

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE  
AGUA DE MAR (RSW) EN EMBARCACIONES  
PESQUERAS Y REGISTRO DE DATOS**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:**

**CARLOS RONALD HERRERA RAMÍREZ**

**PROMOCIÓN  
2004 - I**

**LIMA – PERÚ  
2010**

**AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA REFRIGERACIÓN DE AGUA DE MAR  
(RSW) EN EMBARCACIONES PESQUERAS Y REGISTRO DE DATOS**

### **Dedicatoria**

A Dios por darme el don de la vida y la de todos mis seres queridos.

A mis padres Carlos y Carmen que son el pilar de mi vida y pieza fundamental en mi desarrollo personal y profesional.

A mis hermanas y sobrinos que siempre me apoyan.

Y muy en especial a mi esposa Wendy y mi hijo Gabriel quienes son el regalo más preciado que me ha dado la vida. Los amo.

### **Agradecimientos**

A los compañeros de ISFSAC, TASA y a todas esas personas que contribuyeron para éste logro, en especial a DC y RF.

## SUMARIO

El presente trabajo describe el desarrollo de ingeniería ejecutado en la automatización de un sistema de refrigeración de agua de mar (Refrigerated Sea Water), dentro de las bodegas de almacenamiento de las embarcaciones pesqueras. El sistema consiste en refrigerar un volumen de agua de mar y mantenerlo a una temperatura igual a  $-1.5^{\circ}\text{C}$  dentro de las bodegas durante la navegación, esto es hasta la primera cala de pesca, en donde se realiza el golpe de frío al pescado y se refrigera la mezcla. Para ello se ha implementado un sistema RSW (Refrigerated Sea Water), que está conformado por: compresores de amoníaco, intercambiadores de calor tubulares (chillers), unidad condensadora, bombas de recirculación de agua, tanque acumulador de líquido, sensores, etc. Para la automatización y supervisión del sistema RSW se cuenta con instrumentos de señales discretas y analógicas, todas ellas distribuidas en cada componente del sistema; podemos mencionar como elementos fundamentales del sistema de control los siguientes: un controlador lógico programable TWIDO, un panel gráfico touchscreem MAGELIS y un sistema de entradas/salidas distribuidas ADVANTYS OTB; todos ellos de la marca Telemecanique, interconectados entre sí a través de una red Ethernet Modbus TCP/IP. Para la operación del proceso se ha desarrollado el diseño gráfico del sistema sobre el panel touchscreen Magelis, el cual sirve como interfaz de usuario al proceso y realiza un registro periódico de datos de temperatura de agua en las bodegas y de las variables del proceso que los almacena en una memoria extraíble compact flash ubicada en el mismo panel.

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I</b>	2
<b>SISTEMA DE REFRIGERACION DE AGUA DE MAR (RSW)</b>	2
1.1 La pesca de cerco	2
1.1.1 Descomposición del pescado	2
1.2 Sistema de Refrigeración RSW	3
1.2.1 Descripción del sistema RSW	3
1.2.2 Partes del sistema RSW	4
1.2.3 Requerimientos técnicos de un sistema RSW	4
1.2.4 Automatización de un sistema de refrigeración	5
1.3 Evaluación del Problema	5
1.4 Síntesis	6
<b>CAPÍTULO II</b>	7
<b>AUTOMATIZACION DE SISTEMAS RSW EN EMBARCACIONES PESQUERAS</b>	7
2.1 Marco histórico	7
2.2 Base teórica	8
2.2.1 Automatización por PLC	8
2.2.2 Controladores lógicos programables	8
2.2.2.a Partes de un PLC	9
2.2.3 Sistema de control distribuido	11
2.2.4 Interfaz hombre-máquina (HMI)	11
2.2.4.a Funciones del HMI	11
2.2.5 Sistema de control y adquisición de datos	11
2.2.5.a Funciones	12
2.2.5.b Elementos	12
2.3 Redes industriales	13
2.3.1 Redes de automatización y control	13
2.3.1.a Modbus	13

2.3.1.b Modbus TCP/IP	14
2.4 Instrumentación industrial	14
2.4.1 Transmisor de presión de membrana	15
2.4.2 Sensor de temperatura PT100	15
2.4.3 Acondicionadores de señal	16
2.4.4 Actuadores	16
2.4.4.a Actuadores hidráulicos	16
2.4.4.b Actuadores neumáticos	16
2.4.4.c Actuadores eléctricos	16
<b>CAPÍTULO III</b>	18
<b>REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO DE AUTOMATIZACION DEL SISTEMA RSW</b>	18
3.1 Descripción del proyecto	18
3.1.1 Sistema de fuerza	18
3.1.2 Sistema de control	19
3.2 Diseño e implementación	19
3.2.1 Red industrial	20
3.2.2. Controlador lógico programable	22
3.2.3 Panel operador HMI	23
3.2.4 Entradas-salidas distribuidas	23
3.2.5 Instrumentación	23
3.2.5.a Presión	23
3.2.5.b Temperatura	25
3.2.6 Software TwidoSoft	25
3.2.6.a Funciones del TwidoSoft	25
3.2.6.b Programación del PLC	25
3.2.7 Software Vijeo Designer	27
3.2.7.a Funciones del Vijeo Designer	27
3.2.7.b Programación en Vijeo Designer	28
<b>CAPÍTULO IV</b>	32
<b>INTEGRACIÓN Y PRUEBAS</b>	32
4.1 Análisis económico del proyecto y presentación de resultados	32
4.1.1 Costo del proyecto	32
4.1.1.a Equipos de importación	32

4.1.1.b Suministro local	32
4.1.1.c Costo Total del proyecto	33
4.1.2 Justificación del proyecto	33
4.1.3 Presentación de resultados	33
4.1.3.a Administrador de datos	34
4.1.3.b Resultados de las curvas de temperatura	37
4.1.3.c Resultados económicos	37
4.2 Cronograma de actividades	38
4.2 Pruebas de operación	38
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	39
<b>ANEXO</b>	40
<b>GLOSARIO</b>	40
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	42

## INTRODUCCIÓN

La automatización de los procesos en la industria transfiere tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos, los cuales tienen por objetivo mejorar la productividad de la empresa, reduciendo costos de producción y mejorando la calidad de la misma.

Los sistemas RSW tienen por objetivo refrigerar el agua de mar que se deposita en las bodegas de las embarcaciones pesqueras; esto es mantener un pulmón de frío dentro de la embarcación, de tal manera que cuando se empiezan a llenar las bodegas con pescado esta agua de mar inmediatamente le quita el calor al pescado y permite preservarlo con una mejor calidad para entregarlo en el puerto.

El capítulo uno, busca dar los alcances básicos de una de las técnicas de pesca mas usadas, los factores que contribuyen al proceso de degradación del pescado, los sistemas de refrigeración usados en las embarcaciones de pesca utilizados para la conservación del producto y la automatización de dicho proceso.

El capítulo dos, detalla las tecnologías actuales de automatización industrial. Además presenta el método usado en la automatización del sistema RSW.

El capítulo tres, detalla la metodología del la solución de la automatización del sistema RSW, además de las condiciones de diseño del sistema de refrigeración.

El capítulo cuatro muestra los resultados obtenidos, los costos y los tiempos de ejecución del proyecto.



## **CAPÍTULO I**

### **SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE AGUA DE MAR (RSW)**

Aplicar bajas temperaturas para la conservación de alimentos proviene de épocas antiguas. Países como la China y Egipto, y las culturas mediterráneas posteriores conservaban sus alimentos en hielo o nieve recolectados artesanalmente. Desde el siglo XIV se sabía que la evaporación de salmuera en cloruro de sodio sucedía a temperaturas más bajas que el agua y se podía usar para mantener los productos alimenticios frescos.

La conservación de alimentos es más prolongada cuanto más baja es la temperatura de almacenamiento. La refrigeración de los productos hidrobiológicos es imprescindible para su conservación, por tanto la selección del método refrigerante que elijan es primordial para dotar a sus productos de la frescura que estos requieran por el tiempo necesario.

#### **1.1 La pesca de cerco**

Esta técnica se utiliza para la captura de peces que viven normal o frecuentemente en las capas superficiales del mar y que se concentran en cardúmenes relativamente compactos, debido a su gran rendimiento en capturas masivas su empleo se efectúa preferentemente en los períodos de máxima concentración de peces pelágicos.

El principio de captura de la pesca de cerco consiste en "Calar" una red en forma circular alrededor de los peces encerrándolos por los costados y por abajo permitiendo así su captura.

##### **1.1.1 Descomposición del pescado**

Como se sabe desde el momento de la captura, el pescado comienza a pasar por una serie de etapas de descomposición progresiva e irreversible, la cual depende de una serie de factores; las reacciones enzimáticas, los agentes bacterianos, y las alteraciones químicas (oxidación), las cuales originan el fenómeno de la autodigestión, el cual afecta el sabor, la textura, olor y apariencia del pescado. Esta descomposición puede ser a veces tan rápida que vuelve la pesca inutilizable como alimento en pocas horas; luego de la muerte sobreviene también un endurecimiento de los músculos llamado "rigor mortis" y a medida que se produce la autodigestión, la carne comienza reblandecer debido a las enzimas del pescado.

Es así que la descomposición trae como consecuencia una disminución de las proteínas del producto y siendo estas las que aumentan el valor nutritivo y de digestibilidad lo que la hace ser un excelente alimento. Por ello la pérdida de estas características trae implicancias económicas ya que la calidad del pescado depende principalmente de su contenido de proteínas, las cuales se ven alteradas en su valor, lo que se aprecia notoriamente por ejemplo en harinas elaboradas con materias primas con un grado de descomposición avanzado.

En conclusión; la actividad bacteriana como la enzimática están altamente influenciadas por la temperatura de almacenamiento, la primera medida a adoptarse conjuntamente con el mantenimiento dentro de un nivel adecuado de higiene, es enfriar el pescado después de su muerte y antes de que esté terminado el proceso de rigor mortis (Huss, 1998).

## **1.2 Sistema de Refrigeración RSW**

Existen diversas formas de refrigerar el pescado; en los barcos de pesca se refrigera el pescado en tanques (bodegas) con agua de mar enfriada a 1.5°C bajo cero y es el método a la que hace referencia el presente informe.

La temperatura a la que se está almacenado el pescado es precisamente el factor o causa que más influye a la aceleración del proceso de descomposición y limita por ende el tiempo que la pesca puede permanecer en buen estado.

En consecuencia de lo expresado anteriormente podemos concluir que la refrigeración en las bodegas es una solución para preservar la calidad de la materia prima, desde su captura hasta la llegada a puerto. Es así que uno de los sistemas mas utilizados y con mayores resultados en la conservación de la pesca son los sistemas RSW (Refrigerated Sea Water), el cual es un proceso de intercambio de calor entre el agua de mar almacenada en las bodegas de pescado y un elemento refrigerante; en nuestro caso el amoníaco.

Para fines del presente informe se considera la automatización del sistema de refrigeración de la E/P Tasa 59, de la compañía Pesquera Tecnológica de Alimentos S.A.

### **1.2.1 Descripción del Sistema RSW**

El sistema de refrigeración RSW consiste en refrigerar o pre-enfriar una cierta cantidad de agua de mar, para ello el barco, luego de zarpar del puerto rumbo a zona de pesca y una vez encontrándose en aguas no contaminadas, carga bodegas con agua de mar limpia hasta alcanzar un 30% del volumen de bodega considerada para refrigerar.

De este modo el agua se comienza a recircular desde las bodegas hasta pasar por el equipo de refrigeración (planta de frío), que ha sido calculado para proporcionar una capacidad de frío suficiente para producir un descenso de la temperatura del agua entre 0 °C a -1.5 °C, la temperatura especificada se debe conseguir antes de llegar a zona de pesca (5-6 horas).

Al cabo de éste tiempo según la teoría el agua ya se encuentra enfriada y se realiza la primera cala. Se selecciona la bodega que será la primera en cargar y a ésta se le pasa un 25% de su capacidad, en agua refrigerada. Así el pescado cae en el agua refrigerada de la bodega, consiguiendo una mezcla de aproximadamente 80% de pescado y un 20% de agua fría, es decir una relación de 4:1. Así al vaciar la captura en el agua fría, desciende la temperatura del pescado, pero como es obvio por otro lado aumenta la temperatura del agua por lo que muy pronto se establece un equilibrio entre ambas partes. Por tal motivo el agua refrigerada debe continuar circulando a objeto de estar en contacto continuo con todo el pescado removiendo así el calor que desciende hasta alcanzar una temperatura cercana a -1.5 °C., temperatura con la cual llega a puerto.

Cabe mencionar que para conseguir un perfecto aprovechamiento de la refrigeración es imprescindible contar además con un buen aislamiento entre bodegas y un eficiente sistema de circulación de agua de mar.

### **1.2.2 Partes del Sistema RSW**

Las partes que conforman un “Sistemas RSW” se pueden describir de una manera simple y sencilla:

- a) Compresor (es) de tornillo y/o pistón.
- b) Condensador de casco y tubos fabricados con tubos de titanio.
- c) Enfriadores de agua de casco y tubos o “chillers” fabricados con titanio.
- d) Tanque acumulador, válvulas y controles
- e) Tableros eléctricos de fuerza y control.

### **1.2.3 Requerimientos técnicos de un Sistema RSW**

A continuación se detallan los requerimientos y consideraciones a tomar en cuenta para el diseño y puesta en marcha de un sistema de refrigeración.

- a) Volumen de bodega a refrigerar; es la cantidad de volumen total de pesca a refrigerar centro de la embarcación
- b) Volumen de bodega a refrigerar, es el volumen de agua que se pre-enfriará, que corresponde a un porcentaje del volumen de bodega considerado para refrigerar,

normalmente se encuentra en el orden del 25 al 30% del volumen de bodega considerado para refrigerar (que no es el total de bodegas); es decir, si se considera un 25% al llenar las bodegas de pescado quedaría con una relación agua-pesca de 4:1.

c) Tiempo de pre-enfriamiento; es el tiempo que se dispone para pre-enfriar el agua de mar, una vez depositadas en las bodegas hasta antes de llegar a la zona de pesca. Por lo tanto el tiempo de enfriamiento de agua de mar es un parámetro fijado de acuerdo a las expectativas existentes respecto al tiempo que se tomará la embarcación en alcanzar las zonas de pesca y estar en condiciones de realizar la primera cala.

d) Temperatura inicial del agua; es la temperatura a la cual se ingresa el agua de mar para ser enfriada. Depende de la zona de navegación y la época del año.

e) Temperatura final del agua; es la temperatura final del agua: La idea en general es tratar de bajar lo más posible la temperatura del producto. No existe el peligro de que el agua en circulación se congele. Esto se debe a que la salinidad del agua es del orden del 35‰ con un punto de congelación de  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Como el agua está en circulación su punto de congelación es aún más bajo, refrigerar el agua no tiene inconveniente si se considera como temperatura final  $-1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

f) Tipo de refrigerante; en el presente informe haremos referencia a un sistema de refrigeración que utiliza como elemento refrigerante el amoníaco.

g) Tipo de energía requerida; al momento de diseñar un sistema de refrigeración es necesario conocer la cantidad de energía que puede ser requerida y ver si la instalación del barco puede satisfacer esos requerimientos; dentro de estos parámetros se considera: tipo de tensión requerida, tipo de frecuencia a utilizar, potencia eléctrica total requerida, ubicación aproximada de los equipos, etc.

#### **1.2.4 Automatización de un sistema de refrigeración**

La refrigeración y la automatización son los pilares en que las empresas del sector pesquero basan la conservación de su producción y la agilización de sus procesos industriales. Es así que como parte fundamental de la cadena de frío en la industria pesquera, la necesidad de contar con sistemas de refrigeración confiables a bordo de embarcaciones pesqueras comúnmente denominados “Sistemas RSW”, para el enfriamiento de agua de mar y recirculación en las bodegas, conduce a tomar en cuenta nuevas inversiones en la embarcaciones de importantes capacidades de bodegas como es la automatización y registro de datos del proceso de refrigeración en la primera etapa de la cadena de frío del producto.

### 1.3 Evaluación del problema

Según lo expuesto automatizar un sistema de refrigeración por recirculación de agua de mar implica:

- a) Selección de gabinetes adecuados para las condiciones de trabajo, espacios disponibles, humedad, ambiente agresivo, que implica grados de protección adecuados.
- b) Diseño y selección de componentes eléctricos adecuados para los sistemas de arranque de motores de compresores y bombas de agua, teniendo en consideración que cumplan con las homologaciones marinas pertinentes.
- c) Diseño y selección de elementos de mando y control que cumplan con las homologaciones marinas adecuadas.
- d) Diseño y selección del sistema de interconexión eléctrica adecuado que se base en canaletas galvanizadas y conductores eléctricos navales.
- e) Elaboración de la lógica de control y sistema de alarmas confiables y que brinden una perfecta continuidad de servicio.

### 1.4 Síntesis

Como se ha mencionado uno de los problemas en la conservación de pescado en las embarcaciones pesqueras es el tiempo que demora su procesamiento desde el momento de la cala hasta el momento de la descarga.

Un sistema de refrigeración RSW garantiza la conservación de dicho producto ya que éste es recibido con agua pre-enfriada, para luego la mezcla producto-agua siga recirculando y a su vez enfriándose hasta la temperatura adecuada.

La automatización de un sistema de refrigeración constituye un elemento fundamental en el proceso de enfriamiento ya que se realizan múltiples operaciones que no pueden ser controladas por un operador con la misma eficiencia, a su vez brinda seguridad en las condiciones de funcionamiento de cada equipo que lo conforma ya que además de brindar el automatismo de funcionamiento del sistema controla las condiciones de fallas, elementos de seguridad y parámetros de operación.

El registro de datos de parámetros del sistema nos brinda un archivo histórico de funcionamiento y un reporte de fallas. A su vez el registro de temperaturas en bodegas nos garantiza la calidad del pescado durante el proceso de calado hacia la descarga en planta, lo cual sirve como garantía para los procesos de exportación.

## **CAPÍTULO II**

### **AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMAS RSW EN EMBARCACIONES PESQUERAS**

El alcance del término automatización va más allá que la simple mecanización de los procesos ya que ésta provee a operadores humanos mecanismos para asistirlos en los esfuerzos físicos del trabajo, la automatización reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano. La automatización como una disciplina de la ingeniería es más amplia que un simple sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

#### **2.1 Marco Histórico**

En la industria, la tecnología con que se contaba para automatizar procesos, hasta mediados del siglo pasado, estaba basada en contactos eléctricos como relés y contactores asociados a temporizadores y contadores, capaces de realizar una serie de tareas en forma secuencial, sin posibilidad de cambiar variables y parámetros. En este escenario se ocupaban grandes espacios y si se requería realizar otra tarea sería necesario un nuevo diseño.

Es así que debido a la necesidad de la industria de encontrar herramientas que ayuden a eliminar tareas repetitivas en la operación de diferentes procesos surgen en la década de los 60's los Controladores Lógicos Programables (PLC), los cuales sustituyen los controles convencionales que se usaban por relevación electromecánica.

Como antecedente a este trabajo cabe resaltar la automatización de sistemas RSW en base a lógica de relés y contactores en conjunto con un panel mímico con el diseño del sistema e indicadores luminosos tipo leds. Luego tenemos la automatización en base a un PLC de instrucciones específicas en conjunto con el mímico e indicadores luminosos. El presente informe hace referencia a la nueva tecnología que se adiciona a las embarcaciones de pesca que incluye una automatización por PLC, una interfase hombre-máquina a colores de 10.4" tipo touchscreen (sensible al tacto) y sistemas de entradas salidas distribuidas para sensores de temperaturas de bodegas, todas ellas basadas en comunicación ethernet.

## **2.2 Base teórica**

La automatización de las plantas industriales usa elementos computarizados para controlar maquinarias e incluso llevar a cabo todo un proceso industrial, sustituyendo operarios humanos. Esto los libera de esfuerzos físicos y les permite canalizar su potencial en otras actividades, dado que ningún dispositivo puede ser máspreciado que el cerebro humano.

### **2.2.1 Automatización por PLC**

Antes de dar una breve descripción de los sistemas de control que se pueden encontrar hoy en día, hay que definir el elemento básico de estos sistemas, que viene a ser el controlador.

Un controlador es un instrumento que detecta los desvíos existentes entre el valor medido por un elemento primario y el valor deseado (set point), emitiendo una señal de corrección hacia el elemento final de control. Aplicándose este concepto, se puede obtener controladores que regulan señales analógicas y/o digitales.

### **2.2.2 Controladores lógicos programables (PLC)**

Un PLC es un computador especializado, basado en un microprocesador que realiza funciones de control de diversos tipos y niveles de complejidad.

El grupo de estándares IEC 61131 comprende la colección completa de reglas con las que deben cumplir los controladores lógicos programables y sus periféricos asociados. Consiste en las partes que se mencionan a continuación:

- a) La IEC61131-1, establece definiciones e identifica las principales características funcionales relacionadas con la selección y aplicación de PLCs y sus periféricos asociados.
- b) La IEC61131-2, especifica los requerimientos y pruebas relacionadas para PLCs y sus periféricos asociados.
- c) La IEC61131-3, define un juego de elementos de programación básicos, reglas de sintaxis y semántica para los lenguajes de programación más comúnmente usados, incluyendo lenguajes gráficos como el Lenguaje de Escalera y el Diagrama de Bloques Funcionales, y lenguajes textuales como el Lenguaje de Instrucciones y Lenguaje de Texto Estructurado; tanto como mayores campos de aplicación, pruebas aplicables lo significa que cada fabricante debe expandir y adaptar ese juego mínimo a sus propias implementaciones de PLCs.
- d) La IEC61131-4, es un reporte técnico que proporciona una información general y directivas de aplicación del estándar al usuario final de los PLCs.



e) La IEC61131-5, define la comunicación de datos entre PLCs y otros sistemas electrónicos utilizando la Especificación de Mensajes de Fabricación (Manufacturing Message Specification – MMS) de acuerdo con el Estándar Internacional ISO/IEC 9506.

f) La IEC61131-7, define los elementos de programación básica para el control con lógica difusa utilizado en controladores lógicos programables.

g) La IEC61131-8, proporciona una guía a los programadores para programar los lenguajes definidos en la IEC61131-3.

### **2.2.2.a Partes de un PLC**

Según el estándar IEC 61131-1 un PLC se describe por sus partes funcionales, aunque generalmente se haga por el hardware del mismo, la Fig2.1 muestra la estructura funcional básica de un PLC. Basándose en la norma, las partes funcionales del PLC son las siguientes.

#### **a) Unidad central de procesamiento**

La función de la Unidad Central de Procesamiento (CPU) es el almacenamiento del programa de aplicación, almacenamiento de datos, del sistema operativo y la ejecución de las funciones del programa de aplicación.

La CPU procesa las señales obtenidas de los sensores y los datos almacenados y genera señales para los actuadores y señales para almacenar como datos en concordancia con el programa de aplicación.

#### **b) Interfase con sensores y actuadores**

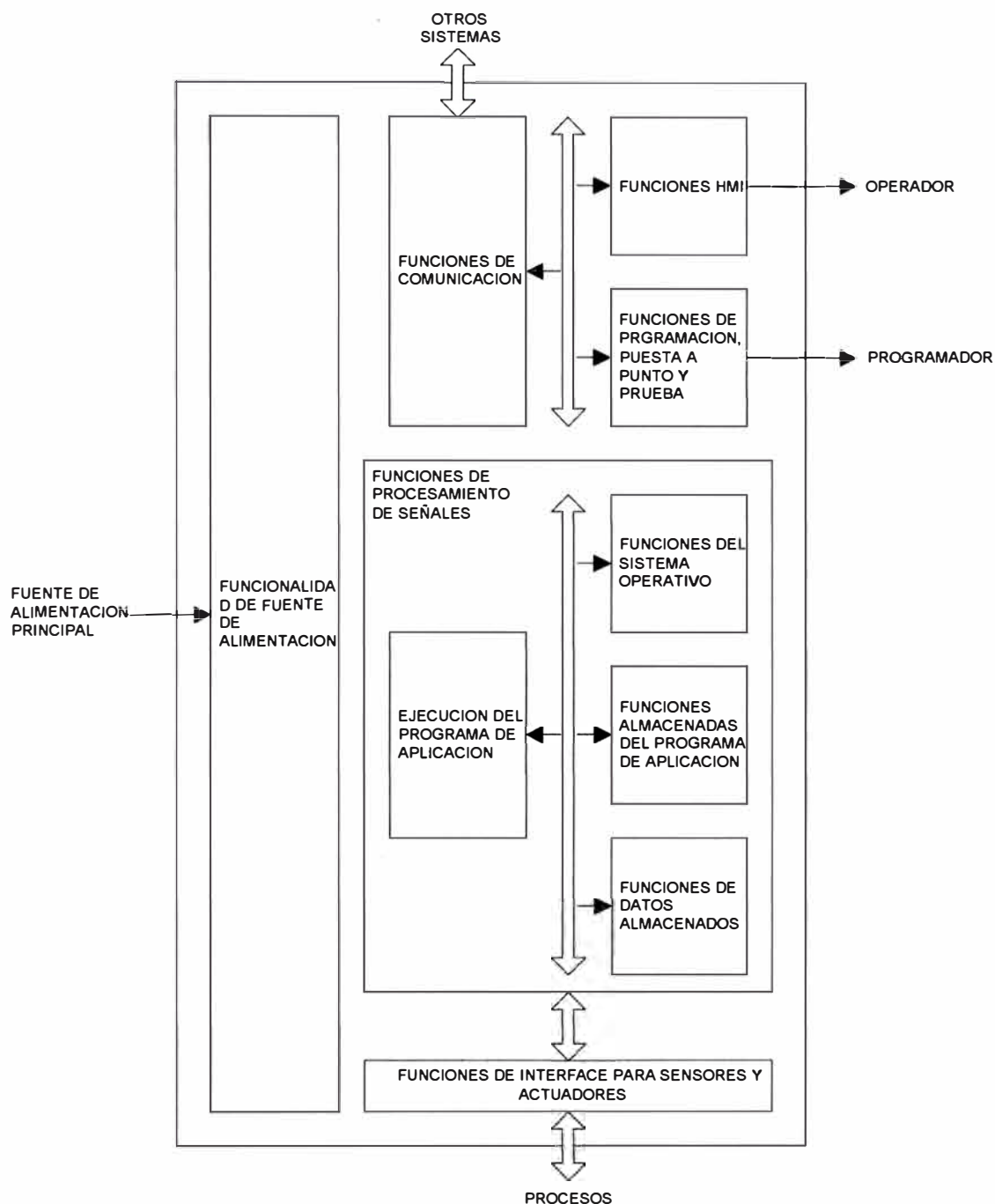
Incluye las señales de entrada y/o datos obtenidos de las máquinas/procesos en niveles de señal apropiados para su procesamiento y las señales de salida y/o datos de la función de procesamiento de señales a niveles de señal apropiados para los actuadores y/o paneles visualizadores.

Las señales de entrada/salida hacia la interfase deben venir de módulos especiales que pre-procesan las señales externas de los sensores de acuerdo con las funciones definidas dentro de módulos especiales. Ejemplos de estos módulos especiales son por ejemplo: módulos PID, módulos de control difuso, módulos de contadores de alta velocidad, módulos de motores, etc. Esto se puede entender más claramente cuando se explique la forma en que se programa los PLCs que se utilizan para el desarrollo de informe.

#### **c) Comunicaciones**

La función de comunicación proporciona el intercambio de datos con otros sistemas, como otros PLCs, controladores, computadoras, etc.





**Fig.2.1** Estructura Funcional Básica De Un PLC

#### d) Interfase hombre-máquina (HMI)

La función de la interfase Hombre-Máquina proporciona la interacción entre el operador, como funciones de procesamiento de señales y las máquinas/procesos.

#### e) Programación, puesta a punto, pruebas y documentación

Estas funciones proporcionan la generación y carga del programa, monitoreo, pruebas y puesta a punto así como documentación y almacenamiento.

#### f) Fuentes alimentación

Esta función proporciona la alimentación y aislamiento de la fuente de alimentación del PLC de la alimentación de línea.

### **2.2.3 Sistema de control distribuido**

Un Sistema de Control Distribuido es una colección de módulos basados en microprocesadores que trabajan juntos en un sistema de comunicación en tiempo real para controlar y monitorear la operación de un proceso.

Este sistema combina las ventajas de los sistemas de control analógico de lazos simples, la integridad de un sistema de supervisión y la potencia del control por computadora.

### **2.2.4 Interfaz hombre máquina (HMI)**

Los HMI podemos pensarlo como “una ventana de un proceso”. Esta ventana puede estar en paneles de operador o en una computadora. Las señales del proceso son conducidas al HMI por medio de Controladores Lógicos Programables (PLCs), Unidades remotas de I/O (RTUs), Variadores de velocidad (Drivers), etc., todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI.

#### **2.2.4.a Funciones del HMI**

Un HMI, debe ser capaz de realizar una o más de las siguientes funciones.

##### a) Monitoreo

Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos pueden ser mostrados como números, textos o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.

##### b) Supervisión

Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde el panel operador.

##### c) Alarmas

Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control pre-establecidos.

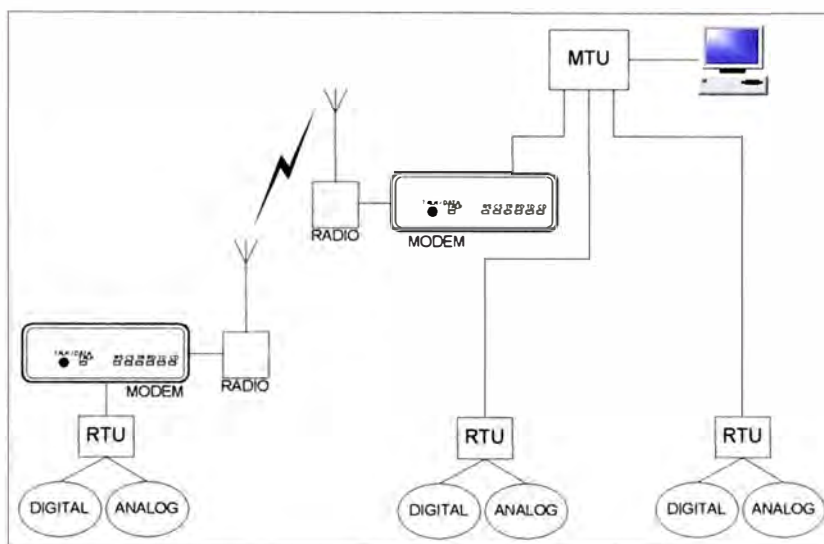
##### d) Control

Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control pre-establecidos.

### **2.2.5 Sistema de control y adquisición de datos**

SCADA es una aplicación de software diseñada especialmente para funcionar sobre ordenadores (computadores) en el control de producción, proporcionando comunicación

con los dispositivos de campo (controladores autónomos) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. También provee toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros usuarios supervisores dentro de la empresa (supervisión, control de calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.).



**Fig. 2.2 Arquitectura General De Un Sistema de Control Y Adquisición De Datos**

### 2.2.5.a Funciones

Un sistema SCADA (compuesto de software y hardware), debe ser capaz de realizar una o más de las siguientes funciones.

Posibilidad de crear paneles de alarmas.

Generación de históricos de señal de planta (señales analógicas o digitales), que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.

Ejecución de programas, que modifiquen la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómata.

### 2.2.5.b Elementos

Un sistema SCADA cuenta con tres elementos principales.

#### a) Unidad terminal maestra o Estación Maestra (MTU)

El término estación maestra se refiere a los servidores y al software responsable de comunicarse con el equipo de campo (RTUs, PLCs, etc), se encarga también de llevar información a sistemas asociados como una red LAN, y a la interfase con la gente que opera el proceso.

### b) Sistema de comunicación

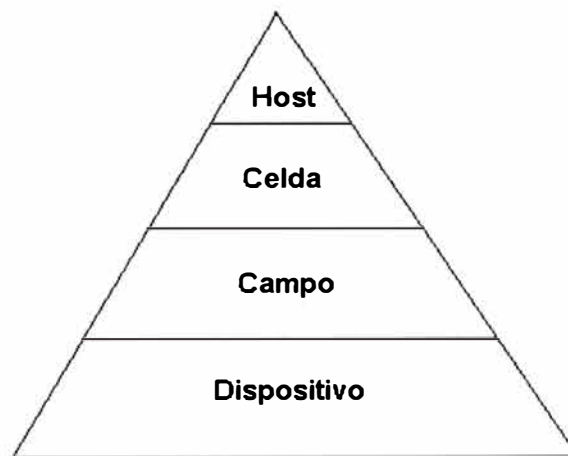
Es el medio por el cual viaja toda la información intercambiada entre el MTU y el RTU, pudiendo ser un medio físico o inalámbrico. Incluye además los equipos necesarios para codificar las señales para su transmisión y recepción como son los MODEMs y radios.

### c) Unidad Terminal remota (RTU)

Se encarga de recolectar la información de los equipos de campo, sea ésta digital, analógica o de alarmas. El RTU retiene toda esta información disponible en su memoria hasta que el MTU se la solicita. Adicionalmente, recibe información del MTU que le indicará si debe actuar sobre algún equipo del proceso.

## 2.3 Redes industriales

Las redes industriales son utilizadas para comunicar las distintas jerarquías de comunicaciones existentes en una industria a través de un medio, sea éste físico o inalámbrico. Un modelo simple se basa en cuatro jerarquías.



**Fig.2.3 Modelo De Jerarquía De Comunicaciones En Una Planta**

### 2.3.1 Redes de automatización y control

#### 2.3.1.a Modbus

Modbus es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por Modicom para su gama de controladores lógicos programables. Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar de facto en la industria es el que goza de mayor

disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales. Las razones por las cuales el uso de Modbus es superior a otros protocolos son:

- a) Es público.
- b) Su implementación es fácil y requiere poco desarrollo.
- c) Maneja bloque de datos sin suponer restricciones.
- d) Modbus permite el control de una red de dispositivos, por ejemplo un sistema de temperatura y humedad, y comunicar los resultados a un ordenador. Modbus también se usa para la conexión de un ordenador de supervisión con una unidad remota (RTU) en sistemas de supervisión de datos (SCADA). Existen versiones del protocolo Modbus para puerto serie y Ethernet (Modbus TCP/IP).

### **2.3.1.b Modbus TCP/IP**

Modbus TCP/IP es simplemente el protocolo Modbus RTU con una interface TCP que corre sobre Ethernet. La estructura de mensajería de Modbus es el protocolo de la aplicación que define las reglas para organizar e interpretar la data independientemente del medio de transmisión. El TCP/IP se refiere al Transmission Control Protocol y al Internet Protocol, que proporciona el medio de la transmisión para la mensajería del TCP/IP de Modbus. Dicho de manera más simple, el TCP/IP permite que los bloques de datos binarios sean intercambiados entre las computadoras. Es también un estándar mundial que sirve como la fundación para el World Wide Web. La función primaria del TCP es asegurarse de que todos los paquetes de datos son recibidos correctamente, mientras que el IP se cerciora de que los mensajes estén tratados y encaminados correctamente. La combinación TCP/IP es simplemente un protocolo de transporte, y no define lo que significan los datos o cómo los datos deben ser interpretados (este es el trabajo del protocolo de la aplicación, Modbus en este caso). En resumen, el TCP/IP de Modbus utiliza el TCP/IP y Ethernet para llevar los datos de la estructura del mensaje modbus entre los dispositivos compatibles. Es decir TCP/IP de Modbus combina una red física (Ethernet), con un estándar del establecimiento de una red (TCP/IP), y un método estándar de representar los datos (Modbus como el protocolo de la aplicación). Esencialmente, el mensaje del TCP/IP de Modbus es simplemente una comunicación de Modbus encapsulada en un TCP/IP de envoltura Ethernet.

## **2.4 Instrumentación industrial**

Se define instrumentación industrial al conjunto de instrumentos de una planta o proceso que se encargan de la medición y control de una variable. Un instrumento es un

dispositivo que mide o manipula variables de un proceso. Estas variables pueden ser: presión, temperatura, nivel, caudal, posición, velocidad, peso, voltaje, corriente, frecuencia, humedad, etc. También pueden considerarse los actuadores como: válvulas solenoides, válvulas análogas, etc. A continuación se mencionan la instrumentación requerida en el presente proyecto.

#### 2.4.1 Transmisor de Presión de membrana

Elemento de instrumentación utilizado para la lectura de presión en la línea de succión, descarga y aceite de los compresores de amoníaco.

#### 2.4.2 Sensor de Temperatura PT100

Elemento de instrumentación es utilizado para la medición de temperatura del agua en el ingreso los enfriadores (chillers) y en las bodegas de pescado.

Un PT100 se ubica dentro de una familia mayor de elementos que sensan la temperatura midiendo el cambio de resistencia del material que se utiliza, llamados RTD (Resistance Temperatura Detector). El PT100 recibe su nombre debido a que el material que lo conforma es el Platino y que a  $0^{\circ}\text{C}$  su resistencia son  $100\Omega$ .

Son características importantes al momento de seleccionar un PT100 el coeficiente de temperatura ( $\text{ohmios}/^{\circ}\text{C}$ ), las dimensiones físicas y la precisión. Las normas que estandarizan los PT100 son la ASTM 1137(en Estados Unidos de Norteamérica) y la IEC 751.

Un PT100 puede ser conectado de distintas maneras, dependiendo de la precisión que se desea lograr y del indicador o controlador que se posee.

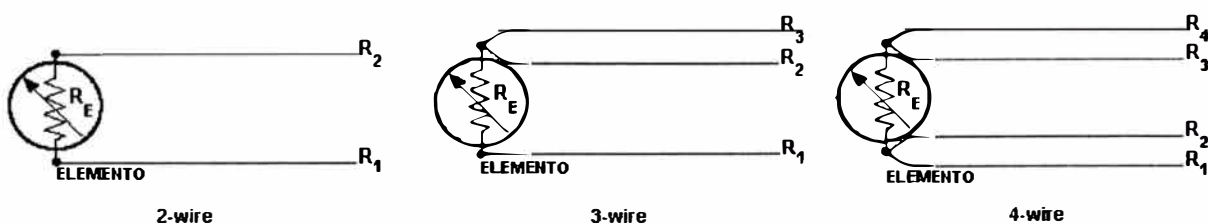


Fig.2.4 Tipos De Conexionado De PT100

Estos 3 modos de conexionado son: **conexionado a dos hilos**, se usa para cortas distancias pues no ofrece una medición muy exacta debido a que al usar cables de extensión se está variando la resistencia inicial del PT100 lo que introduce error. **Conexionado a tres hilos**, utiliza un tercer cable de las mismas características de los

cables de extensión para compensar el error introducido por los cables de extensión, éste es el método de conexión más común de un PT100. **Conexionado a cuatro hilos**, es utilizado para alcanzar la más alta precisión, en donde una corriente constante se hace circular a través de los hilos 1 y 4 (según la figura) y el voltaje generado por el elemento de platino es medido a través de los hilos 2 y 3.

### 2.4.3 Acondicionadores de señal

Es aquel elemento que toma la señal del transductor y la convierte en una señal para la visualización de la magnitud o un controlador de un sistema de control.

La señal más frecuentemente utilizada es la eléctrica con la finalidad de ser usada en dispositivos electrónicos. Las señales normalizadas de uso común son según norma ISO 7816:

Señales de tensión: 0-5, 0-10Vcc, +/-10Vcc, 0-24Vcc ó 0-32Vcc.

Señales de corriente: 0-50mAcc, 0-20mAcc ó 4-20mAcc.

Pulsos (On-Off): 0-5Vcc, 0-10Vcc ó 0-24Vcc.

### 2.4.4 Actuadores

Un actuador es un transductor que convierte energía eléctrica, hidráulica o neumática en energía mecánica para el movimiento efectivo de un dispositivo.

Los tres tipos de actuadores mencionados pueden transformar la energía mecánica desarrollada en tres tipos distintos de movimientos: lineales, multi-vueltas o limitado a menos de una vuelta.

#### 2.4.4.a Actuadores hidráulicos

Son los de mayor antigüedad, pueden ser clasificados de acuerdo con la forma de operación, funcionan en base a fluidos. Existen tres grandes grupos:

Cilindro hidráulico

Motor hidráulico

Motor hidráulico de oscilación.

#### 2.4.4.b Actuadores Neumáticos

Son los mecanismos que convierten la energía del aire en trabajo mecánico. Aunque en esencia son idénticos a los actuadores hidráulicos, el rango de compresión es mayor en este caso, además de que hay una pequeña diferencia en cuanto al uso y en lo que se refiere a la estructura, debido a que estos tienen poca viscosidad.

#### **2.4.4.c Actuadores Eléctricos**

La estructura de un actuador eléctrico es simple en comparación con la de los actuadores hidráulicos y neumáticos, ya que solo se requieren de energía eléctrica como fuente de poder. Como se utilizan cables eléctricos para transmitir electricidad y las señales, es altamente versátil y prácticamente no hay restricciones respecto a la distancia entre la fuente de poder y el actuador. Por ejemplo controlan la apertura o cierre de la válvula por medio de una caja de engranajes movidos mediante un motor eléctrico, el cual puede ser de corriente trifásica, monofásica o de corriente continua. Una de las ventajas que presentan es su bajo costo de instalación y mantenimiento.



## CAPÍTULO III REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO DE AUTOMATIZACION DEL SISTEMA RSW

El presente capítulo esta orientado a los requerimientos para el desarrollo del proyecto “Automatización del Sistema RSW, monitoreo y registro de datos” a implementarse en la E/P Tasa 59 de la compañía Tecnológica de Alimentos S.A. A continuación se detallan los puntos más resaltantes que se deben llevar a cabo dentro del proyecto.

### 3.1 Descripción del proyecto

#### 3.1.1 Sistema de Fuerza

Para el proyecto de automatización del sistema RSW se ha diseñado en base a las potencias mostradas en la Tabla N°3.1.

**Tabla N° 3.1** Potencias Eléctricas de la Planta de Frío

BALANCE DE CARGAS E/P Tasa 59					
Item	Equipo	Potencia Motor eléctrico (HP)	Voltaje (V)	Frecuencia (Hz)	Factor Servicio (FS)
1	Compresor lado Babor	150	440	60	1.15
2	Compresor lado Estribor	150	440	60	1.15
3	Bomba de agua condensador	30	440	60	1.15
4	Bomba de recirculación lado Babor	30	440	60	1.15
5	Bomba de recirculación Centro	30	440	60	1.15
6	Bomba de recirculación lado Estribor	30	440	60	1.15

La potencia total del sistema de fuerza es de 420HP, dicho valor de potencia es el dato para la instalación del grupo o grupos electrógenos a instalarse en la sala de máquinas principal (Sala de máquinas ubicada en Popa).

Los Centros de Control de Motores (CCM) estarán ubicados en la sala de frío (Sala de máquinas ubicada en Proa), en donde se ubican los equipos de refrigeración.

Para los motores eléctricos de los compresores de amoniaco se han considerado sistema de arranque electrónico, para las bombas de recirculación de agua y bomba del condensador se han considerado arranques tipo estrella triángulo; todos estos arranques se ubicarán dentro de un gabinete auto-soportado IP55 de 2100x1600x600mm, el cual contará con un analizador de redes conectado a una red de comunicación MODBUS junto con los

arrancadores electrónicos de los motores de los compresores.

Además el gabinete contará con sistema de ventilación forzada y rejilla, así como también un sistema de control de humedad relativa y una resistencia calefactora dentro del gabinete para evitar condensaciones dentro del mismo, los cuales pueden ocasionar daños en los componentes electrónicos.

### **3.1.2 Sistema de Control**

Para el sistema de control se ha considerado implementar un PLC en la planta frío, y un sistema de entradas-salidas distribuidas un lugar cercano a la salida de sensores de temperatura de las bodegas.

El PLC de la planta de frío estará conectado a una red Ethernet Modbus TCP/IP, en conjunto con el panel operador y las entradas-salidas distribuidas.

El PLC ubicado en el tablero de control dentro de la sala de frío será el encargado de realizar la lógica de funcionamiento del sistema de refrigeración.

El módulo de entradas-salidas distribuidas ubicado en la cercanía de la salida de sensores de bodegas es el encargado de transportar los valores de los sensores de temperaturas ubicados en dos niveles diferentes dentro de las seis bodegas de pescado.

La interfaz con el usuario se realiza a través de un panel operador a colores tipo touchscreen de 10.4" de la marca Telemecanique, en el cual se hace la representación gráfica y animada del sistema de refrigeración, el que a su vez cuenta con una tarjeta de memoria compact flash de 256MB en el cual se almacenan los valores de los registros de los parámetros de operación.

## **3.2 Diseño e implementación**

El diseño del sistema de control para la automatización del sistema RSW, se ha hecho tomando en consideración los requerimientos necesarios para los sistemas de funcionamiento, alarmas, registros y parámetros necesarios.

El diseño se ha realizado sobre la tecnología de control, instrumentación y el equipamiento eléctrico, todo de última generación el cual da una mayor flexibilidad para su instalación, configuración y diagnóstico.

El diagrama general del sistema implementado se puede ver en la Fig.3.1 y se desglosará en el transcurso del presente capítulo.

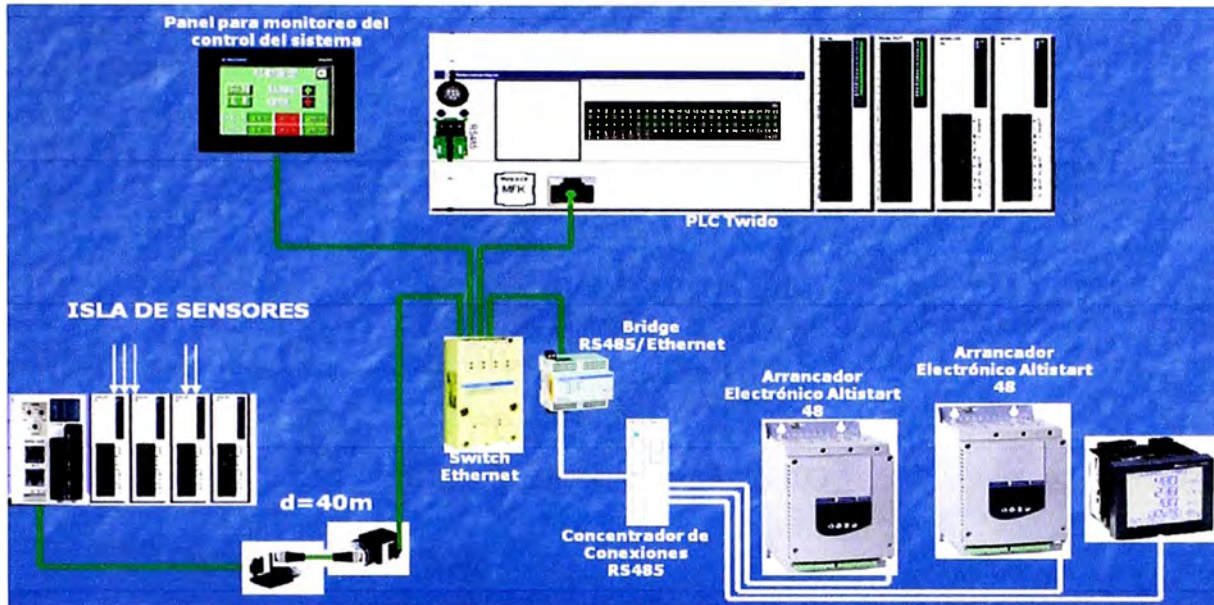


Fig.3.1 Diagrama Del Nuevo Sistema De Control

### 3.2.1 Red Industrial

La red industrial seleccionada para este proyecto es Modbus TCP/IP. El PLC de la planta de frío se encuentra conectado a una red ethernet concentrada en un switch no administrable que se muestra en la Fig.3.2 mediante la cual se comunica con el panel de control y el módulo de entradas-salidas distribuidas.

El analizador de redes y los arrancadores electrónicos están conectados entre sí a través de un a red Modbus Serial, para luego hacer un cambio de protocolo de Modbus Serial a Ethernet TCP/IP por medio de un gateway modelo TSXETG100 de la marca TELEMECANIQUE, que se muestra en la Fig.3.3.

La topología de una red Modbus se muestra en la Fig.3.4 y las características del gateway se muestran en la Tabla3.2.

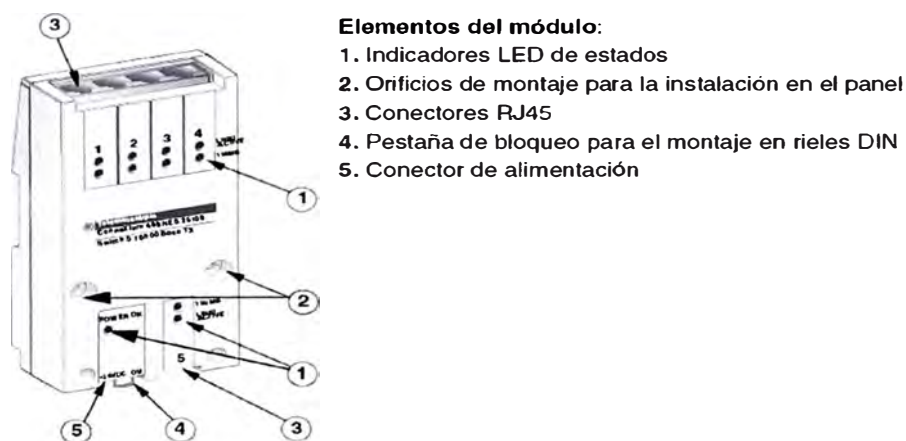


Fig.3.2 Switch Ethernet 499NES25100



Fig.3.3 Gateway TSXETG100

## SPECIFICATIONS

<b>Control Power Input</b>	
Power-over-Ethernet	Class 3
Operating Input Range	24 Vdc ( $\pm 10\%$ ) sourced by Class 2 rated power supply
Burden, maximum	4 W
Isolation	1.5 kV
<b>Environmental</b>	
Ambient Operating Temperature	0° to +60°C
Storage Temperature	-40°C to +85°C
Humidity Rating	5-95% Relative Humidity (non-condensing) at +55°C
Pollution Degree	Class 2
<b>Physical</b>	
Weight	6 oz. / 170 g
Dimensions	Height (3.18 in. / 80.8 mm), Width (2.83 in. / 72 mm), Depth (2.59 in. / 65.8 mm)
Enclosure	IP30
<b>Regulatory/Standards Compliance for Electromagnetic Interference</b>	
Emissions (radiated and conducted)	EN 55022 / EN 55011 / FCC Class A
Immunity for Industrial Environments:	EN 61000-6-2
Electrostatic Discharge	EN 61000-4-2
Radiated RF	EN 61000-4-3
Electrical Fast Transients	EN 61000-4-4
Surge	EN 61000-4-5
Conducted RF	EN 61000-4-8
Power Frequency Magnetic Field	EN 61000-4-8
<b>Regulatory / Standards Compliance for Safety</b>	
International (CB Scheme)	IEC 60650
USA	UL 508 / UL 60950
Canada	cUL (complies with CSA C22.2, 60650)
Europe	EN 60650
Australia / New Zealand	AS/NZS 60650
<b>Other Regulatory / Standards Compliance</b>	
Europe	CE
Transparent Ready	B15

TABLA N° 3.2 Características del Gateway

## 2-wire Devices

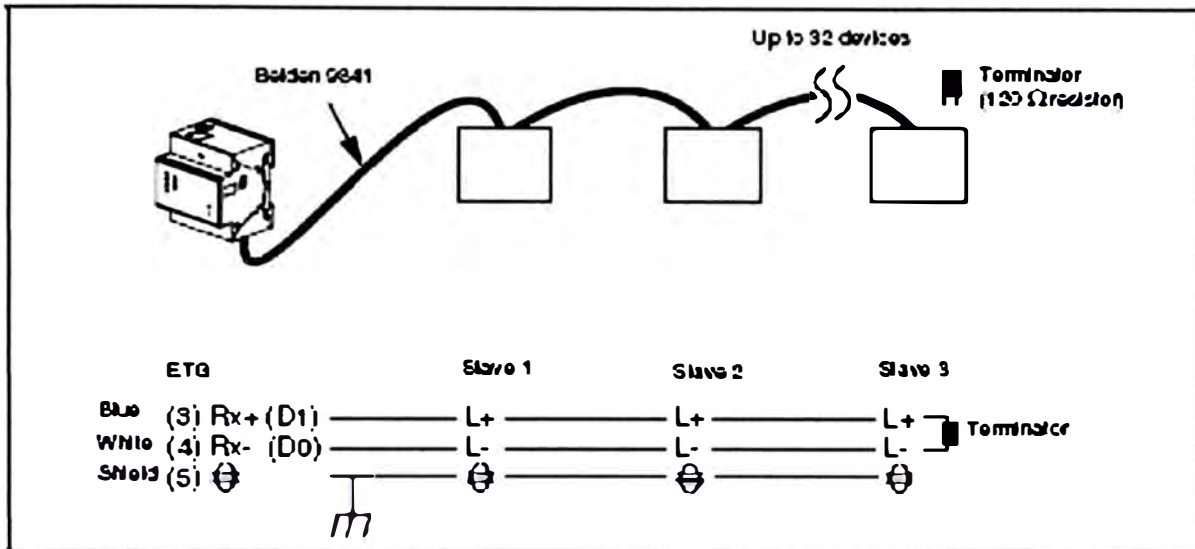


Fig.3.4 Topología de Bus Serial

### 3.2.2 Controlador Lógico Programable

El controlador lógico programable (PLC) utilizado para la automatización del sistema de refrigeración RSW es de la marca TELEMECANIQUE, el modelo es el TWIDO TWDLCAE40DRF. Se selecciono dicho PLC en base a las prestaciones cantidad de módulos de ampliación y bus de comunicación ethernet incorporado. Adicionalmente se le agregaron un módulo de 16 entradas digitales, un módulo de 16 salidas tipo relé y dos módulos de entradas analógicas de 0-20mA. La TABLA N° 3.3 muestra las características técnicas del PLC.

TABLA N° 3.3 Características técnicas del PLC Twido TWDLCAE40DRF

#### Technical Characteristics

Integrated Communication Ports	Ethernet TCP/IP
Marketing Trade Name	Twido
Connection Type	Screw Terminal Block (Non-Removable)
Number of Input/Outputs	24 Inputs - 14 Relay (2A) and 2 Transistor Outputs
Maximum Configuration	Expandable up to 7 I/O Modules
Application	Designed for small control systems
Supply Voltage	100/240VAC
Type	TWD
Module Type	Compact



### 3.2.3 Panel Operador HMI

El panel operador HMI seleccionado es el MAGELIS XBTGT5330 de la marca TELEMECANIQUE, pantalla a colores de 10.4” sensible al tacto y puerto ethernet incorporado, adicionalmente se le agregó una tarjeta de memoria compact flash de 512 MB para el almacenamiento de datos históricos y de alarmas.

### 3.2.4 Entradas/Salidas Distribuidas

El sistema de entradas-salidas distribuidas seleccionado es el ADVANTYS OTB modelo OTB1E0DM9LP de la marca TELEMECANIQUE con puerto ethernet incorporado, adicionalmente se le agregaron cuatro módulos de expansión analógica TWDMAI4LT de cuatro entradas PT100 de tres hilos cada uno. La TABLA N° 3.4 muestra las características técnicas del módulo Advantys de entradas salidas distribuidas.

**TABLA N° 3.4** Características técnicas del módulo Advantys de entradas-salidas distribuidas.

Technical specification							
Protocol	Transfer Rate	Structure	Max No. Devices	Max Network Length (m)	Type of Port (bus/network)	Power Supply (non-isolated)	Maximum Extension I/O Modules
Ethernet TCP/IP Module	10 or 100Mbps/s	10//100 Base T	256	500	RJ45	24Vdc	?
CANopen	10kbits/s to 1Mbits/s	EN50325 ISO 11898	127	30(1Mbits/s) 5000 (10bits/s)	SUB-D (DB9)	24Vdc	?
Modbus	1.2 to 38.4kbauds	Modbus.org	32per segment	1000	2xRJ45 (parallel)	24Vdc	?

### 3.2.5 Instrumentación

Se tienen instrumentos para medir diferentes señales físicas y transformarlas a señales analógicas que pudieran aceptar los módulos del PLC.

#### 3.2.5.a Presión

Dentro de la instrumentación para la medición de presión se necesitaba contar con tres tipos de medidas.

Medición de presión baja; es el valor de presión a la cual el compresor de amoníaco succiona el refrigerante. Para esta lectura se utilizaron los transmisores de presión de la marca Danfoss de 0-150psi/4-20mA, ¼”NPT.

Medición de presión de aceite de compresor; es el valor de la presión aceite de lubricación de los pistones del compresor. Para esta lectura se utilizaron los transmisores de presión de la marca Danfoss de 0-300psi/4-20mA, ¼”NPT.

Medición de presión de alta; es el valor de presión a la cual el compresor de amoníaco descarga el refrigerante. Para esta lectura se utilizaron los transmisores de presión de la marca Danfoss de 0-300psi/4-20mA, ¼”NPT.

La Fig.3.5 muestra el transmisor de presión de la marca Danfoss modelo MBS300 utilizado en el proyecto, en la TABLA N°3.5 se muestran las características eléctricas de dicho transmisor.



- Para entornos industriales con grandes cargas de trabajo
- Cubierta de acero inoxidable y resistente a los ácidos (AISI 316L)
- Rangos de presión relativa o absoluta desde 1 bar hasta 600 bar
- Todas las señales de salida estándar: 4 - 20 mA, 0 - 5 V, 1 - 5 V, 1 - 6 V, 0 - 10 V, 1 - 10 V
- Amplio rango de presión y conexiones eléctricas
- Compensación de temperatura y calibrado por láser

**Fig.3.5** Transmisor de Presión MBS300 de la marca Danfoss

**TABLA N°3.5** Características eléctricas del transmisor de presión MBS300

*Características eléctricas*

	Señal de salida nominal (protección contra cortocircuito)		
	4 - 20 mA	0 - 5, 1 - 5, 1 - 6 V	0 - 10 V, 1 - 10 V
Tensión de aliment. [U <sub>a</sub> ], polaridad protegida	9 → 32 V	9 → 30 V	15 → 30 V
Consumo de corriente - alimentación	-	≤ 5 mA	≤ 8 mA
Dependencia de la tensión de alimentación	≤ ±0.05% FS/10 V		
Limitación de corriente	28 mA (típica)	-	
Impedancia de salida	-	≤ 25Ω	
Carga [R <sub>L</sub> ] (carga conectada a 0V)	R <sub>L</sub> ≤ (U <sub>B</sub> - 9V)/0.02A	R <sub>L</sub> ≥ 10 kΩ	R <sub>L</sub> ≥ 15 kΩ

### **3.2.5.b Temperatura**

Para medir temperatura en el ingreso de agua a los chillers, en este caso por ser temperaturas que varían en el rango de  $-1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ , se utilizaron PT100 con transmisores de 4-20mA de la marca Danfoss. Dichos transmisores fueron calibrados para que trabajen dentro de un rango de temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$  a  $30^{\circ}\text{C}$ /4-20mA.

Para medir la temperatura en las bodegas se consideraron sensores tipo PT100 de 3 hilos de la marca PYROMATION, en acero inoxidable, rosca trasera y con cable de 25mt de longitud, los cuales son ubicados en las bodegas de pescado por una serie de tuberías fabricadas especialmente para el tendido de los sensores.

### **3.2.6 Software TwidoSoft**

TwidoSoft es el software donde se realiza la programación de los controladores Twido de Telemecanique. TwidoSoft brinda una interfaz de usuario intuitiva, basada en Windows, para simplificar la programación y configuración de los controladores programables Twido.

#### **3.2.6.a Funciones del TwidoSoft**

TwidoSoft integra herramientas de configuración y programación. Las principales funciones son:

- Interfase de usuario estándar de Windows.

- Programación y configuración de autómatas Twido.

- Control y comunicación del autómata.

#### **3.2.6.b Programación del PLC**

La programación del PLC se realizó en lenguaje ladder y utilizando el protocolo de comunicación Ethernet.

En la Fig.3.6 se muestra la pantalla y los parámetros de configuración del protocolo de comunicación ethernet para el PLC.

En la Fig.3.7 se muestra la pantalla y los parámetros de configuración de los módulos analógicos del PLC.

En la Fig.3.8 se muestra una parte de la programación en lenguaje ladder del sistema de control.

Estas pantallas forman parte de la configuración del hardware y software del PLC Twido utilizado en la automatización del sistema de refrigeración RSW, así como también la configuración de la red de comunicación Ethernet; la versión del software TwidoSoft utilizada para la programación del PLC es la V3.5.



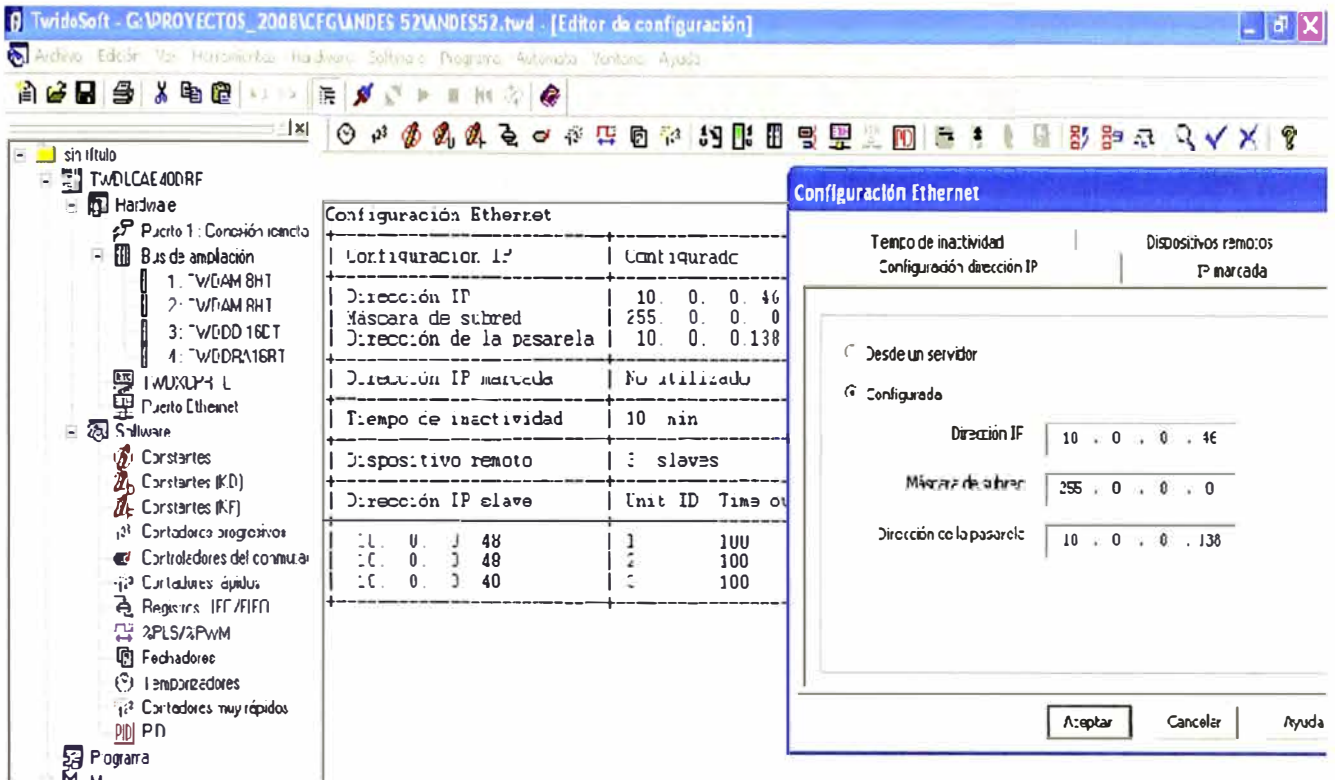


Fig.3.6 Configuración de la comunicación Ethernet del PLC

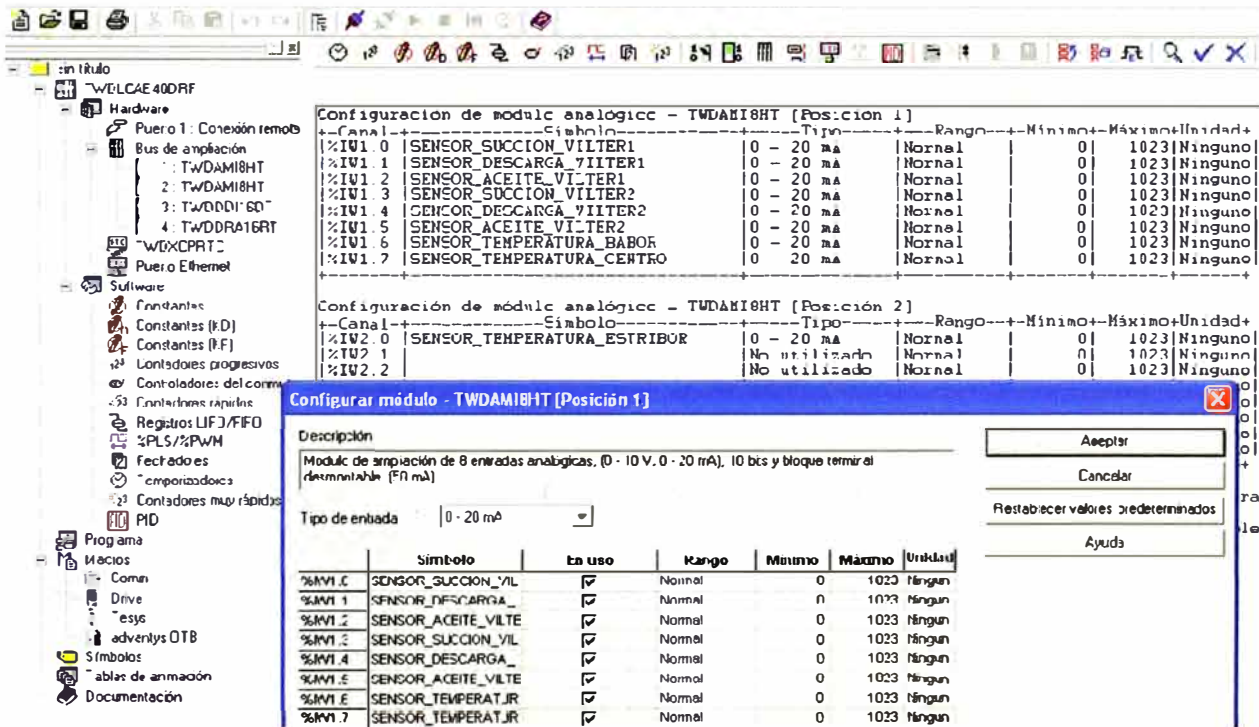


Fig.3.7 Configuración de los módulos analógicos del PLC.

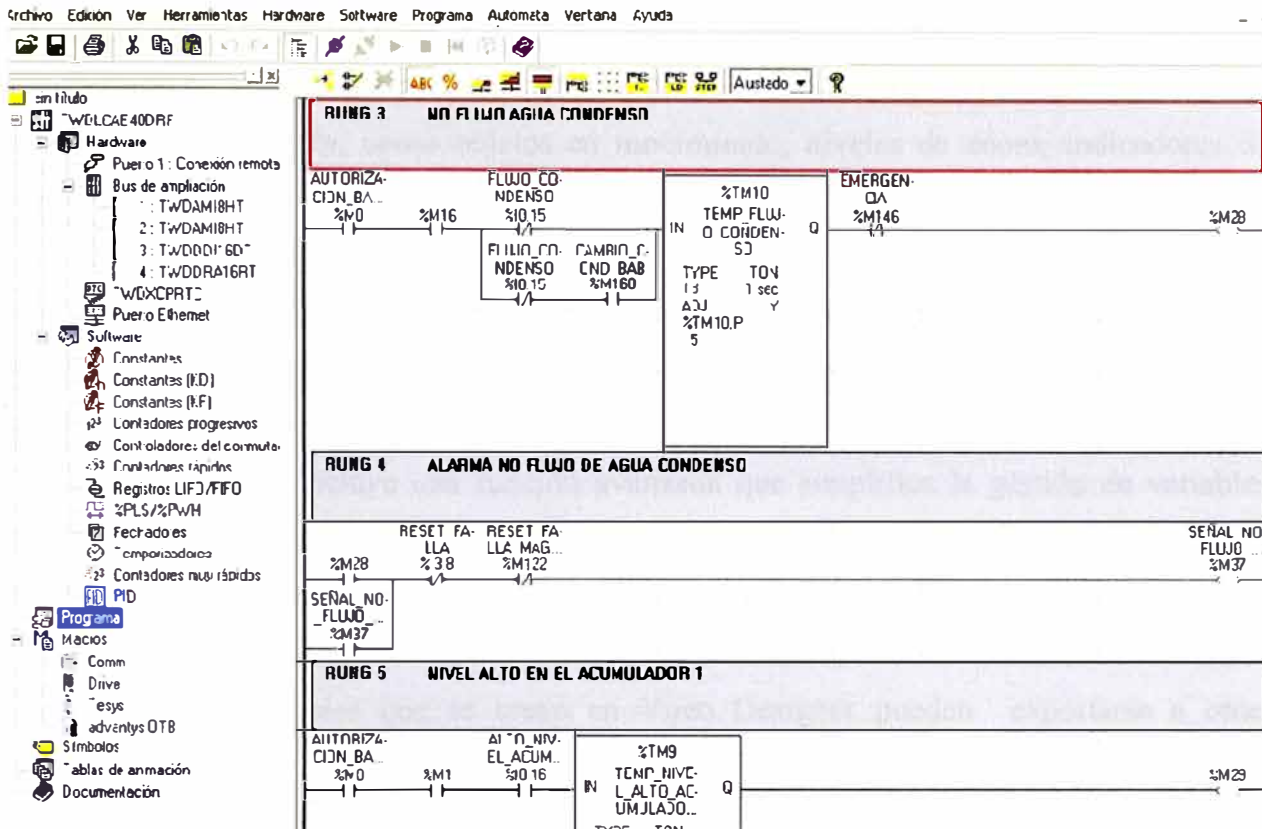


Fig.3.8 Programación en lenguaje Ladder del PLC.

### 3.2.7 Software Vijeo Designer

Es una aplicación de software de última generación con las que el usuario puede crear paneles de operadores y configurar parámetros operativos para dispositivos de la interfaz usuario-máquina (HMI). Este programa proporciona todas las herramientas necesarias para el diseño de un proyecto HMI, desde la adquisición de datos hasta la creación y la visualización de sinopsis animadas. Se tienen instrumentos para medir diferentes señales físicas y transformarlas a señales analógicas que pudieran aceptar los módulos del PLC.

#### 3.2.7.a Funciones de Vijeo Designer

Las principales funciones del software Vijeo Designer son:

##### a) Reutilización de datos

Vijeo Designer utiliza dos tipos de datos: los datos internos creados en la aplicación de usuario y los datos suministrados por dispositivos externos, como los autómatas y módulos de E/S remotos.

##### b) Conectividad con varios autómatas

Se puede configurar un panel HMI con vistas a comunicarse de forma simultánea con varios dispositivos Telemecanique diferentes y con dispositivos de otros fabricantes.

c) Creación de pantallas HMI

Permite crear pantallas dinámicas para el panel HMI. Combina diferentes funciones en una aplicación sencilla, como objetos en movimiento, niveles de zoom, indicadores de nivel, etc.

d) Secuencias de comandos

Proporciona la función de secuencias de comandos, de manera que el usuario puede reutilizar componentes o frases completas en otros proyectos a partir de una aplicación.

e) Informes

Vijeo Designer incluye una función avanzada que simplifica la gestión de variables empleadas en pantallas de animación.

f) Edición de variables a partir de otras aplicaciones

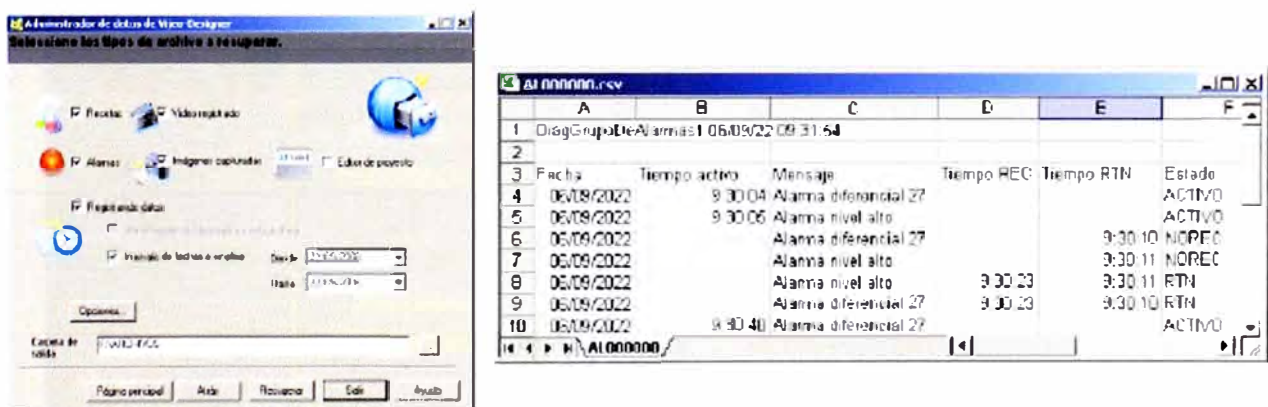
Vijeo Designer puede importar y exportar variables y recetas como archivos CSV. Asimismo, las variables que se crean en Vijeo Designer pueden exportarse a otras aplicaciones

g) Almacenamiento de datos

Permite establecer políticas personalizadas para el almacenamiento de datos históricos.

h) Administrador de datos

Recupera los datos del proceso registrados por el terminal a través de LAN o WAN para su tratamiento en PC con herramientas estándar. La Fig. 3.9 muestra el aplicativo del Vijeo Designer para la administración de datos históricos.



**Fig.3.9** Administrador de Datos Vijeo Designer

### 3.2.7.b Programación en Vijeo Designer

A continuación se muestran las pantallas generadas en el software Vijeo Designer para el HMI del sistema de refrigeración de la E/P Tasa 59.



La Fig.3.10 muestra la pantalla principal del HMI correspondiente al sistema de refrigeración.

La Fig.3.11 muestra la pantalla correspondiente a un compresor de amoniaco, en ella se visualizan los parámetros de funcionamiento como son: presión de succión, presión de descarga, presión de aceite, porcentaje de capacidad, horas de funcionamiento, modo de funcionamiento (manual o automático), además se encuentran en esta pantalla los pulsadores de arranque y parada remota. También existen enlaces hacia los gráficos de tendencias y la hoja alarmas.

La Fig.3.12 muestra la pantalla correspondiente a un enfriador de agua (chiller), en ella se visualizan los parámetros de funcionamiento y la temperatura del agua al ingreso del enfriador.

La Fig.3.13 muestra una de las pantallas correspondiente a los ajustes de parámetros del sistema. Existe configuración parámetros de funcionamiento y de alarmas del compresor, así como también parámetros de temperatura final del agua en los chiller. La Fig.3.13 muestra la pantalla de configuración de la temperatura final de agua en cada uno de los chiller.

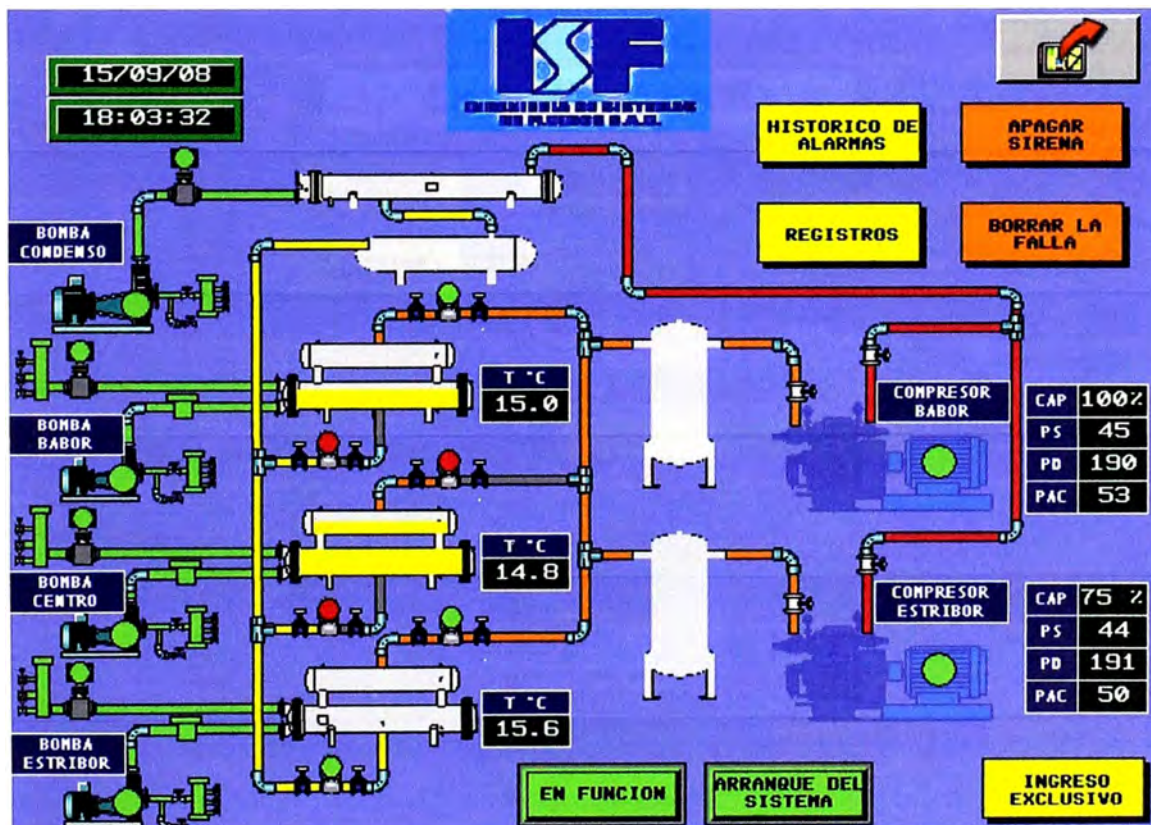


Fig.3.10 Pantalla principal del HMI

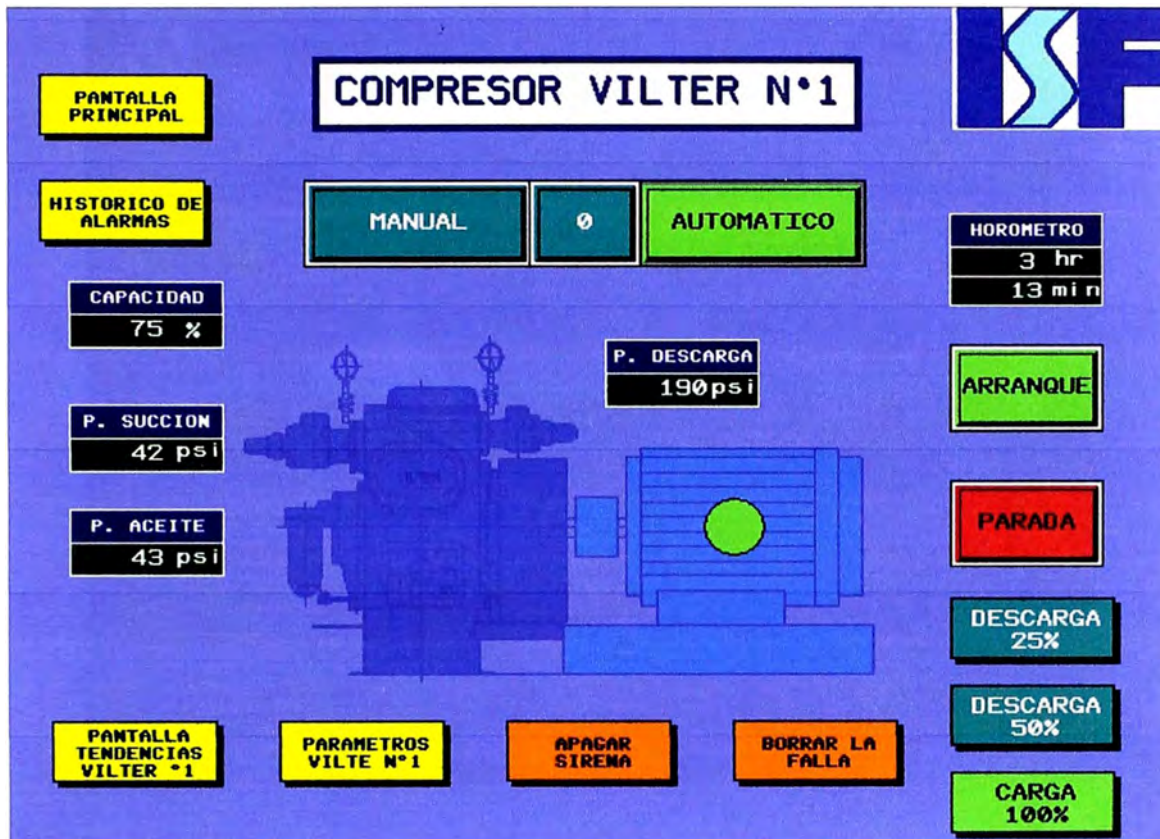


Fig.3.11 Pantalla del compresor

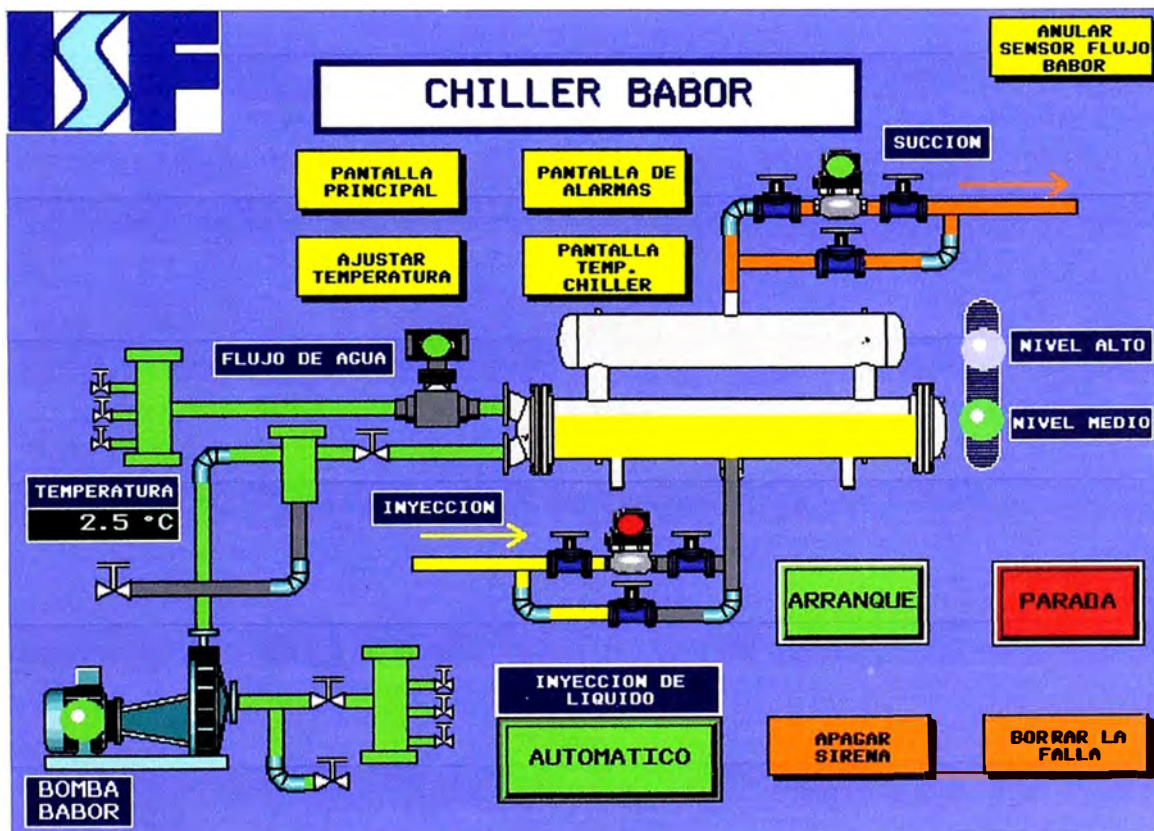


Fig.3.12 Pantalla del chiller babor



**ISF**

**AJUSTE TEMPERATURA DE CHILLERS**

**PANTALLA PRINCIPAL**

**RETORNAR**

**CHILLER BABOR**

**BYPASS T- BABOR**

TEMPERATURA FINAL CHILLER BABOR: -1.5 °C

**CHILLER CENTRO**

**BYPASS T- CENTRO**

TEMPERATURA FINAL CHILLER CENTRO: -1.2

Min. -1.5 Max. 30.0

**CHILLER ESTRIBOR**

**BYPASS T- ESTRIBOR**

TEMPERATURA FINAL CHILLER ESTRIBOR

Esc 7 8 9 ←

◀ 4 5 6 ▶

+/- 1 2 3 Clr

0 . Enter

Fig.3.13 Pantalla ingreso de parámetros

## **CAPÍTULO IV INTEGRACIÓN Y PRUEBAS**

Los trabajos de integración y pruebas se han hecho en coordinación con el área de Producción de la empresa debido a que se necesitó hacer cortes de tensión en algunos casos y de la red de los PLCs.

### **4.1 Análisis económico del proyecto y presentación de resultados**

El montaje electromecánico y de automatización fue realizado por la empresa Ingeniería de Sistemas de Fluidos SAC (ISFSAC), dedicada a la instalación de sistemas de refrigeración.

En la parte de la automatización, se contaba con el montaje eléctrico, fabricación de los tableros y compra de los componentes eléctricos como son cables de fuerza, arranques eléctricos, tendido de bandejas y tuberías y conexionado de motores e instrumentos.

#### **4.1.1 Costo del proyecto**

El costo total del proyecto se disgrega de la siguiente manera:

##### **4.1.1.a Equipos de Importación**

Incluye los siguientes materiales:

- a) Dos compresor recíprocantes marca VILTER de 150TR (Toneladas de refrigeración cada uno)
- b) Un condensador marino marca ISOTHERM de 300 TR.
- c) Tres enfriadores de agua (chiller) de casco y tubos de la marca ISOTHERM de 100TR cada uno.
- d) Un tanque receptor tipo horizontal marca ISOTHERM.
- e) Dos tanques acumuladores tipo vertical marca ISOTHERM.
- f) Cuatro bombas de agua de la marca Azcue, tres de 1200GPM y una de 1600GPM.

PRECIO TOTAL:       US\$    219,420.00

##### **4.1.1.b Suministro Local**

Incluye los siguientes materiales:

- a) Suministro e instalación de un tablero eléctrico de fuerza, para el sistema de arranque de compresores y bombas de agua.

- b) Suministro e instalación de un tablero eléctrico de control para el sistema de automatización del sistema de refrigeración.
- c) Suministro e instalación de un conjunto de válvulas, controles, solenoides y accesorios.
- d) Suministro e instalación de un conjunto cables eléctricos navales y conexionado de equipos hacia los equipos.
- e) Suministro e instalación de un conjunto cables de comunicación entre los dispositivos para la red ethernet.
- f) Suministro instalación de un kit de tuberías y accesorios para el sistema de refrigeración.
- g) Suministro e instalación de un sistema de sensores de temperaturas en dos puntos por bodega, para el sistema de almacenamiento de datos.

PRECIO TOTAL: US\$ 120,800.00

#### **4.1.1.c Costo Total del Proyecto**

El valor total del proyecto fue: US\$ 340,220.00

#### **4.1.2 Justificación del proyecto**

Para la pesquera Tecnológica de Alimentos S.A. la rentabilidad del proyecto es estrictamente económica, basado en la ventaja de la conservación de la pesca, que se detalla a continuación.

La posibilidad de alcanzar los parámetros de calidad requeridos para la elaboración de los productos derivados de la pesca.

Permite por otro lado que la flota pesquera pueda alejarse más del puerto base en busca de mejores zonas de pesca o mantenerse por más tiempo en la zona con el objeto de realizar más lances hasta completar la carga.

Las embarcaciones con un sistema de refrigeración automatizado entregan una mayor cantidad de materia prima de buena calidad en sus plantas, lo que redundará en una alta elaboración de productos de mayor valor agregado y por ende mayor rentabilidad de la empresa.

Las exigencias del mercado internacional (Unión Europea), solicitan un registro de temperaturas de la pesca para la exportación

#### **4.1.3 Presentación de Resultados**

A continuación se muestran las curvas generadas en Excel por medio de macros desde los datos obtenidos en la E/P Tasa 59.



Los resultados obtenidos son con muestras de temperaturas de las bodegas ubicadas en dos niveles distintos y con una frecuencia de muestreo de 15 minutos.

#### 4.1.3.a Administrador de datos

Se realizó un diseño mediante macros en Excel para poder importar los datos almacenados en la tarjeta de memoria compact flash, la Fig.4.1 muestra el diseño de la pantalla principal del archivo Excel para la E/P Tasa 59.

En las Fig. 4.2, 4.3 y 4.4 se muestran las curvas de temperatura generadas de los datos de los dos sensores de temperatura ubicados en la bodega babor proa de la E/P Tasa 59, el muestreo de los datos es de tipo periódico con un periodo de 15min.

En la Fig. 4.5 se muestra la base de datos almacenada en el archivo Excel, desde el cual se generan las curvas de temperatura.

**ISF** INGENIERIA DE SISTEMA DE FLUIDOS S.A.C.

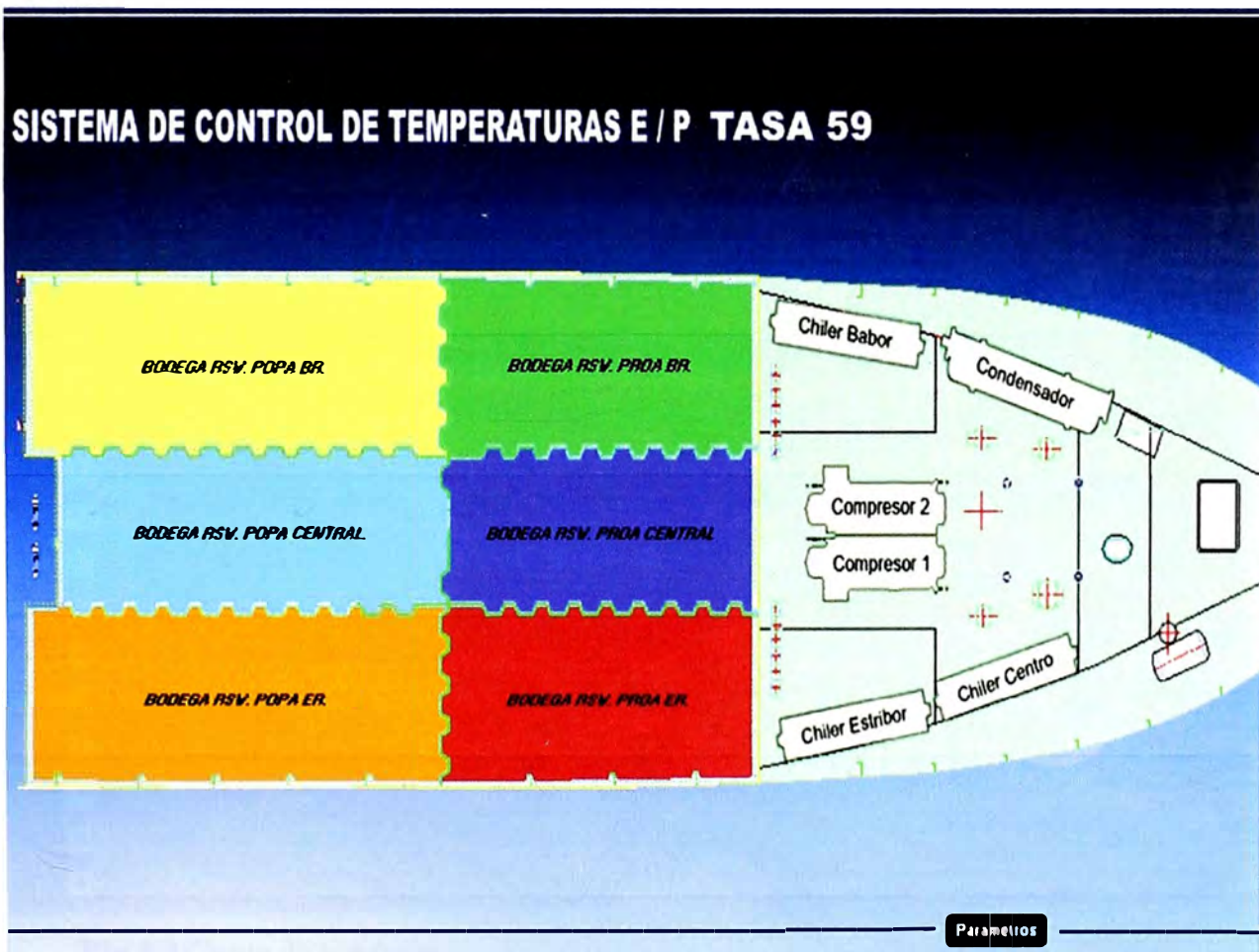


Fig.4.1 Imagen representativa de disposición de equipos de la E/P Tasa 59

## BODEGA BABOR PROA

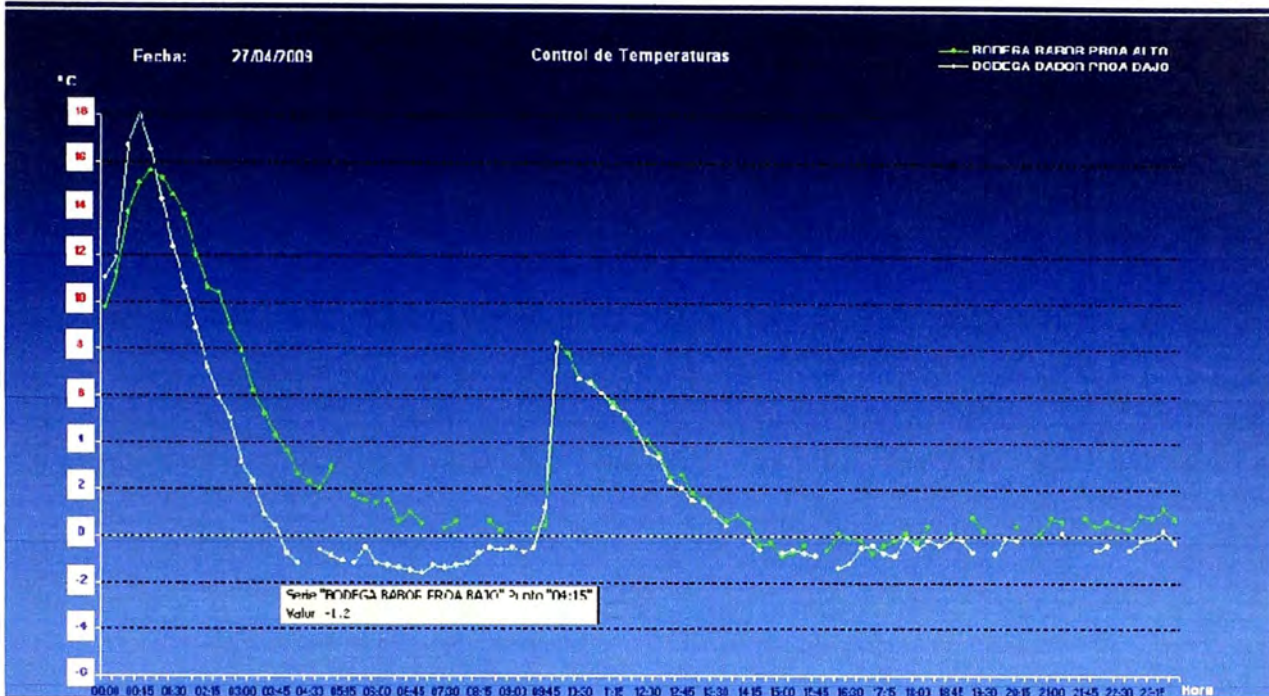


Fig.4.2 Curva de temperatura dentro de la bodega central durante el día 27/04/09

## BODEGA BABOR PROA

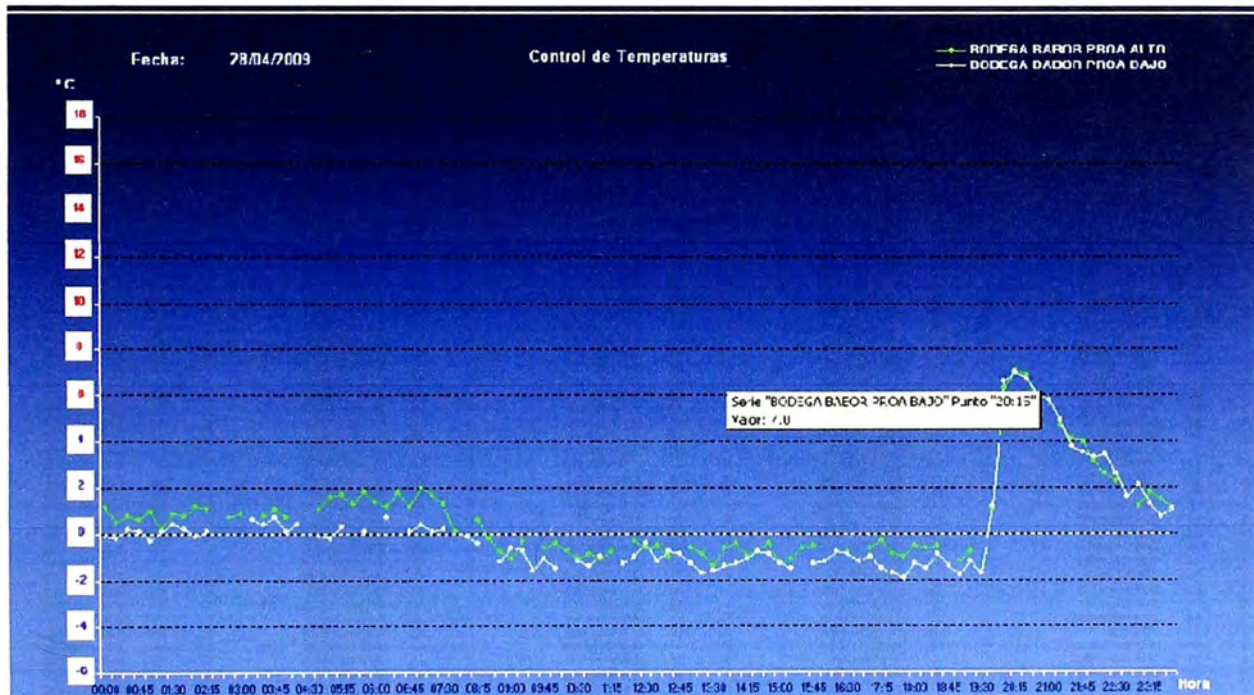


Fig.4.3 Curva de temperatura dentro de la bodega central durante el día 28/04/09



BODEGA BABOR PROA

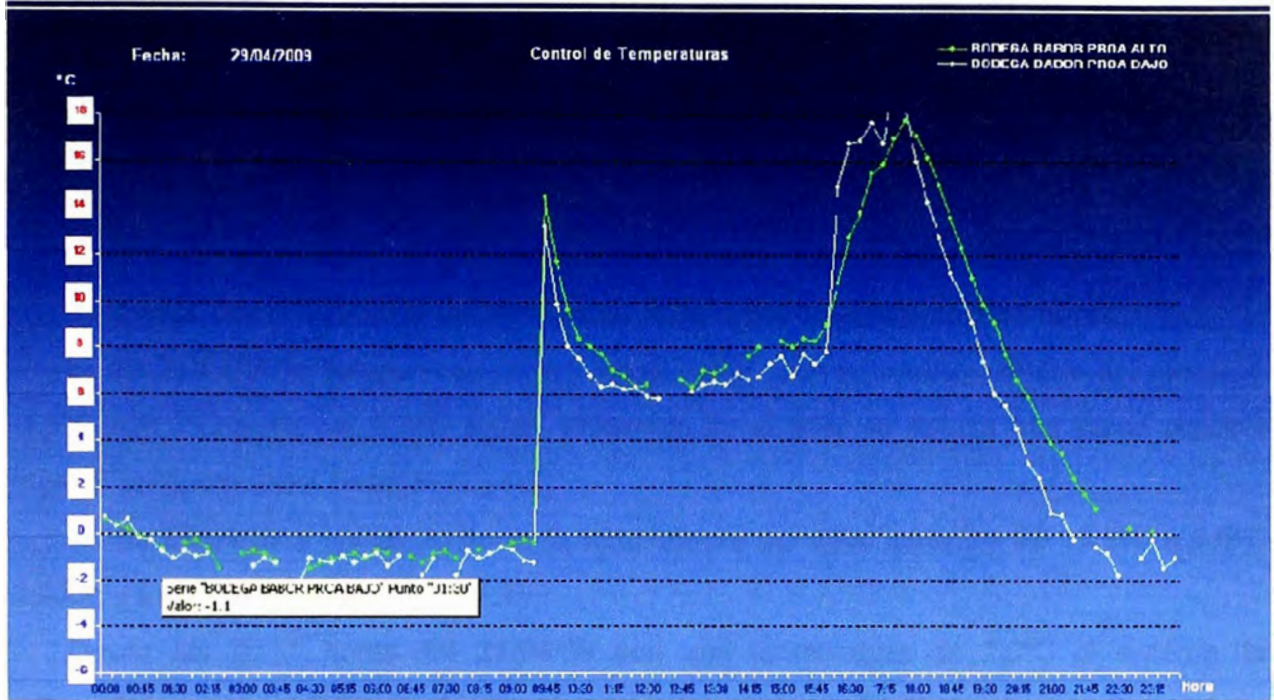


Fig.4.4 Curva de temperatura dentro de la bodega central durante el día 29/04/09

BODEGA BABOR PROA_ALTO		BODEGA BABOR PROA_BAJO		BODEGA BABOR PROA_ALTO		BODEGA BABOR PROA_BAJO		BODEGA BABOR PROA	
15/05/2009 15:00	11.8	15/05/2009 18:05	-1.4	16/05/2009 02:00	2.7	16/05/2009 21:45	-1.1	16/05/2009 03:45	0.7
15/05/2009 15:05	11	15/05/2009 18:10	-1.6	16/05/2009 02:05	2.2	16/05/2009 22:00	0.2	16/05/2009 04:00	1
15/05/2009 15:10	8.9	15/05/2009 18:15	-1.7	16/05/2009 02:10	1.6	16/05/2009 22:05	0.7	16/05/2009 04:05	0.3
15/05/2009 15:15	4.6	15/05/2009 18:20	-1.4	16/05/2009 02:15	1.4	16/05/2009 22:10	0.4	16/05/2009 04:10	-1
15/05/2009 15:20	1.3	15/05/2009 18:25	-1.4	16/05/2009 02:20	1.1	16/05/2009 22:15	0.4	16/05/2009 04:15	-1.1
15/05/2009 15:25	6.6	15/05/2009 18:30	-1.7	16/05/2009 02:25	3.8	16/05/2009 22:20	0.1	16/05/2009 04:20	0.3
15/05/2009 15:30	5	15/05/2009 18:35	-1.4	16/05/2009 02:30	1	16/05/2009 22:25	0.3	16/05/2009 04:25	-1.1
15/05/2009 15:35	2.6	15/05/2009 18:40	-1.6	16/05/2009 02:35	1.6	16/05/2009 22:30	1.2	16/05/2009 04:30	-1.3
15/05/2009 15:40	3	15/05/2009 18:45	-1.2	16/05/2009 02:40	3.8	16/05/2009 22:35	4	16/05/2009 04:35	-1.3
15/05/2009 15:45	2.3	15/05/2009 18:50	-1.5	16/05/2009 02:45	3.2	16/05/2009 22:40	-1.1	16/05/2009 04:40	-1.3
15/05/2009 15:50	1.5	15/05/2009 18:55	-1.3	16/05/2009 02:50	1.6	16/05/2009 22:45	-1.1	16/05/2009 04:45	-1.1
15/05/2009 15:55	0.6	15/05/2009 19:00	-1.8	16/05/2009 02:55	1.7	16/05/2009 22:50	0.1	16/05/2009 04:50	-1.3
15/05/2009 16:00	0.4	15/05/2009 19:05	-1.8	16/05/2009 03:00	4.8	16/05/2009 22:55	0.6	16/05/2009 04:55	-1.7
15/05/2009 16:05	0	15/05/2009 19:10	-1.2	16/05/2009 03:05	3.7	16/05/2009 23:00	0.1	16/05/2009 05:00	-1.5
15/05/2009 16:10	6.6	15/05/2009 19:15	-0.8	16/05/2009 03:10	3	16/05/2009 23:05	0.7	16/05/2009 05:05	-1.3
15/05/2009 16:15	0.8	15/05/2009 19:20	-0.6	16/05/2009 03:15	2.2	16/05/2009 23:10	0.1	16/05/2009 05:10	-1.6
15/05/2009 16:20	-0.3	15/05/2009 19:25	-1.3	16/05/2009 03:20	1.7	16/05/2009 23:15	2.3	16/05/2009 05:15	-1.2
15/05/2009 16:25	1.1	15/05/2009 19:30	-0.3	16/05/2009 03:25	1.6	16/05/2009 23:20	2	16/05/2009 05:20	-1.7
15/05/2009 16:30	8.7	15/05/2009 19:35	-0.7	16/05/2009 03:30	1.4	16/05/2009 23:25	2.3	16/05/2009 05:25	-1.4
15/05/2009 16:35	4.4	15/05/2009 19:40	-1.2	16/05/2009 03:35	1.1	16/05/2009 23:30	1.2	16/05/2009 05:30	-1.4
15/05/2009 16:40	0.6	15/05/2009 19:45	-1.4	16/05/2009 03:40	1.4	16/05/2009 23:35	1	16/05/2009 05:35	-1.3
15/05/2009 16:45	4.5	15/05/2009 19:50	-1.7	16/05/2009 03:45	1.7	16/05/2009 23:40	1	16/05/2009 05:40	-1.5
15/05/2009 16:50	4.2	15/05/2009 19:55	-1.6	16/05/2009 03:50	3.2	16/05/2009 23:45	0	16/05/2009 05:45	-1.2
15/05/2009 16:55	0.6	16/05/2009 00:00	1.8	16/05/2009 03:55	1.7	16/05/2009 23:50	0.1	16/05/2009 05:50	-1.6
15/05/2009 17:00	-4.3	16/05/2009 00:05	-2.1	16/05/2009 04:00	1.2	16/05/2009 23:55	0.3	16/05/2009 05:55	-1.7
16/05/2009 00:05	0	16/05/2009 00:10	1.1	16/05/2009 04:05	1.4	16/05/2009 24:00	0.1	16/05/2009 06:00	-1.1
16/05/2009 00:10	0.4	16/05/2009 00:15	-1.3	16/05/2009 04:10	1.4	16/05/2009 24:05	8.1	16/05/2009 06:05	-1.1
16/05/2009 00:15	0.3	16/05/2009 00:20	-1.7	16/05/2009 04:15	1.7	16/05/2009 24:10	8	16/05/2009 06:10	-1.1
16/05/2009 00:20	-0.1	16/05/2009 00:25	-1.3	16/05/2009 04:20	1.5	16/05/2009 24:15	6.7	16/05/2009 06:15	-1.2
16/05/2009 00:25	0	16/05/2009 00:30	1.0	16/05/2009 04:25	3.6	16/05/2009 24:20	6.7	16/05/2009 06:20	-1
16/05/2009 00:30	-0.2	16/05/2009 00:35	-1.4	16/05/2009 04:30	3.5	16/05/2009 24:25	4.4	16/05/2009 06:25	-0.3
16/05/2009 00:35	-0.7	16/05/2009 00:40	-1.2	16/05/2009 04:35	3.4	16/05/2009 24:30	4.7	16/05/2009 06:30	-1.1
16/05/2009 00:40	-1.1	16/05/2009 00:45	-0.8	16/05/2009 04:40	-1.1	16/05/2009 24:35	3.7	16/05/2009 06:35	-1.2
16/05/2009 00:45	0.3	16/05/2009 00:50	-0.8	16/05/2009 04:45	1.3	16/05/2009 24:40	3.2	16/05/2009 06:40	-1.2
16/05/2009 00:50	1.1	16/05/2009 00:55	-1.1	16/05/2009 04:50	1.3	16/05/2009 24:45	1.1	16/05/2009 06:45	-1.3
16/05/2009 00:55	-1	16/05/2009 01:00	-0.7	16/05/2009 04:55	3.6	16/05/2009 24:50	1.1	16/05/2009 06:50	-1.3
16/05/2009 01:00	10	16/05/2009 01:05	-0.3	16/05/2009 05:00	1.7	16/05/2009 24:55	2.4	16/05/2009 06:55	-1.7
16/05/2009 01:05	11	16/05/2009 01:10	-0.6	16/05/2009 05:05	3	16/05/2009 25:00	1.3	16/05/2009 07:00	-1.5
16/05/2009 01:10	4.6	16/05/2009 01:15	-0.5	16/05/2009 05:10	1.6	16/05/2009 25:05	1.2	16/05/2009 07:05	-1.1
16/05/2009 01:15	0.7	16/05/2009 01:20	-0.9	16/05/2009 05:15	3.2	16/05/2009 25:10	0.1	16/05/2009 07:10	-1.1
16/05/2009 01:20	-0.3	16/05/2009 01:25	-0.5	16/05/2009 05:20	3	16/05/2009 25:15	0.1	16/05/2009 07:15	-1.1
16/05/2009 01:25	4.6	16/05/2009 01:30	-0.3	16/05/2009 05:25	3	16/05/2009 25:20	0.1	16/05/2009 07:20	-1.1
16/05/2009 01:30	0.7	16/05/2009 01:35	-0.6	16/05/2009 05:30	3.2	16/05/2009 25:25	0.1	16/05/2009 07:25	-1.1
16/05/2009 01:35	-0.3	16/05/2009 01:40	-0.5	16/05/2009 05:35	3	16/05/2009 25:30	0.1	16/05/2009 07:30	-1.1
16/05/2009 01:40	4.6	16/05/2009 01:45	-0.3	16/05/2009 05:40	3.4	16/05/2009 25:35	0.1	16/05/2009 07:35	-1.1
16/05/2009 01:45	0.9	16/05/2009 01:50	-1.4	16/05/2009 05:45	1.6	16/05/2009 25:40	0.1	16/05/2009 07:40	-1.1
16/05/2009 01:50	4.6	16/05/2009 01:55	-1.5	16/05/2009 05:50	-1.1	16/05/2009 25:45	0.1	16/05/2009 07:45	-1.1
16/05/2009 01:55	4.2	16/05/2009 02:00	-1.7	16/05/2009 05:55	4.5	16/05/2009 25:50	0.7	16/05/2009 07:50	-0.3
16/05/2009 02:00	0	16/05/2009 02:05	-1.4	16/05/2009 06:00	3.7	16/05/2009 25:55	0.6	16/05/2009 07:55	-0.2
16/05/2009 02:05	-0.2	16/05/2009 02:10	-1.8	16/05/2009 06:05	1.4	16/05/2009 26:00	1	16/05/2009 08:00	-0.2
16/05/2009 02:10	0.4	16/05/2009 02:15	-1.3	16/05/2009 06:10	1.7	16/05/2009 26:05	0.3	16/05/2009 08:05	-0.3
16/05/2009 02:15	-0.1	16/05/2009 02:20	-1.4	16/05/2009 06:15	-	16/05/2009 26:10	-1.1	16/05/2009 08:10	-1.1
16/05/2009 02:20	4.2	16/05/2009 02:25	-0.8	16/05/2009 06:20	-	16/05/2009 26:15	0.1	16/05/2009 08:15	-1.1
16/05/2009 02:25	0.7	16/05/2009 02:30	-1.1	16/05/2009 06:25	-	16/05/2009 26:20	0.1	16/05/2009 08:20	-1.1
16/05/2009 02:30	-0.3	16/05/2009 02:35	-0.5	16/05/2009 06:30	-	16/05/2009 26:25	0.1	16/05/2009 08:25	-1.1
16/05/2009 02:35	4.6	16/05/2009 02:40	-0.3	16/05/2009 06:35	-	16/05/2009 26:30	0.1	16/05/2009 08:30	-1.1
16/05/2009 02:40	0.9	16/05/2009 02:45	-1.4	16/05/2009 06:40	-	16/05/2009 26:35	0.1	16/05/2009 08:35	-1.1
16/05/2009 02:45	4.2	16/05/2009 02:50	-1.7	16/05/2009 06:45	-	16/05/2009 26:40	0.7	16/05/2009 08:40	-0.2
16/05/2009 02:50	0	16/05/2009 02:55	-1.4	16/05/2009 06:50	-	16/05/2009 26:45	0.6	16/05/2009 08:45	-0.1
16/05/2009 02:55	-0.2	16/05/2009 03:00	-1.8	16/05/2009 06:55	-	16/05/2009 26:50	0.1	16/05/2009 08:50	-0.2
16/05/2009 03:00	0.4	16/05/2009 03:05	-1.3	16/05/2009 07:00	-	16/05/2009 26:55	0.1	16/05/2009 08:55	-0.3
16/05/2009 03:05	-0.1	16/05/2009 03:10	-1.4	16/05/2009 07:05	-	16/05/2009 27:00	0.1	16/05/2009 09:00	-1.1
16/05/2009 03:10	4.2	16/05/2009 03:15	-0.8	16/05/2009 07:10	-	16/05/2009 27:05	0.1	16/05/2009 09:05	-1.1
16/05/2009 03:15	0.7	16/05/2009 03:20	-1.2	16/05/2009 07:15	-	16/05/2009 27:10	0.1	16/05/2009 09:10	-1.1
16/05/2009 03:20	-0.3	16/05/2009 03:25	-1.5	16/05/2009 07:20	-	16/05/2009 27:15	0.1	16/05/2009 09:15	-1.1
16/05/2009 03:25	4.8	16/05/2009 03:30	-1.2	16/05/2009 07:25	-	16/05/2009 27:20	0.1	16/05/2009 09:20	-1.3
16/05/2009 03:30	-0.1	16/05/2009 03:35	-1.8	16/05/2009 07:30	-	16/05/2009 27:25	0.1	16/05/2009 09:25	-1.3

Fig.4.5 Base de datos almacenada en la macro del Administrador de datos

#### 4.1.3.b Resultados de las curvas de temperatura

Tomando como referencia la bodega babor proa de las Fig. 4.2, 4.3 y 4.4 obtenemos lo siguiente:

El día 27/04/09 a las 00:45min el valor de la temperatura en la bodega babor proa estaba en 18.1°C, como se muestra en la Fig.4.2.

A las 04:15 horas del 27/04/09 el valor de la temperatura es de -1.2°C (Fig. 4.2).

El tiempo de enfriamiento en esa bodega es de aproximadamente 3:30 horas.

El día 28/04/09 la temperatura en la bodega babor proa se mantuvo dentro del rango de -1.5°C a 0.5°C hasta las 20:00 horas, momento en el cual se realiza una faena pesca e ingresa producto a esa bodega (Fig.4.3)

El día 28/04/09 a las 20:00 horas la temperatura del agua aumenta de -1.7°C a 7.0°C debido a ingreso de pescado (Fig.4.3)

Desde las 20:15 horas del 28/04/09 con una temperatura de 7.0°C el sistema de refrigeración comienza a bajar la temperatura del agua de esa bodega.

El día 29/04/09 a la 1:30 horas la temperatura está nuevamente en -1.1°C (Fig.4.4)

Desde el último ingreso de pescado hasta llegar a -1.1°C el sistema demoró 5:15 horas.

#### 4.1.3.c Resultados económicos

Los cuadros mostrados a continuación detallan la pesca de la embarcación en mención durante los años 2008, 2009.

La Tabla N°4.2 muestra el detalle de la pesca en el año 2008, sistema automatizado con registro de temperaturas en bodegas, el total de pesca capturada fue 6677Tn de pescado (jurel y/o caballa), el pescado de calidad AB (premiun) para congelado fue de 2497.6Tn que es el 37% del total, el 63% restante de menor calidad se destinó para conserva y consumo humano.

<b>ACUMULADO CALIDAD AB – 2008</b>		
<b>Captura (Tn)</b>	<b>Congelado AB (Tn)</b>	<b>%AB</b>
6677	2497.6	37%

**TABLA N° 4.1** Detalle pesca 2008

La Tabla N°4.3 muestra el detalle de la pesca en el año 2009, sistema automatizado con registro de temperaturas en bodegas el total de pesca capturada fue 3058Tn de pescado (jurel y/o caballa), el pescado de calidad AB (premiun) para congelado es de 1659.5Tn que

es el 54% del total, el 46% restante de menor calidad se destinó para conserva y consumo humano.

<b>ACUMULADO CALIDAD AB – 2009</b>		
<b>Captura (Tn)</b>	<b>Congelado AB (Tn)</b>	<b>%AB</b>
3058	1659.5	54%

**TABLA N° 4.2** Detalle pesca 2009

De estas tablas se puede notar que el porcentaje de pescado AB (de calidad premium) aumento con el sistema automatizado y el registro de temperaturas en bodegas.

Adicionalmente se tiene que el precio del pescado para congelado y exportación oscila entre US\$ 900 y US\$ 1,100.00 por tonelada; mientras que para conserva US\$ 600.00 y US\$ 700.00.

Entonces vale decir que en el año 2008 y 2009 luego de la inversión del sistema de automatización y registro de datos la empresa obtuvo aproximadamente: US\$ 5'214,210.00 (año 2008) y US\$ 2'568,525.00 (año 2009) de ingresos brutos.

#### **4.2 Cronograma de actividades**

El proyecto de la instalación del sistema RSW para la E/P Tasa 59 se inició en Agosto del 2007, y la proyección era finalizar en Febrero del 2008, esto es debido al tiempo de entrega en los equipos de importación de 19 semanas y el tiempo de instalación de 10 semanas.

#### **4.3 Pruebas de Operación**

Al término de la instalación se procede a las siguientes actividades:

- a) Pruebas de presión (estanqueidad) del sistema de refrigeración con nitrógeno.
- b) Puesta en vacío del sistema, esto se realiza a través de bombas de vacío.
- c) Llenado con amoniaco del sistema.
- d) Pruebas de operación en vacío del sistema eléctrico.
- e) Puesta en marcha y pruebas del sistema con agua en las bodegas.
- f) Llenado de protocolo de pruebas.
- g) Descarga de los primeros datos almacenados de las temperaturas en bodegas y parámetros de operación del sistema durante el periodo de prueba de los equipos.
- h) Pruebas del sistema en navegación durante una salida de pesca.
- i) Acta de entrega del sistema automatizado.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

La automatización del sistema de refrigeración RSW, deja las siguientes conclusiones después de finalizado el proyecto:

- 1) La integración del sistema de control RSW, en conjunto con la generación de curvas y monitoreo de parámetro en tiempo real del sistema, todos estos dentro del HMI Magelis, brindan una ayuda importante al ingeniero de máquinas y al frigorista de la embarcación para tomar acciones sobre eventos y alarmas durante en proceso de enfriamiento del agua y del pescado.
- 2) El almacenamiento de datos de operación y de temperaturas de las bodegas brinda una visión amplia del proceso para los ingenieros del área de control de calidad acerca del adecuado uso y procedimiento de recepción de la pesca durante la navegación.
- 3) La flexibilidad para realizar cambios se incrementó, no sólo debido a los PLCs de nueva generación utilizados, sino al empleo del HMI, que permite crear interfases entre el operador y el proceso, que a su vez le brinda mayores prestaciones de operación al maquinista.
- 4) La instrumentación utilizada cuenta con transmisores de señal más compactos y que se pueden integrar al sistema de control, para el monitoreo de las variables del proceso.

### **RECOMENDACIONES**

Se recomienda implementar lo siguiente:

- 1) Tomar en consideración los procedimientos de puesta en marcha y operación tanto del sistema de refrigeración como del sistema eléctrico.
- 2) Hacer un programa de mantenimiento preventivo periódico a los motores eléctricos, válvulas, controles y tableros eléctricos, esto es debido al ambiente agresivo en donde se encuentran instalados.

**ANEXO  
GLOSARIO**

**Bodega.** Lugar de almacenamiento de pescado dentro de una embarcación, el cual cuenta con un sistema de enfriamiento por agua de mar.

**Babor.** Parte lateral izquierda de una embarcación en sentido de la marcha.

**CCM.** Central de Control de Motores

**Estribor.** Parte lateral derecha de una embarcación en sentido de la marcha.

**IEC.** Internacional Electrotechnical Commission.

**ISO.** International Organization for Standardization.

**LAN.** Local Area Network

**OSI.** Open Systems Interconnection

**Popa.** Parte posterior de una embarcación en sentido de la marcha.

**Proa.** Parte delantera de una embarcación en sentido de la marcha.

**WAN.** Wide Area Network.



## BIBLIOGRAFÍA

- 1) **Biblioteca Digital Schneider-Electric**  
<http://biblioteca.schneiderelectric.es/nbd/>
- 2) **Controles Industriales Danfoss**  
<http://www.danfoss.com/Spain/BusinessAreas/IndustrialControls/>
- 3) **Endress & Hauser**  
<http://www.endress.com>
- 4) **Fieldbus Foundation**  
<http://www.fieldbus.org/>
- 5) **Instrumentación Industrial**  
César Luis Cardozo  
<http://www.ib.cnea.bov.ar/nmayer/monografias/2008/C%C3%A9sar%20Cardozo%20%20Instrumentaci%C3%B3n%20Industrial.pdf>
- 6) **Internacional Standard IEC 61131-1**  
[http://webstore.iec.ch/preview/info\\_iec61131-1%7Bed2.0%7Den.pdf](http://webstore.iec.ch/preview/info_iec61131-1%7Bed2.0%7Den.pdf)
- 7) **Introducción a Ethernet Industrial**  
Ing. Diego M. Romero  
<http://www.ieee.org.ar/downloads/Romero-Eth-Ind.pdf>
- 8) **Introducción a HMI**  
<http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>
- 9) **Introduction to Distributed Control**  
Instrument Society of America – 1993
- 10) **Introduction to Modbus TCP/IP**  
Acromag  
[http://cgmfileserv.ucdavis.edu/binders/Data%20Acquisition%20Infrastructure/signal%20conditioning%20hardware/BusWorks%20Ethernet%20Relay%20\(982EN-4012\)/intro\\_modbusTCP\\_765a.pdf](http://cgmfileserv.ucdavis.edu/binders/Data%20Acquisition%20Infrastructure/signal%20conditioning%20hardware/BusWorks%20Ethernet%20Relay%20(982EN-4012)/intro_modbusTCP_765a.pdf)
- 11) **La pesca industrial en Chile**  
Facultad de Ciencias e Ingeniería – Universidad Austral de Chile  
<http://bibliotecna.upc.es/bib280/cursmari/parte2.pdf>
- 12) **Librería de automatización y control, Schneider-Electric**  
<http://www.schneider-electric.com.pe>
- 13) **Manual de operaciones sistema de control RSW**  
Ingeniería de Sistemas de Fluidos SAC
- 14) **Manual y Catálogo del Electricista 2003**  
Schneider Electric Perú
- 15) **Modern HMI/SCADA Systems**  
Rusan, Radu & Vanclieaf, Dale  
National Instruments
- 16) **National Instruments**  
<http://www.ni.com>

- 17) **ODVA EtherNet/IP**  
<http://www.ethernet-ip.org/>
- 18) **Pescado fresco o congelado**  
Dr. Enrique Rolandi Sánchez  
<http://from.mapa.es/fijos/pdf/esp/gastronomia/capitulo10.pdf>
- 19) **Programmable Logic Controllers, Principles and Applications**  
Webb, John & Reis, Ronald  
Prentice Hall – 1995
- 20) **Revista Pesca & Medio Ambiente**  
Año 4 N°23, Marzo del 2009
- 21) **Redes de comunicación industriales**  
Universidad de Valencia  
[http://www.uv.es/rosado/sid/Capitulo3\\_rev0.pdf](http://www.uv.es/rosado/sid/Capitulo3_rev0.pdf)
- 22) **SCADA Supervisory Control And Data Acquisition**  
Boyer, Stuart A.  
Instrument Society of America – 1993
- 23) **Sistemas SCADA**  
Ing. Henry Mendiburú Díaz  
<http://www.galeon.com/hamd/pdf/scada.pdf>
- 24) **Técnicas de Automatización avanzadas en procesos industriales**  
Emilio Jiménez Macías  
Universidad de la Rioja