitiéndose por Ethernet. [24]

- SEGURIDAD

Por el entendimiento lógico programable del PLC, empiezan a aparecer soluciones de seguridad controladas directamente, aunque es posible encontrar soluciones con PLCs de gama alta. Es sinsentido que sólo se trabaje por un paro de emergencia. Pero puede ser un muy buen recurso si se establecen varias áreas. [24]

- SOFTWARE

Un software desarrollado y comprobado remueve muchos dolores de cabeza. Al presente, estamos en una pequeña rebelión de varios modelos de PLC como la marca Omron con su flamante examinador Sysmac o Siemens con su S7-1200 y S7-1500 TIA Portal. [24]

Un detalle importante es el costo del software, ya que coexisten marcas de PLCs que, con su software, administran la codificación de sus PLCs gratis. [24]

- PRECIO

El precio, es un argumento importante. Los planes de trabajo surgen por lo que se ha calculado y la adquisición del PLC es un valor que llega a ser significativo dentro de dicho plan. Habitualmente, escoger un PLC más barato que no se ha aplicado puede resultar costoso ya que hay que tener conocimiento del software y acostumbrarse con el dispositivo. [24]

Luego de haber explicado los puntos para la selección del PLC es mejor elegir la marca Siemens ya que por su software el usuario puede personalizar a su manera el proceso, pero con Allen Bradley se puede programar bajo una estética estándar de

programación. Por precio, Siemens es más barato y puedes utilizar cualquier fuente de alimentación de 24v para no depender de una fuente eléctrica externa, y si hablamos de los protocolos de comunicación, son casi los mismos.

2.8 STEP 7 TIA PORTAL

El Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) integra diferentes productos SIMATIC en una aplicación de software que le permitirá aumentar la productividad y la eficiencia del proceso. [25]

Dentro del TIA Portal, los productos TIA interactúan entre sí, ofreciéndole soporte en todas las áreas implicadas en la creación de una solución de automatización como se aprecia en la figura 2.20. Una solución de automatización típica abarca lo siguiente: [25]

- Un controlador que controla el proceso con la ayuda del programa. [25]
- Un panel de operador con el que se maneja y visualiza el proceso. [25]

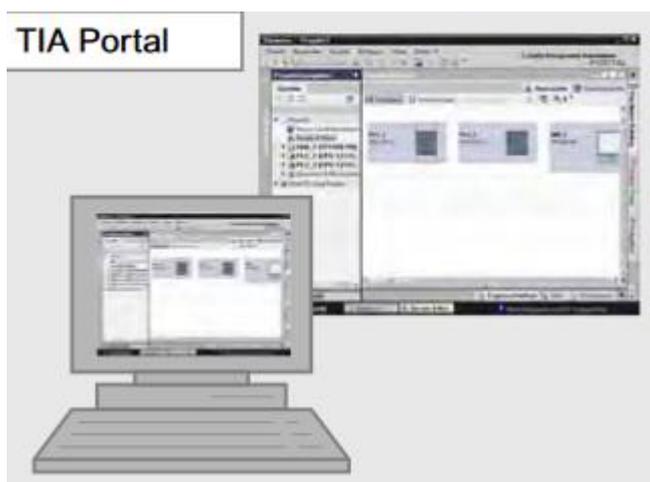


Figura 2. 20: TIA PORTAL. [25]

En el campo de ingeniería de producción, la plataforma de software TIA Portal es la puerta de entrada a la automatización en la Empresa Digital. Para seguir siendo competitivas, las empresas de fabricación tienen que mejorar significativamente sus procesos. [26]

Esto significa que las empresas necesitan procesos de producción flexibles y, al mismo tiempo, altamente eficientes, y estos desafíos solo pueden superarse con un enfoque holístico que mejore todos los procesos en la cadena de valor. [26]

El software también juega un papel importante aquí como se muestra en la figura 2.22. Con su Suite de Software de Empresa Digital, Siemens ha establecido un portafolio de productos de software que permite a los clientes apoyar digitalmente todo el proceso de creación de valor. [26]

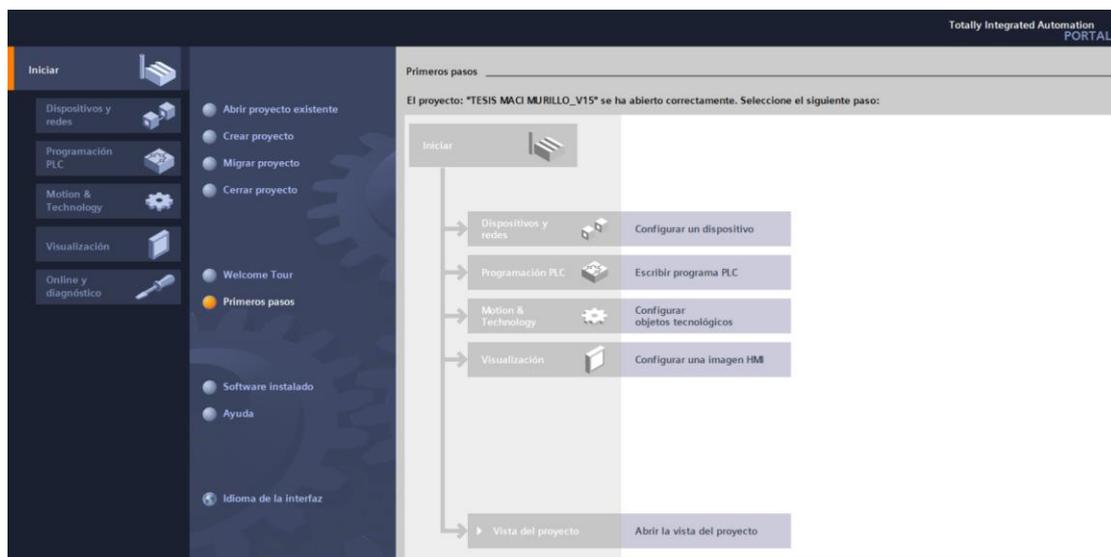


Figura 2. 21: Interfaz del software TIA PORTAL en Vista Portal. [25]

El TIA Portal ofrece las siguientes ventajas:

- Gestión conjunta de los datos. [25]
- Manejo unitario de los programas, los datos de configuración y los datos de visualización. [25]
- Fácil edición mediante Drag & Drop. [25]
- Comodidad de carga de los datos en los dispositivos. [25]
- Manejo unitario. [25]
- Configuración y diagnóstico asistidos por gráficos. [25]

2.9 SISTEMAS SCADAS

Los sistemas SCADA se conocen en español como Control Supervisor y Adquisición de Datos. Accede la tarea y vigilancia de cualquier sistema específico gracias a una interfaz de imágenes que transmite al usuario con el sistema. [27]

Un sistema SCADA es un conjunto de aplicaciones de *software* esencialmente creadas para el funcionamiento sobre computadoras de control de producción, con permiso a la planta de procesos por medio del acceso digital con dispositivos y actuadores, e interfaz de imágenes de alto nivel para el operador. [27]

Otorga la comunicación con los módulos de campo para inspeccionar el proceso en modo automático desde la pantalla del computador, que es configurada por el usuario y modificarse con facilidad. Además, proporciona a varios usuarios ponerse al corriente con la información que se crea en el proceso productivo. [27]

2.9.1 Sistemas de Supervisión.

Se puede definir la palabra *supervisar* como realizar la inspección superior en definitivos casos, observar con precaución y forzarlo a un nuevo examen para corregirla o repararla aprobando una acción sobre la cosa inspeccionada. [27]

En la figura 2.22 se observa la misión del supervisor, el cual, constituye una tarea delicada y fundamental desde la perspectiva sistemática y operativa. Ya que, depende mucho el poder avalar la calidad y eficacia del proceso que se interpreta. En el supervisor reposa la responsabilidad de colocar o enmendar las acciones que se realizan. [27]

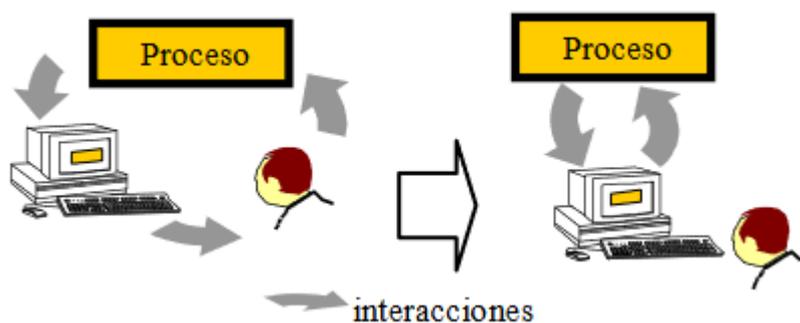


Figura 2. 22: Monitorización (izquierda) y Supervisión (derecha) de un Proceso. [28]

El objetivo de la supervisión es asegurar este orden aun cuando haya desviaciones no previstas en la automatización. Por este motivo, se establece la supervisión en un nivel jerárquicamente superior a la automatización y con una tarea clara de vigilancia.

Para ello deberá disponer de las siguientes capacidades: [28]

- Registrar la evolución del proceso y detectar desviaciones indeseadas en las variables. [28]
- Analizar estas desviaciones y deducir el motivo. Elaborar un diagnóstico de la situación. [28]
- Resolver situaciones conflictivas en línea, en caso de ser posible. [28]
- Tomar las medidas adecuadas para que no vuelva a suceder. [28]

Los sistemas de supervisión reducen el coste de aprendizaje del personal de planta. Los interfaces gráficos facilitan tanto una comprensión rápida del proceso como la localización e identificación rápida de dispositivos o partes del proceso por asociación gráfica y geográfica entre la representación y el proceso real. [28]

Otra ventaja de los actuales sistemas de supervisión es que permiten una rápida acomodación del personal, conservando la uniformidad de decisión y disminuyendo los inconvenientes producidos por situaciones eventuales como vacaciones, bajas o cambios de turnos. [28]

La implementación de un sistema de supervisión supone recorrer tres etapas fundamentales: detección de fallos, diagnóstico de éstos y finalmente la reconfiguración del sistema, que debe permitir continuar operando de acuerdo con las especificaciones fijadas. [28]

2.10 Indusoft Web Studio

InduSoft Web Studio es una poderosa colección de herramientas de automatización que promueven todos los bloques constructivos de automatización para desarrollar HMIs, sistemas SCADA y soluciones de instrumentación embebidos. Este software, como se muestra en la figura 2.23, integra tecnologías para tomar ventaja de la conectividad a la red Internet. [29]

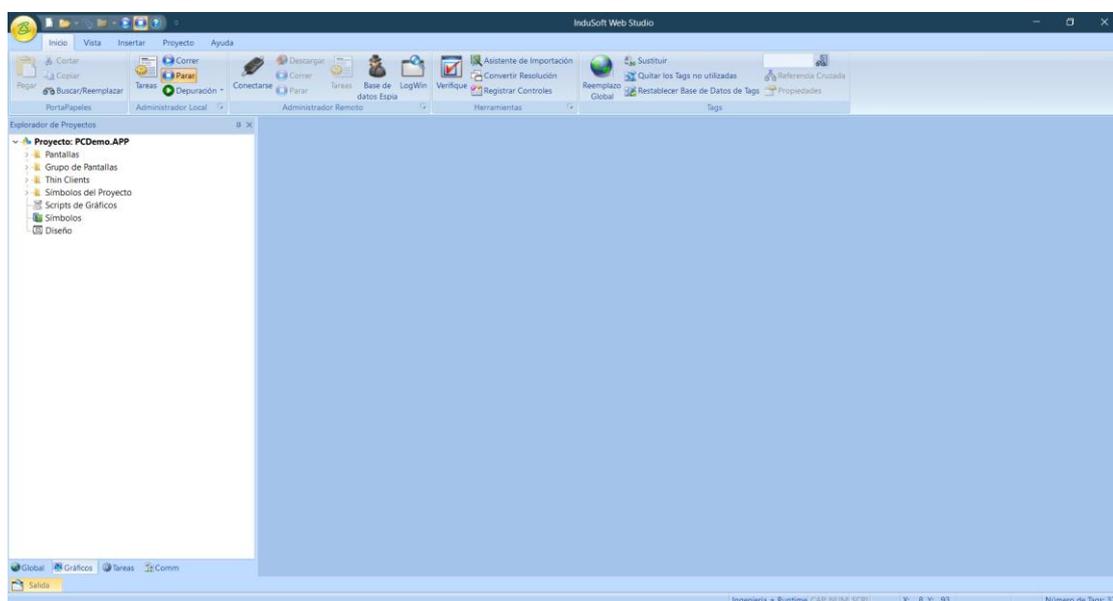


Figura 2. 23: Interfaz del software Indusoft Web Studio. [29]

Las características que tiene este software son las siguientes:

- **Ahorro de Tiempo:** Puedes dar un vistazo al proceso desde tu escritorio o un teléfono celular con internet usando un navegador estándar. [29]
- **Información Clara:** Soporte a múltiples idiomas para que los operadores entiendan de manera inmediata y que los proyectos puedan ser localizados rápidamente. [29]
- **Ahorro de Dinero** – Desarrolla cualquier plataforma de Microsoft incluyendo Windows CE, Mobile, XP Embedded, y edición en los servidores. [29]

- **Flexibilidad:** Soporta tu PLC o controlador, más de 200 drivers, OPC y TCP/IP. [29]
- **Rápida Solución de Problemas:** Comprende las alarmas de forma rápida, visualización en pantalla o vía e-mail, PDA, teléfonos celulares o navegadores web. [29]
- **Integración Empresarial:** Facilidad en el ERP y sistemas de respaldo usando conectividad construida relacionada a la base de datos. [29]
- **Reduce el Tiempo de Inactividad:** Uso de tecnologías abiertas (ActiveX, .NET) para visualizar documentación, reparación de videos o mensajes de audio. [29]
- La **Información necesaria** para indicadores claves de rendimiento (KPI) and efectividad general del equipo. (OEE) [29]
- **Confianza a nivel Mundial:** Desde 1997 Indusoft ha emitido más de 300,000 licencias. [29]

2.11 Detección y Diagnóstico de Fallas.

El papel de los sistemas SCADA en la detección de fallos puede ir desde el simple disparo de alarmas hasta la utilización de técnicas más sofisticadas ya integradas o susceptibles de ser integradas. Existen en el mercado numerosos paquetes que incorporan tanto facilidades de control estadístico como tecnología de sistemas abiertos (DDE, OLE, COM/DCOM, ActiveX y OPC) que permite una fácil integración con otras aplicaciones. [28]

Los diversos métodos y técnicas utilizados para detectar las situaciones de malfuncionamiento pueden clasificarse de acuerdo con la naturaleza del conocimiento disponible sobre el proceso en: [28]

- Detección basada en métodos analíticos: Utiliza solamente herramientas matemáticas o analíticas para realizar sus funciones. [28]

- Detección basada en conocimiento: Incluye herramientas de la Inteligencia Artificial. Por ejemplo, representación simbólica de señales, o modelos cualitativos incluyendo imprecisión o incertidumbre. [28]

A su vez, dependiendo de la organización del conocimiento distinguimos entre:

- Detección basada en modelos: Los fallos son detectados a partir de la comparación del funcionamiento del sistema supervisado con el de un modelo del mismo, que representa el funcionamiento normal. [28]
- Detección basada en señales o síntomas: En este caso los fallos se detectan directamente a partir de las señales procedentes del proceso, después de un procesado de las mismas. [28]

El diagnóstico de fallos consiste principalmente en la determinación del origen y la magnitud de los mismos. Una vez que hemos detectado la presencia de un fallo, debemos conocer sus causas. [28]

Si la fase de detección consiste en la generación de residuos o de síntomas, entonces el diagnóstico debe consistir en la evaluación de los mismos. El enfoque analítico del diagnóstico de fallos, topa con la necesidad de disponer de modelos analíticos suficientemente precisos y completos del proceso, lo cual es en ocasiones muy difícil o imposible. [28]

Por otra parte, la forma más natural de establecer los fallos correspondientes es mediante relaciones lógicas, listas, árboles o tablas de decisión, árboles de fallos,

grafos causales, reglas, sistemas expertos, utilizando métodos de aprendizaje, lógica difusa o redes neuronales, etc. [28]

Es por ello que, en la fase de diagnóstico, normalmente es el enfoque basado en conocimiento, utilizando métodos y herramientas de la IA, el que ofrece mayores posibilidades. [28]

2.12 Sistemas Expertos.

Un Sistema Experto sirve para codificar conocimiento humano en términos de experiencia, razonamiento aproximado, imprecisión, analogía, razonamiento por defecto, aprendizaje, etc. [28]

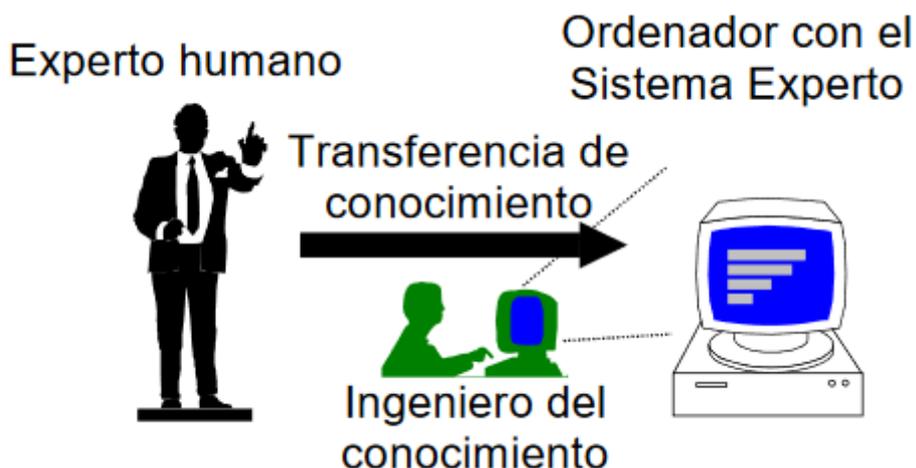


Figura 2. 24: Sistema Experto. [28]

En la figura 2.25, se trata de representar el conocimiento experto en un sistema basado en reglas de producción para tener un ordenador que responda como lo haría el experto humano. Un sistema experto contiene un motor de inferencia y una base de conocimientos (base de reglas y base de hechos). [28]

Una base de reglas es un conjunto de condiciones en la que, si se cumple la premisa, debe concluir con algo. Una base de hechos es el conjunto de evidencias junto con sus certezas asociadas. [28]

Y el motor de inferencia se encarga de recorrer las reglas inspeccionando si las puede aplicar. Es decir, se encarga de ejecutar el razonamiento. [28]

A medida que se van aplicando las reglas se deducen nuevos hechos que se añaden a la base de hechos. Hay motores de inferencia que recorren todas las reglas una a una inspeccionando las premisas para ver si se pueden ejecutar o disparar deduciéndose nuevos hechos que se insertan en la base de hechos y que pueden disparar otras reglas. Y otros que hurgan en la base de hechos para buscar hechos actuales que sean evidencia o bien puedan ser deducidos por otras reglas. [28]

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD Y RECONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Durante el desarrollo de este capítulo se desarrollará la programación del sistema de seguridad por medio del software de un controlador lógico programable cargada al PLC y estará en comunicación con el SCADA como se aprecia en la figura 3.1.



Figura 3. 1. Comunicación PLC - Scada y viceversa.

Fuente: Autor.

Otros materiales que forman parte del sistema de seguridad pueden ser:

- Señaléticas salida de emergencia tipo led que estarán en la sala de refrigeración en el cual determinarán una ruta tanto la salida de dicha sala como la del mismo barco.

- Si en caso existen alteraciones en el rendimiento del sistema, entonces en la sala habrá alarmas de 120 db con 24VDC.
- Circuitos de riego que pueden ocupar algunos componentes o todo el perímetro de la sala de refrigeración para la neutralización de fugas del gas refrigerante, esto dependerá de la aprobación del dueño del barco.
- Sensores de amoníaco en los componentes del sistema de refrigeración que medirán y detectarán posibles fugas en caso de haberlo.
- Válvulas de seguridad que permitirán la reconfiguración del sistema de refrigeración en caso de algún deterioro o desgaste de algún componente. Esto también dependerá de la aprobación del dueño del barco.

3.1. Diseño del sistema de seguridad.

Para empezar, el sistema de seguridad estará de la mano junto con el sistema experto del sistema de refrigeración. Por lo cual, el sistema de seguridad estará atento a las decisiones del mismo tanto en recibir los avisos del desarrollo del sistema como también, a su vez, resolver los problemas del sistema experto y enviar las soluciones que el PLC tomó para que el sistema SCADA siga funcionando sin perturbaciones.

El sistema de seguridad se hará cargo bajo las siguientes circunstancias:

- Tiene el rol de detectar las anomalías de los componentes del sistema de refrigeración y cómo resolverlas.
- Siendo el compresor el componente principal del sistema, se analizará su estado, si existe sobrepresión de refrigerante que se lo conoce como “golpe de líquido”.
- Si el presostato del compresor muestra sobrepresión o subpresión sea de la entrada o salida del compresor, el compresor deja de funcionar. Por lo tanto, el sistema de refrigeración se apagará.
- Si al descargarse por completo la botella de amoníaco para su correspondiente distribución por el sistema y su válvula de paso NO ACCIONA, el PLC enviará

un mensaje al SCADA de que accione dicha válvula o si no habrá fuga y el sistema de seguridad tomará la decisión que concierne.

- Si las válvulas de paso de cada cuba NO PERMITEN LA CIRCULACIÓN de enfriamiento de las mismas.
- Si la temperatura de cada cuba genera valores fuera de lo estable.
- Si el gas refrigerante que sale del evaporador NO TIENE LA PRESIÓN REQUERIDA.
- Si además del compresor, otros componentes no funcionen correctamente.
- Si el nivel de aceite se sobrepasa y llena el compresor.
- Si el gas refrigerante saliente del compresor no tiene la presión ni la temperatura adecuada para el ingreso al separador de aceite.
- Deterioro de tuberías propensa a la fuga de gas.
- Si al separar el aceite del gas no se lo reutiliza en el compresor.

Para empezar a detallar lo que será el diseño del sistema de seguridad, primero elegimos el PLC a utilizar: SIEMENS S7-1500.

El S7-1500 tiene un tiempo de proceso más rápido y una capacidad de memoria superior al PLC S7-1200. La pantalla del S7-1500 permite configurar y realizar diagnóstico al CPU además de trabajar con más lenguajes de programación de las que normalmente hace el S7-1200 con FUP, KOP y SCL. En las comunicaciones, el S7-1500 tiene la capacidad de intercambiar grandes volúmenes de datos a otros dispositivos con medidas de valores a sistemas SCADA y se puede trabajar con el servidor OPC.

Luego de haber elegido nuestro PLC, aplicamos la siguiente configuración mostrado en la figura 3.2:

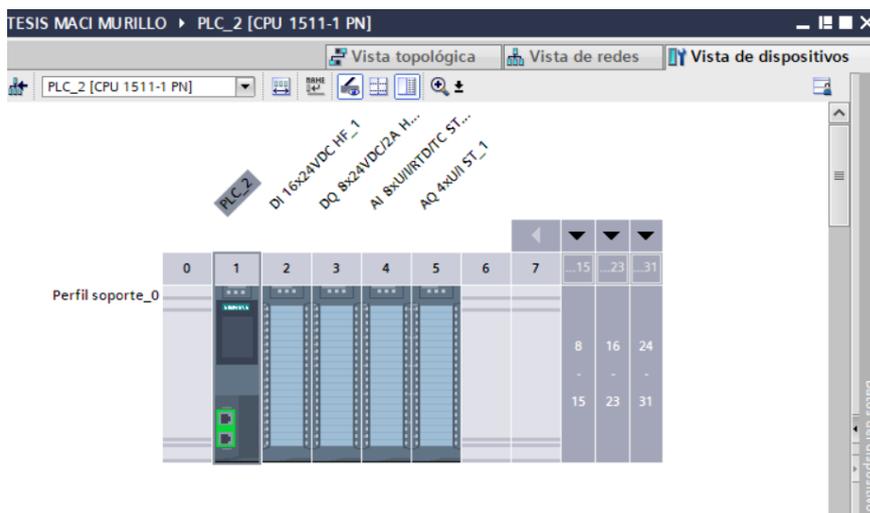


Figura 3. 2. Configuración del PLC S7-1500 para el sistema de seguridad.

Fuente: Autor.

En la figura 3.3 se observa las características de cada configuración realizada en la figura 3.2. Detallamos los módulos agregados al PLC mediante la siguiente tabla 3:

Módulo	Rack	Slot	Direcció..	Direcció..	Tipo	Referencia	Firmware	Comentario
PLC_2	0	1			CPU 1511-1 PN	6ES7 511-1AK00-0AB0	V1.8	
Interfaz PROFINET_1	0	1 X1			Interfaz PROFINET			
DI 16x24VDC HF_1	0	2	0...1		DI 16x24VDC HF	6ES7 521-1BH00-0AB0	V2.1	
DQ 8x24VDC/2A HF_1	0	3		0	DQ 8x24VDC/2A HF	6ES7 522-1BF00-0AB0	V2.1	
AI 8xUI/RTD/TC ST_1	0	4	2...17		AI 8xUI/RTD/TC ST	6ES7 531-7KF00-0AB0	V2.1	
AQ 4xUI ST_1	0	5		1...8	AQ 4xUI ST	6ES7 532-5HD00-0AB0	V2.1	
	0	6						

Figura 3. 3. Vista General de Dispositivos configurados en el PLC S7-1500.

Fuente: Autor.

Módulo	Descripción
CPU 1511-PN. Interfaz Profinet_1	CPU de entrada del controlador S7-1500 apropiado para aplicaciones sobre el volumen de programas y de velocidad de procesamiento con conexión PROFINET.
DI 16x24VDC	Módulo de 16 entradas digitales a 24 VDC.
DQ 8x24VDC/2A	Módulo de 8 salidas digitales a 24VDC/2A.
AI 8xU/I/RTD/TC ST	Módulo de 8 entradas analógicas.
AQ 4xU/I ST	Módulo de 8 salidas analógicas.

Tabla 3 . Descripción de los módulos dentro de la configuración del PLC.

Fuente: Autor.

En la topología de redes de la figura 3.4, se explica la comunicación entre los dispositivos que supervisarán el comportamiento del sistema de refrigeración por medio de la conexión TCP/IP Ethernet.

El PLC cumplirá el rol del sistema de seguridad y el PC Scada, como sistema experto, transmite la representación gráfica a las pantallas de supervisión del sistema dentro de la sala de refrigeración.

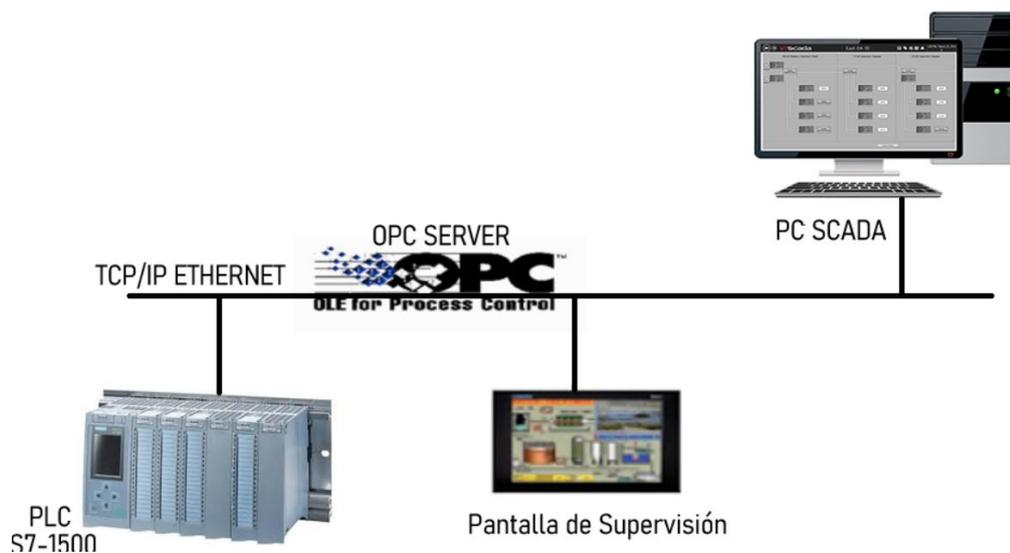


Figura 3. 4. Conexiones y redes.

Fuente: Autor.

Mostraremos las variables del sistema de seguridad aplicadas al programa que se cargará en el PLC en la figura 3.5 como su tipo de variable y la dirección asignada:

TESIS MACI MURILLO_V15 ▶ PLC_2 [CPU 1511-1 PN] ▶ Variables PLC

Variables

Variables PLC

	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Supervis.
1	Inic_Sist_Segur_PL	Tabla de variabl...	Bool	%Q1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Fail_Compr1	Tabla de variables e..	Bool	%I1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Fail_Compr2	Tabla de variables e..	Bool	%I1.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Fail_Conden1	Tabla de variables e..	Bool	%I2.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Fail_Conden2	Tabla de variables e..	Bool	%I2.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	Fail_Cuba1	Tabla de variables e..	Bool	%I1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Fail_Cuba2	Tabla de variables e..	Bool	%I1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	Fail_Cuba3	Tabla de variables e..	Bool	%I1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	Fail_Cuba4	Tabla de variables e..	Bool	%I1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	Fail_Receptor	Tabla de variables e..	Bool	%I2.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	Fail_SepAce1	Tabla de variables e..	Bool	%I2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	Fail_SepAce2	Tabla de variables e..	Bool	%I2.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	Sist_Lum	Tabla de variables e..	Bool	%Q1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	Sonorus_Act	Tabla de variables e..	Bool	%Q1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	Neutr_Gas	Tabla de variables e..	Bool	%Q1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	Reconfig_Sist	Tabla de variables e..	Bool	%Q1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 3. 5. Listado de variables para el sistema de seguridad.

Fuente: Autor.

A continuación, se detalla la descripción de cada variable del listado en la tabla 4:

Nombre de la Variables del PLC	Descripción
<i>Inic_Sist_Segur_PLC</i>	Contacto de Inicio del Sistema de Seguridad que se activa si el sistema SCADA presenta una falla.
<i>Fail_Compr1</i>	Contacto que determina el defecto del compresor 1.
<i>Fail_Compr2</i>	Contacto que determina el defecto del compresor 2.
<i>Fail_Conden1</i>	Contacto que determina el refrigerante no subenfriado en el condensador 1.
<i>Fail_Conden2</i>	Contacto que determina el refrigerante no subenfriado en el condensador 2.
<i>Fail_Cuba1</i>	Contacto que determina la falla de temperatura sea de entrada o salida de la cuba 1.
<i>Fail_Cuba2</i>	Contacto que determina la falla de temperatura sea de entrada o salida de la cuba 2.
<i>Fail_Cuba3</i>	Contacto que determina la falla de temperatura sea de entrada o salida de la cuba 3.
<i>Fail_Cuba4</i>	Contacto que determina la falla de temperatura sea de entrada o salida de la cuba 4.
<i>Fail_Receptor</i>	Contacto que interpreta el rebose de líquido refrigerante dentro del receptor.
<i>Fail_SepAce1</i>	Contacto que establece el deterioro del separador 1.
<i>Fail_SepAce2</i>	Contacto que establece el deterioro del separador 2.
<i>Sist_Lum</i>	Subsistema lumínico de seguridad.
<i>Lum_Act</i>	Contacto que forma parte del subsistema lumínico y que, al activarse, enciende las direccionales del sistema SCADA para guía de escape del barco.
<i>Sonorus_Act</i>	Contacto del subsistema sonoro de seguridad que genera un sonido de alarma al momento de que el SCADA presente una falla. Este contacto se activa en simultáneo con el subsistema lumínico.
<i>Neutr_Gas</i>	Subsistema de seguridad que permite activar en el SCADA un riego de líquido para neutralizar la fuga de gas durante un tiempo determinado.
<i>Reconfig_Sist</i>	Luego de la activación de los subsistemas de seguridad, este contacto se encarga de retornar dichos subsistemas a su estado de apagado.

Tabla 4 .Descripción de las variables del PLC del sistema de seguridad.

Fuente: Autor.

En la figura 3.6 detallamos el esquema eléctrico con las ubicaciones de las entradas/salidas para los sensores de detección de los componentes del sistema de seguridad y sus subsistemas:

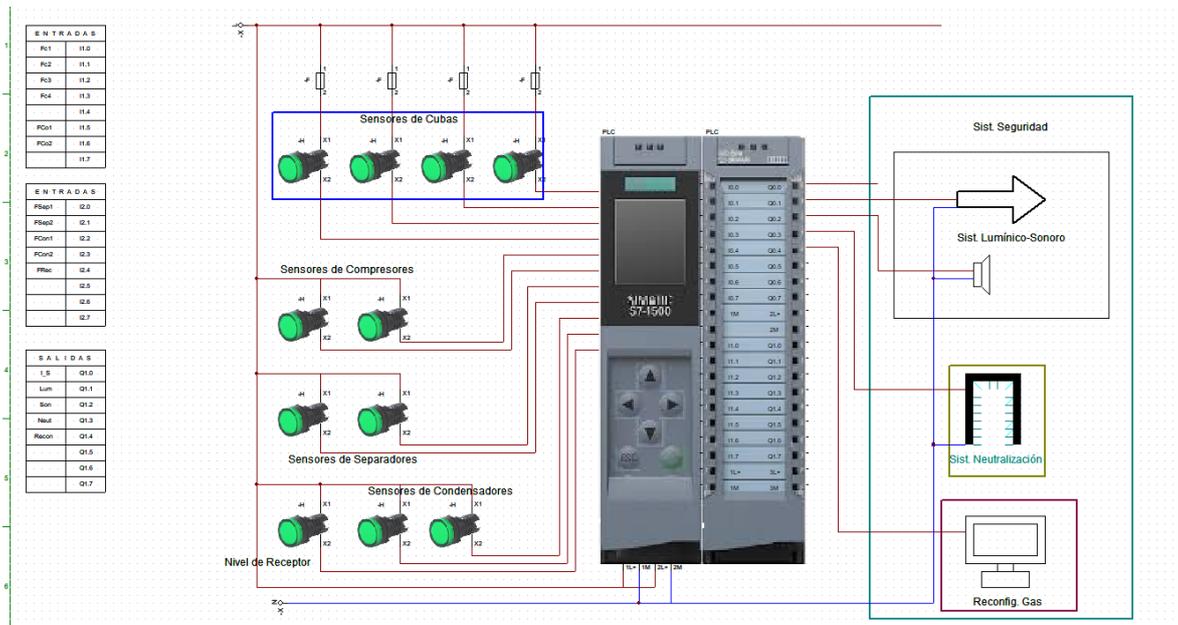


Figura 3. 6. Esquema Eléctrico de los sensores de detección de fugas en el PLC.

Fuente: Autor.

El procedimiento para detectar y diagnosticar las fallas en el sistema experto empleado se mostrará en la siguiente tabla 5:

Falla	Diagnóstico	Posible solución.
Sensor de temperatura marca color "rojo" en las Cubas 1-4	Temp. fuera de los valores normales de la cuba. Posible fuga de gas refrigerante.	Activar sistema lumínico-sonoro. Si existe fuga de gas activar sist. neutralización. Reconfigurar sistema.
Sensor de temperatura/presión marca color "rojo" en los Compresores	Falta de presión para comprimir y elevar la temperatura del gas. Posible fuga de refrigerante.	Activar sistema lumínico-sonoro. Si existe fuga de gas activar sist. neutralización. Reconfigurar sistema.

<i>Sensor de nivel de aceite marca color "rojo" en los Separadores</i>	Posible superabundancia de aceite porque no se ha separado del gas y no reutilizado al compresor.	Activar sistema lumínico-sonoro. Si existe fuga de gas activar sist. neutralización. Reconfigurar sistema.
<i>Sensor de temp. marca color "rojo" en los Condensadores.</i>	A pesar del enfriamiento del agua de mar el gas no baja su temperatura.	Activar sistema sonoro. Apagar sistema de refrigeración.
<i>Sensor de nivel de líquido refrigerante marca color "rojo" en el Receptor.</i>	Nivel BAJO de líquido refrigerante para distribuir a las cubas	Reconfigurar sistema.
<i>Sensor de nivel de líquido refrigerante marca color "rojo" en el Receptor.</i>	Nivel ALTO de líquido refrigerante dentro del receptor. Posible rebose de líquido refrigerante.	Activar válvula de expansión para refrigerar las cubas y repetir el circuito. En caso de no activarse, apagar el sistema. Reconfigurar sistema.

Tabla 5. Tabla de procedimiento para la detección y diagnóstico de fallas del sistema de refrigeración.

Fuente: Autor.

Usando las variables de la figura 3.5, mediante diagramas de flujo, establecemos el diseño del sistema de seguridad. En el primer diagrama de flujo, en la figura 3.7, se describe la secuencia de detección de fallas de las cubas de refrigeración por sus anomalías en la temperatura que puede causar fuga de refrigerante:

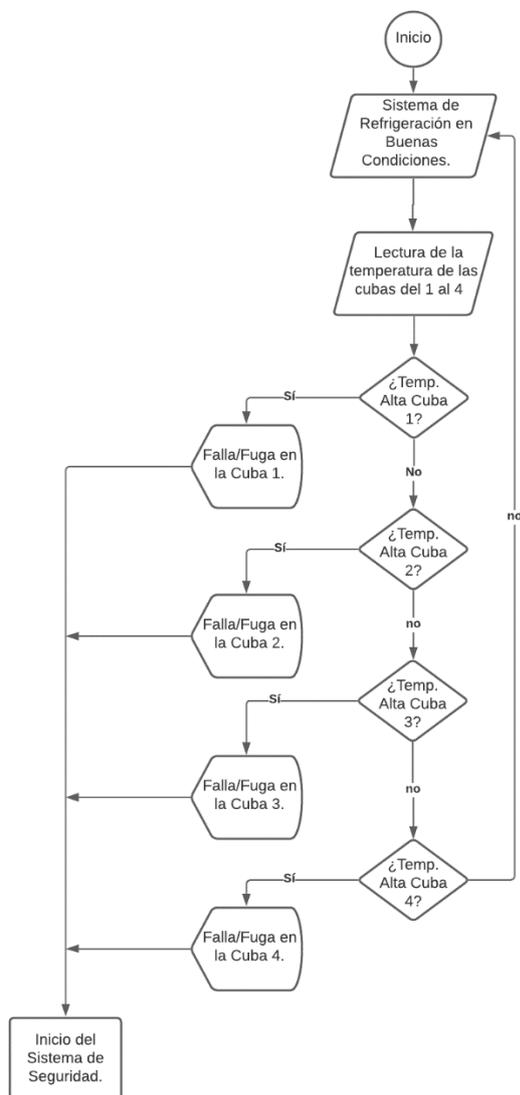


Figura 3. 7. Diagrama de flujo para las Cubas

Fuente: Autor.

También durante la ejecución del sistema de refrigeración, verificamos las variables de los compresores y separadores de aceite y si existen defectos de uno de los dos componentes o ambos, se lo muestra mediante el siguiente diagrama mostrado en la figura 3.8:

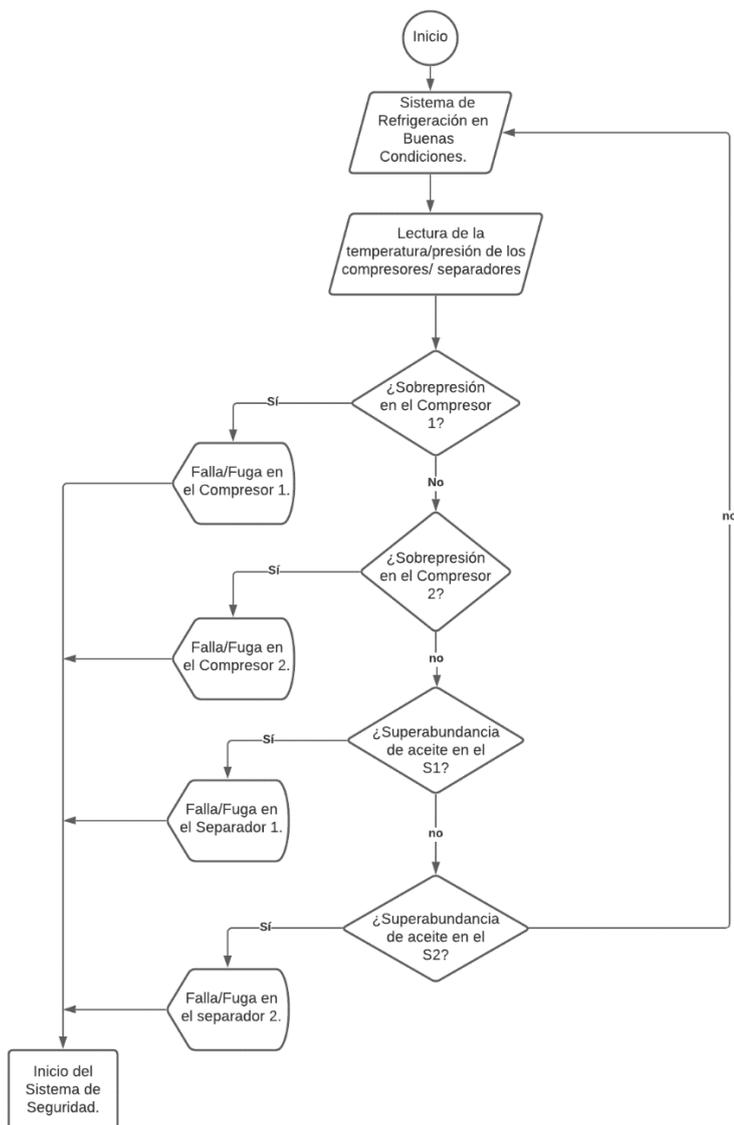


Figura 3. 8. Diagrama de flujo Compresores y Separadores.

Fuente: Autor.

Dentro del condensador, un agente de enfriamiento ingresará y la temperatura bajará drásticamente. Si no sucede eso, existe posibilidad de gas dentro de la salida del condensador y puede causar fugas en el sistema por lo cual en la figura 3.9 muestra el siguiente diagrama:

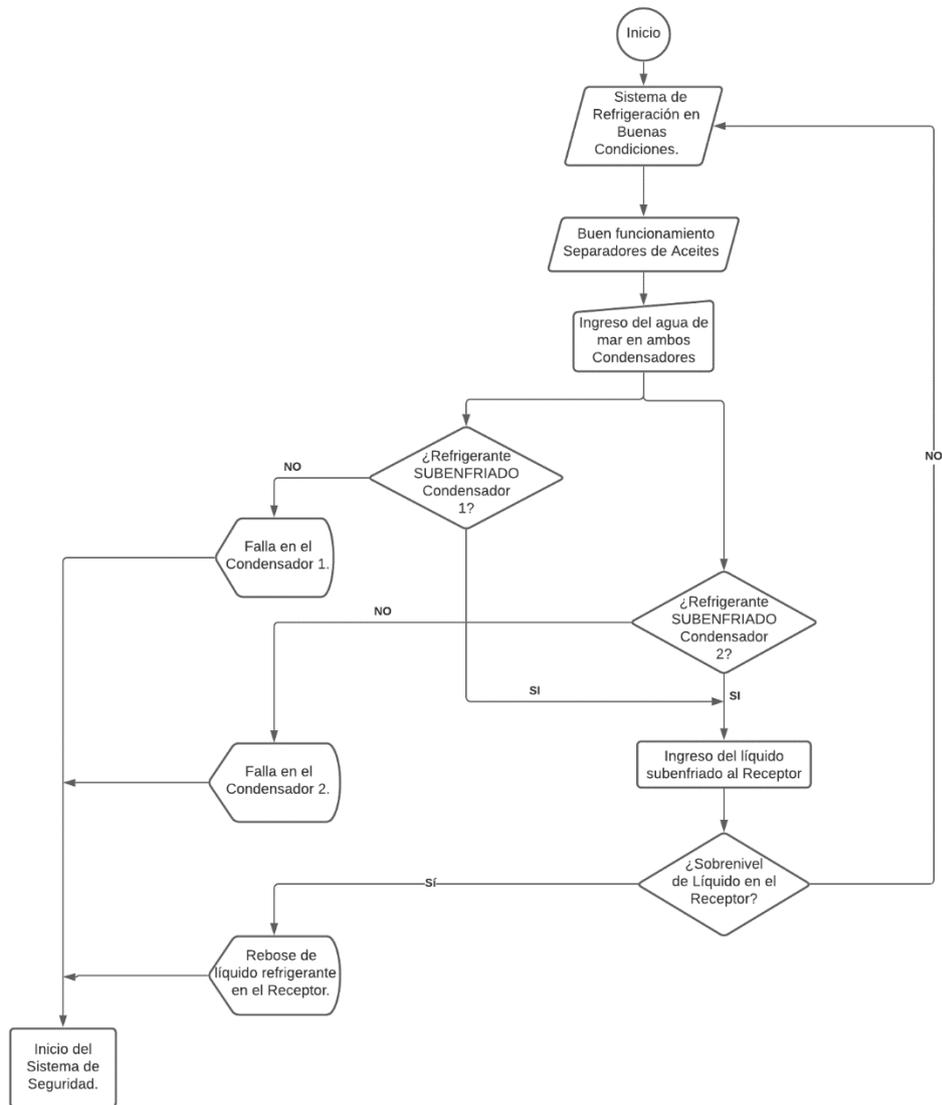


Figura 3. 9. Diagrama de los Condensadores y Receptor.

Fuente: Autor.

3.1.1 Sistema lumínico-sonoro.

El sistema lumínico consta de contactos que al activarse generan direccionales lumínicos que marcan la ruta de la salida del sistema de la sala de refrigeración.

En caso de una fuga de gas, el sistema lumínico y las direccionales se mantendrán activas durante un cierto tiempo, es por eso que el subsistema consta de un temporizador con retardo a la conexión.

A su vez el sistema sonoro (bocinas o timbres), que se activa en simultáneo con el sistema lumínico, consta del mismo temporizador para que la tripulación a bordo no solamente escuche las bocinas de las alarmas, sino que se dirijan a la salida de la sala de refrigeración y del barco tal como se aprecia en la figura 3.10.

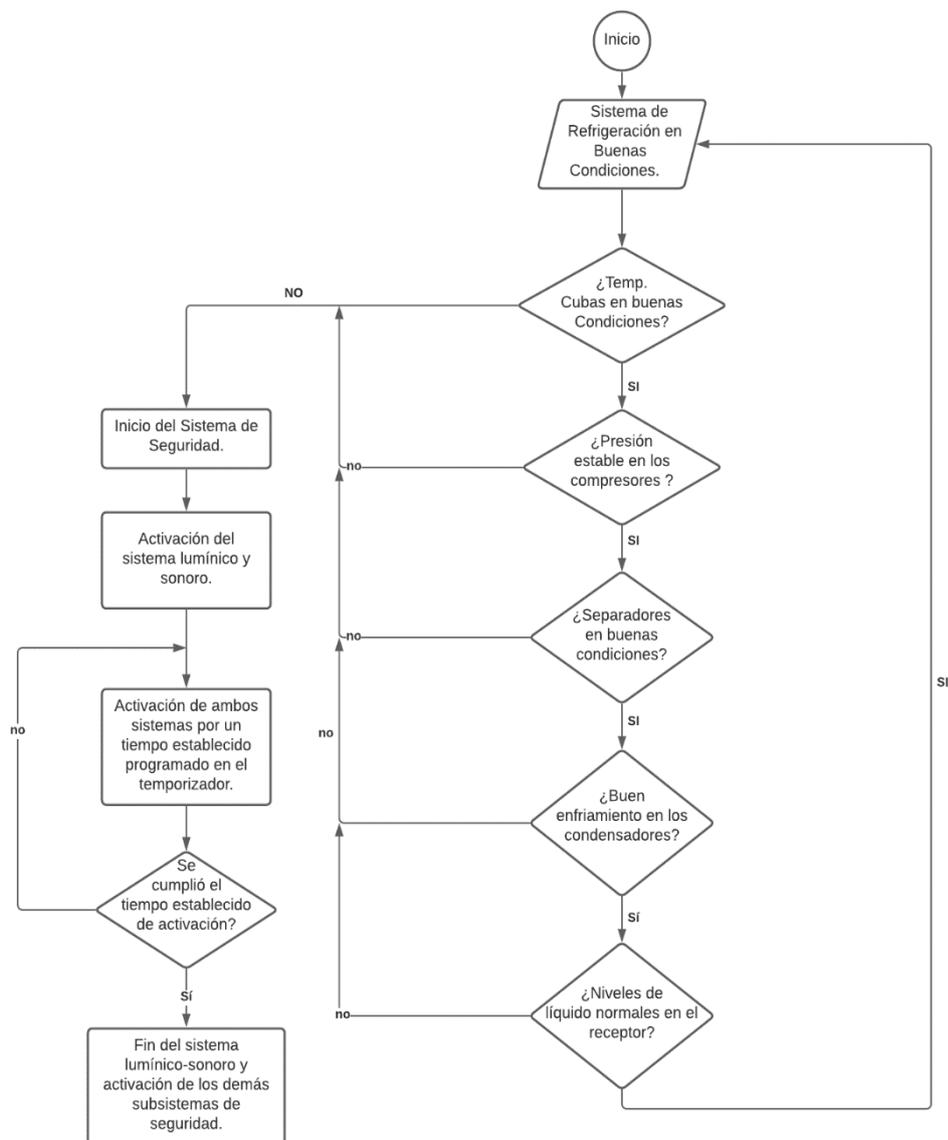


Figura 3. 10. Diagrama de flujo del sistema Lumínico-Sonoro.

Fuente: Autor.

3.1.2 Sistema de neutralización del gas amoníaco.

El SCADA enviará la señal de la alarma de una fuga por lo cual el sistema lumínico que proviene del PLC se activará automáticamente y a renglón seguido se procederá el riego de un líquido (agua) para neutralizarlo evitando que las personas a bordo del barco inhalen ese gas tóxico como se lo observa en la figura 3.11.

Durante la llamada del SCADA se averiguará en que parte se encuentra la falla del sistema de refrigeración. Es así como el sistema experto dará un mensaje de la falla y en donde será mediante los sensores de fuga de refrigerante que se encuentran en puntos importantes del SCADA.

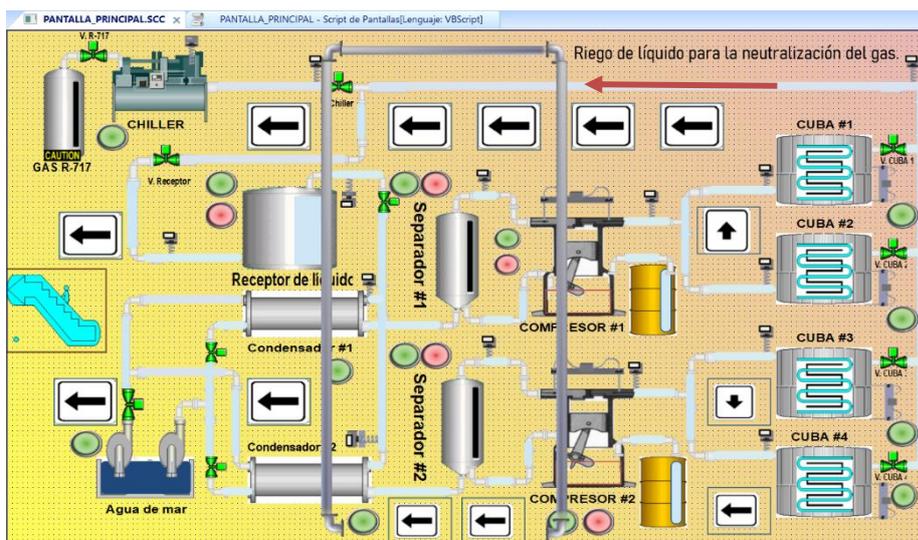


Figura 3. 11. Riego de líquido para la neutralización del gas en el Sistema SCADA.

Fuente: Autor.

El riego tendrá una duración aproximada de 20 a 30 segundos para intentar neutralizar la fuga de gas, para eso, el sistema SCADA tiene que apagarse de manera forzosa para que se active dicho riego como se aprecia en la figura 3.12. Los valores del SCADA no influirán ya que se trata de una fuga por la cual el sistema tuvo que ser apagado.

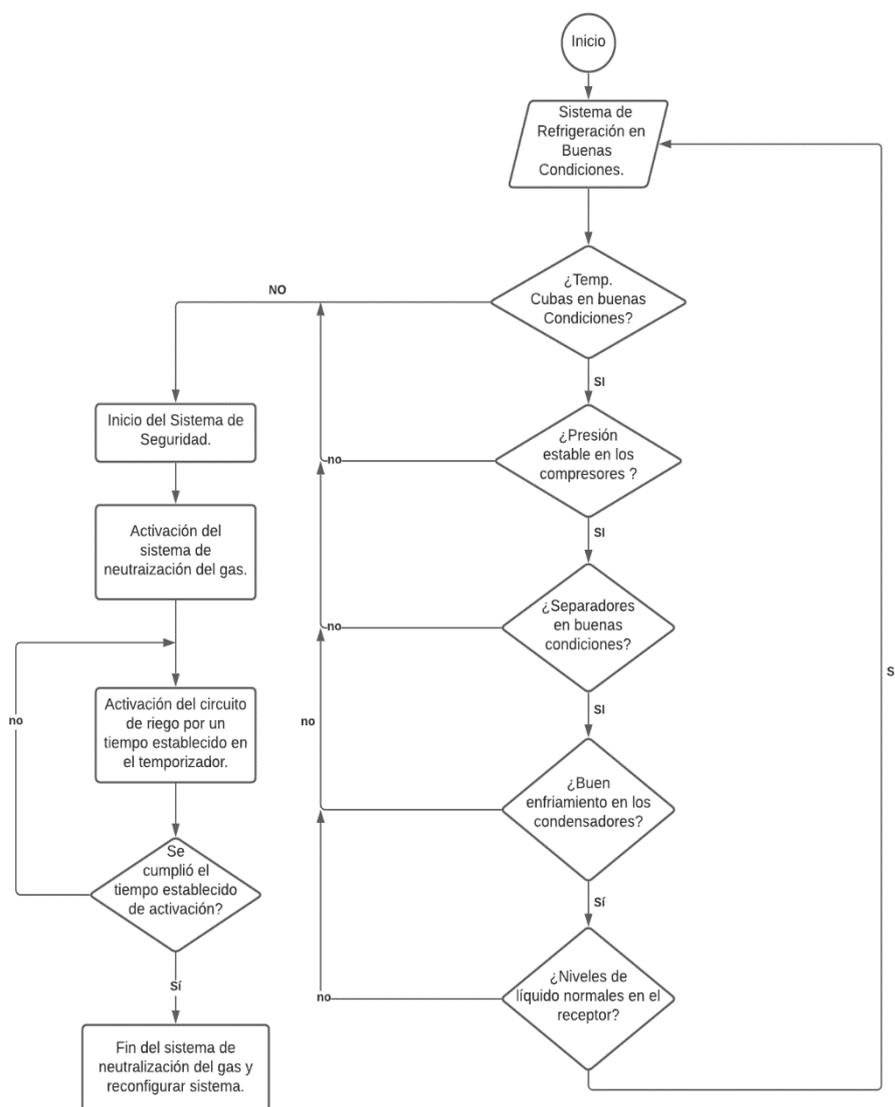


Figura 3. 12. Segmentos para la Neutralización del gas.

Fuente: Autor.

3.2 Reconfiguración del sistema de Refrigeración.

En la figura 3.13, luego de que el PLC haya cumplido los segmentos necesarios para la detección y neutralización de fugas del sistema, procederemos a reconfigurar el sistema de refrigeración en caso de que se repita alguna anomalía.

Luego de que el sistema actúa sobre la fuga de gas de algún componente del sistema, el sistema de riego se activa cumpliendo la función de neutralizar el gas durante un tiempo establecido.

Al finalizar dicho riego, en el sistema de seguridad se resetearán los sensores de deterioro de los componentes del sistema de refrigeración y se identificará(n) el(los) componente(s) afectado(s) por la fuga de gas o por su mal funcionamiento.

También, se devolverá al valor original a los subsistemas de la seguridad aplicadas a la fuga de gas luego de haber cumplido su función programada.

A su vez, al identificar el componente afectado se redefine los parámetros del componente que causaron la fuga y aliviarlo de una reincidencia de dicha fuga de refrigerante. Para ello se tiene que iniciar de nuevo el sistema de refrigeración y, en caso de que reincida la falla, se lo reconfigurará las veces que sean necesarias hasta estar en buenas condiciones. Dicha reconfiguración se aplica para algunos componentes del sistema de refrigeración que estén defectuosos y que ocasionen una posibilidad de fuga dentro del sistema.

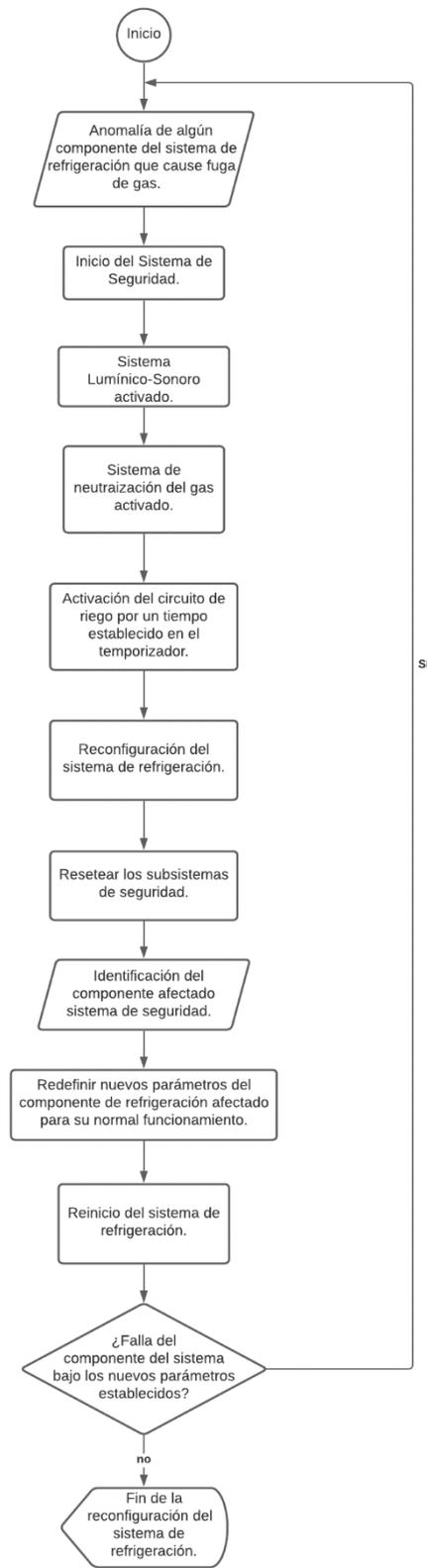


Figura 3. 13. Diagrama de flujo de la Reconfiguración del Sistema.

Fuente: Autor.

3.3. Resultados del Capítulo.

Durante el desarrollo del capítulo 3 hemos configurado el sistema de seguridad acoplado al sistema experto del SCADA para la detección de anomalías de los componentes del sistema de refrigeración en cómo actuar sobre ellos y cómo neutralizarlos.

Los segmentos de programación por bloques de contactos mediante el software de TIA PORTAL ha dado estos resultados:

La figura 3.14 muestra la pantalla principal del sistema SCADA en su ejecución:

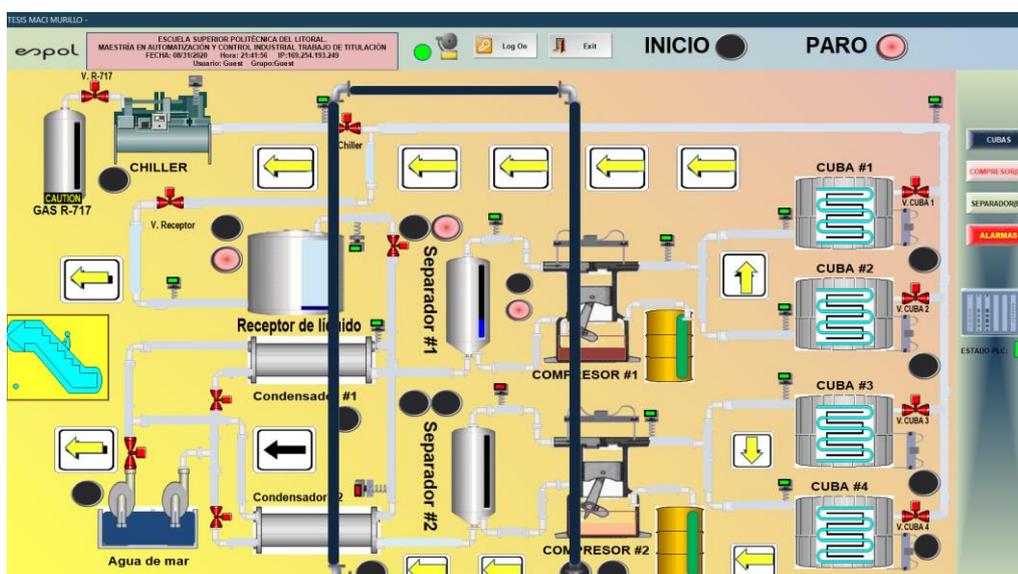


Figura 3. 14. Sistema SCADA en ejecución ante una falla en dicho sistema. (Indusoft Web Studio)

Fuente: Autor.

Si dicho sistema detecta una falla en algún componente, el sensor del componente afectado del sistema de refrigeración desde el SCADA se marcará en rojo interpretando dicha falla del sistema y se lo transmite al sistema de seguridad como lo vemos en la figura 3.15.

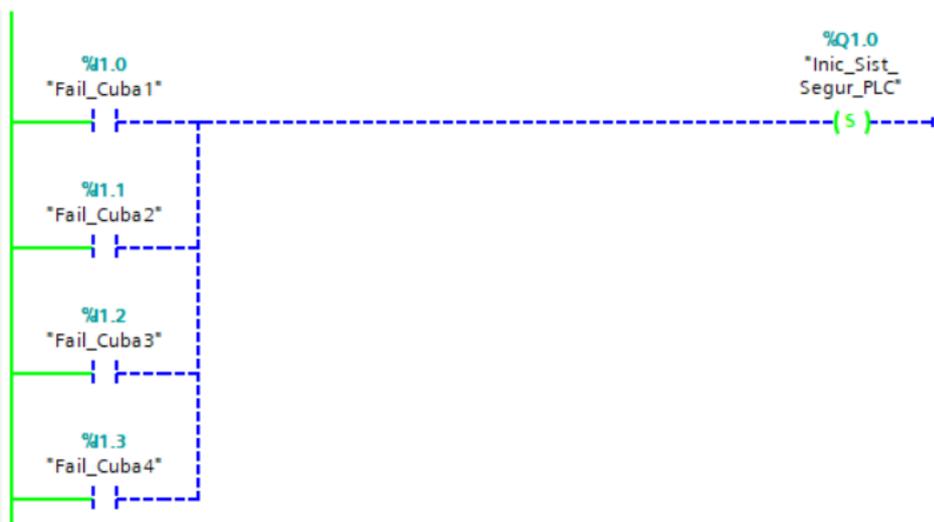


Figura 3. 15. Falla detectada en uno de las cubas del sistema de refrigeración. (TIA PORTAL)

Fuente: Autor.

En la figura 3.16, la salida %Q1.0, el sistema de seguridad, que se encargará de activar las marcas de los sistemas lumínico–sonoro, neutralización del gas refrigerante y reconfiguración del sistema.



Figura 3. 16. Activación del sistema lumínico

Fuente: Autor.

En las figuras 3.17 y 3.18 se muestran las señales lumínicas que se activan desde el SCADA.

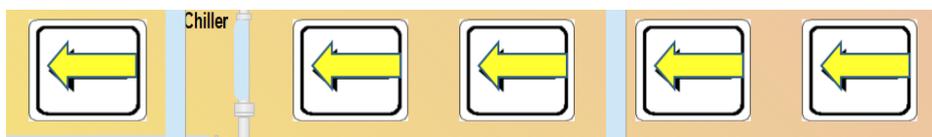


Figura 3. 17. Activación del sistema lumínico (SCADA)

Fuente: Autor.

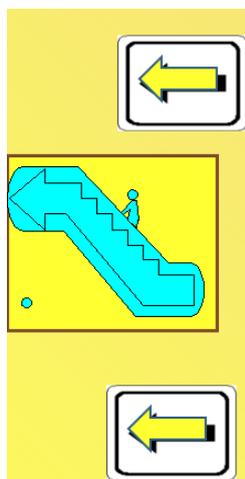


Figura 3. 18. Activación del sistema lumínico y salida de la sala del sistema de refrigeración. (SCADA)

Fuente: Autor.



Figura 3. 19. Activación del sistema sonoro.

Fuente: Autor.



Figura 3. 20. Activación del sistema sonoro por medio de una luz piloto y paro del sistema SCADA. (Indusoft Web Studio)

Fuente: Autor.

Activando el sistema de neutralización del gas por el tiempo de 30 segundos de riego de líquido neutraliza la fuga de refrigerante del sistema de refrigeración como se muestra en la figura 3.21 y en la figura 3.22 se indica el circuito de riego representado en el SCADA.

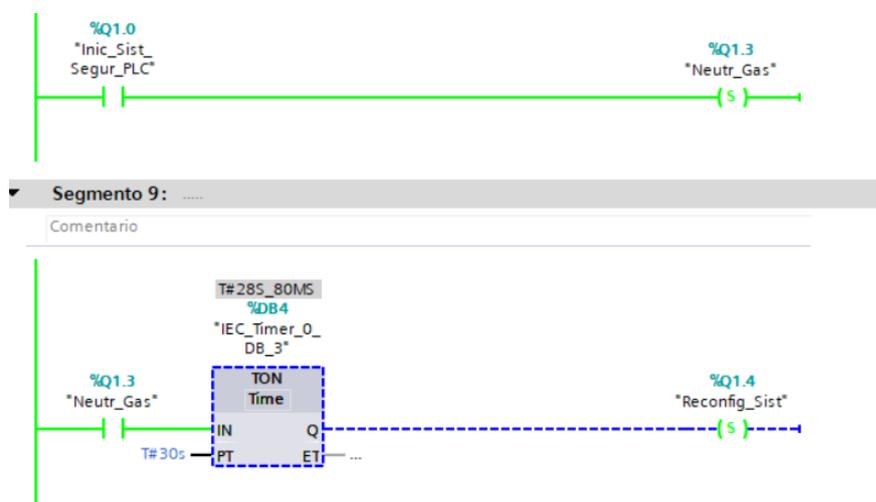


Figura 3. 21. Neutralización del gas.

Fuente: Autor.

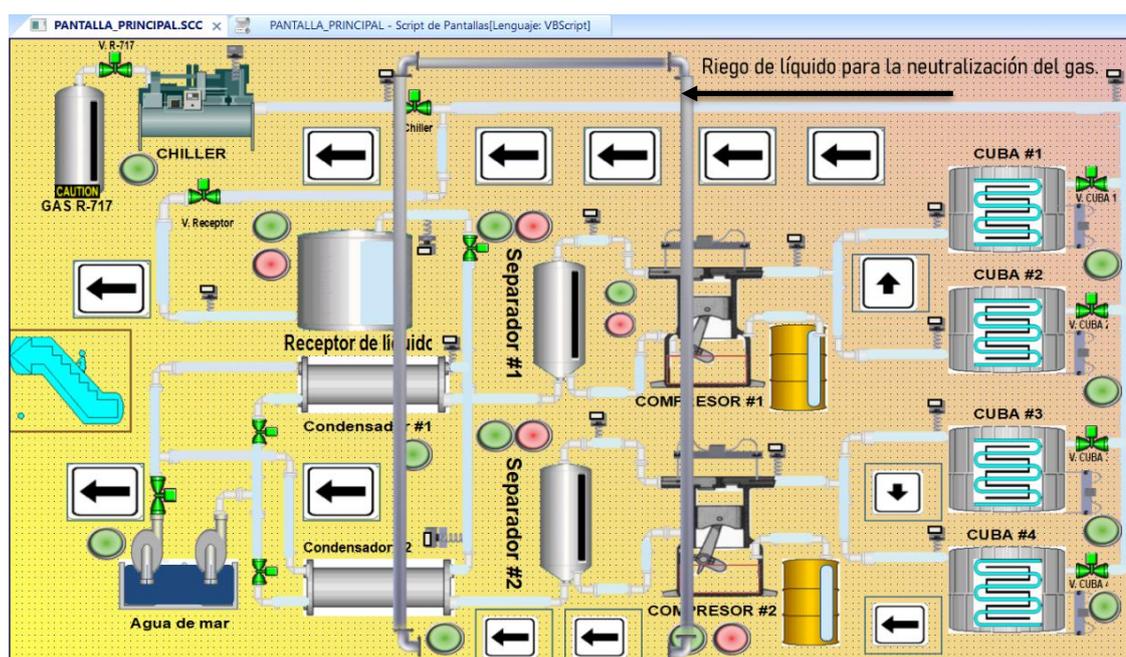


Figura 3. 22. Circuito de riego de líquido para la neutralización de gas.
(Indusoft Web Studio)

Fuente: Autor.

Luego de que finalice el tiempo de la neutralización del gas, se procede a reconfigurar el sistema, el cual no sólo retornan sus valores originales a los sistemas lumínico-sonoro, neutralización e inicio del sistema de seguridad que habían sido seteados para la detección de la falla, sino que también se identifica el componente que quedó afectado.

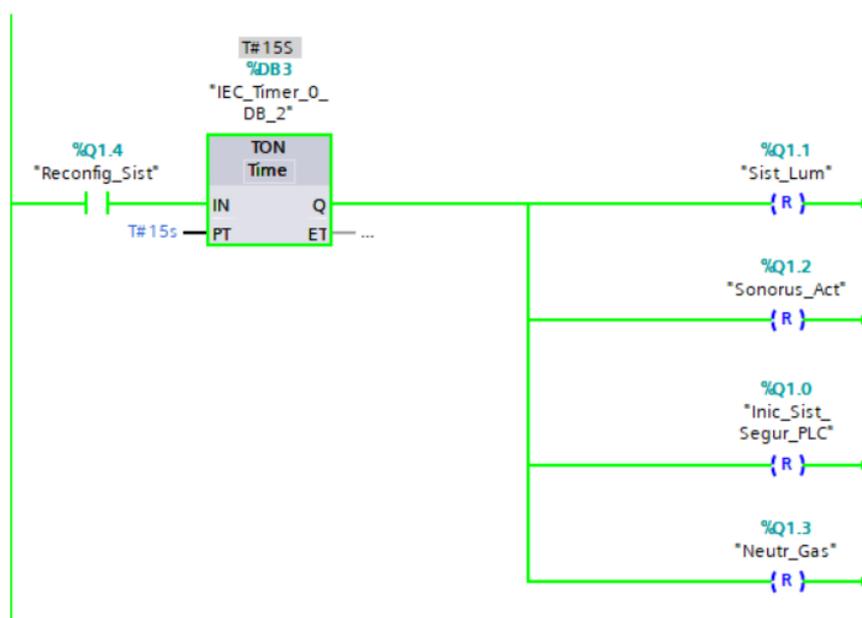


Figura 3. 23. Activación de la reconfiguración del sistema desactivando los otros sistemas que forman parte del sistema de seguridad.

Fuente: Autor.

Si el sistema de seguridad se activó por el componente afectado, entonces la reconfiguración del sistema se lo aplica a dicho componente pasando por los subsistemas de seguridad. Esto hace que la condición del segmento de reconfiguración del sistema genere un salto y se active al segmento del componente

que determinó una falla dentro del sistema de refrigeración forzando el apagado del mismo.

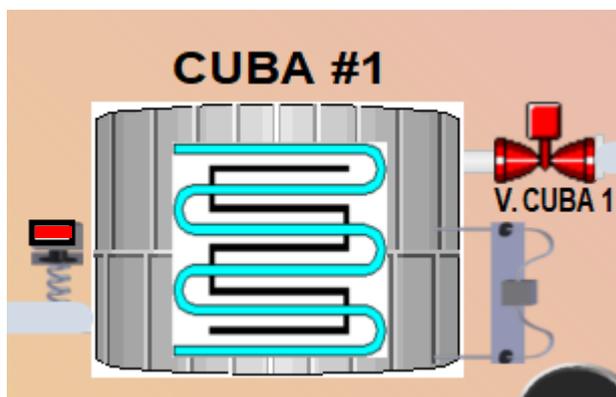


Figura 3. 24. La salida “ClassCub1” es el contacto que envía la señal al SCADA para su reconfiguración”.

Fuente: Autor.

La figura 3.24 el contacto identificará el componente / los componentes afectado(s) de la fuga de gas con nuevos parámetros de trabajo adaptándose al sistema de refrigeración y una vez hecho, se reinicia dicho sistema.

En caso de que se reitera la falla del mismo componente u otro, se puede realizar otra reconfiguración que se trata de colocar una válvula de cierre así el componente afectado quede en estado de suspensión hasta su pronta reparación como lo verán en las figuras 3.25 y 3.26.

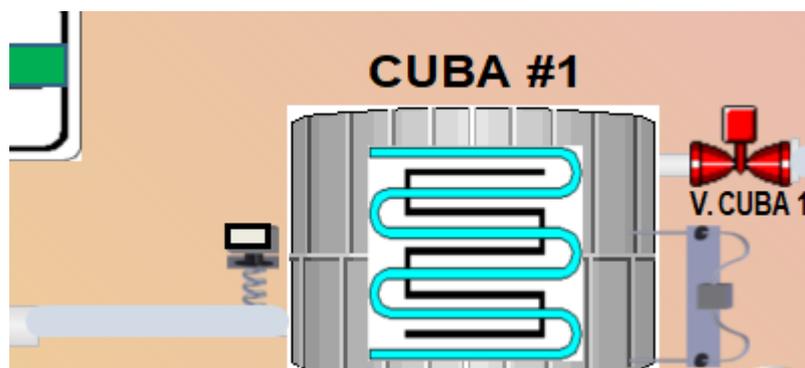


Figura 3. 25. Componente afectado por alguna fuga de gas antes de su reconfiguración.

Fuente: Autor.

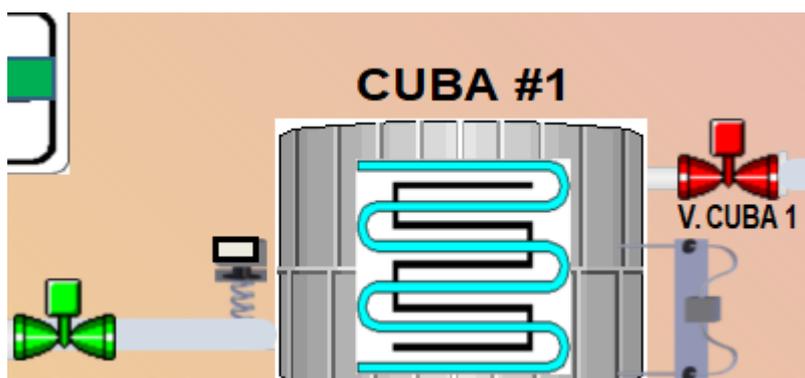


Figura 3. 26. Una válvula de cierre (izquierda) suspende el funcionamiento del componente para su futura reparación.

Fuente: Autor.

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN

4.1 Algoritmo de detección de fallos y decisión de la respuesta del sistema de seguridad.

En este literal se desarrollará las secuencias de pasos para la detección de anomalías del sistema para detectar sus fallos activando las alarmas y enviando dichas fallas al PLC para que se ejecute la mejor decisión posible en el sistema de seguridad resolviendo el problema y restablecer el sistema para que funcione correctamente.

El algoritmo correspondiente a las fallas y respuesta del sistema se mostrará por medio del siguiente diagrama de flujo:

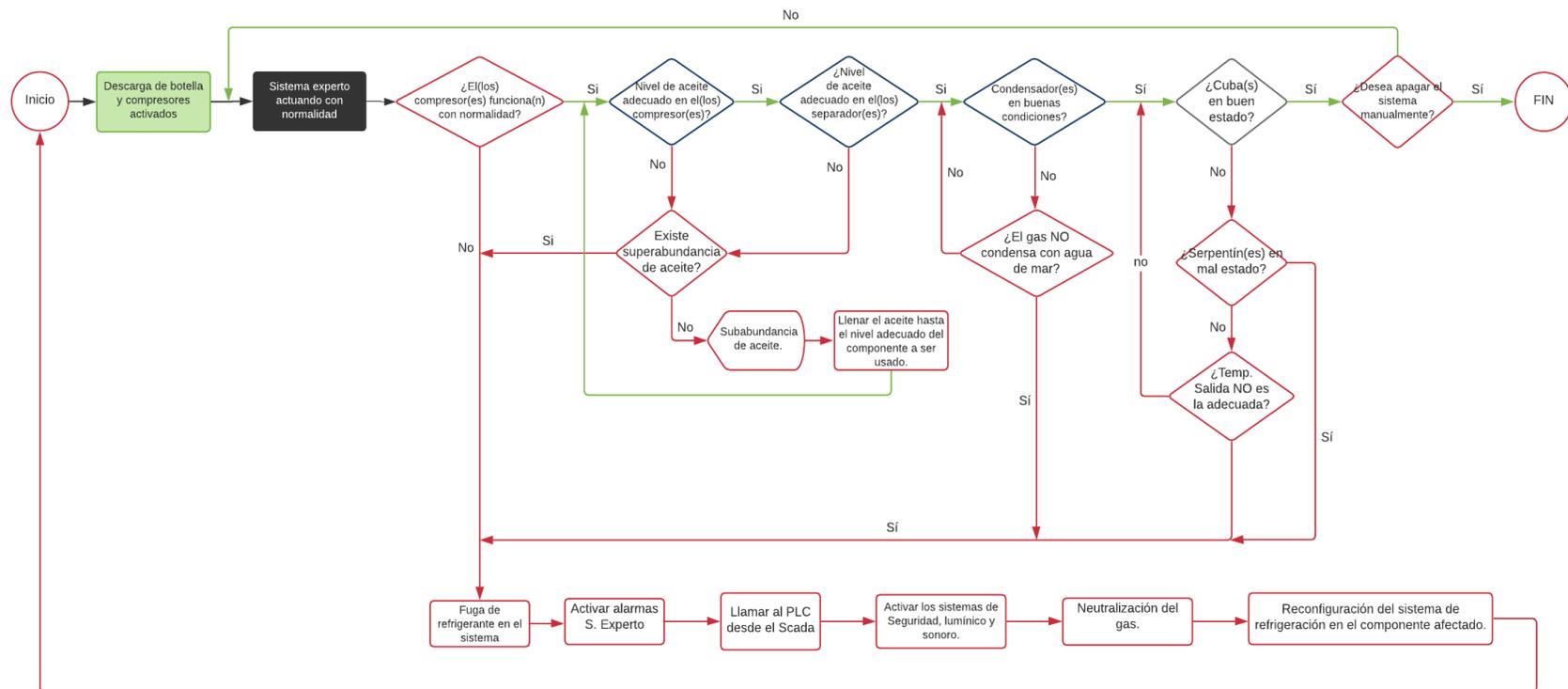


Figura 4. 1. Diagrama de bloques para el algoritmo de detección de fallos y respuesta del sistema.

Fuente: Autor.

4.2 Diseño de la pantalla principal del sistema de Refrigeración.

Ya que se trata de un sistema básico de refrigeración en los barcos pesqueros, la pantalla principal del sistema de supervisión se lo diseñará mediante el software Indusoft Web Studio.

4.2.1 Descripción del sistema de Refrigeración.

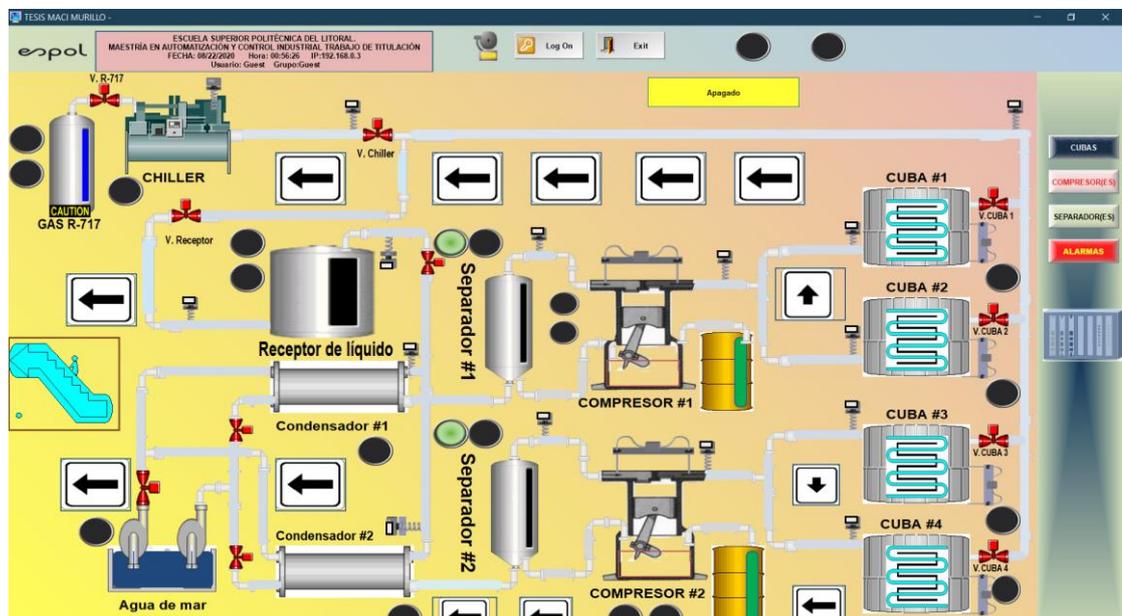


Figura 4. 2. Pantalla Principal del Sistema de Refrigeración.

Fuente: Autor.

En la figura 4.2 observamos la pantalla de la sala del proceso del sistema de refrigeración en el cual, se encuentran los componentes respectivos a dicho sistema junto con sus conexiones correspondientes para el funcionamiento de la misma.

En la figura 4.3 mostramos los componentes Botella de gas refrigerante y chiller (intercambiador gas-líquido) en sus respectivos objetos para su representación gráfica del sistema. Cuando el sistema se inicie, la botella se empieza a descargar para su ingreso al chiller mediante una válvula de paso. (V. R-717) Así, al abrir dicha válvula, el gas pasará al chiller para que transforme el gas en refrigerante líquido para que circule por las cubas del sistema.

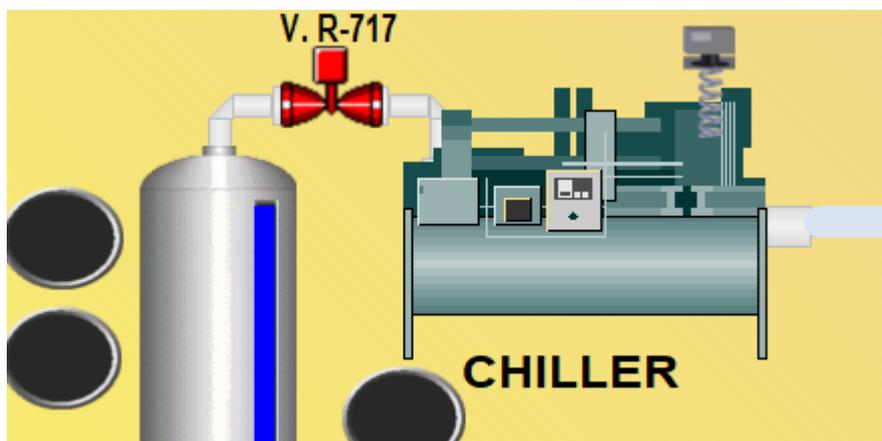


Figura 4. 3. Botella de Amoníaco y Chiller

Fuente: Autor.

Antes de que el refrigerante líquido pase por las cubas hay que verificar la temperatura del refrigerante con la que sale del chiller para poder activar las válvulas de paso a cada cuba a ser refrigerada. Es por eso que antes de distribuir a las cubas, existe una válvula de expansión que solo se abrirá si el refrigerante obtiene la temperatura deseada.

En la figura 4.4 determinamos las cubas, donde generarán la refrigeración de la materia prima luego de realizar una pesca. Normalmente, las cubas tienen forma de cubo y los representaremos como contenedores junto con evaporadores en forma de serpiente llamados “serpentines”.

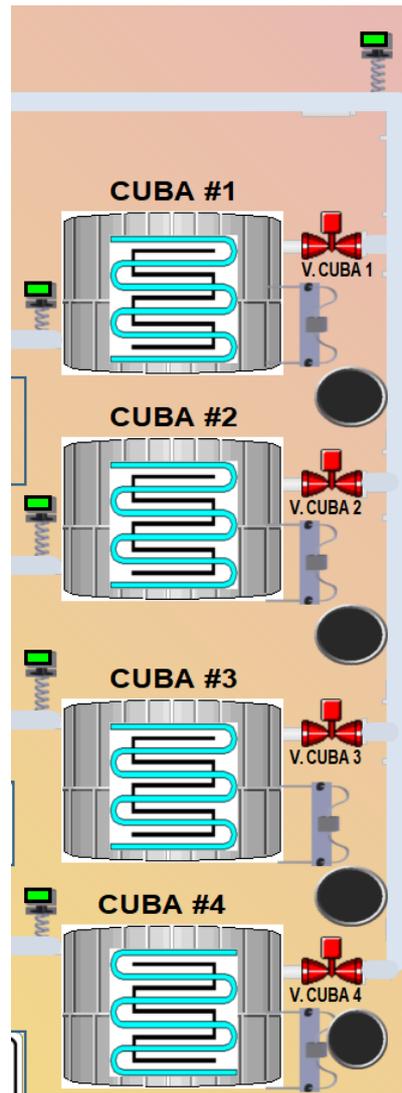


Figura 4. 4. Cubas del Sistema de Refrigeración.

Fuente: Autor.

Cada cuba tiene su válvula de paso para su respectiva refrigeración y una vez llegado a la temperatura definida, las válvulas de paso se cierran y a cada cuba contiene un sensor para detección de fugas en caso de que exista. Si el sensor marca “rojo” quiere decir que hay probabilidad de fuga y en esa cuba hay una variable en que, sus rangos normales de funcionamiento estén por fuera de los límites.

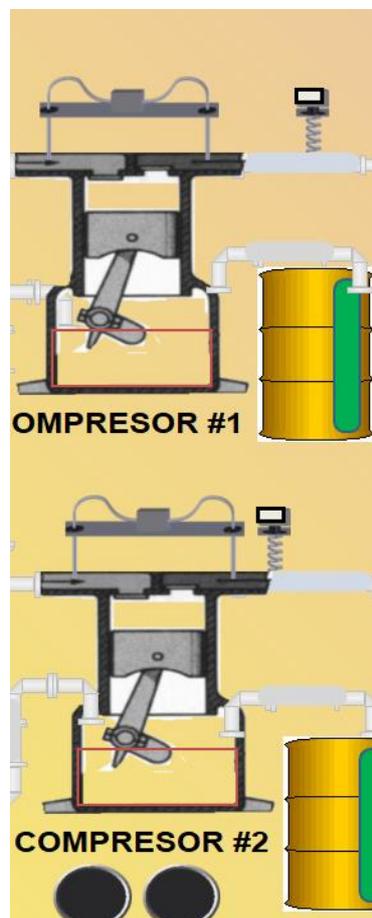


Figura 4. 5. Compresores.

Fuente: Autor.

En los compresores de la figura 4.5 se los representa como motores del sistema de refrigeración que depende de un aditivo como el aceite frigorífico representado gráficamente con un tanque. Al insertar el aceite al compresor y comprimir el gas refrigerante mezclado con aceite, eso hace que el gas cambie bruscamente de temperatura.

También contiene un presostato que determinará la diferencia entre las presiones de salida y entrada del gas. El sensor de detección de fugas de cambia a rojo si la presión no llega a los valores normales de compresión ya que consecuentemente la temperatura del gas no sería apto para la salida del compresor.

En la figura 4.6 se muestran los separadores de aceite. Estos separadores tienen una representación gráfica como de un embudo o filtro en que poseen 3 rutas. La primera, es la llegada del gas caliente con aceite para que el gas se separe del aceite. La segunda, cuando el gas se separa del aceite bajo una temperatura indicada y se enruta al condensador. Y la tercera, en que el aceite extraído se reutilice al compresor.

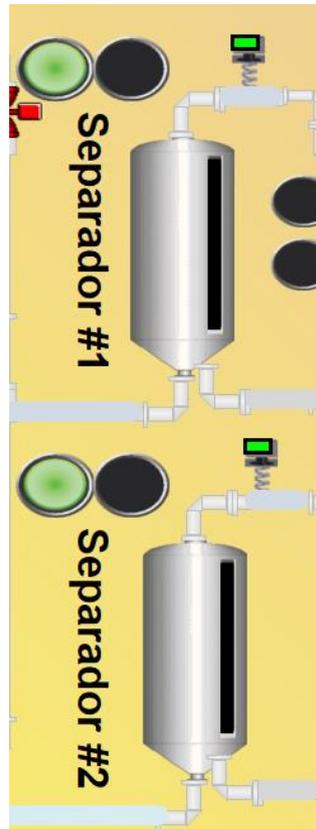


Figura 4. 6. Separadores de Aceite.

Fuente: Autor.

Tanto el compresor como el separador de aceite se los programa con un nivel permitido de aceite para evitar superabundancias y a su vez, fugas en ambos componentes.

Los condensadores de la figura 4.7 de los determina gráficamente como intercambiadores de calor. El gas es evacuado a presión constante con el detalle de que se tiene que agregar un agente de enfriamiento para que el gas refrigerante se condense por lo cual se usará el agua de mar.

El receptor de líquido de la figura 4.8 es representado por medio de un tanque de almacenamiento que recibirá el líquido subenfriado proveniente del condensador. El receptor aceptará el líquido del condensador y activará su válvula de paso solo si está subenfriado, es decir, debajo de los 0°C.



Figura 4. 8. Recibidor o Receptor de líquido refrigerante.

Fuente: Autor.

El receptor se le inserta un indicador de nivel que determine el límite permitido de la capacidad de almacenamiento de líquido y, al final del receptor, una válvula de expansión redirigido a las cubas refrigerantes cerrando así el circuito del sistema de refrigeración.

El indicador de nivel ideal para los receptores de líquido está estimado entre 50 a 75% del volumen del receptor. El requisito mínimo de almacenamiento de nivel de líquido es del 20% de la capacidad del receptor. Para activar la válvula de expansión y distribuir el líquido a las cubas, es necesario que el almacenamiento esté entre el 20 y 50% de la capacidad del receptor para

que, en caso de que se requiera volver a refrigerar las cubas, dicha válvula de expansión se active.

Si el indicador de nivel nota que el receptor tiene un almacenamiento de líquido menor al 20% y se necesite refrigerar las cubas, se les recomienda instalar otra botella de amoníaco.

4.3 Control de Alarmas para Fugas de Gas Amoníaco.

El control de alarmas para fugas será creado bajo los niveles de advertencia y peligro para su respectiva activación durante la ejecución del sistema. Mediante el software Indusoft se tendrá una pantalla de alarmas que mostrará las posibles fugas de refrigerante circulando por los componentes del sistema y además los sensores de detección en caso de fuga de refrigerante.

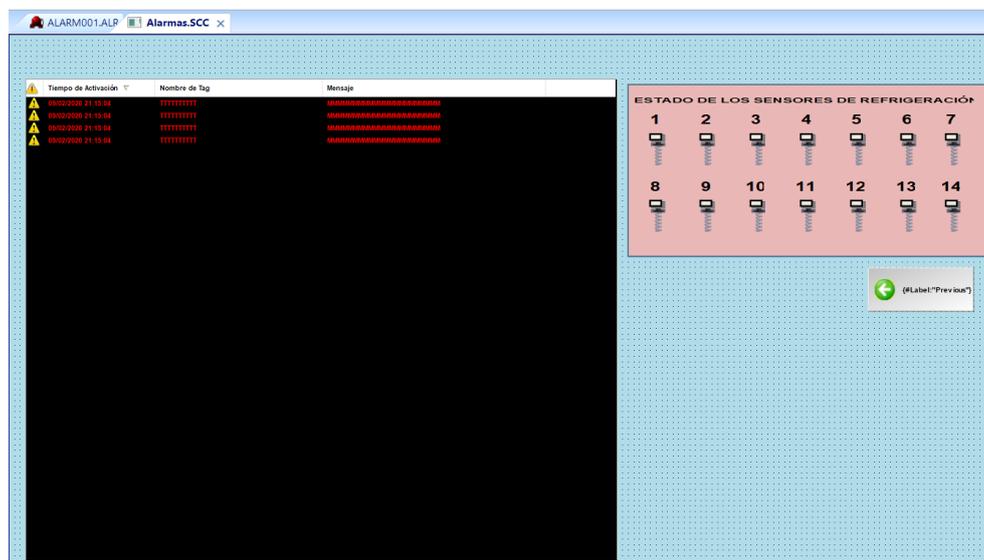


Figura 4. 9. Pantalla “Alarmas”.

Fuente: Autor.

⚠ Tiempo de Activación ▾	Nombre de Tag	Mensaje
✓ 09/02/2020 18:51:44	SenNiv_Max_Recep	Nivel de Liquido Refrigerante ALTO en el Receptor
✓ 09/02/2020 17:02:44	Sen_Niv_Min_Recep	Nivel de Liquido Refrigerante BAJO en el Receptor
⚠ 09/02/2020 17:02:44	Condensador[1].Temp_Conden_Recep	Liquido del Refrigerante NO SUBENFRIADO a la Salida del ...
⚠ 09/02/2020 17:02:44	Sep_Aceite[1].Temp_SepAce_Cond	T° del Refrigerante BAJA hacia el Condensador 2
⚠ 09/02/2020 17:02:44	Sep_Aceite[0].Temp_SepAce_Cond	T° del Refrigerante BAJA hacia el Condensador 1
⚠ 09/02/2020 17:02:44	Compresores[1].Temp_Sal_Compr	T° Saliente BAJA del gas en el Compresor 2

Figura 4. 12.Reconocimiento del historial de Alarmas durante la ejecución del sistema.

Fuente: Autor.

4.4 Tendencias de los Componentes del Sistema de Refrigeración.

Las tendencias serán valores que registrarán los componentes del sistema de refrigeración para que el sistema experto tome las decisiones respectivas en caso de alguna anomalía de algún componente.

Los componentes que serán realizados bajo el formato de tendencias serán: los compresores, las cubas y los separadores de aceite. Cada componente tendrá su botón desde la pantalla principal que los dirigirá a sus respectivas pantallas en las cuales mostrarán los valores de sus variables que los estará usando durante la ejecución del sistema.



Figura 4. 13. Botones de la pantalla “Navegación”.

Fuente: Autor.

Cada botón mostrado en la figura anterior se abrirá la pantalla al componente del sistema que queremos observar su funcionamiento por medio de objetos, datos vinculados, generación/selección de reportes y cuadro de tendencias.

Veamos a continuación la pantalla de CUBAS en la figura 4.14:

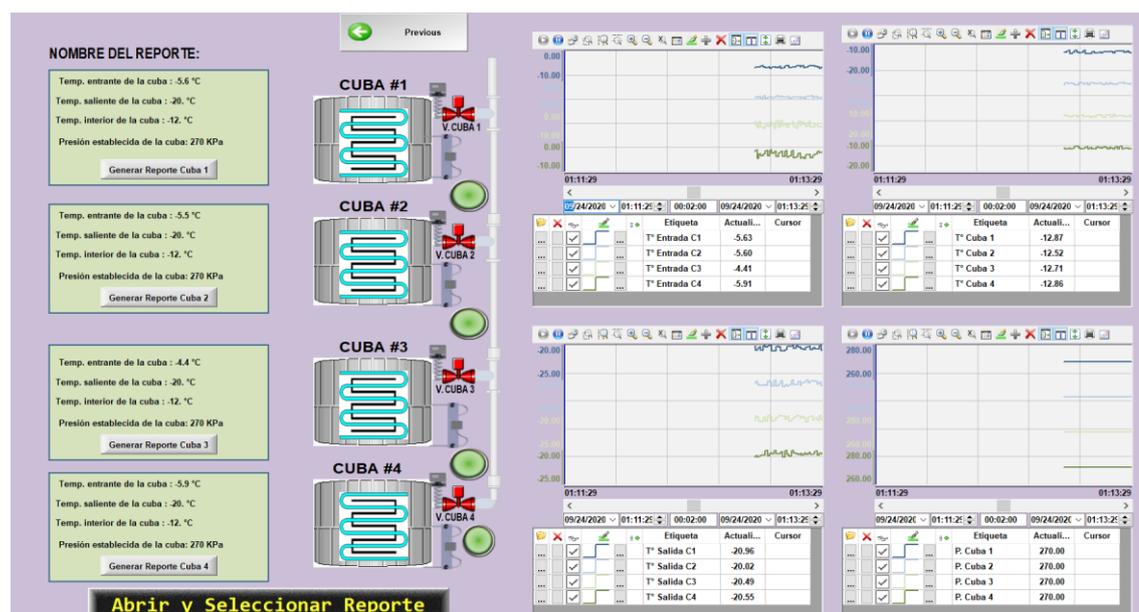


Figura 4. 14. Pantalla "Cuba".

Fuente: Autor.

Veamos los puntos elegidos para ser observados por el cuadro de tendencias mostrado entre las figuras 4.15 y 4.18:

Puntos ×

Punto	Etiqueta	Color	Origen de Dat	Tag/Campo	cala Mínim	cala Máxim	Estilo	Opción	SPC	Ocultar
1	T° Entrada C1		Tag	Cubas[0].Temp...	-10	0		...	" "	" "
2	T° Entrada C2		Tag	Cubas[1].Temp...	-10	0		... °C...	" "	" "
3	T° Entrada C3		Tag	Cubas[2].Temp...	-10	0		...	" "	" "
4	T° Entrada C4		Tag	Cubas[3].Temp...	-10	0		...	" "	" "
5			Tag					...	" "	" "

Figura 4. 15. Puntos para la Tendencia de la temperatura de Entrada de c/cuba.

Fuente: Autor.

Puntos ×

Punto	Etiqueta	Color	Origen de Dat	Tag/Campo	cala Mínim	cala Máxim	Estilo	Opción	SPC	Ocultar
1	T° Cuba 1		Tag	Cubas[0].Temp...	-20	-10		...	" "	" "
2	T° Cuba 2		Tag	Cubas[1].Temp...	-20	-10		... °C...	" "	" "
3	T° Cuba 3		Tag	Cubas[2].Temp...	-20	-10		...	" "	" "
4	T° Cuba 4		Tag	Cubas[3].Temp...	-20	-10		...	" "	" "
5			Tag					...	" "	" "

Figura 4. 16. Puntos para la Tendencia de la temperatura interna de c/cuba.

Fuente: Autor.

Para el botón de “COMPRESORES” se abrirá la pantalla COMPRESORES como se aprecia en la figura 4.19:

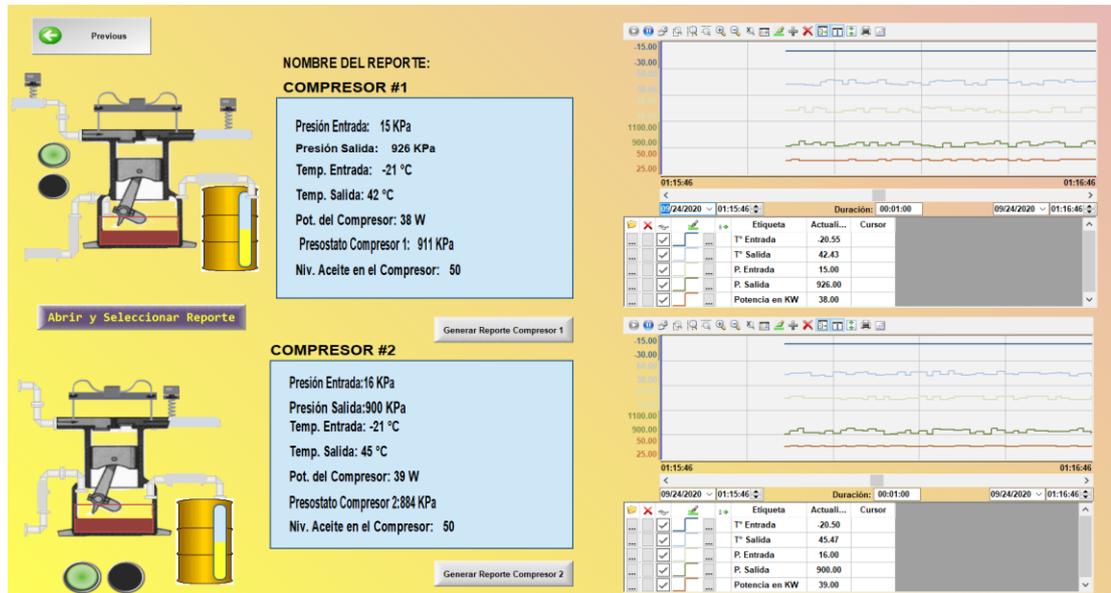


Figura 4. 19. Pantalla “Compresores”.

Fuente: Autor.

En las figuras 4.20 y 4.21, elegimos los puntos de cada variable del compresor para luego crear los cuadros de tendencias:

Puntos

Puntc	Etiqueta	Color	igen de Dat	Tag/Campo	cala Mínin	cala Máxir	Estilo	opcione	SPC	Ocultai
1	T° Entrada		Tag	Compresores[0].Te...	-30	-15		" " " " " " " "	" " " " " " " "	" " " " " " " "
2	T° Salida		Tag	Compresores[0].Te...	30	60		" " " " " " " "	" " " " " " " "	" " " " " " " "
3	P. Entrada		Tag	Compresores[0].Pre...	10	25		" " " " " " " "	" " " " " " " "	" " " " " " " "
4	P. Salida		Tag	Compresores[0].Pre...	900	1100		" " " " " " " "	" " " " " " " "	" " " " " " " "
5	Potencia en KW		Tag	Compresores[0].Pot...	25	50		" " " " " " " "	" " " " " " " "	" " " " " " " "
6			Tag					" " " " " " " "	" " " " " " " "	" " " " " " " "

Figura 4. 20. Puntos de variables para el Compresor #1.

Fuente: Autor.

Punto	Etiqueta	Color	Origen de Dat	Tag/Campo	cala Mínim	cala Máxir	Estilo	Opciones	SPC
1	T° Entrada	■	Tag	Compresores[1].Temp_Entr_Compr	-30	-15		"" "" "" "" ""	"" "" "" "" ""
2	T° Salida	■	Tag	Compresores[1].Temp_Sal_Compr	30	60		"" "" "" "" ""	"" "" "" "" ""
3	P. Entrada	■	Tag	Compresores[1].Pres_Entr_Compr	10	25		"" "" "" "" ""	"" "" "" "" ""
4	P. Salida	■	Tag	Compresores[1].Pres_Sal_Compr	900	1100		"" "" "" "" ""	"" "" "" "" ""
5	Potencia en KW	■	Tag	Compresores[1].Pot_Compr	25	50		"" "" "" "" ""	"" "" "" "" ""
6		■	Tag					"" "" "" "" ""	"" "" "" "" ""

Figura 4. 21. Puntos de variables para el Compresor #2.

Fuente: Autor.

Seguimos con la pantalla donde se muestran los separadores de aceite en la figura 4.22:

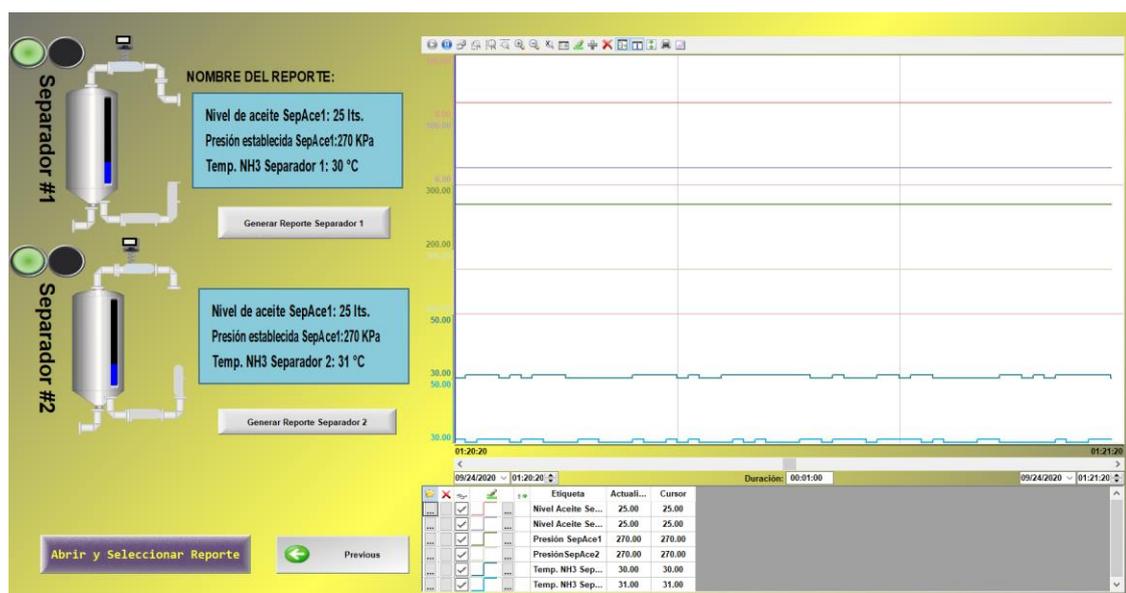


Figura 4. 22. Pantalla "Separadores".

Fuente: Autor.

Mostramos en la figura 4.23, los puntos que serán las variables a ser elegidas para la creación de tendencias de la pantalla “Separadores”:

Punto	Etiqueta	Color	Origen de Datos	Tag/Campo	Escala Mínima	Escala Máxima	Estilo	Opcion
1	Nivel Aceite Sep1	Red	Tag	Sep_Aceite[0].Niv_Sep...	0	100	Red line	"Ni...
2	Nivel Aceite SepAce2	Purple	Tag	Sep_Aceite[1].Niv_Sep...	0	100	Purple line	"Ni...
3	Presión SepAce1	Green	Tag	Sep_Aceite[0].Presos_S...	200	300	Green line	"Pr...
4	PresiónSepAce2	Light Green	Tag	Sep_Aceite[1].Presos_S...	200	300	Light Green line	"Pr...
5	Temp. NH3 SepAce 1	Dark Blue	Tag	Sep_Aceite[0].Temp_S...	30	50	Dark Blue line	" "
6	Temp. NH3 SepAce 1	Light Blue	Tag	Sep_Aceite[1].Temp_S...	30	50	Light Blue line	" "
7		Black	Tag				Black line	" "

Figura 4. 23. Puntos de variables para los Separadores 1 y 2.

Fuente: Autor.

4.5 Seguridad Operacional del Usuario.

Como es un sistema de refrigeración para barcos, es necesario establecer una seguridad del usuario que lo usen tanto el jefe de los barcos como los ingenieros expertos en refrigeración con sus claves respectivas para que puedan monitorear todos los pormenores del sistema de refrigeración tal como se muestra en la figura 4.24.

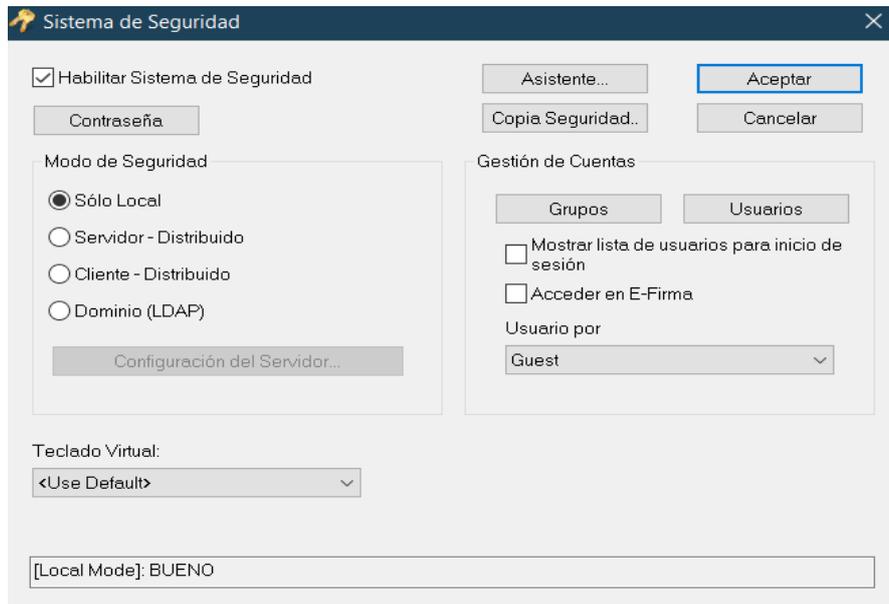


Figura 4. 24. Asistente del Sistema de Seguridad Operacional del Usuario.

Fuente: Autor.

En la figura 4.25, aparecerá un botón el cual permite la creación o configuración de grupos de seguridad para definir las prioridades del sistema de qué persona los va a manejar y en la figura 4.26 se muestran los grupos a crearse para la seguridad del usuario.

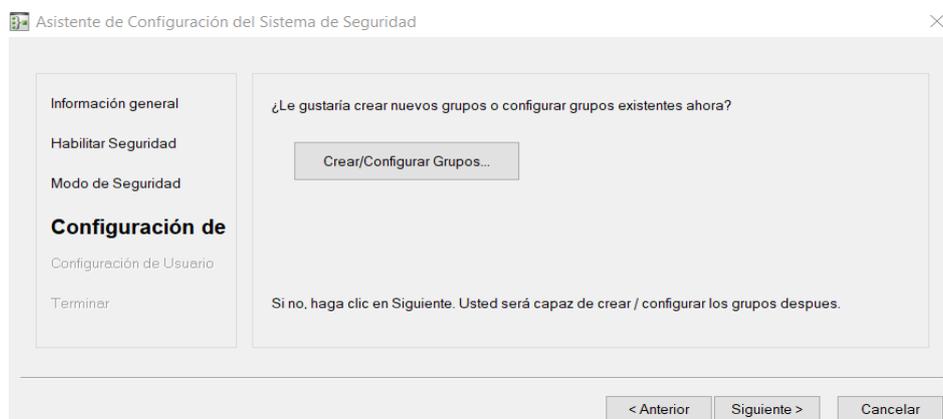


Figura 4. 25. Configuración para los grupos de seguridad.

Fuente: Autor.

Figura 4. 26. Cuentas de grupo para la seguridad del usuario.

Fuente: Autor.

Los grupos de Seguridad se mostrarán en la siguiente tabla:

Grupo	Tripulación	Operador	Supervisor	Jefe
ID User	Marcos	Santiago	Alex	José
Contraseña	Marcos	Santiago	Alex	José
Niveles	0-50	0-100	0-175	0-255

Tabla 6 .Grupos de Seguridad junto con el ingreso de datos de los usuarios.

Fuente: Autor.

Desde la figura 4.27 hasta la figura 4.30 realizamos la configuración de cada grupo de seguridad:

Cuenta de Grupo

Cuenta de Grupo: Tripulación

Acceso a Runtime

Derechos de Seguridad

Usar Derechos Predetermin

Nivel de Seguridad

0 a 50

Iniciar Proyecto

Cerrar proyecto

Database Spy (escritura)

Conmutador de tareas h

Editar Seguridad de sis

Administrador de Tareas

Activar el sistema de seguridad remota y herramientas de depuración remota

Grupo Runtime

Acceso vved de cliente

Acceso de Visor Seguro

Acceso de Ingeniería

Derechos de Seguridad

Usar Derechos Predeterminad

Seguridad Nivel

0 a 50

Configuración del proyecto

Controladores, Origen de Datos

Configuración de Red

Crear, modificar etiquetas

Crear, modificar pantallas

Crear, modificar hojas de trabajo

Botones: Nuevo..., Eliminar, Restablecer, Avanzado..., Aceptar

Figura 4. 27. Grupo de seguridad “Tripulación”.

Fuente: Autor.

Cuenta de Grupo

Cuenta de Grupo: Operador

Acceso a Runtime

Derechos de Seguridad

Usar Derechos Predetermin

Nivel de Seguridad

0 a 100

Iniciar Proyecto

Cerrar proyecto

Database Spy (escritura)

Conmutador de tareas h

Editar Seguridad de sis

Administrador de Tareas

Activar el sistema de seguridad remota y herramientas de depuración remota

Grupo Runtime

Acceso vved de cliente

Acceso de Visor Seguro

Acceso de Ingeniería

Derechos de Seguridad

Usar Derechos Predeterminad

Seguridad Nivel

0 a 100

Configuración del proyecto

Controladores, Origen de Datos

Configuración de Red

Crear, modificar etiquetas

Crear, modificar pantallas

Crear, modificar hojas de trabajo

Botones: Nuevo..., Eliminar, Restablecer, Avanzado..., Aceptar

Figura 4. 28. Grupo de seguridad “Operador”.

Fuente: Autor.

Cuenta de Grupo

Cuenta de Grupo: **Supervisor**

Acceso a Runtime

Derechos de Seguridad
 Usar Derechos Predetermin

Nivel de Seguridad
 0 a 175

Iniciar Proyecto
 Cerrar proyecto
 Database Spy (escritura)
 Conmutador de tareas h
 Editar Seguridad de sis

Administrador de Tareas
 Activar el sistema de seguridad remota y herramientas de depuración remota
 Grupo Runtime
 Acceso web de cliente
 Acceso de Visor Seguro

Acceso de Ingeniería

Derechos de Seguridad
 Usar Derechos Predeterminad

Seguridad Nivel
 0 a 175

Configuración del proyecto
 Controladores, Origen de Datos
 Configuración de Red

Crear, modificar etiquetas
 Crear, modificar pantallas
 Crear, modificar hojas de trabajo

Figura 4. 29. Grupo de seguridad "Supervisor".

Fuente: Autor.

Cuenta de Grupo

Cuenta de Grupo: **Jefe**

Acceso a Runtime

Derechos de Seguridad
 Usar Derechos Predetermin

Nivel de Seguridad
 0 a 255

Iniciar Proyecto
 Cerrar proyecto
 Database Spy (escritura)
 Conmutador de tareas h
 Editar Seguridad de sis

Administrador de Tareas
 Activar el sistema de seguridad remota y herramientas de depuración remota
 Grupo Runtime
 Acceso web de cliente
 Acceso de Visor Seguro

Acceso de Ingeniería

Derechos de Seguridad
 Usar Derechos Predeterminad

Seguridad Nivel
 0 a 255

Configuración del proyecto
 Controladores, Origen de Datos
 Configuración de Red

Crear, modificar etiquetas
 Crear, modificar pantallas
 Crear, modificar hojas de trabajo

Figura 4. 30. Grupo de seguridad "Jefe".

Fuente: Autor.

Una vez creado los grupos, creamos la pantalla de seguridad operacional del usuario en la figura 4.31:

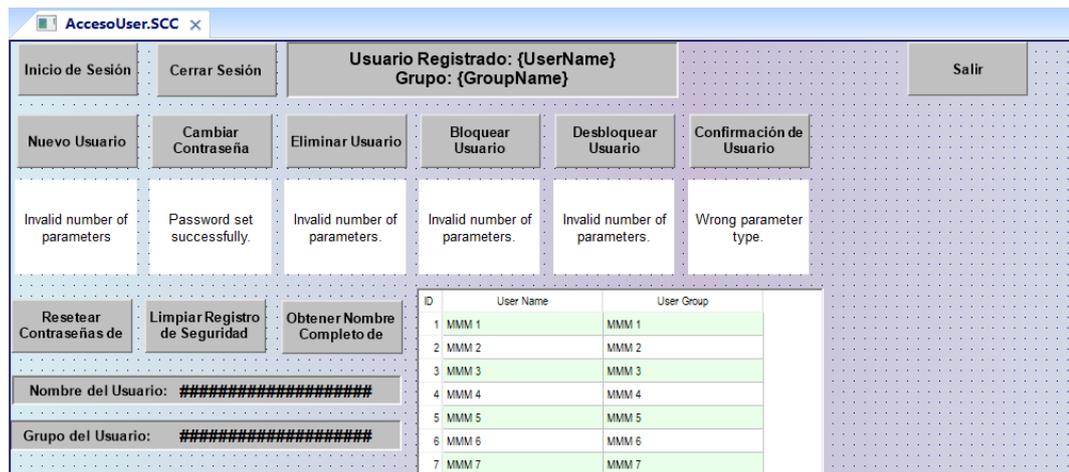


Figura 4. 31. Pantalla de Acceso al usuario.

Fuente: Autor.

En la figura 4.32, durante la ejecución del sistema, en la barra de “navegación” se encuentra el botón de acceso al usuario. Al dar clic se llega a la pantalla de acceso y desde el punto de vista del cliente se puede crear, modificar o eliminar los usuarios de la empresa pesquera.

Para muestra de un ejemplo registraremos los usuarios de la tabla 5:

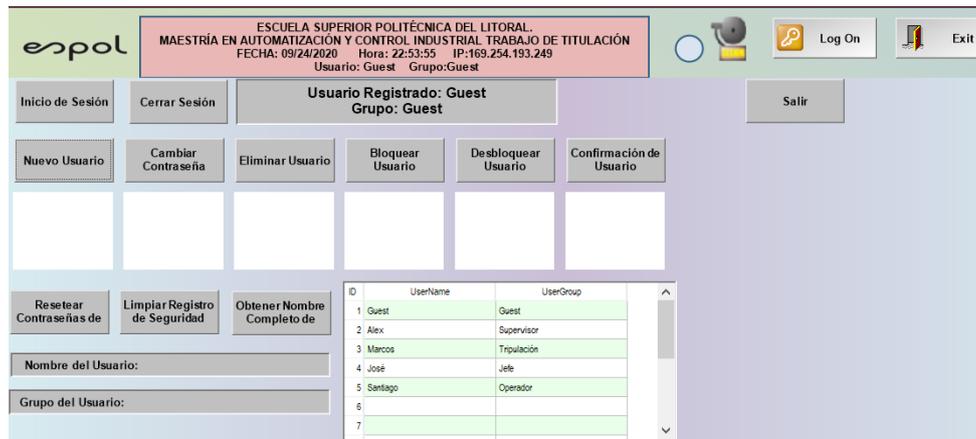


Figura 4. 32. Ejecución de Acceso al usuario.

Fuente: Autor.

En la figura 4.32, al dar clic en el botón “Nuevo Usuario” se genera los cuadros de diálogo para el registro de los usuarios y a sus respectivos grupos como se muestra desde la figura 4.33 hasta la figura 4.36.

El 'Nombre Completo de Usuario' es una configuración opcional usado solamente para propósitos de documentación.

Figura 4. 33. Ingreso de Datos de Usuario del grupo “Tripulación”.

Fuente: Autor.

The screenshot shows a dialog box titled "Crear Usuario" with a close button (X) in the top right corner. The dialog contains the following fields and elements:

- Nombre de Usuario:** A text box containing "Santiago".
- Usuario Nombre:** An empty text box.
- Nueva Contraseña:** A text box with seven black dots.
- Confirmar:** A text box with seven black dots.
- Grupos Disponibles:** A list box containing "Guest", "Jefe", "Supervisor", and "Tripulación".
- Grupos:** A list box containing "Operador".
- Two arrow buttons (> and <) are positioned between the "Grupos Disponibles" and "Grupos" list boxes.
- A text box at the bottom contains the message: "El 'Nombre Completo de Usuario' es una configuración opcional usado solamente para propósitos de documentación."
- At the bottom right, there are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

Figura 4. 34. Ingreso de Datos de Usuario del grupo "Operador".

Fuente: Autor.

The screenshot shows a dialog box titled "Crear Usuario" with a close button (X) in the top right corner. The dialog contains the following fields and elements:

- Nombre de Usuario:** A text box containing "Alex".
- Usuario Nombre:** An empty text box.
- Nueva Contraseña:** A text box with four black dots.
- Confirmar:** A text box with four black dots.
- Grupos Disponibles:** A list box containing "Guest", "Jefe", "Operador", and "Tripulación".
- Grupos:** A list box containing "Supervisor".
- Two arrow buttons (> and <) are positioned between the "Grupos Disponibles" and "Grupos" list boxes.
- A text box at the bottom contains the message: "El 'Nombre Completo de Usuario' es una configuración opcional usado solamente para propósitos de documentación."
- At the bottom right, there are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

Figura 4. 35. Ingreso de Datos de Usuario del grupo "Supervisor".

Fuente: Autor.

Crear Usuario

Nombre de Usuario: José

Usuario Nombre

Nueva Contraseña: ●●●●

Confirmar: ●●●●

Grupos Disponibles:

- Guest
- Operador
- Supervisor
- Tripulación

Grupos

- Jefe

El 'Nombre Completo de Usuario' es una configuración opcional usado solamente para propósitos de documentación.

Aceptar Cancelar

Figura 4. 36. Ingreso de Datos de Usuario del grupo “Jefe”.

Fuente: Autor.

El próximo paso será colocar el nivel de seguridad tanto pantallas como objetos del sistema para cada grupo de seguridad. Por ejemplo, si la seguridad es mayor a 50 el grupo “tripulación” no tendrá muchos accesos para manejar o manipular el sistema configurado en la Seguridad Operacional del Usuario.

Por ejemplo, en la figura 4.37, si insertamos el nombre del usuario del grupo “Tripulación” verán lo siguiente:

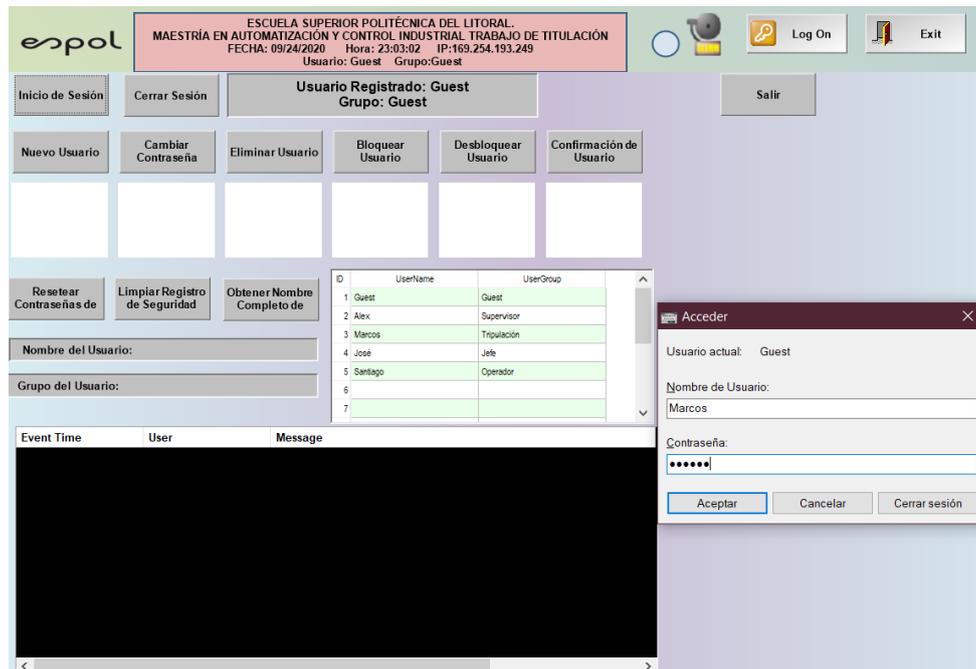


Figura 4. 37. Usuario del grupo “Tripulación” ingresando al sistema SCADA.

Fuente: Autor.

En el cuadro de texto del encabezado del sistema se confirma el acceso al usuario y al grupo de seguridad al que pertenece:



Figura 4. 38. Confirmación de acceso al SCADA por el usuario del grupo “Tripulación”

Fuente: Autor.

Una vez confirmado su acceso al SCADA, veamos una vez más la pantalla principal en la figura 4.39:

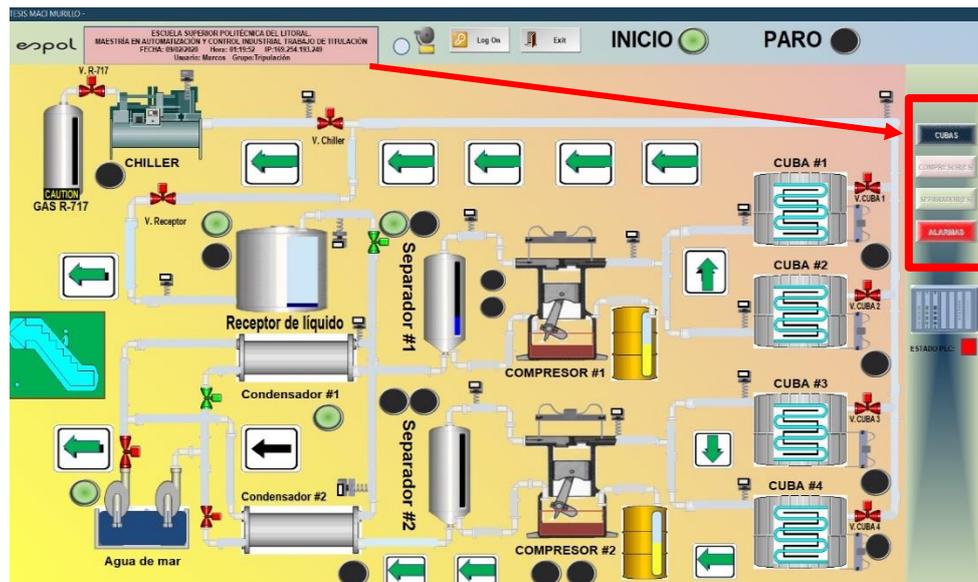
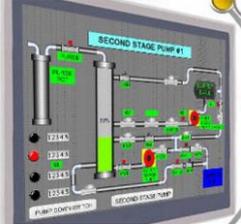


Figura 4. 39. Seguridad aplicada al grupo “Tripulación” durante la ejecución del sistema.

Fuente: Autor.

La configuración del grupo “Tripulación” fue aplicado en el sistema SCADA. En este caso, en la sección de navegación, el grupo “Tripulación” NO está autorizado a observar el comportamiento en específico los componentes del sistema tal y como lo ven en la figura 4.39. Lo mismo sucederá con los otros grupos de seguridad en los que tendrán sus permisos como también sus accesos no permitidos como pantallas, objetos de animación, gráficos, etc.

4.6 Análisis de Costo.

Descripción del artículo/dispositivo	Costo
Upsilon F6156H Hmi Scada pantalla táctil 24VDC. 	\$622,05 c/u
Siemens Simatic S7-1500 PLC. 	\$500,00
Señalética Salida de emergencia led 230VAC/60Hz/0.05A 	\$11 c/u
Rojo led luz de advertencia de sonido de alarma 120 db, 24VDC, temp. ambiente de trabajo: entre -20 a 70°C 	\$56
Circuito de riego Hyalea a presión normal, 110V material latón, orificio de riego 1mm de diámetro.	\$120,00
Sensor de amoníaco transmisor NH3 concentración Detector de RS485 4-20mA	\$145,00 c/u

 A white rectangular gas sensor with a blue label that reads "TailKuke" and "氧气传感器" (Oxygen Sensor). It has a black cable and a white connector at the bottom.	
Diseño y programación del SCADA y PLC (mano de obra del proyecto)	Entre \$7500 - \$20000
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	Entre \$10000 a \$30000,00

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

- Al instalar un sistema de detección de fugas en zonas importantes del proceso de congelación de la materia prima se logra evitar el riesgo a las personas que pueden terminar en un evento mortal irreparable.
- Los datos para la simulación del sistema de seguridad se lo han tomado bajo análisis de valores teóricos y algunos aplicados al sistema en la vida real obteniéndose como resultado la protección del sistema y la solución a los problemas de fugas de gas refrigerante.
- Durante el desarrollo del trabajo de titulación, la simulación del sistema de monitoreo junto con un controlador de seguridad puede generar muy buenos resultados para sistemas de automatización industrial y protecciones ante anomalías que pueden suceder en la vida real.

RECOMENDACIÓN:

- Si se trabaja con datos reales del sistema de refrigeración en los barcos pesqueros, se recomienda darle un análisis a profundidad de dichos sistemas a ser diseñados tanto en su estética como en su programación.

Bibliografía

- [1 Serviciosgyg, «PRINCIPIOS BASICOS DE REFRIGERACION - Blog de refrigeracion,» 2011. [En línea]. Available: <https://cursosderefrig.blogcindario.com/2011/04/00003-principios-basicos-de-refrigeracion.html>.
- [2 G. Valencia y M. Garín, «Termodinámica,» de *Termodinámica en modelos físicos químicos.*, 2007.
- [3 C. Peña Matute, «[Guía Básica] Sistema de Refrigeración,» 2016.
- [4 J. Fernández Seara y J. Sieres Atienza, «Sistema de Refrigeración para Barcos,» 2002. [En línea]. Available: https://www.uvigo.gal/sites/default/uvigo/DOCUMENTOS/investigacion/Escaparate_Patente_SEARA.pdf.
- [5 «Compresores de Refrigeracion Funcionamiento y Características,» 2020. [En línea]. Available: <https://compresoresdeaire.xyz/refrigeracion/>.

- [6 HVACR, «El Compresor: Parte Fundamental en los Sistemas de Refrigeración,» 2007. [En línea]. Available:
<https://www.mundohvacr.com.mx/2007/11/el-compresor-parte-fundamental-en-los-sistemas-de-refrigeracion/>.
- [7 «Compresores de Refrigeracion Funcionamiento y Caracteristicas,» [En línea]. Available:
<https://compresoresdeaire.xyz/refrigeracion/>.
- [8 W. C. Whitman y W. M. Johnson, Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado, 2000.
- [9 C. Rodríguez, «Evaporadores: qué son y diferentes tipos | Refrigeración Zelsio – Blog,» 2016. [En línea]. Available:
<http://www.refrigeracionzelsio.es/blog/evaporadores/>.
- [1 E. Bejarano, «Intercambiadores de Calor: Condensador y Evaporador,» 2013. [En línea]. Available:
<http://tecno2aulavirtual.blogspot.com/2013/03/contenido-3-intercambiadores-de-calor.html>.
- [1 U. d. Catalunya, «Evaporadors,» [En línea]. Available:
<http://epsem.upc.edu/~intercanviadorsdecalor/castella/evaporadors.html>.
- [1 «refrigerantes,» [En línea]. Available:
<http://www.indubel.com.ar/pdf/gases/refrigerantes.pdf>.

[1 HVACR, «Los Refrigerantes y sus Propiedades,» 2007. [En línea].

Available: <https://www.mundohvacr.com.mx/2007/02/los-refrigerantes-y-sus-propiedades/>.

[1 «Amoníaco (R-717): El refrigerante natural,» 2015. [En línea].

Available:

<http://www.equipostrigorificoscompactos.com/productos/equipos-de-refrigeracion-industrial-con-amoniaco/amoniaco-r-717-el-refrigerante-natural>.

[1 «Grado industrial CAS del refrigerante R717 del amoníaco del sistema de refrigeración Nh3 7664 41 7,» [En línea]. Available:

<http://spanish.industrial-ammonia.com/sale-10318946-nh3-refrigeration-system-ammonia-refrigerant-r717-industrial-grade-cas-7664-41-7.html>.

[1 HVACR, «Refrigeración con Amoníaco -,» 2009. [En línea]. Available:

<https://www.mundohvacr.com.mx/2009/03/refrigeracion-con-amoniaco/>.

[1 «005 Refrig y Salm.pdf,» [En línea]. Available:

<https://personales.unican.es/renedoc/Trasparencias%20WEB/Trasp%20Tec%20Frig/005%20Refrig%20y%20Salm.pdf>.

[1 P. Jacquard y P. Rapin, Instalaciones Frigorificas, 2006.

- [1 «Refrigeracion.pdf,» [En línea]. Available:
<https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17271/1/refrigeracion.pdf>.
- [2 «Topica-3-Contencion_ES2017,» [En línea]. Available:
https://www.realalternatives.eu/app/images/documents/Topica-3-Contencion_ES2017.pdf.
- [2 «Presostato para barco by Whale | NauticExpo,» [En línea]. Available:
<https://www.nauticexpo.es/prod/whale/product-21910-221177.html>.
- [2 «Termostat, KP61,» [En línea]. Available:
<https://store.danfoss.com/pl/pl/Automatyka-przemys%C5%82owa/Prze%C5%82%C4%85czniki/Termostaty/Termostat%2C-KP61/p/060L110266>.
- [2 E. M. Pérez, J. M. Acevedo y C. F. Silva, Automatas programables y sistemas de automatizacion / PLC and Automation Systems, 2009.
- [2 infoPLC, «10 aspectos para elegir un autómeta PLC - infoPLC,» 2014.
[En línea]. Available: <https://www.infoplcn.net/blogs-automatizacion/item/101501-10-aspectos-para-elegir-automata-plc>.
- [2 SIEMENS, «SIMATIC TIA Portal STEP 7 Basic V10.5,» 2009. [En línea]. Available:

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/542/40263542/att_829830/v1/GS_STEP7Bas105esES.pdf.

[2 «TIA Portal : utilidades del software. » tecnopl,» 2015. [En línea].
Available: <http://www.tecnopl.com/tia-portal-utilidades-del-software/>.

[2 E. Pérez-López, Los sistemas SCADA en la automatización industrial, 2015.

[2 J. Colomer y J. Meléndez, «Sistemas de Supervisión,» [En línea].

Available:

<https://intranet.ceautomatica.es/sites/default/files/upload/10/files/sistemas%20de%20supervision.pdf>.

[2 InduSoft, «InduSoft Web Studio > Resources > New to InduSoft,»

InduSoft, [En línea]. Available:

<https://www.indusoft.com/Resources/New-to-InduSoft>.

[3 J. M. Co., «JOC Machinery Co., Ltd. (Development Dept.),» 2003. [En

línea]. Available: [https://es.made-in-](https://es.made-in-china.com/co_brooks2003/image_Refrigerating-Compressor_ugiehg_SaEQbvYBltoD.html)

[china.com/co_brooks2003/image_Refrigerating-](https://es.made-in-china.com/co_brooks2003/image_Refrigerating-Compressor_ugiehg_SaEQbvYBltoD.html)

[Compressor_ugiehg_SaEQbvYBltoD.html](https://es.made-in-china.com/co_brooks2003/image_Refrigerating-Compressor_ugiehg_SaEQbvYBltoD.html).

ANEXOS

SOFTWARE: TIA PORTAL V15.

Anexo A: Segmentos del MAIN OB1.

Totally Integrated Automation Portal

TESIS MACI MURILLO_V15 / PLC_2 [CPU 1511-1 PN] / Bloques de programa

Main [OB1]

Main Propiedades

General					
Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB
Numeración	Automático	Idioma	KOP		

Información

Información					
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario	
Versión	0.1	ID personalizada		Familia	

Main

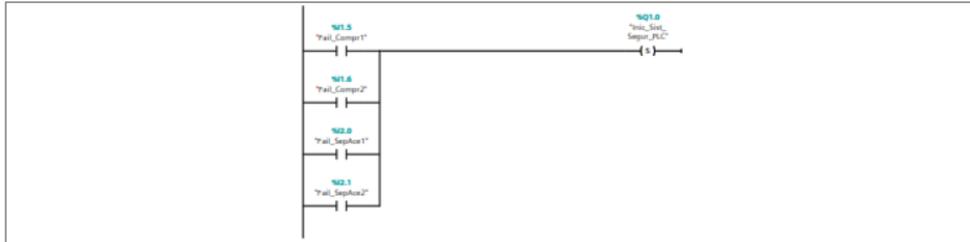
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
Temp			
Constant			

Segmento 1: Fallas de las Cubas

```

graph LR
    M10[M1.0 Fail_Cuba1] --- M11[M1.1 Fail_Cuba2]
    M11 --- M12[M1.2 Fail_Cuba3]
    M12 --- M13[M1.3 Fail_Cuba4]
    M13 --- M10_coil[M1.0 Init_Sist_Segm_1OB]
  
```

Segmento 2: Falla de los compresores y separadores



Segmento 3: Fallas condensadores y receptor

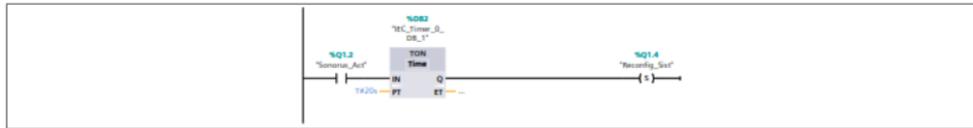


Segmento 4: Inicio del sistema luminico



Totally Integrated Automation Portal	
Segmento 5:	
Segmento 6: Sistema Sonoro	

Segmento 7:



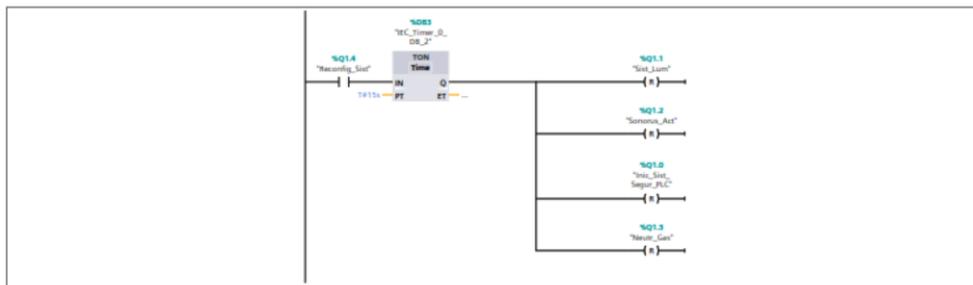
Segmento 8: Neutralización del gas.

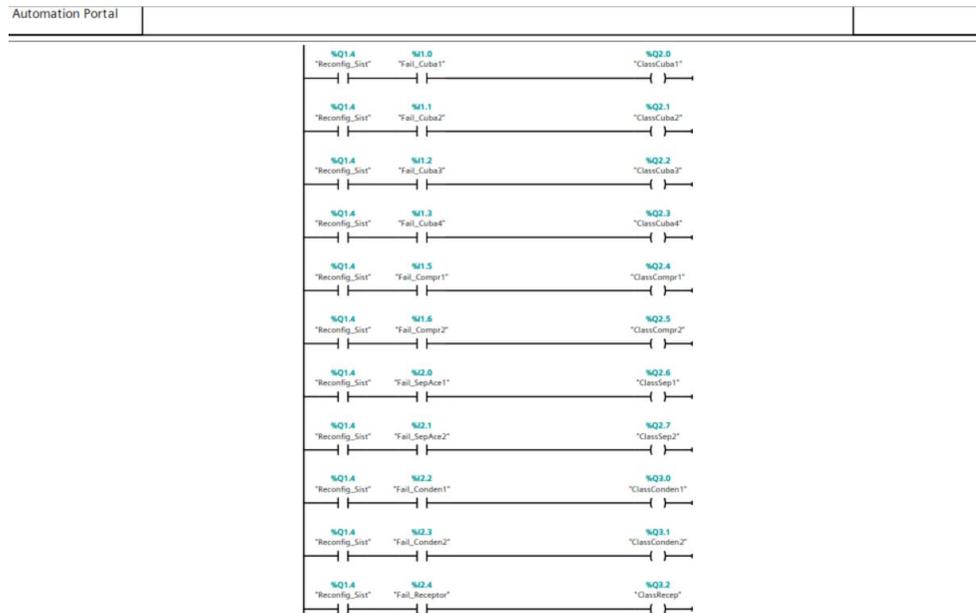


Segmento 9:



Segmento 10:





SOFTWARE: INDUSOFT WEB STUDIO.

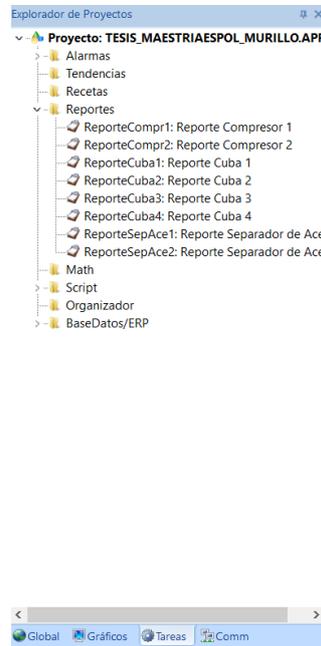
Anexo B: Tags del proyecto.

Tags del Proyecto X						
	Nombre	Matriz	Tipo	Descripción	Ambito	Disponibilidad externa UA
1	Cubas	3	cCuba1	Cubas del 1-4	Servidor	Leer/Escribir
2	Compresores	1	cCompresores	Compresor #1 y #2	Servidor	Leer/Escribir
3	Sep_Aceite	1	cSepAceite	Separador #1 y #2	Servidor	Leer/Escribir
4	Condensador	1	cCondensadores	Condensadores #1 y #2	Servidor	Leer/Escribir
5	Niv_Refrig_Bot	0	Entero	Nivel de descarga de la botella de amoniaco	Servidor	Deshabilitado
6	VExp_Refrig	0	Booleano	V. de descarga del gas refrigerante.	Servidor	Deshabilitado
7	Pres_Refrig_Bot	0	Entero	Presión establecida de la botella de amoniaco	Servidor	Deshabilitado
8	Avi_Entr_Inter	0	Booleano	Aviso del refrigerante al chiller	Servidor	Deshabilitado
9	VExp_LiqCub	0	Booleano	V. Descarga de líquido hacia las cubas	Servidor	Deshabilitado
10	Niv_Liq_Receptor	0	Entero	Indicador de nivel de almacen. del receptor	Servidor	Deshabilitado
11	Sen_Niv_Min_Recep	0	Entero	Valor mínimo de debe almacenar el receptor	Servidor	Deshabilitado
12	SenNiv_Max_Recep	0	Entero	Límite permitido de almacenam del receptor.	Servidor	Deshabilitado
13	Temp_Recep_Cubas	0	Real	Temp. que sale del receptor a las cubas	Servidor	Deshabilitado
14	Inic_Sistema	0	Booleano	Inicio del sistema de refrigeración	Servidor	Deshabilitado
15	Paro_Sistema	0	Booleano	Paro forzado del sistema de forma manual.	Servidor	Deshabilitado
16	ON_BOTELLA	0	Booleano	Luz piloto verde de la descarga de la botella	Servidor	Deshabilitado
17	OFF_BOTELLA	0	Booleano	Luz piloto rojo de recargar nueva botella.	Servidor	Deshabilitado
18	EST_CUBA1	0	Booleano	Estado de la cuba 1.	Servidor	Deshabilitado
19	EST_CUBA2	0	Booleano	Estado de la cuba 2.	Servidor	Deshabilitado
20	EST_CUBA3	0	Booleano	Estado de la cuba 3.	Servidor	Deshabilitado
21	EST_CUBA4	0	Booleano	Estado de la cuba 4.	Servidor	Deshabilitado
22	EST_COMPRES1	0	Booleano	Estado del compresor 1.	Servidor	Deshabilitado
23	EST_COMPRES2	0	Booleano	Estado del compresor 2.	Servidor	Deshabilitado
24	EST_SEPACE1	0	Booleano	Estado dle separador de aceite 1.	Servidor	Deshabilitado
25	EST_SEPACE2	0	Booleano	Estado del separador de aceite 2.	Servidor	Deshabilitado
26	EST_CONDEN1	0	Booleano	Estado del condensador 1	Servidor	Deshabilitado
27	EST_CONDEN2	0	Booleano	Estado del condensador 2	Servidor	Deshabilitado
28	EST_RECEPTOR	0	Booleano	Estado del receptor.	Servidor	Deshabilitado
29	VExp_LiqRecep_Cubas	0	Booleano	V. de exp. del liq subenfriado a las cubas.	Servidor	Deshabilitado
30	Niv_Tanq_Aceite	0	Entero	Nivel de aceite de los tanques de aceite	Servidor	Deshabilitado
31	Tub_Chil_ValvExp	0	Booleano	Tubería Chiller-VExp	Servidor	Deshabilitado
32	Tub_Val_Cub	0	Booleano	Tubería VExp.- Cubas	Servidor	Deshabilitado
33	Tub_Cub1	0	Booleano	Tubería Cuba1	Servidor	Deshabilitado

Tags del Proyecto						
	Nombre	Matriz	Tipo	Descripción	Ambito	Disponibilidad externa UA
34	✓ Tub_Cub2	0	Booleano	Tubería Cuba2	Servidor	Deshabilitado
35	✓ Tub_Cub3	0	Booleano	Tubería Cuba3	Servidor	Deshabilitado
36	✓ Tub_Cub4	0	Booleano	Tubería Cuba4	Servidor	Deshabilitado
37	✓ Tub_Sal_Cub1	0	Booleano	Tubería Salida Cuba 1	Servidor	Deshabilitado
38	✓ Tub_Sal_Cub2	0	Booleano	Tubería Salida Cuba 2	Servidor	Deshabilitado
39	✓ Tub_Sal_Cub3	0	Booleano	Tubería Salida Cuba 3	Servidor	Deshabilitado
40	✓ Tub_Sal_Cub4	0	Booleano	Tubería Salida Cuba 4	Servidor	Deshabilitado
41	✓ Tub_Cub1_2_Compr1	0	Booleano	Tubería Salida Cuba 1 y 2 al compresor 1	Servidor	Deshabilitado
42	✓ Tub_Cub3_4_Compr2	0	Booleano	Tubería Salida Cuba 3 y 4 al compresor 2	Servidor	Deshabilitado
43	✓ Tub_Ace_Compr1	0	Booleano	Tubería en que circula el aceite al compresor 1	Servidor	Deshabilitado
44	✓ Tub_Ace_Compr2	0	Booleano	Tubería en que circula el aceite al compresor 2	Servidor	Deshabilitado
45	✓ Tub_Compr1_SepAce1	0	Booleano	Tubería de conexión entre la salida del compresor 1 con su se...	Servidor	Deshabilitado
46	✓ Tub_Compr2_SepAce2	0	Booleano	Tubería de conexión entre la salida del compresor 2 con su se...	Servidor	Deshabilitado
47	✓ Tub_SepAce1_Carter1	0	Booleano	Tubería del extracto de aceite redirigido al cárter del compreso...	Servidor	Deshabilitado
48	✓ Tub_SepAce2_Carter2	0	Booleano	Tubería del extracto de aceite redirigido al cárter del compreso...	Servidor	Deshabilitado
49	✓ Tub_SepAce1_Conden1	0	Booleano	Tubería separador 1 condensador 1	Servidor	Deshabilitado
50	✓ Tub_SepAce2_Conden2	0	Booleano	Tubería separador 2 condensador 2	Servidor	Deshabilitado
51	✓ Tub_Mar_Conden1_2	0	Booleano	Tubería desde el mar en conexión con los condensadores.	Servidor	Deshabilitado
52	✓ Tub_Mar_Conden1	0	Booleano	Sub tubería al condensador 1	Servidor	Deshabilitado
53	✓ Tub_Mar_Conden2	0	Booleano	Sub tubería al condensador 2	Servidor	Deshabilitado
54	✓ Tub_Conden1_Mar	0	Booleano	Tubería de retorno desde condensador 1 al mar	Servidor	Deshabilitado
55	✓ Tub_Conden2_Mar	0	Booleano	Tubería de retorno desde condensador 2 al mar	Servidor	Deshabilitado
56	✓ Tub_Conden1_Recep	0	Booleano	Tubería de la salida del condensador 1 al receptor	Servidor	Deshabilitado
57	✓ Tub_Conden2_Recep	0	Booleano	Tubería de la salida del condensador 2 al receptor	Servidor	Deshabilitado
58	✓ Tub_Entr_Recep	0	Booleano	Tubería de entrada al receptor	Servidor	Deshabilitado
59	✓ Tub_Sal_Recep	0	Booleano	Tubería de salida al receptor	Servidor	Deshabilitado
60	✓ Tub_Recep_Cub	0	Booleano	Tubería que al activar la válvula se distribuye de nuevo a las cu...	Servidor	Deshabilitado
61	✓ Fail_Cuba1	0	Booleano	Falla en la cuba 1	Servidor	Deshabilitado
62	✓ Fail_Cuba2	0	Booleano	Falla en la cuba 2	Servidor	Deshabilitado
63	✓ Fail_Cuba3	0	Booleano	Falla en la cuba 3	Servidor	Deshabilitado
64	✓ Fail_Cuba4	0	Booleano	Falla en la cuba 4.	Servidor	Deshabilitado
65	✓ Fail_Compr1	0	Booleano	Falla en compresor 1	Servidor	Deshabilitado
66	✓ Fail_Compr2	0	Booleano	Falla en compresor 2	Servidor	Deshabilitado

Tags del Proyecto						
	Nombre	Matriz	Tipo	Descripción	Ambito	Disponibilidad externa UA
67	✓ Fail_SepAce1	0	Booleano	Falla en el separador 1	Servidor	Deshabilitado
68	✓ Fail_SepAce2	0	Booleano	Falla en el separador 2	Servidor	Deshabilitado
69	✓ Fail_Receptor	0	Booleano	Falla de reboso de líquido almacenado en el receptor.	Servidor	Deshabilitado
70	✓ Fail_Conden1	0	Booleano	Falla en el condensador 1	Servidor	Deshabilitado
71	✓ Fail_Conden2	0	Booleano	Falla en el condensador 2	Servidor	Deshabilitado
72	✓ EstadoReporte_Cuba1	0	Entero	Generador del reporte de los datos de la cuba 1	Servidor	Deshabilitado
73	✓ EstadoReporte_Cuba2	0	Entero	Generador del reporte de los datos de la cuba 2	Servidor	Deshabilitado
74	✓ EstadoReporte_Cuba3	0	Entero	Generador del reporte de los datos de la cuba 3	Servidor	Deshabilitado
75	✓ EstadoReporte_Cuba4	0	Entero	Generador del reporte de los datos de la cuba 4	Servidor	Deshabilitado
76	✓ NombreReporte	0	Cadena		Servidor	Deshabilitado
77	✓ Temp	0	Cadena		Servidor	Deshabilitado
78	✓ SensNH3_1	0	Booleano		Servidor	Deshabilitado
79	✓ SensNH3_2	0	Booleano		Servidor	Deshabilitado
80	✓ SensNH3_3	0	Booleano		Servidor	Deshabilitado
81	✓ SensNH3_4	0	Booleano		Servidor	Deshabilitado
82	✓ SensNH3_5	0	Booleano		Servidor	Deshabilitado
83	✓ SensNH3_6	0	Booleano		Servidor	Deshabilitado
84	✓ SensNH3_7	0	Booleano		Servidor	Deshabilitado
85	✓ SensNH3_8	0	Booleano		Servidor	Deshabilitado
86	✓ SensNH3_9	0	Booleano		Servidor	Deshabilitado
87	✓ SensNH3_10	0	Booleano		Servidor	Deshabilitado
88	✓ SensNH3_11	0	Booleano		Servidor	Deshabilitado
89	✓ SensNH3_12	0	Booleano		Servidor	Deshabilitado
90	✓ SensNH3_13	0	Booleano		Servidor	Deshabilitado
91	✓ SensNH3_14	0	Booleano		Servidor	Deshabilitado
92	✓ Inic_Sist_Segur_PLC	0	Booleano		Servidor	Deshabilitado
93	✓ EstadoReporte_Compr1	0	Entero	Generador del reporte de los datos del compresor 1	Servidor	Deshabilitado
94	✓ EstadoReporte_Compr2	0	Entero	Generador del reporte de los datos del compresor 2	Servidor	Deshabilitado
95	✓ EstadoReporte_SepAce1	0	Entero	Generador del reporte de los datos del separador 1	Servidor	Deshabilitado
96	✓ EstadoReporte_SepAce2	0	Entero	Generador del reporte de los datos del separador 2	Servidor	Deshabilitado
97	✓ Lum_Act	0	Booleano	Activador del sistema lumínico	Servidor	Deshabilitado
98	✓ Sonorus_Act	0	Booleano	Activador del sistema sonoro	Servidor	Deshabilitado
99	✓ Neutr_Gas	0	Booleano	Neutralización del gas	Servidor	Deshabilitado

Anexo C: Pestaña Tareas. Reportes de Proyecto.



ReporteCompr1.rep x

Descripción:

Reporte Compresor 1

Arch. salida: {NombreReporte}.txt Editar RTF

Opciones:

Añadir un Disco

Unicode

Mantener longitud de {Tag/Exp}

REPORTE DE COMPRESOR # 1
 FECHA DE IMPRESIÓN: {Date}
 HORA: {Time}

Temp. Entrada: {Compresores[0].Temp_Entr_Compr} °C
 Temp. Salida: {Compresores[0].Temp_Sal_Compr} °C
 Potencia del Compresor 1: {Compresores[0].Pot_Compr} °C
 Presión de Entrada del Compresor 1: {Compresores[0].Pres_Entr_Compr} KPa
 Presión de Salida del Compresor 1: {Compresores[0].Pres_Sal_Compr} KPa
 Presostato en el Compresor 1: {Compresores[0].Presos_Compr} KPa

Anexo D: Pestaña Tareas: Hoja de Alarmas del Proyecto.

ALARM001.ALR

Descripción: alarmas

Nombre de Grupo: Ajustes de correo... Avanzado

En línea: Mostrar en control de alarmas, Reconocimiento requerido, Pitidos, Envío a impresora

Histórico: Grabar a disco, Generar Mensajes Reconocimii, Generar mensajes comunes

Color en control de alarmas: Habilitar, Activación: FG [Red] BG [Black], Reconocimiento: FG [Green] BG [Black], Normalización: FG [Cyan] BG [Black]

Nombre de Tag	Tipo	Límite	Mensaje	Prioridad	Selección
1 Compresores[0].Pres_Entr_Compr	Hi	40.000000	Presión Entrante Compresor 1 Alta		0
2 Compresores[0].Pres_Sal_Compr	Hi	1000.000000	Presión Saliente Compresor 1 Alta		
3 Compresores[0].Temp_Entr_Compr	Hi	-10.000000	T* Entrante ALTA del gas al Compresor 1		
4 Compresores[0].Temp_Sal_Compr	Lo	30.000000	T* Saliente BAJA del gas en el Compresor 1		
5 Compresores[1].Pres_Entr_Compr	Hi	40.000000	Presión Entrante Compresor 2 ALTA		
6 Compresores[1].Pres_Sal_Compr	Hi	1000.000000	Presión Saliente Compresor 2 ALTA		
7 Compresores[1].Temp_Entr_Compr	Hi	-10.000000	T* Entrante ALTA del gas al Compresor 2		
8 Compresores[1].Temp_Sal_Compr	Lo	40.000000	T* Saliente BAJA del gas en el Compresor 2		
9 Cubas[0].Temp_entr_Cuba	Hi	0.000000	T* Entrante ALTA en la CUBA 1		
10 Cubas[1].Temp_entr_Cuba	Hi	0.000000	T* Entrante ALTA en la CUBA 2		
11 Cubas[2].Temp_entr_Cuba	Hi	0.000000	T* Entrante ALTA en la CUBA 3		
12 Cubas[3].Temp_entr_Cuba	Hi	0.000000	T* Entrante ALTA en la CUBA 4		
13 Cubas[0].Temp_salida	Hi	-10.000000	T* Saliente ALTA en la CUBA 1		
14 Cubas[1].Temp_salida	Hi	-10.000000	T* Saliente ALTA en la CUBA 2		
15 Cubas[2].Temp_salida	Hi	-10.000000	T* Saliente ALTA en la CUBA 3		
16 Cubas[3].Temp_salida	Hi	-10.000000	T* Saliente ALTA en la CUBA 4		
17 Sep_Acete[0].Niv_SepAcete	HIHI	75.000000	SUPERABUNDANCIA de Aceite en el Separador 1		
18 Sep_Acete[1].Niv_SepAcete	HIHI	75.000000	SUPERABUNDANCIA de Aceite en el Separador 2		
19 Sep_Acete[0].Temp_SepAce_Cond	LoLo	30.000000	T* del Refrigerante BAJA hacia el Condensador 1		
20 Sep_Acete[1].Temp_SepAce_Cond	LoLo	30.000000	T* del Refrigerante BAJA hacia el Condensador 2		
21 Compresores[0].Niv_Aceite_Compr	HIHI	75.000000	SUPERABUNDANCIA de Aceite en el Compresor 1		

ALARM001.ALR

Descripción: alarmas

Nombre de Grupo: Ajustes de correo... Avanzado

En línea: Mostrar en control de alarmas, Reconocimiento requerido, Pitidos, Envío a impresora

Histórico: Grabar a disco, Generar Mensajes Reconocimii, Generar mensajes comunes

Color en control de alarmas: Habilitar, Activación: FG [Red] BG [Black], Reconocimiento: FG [Green] BG [Black], Normalización: FG [Cyan] BG [Black]

Nombre de Tag	Tipo	Límite	Mensaje	Prioridad	Selección
22 Compresores[1].Niv_Aceite_Compr	HIHI	75.000000	SUPERABUNDANCIA de Aceite en el Compresor 2		
23 Condensador[0].Temp_Conden_Recep	HIHI	0.000000	Líquido del Refrigerante NO SUBENFRIADO a la Salida del Condensador 1		
24 Condensador[1].Temp_Conden_Recep	HIHI	0.000000	Líquido del Refrigerante NO SUBENFRIADO a la Salida del Condensador 2		
25 Sen_Niv_Min_Recep	Lo	20.000000	Nivel de Líquido Refrigerante BAJO en el Receptor		
26 SenNiv_Max_Recep	Hi	75.000000	Nivel de Líquido Refrigerante ALTO en el Receptor		
27 Temp_Recep_Cubas	HIHI	0.000000	Líquido del Refrigerante ALTO a la Salida del Receptor		
28 SensNH3_1	LoLo	0.000000	T* ALTA de Chiller. Posible Fuga de Gas.		
29 SensNH3_2	LoLo	0.000000	T* ALTA de Chiller-Cubas. Posible Fuga de Gas.		
30 SensNH3_3	LoLo	0.000000	T* ALTA a la Salida de la Cuba 1. Posible Fuga de Gas.		
31 SensNH3_4	LoLo	0.000000	T* ALTA a la Salida de la Cuba 2. Posible Fuga de Gas.		
32 SensNH3_5	LoLo	0.000000	T* ALTA a la Salida de la Cuba 3. Posible Fuga de Gas.		
33 SensNH3_6	LoLo	0.000000	T* ALTA a la Salida de la Cuba 4. Posible Fuga de Gas.		
34 SensNH3_7	LoLo	0.000000	T* ALTA a la Entrada del Compresor 1. Posible Fuga de Gas.		
35 SensNH3_8	LoLo	0.000000	T* ALTA a la Entrada del Compresor 2. Posible Fuga de Gas.		
36 SensNH3_9	LoLo	0.000000	T* BAJA a la Salida del Compresor 1. Posible Fuga de Gas.		
37 SensNH3_10	LoLo	0.000000	T* BAJA a la Salida del Compresor 2. Posible Fuga de Gas.		
38 SensNH3_11	LoLo	0.000000	T* ALTA Líquido NO SUBENFRIADO del Condensador 1. Posible Fuga de Gas.		
39 SensNH3_12	LoLo	0.000000	T* ALTA Líquido NO SUBENFRIADO del Condensador 2. Posible Fuga de Gas.		
40 SensNH3_13	LoLo	0.000000	Líquido del Refrigerante NO SUBENFRIADO. Apagar Sistema.		
41 SensNH3_14	LoLo	0.000000	Líquido del Refrigerante ALTO a la Salida del Receptor. Apagar Sistema.		

Anexo F: Script de Pantalla del Sistema de Refrigeración.

```

PANTALLA_PRINCIPAL.SCC PANTALLA_PRINCIPAL - Script de Pantallas[Lenguaje: VBScript] x
1 // ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL //
2 // MAESTRÍA EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL //
3 // TRABAJO DE TITULACIÓN
4
5 ***** SISTEMA EXPERTO DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PARA UN BARCO PESQUERO ATUNERO *****
6
7 'BASE DE HECHOS' : Son las bases del sistema tanto sus valores booleanos como de tipo numérico con las que iniciará el Sistema Experto
8
9 'Las variables disponibles sobre esta pantalla pueden ser declaradas e inicializadas aquí.
10 $Inic_Sistema = 0
11 $Paro_Sistema = 0
12 $Neutr_Gas = 0
13 $ON_BOTELLA = 0
14 $OFF_BOTELLA = 0
15 $Niv_Refrig_Bot = 100
16 $Niv_Liq_Receptor = 0
17 $Niv_Tanq_Aceite = 100
18 $Avi_Entr_Inter = 0
19 $Lum_Act = 0
20 $Sonorus_Act = 0
21
22 'Iniciando las válvulas a 0: Todas las válvulas del sistema deben estar cerradas hasta que el sistema experto actúe por su cuenta'
23 $VExp_Refrig = 0
24 $VExp_LiqCub = 0
25 $Cubas[0].Vpaso_cuba = 0
26 $Cubas[1].Vpaso_cuba = 0
27 $Cubas[2].Vpaso_cuba = 0
28 $Cubas[3].Vpaso_cuba = 0
29 $Condensador[0].Vpaso1_Entr_mar = 0
30 $Condensador[1].Vpaso1_Entr_mar = 0
31 $Condensador[0].Vpaso1_Sal_mar = 0
32 $Condensador[1].Vpaso1_Sal_mar = 0
33 $Condensador[0].Vpaso_Conden_Recep = 0
34 $Condensador[1].Vpaso_Conden_Recep = 0
35 $VExp_LiqRecep_Cubas = 0
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48

```

```

PANTALLA_PRINCIPAL.SCC PANTALLA_PRINCIPAL - Script de Pantallas[Lenguaje: VBScript] x
22 'Iniciando las válvulas a 0: Todas las válvulas del sistema deben estar cerradas hasta que el sistema experto actúe por su cuenta'
23 $VExp_Refrig = 0
24 $VExp_LiqCub = 0
25 $Cubas[0].Vpaso_cuba = 0
26 $Cubas[1].Vpaso_cuba = 0
27 $Cubas[2].Vpaso_cuba = 0
28 $Cubas[3].Vpaso_cuba = 0
29 $Condensador[0].Vpaso1_Entr_mar = 0
30 $Condensador[1].Vpaso1_Entr_mar = 0
31 $Condensador[0].Vpaso1_Sal_mar = 0
32 $Condensador[1].Vpaso1_Sal_mar = 0
33 $Condensador[0].Vpaso_Conden_Recep = 0
34 $Condensador[1].Vpaso_Conden_Recep = 0
35 $VExp_LiqRecep_Cubas = 0
36
37 'Estados de los componentes inicializados'
38 $EST_COMPRES1 = 0
39 $EST_COMPRES2 = 0
40 $EST_CONDEN1 = 0
41 $EST_CONDEN2 = 0
42 $EST_CUBA1 = 0
43 $EST_CUBA2 = 0
44 $EST_CUBA3 = 0
45 $EST_CUBA4 = 0
46 $EST_SEPACE1 = 0
47 $EST_SEPACE2 = 0
48 $EST_RECEPTOR = 0
49

```

```

PANTALLA_PRINCIPAL.SCC PANTALLA_PRINCIPAL - Script de Pantallas[Lenguaje: VBScript] x
83
84 ' Sensores Inicializados: Durante el sistema en buenas condiciones los sensores estarán activos'''
85 $SensNH3_1 = 1
86 $SensNH3_2 = 1
87 $SensNH3_3 = 1
88 $SensNH3_4 = 1
89 $SensNH3_5 = 1
90 $SensNH3_6 = 1
91 $SensNH3_7 = 1
92 $SensNH3_8 = 1
93 $SensNH3_9 = 1
94 $SensNH3_10 = 1
95 $SensNH3_11 = 1
96 $SensNH3_12 = 1
97 $SensNH3_13 = 1
98 $SensNH3_14 = 1
99
100 'Los Procedimientos disponibles sobre esta pantalla pueden ser implementados aqui
101
102
103 'Este procedimiento es ejecutado solo una vez cuando esta pantalla es abierta.
104 Sub Screen_OnOpen()
105
106 End Sub
107

```

```

PANTALLA_PRINCIPAL.SCC PANTALLA_PRINCIPAL - Script de Pantallas[Lenguaje: VBScript] x
109
110 ***** MOTOR DE INFERENCIA *****
111 " Es el funcionamiento del sistema bajo condiciones normales "
112
113 'Este procedimiento es ejecutado continuamente mientras esta pantalla esta abierta.
114 Sub Screen_WhileOpen()
115
116 *****
117 "" EL PROCESO SE LO REALIZA INTERNAMENTE *****
118
119 """" INICIO DEL SISTEMA
120
121 $Wait(500)
122
123 $Inic_Sistema = 1
124 """""" AMONIACO - CHILLER ----> Está en la sección tareas.
125
126 "" -----
127
128 "" CUBAS
129 |
130 If $VExp_LiqCub = 1 Then
131
132 $Cubas[0].Vpaso_cuba = 1
133 $Cubas[1].Vpaso_cuba = 1
134 $Cubas[2].Vpaso_cuba = 1
135 $Cubas[3].Vpaso_cuba = 1
136
137
138 'Cuba1'
139 $Cubas[0].Pres_Serp_Cuba = 270
140 $Cubas[0].Temp_entr_Cuba = -5-$Rand()
141 $Cubas[0].Temp_salida = -20-$Rand()
142 $Cubas[0].Temp_Cuba = -12-$Rand()
143 $Wait(100)
144

```

```

PANTALLA_PRINCIPAL.SCC PANTALLA_PRINCIPAL - Script de Pantallas[Lenguaje: VBScript] x
148
149 'Cuba2'
150 $Cubas[1].Pres_Serp_Cuba = 270
151 $Cubas[1].Temp_entr_Cuba = -5-$Rand()
152 $Cubas[1].Temp_salida = -20-$Rand()
153 $Cubas[1].Temp_Cuba = -12-$Rand()
154 $Wait(100)
155
156 'Cuba3'
157 $Cubas[2].Pres_Serp_Cuba = 270
158 $Cubas[2].Temp_entr_Cuba = -3-3*$Rand()
159 $Cubas[2].Temp_salida = -20-$Rand()
160 $Cubas[2].Temp_Cuba = -12-$Rand()
161 $Wait(100)
162
163 'Cuba4'
164 $Cubas[3].Pres_Serp_Cuba = 270
165 $Cubas[3].Temp_entr_Cuba = -3-3*$Rand()
166 $Cubas[3].Temp_salida = -20-$Rand()
167 $Cubas[3].Temp_Cuba = -12-$Rand()
168 $Wait(100)
169 End If
170
171
172 '***** Compresores *****'
173 'Compresor 1:
174 $Compresores[0].Temp_Entr_Compr = ($Cubas[0].Temp_salida + $Cubas[1].Temp_salida) / 2
175
176 $Compresores[0].Pres_Entr_Compr = 15+ (4*$Rand())
177 $Compresores[0].Pres_Sal_Compr = 940 + (10*$Rand())
178 $Wait(100)
179 $Compresores[0].Pot_Compr = 40
180 $Compresores[0].Presos_Compr = $Compresores[0].Pres_Sal_Compr - $Compresores[0].Pres_Entr_Compr
181 $Wait(100)
182
183 $Compresores[0].Temp_Sal_Compr = 40 + (2*$Rand())

```

```

PANTALLA_PRINCIPAL.SCC PANTALLA_PRINCIPAL - Script de Pantallas[Lenguaje: VBScript] x
186
187
188 'Compresor 2:
189 $Compresores[1].Temp_Entr_Compr = ($Cubas[2].Temp_salida + $Cubas[3].Temp_salida) / 2
190
191 $Compresores[1].Pres_Entr_Compr = 15+ (4*$Rand())
192 $Compresores[1].Pres_Sal_Compr = 940 + (10*$Rand())
193 $Wait(100)
194 $Compresores[1].Pot_Compr = 40
195 $Compresores[1].Presos_Compr = $Compresores[1].Pres_Sal_Compr - $Compresores[1].Pres_Entr_Compr
196 $Wait(100)
197
198 $Compresores[0].Temp_Sal_Compr = 40 + (2*$Rand())
199
200
201 '***** Separadores de Aceite *****'
202
203 'SepAce1:
204 If ($Compresores[0].Temp_Sal_Compr) < 50 And ($Compresores[0].Temp_Sal_Compr > 35) Then
205 $EST_SEPACE1 = 1
206 $Sep_Aceite[0].Presos_SepAce = 270
207 $Sep_Aceite[0].Niv_SepAceite = 0
208 If $Sep_Aceite[0].Presos_SepAce = 270 Then
209 $Compresores[0].Niv_Aceite_Compr = 50
210 $Sep_Aceite[0].Niv_SepAceite = 50 / 2
211 $Sep_Aceite[0].Temp_SepAce_Cond = 30*$Rand()
212 If ($Sep_Aceite[0].Temp_SepAce_Cond > 20) And ($Sep_Aceite[0].Temp_SepAce_Cond < 40) Then
213 $Sep_Aceite[0].Aviso_Gas_Conden = 1
214 $Sep_Aceite[0].Aviso_ResidAce_Compr = 1
215 $Compresores[0].Niv_Aceite_Compr = 25
216 End If
217 End If
218
219 Else
220 // $SensNH3_9 = 0
221 // $EST_SEPACE1 = 0
222 // $Fail_SepAce1 = 1
223 End If
224

```

```

PANTALLA_PRINCIPAL.SCC PANTALLA_PRINCIPAL - Script de Pantallas[Lenguaje: VBScript] x
***** Separadores de Aceite *****
201
202 ''' SepAce1:
203 If ($Compresores[0].Temp_Sal_Compr) < 50 And ($Compresores[0].Temp_Sal_Compr > 35) Then
204 $EST_SEPACE1 = 1
205 $Sep_Aceite[0].Presos_SepAce = 270
206 $Sep_Aceite[0].Niv_SepAceite = 0
207     If $Sep_Aceite[0].Presos_SepAce = 270 Then
208         $Compresores[0].Niv_Aceite_Compr = 50
209         $Sep_Aceite[0].Niv_SepAceite = 50 / 2
210         $Sep_Aceite[0].Temp_SepAce_Cond = 30*$Rand()
211         If ($Sep_Aceite[0].Temp_SepAce_Cond > 20) And ($Sep_Aceite[0].Temp_SepAce_Cond < 40) Then
212             $Sep_Aceite[0].Aviso_Gas_Conden = 1
213             $Sep_Aceite[0].Aviso_ResidAce_Compr = 1
214             $Compresores[0].Niv_Aceite_Compr = 25
215         End If
216     End If
217 Else
218     //$SensNH3_9 = 0
219     //$EST_SEPACE1 = 0
220     //$Fail_SepAce1 = 1
221 End If
222
223 ''' SepAce2:
224 If ($Compresores[1].Temp_Sal_Compr < 50) And ($Compresores[1].Temp_Sal_Compr > 35) Then
225 $EST_SEPACE2 = 1
226 $Sep_Aceite[1].Presos_SepAce = 270
227 $Sep_Aceite[1].Niv_SepAceite = 0
228     If $Sep_Aceite[1].Presos_SepAce = 270 Then
229         $Compresores[1].Niv_Aceite_Compr = 50
230         $Sep_Aceite[1].Niv_SepAceite = 50 / 2
231         $Sep_Aceite[1].Temp_SepAce_Cond = 30*$Rand()
232         If ($Sep_Aceite[1].Temp_SepAce_Cond > 20) And ($Sep_Aceite[1].Temp_SepAce_Cond < 40) Then
233             $Sep_Aceite[1].Aviso_Gas_Conden = 1
234             $Sep_Aceite[1].Aviso_ResidAce_Compr = 1
235             $Compresores[1].Niv_Aceite_Compr = 25
236         End If
237     End If
238

```

```

PANTALLA_PRINCIPAL.SCC PANTALLA_PRINCIPAL - Script de Pantallas[Lenguaje: VBScript] x
249
250 *****CONDENSADORES*****
251
252 If $Sep_Aceite[0].Aviso_Gas_Conden = 1 Then
253 $EST_CONDEN1 = 1
254 $Condensador[0].Vpaso1_Entr_mar = 1
255     If $Condensador[0].Vpaso1_Entr_mar = 1 Then
256         $Condensador[0].Aviso_agua_mar = 1
257         $Condensador[0].Pres_Conden = 200
258         If $Condensador[0].Pres_Conden = 200 Then
259             $Condensador[0].Temp_Conden_Recep = $Sep_Aceite[0].Temp_SepAce_Cond - 25 -20 '25 por el agua de mar y los 20 por la condensación
260         End If
261     End If
262
263 Else
264     //$SensNH3_11 = 0
265     //$Fail_Conden1 = 1
266 End If
267
268
269
270 If $Sep_Aceite[1].Aviso_Gas_Conden = 1 Then
271 $EST_CONDEN1 = 1
272 $Condensador[1].Vpaso1_Entr_mar = 1
273     If $Condensador[1].Vpaso1_Entr_mar = 1 Then
274         $Condensador[1].Aviso_agua_mar = 1
275         $Condensador[1].Pres_Conden = 200
276         If $Condensador[1].Pres_Conden = 200 Then
277             $Condensador[1].Temp_Conden_Recep = $Sep_Aceite[1].Temp_SepAce_Cond -25 -20
278         End If
279     End If
280
281 Else
282     //$SensNH3_12 = 0
283     //$Fail_Conden2 = 1
284 End If
285

```

```
PANTALLA_PRINCIPAL.SCC PANTALLA_PRINCIPAL - Script de Pantallas[Lenguaje: VBScript] x
284 //Fail_Conden2 = 1|
285 End If
286
287
288 *****
289 *****RECEPTOR*****
290
291
292 $Temp_Recep_Cubas = ($Condensador[0].Temp_Conden_Recep + $Condensador[1].Temp_Conden_Recep) / 2
293 $Sen_Niv_Min_Recep = 20
294 $Niv_Liq_Receptor = 0
295 $SenNiv_Max_Recep = 75
296
297
298 If $Temp_Recep_Cubas < 0 Then
299 $Condensador[0].Vpaso_Conden_Recep = 1
300 $EST_RECEPTOR = 1
301 $Niv_Liq_Receptor = $Niv_Liq_Receptor + 5
302
303     If $Niv_Liq_Receptor >= $Sen_Niv_Min_Recep Then
304         $VExp_LiqRecep_Cubas = 1
305         $Niv_Liq_Receptor = 20
306
307     End If
308
309 Else
310 $SensNH3_13 = 1
311 //Fail_Receptor = 1
312 //EST_RECEPTOR = 0
313 End If
314
315 End Sub
316
317 'Este procedimiento es ejecutado solo una vez cuando esta pantalla es cerrada.
318 Sub Screen_OnClose()
319
320 End Sub
```