



**Facultad de Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Eléctrica**

Trabajo de titulación bajo la modalidad de Proyecto Técnico

**Previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico**

**“Diseño de un de control para el monitoreo de compresores de amoníaco en el  
proceso de congelación de pescado de la industria pesquera Pespesca S.A de la  
Ciudad de Montecristi”**

**Autora:**

Moncayo García Sandra Verónica

**Tutor de tesis:**

Ing. Juan Cedeño Villaprado, M.Sc

**Manta – Ecuador**

2024 (2)

## **CERTIFICADO**

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad “Eloy Alfaro” de Manabí, certifico:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, bajo la autoría al estudiante Moncayo García Sandra Verónica, legalmente matriculado/a en la Carrera de Ingeniería Eléctrica, período académico 2024 cumpliendo el total de 400 horas, bajo la opción de titulación de Proyecto Investigativo, cuyo tema del proyecto es “Diseño de un de control para el monitoreo de compresores de amoníaco en el proceso de congelación de pescado de la industria pesquera Pespesca S.A de la Ciudad de Montecristi”

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 20 de enero del 2025.

Lo certifico,

---

Ing. Juan Cedeño Villaprado, M.Sc.

**Docente Tutor**

### **AUTORÍA DEL PROYECTO TÉCNICO**

Quien suscribe, **Moncayo García Sandra Verónica**, con cedula de identidad N° **1316023298**, egresada de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica “Eloy Alfaro de Manabí”, declaro que el presente proyecto de titulación es de autoría propia, el contenido, resultados y conclusiones obtenidas son de estricta responsabilidad del autor, teniendo como respaldo citas bibliográficas necesarias para el desarrollo del proyecto, respetando el derecho intelectual de cada autor citado. El patrimonio intelectual de este proyecto de titulación corresponderá a la Universidad Laica “Eloy Alfaro de Manabí”.

---

---

---

---

**Moncayo  
García  
Sandra  
Verónica**

---

---

---

---

**Ing. Juan  
Cedeño  
Villaprado,  
M.Sc.  
Docente  
Tutor**

## APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Sometida a consideración del honorable tribunal examinador de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, como requisito previo a la obtención del título de: INGENIERO ELÉCTRICO.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN MIEMBROS DEL TRIBUNAL FIRMAS

_____	
_____	
_____	_____
_____	_____

CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Calificación trabajo escrito: \_\_\_\_\_

Calificación sustentación de tesis: \_\_\_\_\_

Notal final trabajo de graduación: \_\_\_\_\_

Lo certifico,

Secretaria de la Facultad de Ingeniería

## **DEDICATORIA**

Primordialmente dar las gracias a Dios que nos prestó salud para estar aquí, dedico esta tesis a mi padre que la hemos luchado durante estos años para lograrlo. A Jefferson mi pareja que ha sido fundamental en su apoyo incondicional y me ha ayudado en el desarrollo de esta. Y a mi hermana Gloria que me apoyo cuando lo necesitaba.

*Moncayo García Sandra Verónica*

## **AGRADECIMIENTO**

Principalmente a don Simón y la Sra. Letty quienes me apoyaron y me dieron la oportunidad de iniciar mi estudio superior les agradezco mucho porque ese empujón que me dieron para el inicio de mi desarrollo. A mi padre Héctor Moncayo le estoy muy agradecida ya que sin su esfuerzo y trabajo duro me saco adelante y siempre apoyándome en cada momento de la toda mi vida impulsándome y corrigiéndome para que no decaiga. Y en especial al Ing. KAAF por ser tan extraordinario, inteligente, admirable, excepcional, magistral.

También agradezco a mis compañeros que siempre nos alentamos y ayudábamos a estudiar para salir bien en cada asignatura, a los docentes que compartieron su conocimiento y que nos fueron preparando hasta el final.

*Moncayo García Sandra Verónica*

## RESUMEN

Un sistema de control es base fundamental en las industrias ya que poseen información y datos tienen una ventaja significativa. Por lo tanto, se desarrollan e implementan varios mecanismos para recopilar y almacenar datos de uso del sistema. Pero, en la actualidad donde obtener información no es un desafío, a menudo es difícil diferenciar entre datos relevantes e irrelevantes. Después de decidir qué datos deben recopilarse e implementar mecanismos de recopilación de datos, el siguiente paso en el proceso sería el análisis de esta gran cantidad de datos en los procesos de la planta industrial Pespesca. Este trabajo utilizó como base libros de texto y manuales de fabricantes para diseñar un sistema de control aplicado al análisis de compresores de amoníaco en la industria Pesquera de Montecristi; el mismo que consiste en instalar la instrumentación necesaria para la adquisición de datos, toma de medidas de forma predictivas y poder realizar el monitoreo de los compresores de amoníaco se realizó una investigación descriptiva, cuantitativa, no experimental. Este sistema consta con el hardware embebido de control y adquisición de datos de manera local que emplearán los siguientes protocolos de comunicación: Modbus RTU, Modbus TCP IP. El resultado de este sistema radica en la adquisición de datos que permiten el acceso a información de compresores de amoníaco. Se concluyó que a través de la construcción del Sistema de control con análisis de mantenimiento predictivo se controló los procesos industriales de forma local permitiendo al personal de mantenimiento de la planta (jefes de mantenimiento) poder evitar daños en los compresores de amoníaco. Así, el personal de mantenimiento tendrá la información registrada de manera local del comportamiento de los equipos.

**Palabras claves:** *[Análisis de datos], [Comunicación Industrial], [Automatización Industrial], [Data loggers]*

## ABSTRACT

A control system is a fundamental basis in industries since they have a significant advantage in having information and data. Therefore, several mechanisms are developed and implemented to collect and store system usage data. But, nowadays where obtaining information is not a challenge, it is often difficult to differentiate between relevant and irrelevant data. After deciding what data should be collected and implementing data collection mechanisms, the next step in the process would be the analysis of this large amount of data in the processes of the Pespesca industrial plant. This thesis work was carried out based on research from books applied to the area of automation and in addition to having the support of manuals from equipment manufacturers with which the construction of a Control System for the analysis of ammonia compressor behavior in the Montecristi Fishing Industry is allowed; which consists of installing the necessary instrumentation for data acquisition, taking predictive measurements and being able to monitor the ammonia compressors, a descriptive, quantitative, non-experimental research was carried out. This system consists of embedded hardware for local data acquisition and control using the following communication protocols: Modbus RTU, Modbus TCP IP. The result of this system is the acquisition of data that allows access to information on ammonia compressors. It was concluded that through the construction of the control system with predictive maintenance analysis, industrial processes were controlled locally, allowing plant maintenance personnel (maintenance managers) to avoid damage to the ammonia compressors. Thus, maintenance personnel will have locally recorded information on the performance of the equipment.

**Keywords:** *[Data analysis], [Industrial Communication], [Industrial Automation], [Data loggers]*



## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CERTIFICADO</b>	<b>ii</b>
<b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA</b>	¡Error! Marcador no definido.
<b>APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>vi</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>xiii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>xv</b>
<b>1 CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Planteamiento del Problema	3
1.4 Árbol de objetivos	5
1.5 Objeto del Proyecto	6
1.5.1 Objetivo General	6
1.5.2 Objetivo Específicos	6
1.6 Campo de Acción	6
1.7 Variables	7

1.8 Métodos de Trabajo Técnico	7
<b>2 CAPÍTULO II. MARCO TEORICO</b>	<b>8</b>
2.1 Compresores de Amoníaco	8
2.2 Funcionamiento de los Compresores	9
2.2.1 Ventajas de los Compresores de Amoníaco	10
2.2.2 Desventajas de los Compresores de amoníaco	10
2.2.3 <i>Diferencias en Compresores de Amoníaco</i>	11
2.3 Tipos de Compresores de Amoníaco	11
2.4 Aplicaciones	13
2.5 Selección del Compresor Adecuado	13
2.5.1 Consideraciones Adicionales	13
2.6 Importancia de los Compresores en esta Industria	14
2.7 Principales Fallas de los Compresores	15
2.7.1 Fugas de aceite	15
2.7.2 Desgaste de piezas	15
2.7.3 Sobrecalentamiento	16
2.7.4 Vibraciones excesivas	16
2.7.5 Ruidos anormales	16
2.7.6 Baja presión de salida	16
2.8 Prevención y Mantenimiento	16

2.9	Actividades Principales en las Plantas Pesqueras	17
2.10	Importancia de la Industria Pesquera en Ecuador	18
2.10.1	Desafíos y Oportunidades	18
2.11	Sistemas de Control Eléctrico en las Industrias Pesqueras	19
2.11.1	Importancia de los Sistemas de Control Eléctrico	19
2.12	Componentes Clave de los Sistemas de Control Eléctrico	19
2.13	Aplicaciones Específicas en la Industria Pesquera	21
2.14	Control Eléctrico en Compresores	21
2.15	Funciones Principales del Control Eléctrico	22
2.15.1	Servidores Web	26
2.15.2	Comunicación Entre Unidades Servidoras y Clientes	30
2.15.3	Modbus TCP-IP	31
2.16	Automatización con la Revolución Industrial	32
<b>3</b>	<b>CAPITULO III: IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CONTROL DE COMPRESORES DE AMONÍACO</b>	<b>33</b>

3.1	Procedimiento de Implementación de Compresores de Amoníaco	33
3.1.1	Visita Técnica en Campo	33
3.1.2	Levantamiento Técnico	34
3.1.3	Instalación y Configuración	35
3.1.4	Programación y Pruebas	40
3.2	Procedimiento e Implementación de Servidor Web	48
3.2.1	Esquema General	48
3.2.2	Diseño de Comunicación	49
3.2.3	Diseño de Adquisición y Almacenamiento de Datos	53
3.2.4	Diseño de Aplicación Web	55
3.2.5	Diseño de Base de Datos	57
3.3	Presupuesto	60
<b>4</b>	<b>CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES</b>	<b>61</b>
4.1	Conclusiones	61
4.2	Recomendaciones	63
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>64</b>
<b>6</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>68</b>
6.1	Anexo de tablas	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Ciclo de refrigeración por compresión de vapor</i>	10
Figura 2	<i>Compresor de pistón, marca Mayekawa</i>	12
Figura 3	<i>Compresor de Tornillo, marca Frick</i>	12
Figura 4	<i>Desgaste de piezas en compresores de amoníaco</i>	15
Figura 5	<i>Oxidación en compresores de amoníaco.</i>	17
Figura 6	<i>PLC S7-1200 Siemens</i>	20
Figura 7	<i>HMI de compresor de Pistón</i>	21
Figura 8	<i>Control eléctrico de compresores de Pistón</i>	22
Figura 9	<i>Ciclo de mensajes de Modbus RTU/TCP.</i>	24
Figura 10	<i>Adquisición de datos entre HMI's por medio de protocolos de comunicación</i>	25
Figura 11	<i>Raspberry pi 4.</i>	27
Figura 12	<i>Lenguaje de programación HTML.</i>	28
Figura 13	<i>Lenguaje de programación CSS.</i>	28
Figura 14	<i>Lenguaje de programación Java Script.</i>	29
Figura 15	<i>Lenguaje de programación Python.</i>	29
Figura 16	<i>Protocolos de comunicación más utilizados en la industria.</i>	30
Figura 17	<i>Arquitectura básica del protocolo Modbus.</i>	32
Figura 18	<i>Sala A compresor de Tornillo y compresor de Pistón</i>	33
Figura 19	<i>Levantamiento de cableado</i>	34
Figura 20	<i>Levantamiento de controladores</i>	35
Figura 21	<i>Instalación de sensores de presión de la marca Danfoss en compresor de tornillo.</i>	37
Figura 22	<i>Instalación de sensores de temperatura tipo PT100 con cabezal.</i>	38
Figura 23	<i>Pixsy TD710 de compresor de Tornillo.</i>	39

Figura 24 <i>HMI- V1210 de compresor de Pistón.</i>	40
Figura 25. <i>Visualización de parámetros de compresor de Tornillo</i>	43
Figura 26. <i>Visualización de configuración de operación en compresor de Tornillo</i>	43
Figura 27 <i>Alarmas y avisos en HMI de compresor de Tornillo</i>	44
Figura 28 <i>Visualización de parámetros generales de compresores de Pistón</i>	47
Figura 29 <i>Visualización de configuraciones de operación para los compresores de Pistón</i>	48
Figura 30 <i>Esquema General del proyecto</i>	48
Figura 31 <i>Diagrama de funcionamiento</i>	49
Figura 32 <i>Bloque MB_Client.</i>	50
Figura 33 <i>Llamado de bloque de variables TCON_IP_v4</i>	51
Figura 34 <i>Lógica de llamado de peticiones a controladores Servidores</i>	52
Figura 35 <i>Configuración de Modbus Slave en Pixsys.</i>	52
Figura 36 <i>Status Variables</i>	53
Figura 37 <i>DataLodCreate.</i>	54
Figura 38 <i>Bloque de datos TCP</i>	54
Figura 39 <i>Activación de Web Server.</i>	55
Figura 40 <i>Ubicación de archivos de programación de Web Server</i>	56
Figura 41 <i>Activación de Web Server en Ladder.</i>	56
Figura 42 <i>Declaración de variables en Web Server S7-1200</i>	57
Figura 43 <i>Node-red</i>	58
Figura 44 <i>Datos almacenados de los compresores de amoníaco en archivo csv.</i>	58
Figura 45 <i>InfluxDB</i>	59
Figura 46. <i>Grafica de 1 mes parámetros de compresor de Tornillo</i>	59

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Variables a medir en el sistema de control de compresores de amoníaco.</i>	36
Tabla 2	<i>Características del sensor de presión AKS 33-Danfoss.</i>	36
Tabla 3	<i>Características del sensor de temperatura Sonda PT100 Pt-150x8R1/2BZ.</i>	38
Tabla 4	<i>Características del sensor de medición de amperaje Amper Plus.</i>	39
Tabla 5.	<i>Parámetros de funcionamiento de compresor de Tornillo</i>	42
Tabla 6	<i>Parámetros de funcionamiento de compresores de Pistón</i>	46

## ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1 <i>Instalación de control en compresor de tornillo</i>	68
Anexo 2 <i>Visualización de parámetros de compresor de tornillo</i>	68
Anexo 3 <i>Alarmas de compresor de Tornillo</i>	69
Anexo 4 <i>Preinstalación de web server s7-1200</i>	69
Anexo 5 <i>Instalación de web server s7-1200</i>	70
Anexo 6 <i>Compresor de tornillo</i>	70
Anexo 7 <i>Compresor de pistón</i>	71
Anexo 8 <i>Adquisición de los datos de las variables a medir</i>	72
Anexo 9. <i>Adquisición de datos</i>	74

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES**

### **1.1 Introducción**

Manabí, Ecuador, es reconocida mundialmente como uno de los principales centros pesqueros del Pacífico Sur. Su estratégica ubicación geográfica, sumada a la riqueza de sus aguas, ha convertido a esta ciudad en un epicentro de la actividad pesquera a nivel nacional e internacional (Posligua Morrillo, 2020, pág. 40).

La ciudad de Manta es una de las mayores industrias pesqueras del Ecuador por lo que es denominada la flota atunera más potente del Pacífico Oriental gracias a eso representa un incremento de plantas pesqueras es notable dentro de los últimos años, por lo que ese aumento se basa en la alimentación de suministros congelados en todo el mundo con el fin de satisfacer las exigencias de los consumidores (Lozano, 2022, pág. 22).

Según (Barragán Márquez & Ortega Campos, 2020) los diseños de sistemas de refrigeración tienen diferentes factores los cuales son la temperatura y el producto que se desea congelar ya que con esos factores se puede tomar la decisión de que condiciones en el sistema de control se debe concretar para cumplir dicha temperatura, en este caso se desea congelar el atún que llega de una embarcación pesquera a la planta de procesos.

El sistema de congelación inundado se basa en la utilización de evaporadores completamente llenos de amoníaco en estado líquido a presión de evaporización gracias a eso el compresor presenta en la succión de 0 a 8 PSI lo que resulta una temperatura de evaporización  $-20^{\circ}\text{C}$ .

El sistema de congelación recirculado o también denominados de bombeo tienen una gran aceptación en la industria ya que solucionan el problema de tener evaporadores lejos de los

compresores, la base fundamental del sistema recirculado es bombear líquido refrigerante a (Flores Bustillos & Haro Díaz, 2017) del compresor en succión es a 20 PSI por lo que gracias a este sistema se puede llegar a una temperatura en el evaporador  $-45^{\circ}\text{C}$  (Flores Bustillos & Haro Díaz, 2017, pág. 41)

Montecristi, como muchas ciudades en crecimiento, está experimentando una transformación digital que está impulsando la automatización en diversos sectores. Esta tendencia no solo aumenta la eficiencia y productividad, sino que también mejora la calidad de vida de sus habitantes.

Citando a (Posligua Morrillo., 2020, pág. 20) Manta, Montecristi y Jaramijó son un importante centro pesquero en Ecuador, reconocido a nivel internacional por su floreciente industria pesquera. Las ciudades albergan una gran cantidad de plantas procesadoras de pescado que desempeñan un papel crucial en la economía local y nacional.

## **1.2 Antecedentes**

Montecristi es un cantón de la provincia de Manabí en Ecuador, en el que se encuentra la parroquia urbana de Manta, que es conocida como la "Capital Mundial del Atún" comprende con numerosas plantas pesqueras en la cual el proceso de congelación es uno de los puntos más importante para mantener la temperatura adecuada del producto gracias a un sistema frigorífico que cuenta con sistema de control para numerosos equipos como compresores, recipientes, condensadores, entre otros.

En este documento nos basaremos en el proceso de control y adquisición de datos de compresores de amoníaco del tipo pistón y tornillo. Un sistema de control en compresores de amoníaco es importante por el número de variables a controlar como: presiones, temperatura, %

de regulación y corriente eléctrica por ello se desarrolla un sistema de control capaz de operar eficazmente un compresor con prevención de fallas.

Desde el inicio de la primera revolución industrial, los ingenieros siempre estuvieron intentando resolver problemas relacionados con el funcionamiento de la maquinaria y su mantenimiento. También apuntaron a la mejora de la eficiencia de los procesos de fabricación y en general a la organización de la producción y demás temas relativos. Como se anticipó que se adoptarían enfoques sistemáticos para el estudio científico de los problemas relacionados con la industria (Springer, 2020, pág. 2).

### **1.3 Planteamiento del Problema**

En la ciudad de Montecristi se encuentra ubicada la industria pesquera dedicada a la elaboración de lomos de atún llamada PESPECA S.A. ubicada Km 1 ½ llegando a Los Bajos en la vía Montecristi-Guayaquil, con 17 años en el mercado solicita la instalación de un sistema de control de compresores de amoníaco en la Sala de Compresores A.

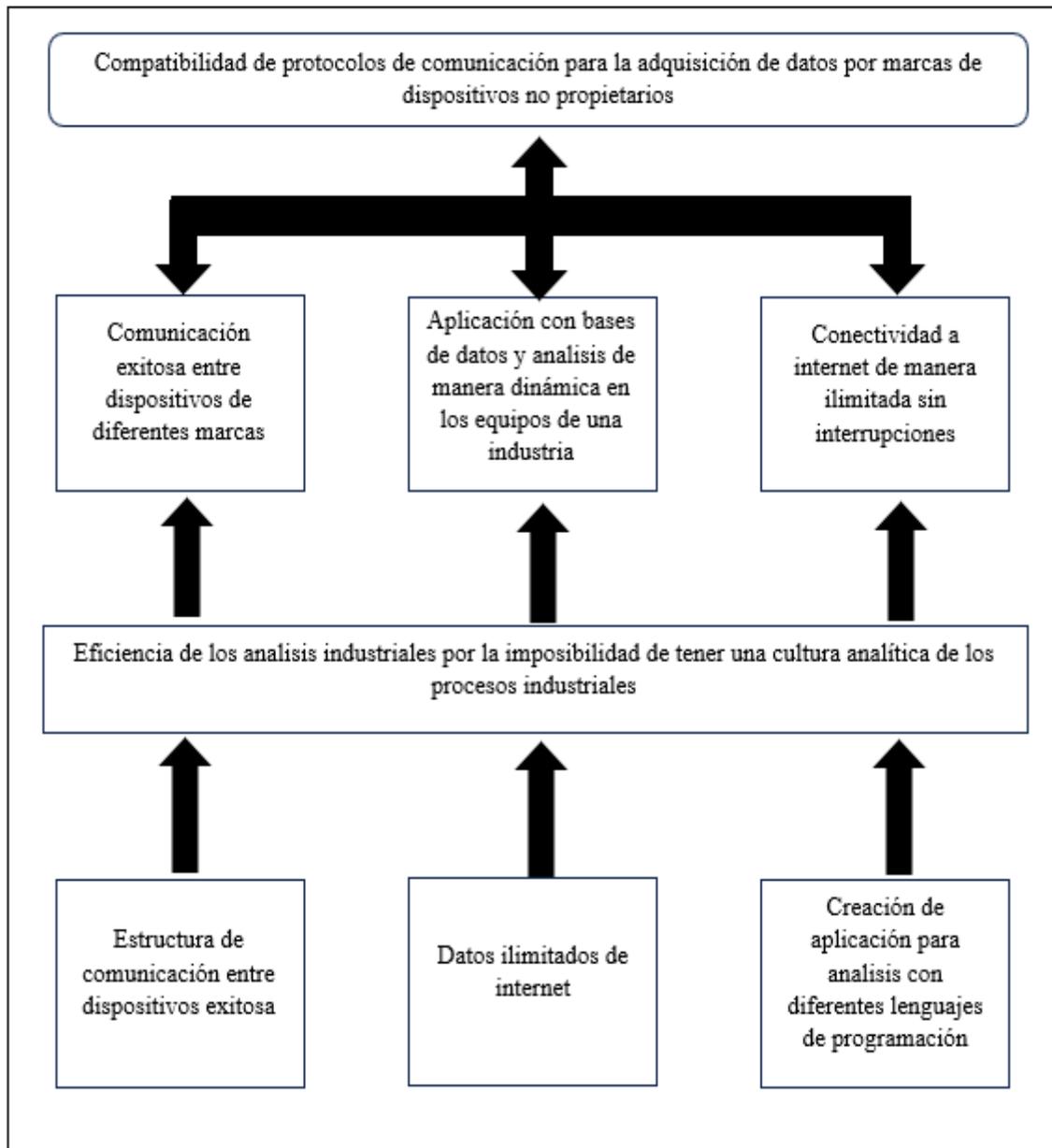
La empresa cuenta con varios procesos industriales en la cual los sistemas de congelación son de 3 formas o tipos los cuales son recirculado, inundado y expansión cada uno de estos sistemas tienen el fin de decrementar la temperatura de un producto sea la necesidad del consumidor. Existen 6 compresores, 4 son compresores de pistón y 2 son compresores de tornillo, el proceso de enfriamiento utilizado es el recirculado para los compresores de amoníaco.

Los compresores son de operación manual, aunque son equipos robustos, pueden presentar diversas fallas a lo largo de su vida útil. Estas fallas pueden ser causadas por una variedad de factores, desde el desgaste natural de las piezas hasta errores en el mantenimiento y la operación.

En las plantas industriales la gran mayoría de nuestra provincia Manabí no cuentan con sistemas de adquisición de datos para la supervisión de un proceso y análisis de este y por tanto es imposible que los procesos sean analizados de manera eficiente para la prevención de fallos en mantenimientos de los equipos a usarse en la planta.

Hoy en día la intervención de análisis de mantenimiento debe ser más competentes para que se puedan prevenir daños significativos lo cual conlleva el tema económico a gran escala por la avería de equipos y maquinarias, pues para ello implementar un sistema de análisis puede ser muy caro por el tema de dispositivos electrónicos como: sensores, transductores, swicht de comunicación, HMI y PLC's, por tanto, se enuncia el problema del presente trabajo como: "Ineficiencia de los análisis industriales por la imposibilidad de tener una cultura analítica de los procesos industriales"

## 1.4 Árbol de objetivos



## **1.5 Objeto del Proyecto**

### **1.5.1 Objetivo General**

Implementar un Sistema de Control en una industria pesquera Pespesca para el monitoreo y análisis del proceso de funcionamiento de compresores de amoníaco e identificar las variables a medir.

### **1.5.2 Objetivo Específicos**

- Identificar los parámetros clave de funcionamiento de los compresores de amoníaco que influyen en el proceso de congelación del pescado y su impacto en la calidad del producto final.
- Instalar la sensoria necesaria para obtener los valores analógicos como: presiones, temperaturas y corriente eléctrica.
- Desarrollar un sistema de monitoreo en tiempo real que permita la recolección y análisis de datos críticos (temperatura, presión, vibraciones, consumo energético, etc.) de los compresores de amoníaco.
- Realizar un enlace de comunicación de HMI para visualización, control y conexión de comunicación de los compresores.

## **1.6 Campo de Acción**

El proyecto de análisis de funcionamiento en compresores de amoníaco se basó en la planta industrial PESPESCA S.A. ubicada Km 1 ½ llegando a Los Bajos en la vía Montecristi-Guayaquil, el cual cuenta con la instalación completa de sensores y transductores

con la integración de un servidor web para la visualización de local del funcionamiento de los compresores.

### **1.7 Variables**

- Independiente
  - Sistema de control
- Dependiente
  - Compresores de amoníaco en industria pesquera

### **1.8 Métodos de Trabajo Técnico**

Los métodos aplicados en este proyecto técnico son: metodología explicativa, experimental, descriptiva y propositiva la cual establece una relación de causalidad con la bibliografía de libros con temática de Sistemas de control y con informes técnicos actualizados hasta la fecha.

## CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

### 2.1 Compresores de Amoníaco

Los compresores de amoníaco son máquinas de fluido diseñados específicamente para comprimir el amoníaco gaseoso y aumentar su presión, lo que permite su uso en diferentes aplicaciones industriales (Tipán Solá, 2022). Estos compresores pueden ser de diferentes tipos, como el compresor de pistón, el compresor centrífugo o el compresor de tornillo, y están diseñados para trabajar de manera eficiente con el amoníaco como medio de trabajo. Estos compresores son esenciales en la industria de la refrigeración y en la producción de productos químicos, ya que permiten mantener las condiciones adecuadas de temperatura y presión para el correcto funcionamiento de los sistemas.

Los compresores son equipos fundamentales en la industria pesquera, ya que desempeñan un papel crucial en la conservación de los productos del mar. Su principal función es generar el aire comprimido necesario para:

**Refrigeración:** Los compresores impulsan los sistemas de refrigeración a bordo de los barcos y en las plantas de procesamiento. Esto permite mantener bajas temperaturas y garantizar la frescura del pescado desde el momento de la captura hasta su llegada al consumidor.

**Congelación:** En algunos casos, los compresores se utilizan para congelar rápidamente el pescado, lo que prolonga su vida útil y evita la proliferación de bacterias.

**Aireación:** El aire comprimido se emplea para airear el agua en los tanques de almacenamiento, mejorando la calidad del agua y reduciendo el estrés en los peces.

**Otros procesos:** Los compresores también pueden utilizarse en otros procesos como la limpieza, la desinfección y el transporte de productos.

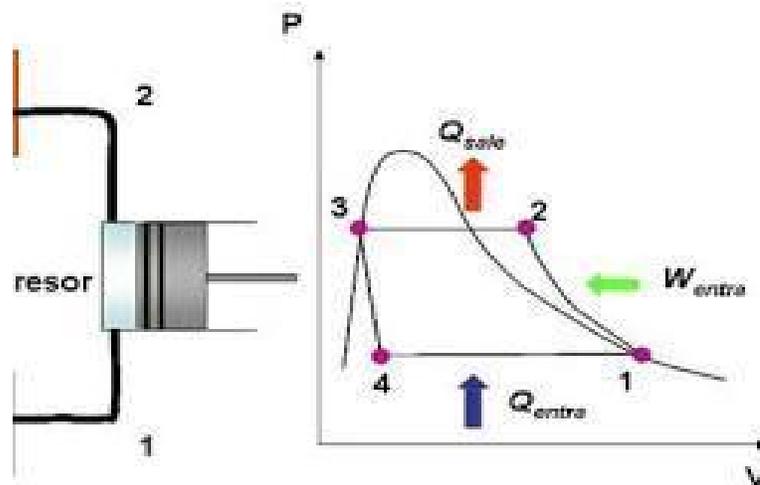
## 2.2 Funcionamiento de los Compresores

De acuerdo con los autores (Salas Vivero & Campos Guerrero, 2019, págs. 4,5) el principio de funcionamiento de un compresor de amoníaco es el siguiente:

1. **Aspiración:** El amoníaco en estado gaseoso a baja presión y temperatura es aspirado hacia el interior del compresor.
2. **Compresión:** El gas es comprimido, aumentando su presión y temperatura.
3. **Condensación:** El amoníaco comprimido se enfría en un condensador, pasando de estado gaseoso a líquido.
4. **Expansión:** El amoníaco líquido se expande a través de una válvula de expansión, disminuyendo su presión y temperatura, y absorbiendo calor del ambiente.
5. **Evaporación:** El amoníaco líquido se evapora en el evaporador, absorbiendo calor del producto que se desea enfriar y retornando al compresor en estado gaseoso para iniciar nuevamente el ciclo.

**Figura 1**

*Ciclo de refrigeración por compresión de vapor*



*Nota:* Tomado de (Baque Anzulez & Ruiz Ávila, 2024)

### **2.2.1 Ventajas de los Compresores de Amoníaco**

Los compresores de amoníaco ofrecen múltiples ventajas, entre las que se incluye su alta eficiencia, gracias a un elevado coeficiente de rendimiento que les permite trasladar grandes volúmenes de calor con un bajo consumo de energía; además, su amplio rango de operación les permite funcionar eficazmente tanto a bajas como a altas temperaturas, lo que los hace adecuados para diversas aplicaciones, lo que, sumado a su bajo costo y su ventaja ambiental de no contribuir al agotamiento de la capa de ozono, los diferencia favorablemente de algunos refrigerantes sintéticos.

### **2.2.2 Desventajas de los Compresores de amoníaco**

El amoníaco, a pesar de sus aplicaciones industriales, presenta desventajas significativas, ya que es un gas tóxico e inflamable que exige sistemas de seguridad y manejo especializados,

además de su fuerte y desagradable olor, y su capacidad de ser corrosivo de ser corrosivo para ciertos materiales.

### ***2.2.3 Diferencias en Compresores de Amoníaco***

Los compresores de amoníaco son equipos industriales utilizados principalmente en sistemas de refrigeración de gran capacidad, como plantas procesadoras de alimentos, instalaciones industriales y almacenes frigoríficos. Aunque todos comparten el objetivo de comprimir el refrigerante (amoníaco) para iniciar el ciclo de refrigeración, existen diversas características que los diferencian (Flores Bustillos & Haro Díaz, 2017, pág. 41).

## **2.3 Tipos de Compresores de Amoníaco**

Los compresores de amoníaco más comunes son:

**Compresores de pistón:** Son los más utilizados en sistemas de refrigeración industrial de pequeña y mediana escala. Ofrecen una alta eficiencia y son fáciles de mantener.

Citando a (Flores Borja, 2024, pág. 11) el funcionamiento de este sistema se basa en un pistón que se mueve hacia atrás y hacia adelante dentro de un cilindro, comprimiendo el vapor de amoníaco, lo que le otorga ventajas como su diseño simple, fácil mantenimiento y alta eficiencia a cargas parciales; sin embargo, presenta desventajas como un mayor nivel de vibración y ruido, así como una menor capacidad en comparación con otros tipos de sistemas.

**Figura 2**

*Compresor de pistón, marca Mayekawa*



**Compresores de tornillo:** Son ideales para aplicaciones de alta capacidad y presión. Ofrecen un funcionamiento suave y silencioso.

**Figura 3**

*Compresor de Tornillo, marca Frick*



## **2.4 Aplicaciones**

Los compresores de amoníaco encuentran una amplia gama de aplicaciones industriales. Se utilizan comúnmente en la industria alimentaria para enfriar cámaras frigoríficas, producir hielo y procesar alimentos congelados. En la industria química, son empleados en la producción de sustancias químicas a bajas temperaturas y en procesos de separación. Según afirma (Rodríguez Criado, García Jiménez , & Ruiz Ruiz, 2022) además desempeñan un papel fundamental en la industria petroquímica, enfriando equipos de proceso y produciendo gas natural licuado. Incluso en el ámbito recreativo, son utilizados en la producción de hielo para pistas de patinaje.

## **2.5 Selección del Compresor Adecuado**

La elección del compresor de amoníaco adecuado depende de una cuidadosa evaluación de diversos factores. La capacidad de refrigeración requerida, las condiciones de operación, la eficiencia energética, el nivel de ruido y vibración, la facilidad de mantenimiento y el costo inicial y operativo son elementos clave a considerar. Es fundamental seleccionar un compresor que pueda proporcionar la capacidad de enfriamiento necesaria, que opere eficientemente bajo las condiciones específicas de la aplicación, y que cumpla con los requisitos de ruido y vibración. Además, se debe evaluar la facilidad de acceso para el mantenimiento y la disponibilidad de repuestos, así como el costo total de propiedad a lo largo de la vida útil del equipo. (Rodríguez Criado, García Jiménez , & Ruiz Ruiz, 2022).

### **2.5.1 Consideraciones Adicionales**

Además de los factores técnicos y económicos, la seguridad y el cumplimiento de las regulaciones son aspectos fundamentales para considerar al seleccionar y operar un sistema de

refrigeración con amoníaco. Dado que el amoníaco es un refrigerante tóxico y peligroso, es imprescindible diseñar y operar estos sistemas de acuerdo con las normas de seguridad establecidas. Asimismo, existen regulaciones específicas que regulan la instalación y operación de sistemas de refrigeración que utilizan amoníaco, las cuales deben cumplirse estrictamente.

La automatización eficiente de las operaciones de los procesos de fabricación, en varios niveles, es una clave vital para el éxito financiero y la supervivencia de todo tipo de industrias reemplazando la humano en trabajo repetitivos y monótonos eliminando incidentes no deseados debido a la fatiga humana y al error humano (Gavrilov, 2017, pág. 847).

La automatización industrial nace con el objetivo de automatizar procesos manuales a automáticos gracias al conjunto de equipos de instrumentación (sensores) que trabaja como ojos y oídos en los procesos con el fin de tener información analógica del proceso industrial (Mazid & Ryan Martin , 2018, pág. 2266).

Para los análisis de comportamiento de compresores de amoníaco se necesita de sistemas digitales e informáticos para protocolos de comunicación y almacenamientos de datos con el fin de tener una base de datos de valores como presiones y temperaturas (Mazid & Ryan Martin , 2018, pág. 2267).

## **2.6 Importancia de los Compresores en esta Industria**

Los compresores desempeñan un papel fundamental en la industria pesquera al garantizar la calidad y seguridad de los productos del mar. Gracias a su capacidad para proporcionar las condiciones de temperatura y aireación adecuadas, los compresores contribuyen a mantener la frescura del pescado, prolongando así su vida útil y permitiendo su distribución a mercados más lejanos. Además, la congelación rápida, posibilitada por los compresores, ayuda a prevenir la

proliferación de bacterias y otros microorganismos, asegurando así la seguridad alimentaria.

## **2.7 Principales Fallas de los Compresores**

### **2.7.1 Fugas de aceite**

Las fugas de aceite son un problema común en los compresores, originándose en juntas, sellos o conexiones. Estas fugas no solo reducen la eficiencia del equipo, sino que también contaminan el entorno de trabajo. Es fundamental inspeccionar regularmente el compresor y realizar un mantenimiento preventivo para detectar y solucionar estas fugas a tiempo.

### **2.7.2 Desgaste de piezas**

El uso continuo desgasta piezas clave como pistones y válvulas, reduciendo la compresión del aire y afectando el rendimiento. Un mantenimiento preventivo regular, incluyendo la sustitución de piezas según las recomendaciones del fabricante, puede prevenir este desgaste prematuro y prolongar la vida útil del equipo.

## **Figura 4**

### *Desgaste de piezas en compresores de amoníaco*



#### **2.7.3 Sobre calentamiento**

El sobre calentamiento puede ser causado por una variedad de factores, como la falta de lubricación, el exceso de trabajo o la obstrucción de los filtros de aire. El sobre calentamiento puede dañar las piezas internas del compresor y reducir su vida útil.

#### **2.7.4 Vibraciones excesivas**

Las vibraciones excesivas pueden ser causadas por un desequilibrio en el rotor, un montaje incorrecto o el desgaste de los cojinetes. Además, pueden dañar el compresor y generar ruido.

#### **2.7.5 Ruidos anormales**

Los ruidos extraños, como golpeteos o chirridos, pueden indicar problemas en las válvulas, los cojinetes o las correas.

### 2.7.6 Baja presión de salida

Una baja presión de salida puede ser causada por fugas de aire, filtros obstruidos, válvulas defectuosas o un desgaste excesivo de las piezas internas.

## 2.8 Prevención y Mantenimiento

Para prevenir fallas y garantizar un funcionamiento óptimo, es fundamental realizar inspecciones visuales y auditivas periódicas, utilizar el lubricante recomendado por el fabricante y cambiar el aceite según el programa de mantenimiento. Mantener el compresor limpio y libre de contaminantes, así como reemplazar las piezas desgastadas a tiempo, son prácticas clave. Seguir las instrucciones del fabricante para la operación asegura un uso seguro y eficiente del equipo.

### Figura 5

*Oxidación en compresores de amoníaco.*



En el mundo industrial hoy en día hay múltiples maneras de solucionar el tema de adquisición de datos y acceso remoto en aspectos de supervisión de un proceso dado, pero por lo

general estas soluciones son muy costosas, por lo que el valor de estas soluciones es justificado por el tipo de protocolos de comunicación y envergadura del proyecto.

Por lo cual muchas de estas soluciones cuentan con dispositivos de procedencia propietario, esto quiere decir que se necesita una licencia para realizar comunicación o ejecución de un proyecto la desventaja de tener estos dispositivos de origen propietarios es que su comunicación es de origen propietario lo cual dificulta la comunicación a otros dispositivos por tener un protocolo de sistema cerrado.

## **2.9 Actividades Principales en las Plantas Pesqueras**

Manabí es un importante centro de procesamiento de productos del mar, especialmente atún, que es limpiado, cortado, enlatado y congelado para su exportación. Además, se procesan otras especies y se producen harina y aceite a partir de los subproductos. La industria pesquera de Manabí juega un papel crucial en la economía local y en la exportación de productos del mar a nivel mundial.

## **2.10 Importancia de la Industria Pesquera en Ecuador**

Según el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, 2024) los recursos atuneros del Océano Pacífico Oriental son el sustento de una industria que mantiene los medios de vida de decenas de miles de personas y contribuye significativamente al desarrollo socioeconómico de las naciones. Ecuador, como líder regional en la pesca de atún, es un claro ejemplo. El país exporta un promedio de 250.000 toneladas de atún anuales, de esta cifra, el 51 % se exporta a Europa, el 13 % a Estados Unidos y el resto a diversos países de Latinoamérica, con ventas al exterior que representan aproximadamente \$1.300 millones y generan 30.000 puestos de empleo directos.

La industria pesquera desempeña un papel fundamental en el desarrollo económico de Manabí por la tecnología moderna y la infraestructura portuaria avanzada, es un motor económico clave. Genera miles de empleos y contribuye significativamente a las exportaciones del país. Las plantas pesqueras han adoptado tecnologías innovadoras para optimizar sus procesos, y esto facilita la logística y el comercio marítimo, consolidando a Manabí como un importante centro pesquero.

### **2.10.1 Desafíos y Oportunidades**

La industria pesquera se enfrenta a múltiples desafíos, como garantizar la sostenibilidad de los recursos marinos y competir en un mercado global cada vez más exigente. Sin embargo, también presenta oportunidades significativas. La implementación de tecnologías innovadoras, como la acuicultura y la biotecnología, puede impulsar el crecimiento del sector y asegurar su futuro a largo plazo.

## **2.11 Sistemas de Control Eléctrico en las Industrias Pesqueras**

Los sistemas de control eléctrico en las industrias pesqueras de Manta son fundamentales para garantizar la eficiencia, seguridad y calidad de los procesos productivos. Dada la naturaleza perecedera del producto y los rigurosos estándares de higiene, estos sistemas juegan un papel crucial.

Un Sistema de Control Industrial ICS es una clase de sistema de automatización que es utilizada para promover el control y monitoreo de procesos industriales, los ICS están entrelazados con varios sistemas como: Sistemas de Control y Supervisión de Control (PCS), Supervisión de Control y Adquisición de Datos (SCADA), Sistema de Instrumentos Seguros

(SIS) y Sistemas de Control Distribuidos (DCS).

### **2.11.1 Importancia de los Sistemas de Control Eléctrico**

Los sistemas eléctricos desempeñan un papel fundamental en las plantas procesadoras de pescado. Estos sistemas garantizan el funcionamiento adecuado de los equipos de refrigeración y congelación, esenciales para preservar la calidad del producto. La automatización, controlada por sistemas eléctricos, permite optimizar procesos y mejorar la eficiencia para regular y gestionar la operación de dispositivos y máquinas eléctricas. Estos sistemas emplean sensores, actuadores y controladores para asegurar que los procesos eléctricos se mantengan eficientes, seguros y confiables. Además, el cumplimiento de normas de seguridad eléctricas es vital para proteger a los trabajadores y las instalaciones. La implementación de estos sistemas también contribuye a la optimización del consumo de energía y otros recursos.

## **2.12 Componentes Clave de los Sistemas de Control Eléctrico**

**PLC (Controladores Lógicos Programables):** Son el núcleo de muchos sistemas de automatización industrial estos controladores son esenciales para gestionar procesos industriales. Gracias a su arquitectura modular y a la amplia gama de módulos de entrada/salida, estos controladores ofrecen una gran flexibilidad para integrar sensores, actuadores y otros dispositivos de campo. Además, su entorno de programación intuitivo facilita la configuración y el mantenimiento de los sistemas de control. (SIEMENS, 2024)

## Figura 6

*PLC S7-1200 Siemens*



*Nota:* Tomado de (SIEMENS, 2024)

**Sensores:** Miden variables como temperatura, presión, flujo, nivel, etc., y envían esta información al PLC.

**Actuadores:** Son dispositivos que realizan acciones físicas como abrir o cerrar válvulas, encender o apagar motores, etc., en respuesta a las señales del PLC.

**HMI (Interfaz Hombre-Máquina):** Permite a los operadores interactuar con el sistema, monitorear los procesos y realizar ajustes.

**Figura 7**

*HMI de compresor de Pistón*



### **2.13 Aplicaciones Específicas en la Industria Pesquera**

Los PLC Siemens desempeñan un papel crucial en la automatización de la industria pesquera. Controlan la temperatura en cámaras frigoríficas, automatizan líneas de producción completas y gestionan el funcionamiento de motores eléctricos. Además, son utilizados en sistemas de detección de fugas para garantizar la seguridad y eficiencia de las operaciones.

### **2.14 Control Eléctrico en Compresores**

El control eléctrico de los compresores en la industria pesquera es fundamental para garantizar el funcionamiento óptimo de los sistemas de refrigeración a bordo de los buques y en las plantas de procesamiento. Este control permite mantener las condiciones de temperatura

adecuadas para conservar la frescura del pescado y otros productos marinos (Alp Ustundag & Emre Cevikcan, 2018, pág. 65).

## Figura 8

*Control eléctrico de compresores de Pistón*



### 2.15 Funciones Principales del Control Eléctrico

**Mantenimiento de la temperatura:** Los sistemas de control regulan la velocidad de los compresores para ajustar la capacidad de refrigeración según las necesidades, asegurando que el producto se mantenga a la temperatura deseada.

**Protección de los equipos:** Los controles eléctricos incluyen dispositivos de protección contra sobrecargas, cortocircuitos y otras fallas, lo que prolonga la vida útil de los compresores y otros componentes del sistema.

**Optimización energética:** Los sistemas de control modernos permiten ajustar el funcionamiento de los compresores para minimizar el consumo de energía, lo que resulta en menores costos operativos y un menor impacto ambiental.

**Monitoreo y diagnóstico:** Los controles eléctricos proporcionan información en tiempo real sobre el estado de los equipos, lo que facilita la detección temprana de fallas y permite realizar un mantenimiento preventivo.

Los sistemas de supervisión son sistemas digitales para monitorear y administrar los datos de forma remota o local, estos datos se actualizan de manera automática teniendo en cuenta el tiempo de intervalo de registros (Jiri Svarny, Lukas Pusman , & Pavel Turjanica, 2020, pág. 1).

Las señales analógicas son señales continuas que varían en función del tiempo y generalmente se piensan en contexto eléctrico, pero en mecánica, neumática, hidráulica, también pueden transmitir señales analógicas.

Las aplicaciones de transductores de corriente convierten señales de miliamperios que normalmente son de 4-20 mA. Se prefiere la salida de transductores de corriente porque son menos propensos a distorsiones o interferencias electromagnéticas. Es ampliamente usado y utilizado en la industria, lo que facilita la integración de gran variedad de sensores y dispositivos de control estándar, permitiendo una mayor flexibilidad e interoperabilidad en los sistemas de automatización (Gilchrist, 2016, pág. 54).

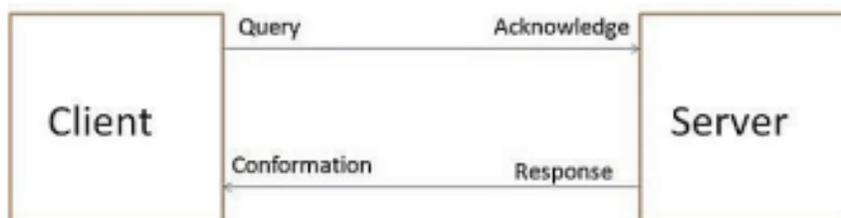
Una señal de datos digitales es una señal discontinua que cambia de un estado a otro en pasos discretos, son expresados como señales binarias o en dos niveles bajo y alto.

Los Registros de datos se obtienen mediante los siguientes agentes o supervisores que son sistemas de comunicación Modbus RTU o Mudbus TCP-IP con procesadores de tipo PLC (Chen Lin & Su Zhaolu, 2019, pág. 199).

Un Sistema de Control Industrial (Industrial Control System - ICS) Es una amplia gama de sistemas de automatización que son empleados para proporcionar funciones de administración de control de datos de una planta o proceso industrial.

### Figura 9

*Ciclo de mensajes de Modbus RTU/TCP.*



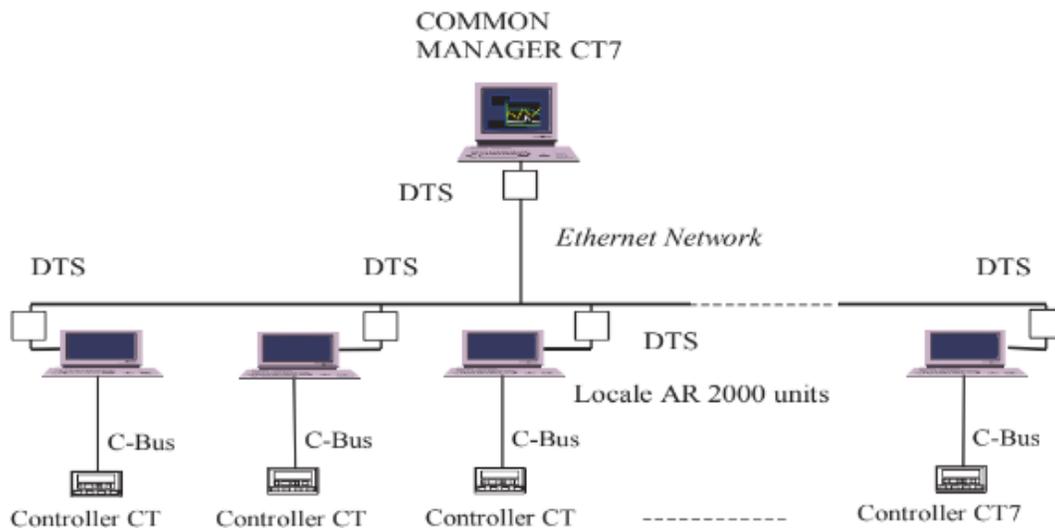
*Nota:* Tomado de (Wittaya Koodtalang & Thaksin Sangsuwan , 2020)

La mayoría de las arquitecturas utilizadas en los Sistemas de Control Industrial utiliza uno o más protocolos como CAN BUS, RTU, MQTT, Honeywell, General Electric o Siemens S7 por lo que casi la mayoría de estos protocolos de comunicación son de configuración en serie además adaptando una capa ETHERNET con transporte UDP y TCP.

Adquisición de datos es un término común que se utiliza para definir el proceso de adquisición de datos electrónicamente mediante sensores y transductores, varias magnitudes como temperatura, presión, tensión, amperaje, estos tipos de magnitud se pueden obtener a través de un modelo de adquisición.

## Figura 10

*Adquisición de datos entre HMI's por medio de protocolos de comunicación*



*Nota:* Tomado de (Mazid & Ryan Martin , 2018)

La mayoría de los módulos utilizan el protocolo de comunicación RS-485 como línea de comando que conecta un módulo con una computadora central o PC host.

Modbus es un protocolo de comunicación fundamentalmente abierto que se aplica en las industrias, es un protocolo universal abierto fácil de usar, lo cual puede tener interfaz tipo serial o Ethernet e incluso inalámbrica. La ventaja de este protocolo es que se aplica en todo medio de comunicación incluidos cables par trenzados, inalámbricos, fibra óptica, Ethernet, etc.

La interfaz de aplicación de programa (application program interface- API), son un conjunto de rutinas, protocolos y herramientas para la creación de aplicaciones de software. Una buen API facilita el desarrollo de un programa al proporcionar todos los bloques de construcción, luego un programador junta estos bloques. La mayoría de API's están desarrolladas para

programadores, en ultima instancias son buenas para los usuarios por que organizan todos los programas, por lo que esto facilita a que los usuarios aprendan nuevos lenguajes de programas.

### **2.15.1 Servidores Web**

Un servidor web es necesario para publicar documentos en la Web un punto de confusión es que en el computador donde corre el programa de servidor también se denomina servidor, entonces cuando alguien usa el termino servidor web, podría estarse refiriendo a un programa que responde solicitudes para páginas web ola computadora en que se ejecuta ese programa (Gavrilov, 2017, pág. 20).

Los servidores web hacen más que servir peticiones, también son responsables de gestionar la forma de entrada y para vincular formularios y navegadores con programas como bases de datos que se ejecutan en el servidor (Gavrilov, 2017, pág. 22).

La aplicación es un servidor web este caso es diseñado con un plc Siemens s7-120 con lenguaje de programación como Ladder, Java Script, HTML, CSS y Python, lo cual con un ordenador apuntando a la dirección IP se podrá visualizar el servidor web. Para obtener información entre múltiples HMI que controlan el proceso automatizado de compresores de pistón debemos de tener en cuenta la jerarquía en la comunicación que es la siguiente:

- Unidad cliente y procesadora de análisis
- Unidad de servidores
- Aplicación Web

**2.15.1.1 Unidad cliente y procesadora de análisis.** PLC Siemens S7-1200 es el encargado de hacer las peticiones de comunicación a las unidades servidoras para la adquisición y almacenamiento de datos para poder hacer los análisis con gráficos en la aplicación web.

**2.15.1.2 Unidades servidores.** Una unidad Raspberry Pi nos servirá como almacenamiento de un base de datos y visualizaciones graficas de los parámetros de los compresores de amoníaco en el cual también se desplegará un servidor web.

### Figura 11

*Raspberry pi 4.*



*Nota:* Tomado de (Kanhaiyya, y otros, 2024, pág. 5)

**2.15.1.3 Aplicación Web.** Para la realización de la aplicación de web dinámica con datos en tiempo real y almacenamiento de estos se hace la unión de 4 lenguajes de programación como:

- HTML
- CSS
- Java Script
- Python

2.15.1.4 **HTML.** El lenguaje primordial para la Web, este lenguaje tiene función principal de hacer la estructura estática de la aplicación web.

### Figura 12

*Lenguaje de programación HTML.*

```
1  <!DOCTYPE html>
2  <html>
3      <head>
4      </head>
5      <body>
6          <h1>My First Page</h1>
7          <p>This is my first page.</p>
8          <h2>A secondary header.</h2>
9          <p>Some more text.</p>
10     </body>
11 </html>
```

*Nota:* Tomado de (MND, 2024, pág. 3)

2.15.1.5 **CSS.** También un lenguaje primordial que es encargado de hacer es estilo que modifica la visualización de nuestra aplicación web.

### Figura 13

*Lenguaje de programación CSS.*

```
3  <style>
4  blockquote { background-color: gray; }
5  #quote { color: red; }
6  blockquote { all: unset; }
7  blockquote { font-weight: bold; }
8  </style>
9
10 <blockquote id="quote">
11  WebLife, votre actualité internet au
```

*Nota:* Tomado de (Manz, 2023)

**2.15.1.6 Java Script.** También un lenguaje primordial de la Web de secuencias de comandos que permiten implementar funciones complejas en páginas Web.

#### Figura 14

*Lenguaje de programación Java Script.*

```
1 // Esto es un comentario que no afecta al código
2 // Y es un ejemplo de código en JS 🟡 Una suma en JavaScript
3 const num1 = 5;
4 const num2 = 10;
5 const resultado = num1 + num2;
6 console.log(resultado); // Imprime 15 en la consola
```

*Nota:* Tomado de (Fly.io, 2024)

**2.15.1.7 Python.** Un lenguaje por excelencia utilizado en aplicaciones web, el desarrollo de software, la ciencia de datos y el machine learning por lo que en esta aplicación lo utilizaremos para el análisis de datos de los históricos de los compresores de amoníaco.

#### Figura 15

*Lenguaje de programación Python.*

```
def check_catch(self):
    """ Check if catch balls. """
    for ball in self.overlapping_sprites:
        self.score.value += 10
        self.score.right = games.screen.width -
        ball.handle_caught()
    """ Change game level. """
    if self.score.value == 200:
        self.level.value += 1
        self.level.left = games.screen.width
```

*Nota:* Tomado de (Python, 2024)

### 2.15.2 Comunicación Entre Unidades Servidoras y Clientes

La comunicación es el medio de transmitir una información con uno o más dispositivos y las comunicaciones tienen distintos protocolos lo cual se mencionarán los más utilizados:

- Modbus RTU
- Modbus TCP-IP
- CAN
- SAE 1939
- MQTT

**Figura 16**

*Protocolos de comunicación más utilizados en la industria.*



*Nota:* Tomado de (Yepes, 2024)

Estos protocolos hacen posible la comunicación entre dispositivos de diferentes marcas en este caso un equipo Siemens y otros de la marca Pixsys por lo cual en este proyecto la comunicación entre estos controladores lógicos será Modbus TCP-IP.

### **2.15.3 Modbus TCP-IP**

El protocolo de comunicación Modbus TCP-IP es una subrama del protocolo de comunicación Modbus la cual utiliza la capa de transporte TCP-IP para la comunicación de datos.

**2.15.3.1 Modbus.** Es un protocolo de ámbito industrial para comunicación de dispositivos de automatización creado por Modicon en 1979 (Wittaya Koodtalang & Thaksin Sangsuwan , 2020, pág. 201).

**2.15.3.2 TCP-IP.** Es el conjunto de protocolos de comunicación estándar utilizado para la comunicación en redes de computadoras y en internet por lo que incluye el protocolo TCP de transmisión confiable de datos y el protocolo de internet IP para el enrutamiento de datos (Sadik Tamboli, Mallikarjun Rawale, Rupesh Thoraiet, & Sudhir Agashe, 2015, pág. 259).

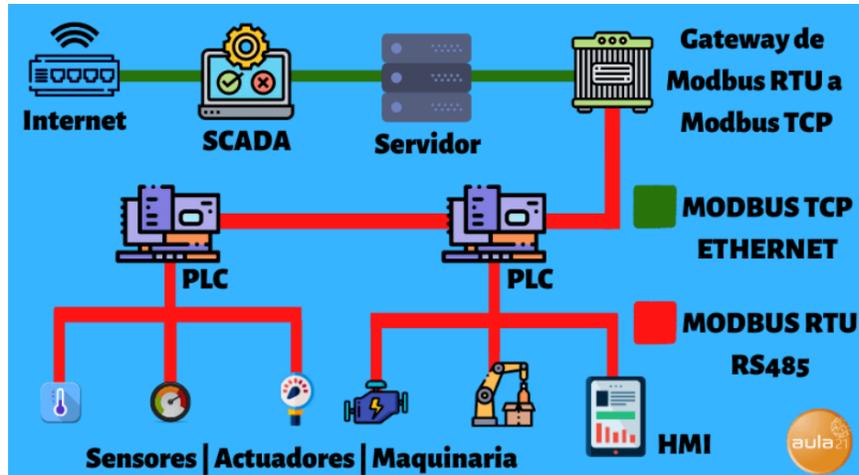
**2.15.3.3 Arquitectura Cliente-Servidor.** En Modbus TCP-IP los dispositivos pueden operar como servidores o clientes, los clientes son aquellos dispositivos que solicitan datos o envían comandos a los servidores y los servidores son aquellos dispositivos que responden a los comandos enviados por el dispositivo cliente.

**2.15.3.4 Puertos estándar.** Al momento de utilizar TCP-IP el puerto por default es 502 para protocolos Modbus TCP-IP aunque hay casos que se utiliza el 503 para el protocolo Modbus Secure.

**2.15.3.5 Flexibilidad.** Al aprovechar la infraestructura de una red existente, Modbus TCP-IP permite la conexión entre dispositivos distribuidos a grandes distancias, lo que lo hace ideal para sistemas de control industria y automatización.

**Figura 17**

*Arquitectura básica del protocolo Modbus.*



*Nota:* Tomado de (Instruments, 2024)

## 2.16 Automatización con la Revolución Industrial

Desde el inicio de la primera revolución industrial, los ingenieros siempre estuvieron intentando resolver problemas relacionados con la operación de maquinarias y su mantenimiento. También apuntaron a la mejora de la eficiencia de los procesos de fabricación y en general a la organización de la producción (Alp Ustundag & Emre Cevikcan, 2018, pág. V).

En el pasado, gracias a la introducción de tecnologías como las automatización, mecanización y digitalización de todas las industrias condujo a revoluciones industriales. la cuarta revolución industrial tiene como objetivo servir sin riesgos, en operaciones sin esfuerzos y la entrega puntual de servicios (Springer, 2020, pág. 32).

## CAPITULO III: IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CONTROL DE COMPRESORES DE AMONIACO

### 3.1 Procedimiento de Implementación de Compresores de Amoníaco

A continuación, se menciona un protocolo del procedimiento de implementación de compresores de amoníaco con el fin de tener un orden o estructura de realizar un proyecto de automatización para compresores de amoníaco.

#### 3.1.1 Visita Técnica en Campo

En la visita técnica que se realizó en la planta se adquirió la información detallada del estado actual de los compresores como su funcionamiento y averías que este presentaba.

En sala A de compresores de amoníaco se va a implementar el sistema de control automatizado a un compresor de tornillo y dos compresores de pistón.

#### Figura 18

*Sala A compresor de Tornillo y compresor de Pistón*



### 3.1.2 Levantamiento Técnico

Se comprobó que gran parte del sistema de sensores y cableado del sistema de control de compresores de amoníaco estaban en mal estado por lo cual se decide hacer remplazo de sensores, cableado y controladores en este caso HMI's.

Se verifica que el estado del controlador encargado de comandar el funcionamiento de los compresores de amoníaco sufrió un desperfecto lo cual provoco un fuera de servicio del sistema de refrigeración en la sala de compresores A, además se puede observar que el cableado no se encuentra en buen estado.

#### Figura 19

*Levantamiento de cableado*



Se puede observar que el módulo de entradas y salidas del PLC Siemens no se encuentra en buen estado por un cortocircuito producido por ello se toma la decisión de reemplazar.

## Figura 20

### *Levantamiento de controladores*



### **3.1.3 Instalación y Configuración**

Se realiza la instalación y configuración del sistema de control de compresores de amoníaco tanto como cableado, sensores y controladores para obtener las señales correspondientes del sistema.

**3.1.3.1 Componentes de control de compresor de tornillo y pistón.** La instrumentación son los dispositivos electrónicos que tienen el objetivo de medir, transmitir, contar, regular, recolectar o archivar variables que son parte del proceso del funcionamiento de los compresores de amoníaco.

Estos dispositivos electrónicos son denominados transductores o sensores que son el encargado de detectar un fenómeno físico o químico y lo transmite a señales eléctricas que pueden ser de corriente (mA), voltaje (V) o resistencia ( $\Omega$ ).

**Tabla 1**

*VARIABLES A MEDIR EN EL SISTEMA DE CONTROL DE COMPRESORES DE AMONÍACO.*

<b>Variables físicas</b>		
<b>Fenómeno</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>Presión</b>	La medición de presión de succión y descarga.	Libras por pulgada cuadrada (Psi)
<b>Temperatura</b>	La medición de temperatura de succión descarga y aceite.	Grados Centígrados (°C) y grados Fahrenheit (°F)
<b>% de Carga</b>	La medición de porcentaje de trabajo por el acople del compresor y el motor trifásico.	Porcentaje %
<b>Corriente</b>	La medición de consumo de intensidad del motor trifásico.	Amperio (A)
<b>Frecuencia</b>	La medición de frecuencia del motor trifásico.	Hertzios (Hz)

*Nota:* Elaboración propia del Autor.

**3.1.3.2 Sensores de presión** El transductor de presión tanto como en succión, descarga y aceite solo en compresores de tornillo nos permite tener parámetros de las presiones para generar acciones de pre-alarma (warning o advertencia) y alarma paro de sistema.

Los sensores de presión utilizados en este proyecto son de la marca Danfoss, a continuación, se detallará en la siguiente tabla.

**Tabla 2**

*Características del sensor de presión AKS 33-Danfoss.*

Sensor de presión AKS 33	Descripción	
	Diseño	Para uso en entornos peligrosos
	Señal de Salida	4 -20 mA
	Presión	Absoluta y relativa
	Rangos	0 - 1 Bar a 0 – 600 Bar
	Ajuste	Cero y Spam
Temperatura	Funcionamiento de -40 a 85°C	

*Nota:* La instalación de los sensores de presión se hace en las líneas de aspiración, descarga y aceite de los compresores de amoníaco como se muestra en la siguiente ilustración.

**Figura 21**

*Instalación de sensores de presión de la marca Danfoss en compresor de tornillo.*



**3.1.3.3 Sensores de temperatura.** Los sensores de temperatura utilizados en este proyecto son de la marca REMBERG a continuación, se detallará en la siguiente tabla.

**Tabla 3**

*Características del sensor de temperatura Sonda PT100 Pt-150x8R1/2BZ.*

Sonda de temperatura PT100	Descripción
	<p>Modelo Pt – 150x8R1/2BZ</p> <p>Temperatura máxima En trabajo: -50°C/+250°C</p> <p>Temperatura interna En el sensor: clase DIN B (<math>\pm 0,3^{\circ}\text{C}</math> a 25 °C)</p> <p>Longitud de Sonda 150mm x 8mm diámetro</p> <p>Protección IP66</p> <p>Conexión de Zócalo 3 hilos</p>

*Nota:* Elaboración propia del Autor.

La instalación de los sensores de temperatura se hace en las líneas de aspiración, descarga y aceite solo en compresores de tornillo como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 22**

*Instalación de sensores de temperatura tipo PT100 con cabezal.*



**3.1.3.4 Sensor de medición de amperaje.** Los sensores de medición de amperaje utilizado en este proyecto son de la marca REMBERG. Se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 4**

*Características del sensor de medición de amperaje Amper Plus.*

<b>Sensor de medición de amperaje Amper Plus</b>	<b>Descripción</b>	
	Diseño	Para uso industrial
	Señal de entrada	0 10 A señal de transformador de corriente
	Señal de salida	4-20 mA
	Ajuste	Cero y Span
	Temperatura	Funcionamiento de -10 a 70°C

*Nota:* Elaboración propia del Autor

**3.1.3.5 Controlador de compresor de tornillo Pantalla HMI - Pixsys 710.** Su modo de funcionamiento es TOUCH es decir que se activa al presionar, en ella se podrán visualizar y procesar comandos de control, el cual según las necesidades de los procesos puede presentar varias pantallas de operación.

**Figura 23**

*Pixsy TD710 de compresor de Tornillo.*



### 3.1.3.6 Controlador de compresores de pistón Pantalla HMI – Unitronics V1210.

Pantalla HMI Unitronics V1210, es un dispositivo de 12” full color TOUCH, en donde se pueden realizar parametrizaciones y acciones en el sistema, donde se almacena la información y presenta avisos configurados.

**Figura 24**

*HMI- V1210 de compresor de Pistón.*



### **3.1.4 Programación y Pruebas**

Se realiza la programación de controladores con el objetivo de realizar pruebas de funcionamientos y fallas para ajustar o corregir posibles fallos.

**3.1.4.1 Procedimiento de operación de compresor de tornillo.** El sistema de control y monitoreo de los compresores de tornillo tienen su propio procedimiento de funcionamiento y además de alarmas para proteger al compresor de funcionamiento erróneos que podría verse afectado de a corto a largo plazo.

**Paso 1.-** Una vez que ya de forma superficial se realice un chequeo de alarmas y permiso concedido por parte de la pantalla se procede encender el compresor con un selector, para asegurar el correcto arranque del compresor se debe tener en cuenta unas señales de protección del compresor y estas son:

- Filtro de aceite
- Flujo de aceite
- Presostato de aceite
- Bomba de condensado
- Confirmación de arranque

**Paso 2.-** Teniendo el arranque de compresor en estado NC, lo cual quiere decir que su arranque fue exitoso, el sistema espera por unos 8 segundos una señal de flujo de aceite para poder seguir con el funcionamiento.

**Paso 3.-** Si tenemos un arranque exitoso y no ha saltado ninguna alarma, tenemos la opción de funcionamiento de forma manual y automática desde un selector que está ubicado en el cuadro de potencia del compresor.

Escogiendo el tipo de modo de operación que se emplee el compresor opera con los siguientes solenoides de capacidades:

- Capacidad YY1%
- Capacidad YY2%
- Capacidad YY3%

**Paso 4.-** Tenemos una señal exclusiva de aviso antes mencionada que no apagará el compresor, esta señal es la de filtro de aceite la cual se desea implementar la misma luz piloto para el aviso cuando el filtro de aceite esté tapado y así sea remplazando lo más antes posible.

**Paso 5.-** Una vez que ya no se requiera el funcionamiento del compresor por parte de la planta y del operario se puede apagar el compresor con el mismo selector de encendido y a la vez enviará la señal de alarma general.

El compresor de tornillo tiene su motor trifásico con una potencia de 150hp a 440 V.

**Tabla 5.**

*Parámetros de funcionamiento de compresor de Tornillo*

<b>Señales</b>	<b>Buen funcionamiento</b>	<b>Advertencia</b>	<b>Alarma (apagado)</b>
<b>Presión de succión</b>	$\geq 7$ psi	-2	$< -2$ psi
<b>Presión de descarga</b>	$\leq 199$ psi	180	$\geq 200$ psi
<b>Temperatura de descarga</b>	$< 165$ °C	$\geq 170$ °C	$\geq 175$ °C

<b>Temperatura de aceite</b>	< 70 °C	>=68 °C	>= 70 °C
<b>Presostato de aceite</b>	NC	NC	NO
<b>Flujo de aceite</b>	NC	NC	NO
<b>Nivel de aceite</b>	NC	NC	NO
<b>Bomba de condensa</b>	NC	NC	NO

*Nota:* Elaboración propia del Autor

**3.1.4.2 Visualizaciones de pantalla HMI compresor de tornillo.** Al iniciar en esta pantalla se visualizará los parámetros de trabajo de la máquina es decir medirán el tiempo de trabajo anterior, el actual y el total, además se podrá monitorear otros parámetros como la presión de succión, descarga, el amperaje, corredera, la temperatura de succión, de descarga y de aceite.

**Figura 25.**

*Visualización de parámetros de compresor de Tornillo*

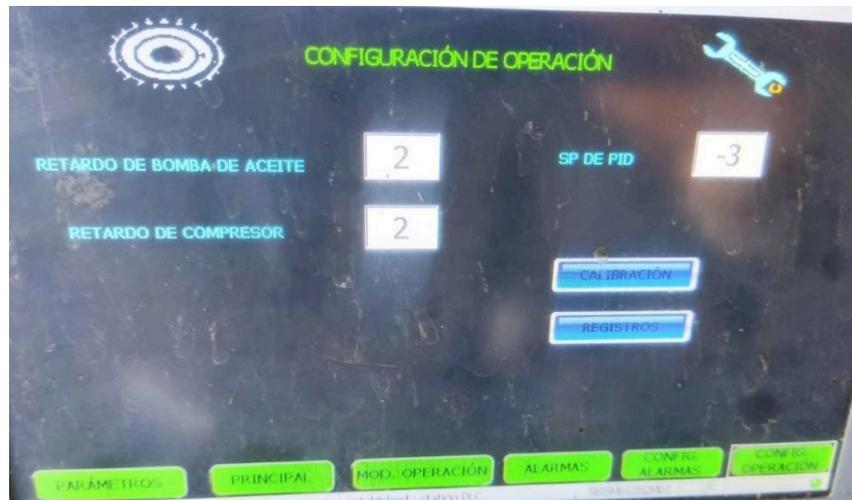


Al presionar el botón Config Operación se abrirá la imagen mostrada en la pantalla, donde podremos observar donde para una correcta operación de la maquina es necesario tener

activo el parámetro SP DE PID a su vez en esta misma pantalla se accede a los siguientes eventos como de consignas de alarmas y calibración.

**Figura 26.**

*Visualización de configuración de operación en compresor de Tornillo*



De la imagen principal del compresor de tornillo al presionar botón Alarma podremos observar por medio de una señal visible los parámetros que presenten valores atípicos de funcionamiento o pueden presentar una falla. En esta misma pantalla tendremos acceso a los botones de reset de alarmas, al presionarlo se borrarán los eventos de alarmas que se han presentado siempre y cuando se haya corregido la falla.

**Figura 27**

*Alarmas y avisos en HMI de compresor de Tornillo*



**3.1.4.3 Procedimiento de operación de compresores de pistón.** El sistema de control del compresor de pistón tiene un procedimiento de arranque con protecciones las cuales están dedicadas a proporcionar bloqueos de arranque, avisos y alarmas de paro.

**Paso 1.-** Encendido de condensador en el cual se dará una confirmación el enclavamiento el contacto del arranque de este, el sistema cuenta con una señal adicional de protección y es el dispositivo control de flujo (flujostato) que nos confirmara que la línea de condensa cuenta con flujo, esta señal llega a cada compresor para proteger por falta de línea de condensa.

**Paso 2.-** Arranque de compresor y en lo cual los parámetros de protección inicial es la confirmación del arranque del compresor una vez recibida la señal se activa contador programado de aproximadamente 35 segundos para en caso de no tener presión de aceite mandar apagar el equipo.

**Paso 3.-** Una vez ya teniendo el arranque del compresor se tiene los siguientes elementos de protección:

- Presostato dual de alta y baja
- Presostato de aceites
- Confirmación de bomba de condensado

**Presostato dual de alta y baja:** Este sensor es aquel que enviara una señal de apagado si hay una diferencia grande de presión de alta y presión de baja.

**Presostato de aceite:** Este sensor encargado de llevar una señal con un tiempo de espera cuando la presión de aceite se inexistente, por lo que esta señal será de apagado.

**Confirmación de bomba de condensado:** Esta señal se dará desde un contacto de un relé dando un feed back del encendido de la bomba de condensado, esta señal forma parte de uno de los permisos importantes para los arranques de los compresores.

**Paso 4.-** Teniendo en arranque estable el compresor se tiene un selector el cual se decide por parte del operario de trabajar con el compresor de forma manual o de forma automática, por lo que los solenoides de cargas son de 50% y de 100%.

**Paso 5.-** Una vez que el operario y la planta no necesite del funcionamiento del compresor se puede apagar el sistema desde el pulsador de paro que se sitúa cerca del compresor de pistón.

Los compresores de pistón tienen su motor trifásico con una potencia de 75 hp cada uno a 440V.

**Tabla 6***Parámetros de funcionamiento de compresores de Pistón*

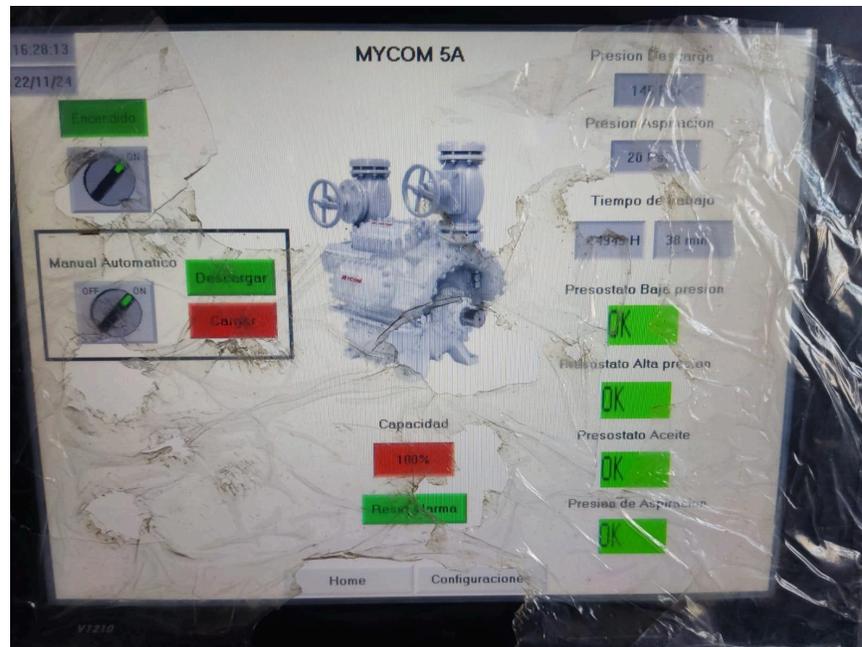
<b>Señales</b>	<b>Buen funcionamiento</b>	<b>Alarma (apagado)</b>
<b>Presión de succión</b>	$\geq 12$ psi	$< -7$ psi
<b>Presión de descarga</b>	$\geq 70$ psi	$\geq 200$ psi
<b>Temperatura de descarga</b>	$< 170$ °C	$\geq 180$ °C
<b>Presostato alta y baja</b>	NC	NO
<b>Presostato aceite</b>	NC	NO
<b>Confirmación bomba de condensa</b>	NC	NO

*Nota:* Elaboración propia del Autor

**3.1.4.4 Visualización de pantalla HMI de compresores de pistón.** Al iniciar en esta pantalla se visualizará los parámetros de trabajo de la máquina es decir medirán el tiempo de trabajo anterior, el actual y el total, además se podrá monitorear otros parámetros como la presión de succión, descarga, el amperaje y el estado de los sensores como presostatos de alta y baja presión lo cual nos mostrara el estado de la maquina si es el caso de operativo o con alarmas.

**Figura 28**

*Visualización de parámetros generales de compresores de Pistón*



Si presionamos el botón de configuraciones podemos acceder a la visualización de configuración de set point de trabajo del compresor de pistón es decir hasta que valor en PSI de succión puede regular el compresor con las siguientes selenoides.

- Selenoide 50%
- Selenoide 100%

**Figura 29**

*Visualización de configuraciones de operación para los compresores de Pistón*

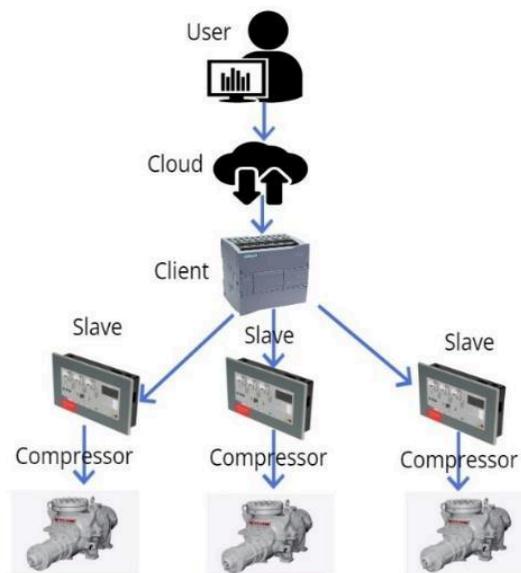


### 3.2 Procedimiento e Implementación de Servidor Web

#### 3.2.1 Esquema General

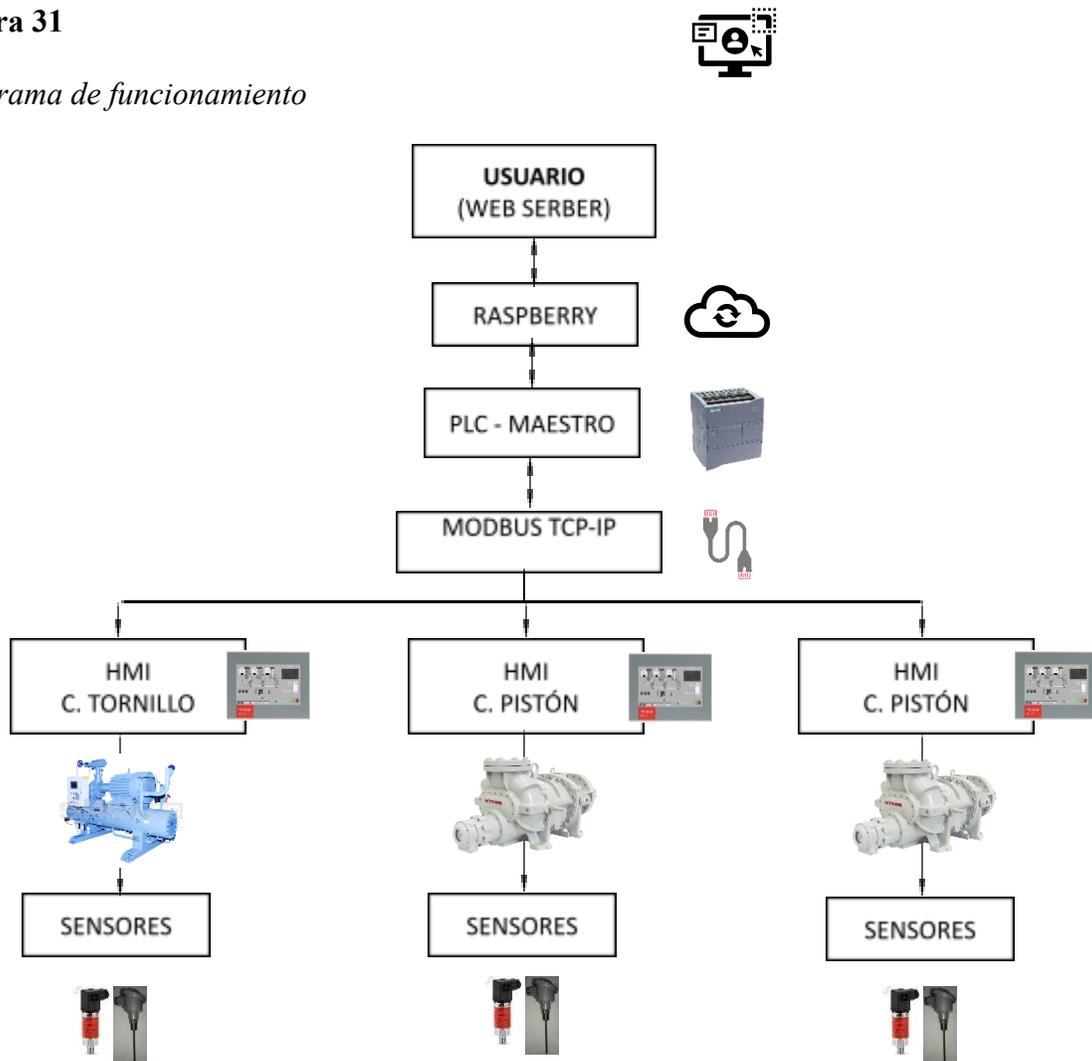
**Figura 30**

*Esquema General del proyecto*



**Figura 31**

*Diagrama de funcionamiento*



### 3.2.2 Diseño de Comunicación

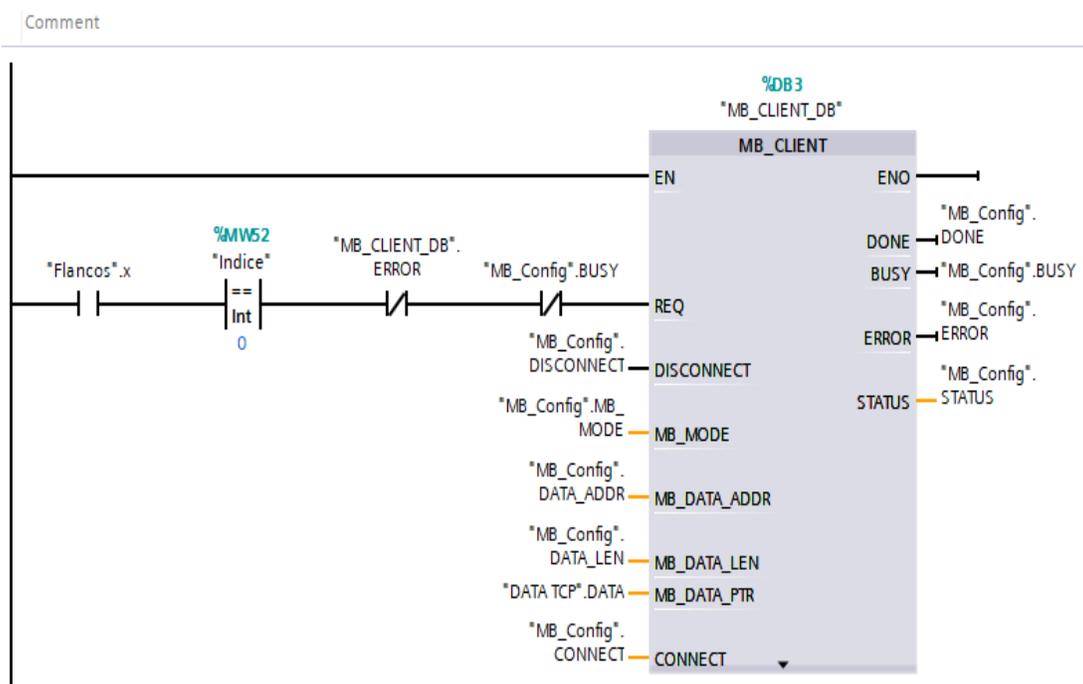
Como se había mencionado el protocolo de comunicación de los controladores de este proyecto es el Modbus TCP-IP la cual utiliza la capa de transporte TCP-IP para la comunicación de datos que vamos a obtener a través de las HMI, el protocolo TCP de transmisión confiable de datos y el protocolo de internet IP para el enrutamiento de datos, dado a su flexibilidad de comunicación a grandes distancias y sin restricciones de marcas entre dispositivos, por lo que se mencionará como está estructurado:

- Cliente: Siemens S7-1200
- Servidores: Pixsys TD710
- Servidores Vision 1210

**3.2.2.1 Cliente Siemens S7-1200.** En Tia Portal de Siemens para habilitar la comunicación con Cliente se debe de hacer uso del bloque MB CLIENT en la cual se hará la lógica de barrido o llamado de iteración de turnos de lecturas de cada controlador Servidor.

**Figura 32**

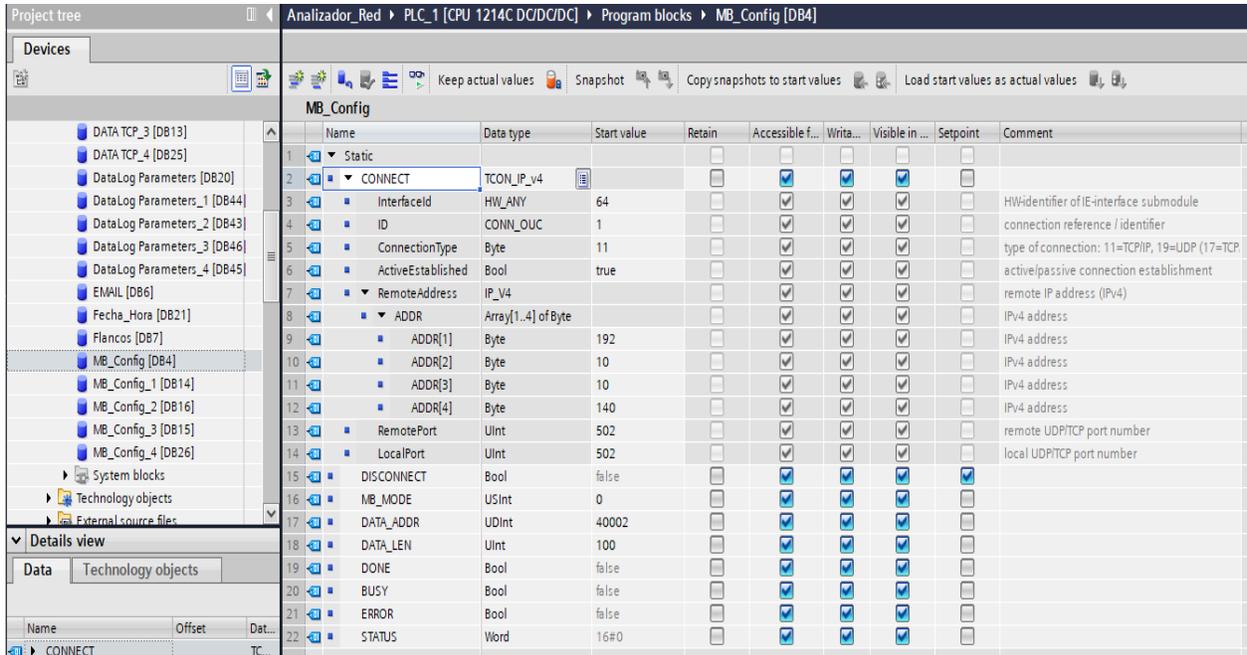
*Bloque MB\_Client.*



Para guardar datos que corresponde a la configuración de direcciones IP de los controladores Servidores se realiza una estructura de datos llama MB\_Config la cual hace un llamado a un bloque de datos interna del PLC llamada TCON\_IP\_v4 en el cual se configura el puerto de comunicación, dirección de variables de principio a fin y dirección IP de cada controlador Servidor.

**Figura 33**

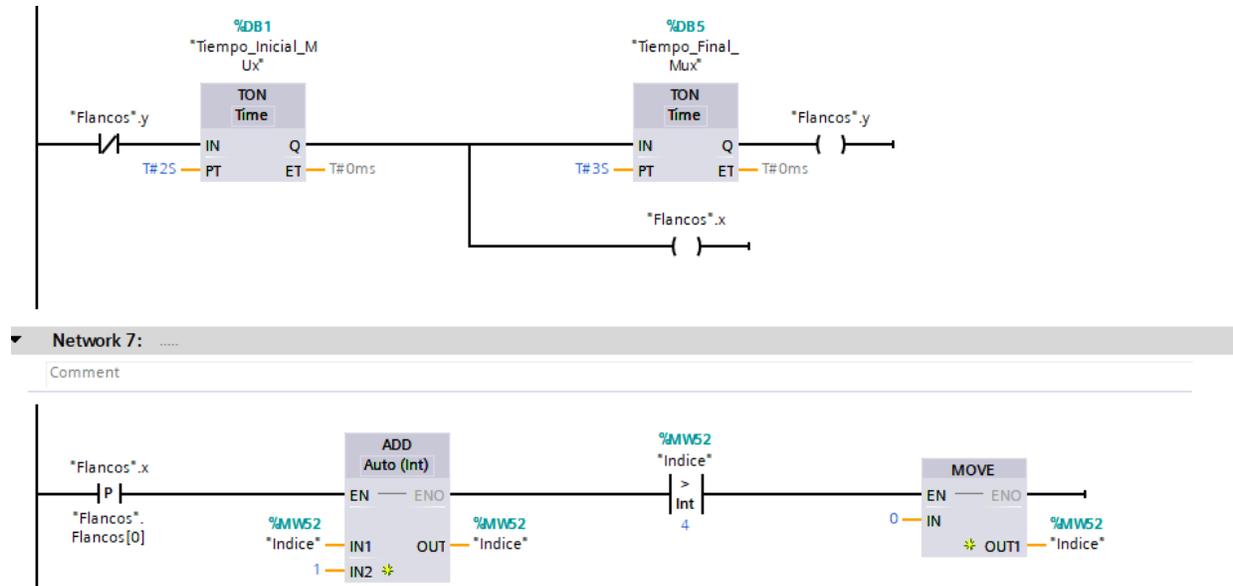
*Llamado de bloque de variables TCON\_IP\_v4*



La lógica de barrido o llamado de petición a los controladores Servidores se hace mediante un bucle infinito con contador este caso se contará 3 controladores y el valor si es mayor de 3 se reinicia a 0 el cambio de valor se hará cada 35 segundos.

**Figura 34**

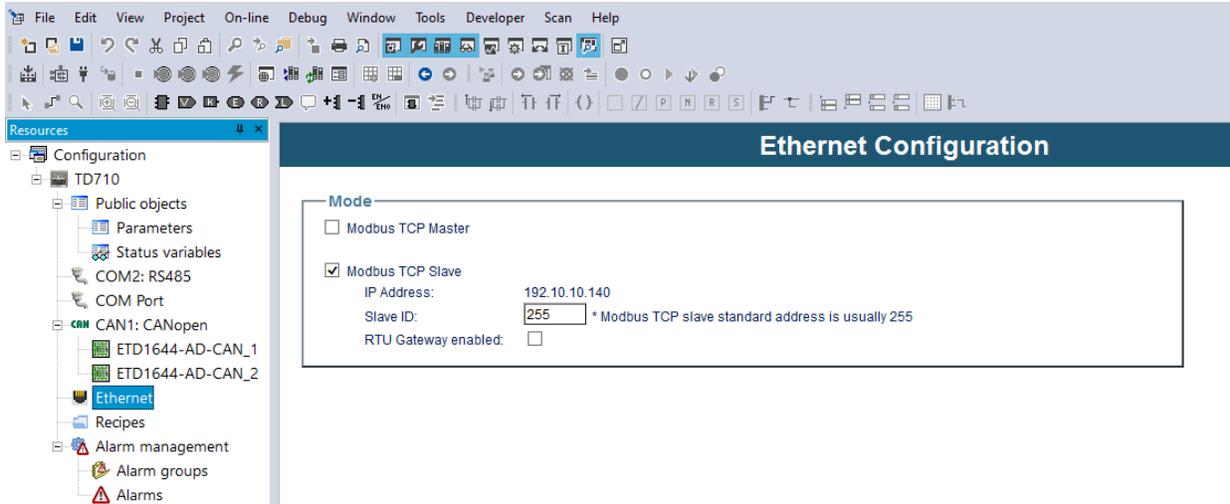
*Lógica de llamado de peticiones a controladores Servidores*



**3.2.2.2 Servidores Pixsys TD710.** En la marca Pixsys para activar el modo Esclavo que es lo mismo que Servidor basta con activarlo y configurar dirección IP ya tenemos el equipo configurado para poder cumplir peticiones del controlador Cliente.

**Figura 35**

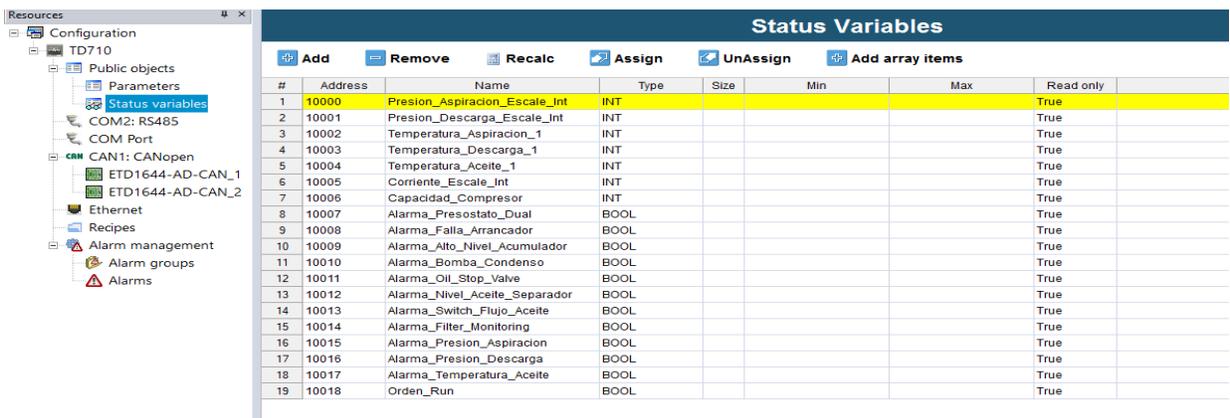
*Configuración de Modbus Slave en Pixsys.*



Para establecer que variables se podrán leer y establecer sus direcciones se configura en Status Variables lo cual son las variables de adquisición de datos para las peticiones del controlador Cliente.

**Figura 36**

*Status Variables*

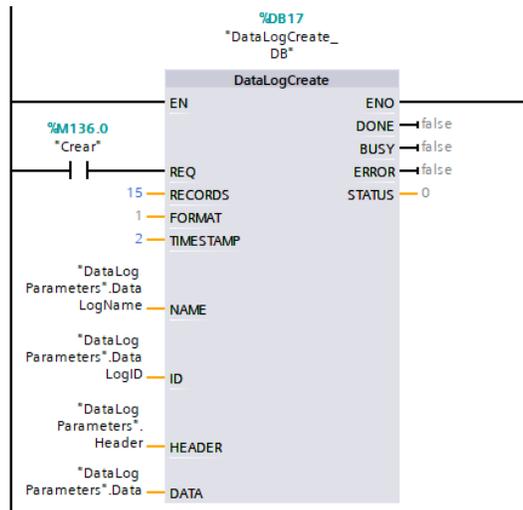


### 3.2.3 Diseño de Adquisición y Almacenamiento de Datos

El bloque 'DataLogCreate' es una herramienta que crea archivos CSV, un formato estándar para almacenar datos de forma tabular. Entre sus configuraciones, puedes especificar la cantidad máxima de datos a registrar, el formato del archivo (exclusivamente CSV), incluir la fecha y hora en formato UTC, asignar un nombre único al archivo, identificar el archivo para futuras referencias, definir los nombres de las columnas que contendrán los datos y, finalmente, indicar los valores que se registrarán en cada columna.

**Figura 37**

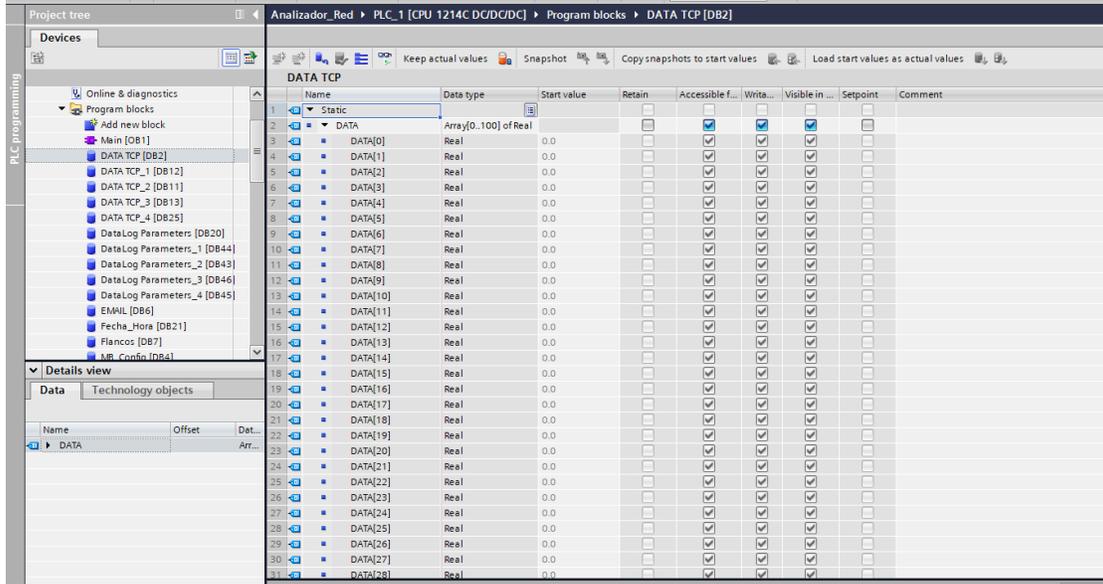
*DataLodCreate.*



Por lo que vamos a crear un bloque de datos llamado Datos TCP, estos datos se escribirán para el llenado del Data Logger de forma automática para registro de históricos.

**Figura 38**

*Bloque de datos TCP*



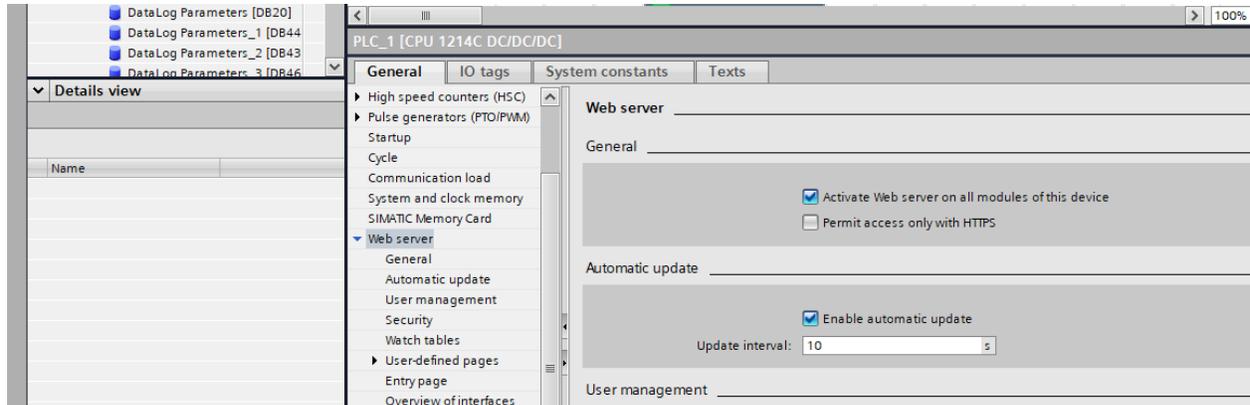
### 3.2.4 Diseño de Aplicación Web

#### 3.2.4.1 Programación y Comunicación de variables de proceso de S7-1200 a un Web

Server. La comunicación de variables de un proceso controlador en este caso por un PLC S7-1200 es importante ya que dependiendo de su ubicación esta información puede ser requerida localmente o de manera externa gracias a la creación de un Web Server (Borja Solano, 2023, pág. 11).

**Figura 39**

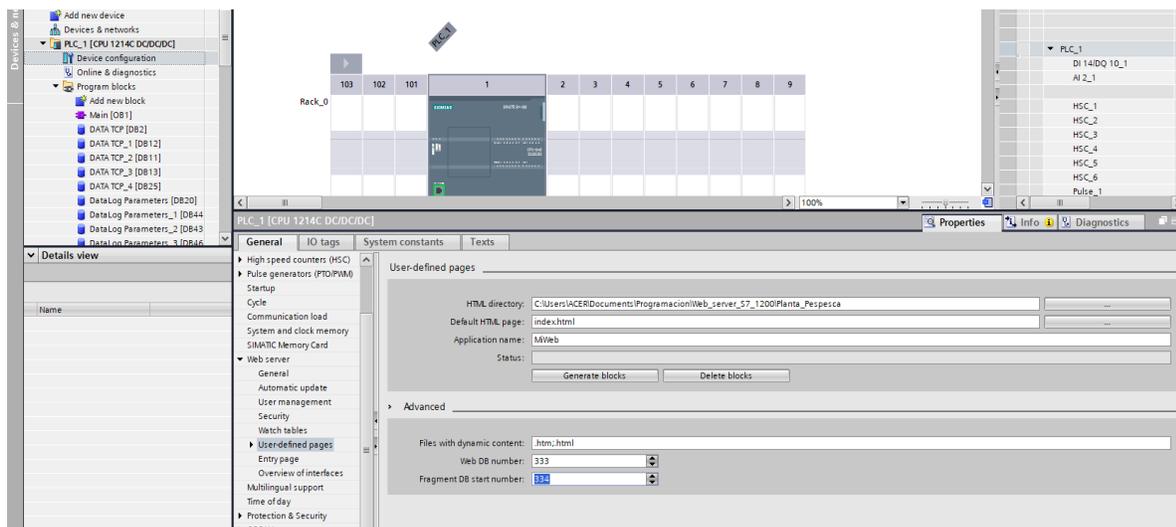
*Activación de Web Server.*



El servidor Web de S7-1200 permite el llamado de variables de forma directa, las variables dentro del servidor web se pueden leer o escribir a partir del nombre asignado a cada variable junto con una cierta estructura de caracteres, una vez se cumpla la estructura, basta con digitarla en el código HTML o JavaScript y se logrará la comunicación.

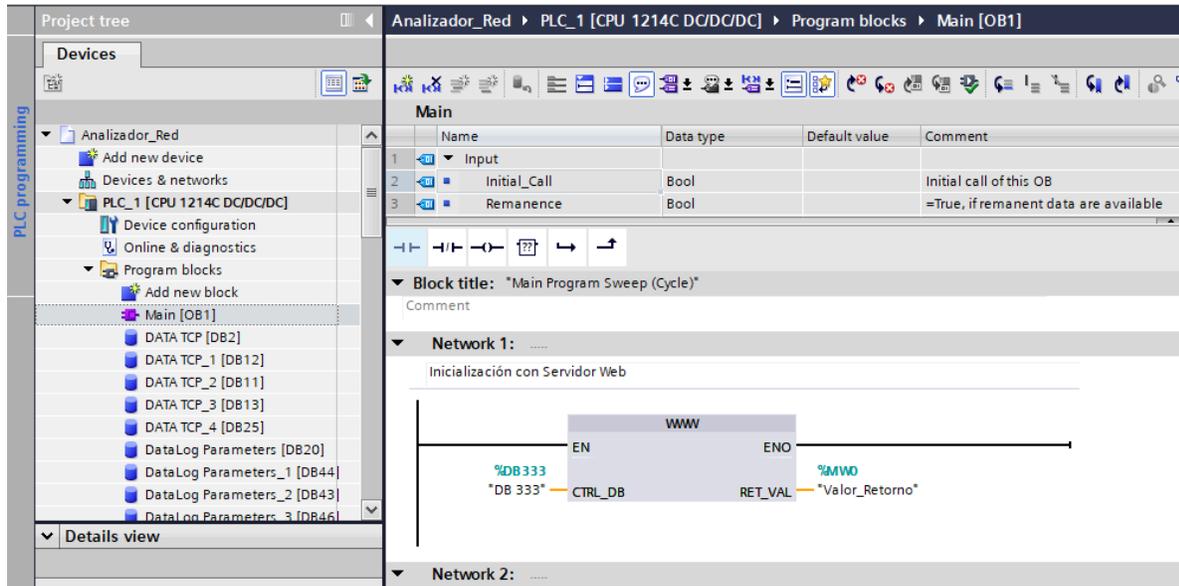
**Figura 40**

*Ubicación de archivos de programación de Web Server*



**Figura 41**

*Activación de Web Server en Ladder.*



**Figura 42**

*Declaración de variables en Web Server S7-1200*

```
<section>
<figure id="gg4" class="gauge4" data-value= := "Medidor4": data-min=
</figure>
<h2>Voltaje UL-N: := "Promedio_Voltaje_UL-N4": V</h2>
<h2>Voltaje UL-L: := "Promedio_Voltaje_UL-L4": V</h2>
<h2>Corriente: := "Promedio_Corriente4": A</h2>
<h2>Potencia Aparente: := "Promedio_Potencia_Aparente 4": KVA</h2>
<h2>Potencia Activa: := "Medidor4": KW</h2>
<h2>Potencia Reactiva: := "Promedio_Potencia_Reactiva4": KVAR</h2>
<h2>Factor de Potencia: := "Total_Factor_Potencia4":</h2>
<h2>Frecuencia: := "Frecuencia_Potencia4": HZ</h2>
<!-- <h2>Energía: := "Energia4": KWh</h2> -->
```

### 3.2.5 Diseño de Base de Datos

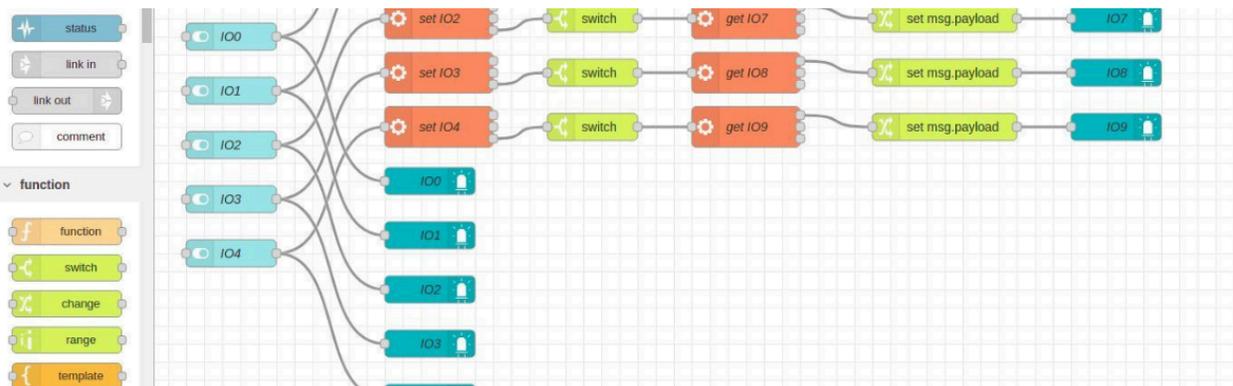
Con el uso de Raspberry Pi podemos crear una base de datos que almacene gran información de datos el cual utilizaremos las siguientes herramientas:

- Node-red
- InfluxDB

**3.2.5.1 Node-red.** Es una herramienta de programación visual de código abierto que te permite crear flujos de trabajo de manera intuitiva, conectando bloques de código (nodos) para procesar datos. Es ideal para prototipar aplicaciones IoT, automatizar tareas y crear interfaces de usuario. En el Node-red fue utilizado para el almacenamiento de datos de los compresores de amoníaco en un archivo de formato csv creando un servidor local se puede acceder a la información almacenada en la raspberry.

**Figura 43**

*Node-red*



**Figura 44**

*Datos almacenados de los compresores de amoníaco en archivo csv.*

1	TimeInt	TimeStr	AmperajeC1	AmperajeC2	AmperajeC3	AmperajeC4	AmperajeC5	AmperajeG1	AmperajeG2	AmperajeG3	Babor1	Babor10	Babor2	Babor3	Babor4	Babor5	Babor6	Babor7	Babor8	Babor9	Consumo_Ins	Consumo_Tot	Estruc
2	1692748822	23/08/2023 00:00:22	0	148	158	0	56034	380	380	0	85	77	89	90	84	100	86	89	92	82	5	337947	
3	1692749039	23/08/2023 00:03:59	0	148	158	0	56034	374	379	0	83	76	88	88	83	99	86	88	92	80	6	337954	
4	1692751413	23/08/2023 00:43:33	0	148	158	0	56034	361	371	0	300	283	304	299	309	319	318	309	314	298	72	337990	
5	1692753213	23/08/2023 01:13:33	0	148	158	0	56034	376	371	0	309	284	310	302	316	323	321	310	316	300	69	338028	
6	1692755013	23/08/2023 01:43:33	0	148	160	0	56034	366	371	0	317	292	320	310	324	330	328	318	325	306	68	338065	
7	1692756813	23/08/2023 02:13:33	0	148	160	0	56034	369	376	0	318	293	323	308	324	332	329	321	325	307	75	338104	
8	1692758613	23/08/2023 02:43:33	0	148	159	0	56034	363	363	0	317	292	321	308	321	332	329	320	323	306	69	338142	
9	1692760413	23/08/2023 03:13:33	0	148	158	0	56034	365	368	0	319	291	320	309	319	330	329	319	323	306	70	338180	
10	1692762213	23/08/2023 03:43:33	0	148	158	0	56034	368	370	0	323	295	323	311	323	334	331	324	327	309	72	338218	
11	1692764013	23/08/2023 04:13:33	0	148	158	0	56034	371	373	0	321	293	323	313	322	333	330	322	325	309	71	338257	
12	1692765813	23/08/2023 04:43:33	0	148	158	0	56034	366	357	0	322	294	323	313	322	335	331	323	327	311	71	338296	
13	1692767613	23/08/2023 05:13:33	0	148	158	0	56034	358	369	0	324	295	323	313	322	335	331	323	327	310	72	338334	
14	1692769413	23/08/2023 05:43:33	0	148	159	0	56034	367	368	0	325	301	325	314	321	337	331	324	326	312	70	338372	
15	1692771213	23/08/2023 06:13:33	0	148	158	0	56034	364	364	0	321	293	322	313	317	333	329	320	324	310	71	338411	
16	1692773013	23/08/2023 06:43:33	0	148	157	0	56034	368	370	0	320	292	322	313	317	332	328	320	323	310	74	338449	
17	1692774813	23/08/2023 07:13:33	0	148	157	0	56034	367	363	0	323	293	320	313	319	333	329	323	325	309	72	338487	
18	1692776613	23/08/2023 07:43:33	0	148	157	0	56034	369	376	0	321	293	321	310	319	335	331	321	326	310	65	338525	
19	1692778413	23/08/2023 08:13:33	0	148	155	0	56034	368	367	0	320	290	318	309	318	331	328	319	324	306	71	338562	
20	1692780213	23/08/2023 08:43:33	0	148	158	0	56034	375	377	0	319	290	318	309	316	330	327	322	322	308	69	338600	
21	1692782013	23/08/2023 09:13:33	0	148	157	0	56034	371	373	0	321	292	319	310	318	333	329	323	324	309	68	338636	
22	1692783813	23/08/2023 09:43:33	0	148	158	0	56034	362	369	0	315	288	314	309	313	331	324	318	321	304	70	338674	
23	1692785613	23/08/2023 10:13:33	0	148	157	0	56034	380	384	0	313	287	315	308	311	329	324	318	320	305	70	338712	
24	1692787413	23/08/2023 10:43:33	0	148	156	0	56034	360	364	0	314	285	313	307	309	326	323	315	318	301	67	338748	
25	1692789213	23/08/2023 11:13:33	0	148	156	0	56034	363	367	0	314	285	314	304	310	324	323	315	318	302	64	338786	
26	1692791013	23/08/2023 11:43:33	0	148	157	0	56034	366	367	0	318	286	314	308	311	327	325	318	319	303	69	338822	
27	1692792813	23/08/2023 12:13:33	0	148	157	0	56034	374	377	0	318	291	318	310	314	330	327	321	322	305	70	338859	
28	1692794613	23/08/2023 12:43:33	0	148	157	0	32	408	411	0	321	292	320	311	314	330	330	322	323	308	73	338896	
29	1692796413	23/08/2023 13:13:33	0	148	156	0	56034	371	370	0	319	296	322	313	316	333	332	325	323	310	72	338933	
30	1692798213	23/08/2023 13:43:33	0	148	156	0	56034	364	366	0	323	295	320	314	318	333	331	326	325	311	71	338971	
31	1692800013	23/08/2023 14:13:33	0	148	156	0	56034	368	369	0	324	290	321	315	316	332	331	324	326	311	72	339009	

**3.2.5.2 InfluxDB.** Es una base de datos diseñada específicamente para almacenar y analizar datos que cambian con el tiempo. Esta aplicación es utilizada para la representación gráfica de los datos almacenados de los compresores de amoníaco.

Figura 45

InfluxDB

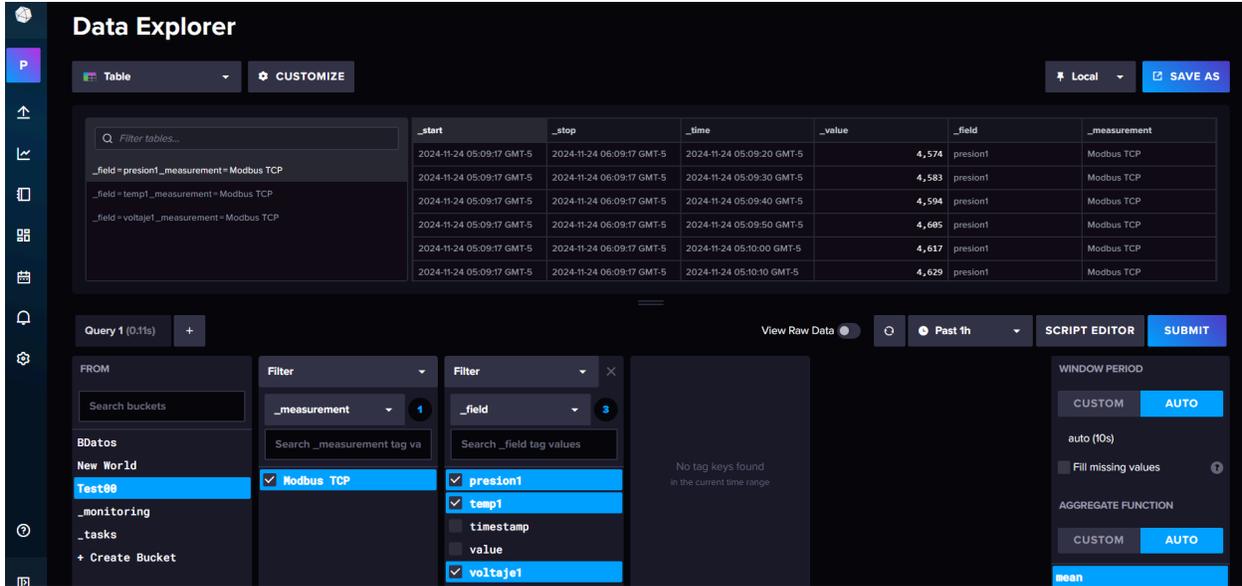
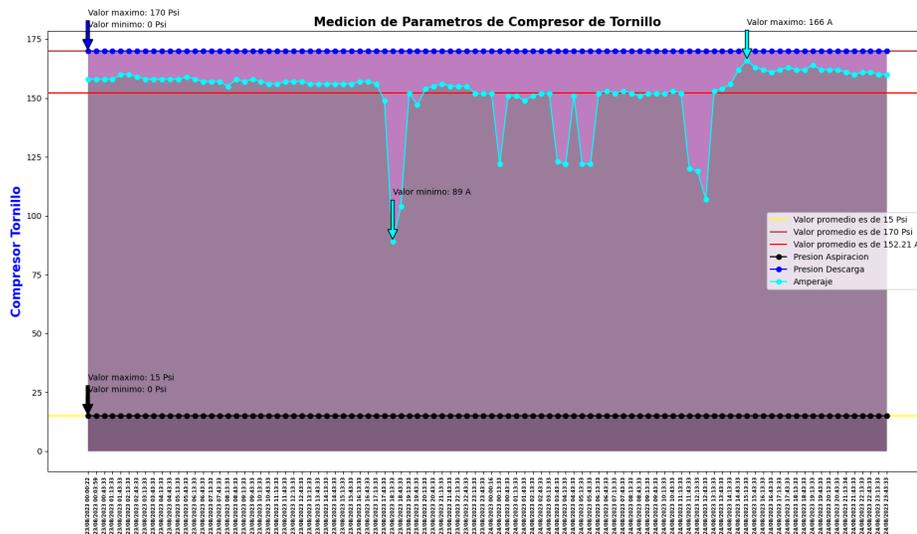


Figura 46.

Grafica de 1 mes parámetros de compresor de Tornillo



### 3.3 Presupuesto

CANT	DESCRIPCIÓN	V. UNIT	V. TOTAL
1	HMI PIXSYS TD 710	\$ 750.00	\$ 750.00
1	HMI UNITRONICS V1210	\$ 1,122.00	\$ 1,122.00
1	PLC SIEMENS S7-1200	\$ 665.00	\$ 665.00
3	FUENTE DE ALIMENTACION REMBERG DE 24 VDC	\$ 55.00	\$ 165.00
7	TRANSDUCTORES DE PRESION DANFOSS AKS33 4/20 MA	\$ 157.00	\$ 1,099.00
7	SENSORES DE TEMPERATURA PT100	\$ 69.00	\$ 483.00
3	TARJETAS ETD 1644A	\$ 212.00	\$ 636.00
3	TARJETAS IO-DI8/RO8	\$ 198.00	\$ 594.00
1	TARJETA V200-18-E1B	\$ 175.00	\$ 175.00
3	TRANSDUCTORES DE CORRIENTE AMPER PLUS 4/20 MA	\$ 85.00	\$ 255.00
3	TRANSFORMADOR DE 440/120 VAC 5000VA	\$ 120.00	\$ 360.00
1	TABLERO INOXIDABLE DE 70X60	\$ 155.00	\$ 155.00
1	MANO DE OBRA	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00
		<b>SUB. TOTAL</b>	<b>\$ 7,959.00</b>
		<b>IVA 15%</b>	<b>\$ 1,193.85</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 9,152.85</b>

## **CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES**

### **4.1 Conclusiones**

El control eléctrico de los compresores en la industria pesquera es esencial para garantizar la calidad y seguridad de los productos marinos. Los sistemas de control modernos ofrecen una mayor eficiencia, fiabilidad y seguridad, lo que contribuye a la sostenibilidad de esta importante industria.

Las plantas pesqueras de Manabí son un pilar fundamental de la economía local y nacional. Su capacidad para procesar y exportar una gran variedad de productos pesqueros ha posicionado a Ecuador como un actor importante en el mercado mundial. Sin embargo, es necesario continuar trabajando en la sostenibilidad y la innovación para garantizar el futuro de esta importante industria.

Las fallas en los compresores de operación manual pueden ser evitadas o minimizadas mediante un adecuado mantenimiento preventivo. Al realizar inspecciones regulares, lubricar correctamente el equipo y reemplazar las piezas desgastadas a tiempo, se puede prolongar la vida útil del compresor y garantizar su funcionamiento óptimo.

La lógica del sistema de compresores y el sistema maestro fue realizado a través del lenguaje Ladder y las gráficas de las pantallas HMI fue gracias a la adquisición de variables globales y a la programación orientada a objetos, el diseño de pantallas y de lógica fue realizado a base de planificación por etapas del proyecto por ejemplo: Levantamiento de los equipos a automatizar, diseño de cuadros eléctricos, diseño de programación, instalación de los cuadros eléctricos, HMI's y puesta en marcha del proyecto.

El web server fue creado con lenguajes de programación HTML, CSS y JavaScript con la creación de bases de datos con influx DB y como servicio de gráficos de análisis tenemos a Grafana ya cual vemos graficas del comportamiento de compresores en determinado tiempo.

En la actualidad gracias al avance de tecnología de bases de datos y gráficos se puede saber la tendencia y comportamiento de compresores de amoniac para mejorar su rendimiento además de saber temas de mantenimientos predictivos y correctivos para planificar y optimizar los procesor de mantenimientos y aumentando la eficiencia.

## **4.2 Recomendaciones**

Para la implementación de un sistema de control industrial es bueno tener en cuenta que proceso se va a controlar y las variables que se van a medir para diseñar el sistema de lo requerido.

En el momento de la implementación de este sistema como norma general siempre preparar el área de trabajo para el correcto montaje de los equipos y no tener fallas al momento de realizar las pruebas y sobre todo tener el Equipo de Protección Personal (EPP) adecuado en cuanto a vestimenta y herramientas para evitar riesgos de trabajo

## BIBLIOGRAFÍA

- Alp Ustundag, & Emre Cevikcan. (2018). *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation* .  
Birmingham, UK: Duc Truong Pham.
- Baque Anzulez, J. A., & Ruiz Ávila, P. G. (2024). *Diseño y Construcción de un ciclo de refrigeración por compresión de vapor con fines pedagógicos*. Obtenido de (Tesis de Pregrado). Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador.:  
<https://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/5793>
- Barragán Márquez , G., & Ortega Campos, J. (2020). *Proyecto de Inversión para la creación de una Cámara de Frío que brinde servicios de refrigeración y bodegaje a los pescadores Artesanales del Sector las Piñas en la ciudad de Manta*. Obtenido de Conservación:  
<https://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/123456789/1537/1/ULEAM-ECO-0024.pdf>
- Borja Solano, A. (2023). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HMI EN LA PLATAFORMA WEB DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE SIEMENS S7-1200 PARA EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES. *ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL*, 11.
- Chen Lin, & Su Zhaolu. (2019). Realization of Modern Tram Data Acquisition System Based on Labview and Modbus TCP. *IEEE Explorer*, 199.
- Flores Borja, D. P. (2024). *Tipos de Compresores*. Obtenido de  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/26040>

- Flores Bustillos, X., & Haro Díaz, J. (2017). *Diseño de un Sistema de Enfriamiento de Aceite de Lubricación para Compresores de Amoniac Tipo Tornillo*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/44109/1/D-CD88622.pdf>
- Fly.io. (2024). *Javascript Journal*. Obtenido de <https://fly.io/javascript-journal/>
- Gavrilov, N. V. (2017). Appliance of WEB-technologies in Automation of Industrial Facilitie. *Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI"*, 841.
- Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0 The industrial Intrenet of Things*. Bangken, Nonthaburi, Thailand: Apress.
- Instruments, N. (22 de mayo de 2024). *Introducción a Modbus*. Obtenido de El Ciclo de Solicitud-Respuesta: <https://www.ni.com/es/shop/labview/introduction-to-modbus-using-labview.html#:~:text=El%20protocolo%20Modbus%20sigue%20una,redes%20seriales%20multipunto%20m%C3%A1s%20viejas.>
- Jiri Svarny, Lukas Pusman , & Pavel Turjanica. (2020). Data Acquisition Unit for On-Site Diagnostics of Air Compressors . *IEEE Xplore*, 1.
- Kanhaiyya, K., Prajapati, R., Sikriwal , S., Rai , Y., Singh , R., Varshney, L., & Ambikapatía , A. (22 de marzo de 2024). Seguidor solar basado en soft computing que utiliza Raspberry pi 4B. *AIP Publishing*. doi:<https://doi.org/10.1063/5.0177498>
- Lozano, E. X. (2022). HISTORIA DE LA INDUSTRIA PESQUERA Y PROCESADORA DE ATÚN EN SAN PABLO DE MANTA-ECUADOR. *Universidad de Cádiz*, 22.
- Manz. (2023). *¿Qué es CSS?* Obtenido de <https://lenguajecss.com/css/introduccion/que-es-css/>

- Mazid, A. M., & Ryan Martin . (2018). Automation of Compressor Test Procedure using Advantech Data Acquisition Module. *10th Intl. Conf. on Control, Automation, Robotics and Vision Hanoi, Vietnam*, 2266.
- MND. (marzo de 2024). *Conceptos básicos de HTML*. Obtenido de [https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn\\_web\\_development/Getting\\_started/Your\\_first\\_website/Creating\\_the\\_content](https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn_web_development/Getting_started/Your_first_website/Creating_the_content)
- Nikolaos E. Karkatos, Angelos P. Markopoulos, & J. Paulo Davim. (2019). *Computational Methods for Application in Industry 4.0*. Aveiro, Portugal: Joao Paulo Davim.
- Posligua Morrillo, S. (2020). LAS EMPRESAS PESQUERAS Y SU INCIDENCIA EN LA GENERACIÓN DE FUENTES DE EMPLEO EN EL CANTÓN MANTA. *Universidad Estatal de Manabí*, 40.
- Posligua Morrillo., S. (2020). *LAS EMPRESAS PESQUERAS Y SU INCIDENCIA EN LA GENERACIÓN DEFUNETES DE EMPLEO EN EL CANTÓN MANTA*. Obtenido de La Pesca en Manabí: <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2448/1/STEFANIA%20POSLIGUA-PROYECTO%20DE%20INVESTIGACION.pdf>
- Python. (2024). Obtenido de <https://www.python.org/>
- Rodríguez Criado, J. C., García Jiménez , M. J., & Ruiz Ruiz, Á. (2022). Sistema de refrigeración de baja carga de amoniaco en expansión seca aplicado a un túnel de congelados. doi:10.31428/10317/11490

Sadik Tamboli, Mallikarjun Rawale, Rupesh Thoraiet, & Sudhir Agashe. (2015). Implementation of Modbus RTU and Modbus TCP Communication using Siemens S7-1200 PLC for Batch Process. *IEEE Xplorer*, 259.

Salas Vivero, D. F., & Campos Guerrero, J. J. (2019). *Compresores de Amoniaco*. Quito: SCRIBD. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/445190728/Compresores-de-Amoniaco-docx>

SIEMENS. (2024). *Controladores, SIMATIC S7-1200*. Obtenido de <https://www.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc.html>

Springer. (2020). *New Paradim of Industry 4.0 Internet of Things, Big Data & Cyber Phisycal System*. Warsaw, Polonia: SriKanta Patnaik.

Tipán Solá, D. L. (julio de 2022). *Compresores de Amoniaco*. doi:PI-000560

Wittaya Koodtalang, & Thaksin Sangsuwan . (2020). Agricultural Monitoring System with Zigbee Network and PLC based on Modbus RTU Protocol. *IEEE Xplore*, 201.

WWF. (29 de AGOSTO de 2024). *WWF advierte a la CIAT sobre la urgencia de tomar medidas para prevenir el declive del atún en el Pacífico*. Obtenido de <https://www.wwf.org.ec/?390690/WWF-advierte-a-la-CIAT-sobre-la-urgencia-de-tomar-medidas-para-prevenir-el-declive-del-atun-en-el-Pacifico>

Yepes, A. A. (enero de 2024). Obtenido de [https://media.licdn.com/dms/image/v2/D5622AQHioQam-YqMTg/feedshare-shrink\\_800/feedshare-shrink\\_800/0/1706063284262?e=2147483647&v=beta&t=\\_XdgYfHZa77GMPTpe2VpfQIHd5OWbUd4AOgxxkxBDX10](https://media.licdn.com/dms/image/v2/D5622AQHioQam-YqMTg/feedshare-shrink_800/feedshare-shrink_800/0/1706063284262?e=2147483647&v=beta&t=_XdgYfHZa77GMPTpe2VpfQIHd5OWbUd4AOgxxkxBDX10)

## ANEXOS

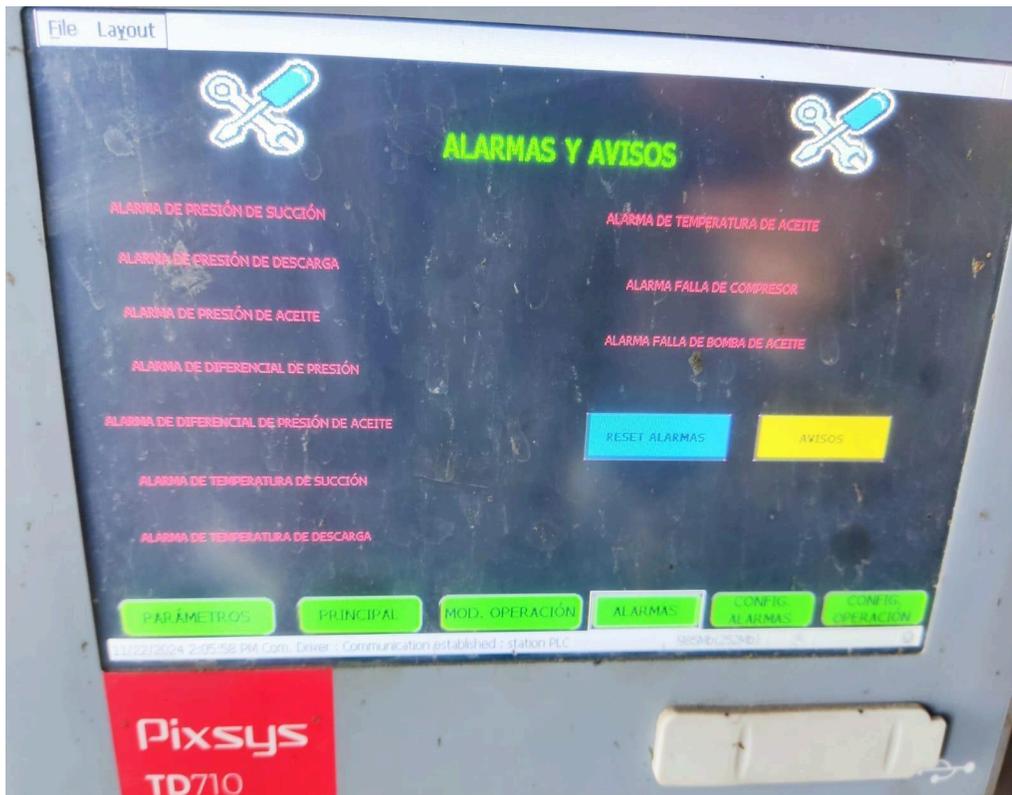
### Anexo 1 Instalación de control en compresor de tornillo



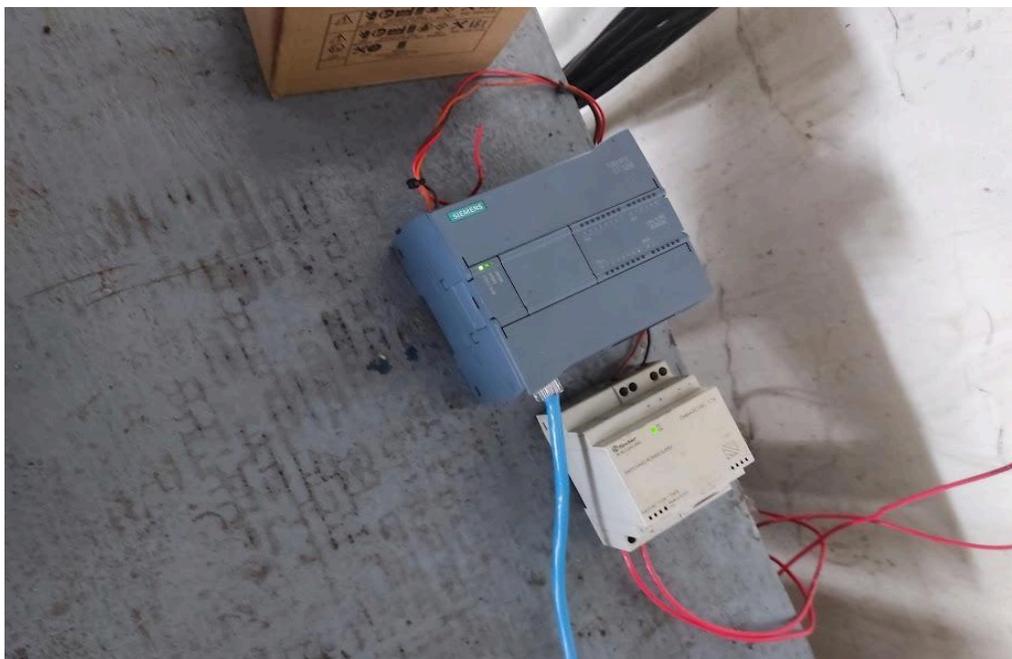
### Anexo 2 Visualización de parámetros de compresor de tornillo



### Anexo 3 Alarmas de compresor de Tornillo



### Anexo 4 Preinstalación de web server s7-1200



**Anexo 5** *Instalación de web server s7-1200*



**Anexo 6** *Compresor de tornillo*



Anexo 7 Compresor de pistón





**Anexo 8** *Adquisición de los datos de las variables a medir*

<b>TimeStr</b>	<b>AmperajeC1</b>	<b>AmperajeC2</b>	<b>AmperajeC3</b>	<b>PotenciaCT1</b>	<b>PotenciaCT2</b>	<b>PotenciaCT3</b>	<b>PotenciaCT4</b>	<b>PotenciaConsumida</b>
23/08/2024 00:00	0	148	158	0	112	120	0	58528
23/08/2024 00:03	0	148	158	0	112	120	0	58528
23/08/2024 00:43	0	148	158	0	112	120	0	58528
23/08/2024 01:13	0	148	158	0	112	120	0	58528
23/08/2024 01:43	0	148	160	0	112	121	0	58529
23/08/2024 02:13	0	148	160	0	112	121	0	58529
23/08/2024 02:43	0	148	159	0	112	121	0	58529
23/08/2024 03:13	0	148	158	0	112	120	0	58528
23/08/2024 03:43	0	148	158	0	112	120	0	58528
23/08/2024 04:13	0	148	158	0	112	120	0	58528
23/08/2024 04:43	0	148	158	0	112	120	0	58528
23/08/2024 05:13	0	148	158	0	112	120	0	58528
23/08/2024 05:43	0	148	159	0	112	121	0	58529
23/08/2024 06:13	0	148	158	0	112	120	0	58528
23/08/2024 06:43	0	148	157	0	112	119	0	58527
23/08/2024 07:13	0	148	157	0	112	119	0	58527
23/08/2024 07:43	0	148	157	0	112	119	0	58527
23/08/2024 08:13	0	148	155	0	112	118	0	58526
23/08/2024 08:43	0	148	158	0	112	120	0	58528
23/08/2024 09:13	0	148	157	0	112	120	0	58528
23/08/2024 09:43	0	148	158	0	112	120	0	58528
23/08/2024 10:13	0	148	157	0	112	119	0	58527
23/08/2024 10:43	0	148	156	0	112	118	0	58526
23/08/2024 11:13	0	148	156	0	112	118	0	58526
23/08/2024 11:43	0	148	157	0	112	119	0	58527
23/08/2024 12:13	0	148	157	0	112	119	0	58527
23/08/2024 12:43	0	148	157	0	112	119	0	255
23/08/2024 13:13	0	148	156	0	112	118	0	58526
23/08/2024 13:43	0	148	156	0	112	118	0	58526
23/08/2024 14:13	0	148	156	0	112	118	0	58526
23/08/2024 14:43	0	148	156	0	112	118	0	58526

PresionAceiteMP	PresionAspiracionCP1	PresionAspiracionCT1	PresionAspiracionCT2	PresionAspiracionCT3	PresionAspiracionCT4
1	9	16	15	9	7
1	9	16	15	9	7
1	9	16	15	9	7
1	8	16	15	9	7
1	9	16	15	9	7
1	9	16	15	9	7
1	8	16	15	9	7
1	8	16	15	9	7
1	8	16	15	9	7
1	8	16	15	9	7
1	8	16	15	9	7
1	9	16	15	9	7
1	9	16	15	9	7
1	8	16	15	9	7
1	8	16	15	9	7
1	8	16	15	8	7
1	8	16	15	9	7
1	8	16	15	9	7
1	8	16	15	9	7
1	9	16	15	9	7
1	8	16	15	9	7
1	8	16	15	8	7
1	8	16	15	8	7
1	8	16	15	8	7
1	8	16	15	8	7
1	7	16	15	8	7
1	8	16	15	8	7
1	8	16	15	8	7
1	8	16	15	8	7
1	8	16	15	8	7





RPM_M P	TemperaturaADescargaCP 1	TemperaturaADescargaCT 1	TemperaturaADescargaCT 2	TemperaturaADescargaCT 3	TemperaturaADescargaCT 4
369	65472	47	84	111	59
372	65472	47	84	111	59
739	65472	47	84	111	59
742	65471	47	84	111	59
735	65471	47	84	110	59
738	65471	47	84	110	59
737	65471	47	84	110	59
736	65471	47	84	110	59
736	65471	47	84	111	59
738	65471	47	84	111	59
736	65471	47	84	111	59
739	65471	47	84	110	59
740	65471	47	84	110	59
737	65471	47	84	110	59
739	65471	47	84	110	59
742	65471	47	84	110	59
737	65471	47	84	110	59
739	65471	47	84	110	59
739	65471	47	84	110	59
739	65471	47	84	110	59
733	65471	47	84	110	59
737	65471	47	84	110	59
736	65471	47	84	110	59
734	65472	47	84	110	59
738	65472	47	84	110	59
741	65472	47	84	110	59
740	31	47	84	110	59
741	3276	47	84	110	59
744	31	47	84	110	59
743	21	47	84	111	59
741	15	47	84	111	59



45	45	55	49	75	64
----	----	----	----	----	----

TemperaturaAspiracionCP1	TemperaturaAspiracionCT1	TemperaturaAspiracionCT2	TemperaturaAspiracionCT3	TemperaturaAspiracionCT4	Temperatura_Reductora
28	22	15	3276	1	35
28	22	15	3276	1	33
27	22	15	3276	1	47
27	22	15	3276	1	48
27	22	15	3276	1	48
26	22	15	3276	1	48
26	22	15	3276	1	48
26	22	15	3276	1	48
26	22	15	3276	1	49
26	22	15	3276	1	49
26	22	15	3276	1	49
26	22	15	3276	1	49
26	22	15	3276	1	49
26	22	15	3276	1	49
26	22	15	3276	1	49
26	22	15	3276	1	49
26	22	15	3276	1	49
26	22	15	3276	1	49
25	22	15	3276	1	49
25	22	15	3276	1	49
25	22	15	3276	1	49
25	22	15	3276	1	49
25	22	15	3276	1	49
25	22	15	3276	1	49
25	22	15	3276	1	49
25	22	15	3276	1	49
25	22	15	3276	1	49
25	22	15	3276	1	49
26	22	15	3276	1	49
26	22	15	3276	1	49
11	22	15	3276	1	49
38	22	15	3276	1	49
27	22	15	3276	1	49

28	22	15	3276	1	49
28	22	15	3276	1	49
27	22	15	3276	1	49