



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
EXTENSIÓN LATACUNGA**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HMI PARA  
CONTROLAR EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN  
RELACIONADO CON EL PROCESO DE PRODUCCIÓN  
DE BEBIDAS CARBONATADAS EN LA EMPRESA  
THE TESALIA SPRINGS COMPANY – MACHACHI.”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA.**

**DARWIN ISRAEL TOAPANTA VIRACOCCHA**

**Latacunga, Febrero 2013**

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**CERTIFICACIÓN**

ING. FREDDY SALAZAR (DIRECTOR)  
ING. FRANKLIN SILVA (CODIRECTOR)

**CERTIFICAN:**

Que el trabajo titulado "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HMI PARA CONTROLAR EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN RELACIONADO CON EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS EN LA EMPRESA THE TESALIA SPRINGS COMPANY – MACHACHI." realizado por el señor: DARWIN ISRAEL TOAPANTA VIRACOCHA ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en forma portátil de Acrobat. Autorizan al señor: DARWIN ISRAEL TOAPANTA VIRACOCHA que lo entregue al ING. WILSON SÁNCHEZ, en su calidad de Director de Carrera.

Latacunga, Febrero del 2013.

-----  
Ing. Freddy Salazar  
**DIRECTOR**

-----  
Ing. Franklin Silva  
**CODIRECTOR**

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

### **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, DARWIN ISRAEL TOAPANTA VIRACOCHA

#### **DECLARO QUE:**

El proyecto de grado denominado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HMI PARA CONTROLAR EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN RELACIONADO CON EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS EN LA EMPRESA THE TESALIA SPRINGS COMPANY – MACHACHI.” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Febrero del 2013.

DARWIN ISRAEL TOAPANTA VIRACOCHA

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

### **AUTORIZACIÓN**

Yo, Darwin Israel Toapanta Viracocha.

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HMI PARA CONTROLAR EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN RELACIONADO CON EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS EN LA EMPRESA THE TESALIA SPRINGS COMPANY – MACHACHI.” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Febrero del 2013.

DARWIN ISRAEL TOAPANTA VIRACOCCHA

## **AGRADECIMIENTO**

Dando siempre gracias a Dios Padre por todas las cosas, “porque no hay otro Dios sino tú: que de todas las cosas tienes cuidado, para demostrar que no hay injusticia alguna en tus juicios o disposiciones.”  
Sabiduría 12:13

A mis Padres, Raúl y Margarita, por todo el inmenso amor, por su perdurable apoyo, por ese ejemplo de sacrificio y esfuerzo diario, sobre todo por aconsejarme y corregirme siempre que me equivoco.

A mis hermanos, por su compañía y apoyo, por las lecciones de vida que cada uno a su manera me regalan. Y familia en general.

A todos mis amigos/as pasados y presentes, por estar siempre conmigo apoyándome en todo las circunstancias posibles, también son parte de esta alegría.

Y a todos aquellos, que han quedado en los recintos más escondidos de mi corazón, pero que fueron partícipes en este sueño.

## **DEDICATORIA**

Al Sagrado corazón de Jesús y la Virgen Dolorosa por darme el don de la vida.

A todas las personas que no está físicamente conmigo pero estoy seguro me cuidan desde el cielo.

A mis hermanos Verónica y Jhony; que son y serán siempre la inspiración para alcanzar mis metas, por enseñarme que todo se aprende y todo esfuerzo es al final recompensado. Sus esfuerzos, se convirtieron en tu triunfo y el mío, LOS AMO.

Además dedicado a todas las vidas que empiezan, especialmente a mi sobrina K.A.

## ÍNDICE DE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
CARÁTULA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
ÍNDICE DE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xxiv
ANEXOS.....	xxvi
RESUMEN.....	xxvii
ABSTRACT.....	xxviii

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### CÁPITULO I INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES .....	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.3 OBJETIVOS .....	4
1.3.1 Objetivo General .....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA .....	4
1.5 DIAGRAMA DE BLOQUES.....	7

### CÁPITULO II GENERALIDADES

2.1 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN .....	8
2.1.1 Tipos de Refrigeración .....	8
a. Refrigeración doméstica .....	9
b. Refrigeración comercial .....	9
c. Refrigeración industrial .....	10
d. Aire acondicionado .....	11
e. Refrigeración marina y transporte.....	11



e.1 Enfriamiento.....	12
e.2 Refrigeración.....	12
e.3 Congelamiento.....	13
e.4 Criogénico.....	13
2.2 MÉTODOS DE REFRIGERACIÓN .....	14
2.3 CICLOS DE REFRIGERACIÓN.....	15
2.3.1 Ciclos mecánicos .....	15
2.3.2 Ciclos termo-mecánicos.....	15
2.3.3 Ciclos térmicos.....	16
2.3.4 Ciclos termoeléctricos.....	16
2.3.5 Ciclos electro-magnéticos .....	16
2.4 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN .....	16
2.4.1 Principio de funcionamiento (NH <sub>3</sub> -AGUA) .....	17
a. Generador.....	17
b. Condensador .....	17
c. Evaporador.....	18
d. Absorbedor .....	18
2.5 COMPONENTES DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN .....	18
2.5.1 Compresor .....	19
a. Tipos de compresores .....	19
a.1 Compresor de émbolo oscilante .....	20
a.2 Compresor de membrana .....	20
a.3 Compresor rotativo multicelular .....	21
a.4 Compresor de tornillo helicoidal, de dos ejes.....	22

a.5 Compresor roots .....	22
a.6 Turbo compresores .....	23
2.5.2 Condensador .....	24
a. Funciones .....	24
b. Tipos .....	24
b.1 Enfriados por aire.....	25
b.2 Enfriados por agua.....	25
b.3 Condensador evaporativo .....	26
2.5.3 Evaporador .....	27
a. Función .....	27
b. Tipos .....	28
b.1 Según alimentación de refrigerante .....	28
b.1.1 De expansión directa o expansión seca .....	28
b.1.2 Inundados .....	29
b.1.3 Sobrealimentados .....	30
b.2 Según el tipo de construcción.....	31
b.2.1 Tubo descubierto .....	31
b.2.2 De superficie de placa .....	31
b.2.3 Evaporadores aleteados .....	32
2.5.4 Válvula de Expansión .....	33
a. Tipos .....	33
a.1 Manual .....	33
a.1.1 Termostática .....	33
a.1.2 Termostática con compensación de presión externa .....	34
a.1.3 Electrónica o electromecánica .....	34
a.2 Automática .....	34
b. Componentes de la VET .....	34

2.6 REFRIGERANTES .....	35
2.7 TONELADA DE REFRIGERACIÓN.....	36
2.8 DEPÓSITO DE NH <sub>3</sub> .....	37
2.8.1 Partes de un recibidor.....	37
2.8.2 Tipos de recibidores.....	38
a. Recibidor de flujo continuo.....	38
b. Recibidor de tipo compensador .....	38
2.9 SENSORES.....	38
a. Sensores Pasivos .....	39
b. Sensores Activos .....	39
c. Según el tipo de magnitud física a detectar .....	39
2.10 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) .....	41
2.10.1 Principales Componentes de un PLC .....	41
a. Fuente de alimentación.....	41
b. CPU .....	42
c. Módulo de entradas .....	42
d. Módulo de salida.....	42
e. Terminal de programación .....	42
f. Periféricos.....	43
2.11 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN .....	43
2.12 INTERFÁZ HUMANO MÁQUINA (HMI) .....	44

2.13 PANEL DE VISUALIZACIÓN .....	46
2.13.1 Descripción .....	47

### **CÁPITULO III**

#### **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN**

3. 1 DESARROLLO DEL PROYECTO .....	48
3.1.1 Diseño de hardware .....	49
3.1.2 Diseño del equipo .....	49
3.1.3 Diseño mecánico .....	50
3.1.4 Diseño electrónico .....	51
a. Equipo utilizado para la adquisición de datos .....	51
3.2 SELECCIÓN DE ELEMENTOS .....	51
3.2.1 Transductores de Presión Danfoss, serie MBS 4500 .....	52
a. Conexión.....	54
3.2.2 Transmisor de temperatura de 100 ohmios Pt 4-20mA .....	54
3.3 HARDWARE UTILIZADO PARA EL CONTROL DEL SISTEMA .....	56
3.3.1 PLC Siemens S7-1200 .....	57
3.3.2 Diagrama de cableado.....	59
3.4 COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA PROTECCIÓN DEL SISTEMA .....	60
3.4.1 Fuentes monofásicas y bifásicas SITOP.....	60
3.4.2 Breaker Electromagnético.....	62

3.4.3 Interfaces de relé u optoacoplador.....	63
3.5 DISEÑO DEL SOFTWARE Y PROGRAMACIÓN.....	65
3.5.1 Selección del Software .....	65
3.5.2 Software de programación TIA Portal V11 .....	65
a. Ventajas.....	66
3.6 ALGORITMOS Y PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA .....	66
3.6.1 Supervisión y control general del sistema.....	68
a. Compresores VILTER.....	69
a.1 Control encendido y apagado de los compresores .....	70
b. Sistema de Vapor, aire de baja, Carbogas (CO2) y Amónico (NH3) ...	71
c. Sistema de glicol.....	72
d. Temperatura .....	73
3.6.2 Variables utilizadas del PLC .....	73
3.7 COMUNICACIÓN ENTRE PC /PLC .....	74
3.7.1 Equipo de adquisición de datos por medio del bus USB .....	75
3.7.2 Interfáz profinet integrada .....	76
a. Conexión directa.....	76
b. Conexión de red.....	76
3.8 HARDWARE UTILIZADO PARA EL MONITOREO .....	77
3.8.1 Estructura de un panel operador o HMI .....	78
3.8.2 Requerimientos de Screen Editor .....	79
a. Características y exposiciones.....	80

3.9 SOFTWARE DE DISEÑO SCREEN EDITOR 2.00.23.....	81
3.9.1 Configuración del DOP .....	82
a. Crear un nuevo proyecto .....	82
b. Selección del controlador.....	83
c. Desarrollo del proyecto .....	83
d. Definir la dirección .....	84
e.- Configuración y transferencia .....	85
3.9.2 Sistema de enfriamiento .....	87
3.9.3 Compresores de amoníaco.....	88
3.9.4 Generación de vapor .....	89
3.10 MONTAJE E IMPLEMENTACIÓN .....	90
3.10.1 Elementos y equipo Instalado.....	90
a. Tablero de Control y Monitoreo.....	91
b. Módulos de Señales (SM).....	93
b.1 Módulos de entradas y salidas digitales .....	93
b.1.1 Entradas digitales .....	94
b.1.2 Especificaciones generales.....	94
b.1.3 Datos técnicos de entradas digitales .....	94
b.1.4 Salidas digitales .....	95
b.1.5 Datos técnicos de salidas digitales .....	95
b.2 Módulos de entradas y salidas análogas .....	96
b.2.1 Entradas análogas .....	97
b.2.2 Especificaciones generales.....	97
b.2.3 Datos técnicos de entradas análogas .....	98

b.2.4 Salidas análogas.....	98
b.2.5 Datos técnicos de salidas digitales .....	99
b.3 Módulo RTD.....	100
b.3.1 Especificaciones generales.....	101
b.3.2 Datos técnicos de entradas análogas .....	101
c. Transmisores de presión y temperatura.....	101
d. Sujeción de los aparatos.....	103
e. Cableado mediante el diseño eléctrico .....	103
f. Conector UTP .....	104
g. Switch Industrial Ethernet SCALANCE X005.....	105
g.1 Características .....	106
h. Router Inalámbrico.....	107
i. Computador para el HMI .....	108

## **CÁPITULO IV**

### **ANÁLISIS DE PRUEBAS Y RESULTADOS**

4.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO ENTRE PLC Y PANEL DE VISUALIZACIÓN.....	109
4.2 PRUEBAS Y CALIBRACIÓN DEL SISTEMA.....	111
4.2.1 Acondicionamiento de señal .....	111
a. NORM_X: Normalizar .....	112
a.1 Descripción .....	112
a.2 Parámetros .....	113
b. SCALE_X: Escalar.....	115

b.1 Descripción .....	115
b.2 Parámetros .....	116
4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS.....	118
4.3.1 Supervisión y control.....	118
a. Temperatura .....	118
b. Presión.....	119
4.3.2 Monitoreo de las bombas de Glicol.....	120
4.3.3 Monitoreo de presiones.....	120
4.4 RELACIÓN DE VOLGAS CO <sub>2</sub> , PRESIÓN, TEMPERATURA.....	121
4.4.1 Margen de error .....	124
4.4.2 Análisis del margen de error .....	126
4.5 ANÁLISIS FINANCIERO.....	126
4.5.1 Análisis de Costos .....	126
a. Elementos mecánicos.....	127
b. Elementos eléctricos.....	127
c. Otros materiales.....	128
4.5.2 Flujos de Caja .....	130
4.5.3 Valor presente neto (VPN).....	131
a. Valor absoluto neto (VAN) .....	131
b. Tasa Mínima de Aceptación de Riesgo (TMAR).....	132
4.5.4 Tasa Interna de Retorno (TIR).....	132
4.5.5 Período Real de Recuperación de la Inversión (PRI) .....	133



a. Recuperación de la inversión.....	133
4.5.6 Relación Beneficio - Costo (RBC).....	134
4.5.7 Interpretación del Análisis Financiero .....	135

**CÁPITULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

CAPÍTULO V.....	136
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	136
5.1 CONCLUSIONES .....	136
5.2 RECOMENDACIONES.....	138
BIBLIOGRAFÍA.....	139

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

Figura 1.1: Compresores del sistema de enfriamiento.....	5
Figura 1.2: Diagrama de bloques general del sistema.....	7

### CAPÍTULO II

Figura 2.1: Refrigerador doméstico.....	9
Figura 2.2: Refrigerador comercial.....	10
Figura 2.3: Refrigerador industrial.....	11
Figura 2.4: Métodos de Refrigeración.....	14
Figura 2.5: Operación por absorción: NH <sub>3</sub> -AGUA.....	17
Figura 2.6: Componentes del sistema de refrigeración.....	18
Figura 2.7: Tipos de compresores .....	20
Figura 2.8: Compresor de émbolo oscilante .....	20
Figura 2.9: Compresor de membrana .....	21
Figura 2.10: Compresor rotativo multicelular .....	22
Figura 2.11: Compresor de tornillo helicoidal.....	22
Figura 2.12: Compresor roots .....	23
Figura 2.13: Compresor axial y radial .....	23

Figura 2.14: Clasificación de los condensadores.....	24
Figura 2.15: Enfriador por aire .....	25
Figura 2.16: Enfriados por agua.....	26
Figura 2.17: Condensador evaporativo .....	26
Figura 2.18: Esquema de evaporador de expansión directa.....	29
Figura 2.19: Esquema de evaporador inundado .....	30
Figura 2.20: Esquema de evaporadores sobrealimentados.....	30
Figura 2.21: Evaporador de tubo descubierto .....	31
Figura 2.22: Evaporador de serpentín aleteado.....	32
Figura 2.23: Dispositivo de expansión .....	33
Figura 2.24: Válvula de expansión termostática .....	35
Figura 2.25: Refrigerantes según su función .....	36
Figura 2.26: Depósito o receptor de amoníaco.....	37
Figura 2.27: Tipos de recibidores.....	38
Figura 2.28: Vista de un PLC.....	41
Figura 2.29: Componentes principales de un HMI .....	46
Figura 2.30: Panel de visualización .....	46

### **CAPÍTULO III**

Figura 3.1: Línea Kompass .....	48
Figura 3.2: Transmisor de presión MBS 4500 .....	52

Figura 3.3: Diagrama de sensor de Presión MBS 4500.....	54
Figura 3.4: Transmisor RTD.....	55
Figura 3.5: Conexión de los transmisores de 2 y 3 hilos.....	56
Figura 3.6: PLC Siemens, 1 Conector de corriente, 2 Ranura para Memory Card, 3 Conectores, 4 LEDs de E/S, 5 Conector PROFINET .....	58
Figura 3.7: CPU 1214C AC/DC relé (6ES7 214-1BE30-0XB0).....	59
Figura 3.8: Fuente SITOP .....	61
Figura 3.9: Disyuntor electromagnético bipolar Schneider.....	63
Figura 3.10: Estructura del relé electromecánico.....	64
Figura 3.11: Diagrama de conexión relé .....	64
Figura 3.12: Interfaz de comunicación PLC, HMI, PC.....	66
Figura 3.13: Pantalla del software TIA Portal V11 .....	67
Figura 3.14: Diagrama de flujo general del sistema.....	69
Figura 3.15: Diagrama de flujo, control encendido y apagado.....	70
Figura 3.16: Programa en TIA Portal V11, para el control manual y automático de los compresores. ....	71
Figura 3.17: Programa en TIA Portal V11, para el monitoreo de Vapor, CO2, aire de baja, NH3.....	71
Figura 3.18: Programa en TIA Portal V11, para el sistema de glicol.....	72
Figura 3.19: Programa en TIA Portal V11, para la temperatura.....	73
Figura 3.20: Conexión directa, conectada a una CPU S7-1200 .....	77
Figura 3.21: Panel Delta para la adquisición del control y monitoreo .....	78

Figura 3.22: Estructura de un Panel Operador .....	78
Figura 3.23: Aspecto general del Windows XP y Screen Editor.....	79
Figura 3.24: Transferencia de datos/descarga.....	79
Figura 3.25: Varias interfaces de comunicación .....	80
Figura 3.26: Pantalla Principal de la Interfaz realizada en el proyecto.....	81
Figura 3.27: Creación del nuevo proyecto .....	82
Figura 3.28: Selección y tipo de controlador.....	83
Figura 3.29: Ventana de desarrollo del proyecto. ....	84
Figura 3.30: Ventana para definir la dirección.....	85
Figura 3.31: Ventana de configuración general. ....	86
Figura 3.32: Diagrama de refrigeración del sistema de enfriamiento.....	87
Figura 3.33: Pantalla principal de compresores Vilter que gobierna el sistema de refrigeración.....	88
Figura 3.34: Pantalla principal del área de Generación de vapor .....	89
Figura 3.35: Tablero de control y monitoreo .....	92
Figura 3.36: Módulo de señales, 1 LEDs de E/S, 2 Conector bus, 3 Conector extraíble para el cableado .....	93
Figura 3.37: Entradas digitales .....	94
Figura 3.38: Entradas digitales .....	95
Figura 3.39: Entradas digitales .....	97
Figura 3.40: Salidas análogas.....	99

Figura 3.41: Módulo RTD, 1 Entradas no utilizadas, 2 de dos hilos, 3 de tres hilos, 4 cuatro hilos .....	100
Figura 3.42: Montaje final de los transmisores de presión y temperatura, a) Sensor de presión (aire de baja), b) Sensor de presión (Tanque de NH3), c) Sensor de presión (Vapor), d) Sensor de presión (CO2), e) Sensor de Temperatura (Mix Carbocooler).....	102
Figura 3.43: Tipos de Sujeción de aparatos .....	103
Figura 3.44: Conector UTP .....	104
Figura 3.45: Configuración del Ponchado .....	105
Figura 3.46: Topología en estrella con SCALANCE X005 .....	106
Figura 3.47: Switch SCALANCE X005.....	107
Figura 3.48: Router Inalámbrico.....	107
Figura 3.49: Computadora para la Interfaz .....	108

## **CAPÍTULO IV**

Figura. 4.1: Calibración de la presión de NH3 .....	111
Figura 4.2: Normalizar valores .....	112
Figura 4.3: Función de la instrucción .....	114
Figura 4.4: Escalar valores .....	115
Figura 4.5: Funcionamiento de la instrucción .....	117
Figura 4.6: Señal de Temperatura, Carbonatador .....	119
Figura 4.7: Señal de presión de succión de los compresores.....	119

Figura 4.8: Señales de bombas de glicol .....	120
Figura 4.9: Señales de Presiones, Amoníaco, Vapor, CO2, Aire de baja .....	121
Figura 4.10: Relación de Volgas CO2, Presión, Temperatura - Tiempo	122
Figura 4.11: Gráfica del Margen de Error .....	125

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO III

Tabla 3.1. Característica de operación sensor de presión serie MBS 4500 .....	53
Tabla 3.2. Esquema de conexión del sensor de presión MBS 4500 .....	54
Tabla 3.3. Especificaciones del Transmisor .....	55
Tabla 3.4. Características principales del PLC SIEMENS S7 – 1200/ CPU 1214C AC/DC/ relé .....	59
Tabla 3.5. Datos técnicos de la fuente SITOP .....	61
Tabla 3.6. Capacidad de interrupción del disyuntor termomagnético .....	62
Tabla 3.7. Variables utilizadas del PLC .....	73
Tabla 3.8. Variables utilizadas del PLC .....	74

### CAPÍTULO IV

Tabla 4.1. Normalizar valores .....	113
Tabla 4.2. Funcionamiento de la Instrucción .....	114
Tabla 4.3. Escalar valores .....	116
Tabla 4.4. Parámetros del funcionamiento .....	117
Tabla 4.5. Valores de Volgas CO2 para dos presentaciones .....	121
Tabla 4.6. Gastos que se tuvo en los elementos mecánicos .....	127
Tabla 4.7. Gastos que se tuvo en los elementos eléctricos .....	127
Tabla 4.8. Gastos que se tuvo en otros materiales .....	128
Tabla 4.9. Gastos totales en todos los elementos .....	129



Tabla 4.10. Inversión inicial que se utilizó en el sistema.....	129
Tabla 4.11. Inversión a un año proyectada del sistema de enfriamiento	130
Tabla 4.12. Proyección del flujo de caja para 5 años.....	130
Tabla 4.13. Rangos de valores para el proyecto.....	134
Tabla 4.14. Rango de valores obtenidos en el análisis financiero .....	135

## **ANEXOS**

**ANEXO A:** Hoja de datos Transmisor MBS 33M Danfoss.

**ANEXO B:** Hoja de datos Transmisor MBS 4500 Danfoss.

**ANEXO C:** Hoja de datos Transmisor Pt 100.

**ANEXO D:** Ubicación de Sensores.

**ANEXO E:** Hoja de datos Variador de Frecuencia Serie MCD 202.

**ANEXO F:** Tabla de la Relación de Temperaturas R717 Y Presiones para el Amoníaco (NH<sub>3</sub>).

**ANEXO G:** Relés Auxiliares CAMSCO.

**ANEXO H:** Borneras de Conexión WEIDMÜLLER.

**ANEXO I:** Pulsadores e Interruptores CAMSCO.

**ANEXO J:** Bornera de Conexión.

**ANEXO K:** Programación en TIA Portal V11.

**ANEXO L:** Cable UTP.

**ANEXO M:** Manual de Operación.

## **RESUMEN**

En el Ecuador dentro del campo industrial aún se manejan procesos totalmente manuales, lo cual no beneficia en nada al mejoramiento de la producción, ya que los procesos son cada vez más complejos y cada vez requiere mayor calidad, por este motivo se realizó la automatización en la empresa “The Tesalia Springs Company” reduciendo ampliamente la necesidad sensorial y mental del operario humano.

La automatización es la sustitución de las labores humanas, por sistemas o elementos computarizados y electromecánicos, ya que estos, en cuanto a lo tedioso de algunos procesos, son mucho más eficientes que la mano de obra humana.

El presente proyecto consiste en el diseño e implementación del control y monitoreo del sistema de refrigeración. El sistema se compone de sensores que miden las variables del proceso como son: temperatura y presión para bebidas carbonatadas; además permite controlar equipos como: electroválvulas, compresor de amoníaco, condensador evaporativo para cumplir con las características y exigencias de este proceso de refrigeración.

Se realizó también un HMI (Interfaz Hombre Máquina) que permite al usuario variar las referencias de control, monitorear en tiempo real el sistema, almacenar datos de importancia del proceso para realizar históricos para un posterior análisis. El usuario también tiene la posibilidad de monitorear en tiempo real el proceso de refrigeración desde cualquier parte de la empresa.

## **ABSTRACT**

In Ecuador, within the industrial field are handled entirely manual process, which no benefits to improve the production, since the processes are becoming increasingly complex and require higher quality, for this reason, automation is performed the company "The Tesalia Springs company" greatly reducing the need sensory and mental of the human operators.

Automation is the replacement of human labor by systems or computer and electromechanical elements, since these, as to the tediousness of some processes are more efficient than human labor.

This project consists of the design and implementation of control and monitoring of the cooling system. The system consists of sensors that measure process variables such as: temperature and pressure for carbonated beverages, in addition to control equipment such as valves, ammonia compressor, evaporative condenser to carry out the characteristics and requirements of this cooling process.

Also it was conducted a HMI (Human Machine Interface) that allows the user to vary the control references, real-time monitoring system, storing important data for historical process for further analysis. Also the user also has the ability to monitor in real time the cooling process from any place at the enterprise.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

A medida que pasa el tiempo las interfaces nos han rodeado poco a poco se han convertido en parte cotidiana de nuestra vida. Cuando encendemos la televisión con el control remoto nos percataremos de cómo las interfaces han evolucionado a través del tiempo e interfiriendo en nuestras actividades. Mientras se desarrolla la tecnología, también se debe pensar en mejorar la calidad de vida de las personas y las condiciones de los trabajadores.

La idea es que el trabajador no se extenua debido a labores repetitivas que puedan afectar su salud, para cubrir esta necesidad la solución más práctica es la automatización implantando un sistema de propio manejo que realizan las tareas que puedan arriesgar la seguridad del trabajador.

Conjuntamente los niveles de calidad que han alcanzado los procesos industriales a nivel mundial son indudablemente altos, gracias al acelerado desarrollo de la electromecánica y de los variados sistemas de control que con el tiempo siguen mejorando. El Ecuador no es la excepción, pues en los últimos años ha crecido significativamente la aceptación de estos sistemas, y el interés de las industrias por implementarlos es cada vez mayor.

Las industrias de bebidas gaseosas siempre ha buscado sistemas y equipos de control industrial confiables y flexibles, que representen una ventaja y brinden soluciones prácticas e innovadoras a la hora de producir.

## **1.1 ANTECEDENTES**

Las industrias de bebidas en los últimos años han mejorado considerablemente, todavía no alcanza niveles de automatización óptimos, de esta forma crece la necesidad de obtener maquinaria, procesos y personal más eficiente. Todavía existe un gran porcentaje de procesos que se siguen haciendo de forma manual, mientras que en otros países ya han sido automatizados por la gran exigencia y competitividad del mercado, por esta razón surge la posibilidad de realizar el presente proyecto.

Observando modelos ya existentes, el sistema de control y supervisión para el área sala de máquinas consiste básicamente en un Interfaz humano máquina en cuyo sitio se encuentran compresores de amoníaco ubicados para enfriar las bebidas, que permita obtener el producto deseado a tiempo y sin fallas.

Conjuntamente intervienen varios elementos eléctricos y electrónicos que permiten mayor comodidad a la hora de realizar el control y monitoreo. Todo esto controlado mediante un PLC, que generalmente permite una operación, manual, semiautomática y automática del sistema, ejecutando técnicas de control y supervisión, optimizando su funcionamiento, mejorando los procesos y procedimientos, y aumentando la producción de manera significativa, incluso llegando a obtener niveles de producción que sobrepasan la metas planteadas.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El área sala de máquinas de servicios de enfriamiento mediante amoníaco para bebidas carbonatadas en la empresa Tesalia en

Machachi, tiene gran importancia para la empresa mencionada, las variables fundamentales de los diferentes procesos son temperatura, presión, nivel, lo ideal sería poder monitorear y controlar, cada una de estas variables especialmente la presión y la temperatura en cada una de las diferentes etapas de los ciclos de generación de vapor, generación de aire de baja, generación de CO<sub>2</sub> (Carbogas) y generación de frío. Sin embargo, actualmente sólo se cuenta con una visualización local en algunos equipos como los compresores, con manómetros tipo bourdon, así mismo para las calderas y las cavas, se cuenta con manómetros y termómetros. Con el fin de mejorar el proceso de enfriamiento para bebidas carbonatadas se lleva a cabo el proyecto de grado con el tema: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HMI PARA CONTROLAR EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN RELACIONADO CON EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS, que permita monitorear continuamente las variables y adicionalmente llevar un registro semanal de los cambios ocurridos, alarmas que se presentan debido a altas o bajas temperaturas y/o presiones.

Con el desarrollo del proyecto se busca integrar el área de generación de frío en un sistema de supervisión y control, que permita monitorear continuamente las variables fundamentales de este proceso: temperatura de los diferentes mezcladores, presión de succión de los compresores, presiones en los diferentes sistemas de generación y el control de los compresores dependiendo de la carga. Y llevar un registro con históricos del comportamiento de las variables y de los rangos alcanzados en diferentes horas del día. Con el fin de evitar fallas que pueden ocasionar paros indeseados.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar e implementar un HMI para controlar y supervisar el proceso de refrigeración por amoníaco en el área sala de máquinas de la empresa “The Tesalia Springs Company”

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Identificar el proceso actual y las oportunidades de mejoramiento.
- Seleccionar los equipos y elementos adecuados que garanticen el proceso automático de refrigeración.
- Diseñar un programa que permita la correcta operación automática del sistema de amoníaco.
- Implementar un sistema de automatización óptimo de operación.

## **1.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA**

El presente proyecto está dirigido a la empresa “THE TESALIA SPRINGS COMPANY” en el área de sala de máquinas el mismo que consta con: 3 compresores de amoníaco, 1 condensador evaporativo, 1 trampa de líquido, 1 depósito de amoníaco y 3 carbonatadores de bebidas.





Figura 1.1: Compresores del sistema de enfriamiento

Fuente: Área de sala de máquinas TESALIA

El diseño e implementación involucrará, un control y supervisión mejorado del proceso (manual - automático) de refrigeración por amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) del sistema de enfriamiento.

Se buscará y seleccionará en el mercado los dispositivos que permitan desarrollar y satisfacer las necesidades de este proyecto como: un panel DELTA para el control de operación, PLC de la familia SIEMENS S7 – 1200 CPU 1214C, un cable de transmisión de datos, sensores de presión y temperatura de marca Danfoss, los sensores de presión son los dispositivos que envían la señal al PLC para el accionamiento de los presostatos (controles de capacidad 25%, 50%, 75% y 100%) de los compresores y a su vez el accionamiento automático de los demás compresores que cuenta el área de Sala de Máquinas dependiendo de la

cantidad de carga térmica requerida (TR) que necesita una línea de producción para el proceso.

El funcionamiento electromecánico de los compresores de amoníaco, va a ser controlado por un programa diseñado para cumplir el proceso de refrigeración, donde se visualizará los diferentes parámetros de operación en el panel, lo cual permitirá al operario tener un óptimo sistema de control, supervisión y operación del proceso. Los diferentes dispositivos utilizados en este proyecto van estar ubicados en puntos estratégicos como: en el tanque de succión de los compresores para tener una presión y temperatura adecuada para las diferentes líneas de llenado (40 PSIG, 26°F) los cuales enviarán una señal para el accionamiento automático de los equipos de refrigeración, estarán también ubicados en el condensador evaporativo para el accionamiento de los ventiladores y para el enfriamiento del agua, luego de cumplir su proceso de intercambio de calor (fase gas a fase líquido) con el amoníaco.

El amoníaco se descarga en los carbonatadores (Páramix, Carbocooler, Roblemix y Pádovan), manteniendo una adecuada presión y temperatura de almacenamiento (150 PSIG, 84°F), en la bomba de recirculación de agua estará un sensor de presión enviando la señal para el enfriamiento de los compresores elemento indispensable para la operatividad, este proyecto permitirá tener una alta eficiencia, logrando disminuir paros de producción por falta de enfriamiento, lo cual será un claro beneficio para la empresa.

## 1.5 DIAGRAMA DE BLOQUES<sup>1</sup>

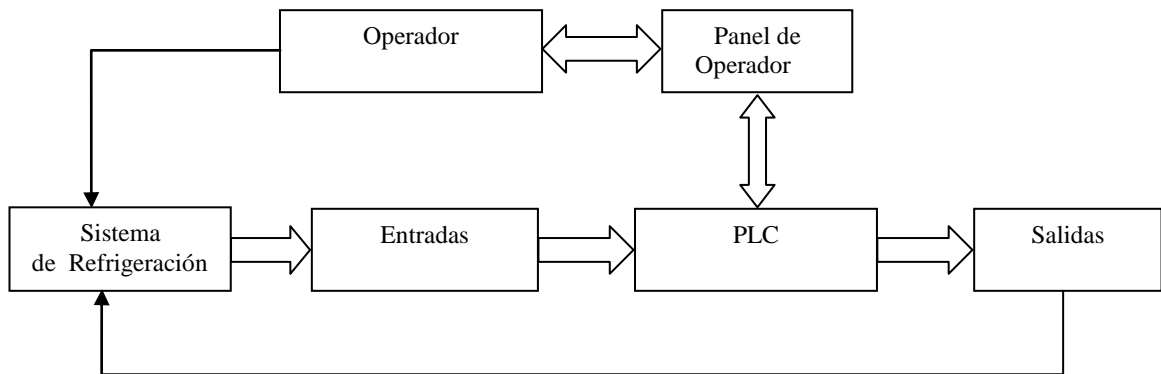


Figura 1.2: Diagrama de bloques general del sistema  
Elaborado por: Darwin Toapanta

En la figura 1.2 se puede observar un esquema general del sistema, donde el PLC procesará las señales digitales que vienen del sistema de refrigeración, éstas pueden ser: sensores, señales de compresores, entre otras. Luego el PLC enviará de vuelta otras señales al sistema de refrigeración, para cambiar el estado de sus elementos, para luego nuevamente leer el estado de las entradas.

Además ciertas señales del PLC se enviarán al panel de operador y viceversa para que el operador pueda leer u observar lo que pasa con el proceso y también pueda tomar decisiones y actuar desde el panel o directamente sobre el sistema mediante pulsantes, botoneras, etc.

<sup>1</sup> De la Torre E.: "Diseño y simulación de la lógica de control y de la interfaz HMI de un prototipo de sistema de transportación para ensamblaje en una planta automotriz", 2008, Pág. 13.

## CAPÍTULO II

### GENERALIDADES

#### 2.1 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN<sup>2</sup>

El sistema de refrigeración se puede definir como la extracción de calor de una sustancia o espacio produciendo en ella una temperatura inferior a la de sus alrededores. El enfriamiento se efectúa por la evaporación del líquido refrigerante en un intercambiador de calor denominado evaporador.

La sustancia de trabajo usada en sistemas de refrigeración por absorción, en el caso de los ciclos de absorción se basan físicamente en la capacidad de absorber calor que tienen algunas sustancias, tales como el agua y algunas sales como el bromuro de litio, al disolver, en fase líquida, vapores de otras sustancias tales como el amoníaco y el agua, respectivamente.<sup>3</sup>

##### 2.1.1 Tipos de Refrigeración<sup>4</sup>

En la actualidad existen 5 tipos de aplicaciones de la refrigeración, los cuales son:

- a) Doméstica.
- b) Comercial.

---

<sup>2</sup> Faires, Termodinámica, Sexta Edición, Pág. 220.

<sup>3</sup> BUENAÑO L. y Esparza M.: "Diseño y construcción de un sistema de refrigeración de conservación para laboratorio", 2010, Pág. 25.

<sup>4</sup> ARELLANO, Estrada, Hernández, Serrano, "Proyecto de un sistema refrigeración para congelar camarón en la ciudad de Campeche", 2009, Pág. 43-46.

- c) Industrial.
- d) Aire acondicionado.
- e) Marina.

#### **a. Refrigeración doméstica**

El campo de la refrigeración doméstica esta limitada principalmente a refrigeradores y congeladores caseros. Las unidades domésticas generalmente son de tamaños pequeños teniendo capacidades de potencia que fluctúan entre 1/20 y ½ HP.



Figura 2.1: Refrigerador doméstico  
Fuente: [www.indurama.com/portal/refrigeradoras](http://www.indurama.com/portal/refrigeradoras)

#### **b. Refrigeración comercial**

La refrigeración comercial se refiere al diseño, instalación y mantenimiento de unidades de refrigeración del tipo que se tienen en establecimientos comerciales para su venta al menudeo, restaurantes, hoteles e instituciones que se dedican al almacenamiento, exhibición,

procesamientos y a la distribución de artículos de comercio perecederos de todos tipos.



Figura 2.2: Refrigerador comercial  
Fuente: [www.imbera.mx](http://www.imbera.mx)

### **c. Refrigeración industrial**

La refrigeración industrial a menudo es confundida con la refrigeración comercial porque la división entre estas dos áreas no está claramente definida. Como regla general, las aplicaciones industriales son más grandes en tamaño que las aplicaciones comerciales, y la característica que las distingue es que se requiere un empleado para su servicio, que por lo general es un ingeniero. Algunas aplicaciones industriales típicas son plantas de hielo, grandes plantas empacadoras de alimentos, cervecerías, lechería, y plantas industriales, tales como refinerías de petróleo, plantas químicas, etc.

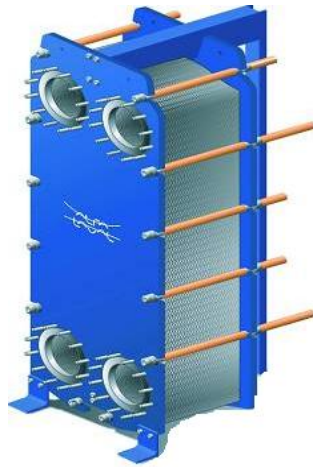


Figura 2.3: Refrigerador industrial  
Fuente: [www.industrialfrigo.com](http://www.industrialfrigo.com)

#### **d. Aire acondicionado**

El aire acondicionado es la técnica para controlar los factores que afectan las condiciones físicas y químicas de la atmósfera dentro de cualquier espacio destinado a ocuparse por personas para su comodidad o bien para realizar procesos industriales.

#### **e. Refrigeración marina y transporte**

La refrigeración marina se refiere a la realizada a bordo de embarcaciones de transporte y cargamento sujeto a deterioro así como refrigeración de los almacenes del barco.

La finalidad de la refrigeración moderna es muy variable y va desde conservar un producto, hasta llevarlo a realizar un proceso. Estos procesos se clasifican en grupos que son:

- Enfriamiento.
- Refrigeración.
- Congelación.
- Proceso Criogénico.

### **e.1 Enfriamiento**

Los sistemas de enfriamiento operan normalmente con temperaturas que van desde +15°C a +2°C (59°F a 35. 6°F). Aún cuando en algunos casos existe una disminución de temperaturas hasta los 0 °C (32°F), en este proceso nunca se presenta cambio de estado en la sustancia que se maneja y solamente se elimina calor sensible.

Su aplicación es muy amplia y se utiliza en productos que no requieren conservación y la temperatura en que se encuentran son solo para efectos de gusto. Como ejemplos tenemos:

- Enfriadores de bebidas carbonatadas y agua.
- Enfriadores de productos lácteos.
- Sistemas de Acondicionamiento de Aire.

### **e.2 Refrigeración**

Los niveles de temperatura de este proceso comprenden valores ligeramente superiores de los 0°C a -18°C (32°F a -0.4°F) aproximadamente. En este proceso si existe cambio físico y lógicamente eliminación de calor latente. Este proceso se utiliza para la conservación



de productos llevando a cabo los procedimientos adecuados, se pueden mantener estos productos de 2 semanas hasta 1 mes aproximadamente. Es utilizado ampliamente en instalaciones domésticas, comerciales y de investigación.

### **e.3 Congelamiento**

Este proceso opera entre  $-18^{\circ}\text{C}$  y  $-40^{\circ}\text{C}$  ( $-0.4^{\circ}\text{F}$  y  $-40^{\circ}\text{F}$ ) y en este proceso también existe cambio de estado en la sustancia y también se elimina calor latente. No obstante en algunos casos solo se elimina calor sensible, por ejemplo, cuando se conserva la carne congelada en la transportación. Su principal utilidad es el área comercial, industrial y de investigación. El periodo de conservación va desde 1 mes hasta 1 año, dependiendo del producto y que procedimientos se empleen.

### **e.4 Criogénico**

Es un proceso que opera desde  $-40^{\circ}\text{C}$  ( $-40^{\circ}\text{F}$ ) a valores cercanos al cero absoluto. Esto implica el cambio de estado físico en la sustancia si esta líquido o contiene agua para enfriarlo posteriormente.

Su aplicación es muy fuerte en el área industrial y de investigación, también desarrollándose en áreas comerciales. Este proceso trata de la preservación de los productos alimenticios en su característica o condición muy crítica.

## 2.2 MÉTODOS DE REFRIGERACIÓN<sup>5</sup>

Los métodos de refrigeración son varios como se muestra en la figura 2.4, pero más utilizados son los que se basan en la vaporización de fluidos condensables que se recuperan.

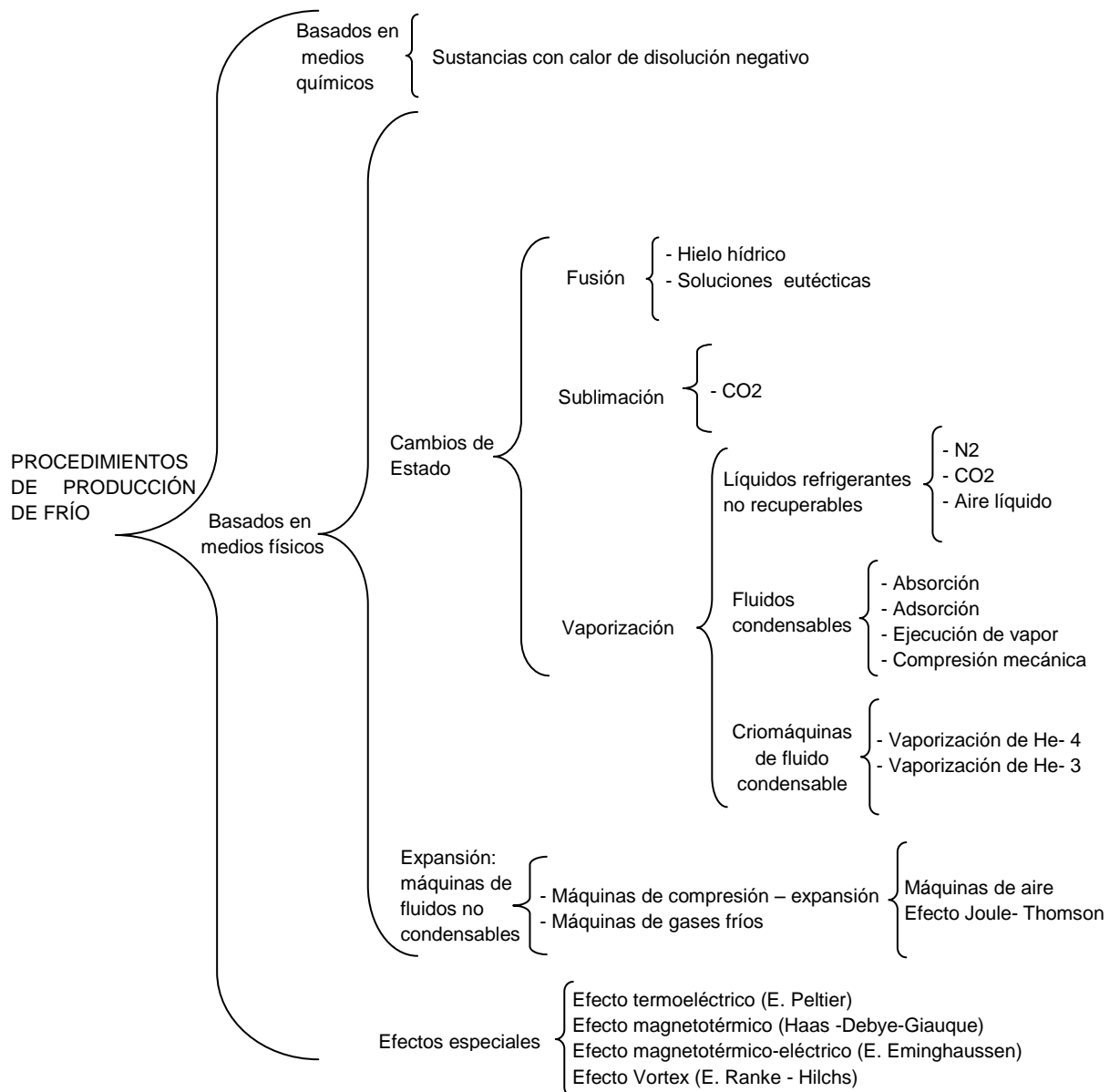


Figura 2.4: Métodos de Refrigeración  
Elaborado por: Darwin Toapanta

<sup>5</sup> Sánchez, "Ingeniería de las instalaciones térmicas agroindustriales", Pág. 4.

## **2.3 CICLOS DE REFRIGERACIÓN<sup>6</sup>**

Los diferentes ciclos de refrigeración son capaces de trabajar en un amplio rango de temperaturas que pueden ser desde unos grados por encima de 0° C hasta temperaturas cercanas al cero absoluto y cada uno de estos ciclos implica diferentes tipos de tecnologías. Podemos hacer una clasificación en base a sus principios de operación:

- Ciclos mecánicos.
- Ciclos termo-mecánicos.
- Ciclos térmicos.
- Ciclos termoeléctricos.
- Ciclos electro-magnéticos.

### **2.3.1 Ciclos mecánicos**

Compresión mecánica de vapores, compresión mecánica de gases con y sin producción de trabajo exterior. En estos ciclos se utilizan las propiedades termodinámicas de fluidos y principalmente de fluidos gaseosos que constituyen el conjunto de ciclos de compresión expansión.

### **2.3.2 Ciclos termo-mecánicos**

Ciclos Rankine acoplados a ciclos de compresión de vapor, en donde la potencia suministrada proviene de ciclos de generación de vapor y ciclos de eyecto-compresión en donde se comprime térmicamente un gas por medio de altas velocidades producidas por un eyecto-compresor.

---

<sup>6</sup> Potter C. y Scott P., Termodinámica, Primera Edición, Pág. 210-243.

### **2.3.3 Ciclos térmicos**

En estos ciclos se utilizan las propiedades físico-químicas, ligadas a fenómenos térmicos que se manifiestan mediante la disolución de ciertos sólidos o líquidos.

### **2.3.4 Ciclos termoeléctricos**

En este tipo de ciclos de refrigeración se utilizan las propiedades termoeléctricas de ciertos sólidos, generalmente de aleaciones metálicas, el enfriamiento producido está basado en el efecto Peltier.

### **2.3.5 Ciclos electro-magnéticos**

Son ciclos de generación de vapor para la producción de electricidad acoplados a ciclos de compresión mecánica.

## **2.4 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN<sup>7</sup>**

Los sistemas de absorción se caracteriza por el hecho de que el refrigerante es absorbido por un elemento en el lado de baja presión del sistema, y liberando en el lado de alta presión.

Además se puede definir que es un medio de producir frío aprovechando la variación de entalpía asociada al cambio de fase  $L \leftrightarrow V$ . El ciclo se basa físicamente en:

a) Cambio de solubilidad con la temperatura: por ejemplo agua-NH<sub>3</sub> (el NH<sub>3</sub> es el soluto).

---

<sup>7</sup> Faires, Termodinámica, Sexta Edición, Pág. 488-492.

b) La capacidad de algunas sustancias, como el bromuro de litio de absorber otra sustancia de agua en fase de vapor.

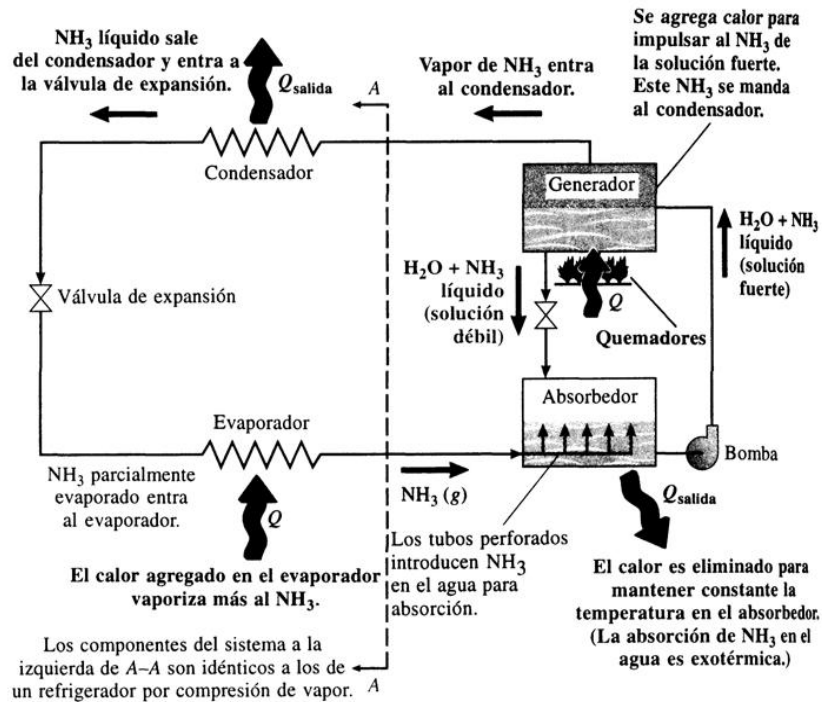


Figura 2.5: Operación por absorción: NH<sub>3</sub>-AGUA  
Fuente: [www.ozono.seam/manual](http://www.ozono.seam/manual)

### 2.4.1 Principio de funcionamiento (NH<sub>3</sub>-AGUA)

#### a. Generador

La solución NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O se lleva a ebullición, por aporte calorífico externo. El fluido refrigerante- NH<sub>3</sub> se vaporiza y se separa del agua (presión unos 20 bares).

#### b. Condensador

El vapor de NH<sub>3</sub> condensa por enfriamiento con aire ambiente exterior.

### c. Evaporador

NH<sub>3</sub> líquido se evapora a baja presión (unos 4 bares) absorbiendo calor del circuito de utilización (Temperatura próxima 3 ° C).

### d. Absorbedor

El vapor de NH<sub>3</sub> es absorbido por el agua proveniente de la separación amoníaco agua que se produjo en el generador.

## 2.5 COMPONENTES DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Básicamente existen cuatro elementos que componen un sistema de refrigeración:

- Compresor.
- Condensador.
- Evaporador.
- Válvula de Expansión.

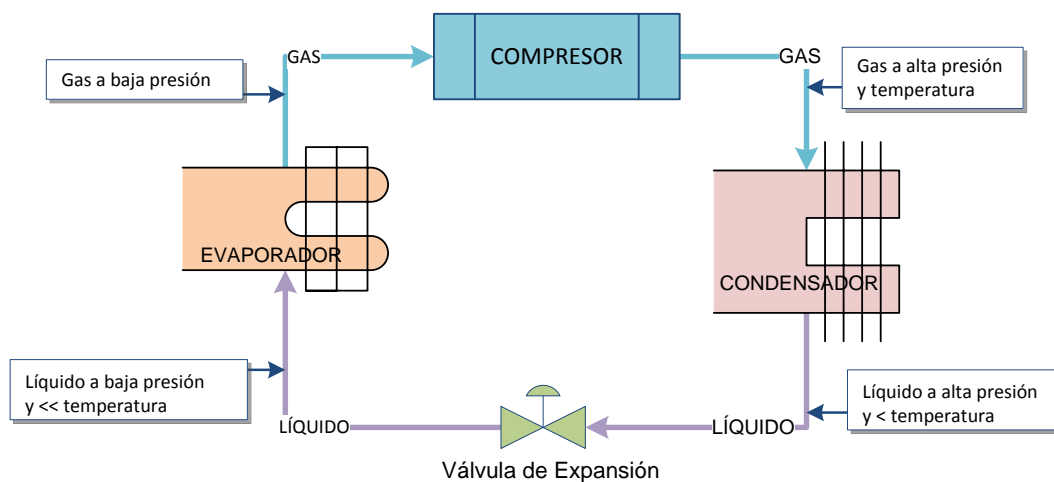


Figura 2.6: Componentes del sistema de refrigeración  
Elaborado por: Darwin Toapanta

Según las necesidades de cada sistema a estos cuatro elementos básicos, se agregan más elementos con la finalidad de aumentar la eficiencia y control del equipo, así como para facilitar el mantenimiento y reducir los gastos de operación y mantenimiento.

### **2.5.1 Compresor<sup>8</sup>**

Un compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él, convirtiéndose en energía de flujo aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

#### **a. Tipos de compresores<sup>9</sup>**

Los compresores son de dos tipos generales, el de movimiento alternativo (o de cilindro y émbolo) y el de movimiento rotativo (ya sea de acción directa, o bien, centrífuga); los del segundo tipo son los que predominan en la práctica. Cada una de tales máquinas se describe a continuación.<sup>10</sup>

---

<sup>8</sup> TACO H. y Cando L. "diseño e implementación de un sistema HMI de un arreglo de compresores en la planta de elaboración de envases PET en la empresa "The tesalia Springs Company", 2011, Pág. 1-7.

<sup>9</sup> Conan J., Refrigeración Industrial, Primera Edición, Pág. 212-231.

<sup>10</sup> Faires, Termodinámica, Sexta Edición, Pág. 400-405.

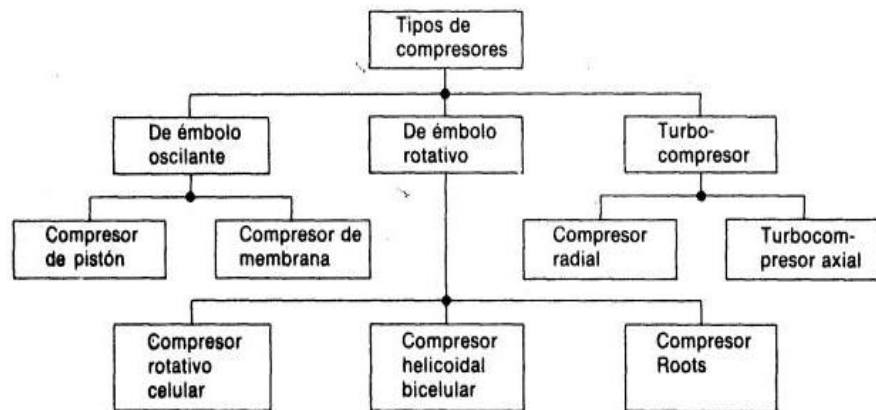


Figura 2.7: Tipos de compresores  
Fuente: <http://www.elprisma.com>

### a.1 Compresor de émbolo oscilante

Este es el tipo de compresor mas difundido actualmente. Es apropiado para comprimir a baja, media o alta presión. Su campo de trabajo se extiende desde unos 1 .100 kPa (1 bar) a varios miles de kPa (bar).

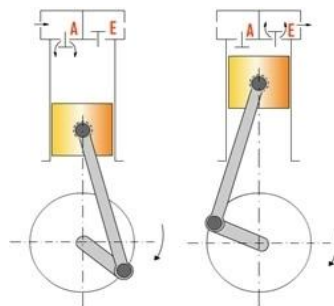


Figura 2.8: Compresor de émbolo oscilante  
Fuente: [http://www.elprisma.com/ingenieria\\_mecanica/compresores](http://www.elprisma.com/ingenieria_mecanica/compresores)

### a.2 Compresor de membrana

Este tipo forma parte del grupo de compresores de émbolo. Una membrana separa el émbolo de la cámara de trabajo; el aire no entra en



contacto con las piezas móviles. Por lo tanto, en todo caso, el aire comprimido estará exento de aceite. Estos compresores se emplean con preferencia en las industrias alimenticias, farmacéuticas y químicas.

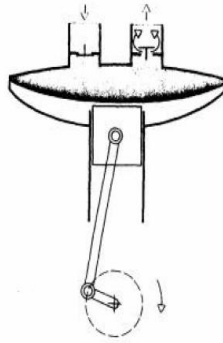


Figura 2.9: Compresor de membrana

Fuente: [http://www.elprisma.com/ingenieria\\_mecanica/compresores](http://www.elprisma.com/ingenieria_mecanica/compresores)

### **a.3 Compresor rotativo multicelular**

Es un rotor excéntrico que gira en el interior de un cárter cilíndrico provisto de ranuras de entrada y de salida.

Las ventajas de este compresor residen en sus dimensiones reducidas, su funcionamiento silencioso y su caudal prácticamente uniforme y sin sacudidas. El rotor está provisto de un cierto número de aletas que se deslizan en el interior de las ranuras y forman las células con la pared del cárter. Cuando el rotor gira, las aletas son oprimidas por la fuerza centrífuga contra la pared del cárter, y debido a la excentricidad el volumen de las células varía constantemente.

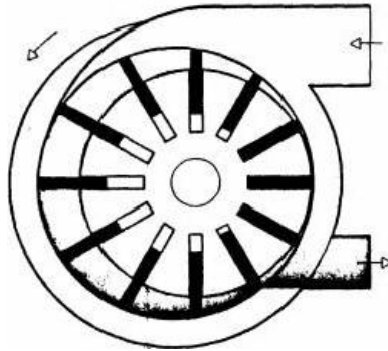


Figura 2.10: Compresor rotativo multicelular  
Fuente: [http://www.elprisma.com/ingenieria\\_mecanica/compresores](http://www.elprisma.com/ingenieria_mecanica/compresores)

#### a.4 Compresor de tornillo helicoidal, de dos ejes

Dos tornillos helicoidales que engranan con sus perfiles cóncavo y convexo impulsan hacia el otro lado el aire aspirado axialmente.

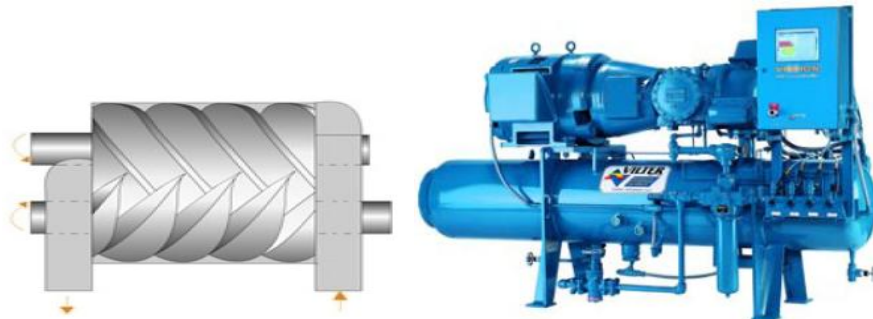


Figura 2.11: Compresor de tornillo helicoidal  
Fuente: Compresor de Tornillo, Tesalia

#### a.5 Compresor roots

En estos compresores, el aire es llevado de un lado a otro sin que el volumen sea modificado. En el lado de impulsión, la estanqueidad se asegura mediante los bordes de los émbolos rotativos.

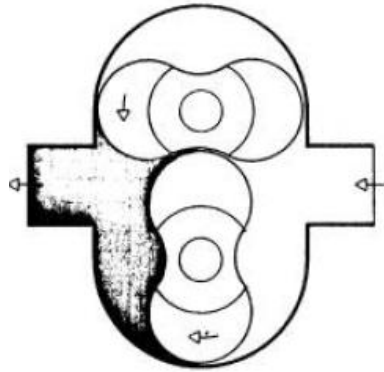


Figura 2.12: Compresor roots

Fuente: [http://www.elprisma.com/ingenieria\\_mecanica/compresores](http://www.elprisma.com/ingenieria_mecanica/compresores)

### a.6 Turbo compresores

Trabajan según el principio de la dinámica de los fluidos y son muy apropiados para grandes caudales. Se fabrican de tipo axial y radial figura 2.13. El aire se pone en circulación por medio de una o varias ruedas de turbina, esta energía cinética se convierte en una energía elástica de compresión. La rotación de los álabes acelera el aire en sentido axial del flujo.

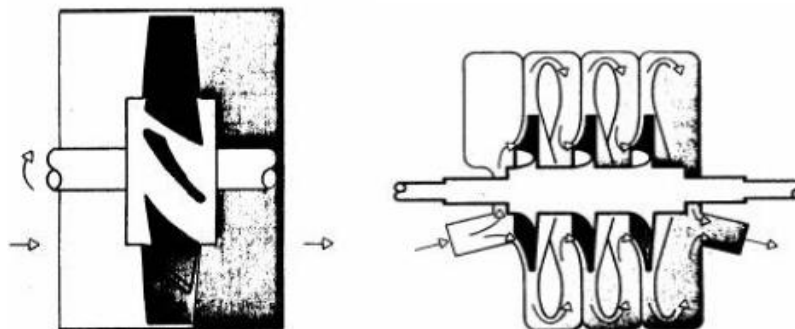


Figura 2.13: Compresor axial y radial

Fuente: [http://www.elprisma.com/ingenieria\\_mecanica/compresores](http://www.elprisma.com/ingenieria_mecanica/compresores)

## 2.5.2 Condensador<sup>11</sup>

El condensador es un intercambiador de calor, su función es eliminar el recalentamiento del gas refrigerante proveniente del compresor, y se clasifica de la siguiente manera.

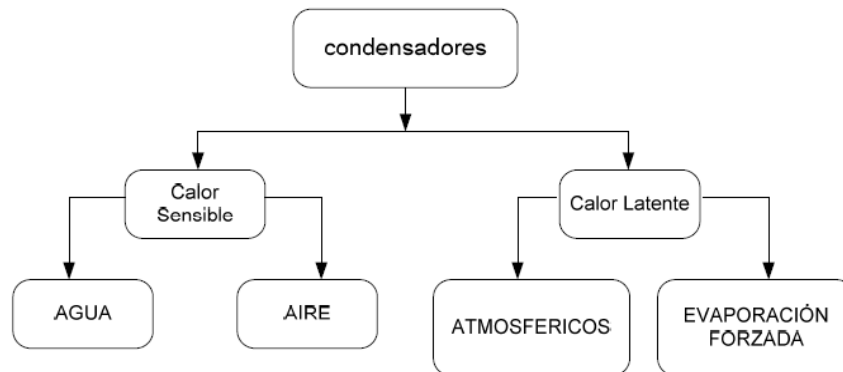


Figura 2.14: Clasificación de los condensadores  
Fuente: Darwin Toapanta

### a. Funciones

- Enfrían el vapor recalentado robando el calor sensible.
- Condensan el fluido al robar el calor latente.
- También pueden producir el subenfriamiento, por ejemplo, si se sobredimensionan.
- En estos condensadores, el fluido refrigerante cede su calor al aire.

### b. Tipos

Los condensadores pueden ser de tres tipos:

- Enfriados por aire.
- Enfriados por agua.
- Evaporativos.

<sup>11</sup> Manual de Baltimore Aircoil, Tomo II, Pág. 4.

### **b.1 Enfriados por aire**

El condensador enfriado por aire aprovecha el aire como medio de disipación, se utiliza mucho para sistemas de baja capacidad.

Los condensadores enfriados por aire tienen en dos tipos:

- Conducción natural.
- Conducción forzada.



Figura 2.15: Enfriador por aire  
Fuente: Empresa Tesalia

### **b.2 Enfriados por agua**

Este tipo de condensadores tiene mayor capacidad de enfriamiento que los enfriadores por aire es por ello que se les ve en unidades industriales de compresores de 2HP, en adelante; generalmente, es la elección mas económica si se dispone de un adecuado suministro de agua y de la instalación necesaria para su circulación.

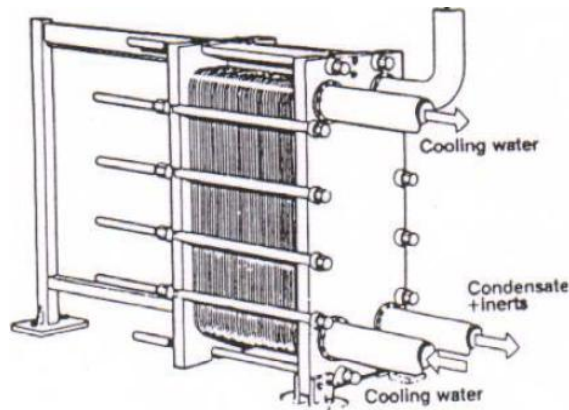


Figura 2.16: Enfriados por agua  
Fuente: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream>

### b.3 Condensador evaporativo

Reúne los dos elementos aire y agua en un solo equipo, están formados por un serpentín el cual es bañado por agua recirculada por una bomba y un ventilador que hace circular aire a contra flujo del agua.

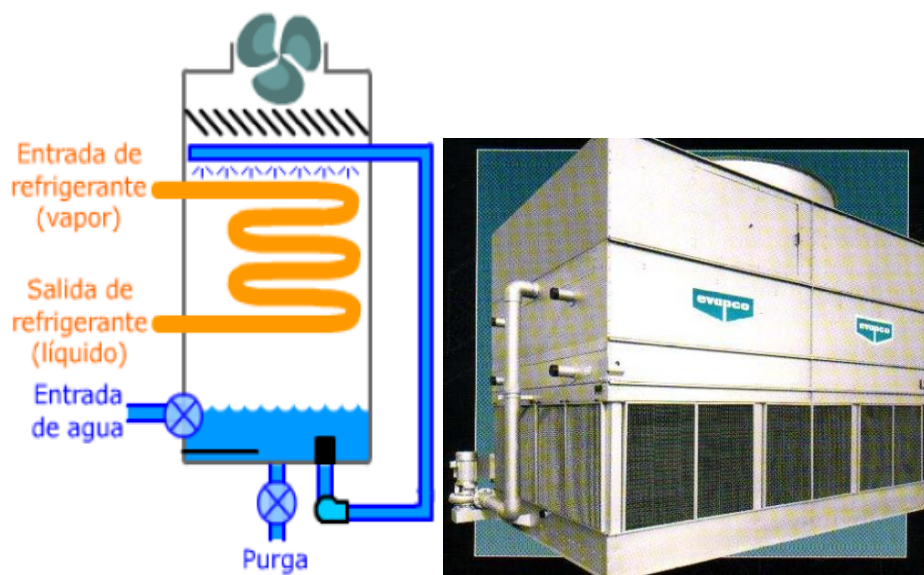


Figura 2.17: Condensador evaporativo  
Fuente: [www.refrin.com.ar/Refrigeracion/condevhoriz](http://www.refrin.com.ar/Refrigeracion/condevhoriz)

### **2.5.3 Evaporador**

Se conoce por evaporador al intercambiador de calor que genera la transferencia de energía térmica contenida en el medio ambiente hacia un gas refrigerante a baja temperatura y en proceso de evaporación. Este medio puede ser aire o agua.

Estos intercambiadores de calor se encuentran al interior de neveras, refrigeradores domésticos, cámaras de refrigeración industrial, vitrinas comerciales para alimentos y un sinnúmero de aplicaciones en procesos para la industria de alimentos, así como en procesos químicos. De igual manera, también se encuentran al interior una diversa gama de equipos de aire acondicionado. Es debido a esto que el evaporador tiene un diseño, tamaño y capacidad particular conforme la aplicación y carga térmica.

#### **a. Función**

La finalidad del evaporador es transferir calor entre dos cuerpos que están a distintas temperaturas. En el evaporador se encuentra el elemento refrigerante en sus dos estados (líquido y gaseoso). En el otro el cuerpo caliente al estar cerca del líquido refrigerante, este absorbe el calor que tenga y se produce dentro del evaporador la ebullición del refrigerante el cual será succionado por el compresor ya que si no fuese así se desperdiciaría el refrigerante y será muy costoso reponerlo.

Una explicación de lo que sucede en el evaporador es que en el tubo del serpentín se encuentra el refrigerante y el tubo se coloca cerca del objeto caliente que se va a enfriar, el calor circulará del objeto caliente hacia el refrigerante, y hará que el refrigerante hierva y se evapore. Los refrigerantes tienen bajo punto de ebullición y luego que ya esta

vaporizado se puede succionar hacia el compresor. El evaporador se puede utilizar para enfriar agua o aire, es decir, por refrigeración directa o indirecta.

## **b. Tipos**

Debido a que un evaporador es cualquier superficie de transferencia de calor en la cual se vaporiza un líquido volátil para eliminar calor de un espacio o producto refrigerado, los evaporadores se fabrican en una gran variedad de tipos, tamaños y diseños y se pueden clasificar de diferentes maneras.

### **b.1 Según alimentación de refrigerante**

Para este tipo de evaporadores se tiene los siguientes.

#### **b.1.1 De expansión directa o expansión seca**

En los evaporadores de expansión directa la evaporación del refrigerante se lleva a cabo a través de su recorrido por el evaporador, encontrándose en estado de mezcla en un punto intermedio. De esta manera, el fluido que abandona el evaporador es puramente vapor sobrecalentado. Estos evaporadores son los más comunes y son ampliamente utilizados en sistemas de aire acondicionado.

No obstante son muy utilizados en la refrigeración de media y baja temperatura, no son los más apropiados para instalaciones de gran volumen.



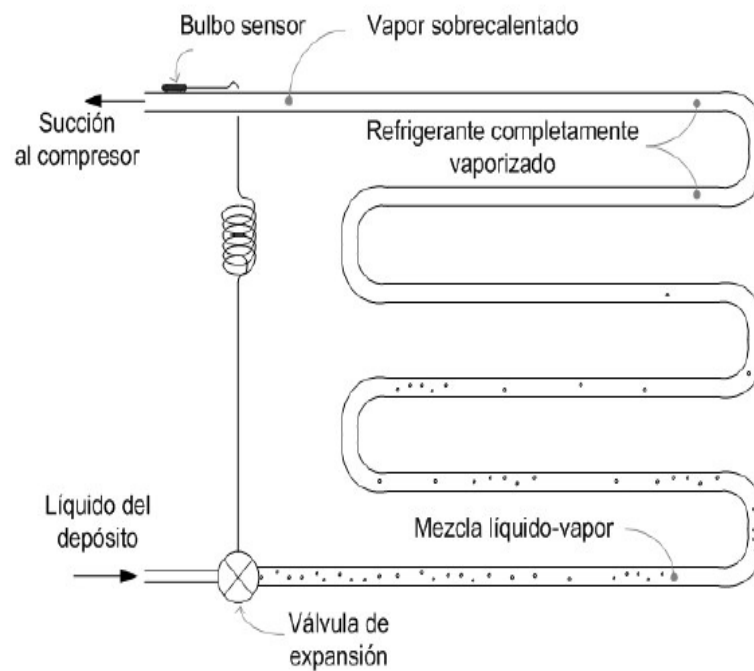


Figura 2.18: Esquema de evaporador de expansión directa  
Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Evaporador>

### b.1.2 Inundados

Los evaporadores inundados trabajan con refrigerante líquido con lo cual se llenan por completo a fin de tener humedecida toda la superficie interior del intercambiador y, en consecuencia, la mayor razón posible de transferencia de calor. El evaporador inundado está equipado con un acumulador o colector de vapor el que sirve, a la vez, como receptor de líquido, desde el cual el refrigerante líquido es circulado por gravedad a través de los circuitos del evaporador. Preferentemente son utilizados en aplicaciones industriales, con un número considerable de evaporadores, operando a baja temperatura y utilizando amoníaco como refrigerante.

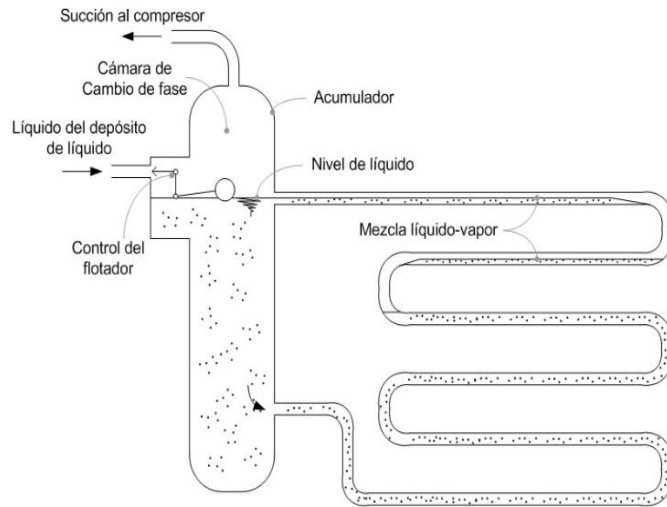


Figura 2.19: Esquema de evaporador inundado  
Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Evaporador>

### b.1.3 Sobrealimentados

Un evaporador sobrealimentado es aquel en el cual la cantidad de refrigerante líquido en circulación a través del evaporador ocurre con considerable exceso y que además puede ser vaporizado.

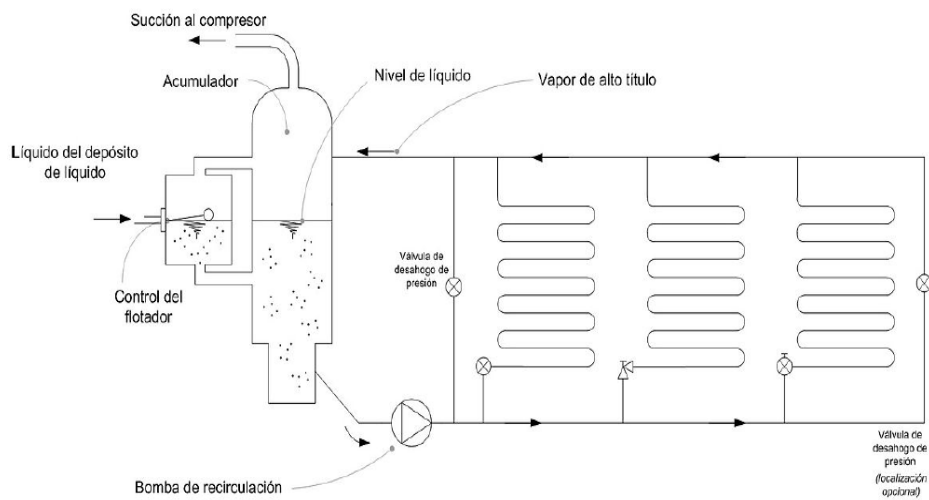


Figura 2.20: Esquema de evaporadores sobrealimentados  
Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Evaporador>

## **b.2 Según el tipo de construcción**

Existen varios, entre los principales son los siguientes.

### **b.2.1 Tubo descubierto**

Los evaporadores de tubo descubierto se construyen por lo general en tuberías de cobre o bien en tubería de acero. El tubo de acero se utiliza en grandes evaporadores y cuando el refrigerante a utilizar sea amoníaco, mientras para pequeños evaporadores se utiliza cobre. Son ampliamente utilizados para el enfriamiento de líquidos o bien utilizando refrigerante secundario por su interior (salmuera, glicol), donde el fenómeno de evaporación de refrigerante no se lleva a cabo, sino más bien estos cumplen la labor de intercambiadores de calor.



Figura 2.21: Evaporador de tubo descubierto  
Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Evaporador>

### **b.2.2 De superficie de placa**

Existen varios tipos de estos evaporadores. Uno de ellos consta de dos placas acanaladas y asimétricas las cuales son soldadas herméticamente una contra la otra de manera tal que el gas refrigerante pueda fluir por entre ellas; son ampliamente usados en refrigeradores y congeladores

debido a su economía, fácil limpieza y modulación de fabricación. Otro tipo de evaporador corresponde a una tubería doblada en serpentín instalada entre dos placas metálicas soldadas por sus orillas. Ambos tipos de evaporadores, los que suelen ir recubiertos con pintura epóxica, tienen excelente respuesta en aplicaciones de refrigeración para mantención de productos congelados.

### **b.2.3 Evaporadores aleteados**

Los serpentines aleteados son serpentines de tubo descubierto sobre los cuales se colocan placas metálicas o aletas y son los más ampliamente utilizados en la refrigeración industrial como en los equipos de aire acondicionado. Las aletas sirven como superficie secundaria absorbidora de calor y tiene por efecto aumentar el área superficial externa del intercambiador de calor, mejorándose por tanto la eficiencia para enfriar aire u otros gases.

La circulación de aire se realiza de dos maneras: por convección forzada por ventiladores, bien sean centrífugos o axiales, mono o trifásicos, conforme la aplicación y de manera natural por diferencia de densidades del aire, fenómeno conocido como convección natural.



Figura 2.22: Evaporador de serpentín aleteado  
Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Evaporador>

## 2.5.4 Válvula de Expansión

Estos dispositivos son los encargados de disminuir la presión del líquido y controlar el flujo de refrigerante hacia el evaporador. El tubo capilar es el más usado para sistemas de refrigeración de potencia menor de un caballo de vapor, para sistemas de tamaño medio, lo más frecuente es el uso de válvulas de expansión termostáticas.

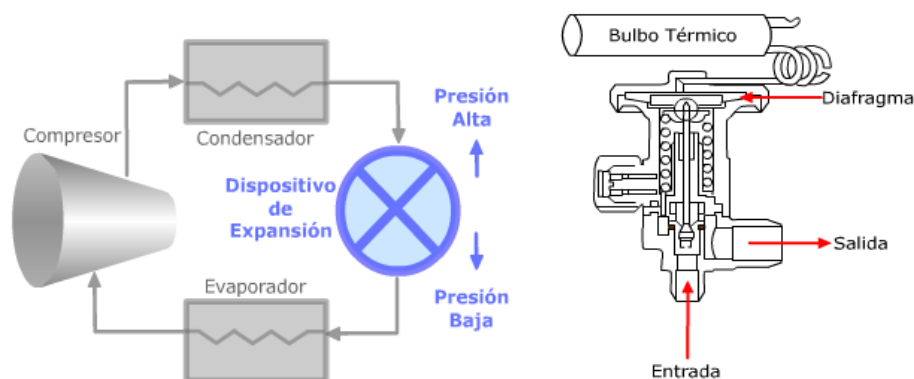


Figura 2.23: Dispositivo de expansión  
Fuente: [www.valycontrol.com.mx/mt/mt\\_cap\\_06](http://www.valycontrol.com.mx/mt/mt_cap_06)

### a. Tipos

#### a.1 Manual

En la que la regulación se realiza mediante un tornillo. En este tipo de válvulas el sobrecalentamiento no depende de la temperatura de evaporación del refrigerante en su estado gaseoso, sino que, es fijo.

#### a.1.1 Termostática

Denominada VET o TXV, la cual actúa por medio de un elemento de expansión controlado por un bulbo sensor, el cual regula el flujo del refrigerante líquido a través del orificio de la VET.

### **a.1.2 Termostática con compensación de presión externa**

Denominada VETX, es una derivación de la VET para equipos medianos o grandes o que trabajen a altas presiones y variaciones de carga térmica. Además estas deben ser utilizadas en sistemas donde el evaporador tiene varios circuitos, y/o está acoplado a un distribuidor de refrigerante.

### **a.1.3 Electrónica o electromecánica**

Trabaja mediante un control electrónico, en el cual sensores de temperatura envían señales a un CI (circuito integrado) y este mediante esos datos mantiene un sobrecalentamiento dentro de los parámetros permitidos para el funcionamiento del equipo.

### **a.2 Automática**

La que mantiene una presión constante en el evaporador inundado alimentando una mayor o menor cantidad de flujo a la superficie del evaporador, en respuesta a los cambios de carga térmica que se tengan en el mismo.

## **b. Componentes de la VET**

La válvula de expansión termostática se compone de:

- Un cuerpo compuesto por una cámara en la cual se produce la expansión, al pasar el fluido refrigerante a ésta a través de un orificio cilindro-cónico obturado parcialmente por un vástago. Y los tubos de entrada y salida del fluido.

- Un elemento de potencia que actúa sobre el vástago para abrir o cerrar el paso de refrigerante a la cámara de expansión.
- Un regulador o tornillo que nos limita la cantidad mínima de caudal.
- Un bulbo sensor situado a la salida del evaporador, conectado por un tubo capilar al elemento de potencia y que actúa sobre éste.
- Un tubo de compensación de presión conectado también a la salida del evaporador, que ayuda al funcionamiento.

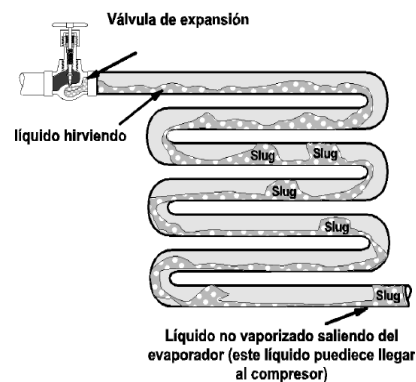


Figura 2.24: Válvula de expansión termostática  
Fuente: <http://refrielectric.wordpress.com>

## 2.6 REFRIGERANTES

Los refrigerantes son los fluidos vitales en cualquier sistema de refrigeración mecánica, actúa como agente de enfriamiento, absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia. Cualquier sustancia que cambie de líquido a vapor y viceversa, puede funcionar como refrigerante dependiendo del rango de presiones y temperaturas.<sup>12</sup>

La clasificación de los refrigerantes puede hacerse según el grado de seguridad, según su función, según su composición química. Según su función los refrigerantes se pueden clasificar en primarios y secundarios

<sup>12</sup> Tutorial para el Uso Racional de la Energía e-URE., Capítulo 6.

los primarios son aquellos que absorben calor al evaporarse a baja temperatura y lo ceden al condensarse a alta temperatura y presión, mientras que los secundarios, son aquellos que son enfriados por otro refrigerante y circulan como fluidos que transportan el calor.

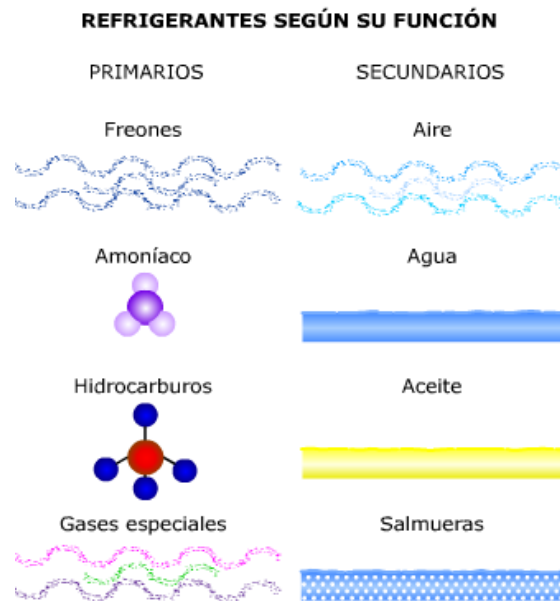


Figura 2.25: Refrigerantes según su función

Fuente: [www.elaireacondicionado.cl/noticias/tipos-de-refrigerantes.html](http://www.elaireacondicionado.cl/noticias/tipos-de-refrigerantes.html)

En los diferentes sistemas de refrigeración se usan principalmente 2 refrigerantes que son: Refrigerante -22 o freón 22 y el Amoníaco o Refrigerante R-717.

## 2.7 TONELADA DE REFRIGERACIÓN

Es la unidad nominal empleada en algunos países, para referirse a la capacidad de extracción de carga térmica (enfriamiento) de los equipos frigoríficos y de aire acondicionado.



Una tonelada de refrigeración representa 2000 libras de hielo al derretir en 24 horas, con una temperatura de 32 °F (0°C). La energía absorbida por el hielo en ese período de tiempo es el calor latente del hielo, se define como 12000 BTU/h o 3023 Kcal/h<sup>3</sup>.

## 2.8 DEPÓSITO DE NH<sub>3</sub>

El funcionamiento es sencillo; el depósito o receptor absorbe alta presión y alta temperatura del líquido amoníaco al evaporarse.

### 2.8.1 Partes de un receptor

En la siguiente figura 2.26 podemos observar las diferentes partes que comprende a un receptor de amoníaco.

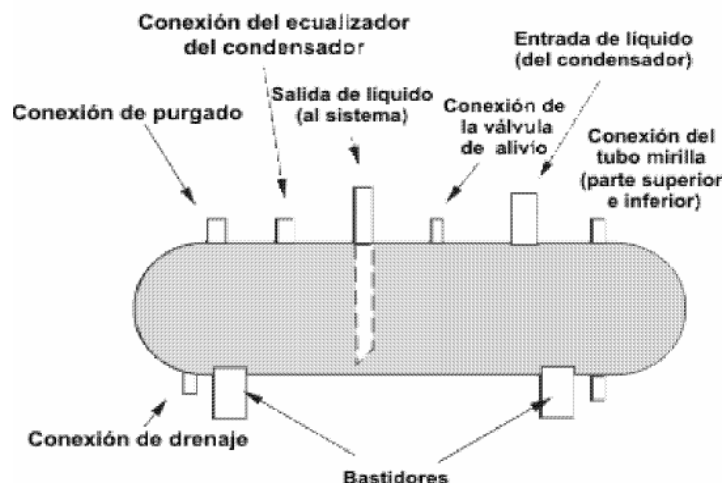


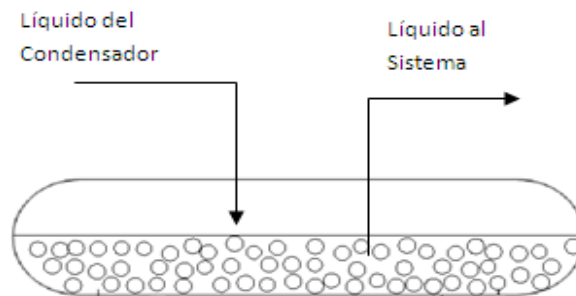
Figura 2.26: Depósito o receptor de amoníaco  
Fuente: [http://sidasa.net/catalogo/product\\_info.php](http://sidasa.net/catalogo/product_info.php)

<sup>13</sup> Díaz, Ortiz J., Refrigeración Doméstica y Comercial, 2001.

## 2.8.2 Tipos de recibidores

Existen dos tipos de recibidores.

### a. Recibidor de flujo continuo



### b. Recibidor de tipo compensador

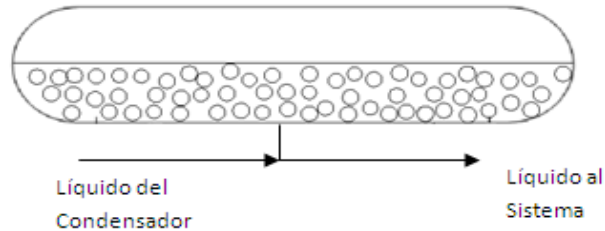


Figura 2.27: Tipos de recibidores  
Elaborado por: Darwin Toapanta

## 2.9 SENSORES<sup>14</sup>

Un sensor es cualquier dispositivo que detecta una determinada acción externa. Los sensores existen desde siempre, porque el hombre los tiene incluidos en su cuerpo y de diferentes tipos.

<sup>14</sup> CASTILLO E. y Oña L. "Diseño y construcción de un prototipo de tanques para la recepción, despacho y recirculación de fluidos y supervisión con un sistema HMI mediante un panel de control", 2011, Pág. 25-26

## **2.9.1 Tipos de Sensores**

### **a. Sensores Pasivos**

Los sensores pasivos si requieren de esta alimentación para poder efectuar su función.

### **b. Sensores Activos**

Los sensores activos generan la señal de salida sin la necesidad de una fuente de alimentación externa.

### **c. Según el tipo de magnitud física a detectar**

Los sensores de magnitud física pueden subdividirse en:

- **Medición de temperatura**

Pirómetro óptico, Pirómetro de radiación, Termistor, Termopar.

- **Medición de esfuerzos y deformaciones**

Medición de movimiento de grandes distancias se usa: Radar, láser, Ultrasonido, etc.

Distancias pequeñas: Métodos ópticos, Métodos inductivos (LDT y VDT), Métodos resistivos y capacitivos.

Posición lineal o angular: Codificadores incrementales, Codificadores absolutos, Transductores capacitivos.

- **Sensores de Presencia o Proximidad**

Inductivos, Capacitivos, Fotoeléctricos, De efecto Hall, Radiación, Infrarrojos.

- **Sistemas de visión artificial**

Cámaras CCD.

- **Sensores de humedad y punto de rocío:**

Humedad en aire-gases, Humedad en sólidos, Punto de rocío.

- **Sensores de caudal**

De sólidos, líquidos o gases, Presión diferencial, Medidores magnéticos, Medidores por fuerzas de Coriolis, Medidores de área variable, Medidores de desplazamiento positivo.

- **Sensores de nivel**

De líquidos y sólidos. Sensores de presión.

- **Sensores de Fuerza y par:**

Calibrador de tensión, de array táctil.

- **Sensores de intensidad lumínica**

- **Sensores de aceleración**

- **Sensores de velocidad lineal o angular**
- **Sensores táctiles**

## **2.10 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)**

Es un autómata programable (AP) un sistema electrónico programable diseñado para ser utilizado en un entorno industrial, que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario, para implantar unas soluciones específicas tales como funciones lógicas, secuencia, temporización, recuento y funciones aritméticas con el fin de controlar mediante entradas y salidas, digitales y analógicas diversos tipos de máquinas o procesos.



Figura 2.28: Vista de un PLC  
Fuente: Catálogo de productos, S71200

### **2.10.1 Principales Componentes de un PLC**

#### **a. Fuente de alimentación**

Convierte la tensión de la red, 110V o 220V AC a baja tensión de cc (24V por ejemplo) que es la que se utiliza como tensión de trabajo en los circuitos electrónicos que forma el autómata.

## **b. CPU**

La Unidad Central de Procesos es el auténtico cerebro del sistema. Es el encargado de recibir órdenes del operario a través de la consola de programación y el módulo de entradas. Después las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas.

## **c. Módulo de entradas**

Aquí se unen eléctricamente los captadores (interruptores, finales de carrera). La información que recibe la envía al CPU para ser procesada según la programación. Hay 2 tipos de captadores conectables al módulo de entradas: los pasivos y los activos.

## **d. Módulo de salida**

Es el encargado de activar y desactivar los actuadores (bobinas de contactores, motores pequeños, etc). La información enviada por las entradas a la CPU, cuando está procesada se envía al módulo de salidas para que estas sean activadas (también los actuadores que están conectados a ellas). Hay 3 módulos de salidas según el proceso a controlar por el autómeta: relés, triac y transistores.

## **e. Terminal de programación**

La terminal o consola de programación es el que permite comunicar al operario con el sistema. Sus funciones son la transferencia y modificación de programas, la verificación de la programación y la información del funcionamiento de los procesos.

## **f. Periféricos**

Ellos no intervienen directamente en el funcionamiento del autómeta pero sí que facilitan la labor del operario.

### **2.11 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN**

Las formas como los PLC intercambian datos con otros dispositivos son muy variadas. Típicamente un PLC puede tener integrado puertos de comunicaciones seriales que pueden cumplir con distintos estándares de acuerdo al fabricante. Estos puertos pueden ser de los siguientes tipos:

- RS-232
- RS-485
- RS-422
- Ethernet

Sobre estos tipos de puertos de hardware las comunicaciones se establecen utilizando algún tipo de protocolo o lenguaje de comunicaciones. En esencia un protocolo de comunicaciones define la manera como los datos son empaquetados para su transmisión y como son codificados. De estos protocolos los más conocidos son:

- Modbus
- Bus CAN
- Profibus
- Devicenet
- Controlnet
- Ethernet I/P

Muchos fabricantes además ofrecen distintas maneras de comunicar sus PLC con el mundo exterior mediante esquemas de hardware y software protegidos por patentes y leyes de derecho de autor.

## **2.12 INTERFÁZ HUMANO MÁQUINA (HMI)**

Es un sistema de Interface Persona Máquina permite al operador humano realizar la supervisión del funcionamiento adecuado de un proceso de producción de manera gráfica mediante un dispositivo de interface con el operador, de tal forma que él pueda tomar decisiones y acciones oportunas sobre el proceso aún sin la necesidad de estar presente en forma física.

Para lograr todo lo anteriormente mencionado, el HMI debe proporcionar información confiable y a tiempo tanto desde el proceso hacia el operador, y viceversa. Entre la información que recibe y suministra el operador desde y hacia el proceso tenemos: los valores de las variables físicas más críticas que intervienen tales como temperatura, presión, nivel, caudal, velocidad, voltaje, corriente, etc., y el estado operativo de los elementos de control final como por ejemplo electroválvulas, motores, bombas, contactores, inyectores, etc. Al disponer de todos estos datos el HMI puede proporcionar al operador de lo siguiente:

- Seguir de forma gráfica la secuencia de los pasos necesarios para poner en marcha o detener el proceso. Puede ser que aquellos pasos sean realizados manualmente por el operador, de manera automática por controladores lógicos, o una mezcla de ambos métodos.
- Accionar manualmente mediante el HMI algún elemento de control final, cambiar los valores o rangos de: setpoints, activación de alarmas, bloqueos o disparos del proceso, etc., tanto si el proceso está o no en marcha.



- Hacer modificaciones en la lógica de funcionamiento del proceso, especialmente en caso de disponer de sistemas de automatización avanzados que permiten cambiar su programación vía software, como ocurre con los PLCs y RTUs4.
- Advertir de anomalías en el proceso por medio de la activación de alarmas visuales y/o audibles, por ejemplo cuando alguna de las variables físicas excede su rango de operación normal. Su propósito es que el operador puede tomar acciones preventivas antes que la anomalía se agudice y tratar en lo posible que el proceso continúe en marcha, caso contrario detenerlo para evitar averías en el sistema de control.
- Llevar un registro histórico de la ocurrencia de las alarmas con el objetivo de determinar las causas reales del problema que las originó. Esto es de suma utilidad en especial para el personal de mantenimiento que deberá realizar las acciones correctivas del caso.
- Tener un acceso por jerarquías o niveles de autorización al proceso, para limitar la intervención de los usuarios del HMI según su función de trabajo, conocimientos y experiencia.

Un sistema HMI está conformado por un dispositivo Controlador que se encarga de la adquisición de datos del proceso recibiendo las señales provenientes de los Sensores o Transmisores de instrumentación, también del envío de órdenes hacia los Elementos de Control Final, y finalmente que se encargue de intercambiar la información del proceso con un dispositivo Terminal Visual en donde se presente el HMI para el respectivo monitoreo.

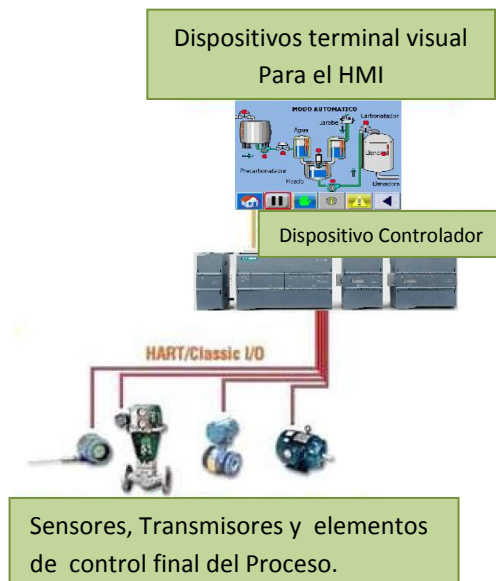


Figura 2.29: Componentes principales de un HMI  
Elaborado por: Darwin Toapanta

### 2.13 PANEL DE VISUALIZACIÓN

Los paneles de visualización son pantallas que ayudan a monitorear los parámetros a controlar. En estas pantallas industriales se puede simular iconos de animación, curvas y tableros de control (botoneras) que permiten tener una visión clara de lo que está sucediendo con el proceso.



Figura 2.30: Panel de visualización  
Fuente: Catálogo de productos, Delta

### **2.13.1 Descripción**

Es un dispositivo electrónico de interface de operador, proporciona un poderoso control de planta y capacidades de monitoreo de datos para una mayor productividad.

- Los paneles DELTA están diseñados para ofrecer capacidades de escalado, confiabilidad y compatibilidad, con una pantalla touchscreen de 10.1 pulgadas serie B, proporciona cualidades como desplegadas de gráficos en píxeles y la mejora de la funcionalidad. Tiene una función óptima que incluye; salida de audio, ranura de tarjeta de memoria SD, tres puertos COM, tipo de comunicación Ethernet. Las características que presentan:
  - Viable de utilizar, robustos y confiables.
  - Ahorran valiosos espacios de panel.
  - Diseñados para una fácil modificación a medida que se expande o cambia el proceso.

## CAPÍTULO III

### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

#### 3.1 DESARROLLO DEL PROYECTO

Este proyecto se integra con el sistema actual de monitoreo y control de presiones y temperatura, de esta forma se complementa todo el sistema de generación de frío.

Las variables que se supervisan en todo el sistema de enfriamiento (área sala de máquinas) es: presión de succión, nivel de aceite, nivel de agua en los compresores, presión de CO<sub>2</sub>, presión de aire de baja, presión de vapor, bombas del sistema de glicol, temperatura en el carbonatador Carbocooler (Línea Kompass, figura 3.1). Y las variables que se controlan son: presión en los compresores y temperatura en el carbonatador.



Figura 3.1: Línea Kompass  
Fuente: Carbonatador Carbocooler, TESALIA

Inicialmente se realiza un estudio del funcionamiento de todo el sistema de refrigeración que se encuentra actualmente implementado para los diferentes procesos, cada uno de los equipos que conforman el diagrama de generación de frío, tales como: compresores, carbonatadores, líneas de producción, condensadores, trampa de succión, válvula de expansión y las diferentes válvulas usadas, etc.

### **3.1.1 Diseño de hardware**

El objetivo de este capítulo es dar a conocer todos los componentes, con respecto a las diferentes señales que serán enviadas desde los diferentes lugares del sistema hacia el PLC SIEMENS S7-1200.

También se tratará sobre las conexiones eléctricas del PLC, la CPU 1214C módulos de entradas y salidas digitales y análogas, para la instalación de los elementos que componen el sistema de refrigeración.

### **3.1.2 Diseño del equipo**

Para la apropiada realización del control y monitoreo se realiza el análisis y un pliego de condiciones concretas. Los instrumentos que se utilizan para el diseño, el dibujo de los esquemas, la selección de los componentes y su implantación podrán ser diferentes en función de la complejidad de la instalación y del tamaño del proveedor de servicios.

El sistema de refrigeración por amoníaco, está formado fundamentalmente por dos etapas de diseño bien diferenciadas: Diseño

Mecánico y Diseño Electrónico. Mediante los dos tipos de diseño mencionados se puede construir un sistema completo que realice de manera correcta las acciones que el proceso requiera, para esto es necesario conocer la manera de implementar cada uno de ellos.

### **3.1.3 Diseño mecánico**

En esta etapa se ha construido una caja para la ubicación del panel operador, la cual consta de una estructura metálica en la que se encuentran distribuidos los componentes que lo conforman, dentro de los cuales se dispone de cuatro equipos esenciales para el sistema de refrigeración como son: evaporador, compresor, condensador, válvula de expansión.

El compresor es el encargado de forzar mecánicamente la circulación del fluido de amoníaco en el circuito cerrado creando zonas de alta y baja presión con el propósito de que el fluido absorba calor en un lugar y lo disipe en otro, con la condensación se logra eliminar el calor absorbido en el evaporador y también la energía entregada al refrigerante en el proceso de compresión, además con la válvula de expansión se regulará la entrada en el evaporador del agente refrigerante en su fase líquida, procedente del condensador a través de la correspondiente tubería conocida como línea de líquido.

El refrigerante líquido a alta presión, que procede del depósito de la unidad condensadora, pasa por la válvula de expansión para convertirse en líquido a baja presión, dicha válvula es la divisoria entre las partes de alta y baja presión del sistema y finalmente con la evaporación se extrae el calor del lugar a enfriar, ese calor no deseado es el que produce la evaporación del refrigerante.

### **3.1.4 Diseño electrónico**

En esta etapa de diseño se debe tener en cuenta los procesos y variables a controlar con lo que se podrá acoplar los diferentes elementos que sean factibles para el sistema. También se realizará el dimensionamiento de las protecciones, instalaciones de sensores, sistema de adquisición de datos y además se describirán los circuitos y equipos utilizados para realizar el sistema de control.

#### **a. Equipo utilizado para la adquisición de datos**

En el sistema de refrigeración por amoníaco se tiene temperatura y presión como variables del proceso, para dichas variables se ha utilizado elementos adecuados para su correcta medición, los cuales se describe a continuación.

### **3.2 SELECCIÓN DE ELEMENTOS**

Para llevar a cabo dicho proyecto, fue necesario escoger la instrumentación que mejor se acomodará a las características de los equipos que se usan en la empresa, estas son: Para el amoníaco, sistema de vapor, CO<sub>2</sub>, aire de baja, se utiliza transmisores de presión que soporten la corrosión, que sea muy robusto y de alta precisión, convirtiendo la señal de presión en una señal de voltaje o corriente, preferiblemente corriente para evitar que las señales no afecten la medida, debido a largas distancias que se debe interconectar los elementos sensores, y pueda ser llevado cada una de las señales a un PLC dando un valor exacto cuando se mida la presión requerida.



Figura 3.2: Transmisor de presión MBS 4500  
Fuente: Catálogo de productos, Danfoss

De acuerdo a la necesidad se eligió, el transmisor Danfoss MBS 4500 de presión con las siguientes características.

- Rango de -1 a 25 BAR.
- Señal de salida de 4 a 20 mA de acuerdo con el valor máximo y mínimo de presión.
- Soportan todo tipo de refrigerantes incluyendo el amoníaco, además no necesitan ajuste ni calibración por su alto desarrollo tecnológico y el sello del medidor principal, su precisión es estable independiente de las variaciones en la temperatura ambiente y la presión atmosférica, esto es muy importante para asegurar la presión de evaporación.

### 3.2.1 Transductores de Presión Danfoss, serie MBS 4500

Para censar la presión existente en el interior de la tubería de CO<sub>2</sub> Tesalia, CO<sub>2</sub> Carbogas, Aire de Baja, Vapor, tanque de amoníaco y los compresores de amónico, es ineludible utilizar transmisores Danfoss



debido a su diseño y capacidad, para altas prestaciones de precisión y fiabilidad, en entornos extremadamente agresivos con fuertes picos de presión, vibraciones y fluctuaciones de temperatura. Con rangos de presión nominal que sobrepasan los 600 bar y temperaturas de trabajo de -40°C a + 85°C, estos sensores son versátiles, estables y duraderos lo cual hace al transductor Danfoss muy apropiado para la aplicación requerida en el presente proyecto, dicho sensor consta los siguientes beneficios:

- Alta presión de medida.
- Para medir la presión de gases y vapores.
- Compensación de temperatura (-40° a +85°C).
- Diseño compacto.
- Bajo costo.

Tabla 3.1. Característica de operación sensor de presión serie MBS 4500

<b>Símbolo</b>	<b>Característica</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>Típica</b>	<b>Unidad</b>
V	Voltaje de Alimentación	10	30	24	V c.c.
P	Rangos de presión	-	1500	60	bar
°T	Temperatura del medio	-40	+85	-	°C
I	Corriente	4	28	20	mA
Tr	Tiempo de Respuesta	-	4	-	ms

Fuente: Catálogo de productos, Danfoss

Además el transmisor MBS 4500 de presión cuenta con una excelente estabilidad frente a vibraciones y un alto grado de protección CEM/IEM, ya que son colocados en lugares muy inusuales cumpliendo así con los requisitos industriales más exigentes.

### a. Conexión

Para poner en funcionamiento del sensor de presión, se requiere una conexión específica figura 3.3, necesaria para que sus componentes no sufran ningún tipo de averías, con lo que se logra un mayor rendimiento y un incremento en la vida útil del transmisor.

Tabla 3.2. Esquema de conexión del sensor de presión MBS 4500

NÚMERO DE PIN		
1	Alimentación	(+)
2	Alimentación	(-)
3	Sin Uso	Libre
4	Tierra	Conectado a la carcasa MBS

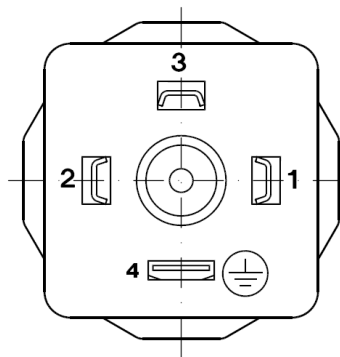


Figura 3.3: Diagrama de sensor de Presión MBS 4500  
Fuente: Catálogo de productos, Danfoss

### 3.2.2 Transmisor de temperatura de 100 ohmios Pt 4-20mA

Para la medición de la temperatura en el mezclador carbocooler (Línea Kompass), se optó por utilizar un sensor de temperatura Pt-100. El Transmisor RTD (Termopozo incluido Inox 304 3/4 NPT, RTDT-325-400-

100 figura 3.4, que es la más utilizada en la industria debido a su capacidad. Sus características innovadoras incluyen, termopozo de acero inoxidable 304 que provee protección al elemento sensor. La cabeza de aluminio cumple con los requerimientos de la norma NEMA 4 e incluye un block de terminales en termocupla/RTD o un transmisor RTD. El block de terminales está montado en un componente de cerámica el cual cumple los estándares NEC Clase 2.

Tabla 3.3. Especificaciones del Transmisor

<b>ESPECIFICACIÓN DE SALIDA</b>	
Rango	4-20 mA (<3.8 a >20.2 mA)
Salida máxima	23 mA
Precisión	± 5µA
Efecto del voltaje	0.2µA/V
Alimentación	10 a 35Vcc (Nominal 24Vcc)
Carga máxima	[(Valim-10)/20] KOhm



Figura 3.4: Transmisor RTD  
Fuente: Catálogo de productos, Danfoss

El transmisor RTD ensamblado con termopozo, tiene los ensambles RTDT transmiten la temperatura variable del proceso. Disponible como considerarlo como unidades separadas, los transmisores RTDT aceptan 2 ó 3 cables, 100 ohm. Los transmisores RTDT son energizados por lazo, tienen salidas lineales CD de 4-20 mA y protección de polaridad invertida. Para su correcta conexión se muestra en la figura 3.5

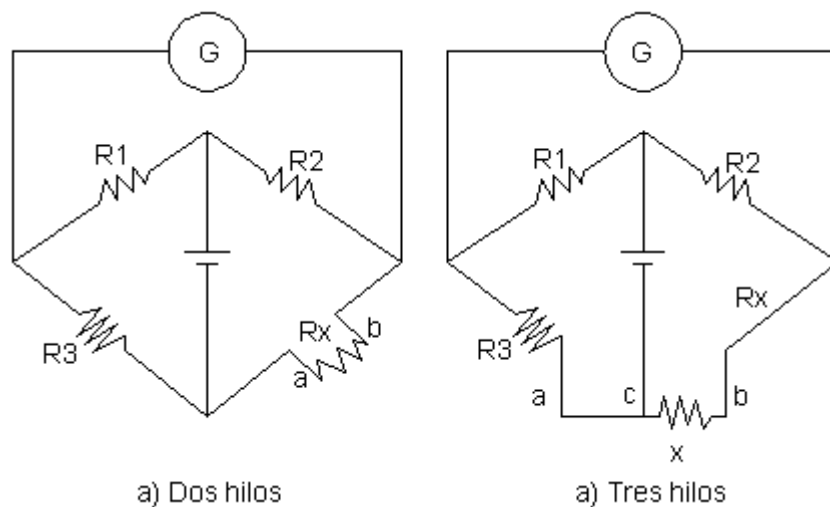


Figura 3.5: Conexión de los transmisores de 2 y 3 hilos  
Fuente: Catálogo de productos, Danfoss

### 3.3 HARDWARE UTILIZADO PARA EL CONTROL DEL SISTEMA

El proyecto se implemento con el sistema Siemens debido a su fácil manejo y versatilidad. El control del sistema involucra la implementación de un controlador encargado de efectuar las acciones de monitoreo y control para cada uno de los equipos del instalados.

A continuación se describen las características del controlador implementado en el proceso.

### **3.3.1 PLC Siemens S7-1200**

El controlador S7-1200, figura 3.6 ofrece la flexibilidad y potencias necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización.

El diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones. La CPU integra un microprocesador, una fuente de alimentación incorporada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, entrada y salida de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo ello en una carcasa compacta, conformando así un potente controlador. Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación.

La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes. La CPU incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET. Hay disponibles módulos adicionales para la comunicación en redes PROFIBUS, GPRS, RS485 o RS232.

El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 ofrece una gran variedad de módulos de señales y Signal Board (SB) permite agregar entradas y salidas a la CPU. Es posible instalar módulos de comunicación adicionales para soportar otros protocolos de comunicación.

Para la presente aplicación se analizará específicamente las características principales del PLC SIEMENS S7-1200/CPU 1214C AC/DC relé.

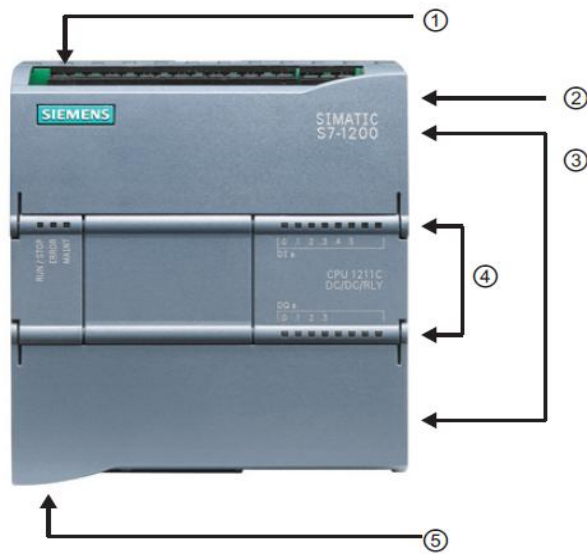


Figura 3.6: PLC Siemens, 1 Conector de corriente, 2 Ranura para Memory Card, 3 Conectores, 4 LEDs de E/S, 5 Conector PROFINET  
Fuente: Catálogo de productos, S7-1200

Los diferentes módulos de CPUs ofrecen una gran variedad de funciones y prestaciones que permiten crear soluciones efectivas destinadas a numerosas aplicaciones.

Hay tres tipos de módulos de ampliación:

- Signal Board (SB).
- Módulos de Señales (SM).
- Módulos de Comunicación (CM).

En la tabla 3.4, se describe las características más esenciales correspondientes a cada módulo de ampliación del PLC SIEMENS S7-1200/ CPU 1214C AC/DC/relé.



### **3.4 COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA PROTECCIÓN DEL SISTEMA**

El sistema de refrigeración para bebidas carbonatadas involucra distintas partes de hardware para cada una de las etapas del sistema, entre los cuales tenemos diferentes elementos de protección, encargados de resguardar la integridad de los equipos eléctricos y electrónicos utilizados dentro del proceso.

A continuación se describen las características más principales de los elementos implementados para la protección de los equipos que conforman el sistema.

#### **3.4.1 Fuentes monofásicas y bifásicas SITOP**

La fuente de alimentación modular figura 3.8, con entrada de rango amplio monofásica y bifásica para aplicación universal; con característica de salida conmutable; ampliación funcional mediante módulos adicionales al efecto.

La calidad y fiabilidad de la fuente de alimentación estabilizada SITOP tiene una alta seguridad en la alimentación de tensión continua para aplicaciones industriales y en edificios (domótica y inmótica). Éstas suministran una tensión estabilizada de 24 V DC, pero también otras tensiones de salida.

La tensión de salida se mantiene estable con suma precisión, aunque haya grandes fluctuaciones en la tensión de entrada. Esto permite utilizar las fuentes conmutadas en primario para numerosas aplicaciones, es decir, tanto para alimentar componentes electrónicos sensibles como para cargas con un consumo elevado.



Tabla 3.5. Datos técnicos de la fuente SITOP

<b>DATOS TÉCNICOS</b>	
<b>Entrada</b>	
Tensión nominal $U_e$ nom	Monofásicas y bifásicas AC 120 -230/230-500 V AC ajustable por conmutador integrado
Resistencia a sobretensiones	1300 Vpico, 1,3 ms
Puenteo de fallos de red con $I_s$ nom	> 25 ms con $U_e = 120/230$ V
Frecuencia nominal de red; rango	50/60 Hz; 47 ... 63 Hz
Intensidad nominal $I_e$ nom	2,2-1,2/1,2-0,61 A
<b>Salida</b>	
Tensión nominal $U_s$ nom	Tensión continua estabilizada y aislada galvánicamente 24 V DC
Tolerancia total	$\pm 3$ %
Rango de ajuste	24 ... 28,8 V
Indicador de funcionamiento	LED verde para 24 V O.K.
Comportamiento al conectar/desconectar	Rebase transitorio de $U_s$ en aprox. 3%
Retardo/subida de tensión en arranque	< 1 s/< 50 ms
Intensidad nominal $I_s$ nom	5 A



Figura 3.8: Fuente SITOP  
Fuente: Catálogo de productos, Siemens

### 3.4.2 Breaker Electromagnético

Para la protección del PLC S7-1200, se ha elegido un disyuntor o breaker electromagnético unipolar conectado directamente a la línea de 110 V garantizando cortar simultáneamente la alimentación de la CPU S7-1200, de todos los circuitos de entrada y de todos los circuitos de salida.

El disyuntor o breaker de marca SCHNEIDER está apto para interrumpir o abrir el circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica sobrepase su valor nominal de corriente, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos, sus características se muestra tabla 3.6.

Tabla 3.6. Capacidad de interrupción del disyuntor termomagnético

<b>600 – IEC 60898 –10KA –IEC60947.2</b>			
<b>In (A)</b>	<b>REFERENCIA</b>		
	<b>CURVA(B)</b>	<b>CURVA (C)</b>	<b>CURVA(D)</b>
0.5		24068	24653
1	24071	24331	24654
2	24072	24332	242655
3	24073	24333	242656
4	24074	24334	242657
6	24075	24333	242658
10	24076	24333	242659
16	24077	24333	242660
20	24078	24333	242661
25	24079	24333	242662
32	24080	24333	242663
40	24081	24333	242664
50	24082	24333	242665
63	24083	24333	242666

La diferencia entre breakers y fusibles. Los fusibles deben ser reemplazados tras un único uso, el disyuntor puede ser rearmado y reparado el daño, que causó el disparo o desactivación automática. Se fabrican disyuntores de diferentes tamaños y características lo cual hace que sea ampliamente utilizado en viviendas, industrias y comercios.

En la figura 3.9, se muestra un disyuntor o breacker electromagnético monopolar marca SIEMENS con voltaje de alimentación 220/127 V, 5A a 60 Hz, conforme requiere la aplicación.



Figura 3.9: Disyuntor electromagnético bipolar Schneider.  
Fuente: Catálogo de productos, Schneider

### 3.4.3 Interfaces de relé u optoacoplador

Para mayor seguridad del controlador lógico programable es utilizado como un circuito de protección externa, colocada en la entrada del PLC todas las señales digitales que se va a monitorear y controlar. Se lo implementa con el propósito de prolongar la vida útil del controlador lógico programable (PLC) ya que al ingreso de una elevada corriente puede ocasionar el deterioro o daño de su correspondiente entrada. Por tal razón se coloca dicho dispositivo adaptado a la entrada de las señales digitales para evitar daños irreparables al contacto del PLC.

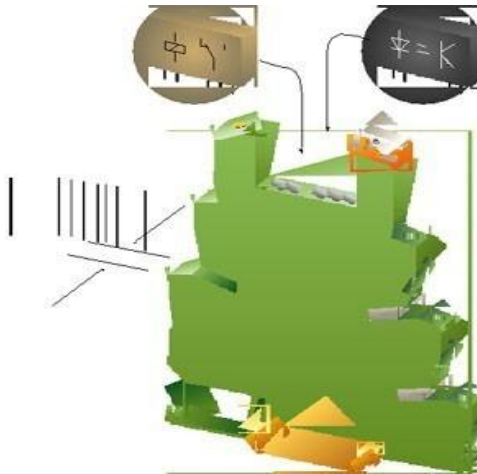


Figura 3.10: Estructura del relé electromecánico

Fuente: <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos>

La bobina del relé es alimentada con un voltaje nominal de 24V DC y una corriente de 2 amperios, posee cuatro salidas a 24V DC con una corriente de 2 amperios. En la figura 3.11, se muestra el diagrama de conexión de entrada y salida del relé electromagnético.

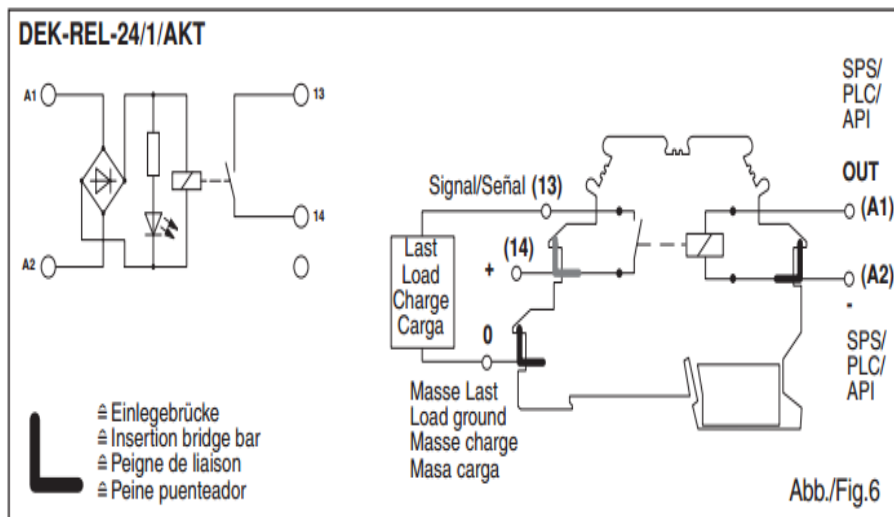


Figura 3.11: Diagrama de conexión relé

Fuente: <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos>

### **3.5 DISEÑO DEL SOFTWARE Y PROGRAMACIÓN**

El software a utilizar en la parte de diseño, programación y comunicación pertenece en conjunto a una misma familia Siemens, ante la necesidad de controlar y monitorear el sistema de refrigeración, se decidió realizar un sistema automático que facilite su operación. En esta parte se detalla sobre el software de soporte que se desarrolló.

#### **3.5.1 Selección del Software**

Teniendo en cuenta, que los operadores son los encargados de monitorear y tomar acciones ante cualquier circunstancia se establece un diseño de interfaz que permita el monitoreo y supervisión de todo el sistema que compete al sistema de refrigeración para bebidas carbonatadas, en este caso se optó por utilizar TIA PORTAL V11 para el PLC y para el panel SCREEN EDITOR.

#### **3.5.2 Software de programación TIA Portal V11**

El Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) integra diferentes productos SIMATIC en una aplicación de software que le permite aumentar la productividad y la eficiencia del proceso. Dentro del TIA Portal, los productos TIA interactúan entre sí, ofreciéndole soporte en todas las áreas implicadas en la creación de una solución de automatización.

Una solución de automatización típica abarca lo siguiente:

- Un control eficaz del proceso con la ayuda del programa.
- Un panel de operador con el que se maneja y visualiza el proceso.

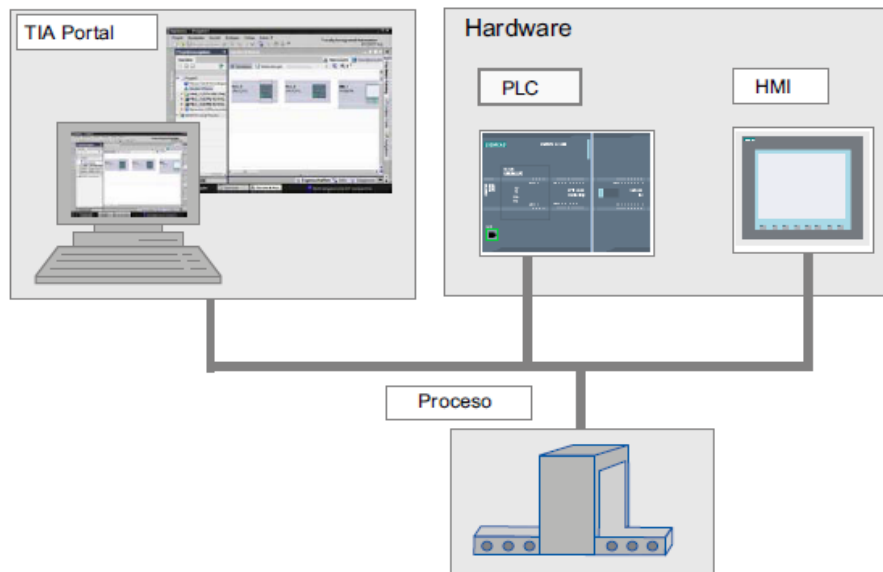


Figura 3.12: Interfaz de comunicación PLC, HMI, PC  
Fuente: Software TIA Portal V11

#### a. Ventajas

El TIA Portal ofrece lo siguiente:

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

### 3.6 ALGORITMOS Y PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA

El software carga totalmente la lógica del programa, inclusive los nombres de tags, directamente de un controlador.

La Programación en el software se realiza en formato ladder (lógica de escalera). La pantalla principal del software se muestra a continuación.

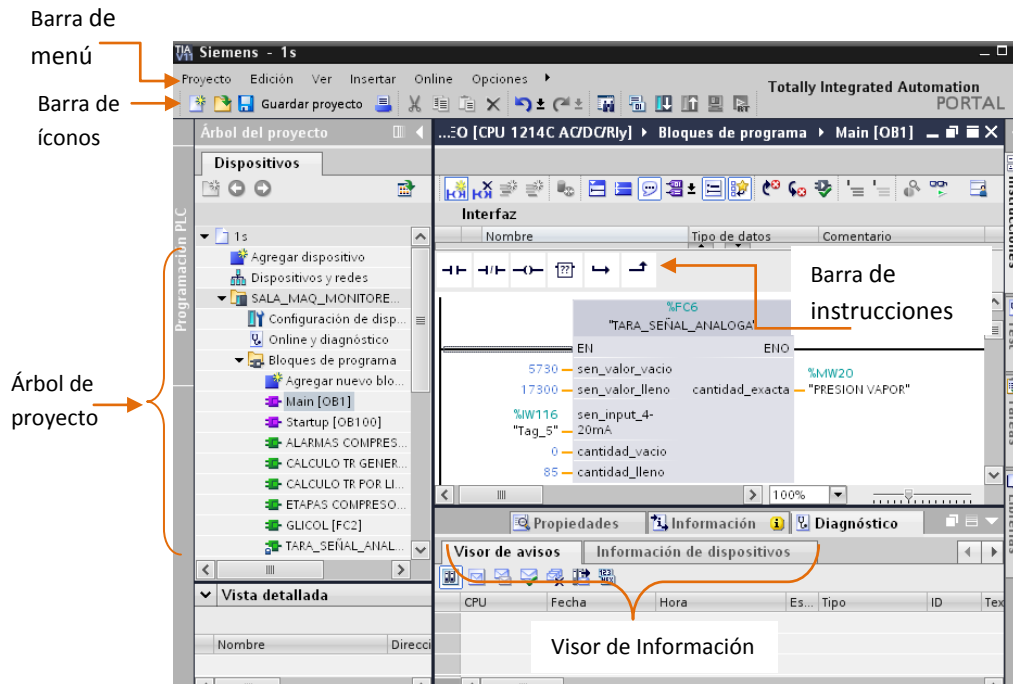


Figura 3.13: Pantalla del software TIA Portal V11  
Fuente: Software TIA Portal V11

La barra de menús y la barra de iconos permiten realizar funciones propias del programa como guardar, cerrar, cargar y descargar el programa, etc.

El árbol del proyecto contiene los archivos y carpetas creados en el proyecto y las diferentes rutinas de ladder programadas.

En la barra de instrucciones se encuentran las instrucciones más habituales de la programación en ladder.

El programa corrige las funciones que realizará el PLC SIMATIC S7-1200 para controlar y alimentar los contactores por medio de micro relés.

Este programa, mediante comunicación Ethernet, recibe las instrucciones enviadas desde TIA PORTAL, por medio de las variables enlazadas entre sí. El programa desarrollado controla las etapas de los compresores de amoníaco el encendido y apagado automático, dependiendo la producción de las líneas de enfriamiento a la vez monitorea el sistema de refrigeración.

Los diagramas de flujo de los programas desarrollados y que logran ejecutar las acciones mencionadas anteriormente se explican a continuación.

### **3.6.1 Supervisión y control general del sistema**

En la figura 3.14, se presenta el flujograma de control y supervisión total del sistema que son implementados en el PLC para su respectiva programación.

El algoritmo de programación se estableció según las funciones del sistema y la necesidad.



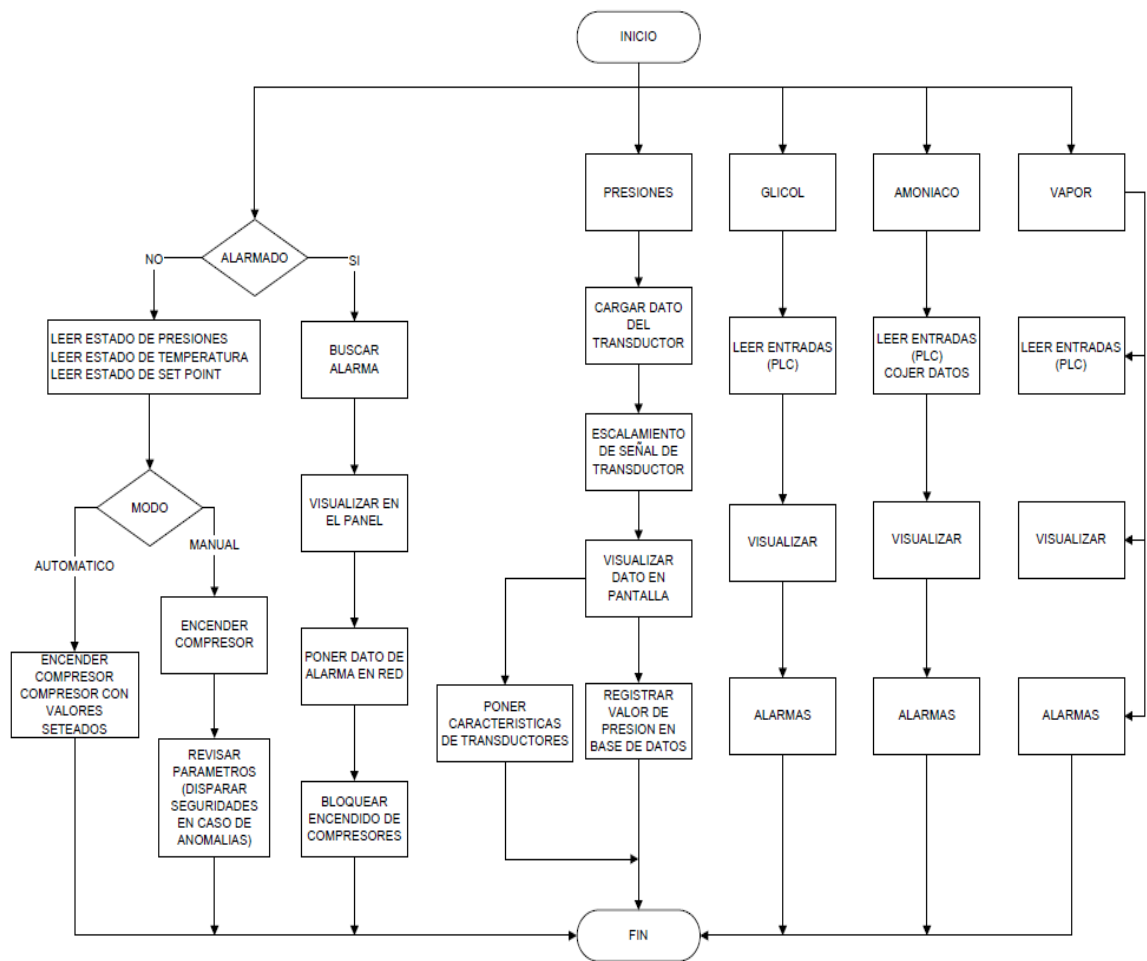


Figura 3.14: Diagrama de flujo general del sistema.  
Elaborado por: Darwin Toapanta.

### a. Compresores VILTER

Se realiza la programación teniendo en cuenta los valores de entrada en representación decimal y los valores de trabajo del transmisor de presión Danfoss elegido, teniendo en cuenta que este tipo de transmisores no se ve afectado por la presión atmosférica ni el ambiente de trabajo. El rango de presión es de 0 a 25 bares que corresponden a una señal de corriente de 4 a 20 mA respectivamente.

### a.1 Control encendido y apagado de los compresores

En la figura 3.15, se muestra el diagrama de flujo del control del compresor. Este programa permite controlar el encendido en forma manual o automático los compresores y etapas respectivas, en primer lugar se debe correr el programa del PLC (modo RUN), para luego esperar la señal del **compresor Vilter 446 y compresor Vilter 458 XL** que es enviada desde TIA PORTAL para realizar la acción correspondiente, ya sea el encendido o apagado del compresor, en este lazo se mantendrá hasta que el modo RUN se apague.

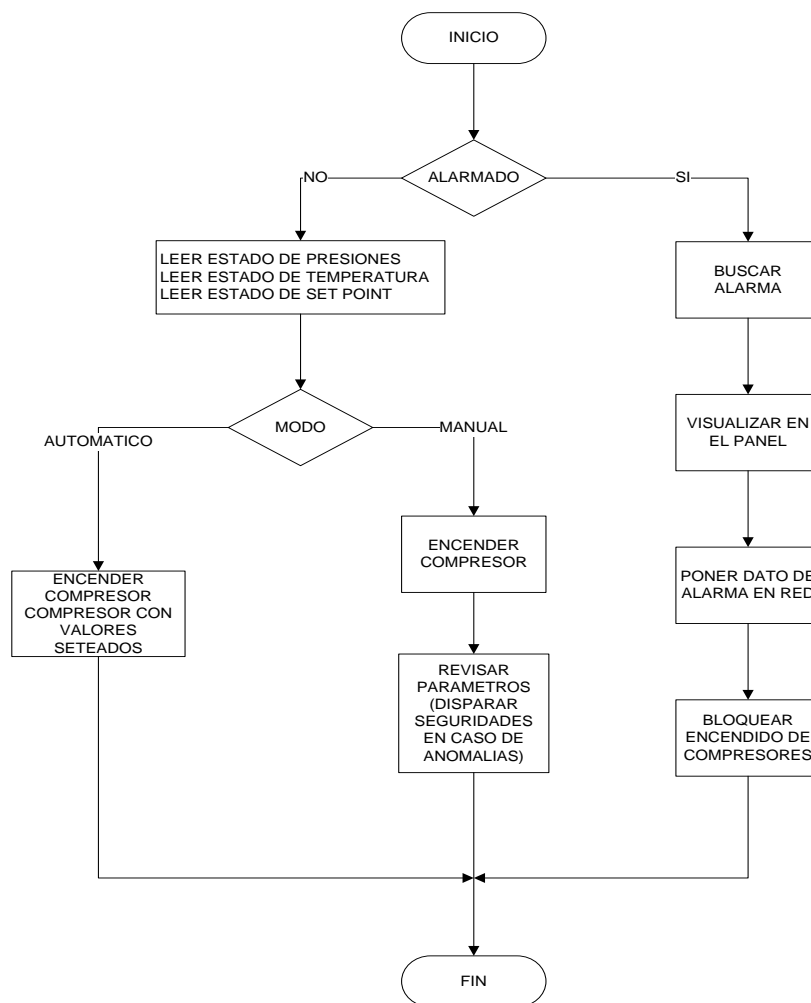


Figura 3.15: Diagrama de flujo, control encendido y apagado.  
Elaborado por: Darwin Toapanta.

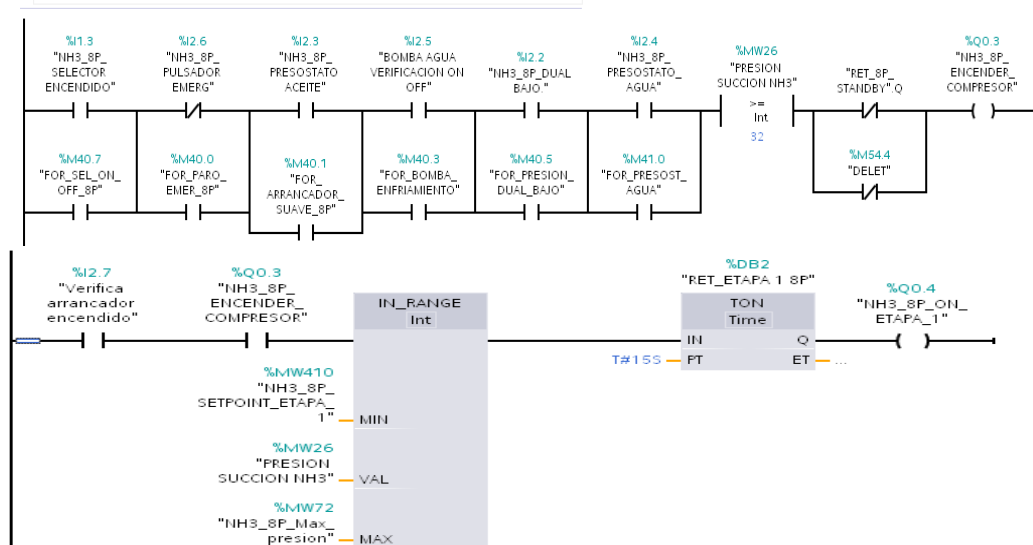


Figura 3.16: Programa en TIA Portal V11, para el control manual y automático de los compresores.  
Elaborado por: Darwin Toapanta.

### b. Sistema de Vapor, aire de baja, Carbogás (CO2) y Amónico (NH3)

Se ejecuta variables tipo entero, cada una de las variables debe ser de distinto valor debido a que cada una cumple una función específica a presiones diferentes, como puede verse a continuación.

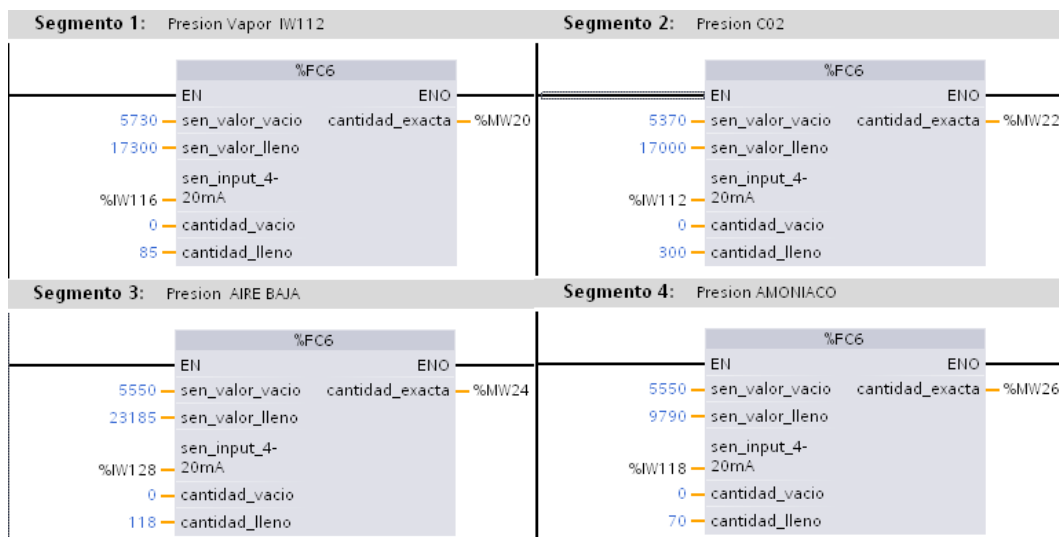


Figura 3.17: Programa en TIA Portal V11, para el monitoreo de Vapor, CO2, aire de baja, NH3  
Elaborado por: Darwin Toapanta

### c. Sistema de glicol

Se realiza una programación básica con contactos y bobinas teniendo en cuenta si los contactores de los guardamotores están normalmente abiertos o cerrados, como se puede observar.

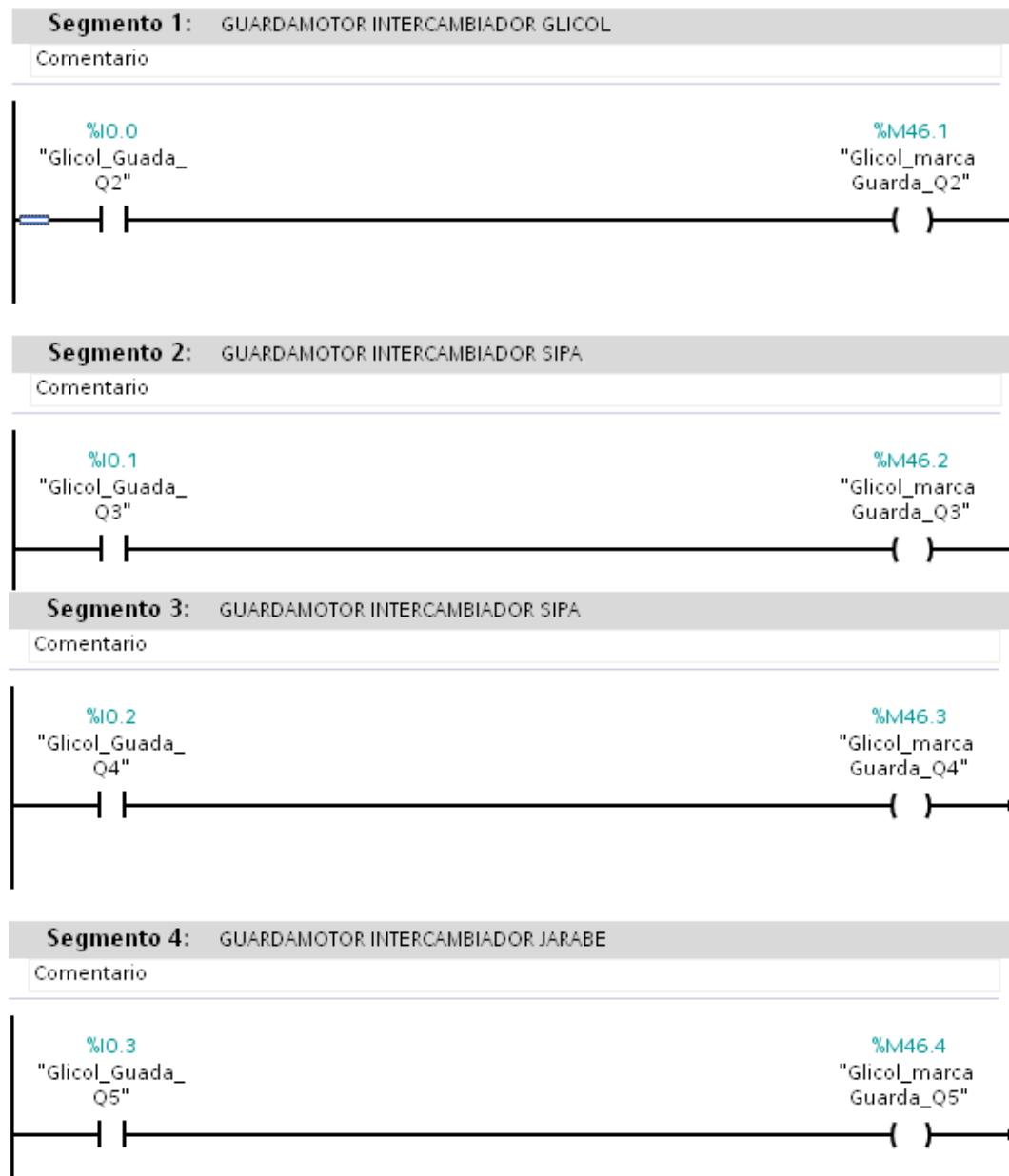


Figura 3.18: Programa en TIA Portal V11, para el sistema de glicol  
Elaborado por: Darwin Toapanta

#### d. Temperatura

Para reducir el costo del proyecto solamente se adquirió un sensor de temperatura Pt-100, el cual está ubicado en el mezclador o carbonatador Carbocooler de la línea Kompass. La programación es sencilla como se muestra en la figura 3.19.

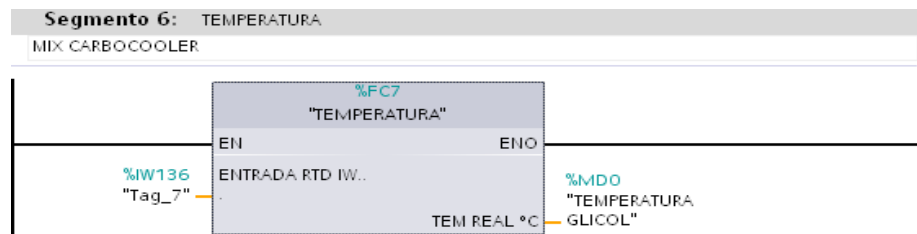


Figura 3.19: Programa en TIA Portal V11, para la temperatura  
Elaborado por: Darwin Toapanta

#### 3.6.2 Variables utilizadas del PLC

En la tabla 3.7 y 3.8, se muestra las variables utilizadas en el presente proyecto.

Tabla 3.7. Variables utilizadas del PLC

Name	Data Type	Logical Address	Hmi Visible
Presión Vapor	Int	%MW20	True
Presión C02 1	Int	%MW22	True
Presión Aire Baja	Int	%MW24	True
Presión NH3	Int	%MW26	True
Temperatura Glicol	Real	%MD0	True
volumen	DInt	%MD16	True
VOL_220	LReal	%M38.0	True
PRUEBA_LED	Bool	%M200.0	True
Glicol_Guada_Q2	Bool	%I0.0	True
Etapa_1_6pist	Bool	%M46.0	True

Elaborado por: Darwin Toapanta

Tabla 3.8. Variables utilizadas del PLC

<b>Name</b>	<b>Data Type</b>	<b>Logical Address</b>	<b>Hmi Visible</b>
Glicol_Guada_Q3	Bool	%I0.1	True
Glicol_marca Guarda_Q2	Bool	%M46.1	True
Glicol_marca Guarda_Q3	Bool	%M46.2	True
Glicol_Guada_Q4	Bool	%I0.2	True
Glicol_marca Guarda_Q4	Bool	%M46.3	True
Glicol_Guada_Q5	Bool	%I0.3	True
Glicol_marca Guarda_Q5	Bool	%M46.4	True
NH3_6P_ETAPA_1	Bool	%I0.4	True
NH3_6P_marca_ETAPA_1	Bool	%M46.5	True
NH3_6P_marca_ETAPA_2	Bool	%M46.6	True
NH3_6P_ETAPA_2	Bool	%I0.5	True
NH3_6P_ETAPA_3	Bool	%I0.6	True
NH3_6P_marca_ETAPA_3	Bool	%M46.7	True
NH3_8P_marca_ETAPA_1	Bool	%M47.0	True
NH3_8P_ETAPA_1	Bool	%I0.7	True
NH3_8P_ETAPA_2	Bool	%I1.0	True
NH3_8P_marca_ETAPA_2	Bool	%M47.1	True
NH3_8P_ETAPA_3	Bool	%I1.1	True
NH3_8P_marca_ETAPA_3	Bool	%M47.2	True
Tag_31	Bool	%I1.4	True
NH3_8P_ETAPA_4	Bool	%I1.2	True
NH3_8P_marca_ETAPA_4	Bool	%M47.3	True
PRESION VAPOR(1)	Int	%MW20	True

Elaborado por: Darwin Toapanta

### 3.7 COMUNICACIÓN ENTRE PC /PLC

Para establecer una conexión entre el PC y el PLC serie S7-1200. Debemos tener en cuenta una serie de restricciones, cuidados para su correcta comunicación entre uno o varios PLCs de la gama S7-1200.

Por lo tanto los principales pasos que se deben seguir para establecer la comunicación entre PC y el PLC S7- 1200 son:

- Creación del proyecto.
- Configuración del hardware.
- Conexión en red de los dispositivos.
- Programación del controlador.
- Configuración de la visualización.
- Carga de los datos de configuración.
- Uso de las funciones Online y diagnóstico.

### **3.7.1 Equipo de adquisición de datos por medio del bus USB**

La adquisición de BUS USB es excelente por su alta velocidad, confiabilidad y flexibilidad para ser usados tanto en computadoras PC de escritorio, computadoras portátiles o en computadoras industriales, los equipos de adquisición de datos (DAQ: Data Acquisition) han ganado un espacio muy grande en los sistemas de medición y control de las industrias.

Las tarjetas de adquisición de datos son usadas para diversas aplicaciones en las que ingresen señales análogas o digitales tales como voltaje, corriente, temperatura, deformaciones, esfuerzos resistencia, frecuencia, posición, aceleración, presión, sonido, etc.

También puede ser utilizado en pruebas de audio, pruebas automatizadas, comunicaciones, registro de datos, supervisión de condiciones de máquina, medicina, mecatrónica, ruido, vibración, robótica, etc.

### **3.7.2 Interfáz profinet integrada**

La CPU S7-1200 incorpora un puerto PROFINET que soporta las normas Ethernet y de comunicación basada en TCP/IP. La CPU S7-1200 soporta los siguientes protocolos de aplicación:

- Transport Control Protocol (TCP).
- ISO on TCP (RFC 1006).

La CPU S7-1200 puede comunicarse con otras CPUs S7-1200, programadoras STEP 7 Basic, dispositivos HMI y dispositivos no Siemens que utilicen protocolos de comunicación TCP estándar. Hay dos formas de comunicación vía PROFINET:

#### **a. Conexión directa**

La comunicación directa se utiliza para conectar una programadora, dispositivo HMI u otra CPU a una sola CPU.

#### **b. Conexión de red**

La comunicación de red se utiliza si deben conectarse más de dos dispositivos (por ejemplo: CPUs, HMIs, programadoras y dispositivos no Siemens).



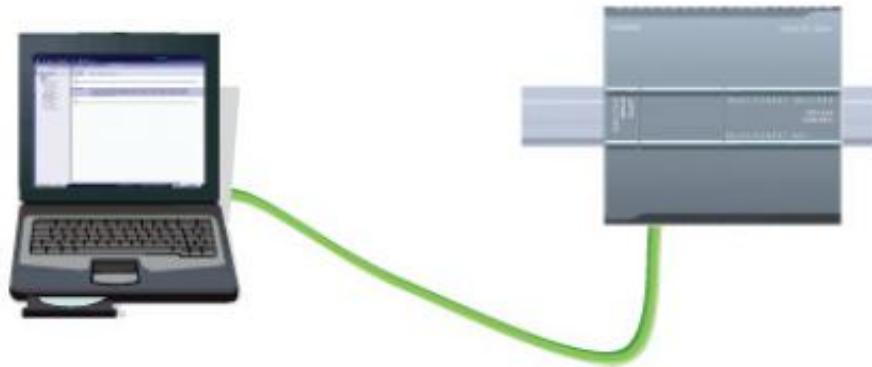


Figura 3.20: Conexión directa, conectada a una CPU S7-1200  
Fuente: [http://www.r-studio.com/es/Articulos\\_de\\_datos](http://www.r-studio.com/es/Articulos_de_datos)

Al configurar la comunicación entre una CPU y una programadora debe considerarse lo siguiente:

- a) Configuración/instalación: Es preciso configurar el hardware.
- b) Para la comunicación entre dos interlocutores no se requiere un switch Ethernet. Un switch Ethernet se requiere sólo si la red comprende más de dos dispositivos.

### **3.8 HARDWARE UTILIZADO PARA EL MONITOREO**

Para el sistema de adquisición y visualización de datos, se utilizó un panel de marca DELTA de 10 pulgadas figura 3.21, con el propósito de controlar y monitorear el estado real que se encuentran en el interior y exterior del sistema de refrigeración al momento del proceso, este panel internamente tiene una matriz de sensores. También como elemento de protección se colocó un breaker ajustado a los cuidados y requerimientos necesarios para su funcionamiento como son voltaje y corriente, con el propósito de salvaguardar la integridad del equipo de monitoreo y control.



Figura 3.21: Panel Delta para la adquisición del control y monitoreo  
Fuente: Catálogo de productos, Delta

### 3.8.1 Estructura de un panel operador o HMI

La estructura de un panel operador es muy similar a la estructura de un PLCs con unas leves diferencias como son: las interfaces de entradas/salidas son representadas por un cable de comunicación directa con el PLC.

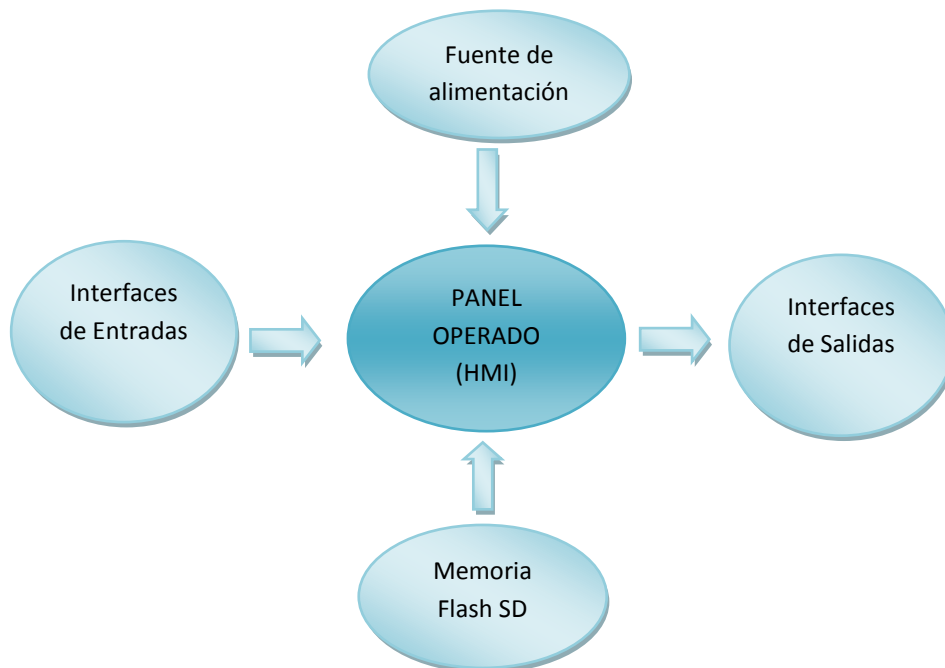


Figura 3.22: Estructura de un Panel Operador  
Elaborado por: Darwin Toapanta

### 3.8.2 Requerimientos de Screen Editor

El software de edición, DOPSoft es compatible con los sistemas operativos: Windows XP, Windows Vista, Windows 7, como se muestra en la figura 3.23.



Figura 3.23: Aspecto general del Windows XP y Screen Editor  
Fuente: Software DOP-B

Para la transferencia de datos/descarga se utiliza la interfaz serial RS232, USB, Ethernet, como se muestra en la figura 3.24.

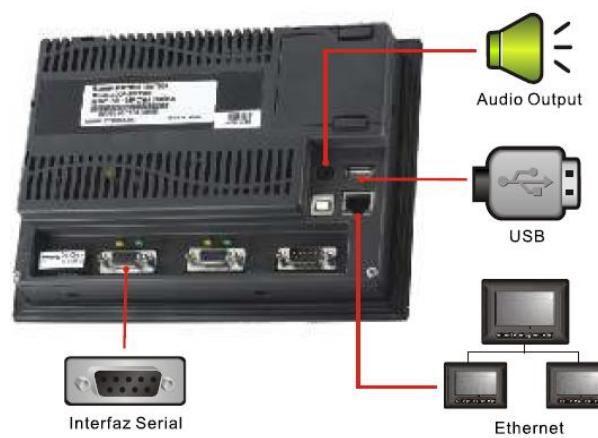


Figura 3.24: Transferencia de datos/descarga  
Elaborado por: Darwin Toapanta

La fácil comunicación con más de 20 marcas de PLCs/Controladores serie DOP-B todos los modelos soportan interfaz de comunicación: RS232/ RS422 /RS485 y con la ayuda de la interfaz Ethernet, es posible usar (4) interfaces de comunicación al mismo tiempo y conectarse fácilmente con varios dispositivos de automatización industrial realizando un enlace de red como se indica en la figura 3.25.

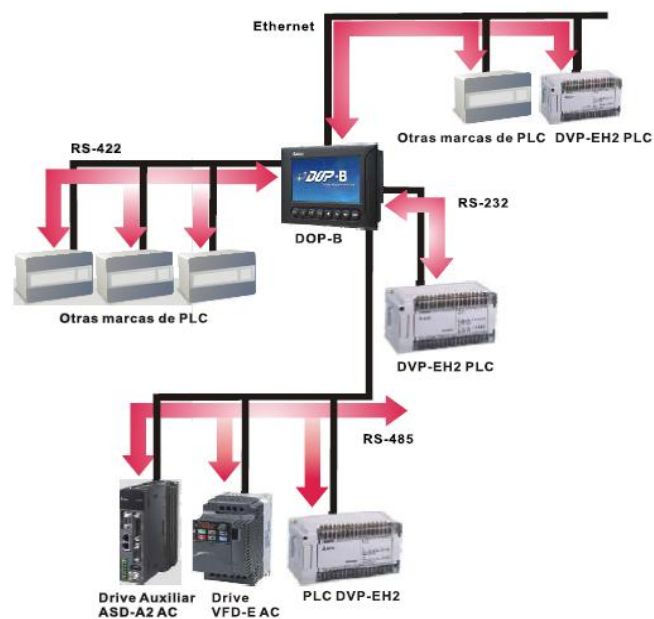


Figura 3.25: Varias interfaces de comunicación  
Elaborado por: Darwin Toapanta

### a. Características y exposiciones

Gráficos orientados a objetos.

- Animación de objetos.
- Alarmas.
- Programación.
- Seguridad.
- Generación de informes personalizados y documentación.

- Gráficos de tendencia históricos y de tiempo real.
- Aplicaciones en Red.
- Servidores I/O.
- Soporte técnico.

### 3.9 SOFTWARE DE DISEÑO SCREEN EDITOR 2.00.23

El proyecto se realizó teniendo en cuenta que, “En la función de diálogo hombre máquina, el operador desempeña un papel importante. En base a los datos que dispone, debe realizar acciones que condicione el buen funcionamiento de las máquinas y las instalaciones. Por tanto, indispensable la calidad de diseño, la interface y el funcionamiento de diálogo garantice al operador la posibilidad de actuar con seguridad en todo momento.”

El software Screen Editor consta de un menú como se ve a continuación por el cual se puede navegar y configurar cada una de las pantallas del HMI.



Figura 3.26: Pantalla Principal de la Interfaz realizada en el proyecto  
Elaborado por: Darwin Toapanta

La serie Delta DOP de pantallas HMI destinada a la automatización industrial, control de procesos y supervisión; Tiene funciones rápidas de control y muy adecuadas para las máquinas de automatización industrial. Además, la programación de toda la serie DOP se realiza mediante un software editor Delta en plataforma Windows y de fácil uso. Con este software, el usuario puede editar imágenes y gráficos rápidamente, y establecer un protocolo de comunicación adecuado a través de comandos en lenguaje macro.

### 3.9.1 Configuración del DOP

Para realizar la configuración de una estación, es necesario establecer la comunicación por medio del Software SCREEN EDITOR. Para lo cual se efectúa lo siguiente:

#### a. Crear un nuevo proyecto

Ejecutando el software Screen Editor se crea un nuevo proyecto el cual será utilizado para la creación del OPC, figura 3.27.

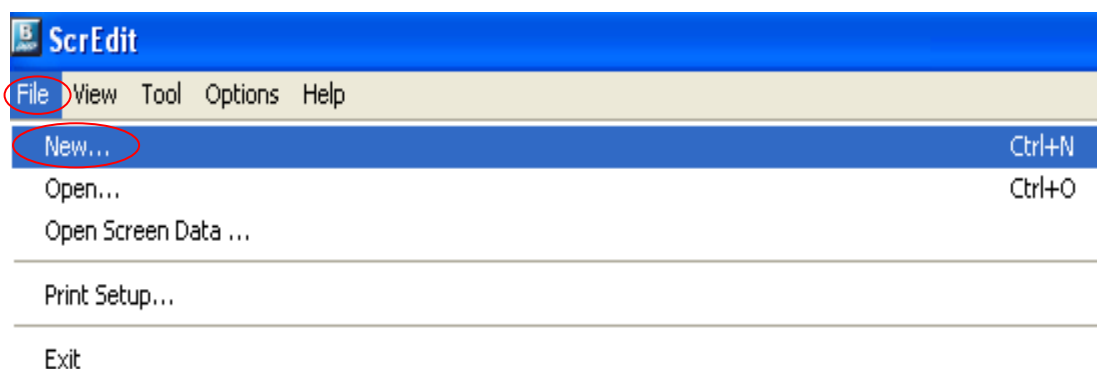
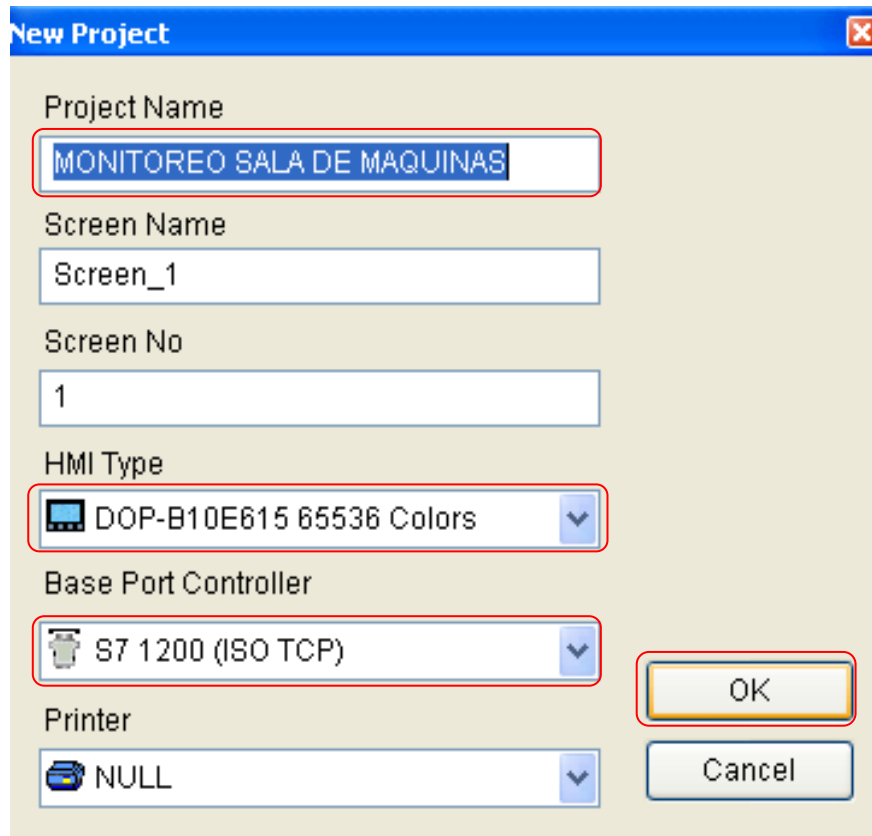


Figura 3.27: Creación del nuevo proyecto

Fuente: Software Screen Editor 2.00.23

## b. Selección del controlador

En esta ventana nos indica los parámetros a completar de acuerdo a la aplicación.



The image shows a 'New Project' dialog box with the following fields and values:

- Project Name: MONITOREO SALA DE MAQUINAS
- Screen Name: Screen\_1
- Screen No: 1
- HMI Type: DOP-B10E615 65536 Colors
- Base Port Controller: S7 1200 (ISO TCP)
- Printer: NULL

Buttons: OK, Cancel

Figura 3.28: Selección y tipo de controlador.  
Fuente: Software Screen Editor 2.00.23

## c. Desarrollo del proyecto

Una vez iniciado el programa screen editor procedemos a realizar la aplicación requerida.

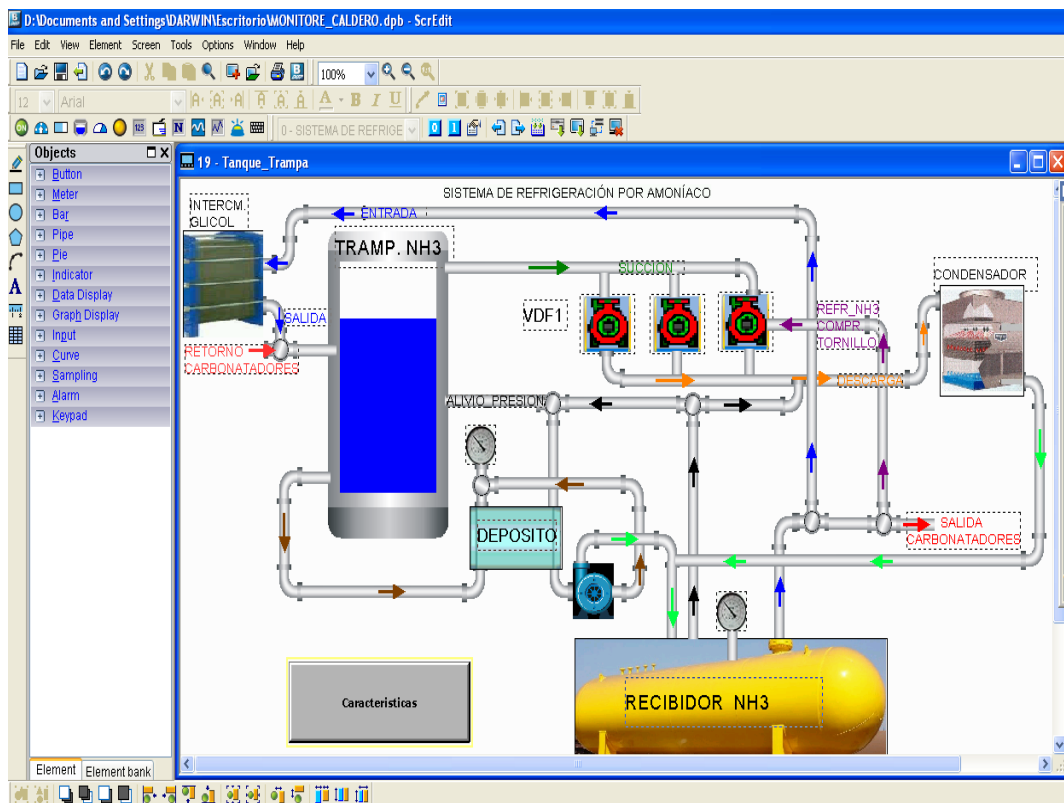


Figura 3.29: Ventana de desarrollo del proyecto.

Fuente: Software Screen Editor 2.00.23

#### d. Definir la dirección

Para seleccionar la dirección seguimos los siguientes pasos:

- 1.- Primero seleccionar el elemento.
- 2.- En propiedades, haga clic sobre el botón "Read Address".
- 3.- Escribir la dirección, que se programo en el PLC en este caso MW 26.
- 4.- Finalmente enter, como se puede observar en la figura 3.30.



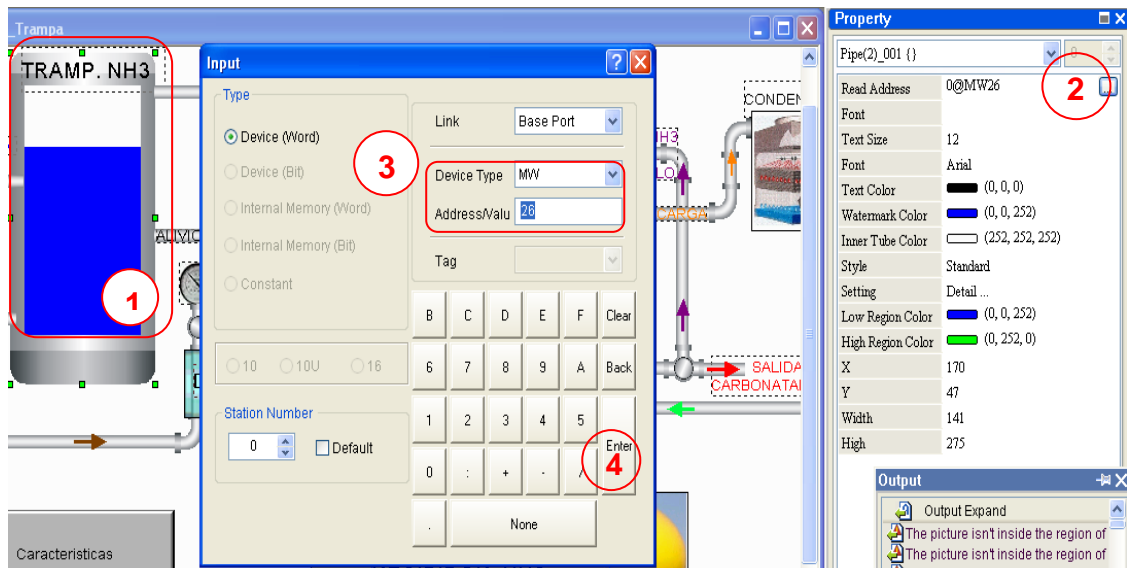


Figura 3.30: Ventana para definir la dirección  
Fuente: Software Screen Editor 2.00.23

### e.- Configuración y transferencia

Para tener comunicación entre el panel operador y la PC realizamos lo siguiente:

- 1.- En la barra de herramientas seleccionamos “Options”.
- 2.- Seleccionar “Configuration” nos aparecerá la pantalla de la figura 3.31, en la cual está definida la configuración general e indica los parámetros más importantes.
- 3.- Elegir el tipo de comunicación q se requiere por el usuario.
- 4.- Para finalizar enter.

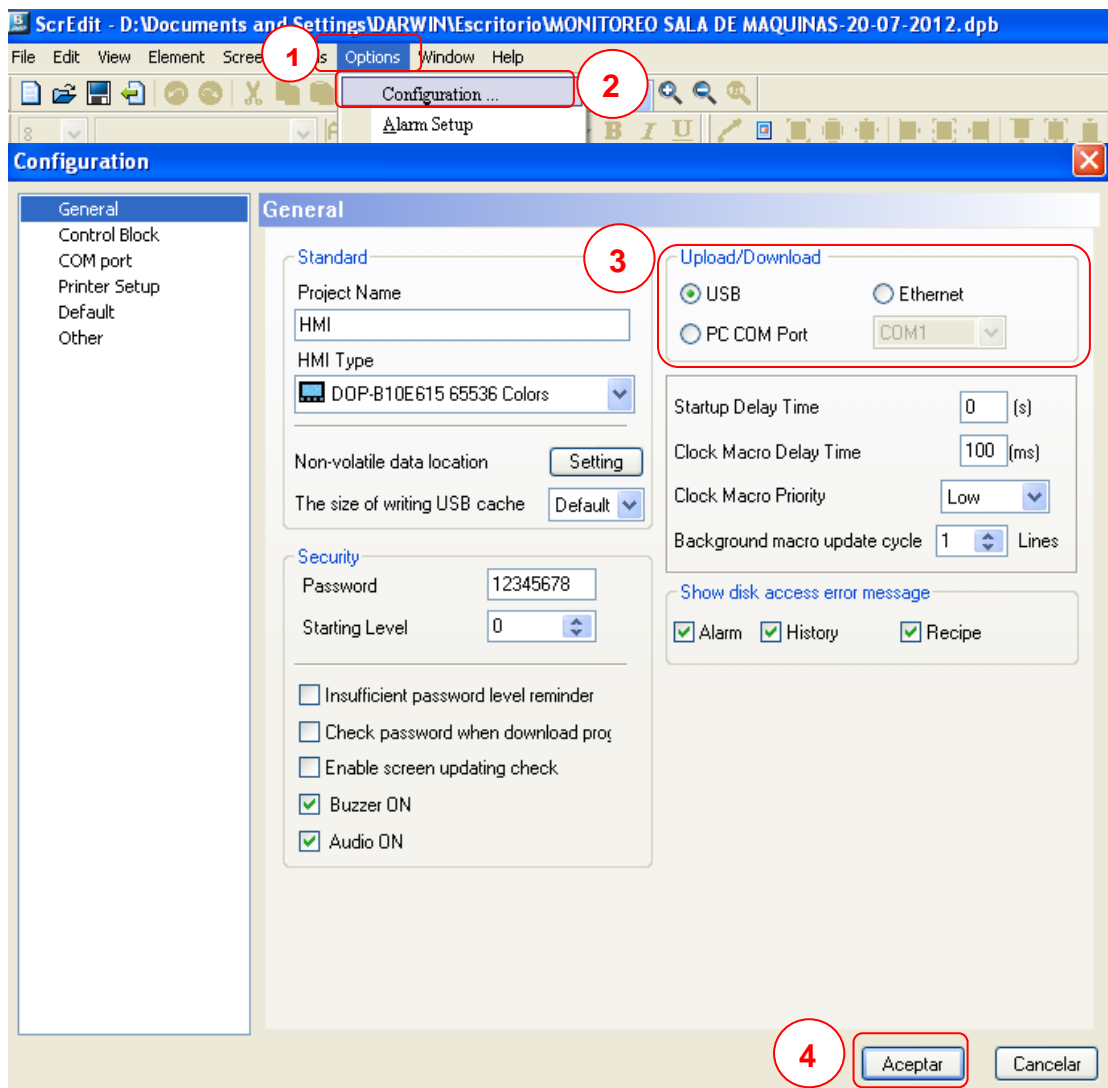


Figura 3.31: Ventana de configuración general.

Fuente: Software Screen Editor 2.00.23

Los pasos indicados en la configuración del DOP, se debe realizar para cada una de las ventanas, teniendo en cuenta la dirección correspondiente.

A continuación se muestran las siguientes ventanas realizadas en el software SCREEN EDITOR 2.00.23

### 3.9.2 Sistema de enfriamiento

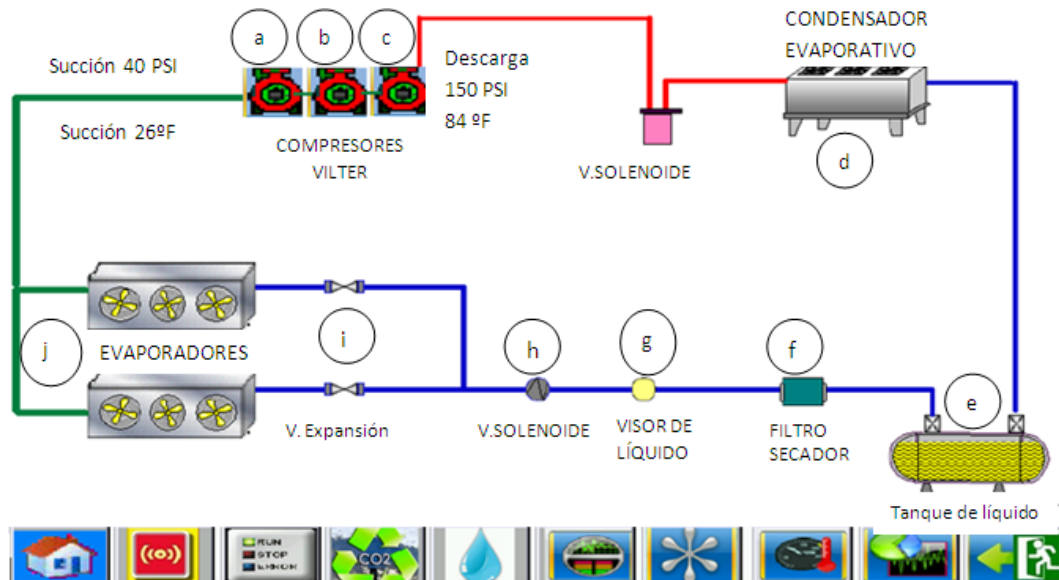


Figura 3.32: Diagrama de refrigeración del sistema de enfriamiento  
Elaborado por: Darwin Toapanta

Se encuentran tres compresores VILTER cada uno con diferentes potencias, como se indica en la figura 3.24; (a) de 76 HP, (b) 134 HP y (c) 104 HP respectivamente de izquierda a derecha, se alimentan a 440 VAC, son los que gobiernan el sistema de refrigeración para bebidas carbonatadas, como se observa en el diagrama se tiene la medida de la presión de succión y descarga en (PSI), como se explicó anteriormente el ciclo de refrigeración está compuesto por el compresor (a, b, c), que aumenta la presión y la temperatura del refrigerante R-717 se puede observar la tubería de color rojo, a continuación se encuentra el condensador evaporativo (d), que condensa el gas a alta presión y lo convierte en líquido a alta presión con temperatura constante por eso es la tubería de color azul, el ciclo continúa con un tanque de líquido (e), que cumple la función de almacenar refrigerante líquido, con la finalidad que nunca se queden los evaporadores sin refrigerante, el filtro secador (f), el

visor de líquido(g) y la válvula solenoide (h), hacen parte de los elementos adicionales que optimizan el ciclo de refrigeración.

Finalmente se encuentra la válvula de expansión (i), cuya función es disminuir la presión, que actualmente tiene el refrigerante líquido, antes de ingresar a los evaporadores (j), también pasan por los difusores que envían directamente el frío a las bebidas, después de pasar por los evaporadores el refrigerante pasa a ser gas a baja presión, por esto se observa que la tubería es de color verde, con esto se completa el ciclo de refrigeración, que con algunas variaciones es el mismo para todos los procesos.

### 3.9.3 Compresores de amoniaco

Bajo cada compresor se encuentra un botón con el nombre del compresor y característica de cada uno, este botón también abre una nueva ventana, en la que se puede observar la imagen de los compresores, gráficas de históricos, etc.

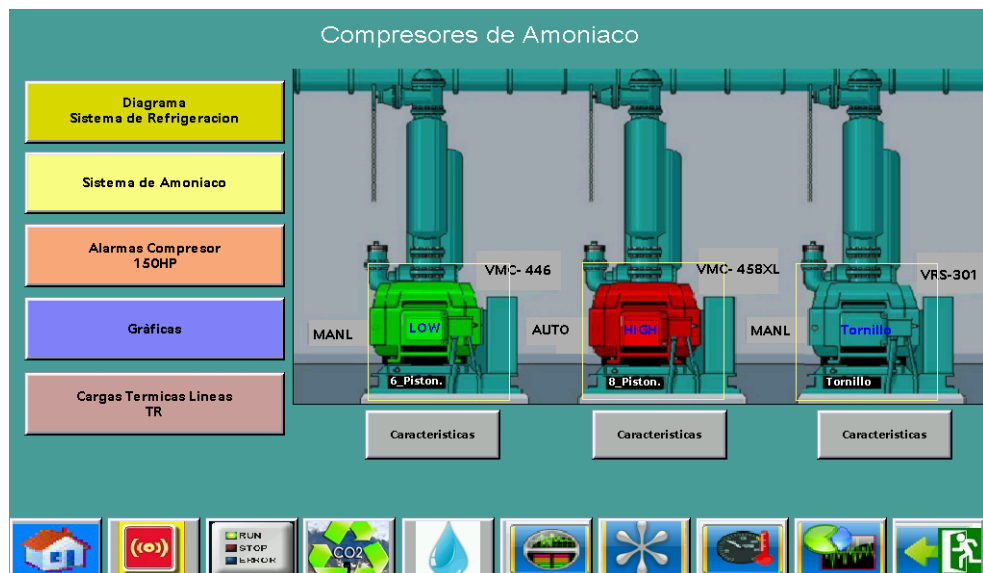


Figura 3.33: Pantalla principal de compresores Vilter que gobierna el sistema de refrigeración

Elaborado por: Darwin Toapanta

### 3.9.4 Generación de vapor

En el menú principal también se encuentra el botón que abre la ventana de generación de vapor, en esta se encuentra un display para observar la presión de la temperatura enviada a la línea Carvallo y Maper, la presión de vapor que genera cada caldera y la eficiencia de cada una de estas calderas, esto con el fin de saber si la caldera está trabajando de acuerdo a lo esperado o si es necesario realizar un mantenimiento para evitar pérdidas de vapor.

Actualmente se tienen indicadores locales de estas variables, el proyecto queda abierto para complementarlo con los transmisores de presión y temperatura adecuados que den una señal de 4 a 20 mA y puedan llevarse al PLC.

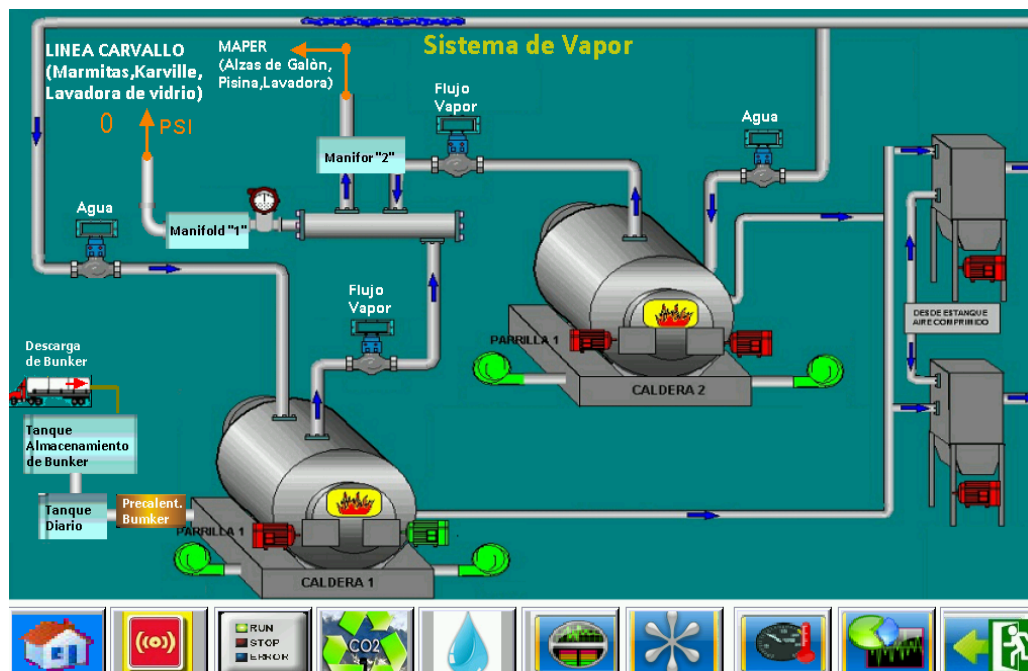


Figura 3.34: Pantalla principal del área de Generación de vapor  
Elaborado por: Darwin Toapanta

### **3.10 MONTAJE E IMPLEMENTACIÓN**

Ya seleccionados los elementos a implementar en el proceso, se procederá a explicar el proceso de acoplamiento tanto de hardware de adquisición, control y protección los cuales son instalados en el interior del tablero de control.

#### **3.10.1 Elementos y equipo Instalado**

A los componentes se añadieron varios elementos que permiten controlar y supervisar de manera eficiente, reduciendo de esta manera el tiempo que tardan los operadores en tomar lecturas de presión y temperatura, y a la vez controlando el proceso de producción.

Los elementos que se aumentaron y otros que fueron reemplazados para el control, se describen a continuación:

- Tablero de control y monitoreo.
- Módulos de entradas y salidas digitales.
- Módulos de entradas y salidas análogas.
- Módulo RTD.
- Transmisores de presión y temperatura.
- Sujeción de los aparatos.
- Cableado mediante el diseño eléctrico.
- Conector UTP.
- Switch scalance X005.
- Router Inalámbrico
- Computadora para el HMI.

## **a. Tablero de Control y Monitoreo**

Para proteger todos los materiales utilizados, de la intemperie y para que resista las condiciones más extremas de la industria, los equipos son montados en un tablero, en dicho tablero se encuentran relés de entradas y de salidas, PLC, módulos análogos de entrada y salida, un módulo digital de entrada y salida del PLC, borneras, cables, señalización, etc. Con sus cubiertas y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro del área sala de máquinas.

Esencialmente el PLC y demás elementos están polarizados con una fuente de 24VDC la misma que es alimentada con 110VAC. Al PLC se le protegió con un disyuntor magnético de cortocircuitos y sobrevoltajes.

Las etapas de los compresores, trabaja con una tensión de 220VAC entonces todas las señales que ingresan hacia el PLC se acondicionan con relés de bobina a 220VAC. Todas las salidas desde el PLC se encuentran aisladas a través de relés con bobina de 24VDC.

El tablero es una estructura cuadrada de 1pulgada y media, de medidas alto 80 cm, ancho 60 cm y de profundidad 28 cm. En el espaldar tiene la estructura de concreto con una altura de 7m, el cual es el soporte principal para ubicar el tablero de control y monitoreo.

Existe una gran variedad de accesorios para el montaje. Los tableros metálicos ofrecen las siguientes ventajas:

- Resistencia.
- Grosor de la chapa: de 12 a 20/10 de mm.
- Puertas reforzadas con bisagras de acero inoxidable.
- Resistencia a los choques 20 julios (grado 9).
- Pintura texturizada.

- Seguridad.
- Apertura de la puerta con llave de seguridad.

La fabricación del tablero eléctrico, cumple criterios de diseño y normativas que permite su funcionamiento correcto una vez energizado, garantizando la seguridad de los operarios y de las instalaciones en las cuales se encuentran ubicados. En la figura 3.29, se muestra la estructura interna de un gabinete o tablero de control.

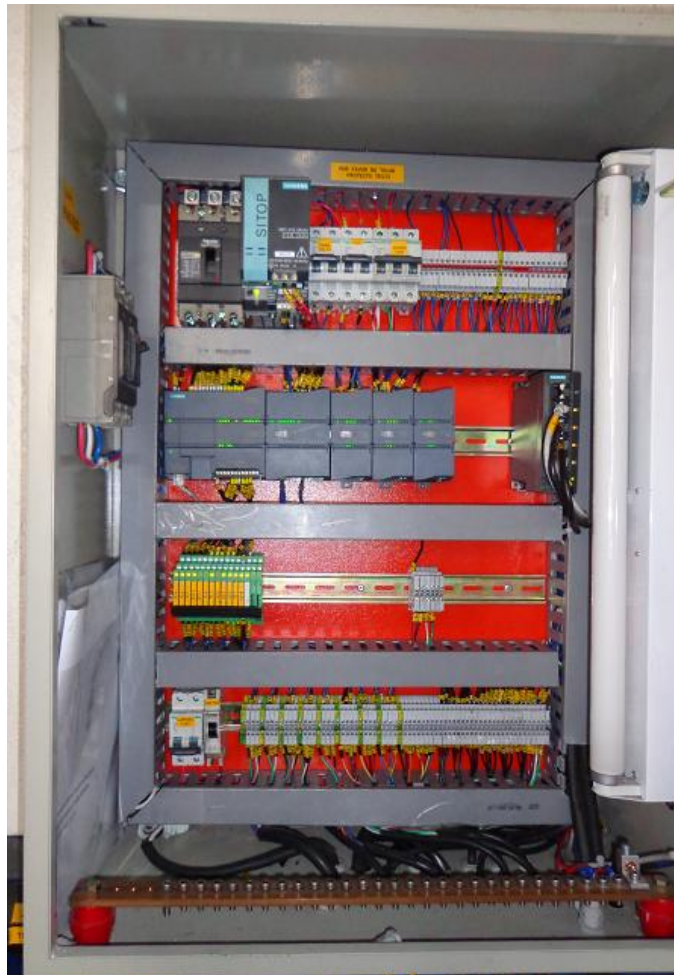


Figura 3.35: Tablero de control y monitoreo  
Fuente: Área sala de máquinas, TESALIA



## b. Módulos de Señales (SM)

Los módulos de señales agregan funciones a la CPU. Los SMs se conectan en el lado derecho de la CPU como se muestra en la figura 3.36 a la vez ampliando el número de:

- E/S digitales.
- E/S analógicas
- RTD y termopar.

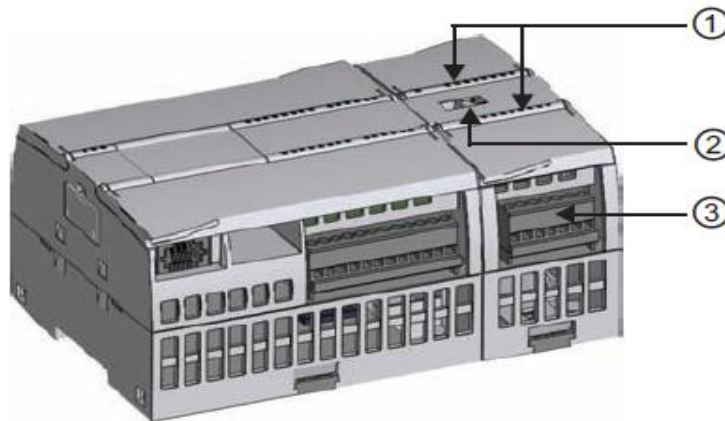


Figura 3.36: Módulo de señales, 1 LEDs de E/S, 2 Conector bus, 3 Conector extraíble para el cableado  
Fuente: Manual Siemens

### b.1 Módulos de entradas y salidas digitales

Un módulo de señales digitales, envía una señal "1" a las salidas digitales durante aproximadamente 50 microsegundos. Ello podría causar un funcionamiento inesperado de los equipos o del proceso, lo que podría ocasionar la muerte o lesiones graves al personal y/o daños al equipo. Considere esto especialmente si desea utilizar dispositivos que reaccionen a impulsos de breve duración.

### b.1.1 Entradas digitales

Los módulos de entradas digitales poseen las siguientes características:

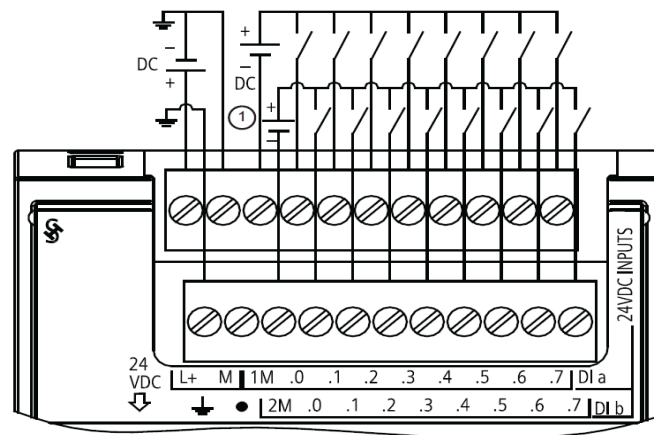


Figura 3.37: Entradas digitales  
Fuente: Catálogo Siemens

### b.1.2 Especificaciones generales

- Modelo: SM 1223, DI 16 x 24 V DC, DQ 16 x relé.
- Referencia: 6ES7 223-1PL30-0XB0
- Dimensiones A x A x P (mm): 70 x 100 x 75.
- Peso: 350 gramos.
- Disipación de potencia: 10 W.
- Consumo de corriente (bus SM): 180 mA.
- Consumo de corriente (24 V DC): 4 mA/entrada utilizada y 11 mA/bobina de relé utilizada.

### b.1.3 Datos técnicos de entradas digitales

- Número de entradas: 16
- Tipo: Sumidero/fuente (tipo 1 IEC sumidero).
- Tensión nominal: 24 V DC a 4 mA, nominal.

- Tensión continua admisible: 30 V DC máx.
- Sobretensión transitoria: 35 V DC durante 0,5 seg.
- Señal 1 lógica (mín.): 15 V DC a 2,5 mA.
- Señal 0 lógica (máx.): 5 V DC a 1 mA.
- Aislamiento (campo a lógica): 500 V AC durante 1 minuto.
- Grupos de aislamiento: 2.
- Tiempos de filtro: 0,2, 0,4, 0,8, 1,6, 3,2, 6,4 y 12,8 ms, seleccionable en grupos de 4.
- Número de entradas ON simultáneamente: 16.
- Longitud de cable (metros): 500 m apantallado, 300 m no apantallado.

#### b.1.4 Salidas digitales

En la siguiente figura 3.32, se muestra las salidas digitales.

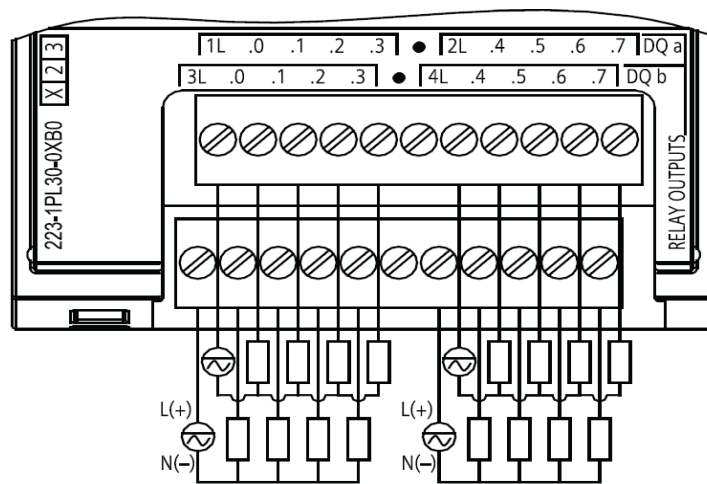


Figura 3.38: Entradas digitales  
Fuente: Catálogo Siemens

#### b.1.5 Datos técnicos de salidas digitales

- Número de salidas: 16.
- Tipo Relé, contacto seco.

- Rango de tensión: 5 a 30 V DC ó 5 a 250 V AC.
- Intensidad (máx.): 2,0 A.
- Carga de lámparas: 30 W DC / 200 W AC.
- Resistencia en estado ON (contactos): Máx. 0,2  $\Omega$  (si son nuevas).
- Sobrecorriente momentánea: 7 A si están cerrados los contactos.
- Protección contra sobrecargas: No.
- Aislamiento (campo a lógica): 1500 V AC durante 1 minuto (bobina a contacto) Ninguno (bobina a lógica).
- Resistencia de aislamiento: 100 M $\Omega$  mín. si son nuevas.
- Aislamiento entre contactos abiertos: 750 V AC durante 1 minuto.
- Grupos de aislamiento: 4.
- Intensidad por neutro: 8 A.
- Retardo de conmutación: 10 ms máx.
- Frecuencia máxima de conmutación de relé: 1 Hz.
- Vida útil mecánica (sin carga): 10.000.000 ciclos abierto/cerrado.
- Vida útil de los contactos bajo carga nominal: 100.000 ciclos abierto/cerrado.
- Reacción al cambiar de RUN a STOP: Último valor o valor sustitutivo (valor predeterminado: 0).
- Número de salidas ON simultáneamente: 16.
- Longitud de cable (metros): 500 m apantallado, 150 m no apantallado.

## **b.2 Módulos de entradas y salidas análogas**

Se describe a continuación las entradas y salidas análogas.

### b.2.1 Entradas análogas

Las entradas analógicas que no se utilicen deben cortocircuitarse. Cuando las entradas están configuradas en modo "corriente", no pasará corriente por las entradas a no ser que se suministre alimentación externa al módulo.

Los módulos de entradas análogas poseen las siguientes características:

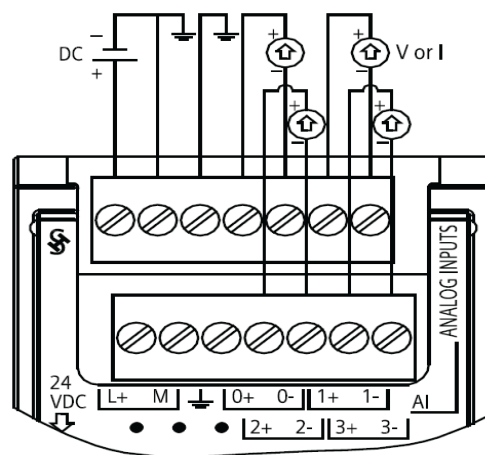


Figura 3.39: Entradas digitales  
Fuente: Catálogo Siemens

### b.2.2 Especificaciones generales

- Datos técnicos: SM 1234 AI 4 x 13 bits / AQ 2 x 14 bits.
- Referencia: 6ES7 234-4HE30-0XB0.
- Dimensiones A x A x P (mm): 45 x 100 x 75.
- Peso: 220 gramos.
- Disipación de potencia: 2,0 W.
- Consumo de corriente (bus SM): 80 mA.
- Consumo de corriente (24 V DC): 60 mA (sin carga).

### **b.2.3 Datos técnicos de entradas análogas**

- Número de entradas: 4.
- Tipo: Tensión o intensidad (diferencial): Seleccionable en grupos de 2.
- Rango:  $\pm 10$  V,  $\pm 5$  V,  $\pm 2,5$  V ó 0 a 20 mA.
- Rango total (palabra de datos): -27.648 a 27.648.
- Resolución: 12 bits + bit de signo.
- Tensión/intensidad soportada máxima:  $\pm 35$  V /  $\pm 40$  mA.
- Filtrado: Ninguno, débil, medio o fuerte.
- Supresión de ruido 400, 60, 50 ó 10 Hz.
- Impedancia:  $\geq 9$  M $\Omega$  (tensión) / 250  $\Omega$  (intensidad).
- Aislamiento (campo a lógica): Ninguno.
- Precisión (25° C / 0 a 55° C):  $\pm 0,1\%$  /  $\pm 0,2\%$  de rango máximo.
- Tiempo de conversión analógica-digital: 625  $\mu$  s (rechazo de 400 Hz).
- Rechazo en modo común: 40 dB, DC a 60 Hz.
- Rango de señales operativo: La tensión de señal más la tensión en modo común debe ser menor que +12 V y mayor que -12 V.
- Longitud de cable (metros): 100 m, trenzado y apantallado.

### **b.2.4 Salidas análogas**

En la siguiente figura 3.40 se muestra las salidas análogas.

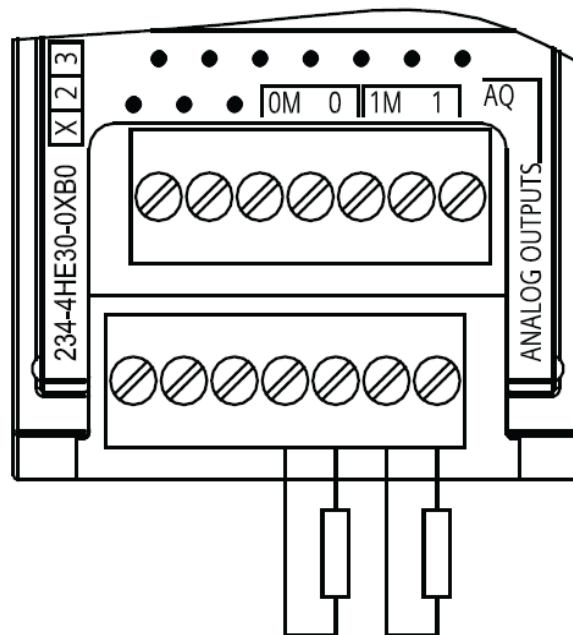


Figura 3.40: Salidas análogas  
Fuente: Catálogo Siemens

### b.2.5 Datos técnicos de salidas digitales

- Número de salidas: 2.
- Tipo: Tensión o intensidad.
- Rango:  $\pm 10$  V ó 0 a 20 mA.
- Resolución: Tensión: 14 bits; intensidad: 13 bits.
- Rango total (palabra de datos): Tensión: -27.648 a 27.648; intensidad: 0 a 27.648.
- Precisión ( $25^\circ$  C / 0 a  $55^\circ$  C):  $\pm 0,3\%$  /  $\pm 0,6\%$  de rango máximo.
- Tiempo de estabilización (95% del nuevo valor): Tensión: 300  $\mu$  S (R), 750  $\mu$  S (1 uF), Intensidad: 600  $\mu$  S (1 mH), 2 ms (10 mH).
- Impedancia de carga Tensión:  $\geq 1000 \Omega$ , Intensidad:  $\leq 600 \Omega$ .
- Reacción al cambiar de RUN a STOP: Último valor o valor sustitutivo (valor predeterminado: 0).

### b.3 Módulo RTD

Los canales RTD que no se utilizan pueden desactivarse. No se producirá ningún error si se desactiva un canal no utilizado.

El módulo RTD necesita un bucle de corriente continua para eliminar el tiempo de estabilización suplementario que se agrega automáticamente a un canal no utilizado que no se ha desactivado. El módulo RTD debe tener conectado un resistor para fines de coherencia (como la conexión RTD a 2 hilos), como se muestra en la figura 3.41.

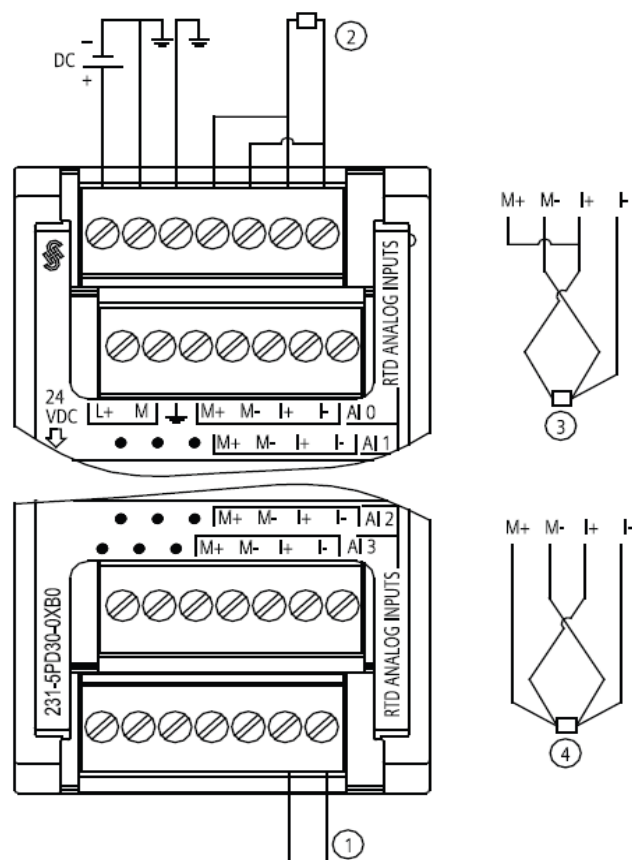


Figura 3.41: Módulo RTD, 1 Entradas no utilizadas, 2 de dos hilos, 3 de tres hilos, 4 cuatro hilos  
Fuente: Catálogo Siemens



### **b.3.1 Especificaciones generales**

- Datos técnicos: SM 1231 AI 4 x RTD x 16 bits.
- Referencia: 6ES7 231-5PD30-0XB0.
- Dimensiones A x A x P (mm): 45 x 100 x 75.
- Peso: 220 gramos.
- Disipación de potencia: 1,5 W.
- Consumo de corriente (bus SM): 80 mA.
- Consumo de corriente (24 V DC): 40 mA.

### **b.3.2 Datos técnicos de entradas análogas**

- Número de entradas: 4.
- Tipo: RTD y  $\Omega$  indicado por el módulo.
- Temperatura: 0,1° C/0,1 ° F.
- Resistencia: Signo más (+) de 15 bits.
- Tensión: soportada máxima  $\pm 35$  V.
- Supresión de ruido: 85 dB para la reducción de ruido seleccionada (10 Hz, 50 Hz, 60 Hz o 400 Hz).
- Rechazo en modo común: > 120dB.
- Impedancia:  $\geq 10$  M $\Omega$ .
- Repetitividad:  $\pm 0,05\%$  FS.
- Disipación máxima del sensor: 0,5 mW.

### **c. Transmisores de presión y temperatura**

Para la instalación de los transmisores de presión, la señal debe ser llevada a cada uno de los módulos de entradas análogas del PLC,

teniendo en cuenta que cada transmisor cuenta con 3 hilos, uno para alimentación a 24 VDC, tierra, que debe ser la misma de la fuente de 24 V, y el otro hilo (el negativo) debe ser llevado al positivo de la entrada análoga del módulo correspondiente, como se puede observar figura 3.42.



Figura 3.42: Montaje final de los transmisores de presión y temperatura, a) Sensor de presión (aire de baja), b) Sensor de presión (Tanque de NH3), c) Sensor de presión (Vapor), d) Sensor de presión (CO2), e) Sensor de Temperatura (Mix Carbocooler)

Elaborado por: Darwin Toapanta

#### d. Sujeción de los aparatos

Para la sujeción de los elementos de forma general, es ventajoso realizar el siguiente principio para fijar y montar los equipos sobre bastidores o chasis: todos los aparatos deben poder fijarse o montarse por el frente ya que resultará más cómodo modificar o añadir aparatos si se puede acceder a las fijaciones por el frente.

Se exponen varios ejemplos de montaje de aparatos.

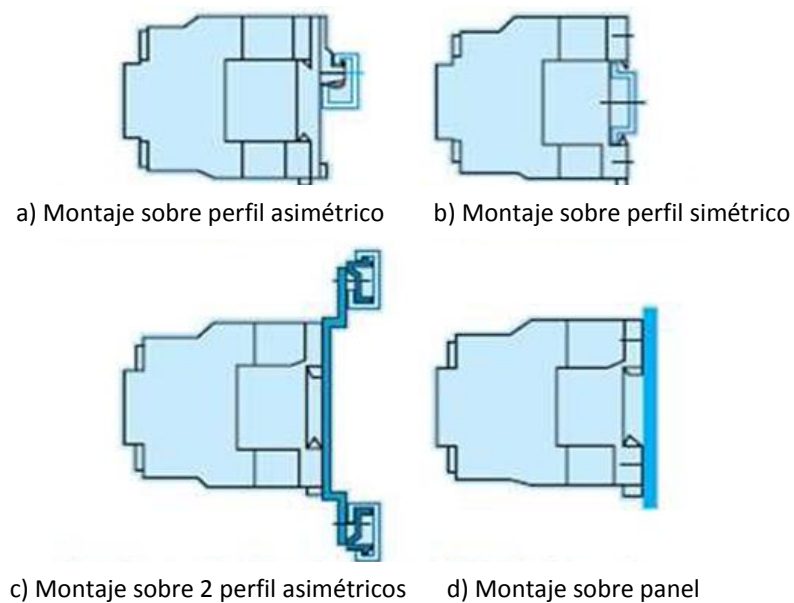


Figura 3.43: Tipos de Sujeción de aparatos

Fuente: <http://www.cam-la.com/Productos/Reles/Gabinetes/Tablero>

#### e. Cableado mediante el diseño eléctrico

Para el cableado del circuito de control se utilizó para la conexión interna y externa al tablero # 18 AWG ya que las conexiones realizadas no requieren más de 2A, se lee la referencia de las borneras de entradas y

salidas del aparato en el esquema de circuitos y se realizan las conexiones de cada sección, adecuada entre las referencias correspondientes en los diferentes elementos.

#### **f. Conector UTP**

Para la comunicación se utilizó un cable cruzado o trenzado con las siguientes características:

- Categoría 5UTP RJ-45.
- Velocidad de datos 100Mbps.
- Distancia 100 m.

Es un conector de plástico similar al conector del cable telefónico como se muestra en la figura 3.44. Las siglas RJ se refieren al estándar Registered Jack, creado por la industria telefónica. Este estándar define la colocación de los cables en su pin correspondiente.

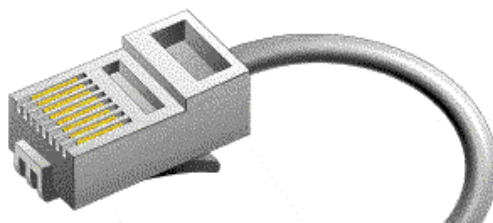


Figura 3.44: Conector UTP

Fuente: <http://www.sportesproyectores.com/cable-utp-cat5e>

Para el ponchado se colocó los alambres en el orden mostrado en la figura 3.45 de izquierda a derecha usando la norma T-568B

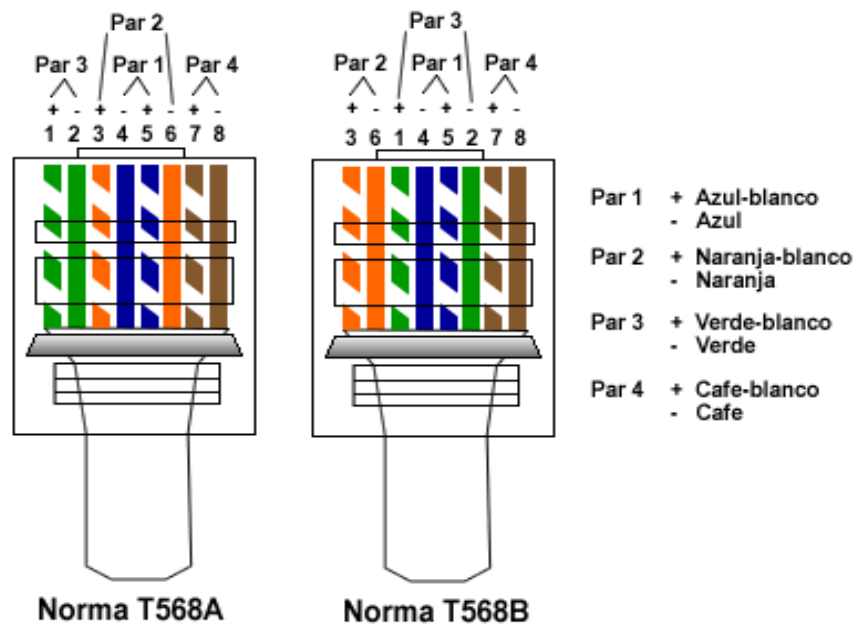


Figura 3.45: Configuración del Ponchado  
Fuente: <http://www.wilkinsonpc.com.co/free/articulos/cable-de-red-cruzado-y-recto.html>

### g. Switch Industrial Ethernet SCALANCE X005

El SCALANCE X005 es un switch no gestionado con cinco puertos RJ45 de 10/100 Mbits/s. Este producto es una solución económica para crear pequeñas topologías en línea o estrella con funcionalidad de switch en islas de máquinas o de instalaciones como se puede observar en la figura 3.46, permitiendo ahorrar espacio al instalarlo en el armario eléctrico, en perfiles DIN y directamente en la pared.

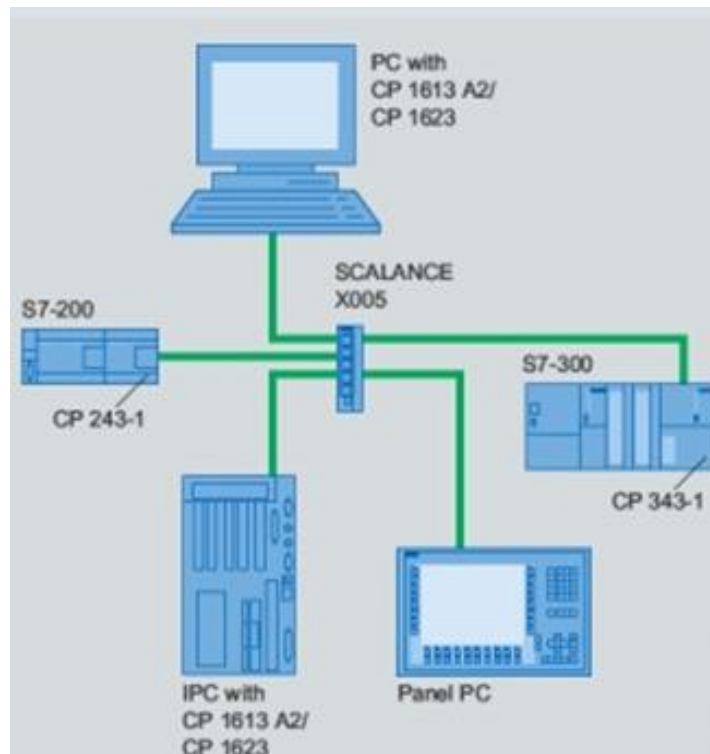


Figura 3.46: Topología en estrella con SCALANCE X005  
Elaborado por: Darwin Toapanta

### g.1 Características

- LED de diagnóstico en el equipo (alimentación presente, estado del link, transmisión de datos).
- Conectores RJ45 con collares de sujeción, diseñados para conectores IE FC RJ45 pulg. compatibles con PROFINET y que ofrecen alivio de tracción adicional.
- La función Autocrossover integrada permite el empleo de cables de conexión o latigillos no cruzados.



Figura 3.47: Switch SCALANCE X005  
Fuente: Catálogo del producto, Switch

#### h. Router Inalámbrico

La comunicación por router inalámbrico fue necesario realizar, por el excesivo ruido y el ambiente frío existente en el área sala de máquinas, se instalo el router D – LINK que se indica en la figura 3.48.



Figura 3.48: Router Inalámbrico  
Fuente: [www.dlink.com/products](http://www.dlink.com/products)

### **i. Computador para el HMI**

La computadora con la aplicación desarrollada en Screen Editor para la operación del sistema de refrigeración para bebidas carbonatadas se realizó a través de esta interfaz, se puede controlar y supervisar, también acceder a información más detallada acerca del proceso como son históricos de temperatura y presiones de cada uno de los medios, históricos de las alarmas ocurridas en el sistema, etc.

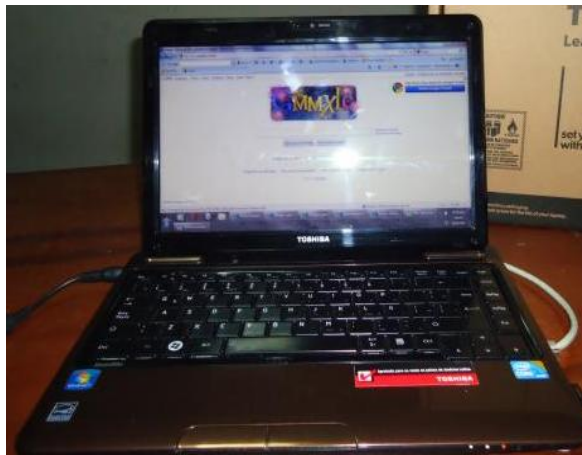


Figura 3.49: Computadora para la Interfaz  
Fuente: <http://articulo.mercadolibre.com>



## CAPÍTULO IV

### PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego del diseño e implementación de los equipos descritos anteriormente se realizaron diferentes pruebas, tanto en el Hardware y software del proyecto, que se describen a continuación.

#### 4.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO ENTRE PLC Y PANEL DE VISUALIZACIÓN

Revisión total del sistema y realización de todas aquellas instrucciones que son necesarias para dejarlo en las condiciones perfectas y poder iniciar su funcionamiento.

Esta tarea se cumple cuando todas las anteriores fases del proyecto se han ejecutado, incluso la de introducir el programa en el PLC y la pantalla.

Es recomendable dividir esta supervisión en dos instantes:

- **Sin tensión**

Verificación de las partes físicas.

- **Con tensión**

Verificación del sistema automático.

La verificación de las partes físicas tiene por objeto comprobar, entre otros:

- La correcta conexión de todas las componentes del sistema, incluidas las alimentaciones, de acuerdo con los esquemas correspondientes.
- La firme sujeción de todos los cables al PLC, fuente de alimentación, etc.
- La exacta identificación de cables, mediante señalizadores con letras o números.
- Las correctas y firmes conexiones del cable de tierra.

La verificación del sistema automático se realiza de la siguiente forma:

- Con el PLC en modo stop, alimentar el sistema, pero no las cargas.
- Comprobar el correcto funcionamiento del circuito de mando de marcha y parada, tanto en las entradas - salidas, como en la marcha y parada de emergencia.
- Con el PLC en modo RUN, verificar que las salidas corresponden de acuerdo al programa, al actuar manualmente sobre las entradas. Esto es visualizado mediante los LEDs indicativos de salidas activadas.
- Por último, alimentar las cargas y realizar la prueba real de funcionamiento del sistema.

## 4.2 PRUEBAS Y CALIBRACIÓN DEL SISTEMA

Las señales que se tienen dependiendo el sensor, llegan a los módulos de entradas analógicas del PLC, esta señal en el programa es compensado.

### 4.2.1 Acondicionamiento de señal

El transmisor de presión da una señal de 4-20 mA., y el rango de medida es de 0 a 25 Bar, si el valor no es correcto con el offset que tiene el programa interno en el PLC se lo compensa, como se ilustra en la figura 4.1.

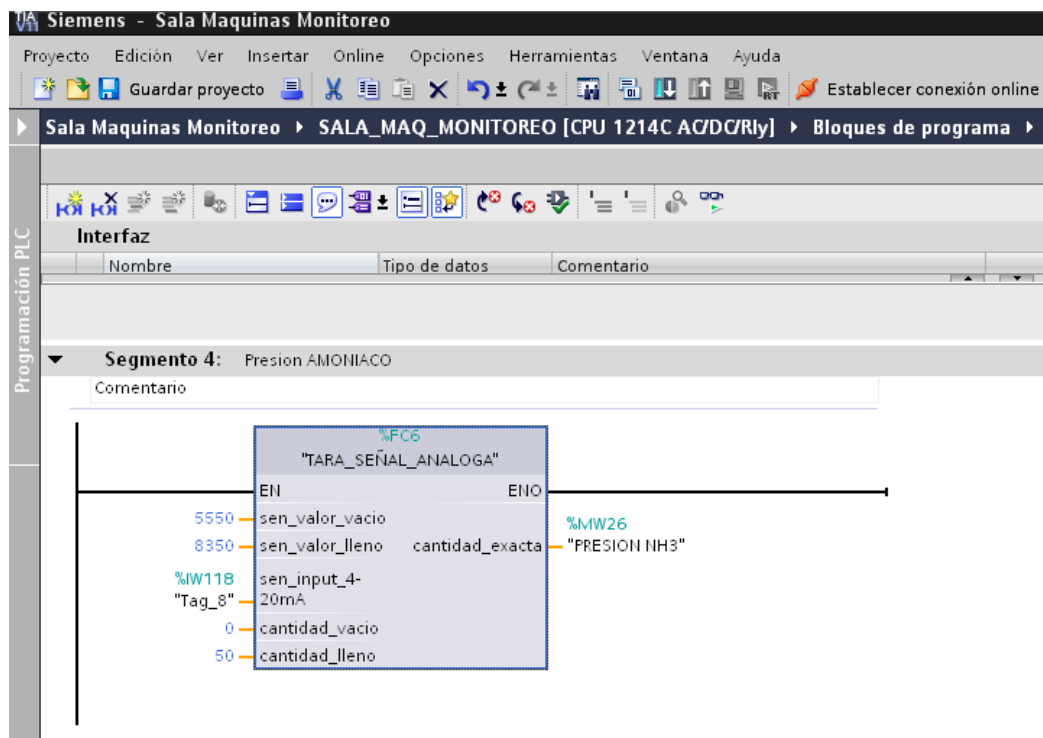


Figura. 4.1: Calibración de la presión de NH3  
Fuente: Software TIA Portal V11

Para realizar la correcta calibración de valores se utilizó las siguientes instrucciones.

#### a. NORM\_X: Normalizar

A continuación se describe la función.

##### a.1 Descripción

La instrucción "Normalizar" normaliza el valor de la variable de la entrada VALUE mapeándolo en una escala lineal. Los parámetros MIN y MAX sirven para definir los límites del rango de valores que se refleja en la escala. En función de la posición del valor que se debe normalizar en este rango de valores, se calcula el resultado y se deposita como número en coma flotante en la salida OUT. Si el valor que se debe normalizar es igual al valor de la entrada MIN, la salida OUT devuelve el valor "0.0". Si el valor que se debe normalizar adopta el valor de la entrada MAX, la salida OUT devuelve el valor "1.0".

La figura 4.2, muestra un ejemplo de cómo pueden normalizarse los valores:

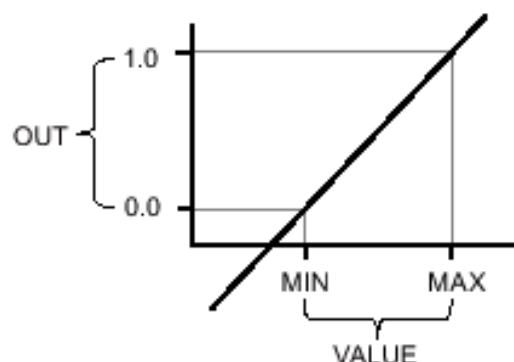


Figura 4.2: Normalizar valores  
Fuente: Software TIA Portal V11

La instrucción "Normalizar" sólo se puede ejecutar si el estado lógico de la entrada de habilitación EN es "1". En este caso, la salida de habilitación ENO devuelve el estado lógico "1".

La salida de habilitación ENO devuelve el estado lógico "0" cuando se cumple una de las condiciones siguientes:

- La entrada EN devuelve el estado lógico "0"
- El valor de la entrada MIN es mayor o igual al valor de la entrada MAX.
- El valor de un número en coma flotante indicado está fuera del rango de los números normalizados según IEEE-754.
- El valor de la entrada VALUE es NaN (resultado de una operación aritmética no válida).

## a.2 Parámetros

La tabla siguiente muestra los parámetros de la instrucción "Normalizar".

Tabla 4.1. Normalizar valores

Parámetro	Declaración	Tipo de datos	Área de memoria	Descripción
EN	Input	BOOL	I, Q, M, D, L	Entrada de habilitación
ENO	Output	BOOL	I, Q, M, D, L	Salida de habilitación
MIN	Input	Enteros, números en coma flotante	I, Q, M, D, L o constante	Límite inferior del rango de valores
VALUE	Input	Enteros, números en coma flotante	I, Q, M, D, L o constante	Valor que se normaliza.
MAX	Input	Enteros, números en coma flotante	I, Q, M, D, L o constante	Límite superior del rango de valores
OUT	Output	Números en coma flotante	I, Q, M, D, L	Resultado de la normalización

Fuente: Software TIA Portal V11

En las listas desplegables "<???" del cuadro de la instrucción se pueden seleccionar los tipos de datos de la instrucción.

El siguiente ejemplo, figura 4.3 muestra el funcionamiento de la instrucción:

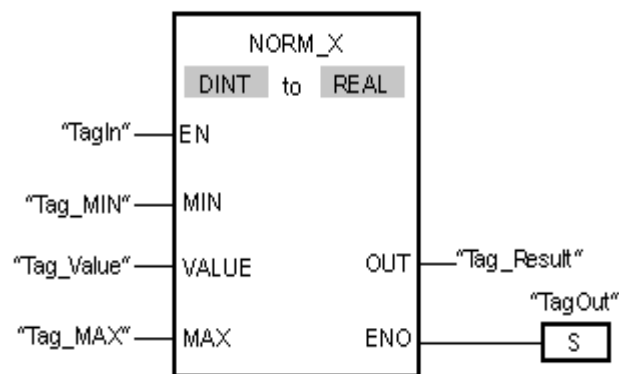


Figura 4.3: Función de la instrucción  
Fuente: Software TIA Portal V11

La tabla 4.2, muestra el funcionamiento de la instrucción con valores de operación concretos:

Tabla 4.2. Funcionamiento de la Instrucción

Parámetro	Operando	Valor
MIN	Tag_MIN	10
VALUE	Tag_Value	20
MAX	Tag_MAX	30
OUT	Tag_Result	0.5

Fuente: Software TIA Portal V11

Si el operando "TagIn" devuelve el estado lógico "1", se ejecuta la instrucción "Normalizar". El valor de la entrada "Tag\_Value" se asigna al rango de valores definido por los valores de las entradas "Tag\_MIN" y "Tag\_MAX". El valor de la variable de la entrada Tag\_Value" se normaliza conforme al rango de valores definido. El resultado se deposita como número en coma flotante en la salida "Tag\_Result". Si no ocurren errores al ejecutar la instrucción, la salida ENO devuelve el estado lógico "1" y se activa la salida "TagOut".

## b. SCALE\_X: Escalar

A continuación se describe la función.

### b.1 Descripción

La instrucción "Escalar" escala un valor de la entrada VALUE representándolo en un rango de valores determinado. Al ejecutar la instrucción "Escalar", el número en coma flotante de la entrada VALUE se escala al rango de valores definido por los parámetros MIN y MAX. El resultado de la escala es un número entero que se deposita en la salida OUT.

La figura 4.4 muestra un ejemplo de cómo pueden escalarse los valores:

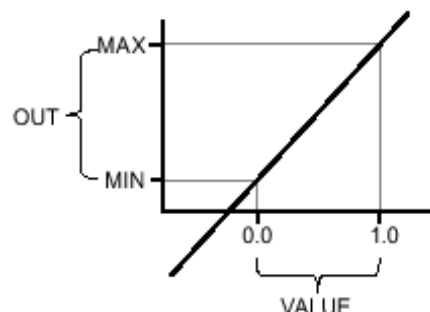


Figura 4.4: Escalar valores  
Fuente: Software TIA Portal V11

La instrucción "Escalar" sólo se puede ejecutar si el estado lógico de la entrada de habilitación EN es "1". En este caso, la salida de habilitación ENO también devuelve el estado lógico "1".

La salida de habilitación ENO devuelve el estado lógico "0" cuando se cumple una de las condiciones siguientes:

- La entrada EN devuelve el estado lógico "0".
- El valor de la entrada MIN es mayor o igual al valor de la entrada MAX.
- El valor de un número en coma flotante indicado está fuera del rango de los números normalizados según IEEE-754.
- Ocurre un rebase por exceso.
- El valor de la entrada VALUE es NaN (Not a number = resultado de una operación aritmética no válida).

## b.2 Parámetros

La tabla 4.3 muestra los parámetros de la instrucción "Escalar":

Tabla 4.3. Escalar valores

Parámetro	Declaración	Tipo de datos	Área de memoria	Descripción
EN	Input	BOOL	I, Q, M, D, L	Entrada de habilitación
ENO	Output	BOOL	I, Q, M, D, L	Salida de habilitación
MIN	Input	Enteros, números en coma flotante	I, Q, M, D, L o constante	Límite inferior del rango de valores
VALUE	Input	Números en coma flotante	I, Q, M, D, L o constante	Valor que se escala.
MAX	Input	Enteros, números en coma flotante	I, Q, M, D, L o constante	Límite superior del rango de valores
OUT	Output	Enteros, números en coma flotante	I, Q, M, D, L	Resultado de la escala

Fuente: Software TIA Portal V11



En las listas desplegables del cuadro de la instrucción se pueden seleccionar los tipos de datos de la instrucción.

El siguiente ejemplo figura 4.5, muestra el funcionamiento de la instrucción:

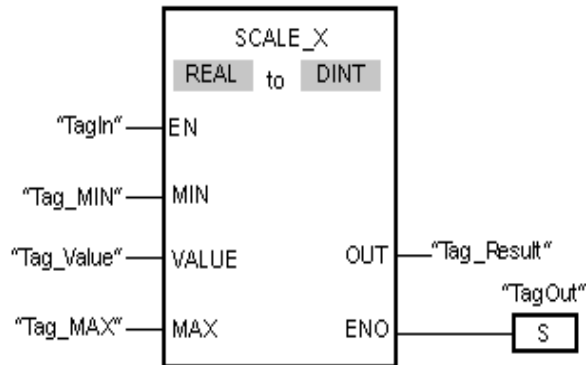


Figura 4.5: Funcionamiento de la instrucción  
Fuente: Software TIA Portal V11

La tabla 4.4 muestra el funcionamiento de la instrucción con valores de operaciones concretos:

Tabla 4.4. Parámetros del funcionamiento

Parámetro	Operando	Valor
MIN	Tag_MIN	10
VALUE	Tag_Value	0.5
MAX	Tag_MAX	30
OUT	Tag_Result	20

Fuente: Software TIA Portal V11

Si el operando "TagIn" devuelve el estado lógico "1", se ejecuta la instrucción "Escalar". El valor de la entrada "Tag\_Value" se escala al rango de valores definido por los valores de las entradas "Tag\_MIN" y "Tag\_MAX". El resultado se deposita en la salida "Tag\_Result". Si no

ocurren errores al ejecutar la instrucción, la salida ENO devuelve el estado lógico "1" y se activa la salida "TagOut".

### **4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS**

Para controlar el proceso en tiempo real, se colocó dos controles principales para el encendido y el apagado del compresor mediante los botones ON y OFF, cabe mencionar que la succión a ser controlada es aproximadamente 40 toneladas de refrigeración (TR) por lo que se tomó todas las debidas precauciones para este tipo de prueba. Sin embargo el resultado fue favorable.

El software de monitoreo se encarga de monitorear el desarrollo de las variables del proceso (temperatura y presión), con las cuales se facilita el procesamiento de las señales.

#### **4.3.1 Supervisión y control**

##### **a. Temperatura**

Para monitorear y controlar la variable temperatura, una vez adquirida y procesada la señal del transductor a través de AI/AQ, el software (TIA Portal V11) se encarga de mostrar el valor de temperatura real en el carbonatador "CARBOCOOLER".

En la figura 4.6, se muestra la variación de temperatura en las bebidas carbonatadas.

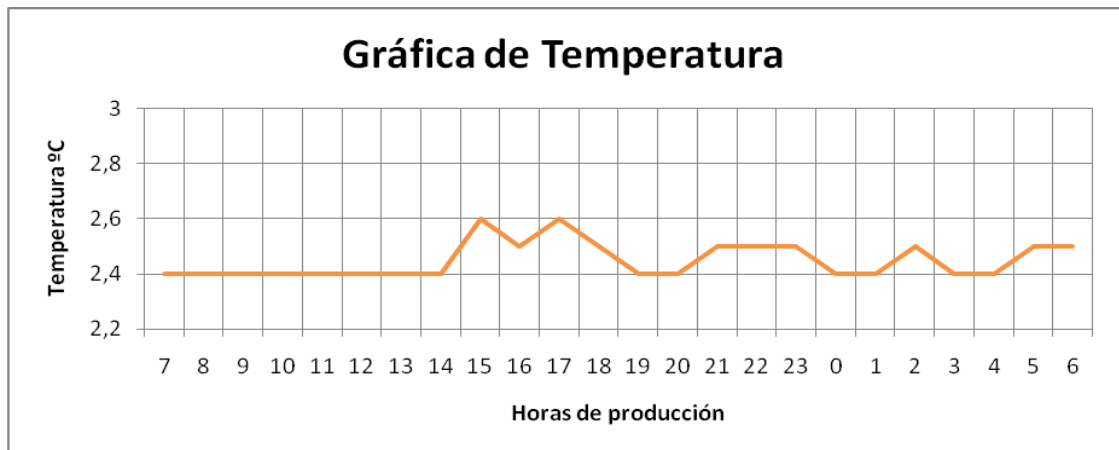


Figura 4.6: Señal de Temperatura, Carbonatador  
Elaborado por: Darwin Toapanta

### b. Presión

La supervisión y control de la variable presión, se lo hace de igual manera a través de herramientas del software TIA Portal V11, como se muestra en la figura 4.7. La gráfica indica cómo va evolucionando la presión con respecto al tiempo, en el sistema de refrigeración. Esta señal es la encargada de controlar el encendido y apagado del compresor Vilter VMC 458XL (8 pistones) bombas y electroválvulas.

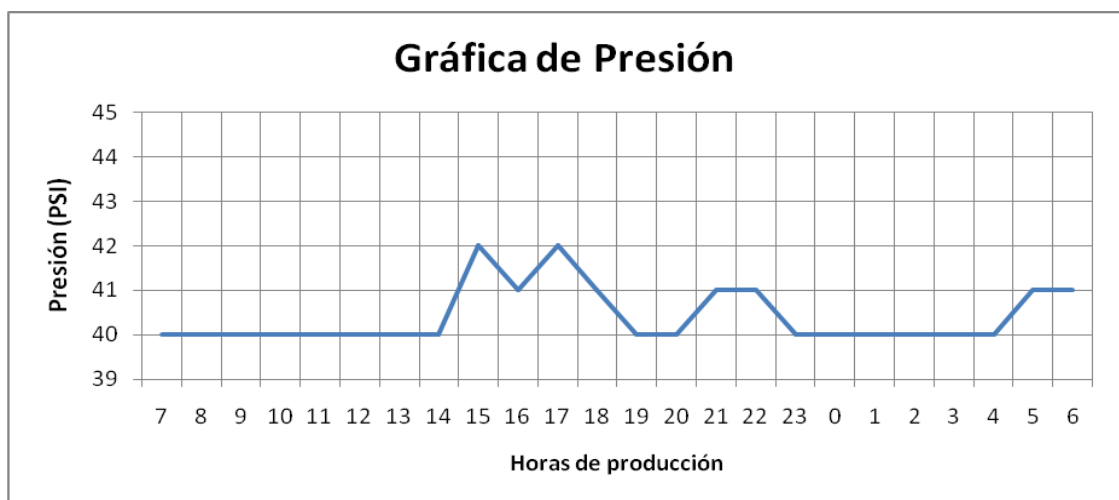


Figura 4.7: Señal de presión de succión de los compresores  
Elaborado por: Darwin Toapanta

### 4.3.2 Monitoreo de las bombas de Glicol

Para el monitoreo de las bombas, se lo hace de igual manera a través de herramientas del software TIA Portal V11, como se muestra en la figura 4.8. La gráfica indica el estado de la bomba si está apagada o encendida, las diferentes bombas en tiempo real.

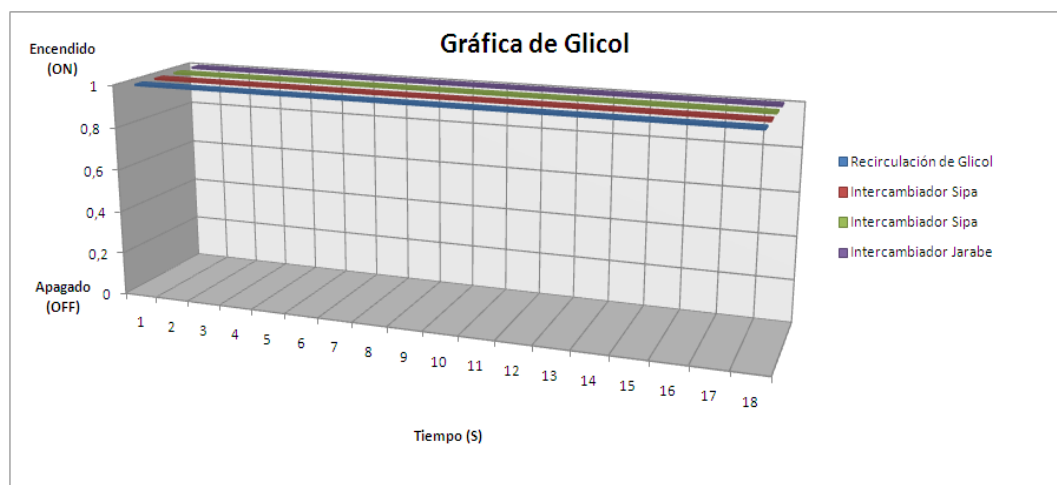


Figura 4.8: Señales de bombas de glicol  
Elaborado por: Darwin Toapanta

### 4.3.3 Monitoreo de presiones

El monitoreo de la variable presión, se lo hace de igual manera a través de herramientas del software TIA Portal V11, como se muestra en la figura 4.9. La gráfica indica cómo va evolucionando la presión con respecto al tiempo en el sistema de refrigeración.

Además estas señales indican el valor existente de las diferentes presiones en tiempo real.

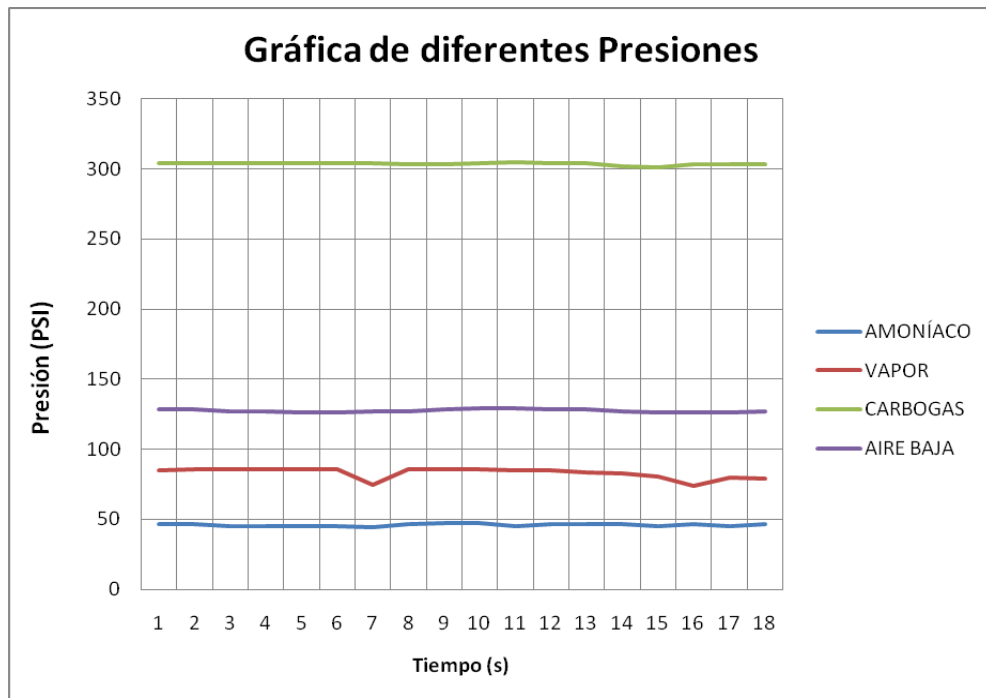


Figura 4.9: Señales de Presiones, Amoníaco, Vapor, CO2, Aire de baja  
Elaborado por: Darwin Toapanta

#### 4.4 RELACIÓN DE VOLGAS CO2, PRESIÓN, TEMPERATURA

Debemos tener en cuenta que los valores de Volgas CO2, tienen especificado el departamento de control de Calidad.

En la tabla: 4.5 se muestran varios valores para dos presentaciones.

Tabla 4.5. Valores de Volgas CO2 para dos presentaciones

PRODUCTOS		Relación de Dilución	CO2 (volgas)	Brix Linea	Contenido Neto (ml)	Tiempo Caducidad
<b>220 V</b>	PET 365cc	1 + 5	2,8 - 3,2	11.8 - 12.2	361 - 370	360 días
	PET 600cc	1 + 5	2,8 - 3,2	11.8 - 12.2	594- 606	360 días
	PET 365cc EXP	1 + 5	2.8 - 3.2	11.8 - 12.2	361 - 370	360 días
<b>220 V LIGHT</b>	PET 365cc	1 + 5	2.8 - 3.2	****	361 - 370	180 días
	PET 365cc EXP	1 + 5	2.8 - 3.2	****	361 - 370	270 días

Elaborado por: Darwin Toapanta

En la figura 4.10 se muestra el diagrama de relación de Volgas CO2, Presión, Temperatura – Tiempo, que representa el beneficio del proyecto demostrando que ya no existe paros de producción por falta de enfriamiento en las bebidas carbonatadas.

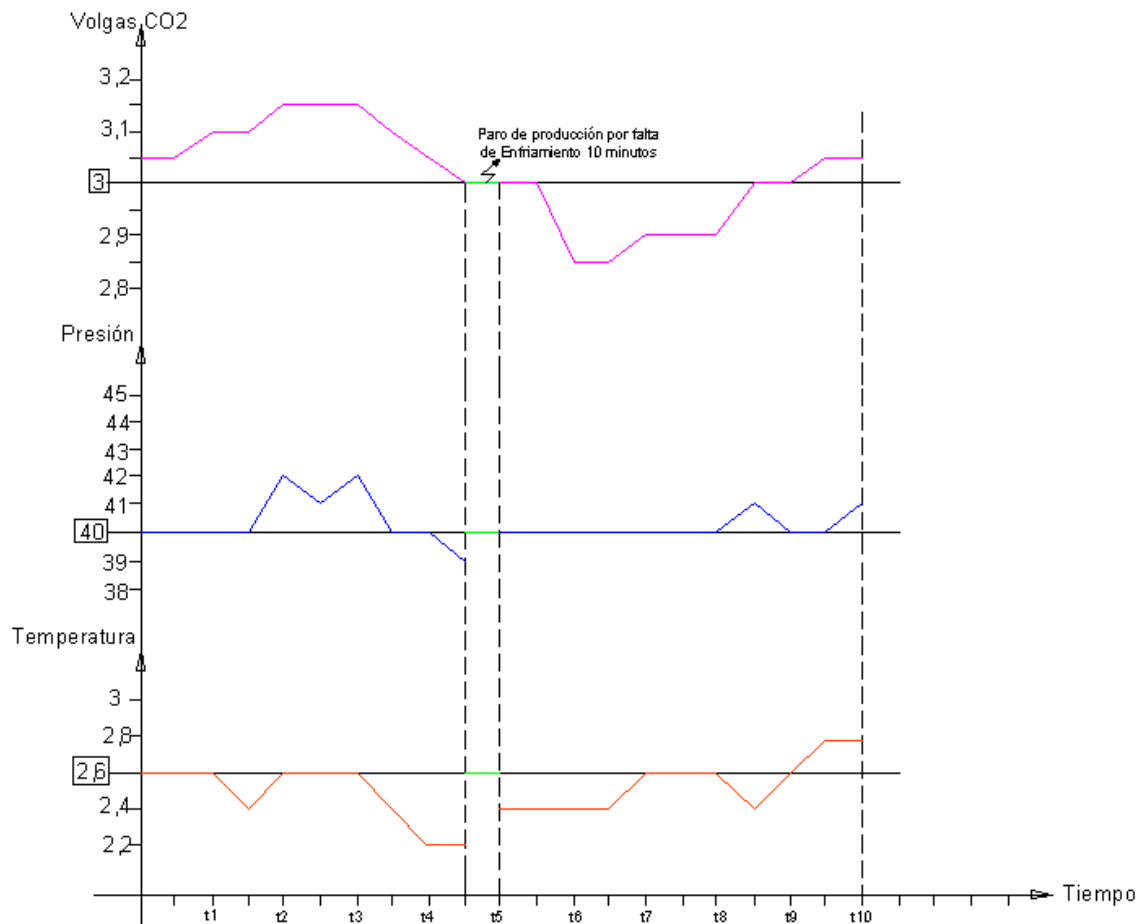


Figura 4.10: Relación de Volgas CO2, Presión, Temperatura - Tiempo  
Elaborado por: Darwin Toapanta

**Por ejemplo:**

Si tenemos una Línea de producción “X”

Producto: A

Presentación: 365cc

Velocidad de línea:

b.p.h = 14400

b.p.m = 240

Tiempo de paro: 10 minutos

**Paro de Producción:**

Botellas no producidas = 240 x 10

Botellas no producidas = 2400

Costo de producto (\$) = 1 USD

Pérdida (\$) = 2400 USD

Debemos tomar en cuenta que la pérdida o ganancia, tiene varios factores indicados a continuación:

- Energía.
- Combustible.
- Maquinaria.
- Mano de obra.
- Otros.

Para encontrar el margen de error de la misma línea de producción "X" debemos tener en cuenta los siguientes datos:

Producción real: 14400 b.p.h

Producción teórica: 14200 b.p.h

$$\frac{\mathbf{P. Real - P. Teórico}}{\mathbf{100\%}}$$

Ec.4.1

Confiabilidad: 98%

Margen de Error: 2%

El % de margen de error representa fallas en la línea de producción "X" como, mal etiquetado, cadenas, transporte neumáticos, etc.

#### 4.4.1 Margen de error

Es una cantidad, ya sea en forma directa o indirectamente, la medida que se obtiene no es necesariamente el valor exacto de tal medida, ya que el resultado obtenido estará afectado por errores debido a múltiples factores.

Calculó del margen de error:

Se utilizó la fórmula de la proporción, porque se tomó en cuenta el valor diario de la producción de botellas en la empresa Tesalia.

$$P = x/n \qquad \text{Ec.4.2}$$

Donde:

P = Proporción

x = Muestra

n = Producción diaria

#### **Producción:**

Botellas diarias producidas = 324000

Botellas averiadas por hora =45

Horas diarias de producción = 24

45 x 24 = 1080 Botellas desperdiciadas

Realizando los cálculos necesarios se obtiene lo siguiente:

n = 324000

X = 1080 botellas desperdiciadas

$$P = 1080/324000$$

$$P = 0.003333333$$

El valor estimado de la proporción es de 0.003333333



Es necesario principalmente tomar en cuenta el valor estimado de la proporción para posteriormente utilizar en el cálculo del margen de error.

$$G_p = \frac{\sqrt{P(1 - P)}}{n} \quad \text{Ec.4.3}$$

Donde:

$G_p$  = Error estándar de la proporción muestral

$P$  = Proporción

$n$  = Producción diaria

$$G_p = \frac{\sqrt{0.003333333(1 - 0.003333333)}}{324000}$$

$$G_p = 0,01979$$

Margen de Error =  $0,02 \times 100\%$

Margen de Error = 2%

El % del Margen de Error de la producción diaria representa sólo botellas en mal estado de las Líneas de producción.

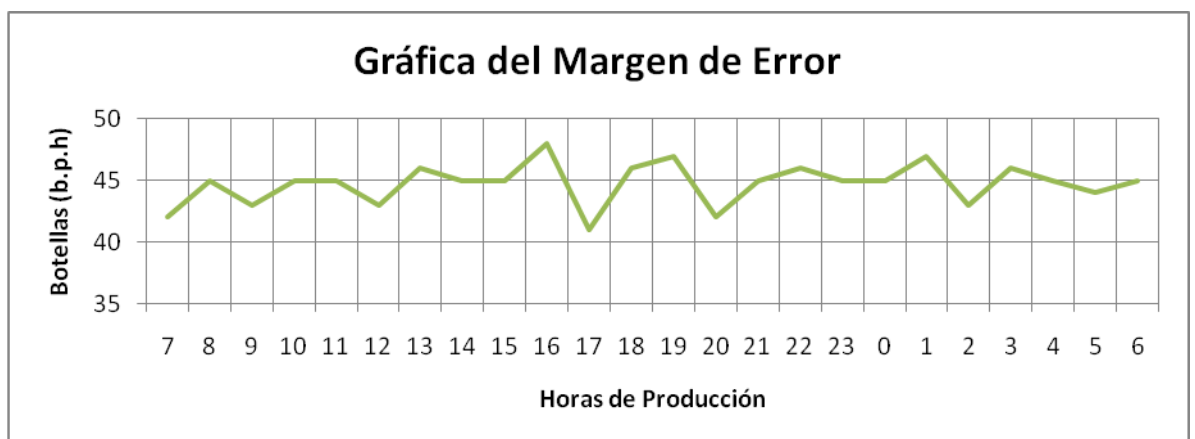


Figura 4.11: Gráfica del Margen de Error  
Elaborado por: Darwin Toapanta

#### **4.4.2 Análisis del margen de error**

Del 100% que representa la producción diaria de la elaboración de bebidas carbonatadas, el 98% equivale a un rendimiento eficiente, encontrando un 2% en margen de error que corresponde a daños (golpes, etiquetas, tapas, moldes, entre otros).

### **4.5 ANÁLISIS FINANCIERO**

Es el proceso de colocar cifras en dólares en los diferentes costos y beneficios de una actividad. Al utilizarlo, se estima el impacto financiero acumulado de la realización del proyecto.

#### **4.5.1 Análisis de Costos**

El análisis financiero para la automatización del control del sistema de refrigeración, es importante debido a que se está optimizando recursos para obtener buenos resultados y poder sobresalir ante la competencia, teniendo en cuenta todos los gastos, para saber cuánto es la inversión y cómo lograr recuperarla en tiempos establecidos. Cabe mencionar que algunos elementos se realizaron un mantenimiento para volver a ocuparlos y otros se fueron adquiridos a costos muy convenientes.

En las tablas siguientes, se muestran los costos de cada uno de los elementos que intervienen para la construcción del HMI en el sistema de refrigeración de la empresa Tesalia, que se considerarán como las inversiones del proyecto.

### a. Elementos mecánicos

Tabla 4.6. Gastos que se tuvo en los elementos mecánicos

Item	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total (USD)
1	2	Silicón	5,00	10,00
2	2	Teflón	0,40	0,80
3	1	Canaleta de acero inoxidable	10,00	10,00
4	1	Herramientas	50,00	50,00
5	8	Tornillos	0,50	4,00
<b>Total:</b>			<b>74,80</b>	

Elaborado por: Darwin Toapanta

### b. Elementos eléctricos

Tabla 4.7. Gastos que se tuvo en los elementos eléctricos

Item	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total (USD)
1	1	Gabinete pesado 800 X 600 X 300	230,00	230,00
2	1	Breaker 440V, trifásico a 60A Schneider	45,00	45,00
3	1	Breaker 440 VAC, trifásico 30A, Merlin Gerín,	40,00	40,00
4	1	Breaker de 3 polos 2A, Schneider	25,00	25,00
5	3	Breaker de 2 polos 2A, Schneider	25,00	75,00
6	1	Breaker de 1 polos 1A, Schneider	25,00	25,00
7	1	Breaker de 1 polos 6A, Schneider	25,00	25,00
8	1	Panel Táctil, Delta, 10"	1.300,00	1.300,00
9	1	Fuente SITOP 220/440 VAC 24 VDC 5A SIEMENS	280,00	280,00
10	1	PLC SIEMENS S7 1200, CPU 1214C AC/DC/RLY Alimentación 24VDC MARCA: Siemens	560,00	560,00
11	1	Módulo de Expansión SIEMENS 1223 DC/RLY	380,00	380,00
12	2	Módulo entradas análogas AI/AQ SM1234, SIEMENS	380,00	760,00
13	1	Módulo RTD SM1231, SIEMENS	400,00	400,00
14	1	Módulo SWITCH SCALANCE X005, 5 PUNTOS, SIEMENS	300,00	300,00
15	27	Micro relés Phonex Contac 24VDC, COM, NO, NC.	16,00	432,00
16	15	Micro relés Phonex Contac 120VAC, COM, NO, NC.	20,00	300,00
17	10	Borneras plásticas verdes, conexión a tierra, para cable 18 AWG Marca: Camsco	1,70	17,00
18	6	Riel Din	3,00	18,00
19	2	Lámpara fluorescente con protección de tubo, 110/220 VAC, 20W INCLUYE: Foco Marca: SILVANIA	35,00	70,00

Item	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total (USD)
20	1	Barra de cobre 6mm 30mm de 3m	40,00	40,00
21	6	Conectores de red RJ-45	0,30	1,80
22	200	Cable Flexible de Control, 18 AWG	0,30	60,00
23	134	Borneras plásticas para cable 18 - 20 AWG para riel	1,20	160,80
24	3	Canaleta plástica 60*40 mm	3,50	10,50
25	1	Puentes para Borneras Plásticas cable 18-20 AWG	3,20	3,20
26	100	Cable flexible Concéntrico 4X18 AWG	1,50	150,00
27	100	Amarras plásticas 15 cm	0,05	5,00
28	10	Taipos color negro 3M	0,80	8,00
29	400	Terminales tipo Tubular para cable 20-22 ag.	0,03	12,00
30	5	Marquillas plásticas para cable núm. 22-20 AWG, numero desde "0" hasta "9"	6,00	30,00
31	5	Marquillas plásticas para cable núm. 22-20 AWG, letra "A", "B", "C", "E", "M", "G", "Q", "I"	3,00	15,00
32	5	Marquillas plásticas para cable núm. 22-20 AWG, SIMBOLOS "+", "-"	3,00	15,00
33	100	Cable de red multipar cat. 5E apantallado y blindado 4pares	1,90	190,00
34	5	Cable UTP	0,60	3,00
35	4	Pernos de anclaje 1/2"	2,00	8,00
36	1	Pulsador de emergencia	30,00	30,00
37	1	Selector de 3 posiciones	25,00	25,00
38	1	Relés de 120VAC, 60Hz, Schneider	36,00	36,00
39	30	Cable de cobre desnudo 1 cero (conexión a tierra)	1,40	42,00
40	4	Transductor de presión Danfoss series MBS4500, 10-30Vdc, 4-20mA	360,00	1.440,00
41	30	Cable Multihilos 18AWG	2,50	75,00
			<b>Total:</b>	<b>7.642,30</b>

Elaborado por: Darwin Toapanta

### c. Otros materiales

Tabla 4.8. Gastos que se tuvo en otros materiales

Item	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total (USD)
1	1	Servicios profecionales (Estudio, Diseño, Implementaión)	800,00	800,00
2	1	Gastos varios	50,00	50,00
			<b>Total:</b>	<b>850,00</b>

Elaborado por: Darwin Toapanta

El gasto total es la suma de todos los elementos tanto mecánicos, eléctricos y otros materiales, como se ve en la tabla 4.9.

Tabla 4.9. Gastos totales en todos los elementos

Gastos mecánicos	74,80
Gastos eléctricos	7.642,30
Gastos otros materiales	850,00
<b>Total:</b>	<b>8.567,10</b>

Elaborado por: Darwin Toapanta

Con estos datos tenemos una inversión total de: **8.567,10 DÓLARES AMERICANOS.**

Para elaborar el flujo de caja, se la realiza con una proyección estimada para 5 años, considerando los siguientes datos como se ve en la tabla 4.10.

Tabla 4.10. Inversión inicial que se utilizó en el sistema

Materiales Directos (mecánicos, eléctricos y otros)	8.567,10
Mano de Obra Directa ( automatización)	0,00
Otros costos indirectos	1.000,00
<b>INVERSIÓN INICIAL:</b>	<b>9.567,10</b>

Elaborado por: Darwin Toapanta

En la tabla 4.11 se muestra la proyección de la inversión de un año para el sistema de enfriamiento, teniendo en cuenta los materiales de mecanizado de las matrices, el pago a los trabajadores y otros costos indirectos.

Tabla 4.11. Inversión a un año proyectada del sistema de enfriamiento

Materiales directos	6.567,00
Mano de obra directa	1.700,00
Otros costos indirectos	200,00
<b>INVERSIÓN AÑO 1</b>	<b>8.467,00</b>

Elaborado por: Darwin Toapanta

#### 4.5.2 Flujos de Caja

Para realizar los flujos de caja en el proyecto se estiman los siguientes puntos:

- La ganancia estimada para el primer año considerando datos históricos de la empresa se prevé será de **25000,00 USD**.
- Para los años siguientes se estima un incremento del 2% en costos directos e indirectos de inversión.
- En las ventas el propósito es incrementar el 15% anualmente.

Considerando todos estos parámetros se realizó el flujo de caja como se muestra en la tabla 4.12.

Tabla 4.12. Proyección del flujo de caja para 5 años

DETALLE	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b>Inversión</b>	9.567,10	8.467,00	8.636,00	8.808,00	8.984,00	9.163,00
<b>Ventas</b>	-	25.000,00	28.750,00	33.062,00	38.021,00	43.724,00
<b>Ganancia</b>	<b>9.567,10</b>	16.533,00	20.114,00	24.254,00	29.037,00	34.561,00

Elaborado por: Darwin Toapanta

### 4.5.3 Valor presente neto (VPN)

Es el valor presente neto de los flujos de caja proyectados para todos los años durante el período de evaluación del proyecto, son las ganancias que puede reportar el proyecto, con un valor positivo si el saldo entre beneficios y gastos va a ser favorable para el proyecto y con un valor negativo en el caso contrario.

$$VPN = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1+D)^i} \quad \text{Ec.4.4}$$

Dónde:

$K_0$  = Inversión o capital inicial.

$FC_i$  = Flujo de caja en el año  $i$ .

$D$  = Tasa de descuento real utilizada.

$i$  = Número de periodos de vida del proyecto.

$$VPN = -9.567,10 + \frac{16.533,00}{(1 + 0.1581)^1} + \frac{20.114,00}{(1 + 0.1581)^2} + \frac{24.254,00}{(1 + 0.1581)^3} + \frac{29.037,00}{(1 + 0.1581)^4} + \frac{34.561,00}{(1 + 0.1581)^5}$$

$$VPN = 68051,90$$

#### a. Valor absoluto neto (VAN)

El proyecto representa el valor adicional restada la tasa de rendimiento requerida, es decir que el proyecto es factible ejecutarlo en este momento, ya que, generará una ganancia de \$ 68051,90 libre de la tasa de rendimiento y si se posterga la ejecución del mismo al cabo de 5 años

el proyecto ascenderá a un costo de \$ 11399 debido al valor del dinero en el tiempo.

#### **b. Tasa Mínima de Aceptación de Riesgo (TMAR)**

La tasa de rendimiento requerida fue tomada en base al riesgo país, inflación y tasa de interés pasiva, en todas las anteriores se debe utilizar el valor anual, el valor de la tasa de rendimiento requerida se muestra a continuación:

$$\text{TMAR} = (\text{inflación} + \text{tasa de interés pasiva} + \text{riesgo país})\%$$

$$\text{TMAR} = 4.77\% + 4.53\% + 8.26\%$$

$$\text{TMAR} = 17.56\%$$

#### **4.5.4 Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Se define como aquella tasa de descuento que reduce a cero el Valor Presente Neto. La TIR representa el porcentaje máximo de ganancia que se aspira obtener, si se ejecuta el proyecto en las mejores condiciones. Analíticamente la TIR se determina como:

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_c i}{(1+TIR)^i} \quad \text{Ec.4.5}$$

Para el cálculo de la TIR se va utilizar el valor total de la inversión y los flujos netos de efectivo y lo obtenemos por medio de EXCEL con la función TIR de lo que resulta:



$$VPN = -9.567,10 + \frac{16.533,00}{(1 + TIR)^1} + \frac{20.114,00}{(1 + TIR)^2} + \frac{24.254,00}{(1 + TIR)^3} + \frac{29.037,00}{(1 + TIR)^4} + \frac{34.561,00}{(1 + TIR)^5}$$

$TIR = 79\%$

La tasa interna de retorno es del 79%, que es el porcentaje máximo de ganancia que se aspira obtener en las mejores condiciones.

El TIR es mayor que la tasa de rendimiento requerida (TMAR) de la inversión, y por esta razón se considera que el proyecto es viable.

#### 4.5.5 Período Real de Recuperación de la Inversión (PRI)

Es el tiempo en que se recupera la inversión inicial para una tasa de descuento considerada. Se calcula como el momento para el cual el VPN se hace cero.

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^{PRI} \frac{Fc_i}{(1+TIR)^i} \quad \text{Ec.4.6}$$

Para obtener el valor del PRI se le van adicionando gradualmente a la inversión inicial los flujos de caja anuales hasta que el resultado sea cero, en ese momento se ha recuperado la inversión.

##### a. Recuperación de la inversión

De acuerdo al flujo de caja proyectado anteriormente se puede concluir que la empresa "THE TESALIA SPRINGS COMPANY - MACHACHI" recuperará su inversión inicial en un período de **"7 meses y 10 días"**.

#### 4.5.6 Relación Beneficio - Costo (RBC)

Se determina como la relación entre el valor presente neto de los beneficios VPNB y el valor presente neto de los costos VPNC.

En la determinación del VPNC hay que sumar al valor de los costos anuales descontados, el valor de la inversión inicial sin descontar, como se muestra a continuación:

$$RBC = \frac{VPNB}{VPNC} + \frac{208689,20}{9567,10}$$

$$RBC = 20,81$$

La relación beneficio costo es mayor equivalente a 20,81 por lo que fue muy conveniente para el proyecto. Esta razón indica que por cada dólar invertido en el sistema de refrigeración se recupera 20,81 dólares de ingreso.

En la tabla 4.13, se muestra los valores límites para que un proyecto sea económicamente viable.

Tabla 4.13. Rangos de valores para el proyecto

TÉCNICA DE EVALUACIÓN	RANGO
VPN, \$	VPN > 0
TIR, %	TIR > D
PRI, años	PRI < n
RBC	RBC > 1

Elaborado por: Darwin Toapanta

En la tabla 4.14, se muestra los valores obtenidos en el análisis financiero realizado al proyecto, determinando que es económicamente viable.

Tabla 4.14. Rango de valores obtenidos en el análisis financiero

<b>TÉCNICA DE EVALUACIÓN</b>	<b>RANGO</b>
VPN, \$	68051,90 > 0
TIR, %	79% > 15 %
PRI, años	7 meses 10 días < 5 Años
RBC	20,81 > 1

Elaborado por: Darwin Toapanta

#### **4.5.7 Interpretación del Análisis Financiero**

- El VAN obtenido es de \$ 68051,90 permitiéndonos tener un criterio de decisión positivo, lo que ratifica la viabilidad del proyecto; teniendo una TIR del 79%, y esta a su vez es mayor que el TMAR = 15% de la inversión, por lo que se considera que el proyecto es viable.
- Los datos alcanzados y comprobando con los límites de aceptación se llega a la conclusión que el proyecto es totalmente viable siendo de gran beneficio para la empresa Tesalia.
- El periodo de recuperación es de 7 meses y 10 días, esto permite prever que se recuperará la inversión a corto plazo, siendo esto de gran beneficio y satisfacción para la empresa Tesalia, lo que promueve a desarrollar nuevos proyectos de automatización.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- El sistema de refrigeración de la empresa “The Tesalia Springs Company,” consiste en enfriar bebidas carbonatas a una temperatura de (2,2 a 3) °C con una presión de succión de 40 PSI con el fin de obtener una disolución de CO<sub>2</sub> de 2.8 a 3.2 volgas la misma que depende de cada presentación.
- El diseño e implementación del HMI, consiste en controlar y supervisar la presión y temperatura de acuerdo a la carga requerida por los equipos de carbonatación.
- Mediante la correcta selección de los dispositivos eléctricos y electrónicos se puede diseñar e implementar un HMI para controlar y supervisar el sistema de refrigeración, mejorando el proceso de enfriamiento y alcanzando una óptima operación del mismo.
- Los software TIA Portal V11 y DOP eRemote permitieron desarrollar el sistema de control y supervisión de manera local, logrando la visualización de procesos en tiempo real y facilitando la manipulación para operadores, mediante el HMI.
- Se pueden reemplazar con gran facilidad los transductores de presión debido a la disponibilidad en el mercado local, en caso de presentarse alguna falencia en el funcionamiento.

- Mediante la utilización del software TIA Portal V11, se realizó de una forma más rápida y sencilla la calibración de los transmisores Danfoss MBS 4500.
- El proyecto tiene una inversión de 8567,10 dólares americanos, realizando el análisis financiero se puede concluir que la empresa Tesalia recuperará su inversión en un periodo de “7 meses y 10 días”.
- Para la comunicación entre la unidad máster y una unidad remota se realizó vía ETHERNET, el mismo que servirá en el tiempo de 1 año como base para la implementación de un sistema SCADA entre los demás suministros de líneas, tales como ablandados, transportes neumáticos, termogravil, sala de jarabes, entre otros.
- La ejecución de las pruebas experimentales con los transmisores Danfoss MBS 4500, permiten determinar su correcto funcionamiento y la operatividad del sistema en un 98%.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Efectuar un estudio previo antes de realizar modificaciones en el sistema de refrigeración por amoníaco, de tal manera que no exista fallas en el proceso de producción.
- Seguir el manual de operación del sistema, para su eficaz funcionamiento también tener en cuenta las normas de seguridad.
- Colocar las respectivas protecciones eléctricas, para cada uno los diferentes elementos de control, de esta manera evitaremos daños inesperados en el sistema.
- Realizar un mantenimiento programado de los equipos instalados en este proyecto como son los transductores, módulos y PLC, que permitirán tener un funcionamiento al cien por ciento de su capacidad.
- Guardar respaldos si se realiza modificaciones en el software de programación de control y monitoreo.
- Verificar el funcionamiento de las válvulas solenoides en las líneas de entrada de líquido a los enfriadores. En caso de fuga interna reparar o cambiar la válvula.
- Capacitar al personal, operadores, técnicos de mantenimiento, supervisores, jefes de área. Para el buen uso y manipulación del sistema de control.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **LIBROS**

- FAIRES M. Virgil y Clifford Max Simmang; “Termodinámica”, Editorial Limusa, Segunda Edición, México D.F., 1993.
- CREUS Solé Antonio, “Instrumentación Industrial”, Sexta Edición, Alfaomega, México, 1998.
- CONAN Jean G., “Refrigeración Industrial”, Editorial Ediciones Paraninfo S.A., Primera Edición, Francés 1990.
- SALVADOR Pérez Cárdenas, “Fundamentos de Termodinámica”, Editorial Limusa, Primera Edición, México D.F., 1990.
- CENGEL Yunus A. Y Boles Michael A.; “Termodinámica”, Editorial Limusa, Quinta Edición, México D.F., 2006.
- DOSSAT, Roy, “Principios de refrigeración”, Editorial continental, Decima Séptima Edición, México, 1997.
- LAZARO Antonio, Programación gráfica para el control de instrumentos.

- LEVENSPIEL Octave, “Fundamentos de Termodinámica”, Editorial Limusa, Primera Edición, México D.F., 1997.
- POTTER C. y Scott P., “Termodinámica”, Editorial Thomson Internacional, Primera Edición, año 2006.
- ENRÍQUEZ Harper; “Manual de Aplicación del Reglamento de Instalaciones Eléctricas”, Editorial Limusa, Primera Edición 2003.
- PERRY R., “Manual de Ingeniería Química”, Editorial Mc Graw Hill, Sexta Edición, México D.F. 1992.

### **INTERNET**

- <http://www.schneider-electric.ec/ecuador/es/productos-servicios/productos-servicios-destino>.
- <http://es.scribd.com/doc/39667711/Manual-y-Catalogo-de-Electricista>
- [http://www.delta.com.tw/product/em/control/touch\\_hmi/control\\_touch\\_hmi\\_product.asp?pid=3&cid=2&itid=16](http://www.delta.com.tw/product/em/control/touch_hmi/control_touch_hmi_product.asp?pid=3&cid=2&itid=16)
- [http://www.automation.siemens.com/mcms/infocenter/dokumentencenter/sc/pp/Documentsu20Catalogs/E86060-K2410-A111-A8-7800\\_KT10\\_1\\_2012\\_sp\\_kap\\_5.pdf](http://www.automation.siemens.com/mcms/infocenter/dokumentencenter/sc/pp/Documentsu20Catalogs/E86060-K2410-A111-A8-7800_KT10_1_2012_sp_kap_5.pdf)
- <http://onsager.unex.es/Apuntes/Termo/Tema7.pdf>



- <http://ingenieriaquimicaestuvada.blogspot...spaol.html>
- <http://es.scribd.com/doc/13668843/MANUAL-VILTER>
- [http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=tablas%20de%20presion%20temperatura%20amoniaco&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.sirsatitanio.com%2FArchivos%2520PDF%2FTabla%2520PT%2520amonias.pdf&ei=XnqcUO-dCYPM9QSNtYGgBg&usg=AFQjCNGTtVQBymJxhdTK\\_1D1Yc4Uq2PMAA](http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=tablas%20de%20presion%20temperatura%20amoniaco&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.sirsatitanio.com%2FArchivos%2520PDF%2FTabla%2520PT%2520amonias.pdf&ei=XnqcUO-dCYPM9QSNtYGgBg&usg=AFQjCNGTtVQBymJxhdTK_1D1Yc4Uq2PMAA)
- <http://es.scribd.com/doc/26998330/Manual-de-Calidad-Volumen-1-Procesos-de-Manufactura-Bebidas>
- <http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=guia%20de%20dise%C3%B1o%20danfoss%20mcd%20202&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ramonrusso.com.ar%2Fdocumentos%2FMCD200.pdf&ei=2IGcUPfoNY-u8ATgjYDwAQ&usg=AFQjCNEyUQZJtJbechAmADuribEeWtJmCA>
- [http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=transmisores%20de%20presiones%20para%20aplicaciones%20marinas%2C%20tipo%20mbs%2033m&source=web&cd=5&cad=rja&ved=0CDYQFjAE&url=http%3A%2F%2Fwww.tecnoing.com%2Fdescargas%2Fdatasheets%2FMBS\\_33M.pdf&ei=D4OcUOckHJLI9QSU\\_IBY&usg=AFQjCNGj3w4Y1\\_89zmk3hfT3Zn7joA\\_ZVA](http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=transmisores%20de%20presiones%20para%20aplicaciones%20marinas%2C%20tipo%20mbs%2033m&source=web&cd=5&cad=rja&ved=0CDYQFjAE&url=http%3A%2F%2Fwww.tecnoing.com%2Fdescargas%2Fdatasheets%2FMBS_33M.pdf&ei=D4OcUOckHJLI9QSU_IBY&usg=AFQjCNGj3w4Y1_89zmk3hfT3Zn7joA_ZVA)

**ANEXOS**



**Transmisores de presión para aplicaciones marinas, tipo MBS 33M**

**Características**

- Diseñados para ser utilizados en ambientes marítimos severos
- Todas las homologaciones marinas relevantes
- Carcasa y partes en contacto con el medio de acero inoxidable resistente a los ácidos (AISI 316L)
- Rangos de presión relativa (manométrica) o absoluta de 0 a 600 bar
- Señal de salida: 4 - 20 mA
- Diferentes conexiones de presión
- Compensación de temperatura y calibración por láser

**Descripción**

El transmisor de presión estándar MBS 33M está diseñado para ser usado en casi todas las aplicaciones marinas, ofreciendo una medida fiable de la presión, incluso bajo condiciones de trabajo duras.

El flexible programa de transmisores de presión tiene aprobaciones navales de acuerdo con los requerimientos de LR, DNV, GL, RINA, ABS, BV, NKK. Cubre una señal de salida de 4-20 mA, versiones

en presión relativa y absoluta, rangos de medida desde 0-1 bar hasta 0-600 bar y una amplia gama de conexiones eléctricas y de presión.

Excelente estabilidad frente a vibraciones, construcción robusta y alto grado de protección EMC/EMI, lo que hace que este transmisor de presión cumpla con los más rigurosos requerimientos industriales.



Transmisores de presión para aplicaciones marinas, Tipo MBS 33M

**Características técnicas***Funcionamiento (EN 60770)*

Precisión (incl. no linealidad, hystéresis y repetitividad)	$\pm 0.5\%$ FS (típ.) $\pm 1\%$ FS (máx.)	
Divergencia de linealidad (línea recta más ajustada)	$\leq \pm 0.2\%$ FS	
Hystéresis y repetitividad	$\leq \pm 0.1\%$ FS	
Desviación punto cero térmico	$\leq \pm 0.1\%$ FS/10K (típ.) $\leq \pm 0.2\%$ FS/10K (máx.)	
Desviación de sensibilidad térmica (span)	$\leq \pm 0.1\%$ FS/10K (típ.) $\leq \pm 0.2\%$ FS/10K (máx.)	
Tiempo de respuesta	Líquido con viscosidad $< 100$ cSt	$< 4$ ms
	Aire y gases	$< 35$ ms
Presión de sobrecarga (estático)	$6 \times$ FS (máx. 1500 bar)	
Presión de rotura	$> 6 \times$ FS (máx. 2000 bar)	
Durabilidad, P: 10-90% FS	$> 10 \times 10^6$ ciclos	

*Especificaciones eléctricas*

Señal de salida nominal (protección contra cortocircuitos)	4-20 mA
Tensión de alimentación $V_a$ (protección contra polaridad)	10-30 V c.c
Dependencia de tensión de alimentación	$< 0.05\%$ FS/10 V
Limitación de corriente (señal de salida lineal de hasta 1.5 x rango nominal)	28 mA
Carga [ $R_L$ ] (carga conectada a 0 V)	$R_L \leq \frac{U_a - 10V}{0.02 A} [\Omega]$


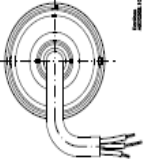
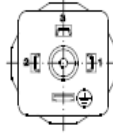
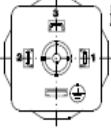
*Condiciones de trabajo*

Rango de temperatura del medio	-40 $\rightarrow$ +85°C		
Rango de temperatura ambiente (según la conexión eléctrica)	véase página 5		
Rango de temperatura compensada	0 $\rightarrow$ +80°C		
Rango de temperatura de transporte	-50 $\rightarrow$ +85°C		
EMC - Emisión	EN 61000-6-3		
EMC Inmunidad	EN 61000-6-2		
Resistencia del aislamiento	$> 100 M\Omega$ a 100 V		
Prueba de frecuencia de la red	SEN 361503		
Estabilidad de vibración	Sinusoidal	15.9 mm-pp, 5 Hz-25 Hz 20 g, 25 Hz - 2 kHz	IEC 60068-2-6
	Intermitente	7.5 g <sub>rms</sub> , 5Hz-1kHz	IEC 60068-2-64
Resistencia a impactos	Impacto	500 g / 1 ms	IEC 60068 - 2 - 27
	Caída libre		IEC 60068 - 2 - 32
Protección (según la conexión eléctrica)		véase página 5	

*Características mecánicas*

Materiales	Pieza en contacto con el medio	EN 10088-1; 1.4404 (AISI 316 L)
	Protección	EN 10088-1; 1.4404 (AISI 316 L)
	Conexiones eléctricas	véase página 5
Peso (Según la conexión de presión y la conexión eléctrica)		0.2 - 0.3 kg

**Conexiones eléctrica**

<b>Tipo de código página 4</b>			
1	3	5	6
EN 175301-803-A, Pg13.5	Cable armado, 2 m	EN 175301-803-A, Pg9	EN 175301-803-A, Pg11
			
<i>Temperatura ambiente</i>			
-40 a +85 °C	-30 a +85 °C	-40 a +85 °C	-40 a +85 °C
<i>Protección (Cumplimiento del grado de protección IP cuando se instala con el conector)</i>			
IP 65	IP 67	IP 65	IP 65
<i>Materiales</i>			
Poliamida con fibra de vidrio, PA 6.6	Cable de poliolefina con tubos termocontráctiles de PE	Poliamida con fibra de vidrio, PA 6.6	Poliamida con fibra de vidrio, PA 6.6
<i>Conexión eléctrica, señal de salida 4-20 mA (2 hilos)</i>			
Hilo 1: Alimentación+ Hilo 2: Alimentación+ Hilo 3: No se utiliza Tierra: Conectado a la carcasa MBS	Hilo marrón: Alimentación+ Hilo negro: Alimentación+ Hilo rojo: No se utiliza Hilo naranja: No se utiliza Pantalla: Sin contacte a la carcasa MBS	Hilo 1: Alimentación+ Hilo 2: Alimentación+ Hilo 3: No se utiliza Tierra: Conectado a la carcasa MBS	Hilo 1: Alimentación+ Hilo 2: Alimentación+ Hilo 3: No se utiliza Tierra: Conectado a la carcasa MBS

## Transmisor de presión para aplicaciones industriales, tipo MBS 4500



- Construido para su aplicación en entornos industriales sometidos a grandes cargas de trabajo
- Precisión: 0,5 % FS
- Ajuste de punto cero y de sensibilidad térmica (span)
- Marcado CE: con protección CEM, de acuerdo con las normas establecidas en la directiva de la UE relativa a la compatibilidad electromagnética
- El material de la cubierta y de las partes en contacto con el medio son de acero inoxidable y resistente a los ácidos (AISI 316L)
- Compensación de temperatura y linealidad calibradas por técnica láser
- Muchas diferentes conexiones de presión

### Transmisor de presión para aplicaciones industriales, tipo MBS 4500

#### Datos técnicos

##### Prestaciones

Precisión		$\leq \pm 0,5\% \text{ FS} / \leq \pm 0,2\% \text{ FS (norm.)}$
Divergencia de linealidad (línea recta más ajustada)		$\leq \pm 0,2\% \text{ FS}$
Histéresis y precisión de repetición		$\leq \pm 0,1\% \text{ FS}$
Operación de punto cero térmico		$\leq \pm 0,1\% \text{ FS}/10\text{K (norm.)}$ $\leq \pm 0,2\% \text{ FS}/10\text{K (máx.)}$
Operación de sensibilidad térmica (span)		$\leq \pm 0,1\% \text{ FS}/10\text{K (norm.)}$ $\leq \pm 0,2\% \text{ FS}/10\text{K (máx.)}$
Tiempo de respuesta (10 a 90%)		< 4 ms
Presión de operación máx. (ver tabla en página 3)	FS $\leq$ 300 bar	mín. 2 x FS
	FS > 300 bar	mín. 1.5 x FS
Presión de rotura (ver tabla en página 3)		mín. 4 x FS
Ajuste de punto cero	Rango de medida: 0-1 a 0-10 bar	-5 a +20 % FS
	Rango de medida: 0-16 a 0-40 bar	-5 a +10 % FS
	Rango de medida: 0-60 a 0-600 bar	-2.5 a 5 % FS
Ajuste de sensibilidad térmica (span)	Rango de medida: 0-1 a 0-600 bar	-5 a 5 % FS

##### Especificaciones eléctricas

Señal de salida nominal		4 a 20 mA
Tensión de alimentación, $U_B$ (polaridad protegida)		10 a 30 V c.c.
Dependencia de tensión		$\leq \pm 0,05\% \text{ FS}/10 \text{ V}$
Limitación de corriente (señal de salida lineal de hasta 1.5 x rango nominal)		28 mA (norm.)
Carga máxima $R_L$		$R_L \leq \frac{U_B - 10 \text{ V}}{0,02 \text{ A}} \quad [\Omega]$

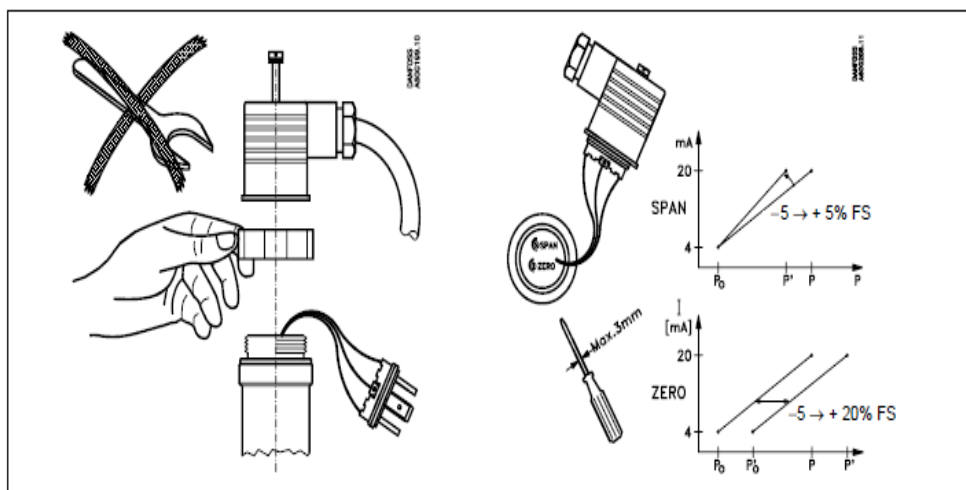
#### Características de funcionamiento

Rango de temperatura de funcionamiento		-40 a 85°C		
Rango de temperatura compensado		0 a 80°C		
Rango de temperatura de transporte		-50 a 85°C		
Emisión CEM		EN 50081-1		
Inmunidad CEM	Descarga electrostática	aire 8 kV	EN 50082-2 (IEC 801-2)	
		contacto 4 kV	EN 50082-2 (IEC 801-2)	
	RF	portada por campo	10 V/m, 26 MHz - 1 GHz	EN 50082-2 (IEC 801-3)
		portada por conductor	10 V <sub>rms</sub> , 150 kHz - 30 MHz	EN 50082-2 (IEC 801-6)
	Tensiones transitorias	cresta	4 kV (CM)Clamp	EN 50082-2 (IEC 801-4)
periodicidad		1 kV (CM,DM) RG=42Ω	EN 50082-2 (IEC 801-5)	
Resistencia de aislamiento		> 100 MΩ con 500 V c.c.		
Prueba de frecuencia de funcionamiento		500 V, 50 Hz	SEN 361503	
Estabilidad frente a vibraciones	Seno	20 g, 25 Hz - 2 kHz	IEC 68-2-6	
	Aleatorio	7,5 g <sub>rms</sub> , 5 Hz - 1 kHz	IEC 68-2-34, IEC 68-2-36	
Resistencia a impactos	Impacto	500 g / 1 ms	IEC 68-2-27	
	Caida libre		IEC 68-2-32	
Grado de impermeabilidad		IP 65 - IEC 529		

#### Especificaciones mecánicas

Materiales	Partes en contacto con el medio	DIN 17440-1.4404 (AISI 316 L)
	Caja protectora	DIN 17440-1.4404 (AISI 316 L)
Peso		0.4 Kg

#### Ajuste



## SENSOR DE TEMPERATURA POR RESISTENCIA

## PT-100

- Resistencia de Platino
- Resistencia 100Ω a 0°C
- Vaina EN SS316
- Aplicación en procesos de producción de Alimentos, medición ambiental e industrial
- Dimensiones a pedido



El sensor PT-100 es un sensor de temperatura que basa su funcionamiento en la variación de resistencia a cambios de temperatura del medio. El elemento consiste en un arrollamiento muy fino de Platino bobinado entre capas de material aislante y protegido por un revestimiento cerámico.

El material que forma el conductor(platino), posee un coeficiente de temperatura de resistencia  $\alpha$ , el cual determina la variación de la resistencia del conductor por cada grado que cambia su temperatura según la siguiente ecuación:

$$R_t = R_o(1 + \alpha t)$$

Donde:

$R_o$  = resistencia en  $\Omega$ (ohms) a 0°C

$R_t$  = resistencia en  $\Omega$ (ohms) a t°C

t = temperatura actual

$\alpha$  = coeficiente de temperatura de la resistencia cuyo valor entre 0°C y 100°C es de 0.003850  $\Omega \times (1/\Omega) \times (1/^\circ\text{C})$  en la escala Práctica de Temperaturas Internacionales(IPTS-68).

A continuación se despliegan las características el Platino comparadas con otros materiales:

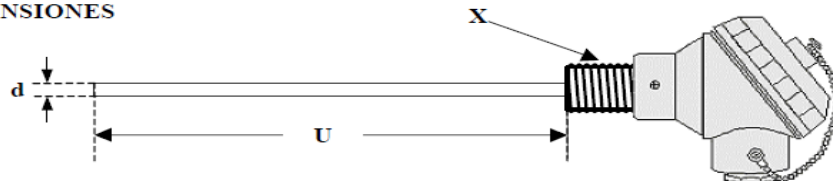
Metal	Resistividad $\mu\Omega/\text{cm}$	Coficiente de t° $\Omega/\Omega, ^\circ\text{C}$	Intervalo útil de temp $^\circ\text{C}$	Resist a 0°C $\Omega$	Precisión $^\circ\text{C}$
Platino	9.83	0.003850	-200 a 950	25, 100, 130	0.01
Niquel	6.38	0.0063 a 0.0066	-15 a 300	100	0.50
Cobre	1.56	0.00425	-200 a 120	10	0.10



**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

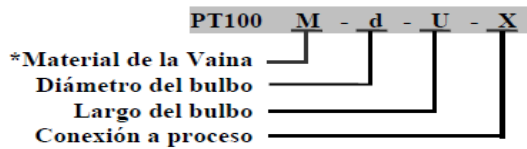
Tipo de sensor	Resistencia de Platino 100Ω a 0°C
Rango de t° Operativo	0 – 400°C
Material del cuerpo	Incomel 600
Exactitud	0.5°C
Conexión	3 cables(RTD, RTD, compensación)

**DIMENSIONES**

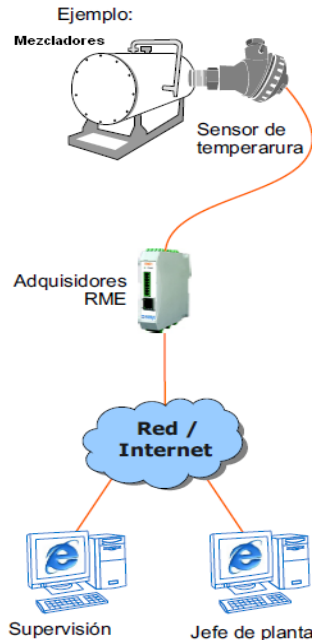


Donde:  
d = diámetro del bulbo  
U = largo del bulbo

**Método de Especificación:**

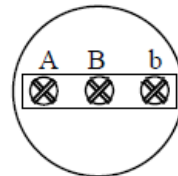


**Ejemplo:** PT100 -SS316-6-100-1/2"NPTM, representa a un sensor PT100 de Acero Inoxidable 316, diámetro del bulbo 6mm, largo del bulbo 100mm y conexión a proceso ½ NPT Macho.

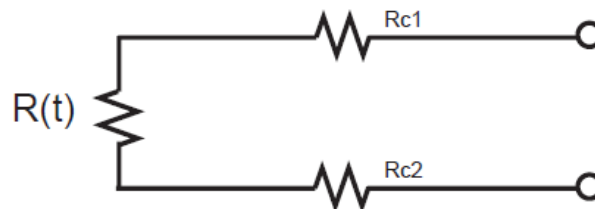


## CONEXIONADO

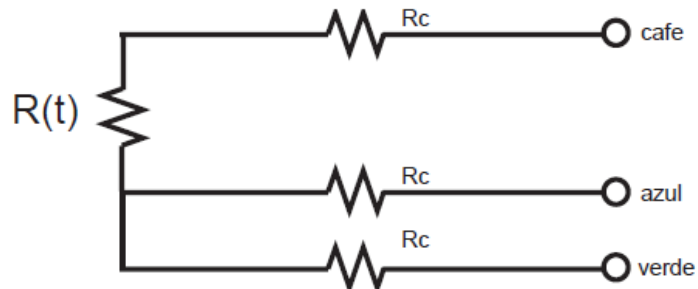
CABLE	SEÑAL
A	RTD
B	RTD
b	COMPENSACION

**Con 2 hilos**

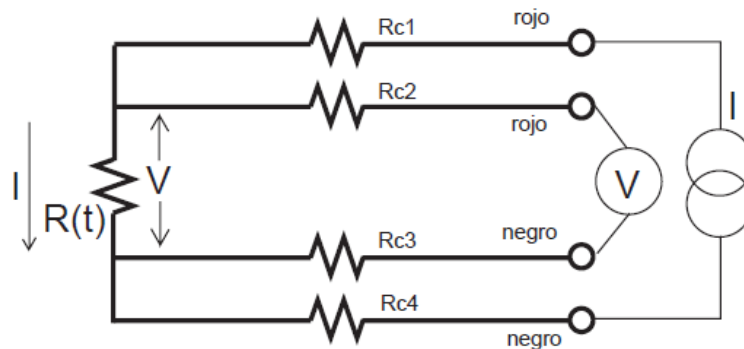
El modo más sencillo de conexión (pero **menos recomendado**) es con solo dos cables.

**Con 3 hilos**

El modo de conexión de 3 hilos es **el más común** y resuelve bastante bien el problema de error generado por los cables.

**Con 4 hilos**

El método de 4 hilos es el **más preciso** de todos, los 4 cables pueden ser distintos (distinta resistencia) pero el instrumento lector es más costoso.



ANEXO C	Hoja de datos Transmisor Pt 100										C - 4
Pt 100 ohms											
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
-190	22.78	22.35	21.93	21.50	21.08	20.66	20.23	19.81	19.38	18.96	
-180	27.01	26.59	26.17	25.74	25.32	24.90	24.47	24.05	23.63	23.20	
-170	31.24	30.81	30.39	29.97	29.55	29.13	28.70	28.28	27.86	27.44	
-160	35.45	35.03	34.61	34.19	33.77	33.34	32.92	32.50	32.08	31.66	
-150	39.65	39.23	38.81	38.39	37.97	37.55	37.13	36.71	36.29	35.87	
-140	43.78	43.37	42.96	42.54	42.13	41.72	41.30	40.89	40.48	40.06	
-130	47.90	47.49	47.08	46.67	46.26	45.85	45.43	45.02	44.61	44.20	
-120	52.01	51.60	51.19	50.78	50.37	49.96	49.55	49.14	48.73	48.32	
-110	56.11	55.70	55.29	54.88	54.48	54.07	53.66	53.25	52.84	52.43	
-100	60.20	59.79	59.38	58.98	58.57	58.16	57.75	57.34	56.93	56.52	
-90	64.23	63.83	63.43	63.02	62.62	62.22	61.81	61.41	61.01	60.60	
-80	68.25	67.85	67.45	67.05	66.65	66.25	65.84	65.44	65.04	64.64	
-70	72.26	71.86	71.46	71.06	70.66	70.26	69.86	69.46	69.06	68.66	
-60	76.26	75.86	75.46	75.06	74.67	74.27	73.87	73.47	73.07	72.67	
-50	80.25	79.85	79.45	79.06	78.66	78.26	77.86	77.46	77.06	76.66	
-40	84.22	83.83	83.43	83.03	82.64	82.24	81.84	81.44	81.05	80.65	
-30	88.18	87.79	87.39	87.00	86.60	86.21	85.81	85.41	85.02	84.62	
-20	92.13	91.74	91.35	90.95	90.56	90.16	89.77	89.37	88.98	88.58	
-10	96.07	95.68	95.29	94.89	94.50	94.11	93.71	93.32	92.92	92.53	
0	100.00	99.61	99.22	98.82	98.43	98.04	97.65	97.25	96.86	96.47	
0	100.00	100.39	100.78	101.17	101.56	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51	
10	103.90	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.41	
20	107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.74	110.12	110.51	110.90	111.29	
30	111.67	112.06	112.45	112.84	113.22	113.61	114.00	114.38	114.77	115.16	
40	115.54	115.93	116.32	116.70	117.09	117.47	117.86	118.24	118.63	119.01	
50	119.40	119.78	120.17	120.55	120.94	121.32	121.71	122.09	122.48	122.86	
60	123.24	123.63	124.01	124.39	124.78	125.16	125.54	125.93	126.31	126.69	
70	127.07	127.46	127.84	128.22	128.60	128.99	129.37	129.75	130.13	130.51	
80	130.89	131.28	131.66	132.04	132.42	132.80	133.18	133.56	133.94	134.32	
90	134.70	135.08	135.46	135.84	136.22	136.60	136.98	137.36	137.74	138.12	
100	138.50	138.88	139.26	139.64	140.02	140.40	140.77	141.15	141.53	141.91	
110	142.29	142.67	143.04	143.42	143.80	144.18	144.55	144.93	145.31	145.69	
120	146.06	146.44	146.82	147.19	147.57	147.95	148.32	148.70	149.07	149.45	
130	149.83	150.20	150.58	150.95	151.33	151.70	152.08	152.45	152.83	153.20	
140	153.58	153.95	154.33	154.70	155.08	155.45	155.83	156.20	156.57	156.95	
150	157.32	157.69	158.07	158.44	158.81	159.19	159.56	159.93	160.30	160.68	
160	161.05	161.42	161.79	162.16	162.53	162.91	163.28	163.65	164.02	164.39	
170	164.76	165.13	165.50	165.88	166.25	166.62	166.99	167.36	167.73	168.10	
180	168.47	168.84	169.21	169.58	169.95	170.31	170.68	171.05	171.42	171.79	
190	172.16	172.53	172.90	173.26	173.63	174.00	174.37	174.74	175.10	175.47	
200	175.84	176.21	176.58	176.94	177.31	177.68	178.04	178.41	178.78	179.14	
210	179.51	179.88	180.24	180.61	180.98	181.34	181.71	182.07	182.44	182.81	
220	183.17	183.54	183.90	184.27	184.63	185.00	185.36	185.73	186.09	186.45	
230	186.82	187.18	187.55	187.91	188.27	188.64	189.00	189.37	189.73	190.09	
240	190.46	190.82	191.18	191.54	191.91	192.27	192.63	192.99	193.36	193.72	
250	194.08	194.44	194.80	195.17	195.53	195.89	196.25	196.61	196.97	197.33	
260	197.69	198.05	198.41	198.77	199.14	199.50	199.86	200.22	200.58	200.94	
270	201.29	201.65	202.01	202.37	202.73	203.09	203.45	203.81	204.17	204.53	
280	204.88	205.24	205.60	205.96	206.32	206.68	207.03	207.39	207.75	208.11	
290	208.46	208.82	209.18	209.53	209.89	210.25	210.60	210.96	211.32	211.67	

ANEXO C	Hoja de datos Transmisor Pt 100										C - 5
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
300	212.03	212.39	212.74	213.10	213.45	213.81	214.16	214.52	214.88	215.23	
310	215.59	215.94	216.29	216.65	217.00	217.36	217.71	218.07	218.42	218.77	
320	219.13	219.48	219.84	220.19	220.54	220.90	221.25	221.60	221.96	222.31	
330	222.66	223.01	223.37	223.72	224.07	224.42	224.77	225.13	225.48	225.83	
340	226.18	226.53	226.88	227.24	227.59	227.94	228.29	228.64	228.99	229.34	
350	229.69	230.04	230.39	230.74	231.09	231.44	231.79	232.14	232.49	232.84	
360	233.19	233.54	233.89	234.23	234.58	234.93	235.28	235.63	235.98	236.32	
370	236.67	237.02	237.37	237.72	238.06	238.41	238.76	239.11	239.45	239.80	
380	240.15	240.49	240.84	241.19	241.53	241.88	242.23	242.57	242.92	243.26	
390	243.61	243.95	244.30	244.65	244.99	245.34	245.68	246.03	246.37	246.72	
400	247.06	247.40	247.75	248.09	248.44	248.78	249.12	249.47	249.81	250.16	
410	250.50	250.84	251.19	251.53	251.87	252.21	252.56	252.90	253.24	253.58	
420	253.93	254.27	254.61	254.95	255.29	255.64	255.98	256.32	256.66	257.00	
430	257.34	257.68	258.02	258.37	258.71	259.05	259.39	259.73	260.07	260.41	
440	260.75	261.09	261.43	261.77	262.11	262.45	262.78	263.12	263.46	263.80	
450	264.14	264.48	264.82	265.16	265.49	265.83	266.17	266.51	266.85	267.18	
460	267.52	267.86	268.20	268.53	268.87	269.21	269.54	269.88	270.22	270.55	
470	270.89	271.23	271.56	271.90	272.24	272.57	272.91	273.24	273.58	273.91	
480	274.25	274.58	274.92	275.25	275.59	275.92	276.26	276.59	276.93	277.26	
490	277.60	277.93	278.26	278.60	278.93	279.26	279.60	279.93	280.26	280.60	
500	280.93	281.26	281.60	281.93	282.26	282.59	282.93	283.26	283.59	283.92	
510	284.25	284.58	284.92	285.25	285.58	285.91	286.24	286.57	286.90	287.23	
520	287.56	287.90	288.23	288.56	288.89	289.22	289.55	289.88	290.21	290.54	
530	290.86	291.19	291.52	291.85	292.18	292.51	292.84	293.17	293.50	293.82	
540	294.15	294.48	294.81	295.14	295.47	295.79	296.12	296.45	296.78	297.10	
550	297.43	297.76	298.08	298.41	298.74	299.07	299.39	299.72	300.04	300.37	
560	300.70	301.02	301.35	301.68	302.00	302.33	302.65	302.98	303.30	303.63	
570	303.95	304.28	304.60	304.93	305.25	305.58	305.90	306.22	306.55	306.87	
580	307.20	307.52	307.84	308.17	308.49	308.81	309.14	309.46	309.78	310.11	
590	310.43	310.75	311.07	311.40	311.72	312.04	312.36	312.68	313.01	313.33	
600	313.65	313.97	314.29	314.61	314.93	315.26	315.58	315.90	316.22	316.54	
610	316.86	317.18	317.50	317.82	318.14	318.46	318.78	319.10	319.41	319.73	
620	320.05	320.37	320.69	321.01	321.33	321.65	321.96	322.28	322.60	322.92	
630	323.24	323.55	323.87	324.19	324.51	324.82	325.14	325.46	325.78	326.09	
640	326.41	326.73	327.04	327.36	327.67	327.99	328.31	328.62	328.94	329.25	
650	329.57	329.89	330.20	330.52	330.83	331.15	331.46	331.78	332.09	332.41	
660	332.72	333.04	333.35	333.66	333.98	334.29	334.61	334.92	335.23	335.55	
670	335.86	336.17	336.49	336.80	337.11	337.43	337.74	338.05	338.36	338.68	
680	338.99	339.30	339.61	339.92	340.24	340.55	340.86	341.17	341.48	341.79	
690	342.11	342.42	342.73	343.04	343.35	343.66	343.97	344.28	344.59	344.90	
700	345.21	345.52	345.83	346.14	346.45	346.76	347.07	347.38	347.68	347.99	
710	348.30	348.61	348.92	349.23	349.53	349.84	350.15	350.46	350.77	351.07	
720	351.38	351.69	352.00	352.30	352.61	352.92	353.22	353.53	353.84	354.14	
730	354.45	354.75	355.06	355.37	355.67	355.98	356.28	356.59	356.89	357.20	
740	357.51	357.81	358.12	358.42	358.72	359.03	359.33	359.64	359.94	360.25	
750	360.55	360.85	361.16	361.46	361.77	362.07	362.37	362.68	362.98	363.28	
760	363.59	363.89	364.19	364.49	364.80	365.10	365.40	365.70	366.01	366.31	
770	366.61	366.91	367.21	367.51	367.81	368.12	368.42	368.72	369.02	369.32	
780	369.62	369.92	370.22	370.52	370.82	371.12	371.42	371.72	372.02	372.32	
790	372.62	372.92	373.22	373.52	373.82	374.12	374.42	374.71	375.01	375.31	
800	375.61	375.91	376.21	376.50	376.80	377.10	377.40	377.70	377.99	378.29	
810	378.59	378.88	379.18	379.48	379.77	380.07	380.37	380.66	380.96	381.26	
820	381.55	381.85	382.14	382.44	382.74	383.03	383.33	383.62	383.92	384.21	
830	384.51	384.80	385.10	385.39	385.69	385.98	386.27	386.57	386.86	387.16	
840	387.45	387.74	388.04	388.33	388.62	388.92	389.21	389.50	389.79	390.09	
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

**PRESIÓN**

Sensor de presión Aire de Baja (MBS 33M)



Sensor de presión Tanque de NH3 (MBS 4500)

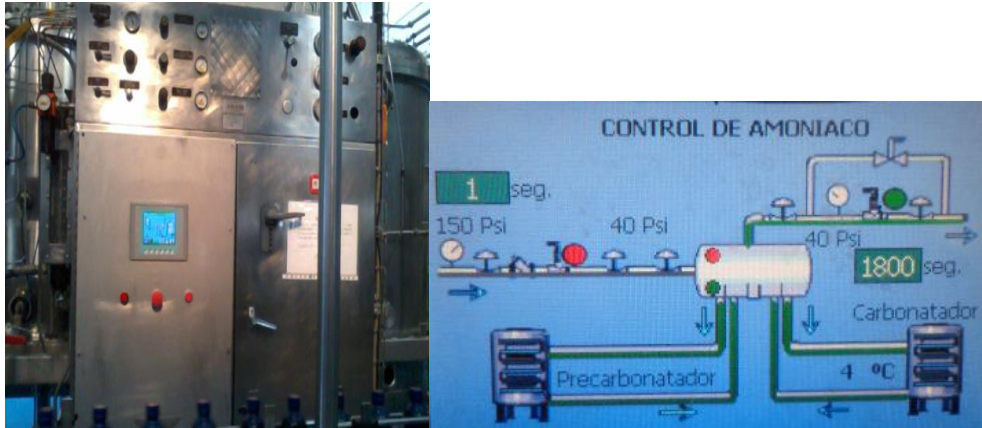
**PRESIÓN**

Sensor de presión Vapor (MBS 33M)



Sensor de presión CO2 Carbogas (MBS 4500)

## TEMPERATURA



Carbonatador Carbocooler (Tanque)



Sensor de Temperatura (Pt 100)



Guía de diseño de la serie MCD 200

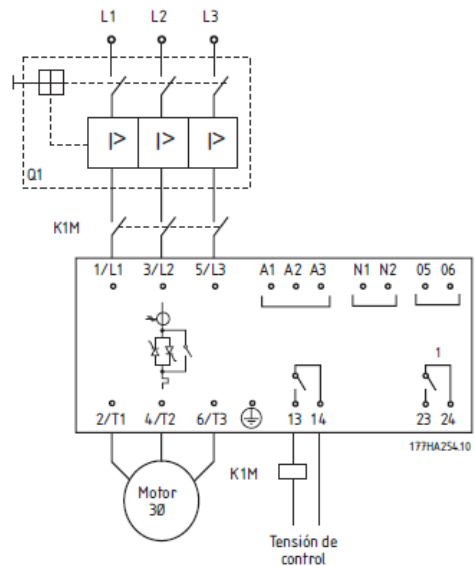
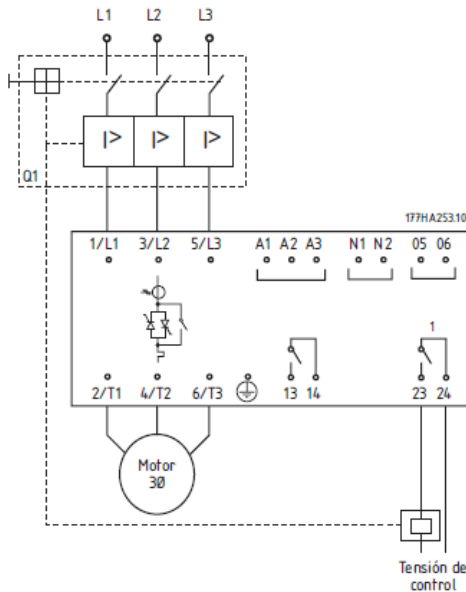
■ MCD 202  
■ Serie MCD 202

Los motores de arranque MCD 202 proporcionan un control del límite de intensidad, una parada suave TVR e incluyen una gama de características de protección del motor

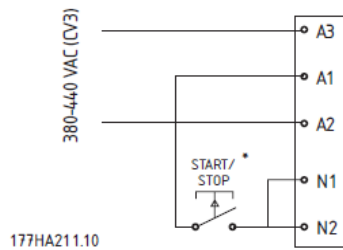
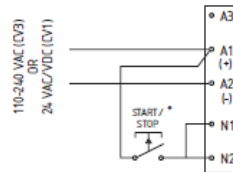
Ejemplo 2 - MCD 202 instalado con disyuntor de protección de sistema e interruptor automático de línea.

■ Esquema eléctrico

Ejemplo 1 - MCD 202 instalado con disyuntor de protección de sistema completo con dispositivo de desconexión en derivación.



■ Circuitos de control  
Control de 2 cables



\* También reinicia el MCD 202



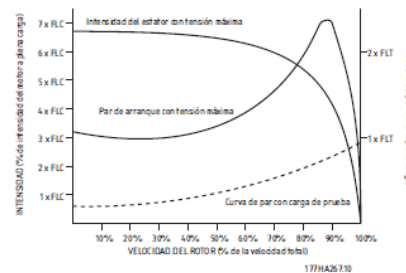


**Guía de diseño de la serie MCD 200**

■ **MCD 202**

■ **Arranque de tensión reducida**

Cuando se arranca en condiciones de tensión plena, los motores de inducción de CA obtienen inicialmente Intensidad de rotor bloqueado (LRC) y producen Par de rotor bloqueado (LRT). A medida que el motor acelera, la intensidad cae y el par aumenta para romper el par antes de caer a los niveles de velocidad máxima. Tanto la magnitud como la forma de las curvas de intensidad y de par dependen del diseño del motor.



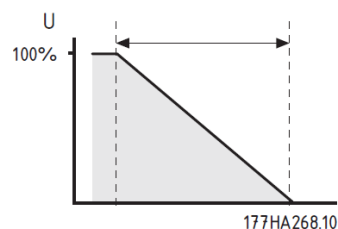
■ **Tipos de control de arranque suave**

El término "arranque suave" se aplica a una gama de tecnologías. Todas estas tecnologías se refieren al arranque del motor pero hay diferencias significativas en los métodos utilizados y los beneficios disponibles. A continuación, se describen algunas de las diferencias clave.

Filosofía de control: Por lo general, los motores de arranque suave se dividen en dos grupos.

- Sistemas de rampa de tensión temporizada (TVR)
- Sistemas de intensidad controlada

Parada suave  
(2 - 20 segundos, Sin parada suave)



177HA268.10

**ANEXO F**

**Tabla de la relación de Temperaturas  
R717 y Presiones para el Amoníaco  
(NH3)**

**F – 1**

Temp	Presión	Temp	Presión	Temp	Presión	Temp	Presión	Temp	Presión	Temp	Presión	Temp	Presión	Temp	Presión	Temp	Presión		
°F	PSIA	PSIG	°C	Kg/Cm²	°F	PSIA	PSIG	°C	Kg/Cm²	°F	PSIA	PSIG	°C	Kg/Cm²	°F	PSIA	PSIG	°C	Kg/Cm²
-60	5.6	18.6	-51.1		-14	21.4	6.7	-25.6	0.47	31	61	46.3	-0.6	3.25	76	143	128.3	24.4	9.00
-58	5.9	17.8	-50.0		-13	22	7.3	-25.0	0.51	32	62.3	47.6	0.0	3.34	77	145.4	130.7	25.0	9.17
-57	6.1	17.4	-49.4		-12	22.6	7.9	-24.4	0.55	33	63.6	48.9	0.6	3.43	78	147.9	133.2	25.6	9.35
-56	6.3	17	-48.9		-11	23.2	8.4	-23.9	0.59	34	64.9	50.2	1.1	3.52	79	150.5	135.8	26.1	9.53
-55	6.5	16.6	-48.3		-10	23.7	9	-23.3	0.63	35	66.3	51.6	1.7	3.62	80	153	138.3	26.7	9.71
-54	6.8	16.2	-47.8		-9	24.4	9.6	-22.8	0.67	36	67.6	52.9	2.2	3.71	81	155.6	140.9	27.2	9.89
-53	7	15.7	-47.2		-8	25	10.3	-22.2	0.72	37	69	54.3	2.8	3.81	82	158.3	143.6	27.8	10.08
-52	7.2	15.3	-46.7		-7	25.6	10.9	-21.7	0.76	38	70.4	55.7	3.3	3.91	83	161	146.3	28.3	10.27
-51	7.4	14.8	-46.1		-6	26.3	11.6	-21.1	0.81	39	71.9	57.2	3.9	4.01	84	163.7	149	28.9	10.46
-50	7.7	14.3	-45.6		-5	26.9	12.2	-20.6	0.86	40	73.3	58.6	4.4	4.11	85	166.4	151.7	29.4	10.65
-49	7.9	13.8	-45.0		-4	27.6	12.9	-20.0	0.91	41	74.8	60.1	5.0	4.22	86	169.2	154.5	30.0	10.84
-48	8.2	13.3	-44.4		-3	28.3	13.6	-19.4	0.95	42	76.3	61.6	5.6	4.32	87	172	157.3	30.6	11.04
-47	8.4	12.8	-43.9		-2	29	14.3	-18.9	1.00	43	77.8	63.1	6.1	4.43	88	174.8	160.1	31.1	11.24
-46	8.7	12.2	-43.3		-1	29.7	15	-18.3	1.05	44	79.4	64.7	6.7	4.54	89	177.7	163	31.7	11.44
-45	9	11.7	-42.8		0	30.4	15.7	-17.8	1.10	45	81	66.3	7.2	4.65	90	180.6	165.9	32.2	11.64
-44	9.2	11.1	-42.2		1	31.2	16.5	-17.2	1.16	46	82.6	67.8	7.8	4.76	91	183.6	168.9	32.8	11.85
-43	9.5	10.6	-41.7		2	31.9	17.2	-16.7	1.21	47	84.2	69.5	8.3	4.88	92	186.6	171.9	33.3	12.06
-42	9.8	10	-41.1		3	32.7	18	-16.1	1.26	48	85.8	71.1	8.9	4.99	93	189.6	174.9	33.9	12.27
-41	10.1	9.3	-40.6		4	33.5	18.8	-15.6	1.32	49	87.5	72.8	9.4	5.11	94	192.7	178	34.4	12.49
-40	10.4	8.7	-40.0		5	34.3	19.6	-15.0	1.38	50	89.2	74.5	10.0	5.23	95	195.8	181.1	35.0	12.71
-39	10.7	8.1	-39.4		6	35.1	20.4	-14.4	1.43	51	90.9	76.2	10.6	5.35	96	198.9	184.2	35.6	12.93
-38	11	7.4	-38.9		7	35.9	21.2	-13.9	1.49	52	92.7	78	11.1	5.47	97	202.1	187.4	36.1	13.15
-37	11.4	6.8	-38.3		8	36.8	22.1	-13.3	1.55	53	94.4	79.7	11.7	5.59	98	205.3	190.6	36.7	13.38
-36	11.7	6.1	-37.8		9	37.6	22.9	-12.8	1.61	54	96.2	81.5	12.2	5.72	99	208.6	193.9	37.2	13.61
-35	12.1	5.4	-37.2		10	38.5	23.8	-12.2	1.67	55	98.1	83.4	12.8	5.85	100	211.9	197.2	37.8	13.84
-34	12.4	4.7	-36.7		11	39.4	24.7	-11.7	1.73	56	99.9	85.2	13.3	5.98	101	215.2	200.5	38.3	14.07
-33	12.8	3.9	-36.1		12	40.3	25.6	-11.1	1.80	57	101.8	87.1	13.9	6.11	102	218.6	203.9	38.9	14.31
-32	13.1	3.2	-35.6		13	41.2	26.5	-10.6	1.86	58	103.7	89	14.4	6.25	103	222	207.3	39.4	14.55
-31	13.5	2.4	-35.0		14	42.2	27.5	-10.0	1.93	59	105.6	90.9	15.0	6.38	104	225.4	210.7	40.0	14.79
-30	13.9	1.6	-34.4		15	43.1	28.4	-9.4	1.99	60	107.6	92.9	15.6	6.52	105	228.9	214.2	40.6	15.03
-29	14.3	0.8	-33.9		16	44.1	29.4	-8.9	2.06	61	109.6	94.9	16.1	6.66	106	232.5	217.8	41.1	15.28
-28	14.7	0	-33.3	0.00	17	45.1	30.4	-8.3	2.13	62	111.6	96.9	16.7	6.80	107	236	221.3	41.7	15.53
-27	15.1	0.4	-32.8	0.03	18	46.1	31.4	-7.8	2.20	63	113.6	98.9	17.2	6.94	108	239.7	225	42.2	15.79
-26	15.6	0.8	-32.2	0.06	19	47.2	32.5	-7.2	2.28	64	115.7	101	17.8	7.09	109	243.3	228.6	42.8	16.04
-25	16	1.3	-31.7	0.09	20	48.2	33.5	-6.7	2.35	65	117.8	103.1	18.3	7.24	110	247	232.3	43.3	16.30
-24	16.4	1.7	-31.1	0.12	21	49.3	34.6	-6.1	2.43	66	120	105.3	18.9	7.39	111	250.8	236.1	43.9	16.57
-23	16.9	2.2	-30.6	0.15	22	50.4	35.7	-5.6	2.51	67	122.1	107.4	19.4	7.54	112	254.5	239.8	44.4	16.83
-22	17.3	2.6	-30.0	0.18	23	51.5	36.8	-5.0	2.58	68	124.3	109.6	20.0	7.69	113	258.4	243.7	45.0	17.10
-21	17.8	3.1	-29.4	0.22	24	52.6	37.9	-4.4	2.66	69	126.5	111.8	20.6	7.85	114	262.2	247.5	45.6	17.37
-20	18.3	3.6	-28.9	0.25	25	53.7	39	-3.9	2.74	70	128.8	114.1	21.1	8.01	115	266.2	251.5	46.1	17.65
-19	18.8	4.1	-28.3	0.29	26	54.9	40.2	-3.3	2.82	71	131.1	116.4	21.7	8.17	116	270.1	255.4	46.7	17.92
-18	19.3	4.6	-27.8	0.32	27	56.1	41.4	-2.8	2.91	72	133.4	118.7	22.2	8.33	117	274.1	259.4	47.2	18.20
-17	19.8	5.1	-27.2	0.36	28	57.3	42.6	-2.2	2.99	73	135.7	121	22.8	8.49	118	278.2	263.5	47.8	18.49
-16	20.3	5.6	-26.7	0.39	29	58.5	43.8	-1.7	3.07	74	138.1	123.4	23.3	8.66	119	282.3	267.6	48.3	18.78
-15	20.9	6.2	-26.1	0.44	30	59.7	45	-1.1	3.16	75	140.5	125.8	23.9	8.83	120	286.4	271.7	48.9	19.07



### ■ Specifications

Item	Pole	Model	Carry current	Dielectric withstand voltage	Insulation resistance (see note 2)
Screwless Clamp Terminal Socket	2	PYF08S	10 A	2,000 VAC, 1 min	Less than 1,000 MΩ
	4	PYF14S	5 A		
Track-mounted Socket	2	PYF08A-E	7 A	2,000 VAC, 1 min	1,000 MΩ min.
		PYF08A-N (see note 3)	7 A (see note 4)		
	4	PYF14A-E	5 A		
		PYF14A-N (see note 3)	5 A (see note 4)		
Back-connecting Socket	2	PY08(-Y1)	7 A	1,500 VAC, 1 min	100 MΩ min.
		PY08QN(-Y1)			
		PY08-02			
	4	PY14(-Y1)	3 A		
		PY14QN(-Y1)			
		PY14-02			

Note: 1. The values given above are initial values.

2. The values for insulation resistance were measured at 500 V at the same place as the dielectric strength.

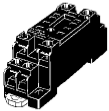
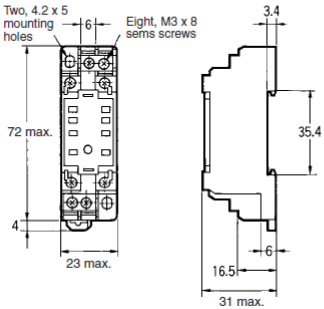
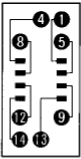
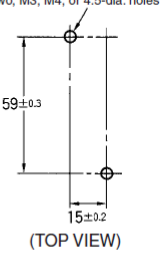
3. The maximum operating ambient temperature for the PYF08A-N and PYF14A-N is 55°C.

4. When using the PYF08A-N or PYF14A-N at an operating ambient temperature exceeding 40°C, reduce the current to 60%.

5. The MY2(S) can be used at 70°C with a carry current of 7 A.

### ■ Dimensions

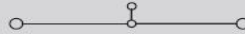
Note: All units are in millimeters unless otherwise indicated.

Socket	Dimensions	Terminal arrangement/ Internal connections (top view)	Mounting holes
PYF08A-E 			Two, M3, M4, or 4.5-dia. holes  (TOP VIEW) Note: Track mounting is also possible. Refer to page 12 for supporting tracks.

SAK 10

10 mm<sup>2</sup>

10 x 40 x 51.5  
76 / 16  
1.5...16



IEC 60947-7-1

Ex e II



II 2 G.D

IEC	UL	CSA	EN 60079-7
800	600	600	550
57	60	65	50
10	AWG 14...6	AWG 16...6	10

8 / 3

B6 / 5VA



KEMA 97ATEX1798 U

**Rated connection**

1.5...10 / 1.5...16

1.5...16 / 1.5...10

2.0...4.0 Nm (M 4)

12 / 1.0 x 5.5 mm

When used with twin ferrules ZH 0.5 - ZH 4, the rated voltage is 690 V.

**Ordering data****Version**

Medium yellow

Blue

**Note****Accessories****Screwable cross-connection**

2-pole

3-pole

4-pole

10-pole

Connecting sleeve

Mounting screw

Lock washer

**Switchable link**

Switchable link

Connecting sleeve

Mounting screw

**Testing / Checking**

Test plug

Socket

**End plate / Partition plate**

Medium yellow

Blue

Medium yellow

Blue

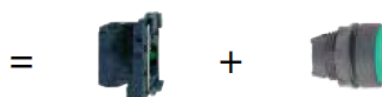
AUXILIARES DE MANDO DE 22mm CAMSCO  
(PLASTICOS Y METALICOS)

MPB-EC2

Forma de la cabeza	Tipo de pulsador	Tipo de contacto	
	Girar para desenclavar	 "NA"	 "NC"
		-	1



FPB-EA



Forma de la cabeza	Tipo de pulsador	Tipo de contacto	
	Rasante	 "NA"	 "NC"
		1	-



FPB-EA2

Forma de la cabeza	Tipo de pulsador	Tipo de contacto	
	Rasante	 "NA"	 "NC"
		-	1

## AUXILIARES DE MANDO DE 22mm CAMSCO

(PLASTICOS Y METALICOS)

REFERENCIA	CARACTERISTICA	COLOR	CONTACTOS	CARTON
<b>PULSADORES CUERPO PLASTICO (SERIE E)</b>				
FPB-EA1/G	PULSADOR DE MARCHA	VERDE	1 NA	300/20
FPB-EA2/R	PULSADOR DE PARO	ROJO	1 NC	300/20
PB-XAN-G	PULSADOR MONOBLOQUE	VERDE	1 NA	10
PB-XAN-R	PULSADOR MONOBLOQUE	ROJO	1 NC	10
AS-22 S/LUZ	PULSA. MARCHA-PARO RECTAN.	VERDE - ROJO	1NA + 1NC	200/10
AS 22N	PULSA. MARCHA-PARO RECTAN.	VERDE - ROJO + LUZ	1NA + 1NC + LUZ	200/10
APBB-22N	PULSA. MARCHA-PARO OVAL.	VERDE - ROJO + LUZ	1NA + 1NC + LUZ	200/10
LMB-ES5	PULSA EMERGENCIA C/RET.	ROJO	1 NC	15
MPB-EC2	PULSA EMERGENCIA S/RET.	ROJO	1 NC	15

**Terminal Connector**

JXB	Type	Hard wire (mm <sup>2</sup> )	Soft wire (mm <sup>2</sup> )	Soft wire with tube terminal (mm)	Rated current (A)	Rated voltage (V)	Dimension
	JXB-2.5/35	0.5-6	1.5-4	0.5-2.5	24	800	6×40×38.5
	JXB-4/35	0.5-6	1.5-4	0.5-4	32	800	6.5×42×52
	JXB-6/35	0.5-10	1.5-10	0.5-6	41	800	8×42×52
	JXB-10/35	1.5-16	1.5-16	0.5-10	57	800	10×42×52
	JXB-16/35	2.5-16	2.5-16	4-16	76	800	12×42×52
	JXB-35/35	6-35	10-35	10-35	125	800	18×50×63.5
	JXB-70/35	10-70	10-70	10-70	192	800	22×75×87

Unit: mm



1s > SALA\_MAQ\_MONITOREO [CPU 1214C AC/DC/Rly] > Bloques de programa > Main [OB1]

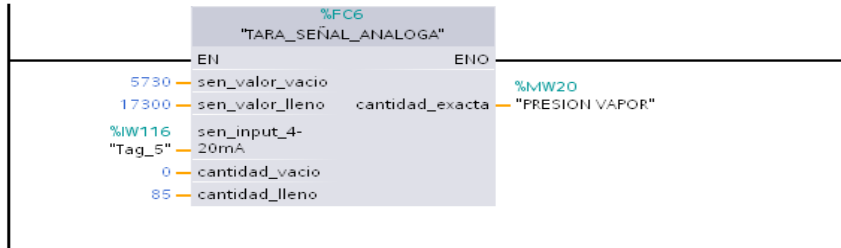
Programación PLC

Interfaz

Nombre	Tipo de datos	Comentario
--------	---------------	------------

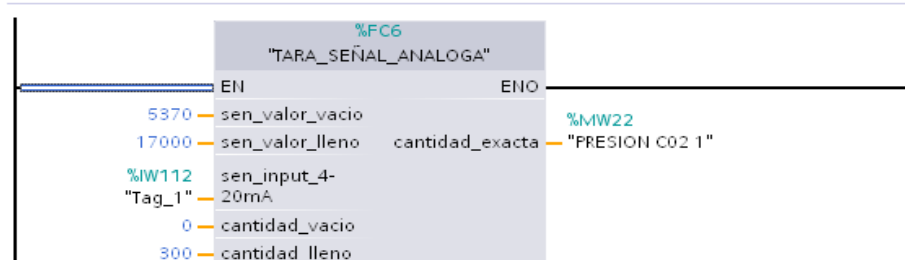
**Segmento 1:** Presion Vapor IW112

Comentario



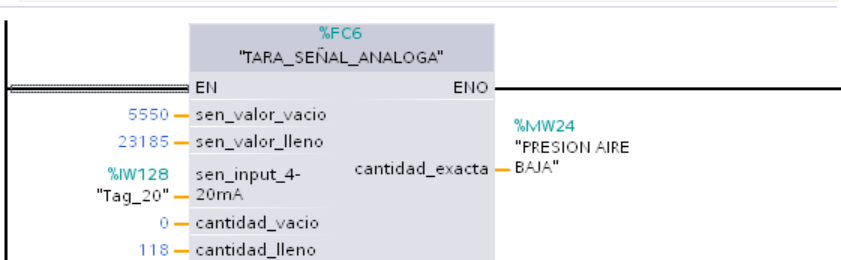
**Segmento 2:** Presion CO2

Comentario



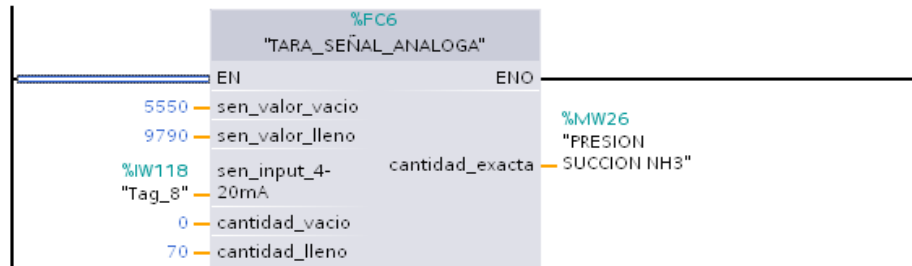
**Segmento 3:** Presion AIRE BAJA

Comentario



**Segmento 4:** Presion AMONIACO

Comentario



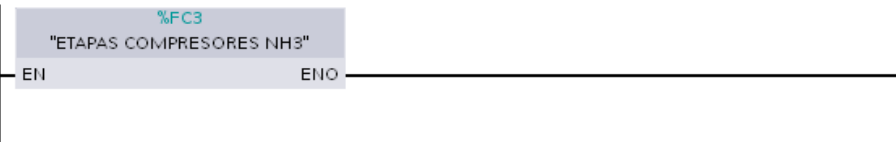
**Segmento 5:** TEMPERATURA GLICOL

SELECCIONAR ENTRADA RTD\_IW... SEGUN MODULO



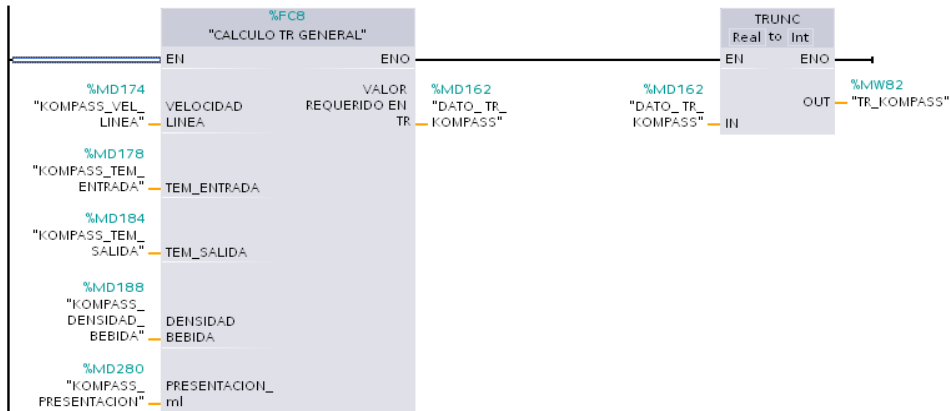
**Segmento 13:** LLAMADA ETAPAS COMPRESORES AMONIACO

Comentario



**Segmento 16:** KOMPASS == LLAMADA CALCULO TR GENERAL

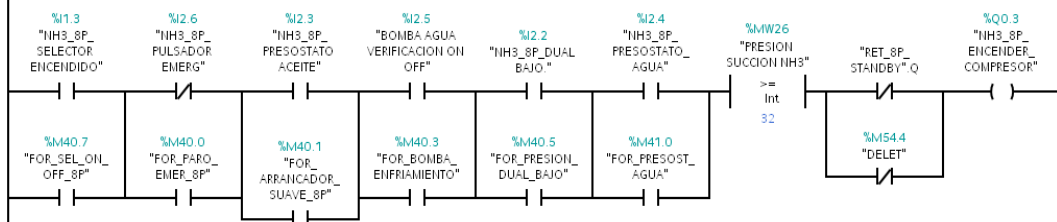
Comentario





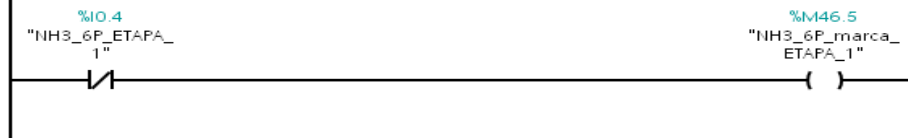
**Segmento 1:** ENCENDIDO COMPRESOR (MODO SINCR0)

► PRESION DUAL BAJO => DA LA SEÑAL PARA ENCENDER



**Segmento 2:** CONTROL "NH3\_6P\_marca\_ETAPA\_1"

Comentario



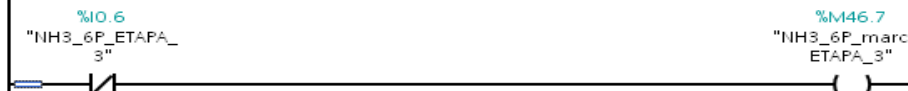
**Segmento 3:** CONTROL "NH3\_6P\_marca\_ETAPA\_2"

Comentario



**Segmento 4:** CONTROL "NH3\_6P\_marca\_ETAPA\_3"

Comentario



**Segmento 5:** CONTROL "NH3\_8P\_marca\_ETAPA\_1"

Comentario



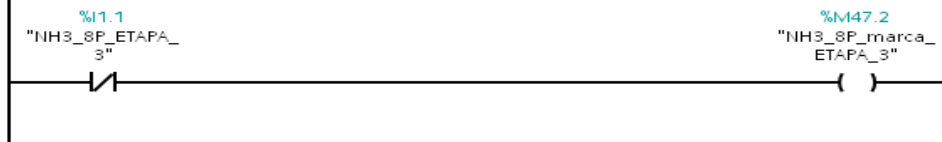
**Segmento 6:** CONTROL "NH3\_8P\_marca\_ETAPA\_2"

Comentario



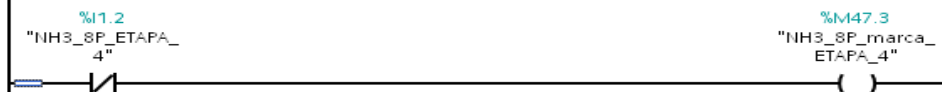
**Segmento 7:** CONTROL "NH3\_8P\_marca\_ETAPA\_3"

Comentario



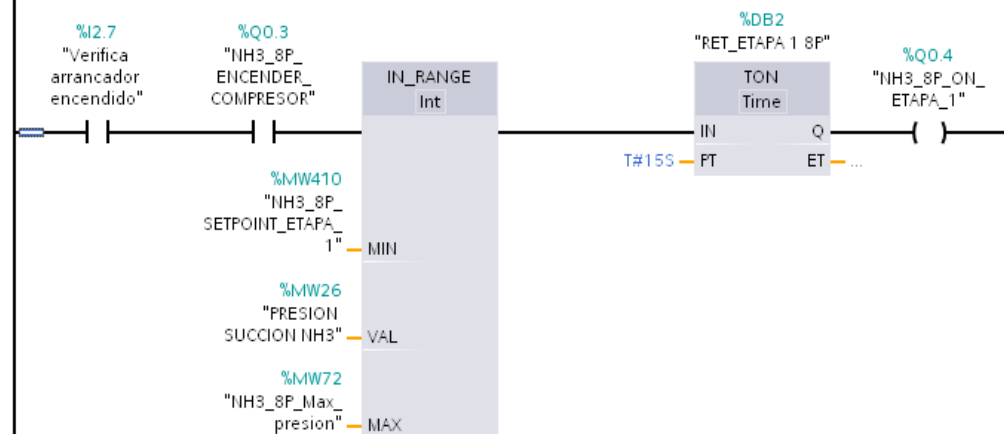
**Segmento 8:** CONTROL "NH3\_8P\_marca\_ETAPA\_4"

Comentario



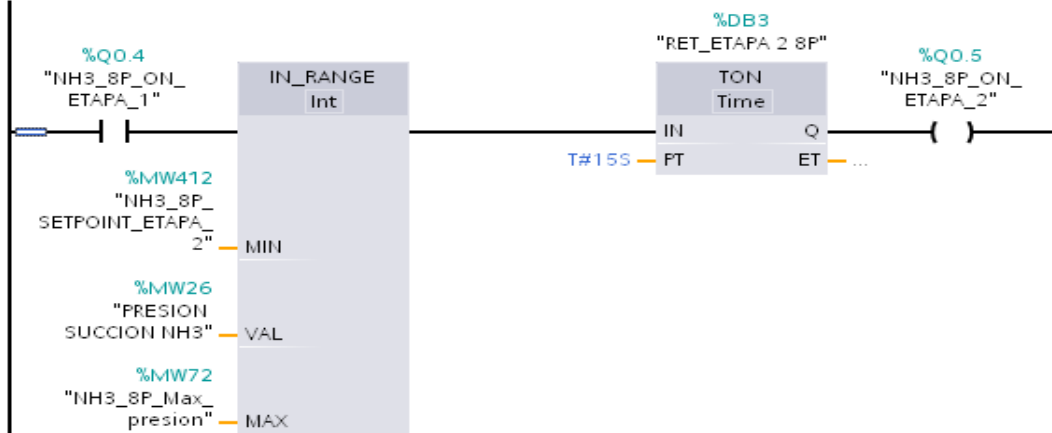
**Segmento 9:** FORZAR ENCENDIDO ETAPA 1 COMPRESOR 8P

Comentario



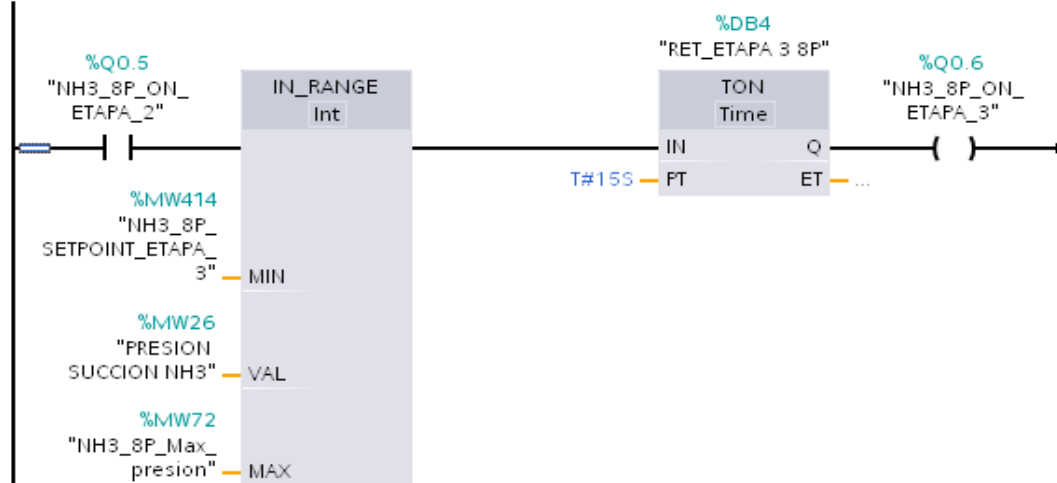
**Segmento 10:** FORZAR ENCENDIDO ETAPA 2 COMPRESOR 8P

Comentario



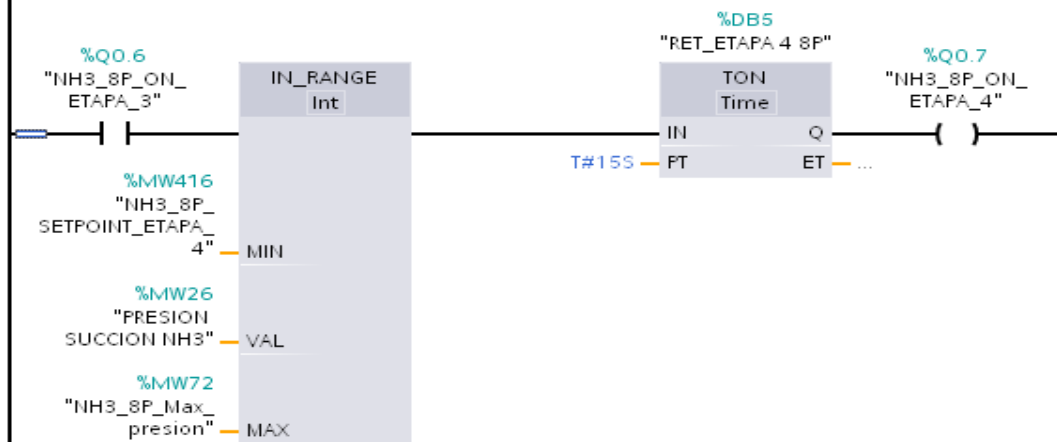
**Segmento 11: FORZAR ENCENDIDO ETAPA 3 COMPRESOR 8P**

Comentario



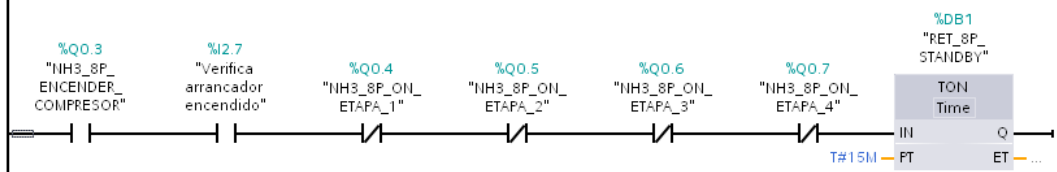
**Segmento 12: FORZAR ENCENDIDO ETAPA 4 COMPRESOR 8P**

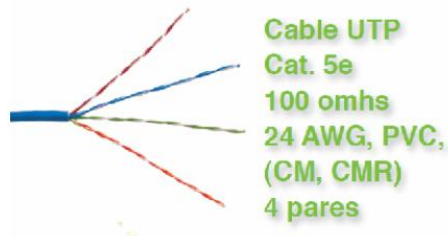
Comentario



**Segmento 13: .....**

Comentario



**Características del cable UTP CAT 5E**

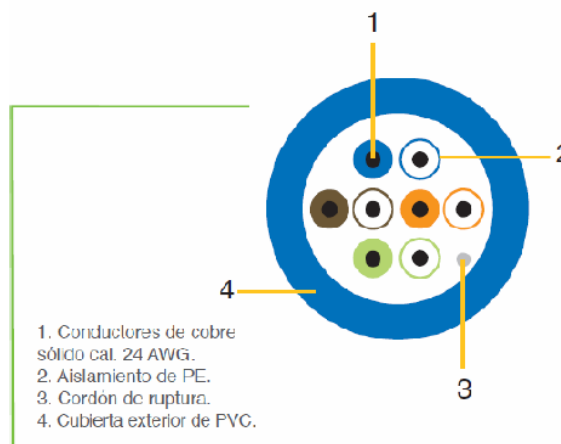
- Calibre del conductor: 24 AWG.
- Tipo de aislamiento: polietileno sin halógenos.
- Tipo de ensamble: 4 pares.
- Tipo de cubierta LSZH: con propiedades de baja emisión de humos
- sin halógenos.
- Para conexiones y aplicaciones IP.
- Conductor de cobre sólido de 0.51 mm.
- Diámetro exterior 5 mm.
- Desempeño probado hasta 200 MHz
- Impedancia: 100  $\Omega$ .

**Normas aplicables**

- ISO/IEC 11801 (2a edición, clase D).
- NEMAWC63.1.
- EN 50173-1.
- UL.
- IEC 60332-1 (parte 1).
- IEC 60332-3 C.
- IEC 1034 1/2.
- IEC 60754-1/2.
- NES-713
- NMX-I-248-NYCE-2005.

### Aplicaciones

- 1.2 Gbps ATM.
- 622 Mbps ATM.
- 100 Base T.
- 100 Mbps TP-PMD.
- 100 BASE VG ANYLAN.
- 1000 Base T.



**Vista superior del cable UTP CAT 5e**

### Pantalla principal

El sistema de control y supervisión del área sala de máquinas inicia su operación con la primera pantalla.



**Figura M.1: Pantalla Principal**

### Concepto de mando

Es posible efectuar la supervisión del estado de funcionamiento de la instalación y intervenir directamente en el curso del proceso por medio del teclado las presiones consideradas.

### Teclado touch

Con el término “touch” se indica la parte del teclado “táctil”, o sea todas las teclas presentes y descritas más adelante según la funcionalidad.

### Introducción de valores

Eligiendo un campo de introducción se marca todo el contenido gracias al cambio de color. Pulsando cualquier tecla (con excepción de las teclas cursor) se borra el contenido del campo y aparece la nueva introducción.

**Iconos:** En la parte inferior se encuentra las imágenes, que disponen de un menú de acceso rápido detallado así:

1. Ir a menú principal.
2. Ir a ventana alarmas presentes.
3. Ir a ventana estado del PLC.
4. Ir a parámetros de CO2.
5. Ir a parámetros de Sala de Aguas.
6. Ir a parámetros de presiones.
7. Ir a ventana diagrama del sistema de glicol
8. Ir a parámetros de vapor.
9. Ir a parámetros Aire de baja.
10. Ir a la ventana anterior.



### Menú principal:



Está programado para todas las ventanas, con esta opción podemos salir rápidamente de cualquier ventana

### Alarmas:

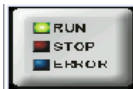


Está programado para todas las señales que se encuentran en funcionamiento, a la vez se puede observar brevemente cuales están deshabilitadas figura M.2.

**Alarma Compressor 150HP**

Nombre	Status	Input
NH3_8P_Selector Encendido	✘	11.3
NH3_8P_Pulsador Emergencia	✘	12.6
NH3_8P_Presostato Aceite	✘	12.3
Bomba Agua Verificacion ON/OFF	✘	12.5
NH3_8P_Duata Bajo	✘	12.2
NH3_8P_Presostato Agua	✘	12.4
Verifica Arrancador Encendido_8P	✘	12.7

Figura M.2: Ventana Alarmas

**Status PLC:**

Están presentes, todos los procedimientos programados para este equipo, nos indica el estado en que se encuentra el PLC, modo activo e inactivo o si se encuentra en falla.



Figura M.3: Pantalla de status del PLC



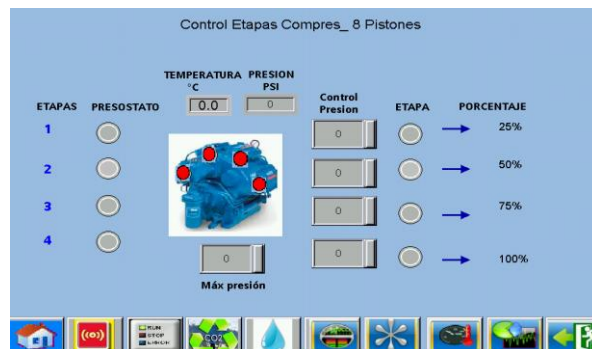
**Menú Amoníaco:**

Aquí se aprecia el esquema simplificado del funcionamiento del sistema de refrigeración por amoníaco, Figura M.4. Se aprecian el circuito.



**Figura M.4: Trayectoria del sistema de amoníaco.**

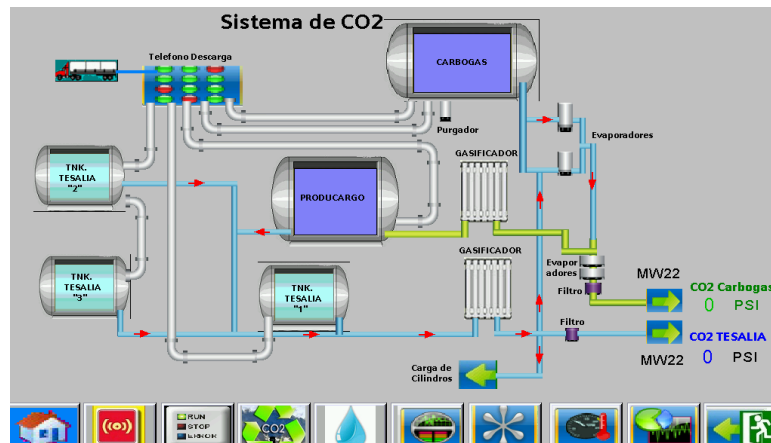
Para mirar el compresor en que etapa se encuentra trabajando, solo presionamos donde se localizan cada uno de los compresores y podemos observar las etapas.



**Figura M.5: Etapas del compresor de ocho pistones.**

**Menú CO2:**

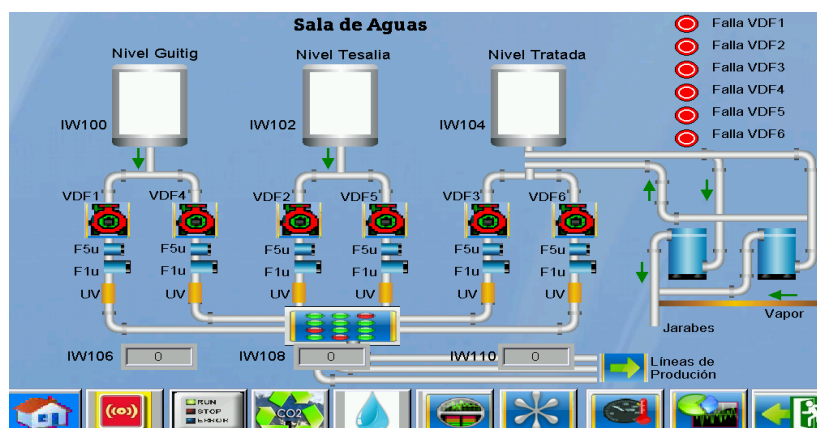
Aquí se aprecia el esquema simplificado del funcionamiento del sistema de CO2, Figura M.6. Se aprecian el circuito.



**Figura M.6: Sistema CO2.**

**Menú sala de aguas:**

Tiene un acceso a la sala de aguas, sirve para ver el estado de los tanques y la disponibilidad del agua.



**Figura M.7: Esquema de la Sala de aguas.**

## Menú Presiones



En esta ventana se puede observar los parámetros de presiones como: Amoníaco, vapor, CO2 carbogas, CO2 Tesalia, Aire Baja.



Figura M.8: Parámetros de Presiones.

A la vez se puede observar el recorrido del amoníaco dando un clic sobre el tanque “Trampa NH3”

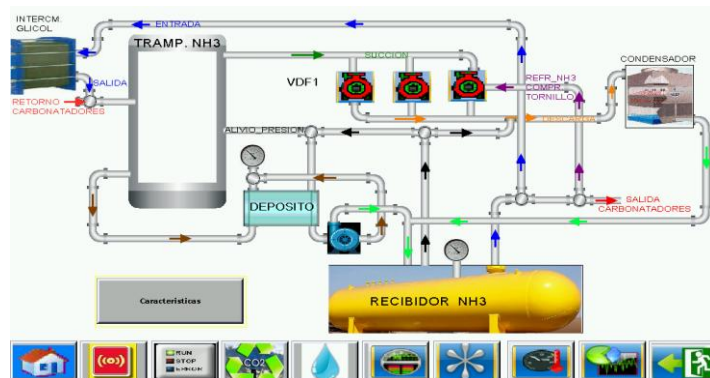
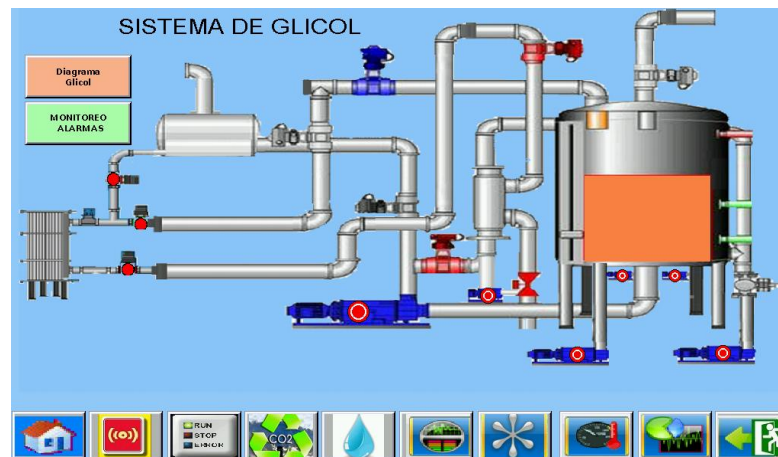


Figura M.9: Recorrido del NH3.

**Menú Glicol**

Aquí se puede apreciar el diagrama del sistema de glicol al mismo tiempo podemos verificar cuantas bombas están en funcionamiento.



**Figura M.10: Circuito del sistema de glicol.**

**Menú vapor:**

En este menú se puede observar un breve recorrido del sistema de vapor que da inicio desde la descarga del bunker figura M.12.

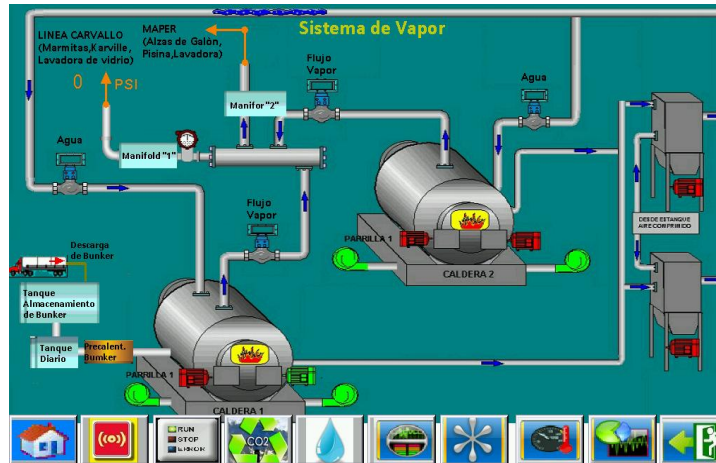


Figura M.12: Circuito del sistema de Vapor.

Menú Aire de baja:



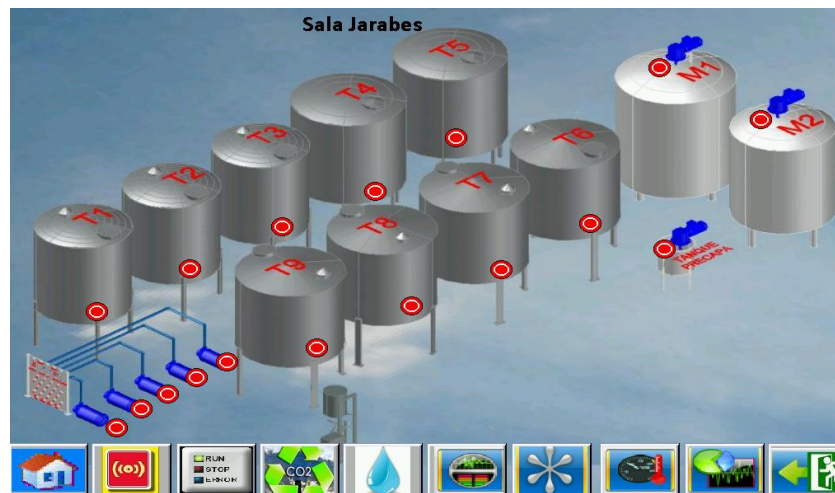
En esta parte se encuentra un breve esquema representativo del sistema de aire de baja, el transductor está ubicado en el pulmón numeró 4.



Figura M.13: Circuito del sistema Aire de baja.

**Menú Sala de Jarabes:**

La ventana SALA DE JARABES, indica los tanques de niveles más importantes que se debe tomar en cuenta.



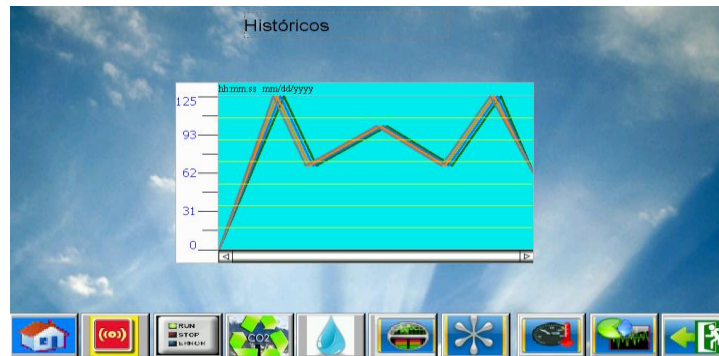
**Figura M.14: Esquema de la Sala de Jarabes.**

**Menú Atrás**

Este icono permite regresar una ventana atrás, desde cualquier ventana que se encuentre.

**Menú Histórico**

Esta ventana permite realizar un detalle en general con cada uno de los dispositivos colocados a controlar y supervisar.



**Figura M.15: Esquema de la Sala de Jarabes.**

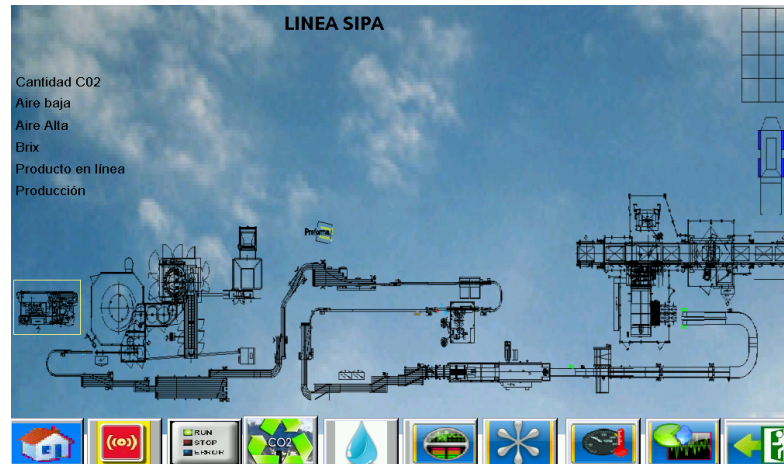
**Menú enlaces:**

En esta ventana se puede ver la interconexión de varios PLC'S SIEMENS, PANELES de esta manera tener datos de nivel más precisos.



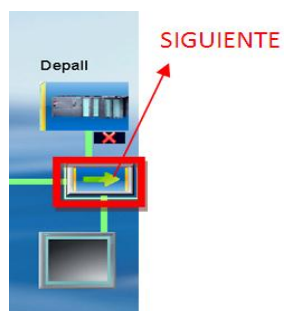
**Figura M.16: Ventana de Enlaces.**

Podemos ingresar en cada uno de los recuadros de color amarillo, por ejemplo clic sobre el recuadro de color amarillo DELTA figura M.17.



**Figura M.18: Ventana de Enlaces Línea Sipa.**

En la figura M.19, de la ventana de enlaces nos indica que podemos visualizar más enlaces pero a la vez tiene restringido el ingreso ya que debe ser manipulada por el personal autorizado cuya contraseña es “1282”

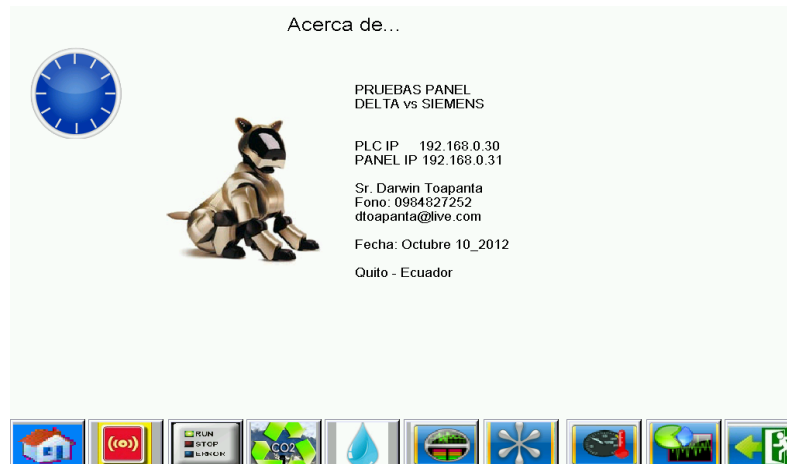


**Figura M.19: Visualizar más enlaces**



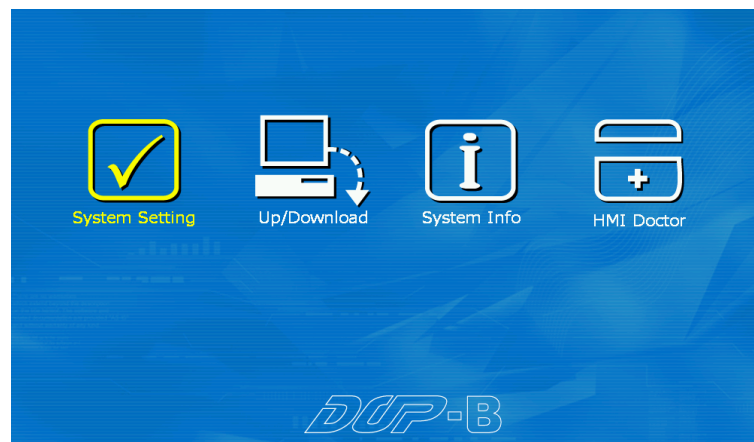
**Menú acerca de:**

Aquí puede encontrar información sobre el proyecto se añade una pantalla, con un logotipo que se ilustra en la siguiente figura.



**Figura M.20: Información del proyecto**

En esta pantalla se pueden ingresar, dar clic sobre el logotipo todos los rangos de operación aceptables para un buen proceso, también se pueden escoger las opciones:



**Figura M.21: Ventana Parámetros de Panel.**

**Limpiar Pantalla**

La pantalla entra en un ciclo de limpieza por un periodo de 30 segundos.

**Sensibilidad**

Se puede calibrar la sensibilidad de la pantalla, por seguridad está protegida con una contraseña.

**Resetear Panel**

Sirve para reiniciar el panel en caso de alguna falla, este breve inicio no afecta el control del proceso.

**Forzar sensores**

En caso de algún fallo en las señales de entradas del equipo (flotadores, sensores de nivel, presostatos, etc.) el panel presenta opciones de forzado de dichas señales, previa aceptación del operador.

## **AUTORÍA**

ELABORADO POR:

---

DARWIN ISRAEL TOAPANTA VIRACOCCHA

APROBADO POR:

---

ING. WILSON SÁNCHEZ

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICADO POR:

---

DR. RODRIGO VACA CORRALES

SECRETARIO ACADÉMICO