

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS.**

**IMPLEMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE ALARMAS EN EL CALDERO PRINCIPAL DE LA EMPRESA “GRUPO SUPERIOR” UBICADA EN LA PARROQUIA DE GUAYLLABAMBA**

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

**DIEGO GUILLERMO MANCHAY CHASIPANTA**

**di3go\_manchay@hotmail.com**

**LUIS IVAN CACHIGUANGO ANTAMBA**

**luisivan6@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING. VICENTE TOAPANTA**

**vicentoapanta@yahoo.es**

**Quito, Abril, 2013**

## DECLARACIÓN

Nosotros MANCHAY CHASIPANTA DIEGO GUILLERMO y CACHIGUANGO ANTAMBA LUIS IVAN, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

-----  
**Diego Manchay**

-----  
**Luis Cachiguango**

## **CERTIFICACIÓN.**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por DIEGO GUILLERMO MANCHAY CHASIPANTA y LUIS IVAN CACHIGUANGO ANTAMBA, bajo mi supervisión.

-----  
**Ing. Vicente Toapanta Muñoz**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

# AGRADECIMIENTO

A la Escuela Politécnica Nacional, por todos los  
Conocimientos impartidos a lo largo de la vida  
Universitaria.

A nuestros compañeros, amigos y hermanos por compartir parte de  
sus vidas.

Al Ing. Vicente Toapanta Muñoz Director del Proyecto  
De Titulación

Al personal técnico del Departamento de Mantenimiento y  
Administrativo de la Empresa "GRUPO SUPERIOR "en especial al  
Ing. Patricio Yumbla , que gracias a su colaboración se hizo posible la  
realización de este Proyecto.



## **DEDICATORIA**

El Proyecto de grado está especialmente dedicado a Dios por todas las bendiciones recibidas en mi carrera estudiantil ya que sin ellas ningún triunfo o éxito en la vida sería posible. A mis padres Ángel y Susana que se han esforzado tanto por brindarme la posibilidad de recibir una educación integral y guiarme en mi vida confiando a cada momento en mí, a mi hermana Pamela por el apoyo incondicional que me sirvió como motivación para alcanzar mis objetivos y a mis amigos y familiares que han significado un apoyo durante la culminación de mis estudios.

Diego Guillermo Manchay Chasipanta.

El trabajo y proyecto realizado se lo dedico a mis padres, en especial a mi madre que con su esmero y esfuerzo supo guiarme por la ruta de la responsabilidad dándome la inspiración para siempre salir adelante, a mis profesores que gracias a sus conocimientos y consejos impartidos es posible aplicarlos en el ámbito laboral y personal, a mis hermanos, familiares y amigos que me brindaron su apoyo durante mi vida estudiantil.

Luis Iván Cachiguango Antamba.

# ÍNDICE

## CAPÍTULO 1

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

1.1.	DEFINICIÓN DE UN CALDERO.....	1
1.2.	CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE CALDEROS.....	2
1.2.1.	CLASIFICACIÓN DE ACUERDO A LA PRESIÓN DE TRABAJO.....	2
1.2.2.	DE ACUERDO A LA PRODUCCIÓN DE VAPOR.....	2
1.2.3.	DE ACUERDO A SU GENERACIÓN.....	3
1.2.4.	DE ACUERDO A LA CIRCULACIÓN DEL AGUA DENTRO DE LA CALDERA.....	3
1.2.5.	DE ACUERDO A LA CIRCULACIÓN DEL AGUA Y DE LOS GASES EN LA ZONA DE TUBOS.....	3
1.2.6.	ESPECIALES.....	3
1.3.	CALDEROS PIROTUBULARES.....	4
1.3.1.	PARTES DE UN CALDERO PIROTUBULAR.....	5
1.4.	CALDEROS ACUOTUBULARES.....	7
1.5.	CALDEROS ELÉCTRICOS.....	8
1.5.1.	PARTES DE UN CALDERO ELÉCTRICO.....	10
1.6.	SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y COMBUSTIBLE.....	11
1.6.1.	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CALDERAS.....	12

1.6.2. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE.....	13
1.6.2.1. Combustibles sólidos.....	13
1.6.2.2. Combustibles líquidos.....	13
1.6.2.3. Combustibles gaseosos.....	14
1.7. EL QUEMADOR.....	15
1.8. CAUSAS DE ALARMA EN UN SISTEMA DE CONDENSACIÓN Y DE AGUA SOBRECALENTADA.....	16
1.8.1. AUMENTO SÚBITO DE LA PRESIÓN.....	16
1.8.2. DESCENSO RÁPIDO DE LA PRESIÓN.....	16
1.8.3. DESCENSO EXCESIVO DEL NIVEL DE AGUA.....	16
1.8.4. EXPLOSIONES.....	17
1.8.4.1. Causas de Explosiones en calderos.....	17
1.8.5. FALLAS QUE SE DEBEN CONSIDERAR EN LA OPERACIÓN DE LA CALDERA.....	19
1.8.5.1. Fallas en el arranque.....	19
1.8.5.2. Fallas en el encendido.....	20
1.8.6. FALLAS EN LOS MATERIALES.....	21
1.8.6.1. Corrosión en calderos.....	21
1.8.7. MEDIDAS DE PREVENCIÓN PROCEDIMIENTO DE TRABAJO SEGURO EN LA MANIPULACIÓN Y OPERACIÓN DE CALDERAS.....	22
1.9. TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL.....	23
1.9.1. SISTEMA FÍSICO PARA EL CONTROL.....	24
1.9.2. VARIABLES DEL SISTEMA DE CONTROL.....	25

1.9.3. SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO ABIERTO Y EN LAZO CERRADO.....	26
1.9.3.1. Sistemas En Lazo Abierto .....	26
1.9.3.2. Sistemas en Lazo Cerrado.....	27
1.9.4. ELEMENTOS COMPONENTES DE UN SISTEMA DE CONTROL.....	28
1.10. SISTEMA DE CONTROL DE ALARMAS.....	29
1.10.1. SENSORES.....	30
1.10.1.1. Sensores de contacto.....	30
1.10.1.2. Sensores de no contacto.....	30
1.10.1.3. Sensores digitales.....	31
1.10.1.4. Sensores analógicos.....	31
1.10.1.5. Sensores mecánicos.....	31
1.10.1.6. Sensores electro-mecánicos.....	31
1.10.2. SENSORES EN UN SISTEMA DE CONTROL.....	32
1.10.2.1. Sensores de temperatura.....	32
1.10.2.2. Termopar.....	33
1.10.2.3. Termómetros de resistencia o termo-resistencias (RTD).....	35
1.10.2.4. Termistores.....	37
1.10.2.5. Pirómetro.....	39
1.10.2.5.1. Operación del Pirómetro de radiación.....	39
1.10.2.5.2. Tipos de pirómetros.....	40
1.10.2.5.2.1. Pirómetros de radiación parcial o pirómetros ópticos.....	41
1.10.2.5.2.2. Pirómetros de radiación total.....	42

1.10.3. SENSORES DE PRESIÓN.....	43
1.10.3.1. Tipos de sensores de presión.....	43
1.10.3.1.1. <i>Manómetro en forma de U</i> .....	44
1.10.3.1.2. <i>Medidor de peso muerto</i> .....	45
1.10.3.1.3. <i>Diafragma</i> .....	46
1.10.3.1.4. <i>Fuelle</i> .....	48
1.10.3.1.5. <i>Tubo de Bourdon</i> .....	49
1.10.3.1.6. <i>Instrumentos Electrónicos</i> .....	50
1.10.4. SENSORES DE NIVEL.....	53
1.10.4.1. Tipos de Sensores de Nivel.....	53
1.10.4.1.1. <i>Indicador o mirilla de nivel</i> .....	54
1.10.4.1.2. <i>Interruptor de Flotador</i> .....	55
1.10.4.1.3. <i>Método por Desplazamiento</i> .....	55
1.10.4.1.4. <i>Inyección de Burbujas</i> .....	56
1.10.4.1.5. <i>Método por presión Hidrostática</i> .....	58
1.10.4.1.6. <i>Sistema de Plomada</i> .....	59
1.10.4.1.7. <i>Medidor Ultrasónico</i> .....	60
1.10.4.1.8. <i>Medidor capacitivo</i> .....	62
1.11. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.....	64
1.11.1. DEFINICIÓN DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.....	65

## **CAPÍTULO 2**

### **PROCESO DE SECADO Y PRE-SECADO DE LAS TRES**

#### **LÍNEAS DE PASTA.**

2.1. CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES DEL EQUIPO DEL CALDERO.....	66
2.2. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES Y EQUIPO.....	68
2.3. FUNCIONAMIENTO DEL CALDERO PRINCIPAL.....	77
2.3.1. FUNCIONAMIENTO AUTOMÁTICO DEL CALDERO.....	83
2.3.2. SISTEMA DE CONTROL DE ENCENDIDO DEL QUEMADOR.....	84
2.3.2.1. Control de temperatura.....	85
2.3.3. SUMINISTRO DE AGUA.....	86
2.3.3.1. Transporte del agua.....	86
2.3.3.2. Control de nivel por vaso o de presión hidrostática y diferencial.....	87

## **CAPÍTULO 3**

### **IMPLEMENTACIÓN E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE**

#### **CONTROL DE ALARMAS.**

3.1. SISTEMA DE CONTROL.....	89
3.2. INSTRUMENTOS QUE SE HAN IMPLEMENTADO E INSTALADO EN EL SISTEMA DE CONTROL DE ALARMAS DEL CALDERO PRINCIPAL.....	94

3.2.1. PLC INSTALADO EN EL SISTEMA DE CONTROL DE ALARMAS.....	95
3.2.2. PLC (LOGO! 230RC SIEMENS).....	95
3.2.2.1. Conexión de la alimentación.....	96
3.2.2.1.1. <i>Conexión recomendada para LOGO</i> .....	96
3.2.2.1.2. <i>Comunicación óptima / rápida</i> .....	97
3.2.2.1.3. <i>Configuración con clases de tensión diferente normas</i> .....	97
3.2.2.2. Módulos externos de expansión del LOGO.....	98
3.2.2.2.1. <i>Montaje del LOGO! Modular</i> .....	99
3.2.2.2.2. <i>Modulo de expansión de señales analógicas</i> .....	100
3.2.2.2.3. <i>LOGO! AM 2 PT100</i> .....	101
3.2.2.2.4. <i>Partes de un modulo AM Pt100</i> .....	103
3.2.2.2.5. <i>Modulo de expansión de señales digitales</i> .....	104
3.2.3. PANTALLA EXTERNA CONECTADA AL PLC.....	105
3.2.4. SENSORES DE TEMPERATURA INSTALADO EN EL SISTEMA DE CONTROL DE ALARMAS.....	107
3.2.4.1. Selección del sensor .....	109
3.2.4.2. Conexión de una PT100.....	110
3.2.4.2.1. <i>Conexión con tres hilos</i> .....	112
3.2.4.2.2. <i>Consideraciones adicionales sobre la conexión de un PT100</i> .....	112
3.3. INSTALACIÓN Y CABLEADO DEL SISTEMA DE CONTROL.....	113
3.3.1. MONTAJE DEL TABLERO DE CONTROL.....	113

3.3.2. INSTALACIÓN DE LOS ELEMENTOS EN EL TABLERO DE CONTROL.....	114
3.3.3. INSTALACION DEL CABLEADO DEL SISTEMA.....	118

## **CAPÍTULO 4.**

### **PROGRAMACIÓN DEL PLC Y SOFTWARE DE VISUALIZACIÓN.**

4.1. PROGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL PLC (LOGO! 230RC SIEMENS).....	122
4.2. PROGRAMACIÓN DEL PLC.....	123
4.2.1. BARRA DE MENÚS.....	130
4.2.2. BARRA DE HERRAMIENTAS ESTÁNDAR.....	130
4.2.3. VENTANA DE INFORMACIÓN.....	131
4.2.4. BARRA DE ESTADO.....	132
4.2.5. BARRA DE HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN.....	132
4.2.6. ENLACE DE UN PC CON LOGO! 230 RC PARA CARGA O DESCARGA DE PROGRAMAS.....	154
4.2.7. ENLACE DE UN PC CON LOGO! 230 RC PARA CARGA O DESCARGA DE PROGRAMAS.....	155
4.3. ANALISIS QUE SE DEBE CONSIDERAR EN LA PROGRAMACIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL.....	156



4.3.1. MICRO PRESENCIA DE AGUA EN LA ENTRADA DEL CALDERO (LS01).....	156
4.3.2. PRESOS TATO DE MÁXIMA PRESIÓN (PS01).....	157
4.3.3. PRESOS TATO DE MÍNIMA PRESIÓN (PS02).....	158
4.3.4. TERMOSTATO DE MÁXIMA TEMPERATURA.....	158
4.3.5. QUEMADOR.....	159
4.3.6. CONTROLADOR DE TEMPERATURA.....	160
4.3.7. ELEMENTOS UBICADOS EN EL TABLERO DE FUERZA.....	160
4.3.8. ELEMENTOS QUE SE ENCUENTRAN EN EL TANQUE DE EXPANSIÓN.....	161
4.4. DIAGRAMA DE LA LÓGICA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL DE ALARMAS.....	162
4.5. LÓGICA DE CONTROL.....	164
4.5.1. ENTRADAS DIGITALES.....	165
4.5.2. ENTRADAS ANALOGICAS.....	166
4.5.3. SALIDAS DIGITALES.....	167
4.6. OPERACIÓN DEL PROGRAMA DE CONTROL.....	168
4.6.1. ENCENDIDO DE LAS BOMBAS.....	168
4.6.2. CONTROL DEL ENCENDIDO DEL CALDERO.....	169
4.6.3. CONTROL DE NIVEL DE AGUA EN EL TANQUE DE EXPANSION.....	170
4.6.4. GESTION CARGA Y DESCARGA DE AIRE EN EL TANQUE DE EXPANSION.....	171

4.6.5.	ENCENDIDO DE LA BOMBA DE QUIMICOS.....	171
4.6.6.	CONTROL DE APAGADO DEL CALDERO.....	172
4.6.7.	ENCENDIDO DE ALARMAS VISUAL Y SONORA.....	175
4.6.8.	VISUALIZACION DE ESTADO DE ENTRADAS ANALOGICAS EN LA PANTALLA TD LOGO.....	177
4.6.9.	GESTION MENSAJES DE ESTADO Y ALARMA VISUALIZADOS EN LA PANTALLA TD LOGO.....	178

## **CAPÍTULO 5**

### **PRUEBAS Y ANÁLISIS REQUERIDOS AL SISTEMA.**

5.1.	PRUEBAS.....	181
5.1.1.	PRUEBA DE CONTINUIDAD DE LAS CONEXIONES REALIZADAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	181
5.1.2.	PRUEBA DE PROTECCIONES.....	182
5.1.3.	VERIFICACIÓN DE ENTRADAS IMPLEMENTADAS Y PROGRAMADAS EN EL PLC.....	183
5.1.4.	SENSORES DE PRESIÓN.....	184
5.1.5.	COMPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA INSTALADO E IMPLEMENTADO PARA EL CONTROL DE ALARMAS DEL CALDERO PRINCIPAL.....	185

5.1.6. PRUEBA EN FUNCIONAMIENTO NORMAL DEL SISTEMA DE CONTROL DA ALARMAS IMPLEMENTADO Y AUTOMATIZADO.....	187
5.2. ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	188
5.3. COSTOS.....	190
5.4. CONCLUSIONES.....	192
5.5. RECOMENDACIONES.....	194
BIBLIOGRAFÍA.....	196

## **ÍNDICE DE FIGURAS.**

### **CAPÍTULO 1**

#### **FUNDAMENTOS TEÓRICOS.**

Figura 1.1: Caldero pirotubular.....	4
Figura 1.2: Caldera Kewanee.....	5
Figura 1.3: Caldero acuotubular.....	7
Figura 1.4: Caldera eléctrica.....	9
Figura 1.5: Partes de un caldero eléctrico.....	10
Figura 1.6: Quemador de un caldero.....	15
Figura 1.7: Corrosión de un caldero.....	21
Figura 1.8: Sistema físico para el control.....	24
Figura 1.9: Sistema de control en lazo abierto.....	26
Figura 2.0: Sistema de control en lazo cerrado.....	27

Figura 2.1: Componentes de un sistema de control.....	28
Figura 2.2: Diagrama en detalle de un termo par.....	33
Figura 2.3: Diagrama en detalle del circuito del termo par.....	34
Figura 2.4: Construcción de un RTD típico.....	35
Figura 2.5: Elementos sensores termistores.....	36
Figura 2.6: Curvas de estabilidad de termistores según el grado de envejecimiento.....	38
Figura 2.7: Curvas características de termistores.....	38
Figura 2.8: Diagrama de la operación del pirómetro.....	40
Figura 2.9: Diagrama de operación de un pirómetro óptico.....	40
Figura 3.0: Diagrama en detalle del pirómetro óptico.....	41
Figura 3.1: Diagrama en detalle del pirómetro óptico usando un reóstato.....	41
Figura 3.2: Diagrama en detalle de un pirómetro de radiación total.....	42
Figura 3.3: Diagrama de un manómetro en U.....	44
Figura 3.4: Diagrama de un medidor de peso muerto.....	46
Figura 3.5: Diagrama en detalle de un medidor de presión de diafragma.....	47
Figura 3.6: Diagrama en detalle de un medidor de presión de fuelle.....	48
Figura 3.7: Diagrama de un medidor de presión de tubo bourdon.....	49
Figura 3.8: Transductor de presión electrónico tipo bourdon helicoidal.....	51
Figura 3.9: Diagrama de un indicador de nivel de mirilla.....	54
Figura 4.0: Diagrama de un sensor de nivel de interruptor de flotador.....	55
Figura 4.1: Diagrama de un sensor de nivel por el método de desplazamiento.....	56
Figura 4.2: Diagrama de un indicador de nivel por inyección de burbujas.....	57

Figura 4.3: Sensor de nivel por el método de presión hidrostática.....	58
Figura 4.4: Sensor de nivel con sistema de plomada.....	59
Figura 4.5: Sensor de nivel ultrasónico.....	61
Figura 4.6: Sensor de nivel ultrasónico con emisiones de microondas.....	62
Figura 4.7: Sensor de nivel capacitivo.....	62
Figura 4.8: Diferentes modelos de instrumentos de nivel tipo capacitivo de magnetrón.....	63
Figura 4.9: PLC Micrologix 1100.....	64

## **CAPÍTULO 2**

### **PROCESO DE SECADO Y PRE-SECADO DE LAS**

### **TRES LÍNEAS DE PASTA.**

Figura 5.0: Líneas de pasta que se comercializa.....	66
Figura 5.1: Proceso de secado y pre secado de pasta.....	67
Figura 5.2: Tanque de almacenamiento de diesel.....	69
Figura 5.3: Chimenea del caldero principal.....	69
Figura 5.4: Tanque de expansión.....	70
Figura 5.5: Bombas de agua.....	71
Figura 5.6: Bomba del tanque de expansión.....	71
Figura 5.7: Bomba para químicos.....	72
Figura 5.8: Sensores de presión.....	72
Figura 5.9: Sensores de temperatura.....	73
Figura 6.0: Caldero piro tubular principal.....	73

Figura 6.1: Placa de datos del caldero principal.....	74
Figura 6.2: Quemador del caldero principal.....	75
Figura 6.3: Tablero de control de encendido de las bombas de agua.....	75
Figura 6.4: Tablero de control de encendido y apagado del quemador.....	76
Figura 6.5: Compresor que abastece al tanque de expansión.....	76
Figura 6.6: Esquema en detalle de un caldero.....	77
Figura 6.7: Esquema en detalle de un quemador.....	78
Figura 6.8: Sensores de presión.....	80
Figura 6.9: Diagrama de carga de aire del tanque de expansión.....	81
Figura 7.0: Diagrama de descarga de aire del tanque de expansión.....	82
Figura 7.1: Esquema de conexión del compresor al tanque de expansión.....	82
Figura 7.2: Indicador de temperaturas.....	85
Figura 7.3: Sensor de nivel del tanque de expansión.....	88

### **CAPÍTULO 3**

#### **IMPLEMENTACIÓN E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE ALARMAS.**

Figura 7.4: LOGO! 230RC siemens.....	95
Figura 7.5: Conexión recomendada de LOGO 230 RC.....	96
Figura 7.6: Ejemplo de una combinación de varios módulos.....	99
Figura 7.7: LOGO! Basic, 4 módulos digitales y 4 módulos analógicos.....	99
Figura 7.8: Técnica de conexión a 2 hilos.....	101
Figura 7.9: Técnica de conexión a 3 hilos.....	102

Figura 8.0: Diagrama de conexión de un Logo! AM 2.....	102
Figura 8.1: Partes y dimensiones de una AM PT100.....	103
Figura 8.2: Partes y dimensiones de un modulo de expansión de 4 entradas y 4 salidas digitales.....	104
Figura 8.3: Pantalla externa LOGO! TD.....	105
Figura 8.4: Puerto de conexión para una pantalla externa del PLC LOGO!.....	106
Figura 8.5: Diagrama de un sensor RTD PT100.....	107
Figura 8.6: PT100 implementado en la chimenea del caldero principal.....	108
Figura 8.7: PT100 implementado en la entrada y salida del caldero principal.....	108
Figura 8.8: Diagrama en detalle del diseño de la PT100 implementada en el sistema de control de alarmas.....	109
Figura 8.9: Diagrama de las características de la PT100 implementada en el sistema de control de alarmas.....	109
Figura 9.0: Conexión de una PT100 al LOGO! 230 RC.....	110
Figura 9.1: Diagrama de la temperatura vs el valor en ohmios de la PT100.....	111
Figura 9.2: Conexión a 3 hilos de una PT100.....	112
Figura 9.3: Diagrama de conexión de una PT100 en un circuito de 3 hilos.....	113
Figura 9.4: Forma de distribución del tablero de control a implementar.....	114
Figura 9.5: Tablero que abastece de energía al tablero de control de alarmas...	115
Figura 9.6: Protecciones instaladas en el tablero.....	115

Figura 9.7: Fuente de alimentación de 24V CC, 5A CC.....	116
Figura 9.8: LOGO! 230 RC y los módulos de expansión instalados.....	116
Figura 9.9: Puesta a tierra de los elementos instalados en el tablero.....	117
Figura 10.0: Borneras instaladas para las entradas y salidas del sistema.....	117
Figura 10.1: Conductor utilizado para la instalación de los sensores analógicos.....	118
Figura 10.2: Cajas de revisión y conexión de los elementos sensores.....	119
Figura 10.3: Canaletas instaladas en las inmediaciones del caldero.....	119
Figura 10.4: Codificación del cableado.....	120
Figura 10.5: Vista exterior del tablero instalado.....	120
Figura 10.6: Vista por dentro del tablero instalado e implementado.....	121

## **CAPÍTULO 4.**

### **PROGRAMACIÓN DEL PLC Y SOFTWARE DE VISUALIZACIÓN.**

Figura 10.7: Icono instalador del software Logo Soft Comfort.....	123
Figura 10.8: pantalla que indica que el sistema se está preparando.....	124
Figura 10.9: Pantalla para escoger el idioma.....	124
Figura 11.0: Parámetros para continuar la instalación del software.....	125
Figura 11.1: Selección de directorio para almacenar el programa.....	126
Figura 11.2: Selección del acceso directo.....	126
Figura 11.3: Pantalla que indica que el software se está cargando.....	127



Figura 11.4: Icono para acceso directo al programa.....	127
Figura 11.5: Ventana para inicio de programación.....	128
Figura 11.6: Ventana de interface.....	129
Figura 11.7: Barra de menú.....	130
Figura 11.8: Barra de herramientas estándar.....	130
Figura 11.9: Ventana de información.....	131
Figura 12.0: Barra de estado.....	132
Figura 12.1: Barra de herramientas.....	132
Figura 12.2: Icono de selección.....	133
Figura 12.3: Icono de conexión.....	133
Figura 12.4: Icono de constantes y bornes de conexión.....	134
Figura 12.5: Herramientas de los botones constantes y bornes de conexión.....	134
Figura 12.6: Icono de funciones básicas.....	137
Figura 12.7: Funciones básicas y barra de herramientas.....	138
Figura 12.8: Cronograma de la función AND con evaluación de flancos.....	139
Figura 12.9: Cronograma de la función NAND con evaluación de flancos.....	140
Figura 13.0: Icono de funciones especiales.....	142
Figura 13.1: Funciones especiales y barra de herramientas.....	142
Figura 13.2: Cronograma del temporizador con retardo a la conexión.....	143
Figura 13.3: Cronograma del temporizador con retardo a la desconexión.....	144
Figura 13.4: Cronograma del temporizador de retardo a la conexión/desconexión.....	145
Figura 13.5: Cronograma del temporizador de retardo a la conexión con memoria.....	145
Figura 13.6: Cronograma de relé de barrido.....	146

Figura 13.7: Cronograma del relé de barrido por flancos.....	147
Figura 13.8: Cronograma del generador de impulsos.....	147
Figura 13.9: Cronograma del generador aleatorio.....	148
Figura 14.0: Cronograma del interruptor de alumbrado para escalera.....	149
Figura 14.1: Cronograma del interruptor bifuncional.....	150
Figura 14.2: Icono de texto.....	153
Figura 14.3: Icono de tijeras/conector.....	153
Figura 14.4: Icono de simulación.....	154
Figura 14.5: Icono prueba online.....	154
Figura 14.6: Barra de simulación.....	156
Figura 14.7: Botones de carga y descarga de programas.....	155
Figura 14.8: Micro que detecta la presencia de agua en la entrada del caldero.	157
Figura 14.9: Instalación del presostato de máxima presión.....	157
Figura 15.0: Presostato máximo de presión.....	158
Figura 15.1: Termostato que está encargado monitorear la temperatura de la salida del caldero.....	159
Figura 15.2: Quemador del caldero.....	159
Figura 15.3: Controlador de temperatura honeywell.....	160
Figura 15.4: Guarda motores térmicos de las bombas de agua.....	160
Figura 15.5: Contactores de las bombas de agua.....	161
Figura 15.6: Electroválvula en serie con la bomba de agua del tanque de expansión.....	161
Figura 15.7: Sensor de nivel del tanque de expansión.....	162
Figura 15.8: Esquema de la programación del encendido de las bombas hecho en LOGO SOFT CONFORT V6.1.....	169

Figura 15.9: Esquema de la programación del control del encendido del caldero hecho en LOGO SOFT CONFORT V6.1.....	170
Figura 16.0. Esquema de la programación del control de nivel de agua en el tanque de expansión hecho en LOGO SOFT CONFORT V6.1.....	170
Figura 16.1. Esquema de la programación de la gestión de carga y descarga de aire en el tanque de expansión hecho en LOGO SOFT CONFORT V6.1.....	171
Figura 16.2. Esquema de la programación de encendido de la bomba de químicos hecho en LOGO SOFT CONFORT V6.1.....	172
Figura 16.3: Esquema de la programación del control de apagado del caldero hecho en LOGO SOFT CONFORT V6.1.....	173
Figura 16.4: Esquema de la programación del control de encendido de la alarma visual y sonora hecha en LOGO SOFT CONFORT V6.1.....	176
Figura 16.5: Programación de la visualización de estado de entradas analógicas en la pantalla LOGO TD hecho en LOGO SOFT CONFORT V6.1.....	177
Figura 16.6: Ventana de parámetros para los valores analógicos de las sondas Pt100 del programa LOGO SOFT CONFORT V6.1.....	178
Figura 16.7: Esquema de la programación de la gestión mensajes de estado y alarma visualizados en la pantalla LOGO TD.....	179
Figura 16.8: Ventana de parámetros para los mensajes de texto que dan aviso en la pantalla LOGO TD, del programa LOGO SOFT CONFORT V6.1.....	180

## **CAPÍTULO 5**

### **PRUEBAS Y ANÁLISIS REQUERIDOS AL SISTEMA.**

Figura 16.9: Conexión de las entradas y salidas al PLC.....	181
Figura 17.0: Alimentación del tablero implementado.....	182
Figura 17.1: Verificación de entradas en el LOGO! 230 RC.....	183
Figura 17.2: Tablero implementado y programado.....	184
Figura 17.3: Comprobación de entradas en el Programa implementado en el PLC.....	186
Figura 17.4: Comprobación de mensajes en la pantalla LOGO TD.....	186
Figura 17.5: Medición del manómetro en el tanque de expansión.....	187
Figura 17.6: Rectificación del programa.....	188

### **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Capacidad del tanque de expansión.....	70
Tabla 2: Datos de placa del caldero principal de grupo superior.....	74
Tabla 3: Parámetros de conexión en las entradas del LOGO 230 RC.....	97
Tabla 4: Módulos de extensión compatibles para los diferentes modelos.....	98
Tabla 5: Otros módulos de ampliación.....	98

## ANEXOS

- Clasificación de las termocuplas establecido por la ANSI, tomando en cuenta la respuesta de voltaje versus temperatura.....Anexo N° 1
- Tabla de comparaciones técnicas de los pirometrometros..... Anexo N° 2
- Esquema del área del equipo instalado en el caldero.....Anexo N° 3
- Partes que constituye el quemador del caldero principal.....Anexo N° 4
- Datos técnicos: LOGO! 230 RC y LOGO! DM8 230R.....Anexo N° 5
- Datos técnicos de la pantalla externa LOGO TD..... Anexo N° 6
- Características técnicas de diseño de un sensor de temperatura PT100.....Anexo N° 7
- Tabla de valores de resistencia según la temperatura en °C para las sondas de resistencia Pt 100 con coeficiente de variación de resistencia 0,00385 según DIN 43.760 (IPTS-68)..... Anexo N° 8
- Planos eléctricos de control y fuerza para la instalación del sistema de control alarmas implementado y automatizado en el caldero principal... .....Anexo N° 9

Listado de las funciones del programa LOGO SOFT para la programación del PLC LOGO 230RC.....Anexo N° 10

Listado de las funciones especiales del programa LOGO Soft para la programación del PLC LOGO 230RC.....Anexo N° 11

Diagrama completo del programa implementado en el PLC LOGO! 230 RC para el control de alarmas del caldero principal.....Anexo N° 12

## **RESUMEN.**

El proyecto “IMPLEMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE ALARMAS EN EL CALDERO PRINCIPAL DE LA EMPRESA “GRUPO SUPERIOR” UBICADA EN LA PARROQUIA DE GUAYLLABAMBA”.

Nace debido a que este caldero, al ser el elemento principal del proceso de producción de pastas, no posee un control eléctrico orientado específicamente a su óptimo funcionamiento y que además tenga la capacidad de evidenciar alarmas en tal caso de que suscitara, al ocurrir esto, el equipo está expuesto a que se produzcan fallos que no sean atendidos a tiempo lo que conllevaría a poner en riesgo la inversión del mismo y peor aún que pudiera presentar algún tipo de peligro de las personas que trabajan cerca.

Para ello se realiza la implementación y automatización a través de un Controlador Lógico Programable (PLC) el mismo que controla de una forma secuencial todo el funcionamiento del caldero, mediante esta poderosa herramienta de automatización se tiene el control de todos los elementos que forman parte del equipo, lo que permite que el sistema se mantenga en los rangos de seguridad de funcionamiento y de abastecimiento, y de esta manera reducir los gastos de mantenimiento correctivos y/o de reparación.

Además de una atractiva y optimizada operación de encendido para facilitar el trabajo al personal que opera el equipo.

En el capítulo uno generalizamos todos los fundamentos teóricos que se necesitan conocer respecto a un caldero y a los tipos de sistemas de control y automatización que se pueden implementar en él.

En el segundo capítulo realizamos un resumen del proceso de secado y pre-secado de las tres líneas de pasta, también explicamos la importancia y finalidad que tiene la producción de agua sobrecalentada, así como también detallamos todos los elementos que intervienen en el procesos que cumple el caldero en su funcionamiento.

En el capítulo tres se detalla cómo se ha realizado la implementación e instalación del sistema de control de alarmas, así como se indica la correcta conexión de los dispositivos instalados.

En el capítulo cuatro una vez realizada la implementación e instalación del sistema de control de alarmas se detalla las condiciones y normas mínimas que deben cumplirse en la programación del PLC y en la ejecución del software como también se presentara los diseños de programación del PLC, software de visualización, etc.

En el capítulo cinco se detalla las pruebas previas y definitivas que se realizaron durante la implementación y automatización del sistema de control de alarmas del caldero principal, así como también se realiza una explicación de los análisis y resultados encontrados, los costos, las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron en la elaboración de este proyecto.



# INTRODUCCION

La necesidad por parte de los operarios y del personal de mantenimiento de la empresa grupo superior ubicada en la parroquia de Guayllabamba de tener un sistema que monitoree y alerte las fallas y problemas existentes en el funcionamiento diario del caldero principal, permitió que futuros profesionales aporten sus conocimientos y su mano de obra para realizar una solución tecnológica a este requerimiento por parte del personal de la empresa.

La necesidad de tener un sistema que monitoree y alerte las fallas y los problemas existentes en el funcionamiento del caldero principal, se debe en gran parte a las pérdidas que se produce al tener que parar el proceso de secado y pre secado de las tres líneas de pasta que se elaboran en la empresa, para poder realizar un chequeo y arreglo de las fallas existentes en la generación de agua sobrecalentada.

Es importante iniciar el presente proyecto con un estudio de los diferentes tipos de calderos que se encuentra en la industria y los sistemas utilizados en la operación de ellos con el fin de establecer las variables y elementos a utilizar.

Conocidas las variables que intervienen en el sistema de control de alarmas, procedemos al diseño de la misma tomando en cuenta los parámetros y características de los elementos a utilizar así como sus respectivas dimensiones, para la instalación e implementación del sistema.

Las ventajas de implementar y automatizar un sistema de control de alarmas son entre otras cosas que se consigue un monitoreo continuo del funcionamiento del caldero, así como de la información detallada de la falla producida durante el proceso de generación de agua sobrecalentada

Una vez realizada la implementación y automatización del sistema se realizan pruebas previas y definitivas, si estas arrojan resultados satisfactorios, se concluye que todas las consideraciones realizadas son correctas.

# CAPÍTULO 1

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

### 1.1. DEFINICIÓN DE UN CALDERO.<sup>1</sup>

El caldero es un dispositivo o bien llamada máquina, que ha sido diseñada principalmente para la producción de agua sobrecalentada y la generación de vapor saturado.

Los calderos son recipientes a presión, por lo que son fabricados con elementos que son capaces de soportar los grandes esfuerzos químicos, mecánicos a los que se expone durante su operación, a diferencia de muchos contenedores de gas y otros envases a presión, en términos generales, la palabra caldero se aplica a todo aparato de presión en donde el calor procedente de cualquier fuente de energía se transforma en energía utilizable, a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor.

Por razones de economía, el calor debe ser generado y suministrado con un mínimo de pérdidas, por estas razones la capacidad de un caldero de vapor se expresa más concretamente en forma de calor transmitido a través de su superficie en BTU/Hora y para unidades pequeñas se utiliza el concepto de caballo de calderas o BHP (Boiler Horse Power), el cual equivale a 33.475 BTU/h, definido por la ASME en el año de 1889.

Donde la caldera se la puede considerar como la máquina que proporciona todas las características técnicas y económicas para la generación de agua sobrecalentada y de vapor.

---

<sup>1</sup> Cuaderno de apuntes de máquinas térmicas, Ing. Marco Bonilla.

Se especifica la calidad del vapor a obtener sabiendo si este es saturado o sobrecalentado, por ejemplo se utiliza vapor saturado con determinada calidad para equipos de hospitales como es cocina, lavandería, aire acondicionado, y el vapor sobrecalentado para la generación eléctrica y la producción de alimentos.

En cambio el agua sobrecalentada se utiliza para fines de producción en la industria junto con disipadores de calor como radiadores para secado de productos elaborados en la industria alimenticia.

Existe en la industria una gran variedad de calderos y estos se pueden clasificar de acuerdo a sus características de operación de carga y de fabricación.

## **1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE CALDEROS.**

En la industria y en el mercado se puede encontrar una gran variedad de generadores de vapor y agua sobrecalentada o bien llamados calderos, entre estas se puede considerar las siguientes.

### **1.2.1. CLASIFICACIÓN DE ACUERDO A LA PRESIÓN DE TRABAJO.**

- Baja presión, desde 0 a 4 bares.
- Media presión, desde 0 a 10 bares.
- Alta presión, desde 10 a 220 bares.
- Supercríticas, más de 220 bares.

### **1.2.2. DE ACUERDO A LA PRODUCCIÓN DE VAPOR.**

- Calderas chicas, producen de 1 a 2 toneladas de vapor saturado por hora.
- Calderas medianas, producen hasta 20 toneladas de vapor por hora.
- Calderas grandes, producen desde 20 a 500 toneladas de vapor por hora.

### **1.2.3. DE ACUERDO A SU GENERACIÓN.**

- De agua caliente.
- De vapor saturado o recalentado.

### **1.2.4. DE ACUERDO A LA CIRCULACIÓN DEL AGUA DENTRO DE LA CALDERA.**

- Circulación natural, mediante la diferencia de densidades entre el agua más fría y la mezcla de agua- vapor (efecto sifón).
- Circulación asistida, mediante bombas de agua.
- Circulación forzada, mediante el paso por intercambiadores de calor y bombas de agua.

### **1.2.5. DE ACUERDO A LA CIRCULACIÓN DEL AGUA Y DE LOS GASES EN LA ZONA DE TUBOS.**

- Piro-tubulares o de tubos de humo.
- Acuotubulares o de tubos de agua.

### **1.2.6. ESPECIALES.**

- Eléctricos.

De esta clasificación se pueden apreciar 3 tipos que por sus características técnicas y de funcionamiento son las más utilizadas en la industria.

### 1.3. CALDEROS PIROTUBULARES.<sup>2</sup>

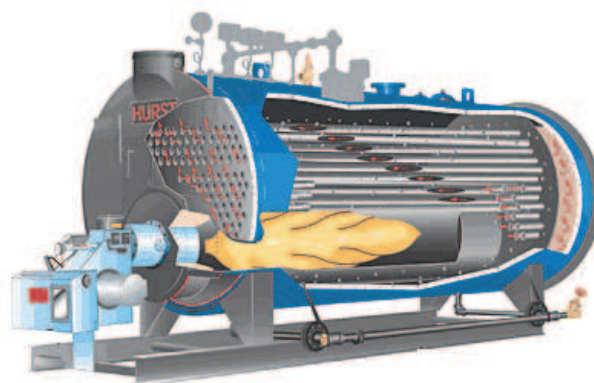


Figura 1.1. Caldero pirotubular.

Fuente: [www.thermalaustral.com](http://www.thermalaustral.com)

La caldera pirotubular (ver figura 1.1. ) o también denominada de tubos de humo, se caracteriza debido a que los humos o gases calientes procedentes de la combustión circulan por dentro de los tubos, y el agua baña a éstos por fuera, este tipo de calderos presenta las siguientes características.

Se fabrican en capacidades que van desde 1 BHP hasta más de 900 BHP, en unidades estandarizadas de 5, 20, 40, 100, 200 y mas BHP.

Son de bajo costo ya que su fabricación es muy sencilla y se utilizan para quemar combustibles gaseosos, líquidos y sólidos.

---

<sup>2</sup> <http://es.scribd.com/doc/17302238/CALDERAS-Pirotubulares>

### 1.3.1. PARTES DE UN CALDERO PIRO TUBULAR. <sup>3</sup>

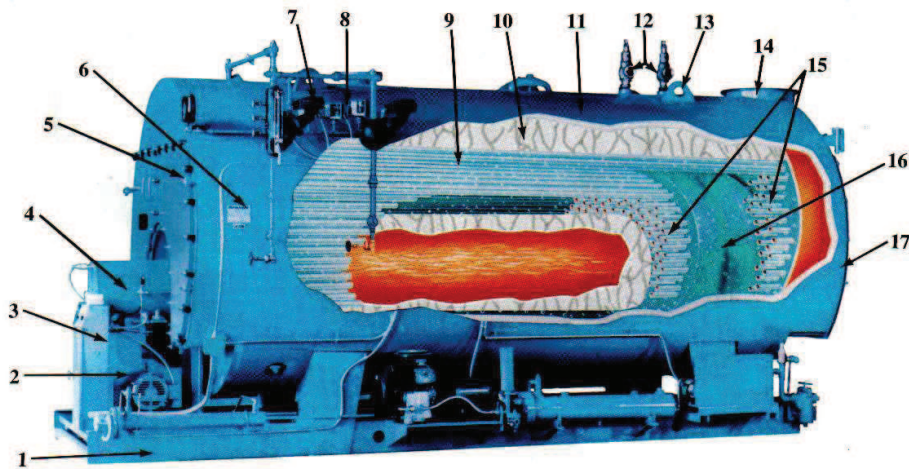


Figura 1.2. Caldera Kewanee.

Fuente: [www.cylex.com.mx/kewanee.html](http://www.cylex.com.mx/kewanee.html).

Los calderos piro tubulares generalmente están constituidos de varios elementos que permiten su función, estos elementos se enumeraron de manera que se les pueda describir de forma ordenada como se aprecia en la figura 1.2.

1. La base de un caldero generalmente está constituido de acero y tiene rodillos que facilita su traslado y ayuda a la distribución equilibrada de peso.
2. El quemador debe ser montado en una pestaña de la base lo cual la hace compacta.

---

<sup>3</sup> [www.cylex.com.mx/kewanee.html](http://www.cylex.com.mx/kewanee.html).

3. Debe poseer un tablero que contenga las borneras en donde se distribuyan las señales de los sensores de campo ubicados en las calderas como las señales de salidas y entradas del PLC y los voltajes de alimentación (110v, 24 v DC).
4. El Quemador de un caldero puede ser de fuel oíl #6 (bunker), diesel, combustible etc.
5. Puerta delantera aislada con bisagras que permiten la inspección y limpieza de manera fácil.
6. Placa de características de un caldero.
7. Los calderos tiene una protección combinada tanto del mando o accionamiento de la bomba por nivel de agua y del corte por bajo nivel de agua, estos sensores evitan que la caldera funcionen sin agua.
8. Sensores disparadores y moduladores de presión que permiten una eficiente utilización del combustible y la operación segura de una caldera.
9. Tubos que componen el paquete multitubular en el interior la caldera son de acero de 2 pulgadas.
10. Interior de un caldero donde se tiene una amplia área que asegura la calidad de vapor seco.
11. Los calderos son construidos con 22 chaquetas de acero a la medida con el aislamiento de fibra mineral para aumentar la eficacia del combustible.
12. Válvulas de seguridad de vapor o válvulas de alivio de agua.
13. Dos agarraderas de acero que permiten el fácil levantamiento de la caldera y posterior instalación.



14. Los humos residuales que queda se dirige hacia la parte de atrás para su fácil evacuación por medio de una compuerta rectangular que los llevan hacia la chimenea.
15. Los calderos son de tres pasos en cada una existen paquetes de tubos y cada paso está separado por láminas para evitar tensiones peligrosas.
16. El agua debe alojarse en la parte trasera de la caldera esto permite el mayor intercambio de calor aumentando la eficiencia de la misma.
17. Tiene una puerta trasera totalmente refractaria.

#### 1.4. CALDEROS ACUOTUBULARES.<sup>4</sup>

En las calderas acuotubulares (ver figura 1.3.), el agua circula por dentro de los tubos, bañados exteriormente por los gases, logrando con un menor diámetro y dimensiones totales una presión de trabajo mayor.

La combustión se da en la cámara destinada a dicha función y esta es atravesada por los tubos de agua, que se calientan y hace que el líquido cambie a estado gaseoso.

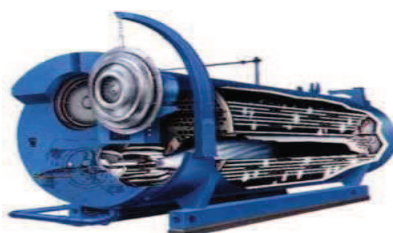


Figura 1.3. Caldero acuotubular.

Fuente: [www.ace-peru.com](http://www.ace-peru.com).

---

<sup>4</sup> <http://esscribd.com/doc/18227112/Caldera-Acuatubular>.

Por este motivo los calderos acuotubulares utilizan tubos longitudinales, para aumentar la superficie de calefacción y se colocan de forma inclinada, para que el vapor desaloje por la parte superior mientras se fuerza naturalmente la entrada de agua por la parte inferior.

Este tipo de calderos se utilizan principalmente, cuando se requiera vapor saturado a altas presiones y al ser capaz de generar muy diferentes potencias, así como también es ideal para los sistemas de transmisión de calor.

Se caracterizaban además por sus dimensiones totales reducidas y por ser construidas ahora para uso con combustibles ecológicos, gas o diesel.

### **1.5. CALDEROS ELÉCTRICOS.<sup>5</sup>**

Los calderos eléctricos (ver figura 1.4.), son usados para generar vapor en varios procesos de diferentes industrias, como en lavanderías, fábricas procesadoras de alimentos y hospitales.

Sin embargo son más caros que los calderos que funcionan con gas o combustible.

Estos calderos convierten la energía eléctrica en energía térmica con casi 100% de eficiencia pero esta eficiencia térmica es variable, depende de la eficiencia con la cual la electricidad es generada.

---

<sup>5</sup> <http://www.pirobloc.com>



Figura 1.4. Caldero eléctrico.

Fuente: <http://www.pirobloc.com>.

Este tipo de caldero presenta ciertas ventajas respecto a los tradicionales calderos de combustibles, por las siguientes razones:

- Eliminación de manejo, distribución y almacenamiento de combustible.
- Eliminación de ventiladores, cajas de humo y chimeneas.
- Eliminación de manejo de cenizas.
- Reducción del área de trabajo ocupada.
- Eliminación de líneas de tubería largas.

El caldero eléctrico produce vapor rápidamente y puede igualmente desconectarse inmediatamente.

El electrodo del generador de vapor está rodeado de un cilindro de agua que actúa como el medio conductor para el paso de la corriente eléctrica.

La resistencia del agua, con su contenido de precipitados, determina el grado de liberación de calor, para esto el agua debe ser tratada primero y eliminar los precipitados (impurezas) que contiene, para después agregarle sustancias conductivas.

Para obtener una cantidad nominal reducida de vapor, se puede obtener un caldero de vapor eléctrico pequeño, estas unidades operan con tensiones que fluctúan entre 220 y 600 voltios y tienen capacidades que varían entre 26,3 kg/h hasta 626 kg/h de vapor, consumiendo de 20 a 400 amperios y se construyen para presiones hasta 35 bares y temperatura de operación de no más de 243 °C.

### 1.5.1. PARTES DE UN CALDERO ELÉCTRICO.

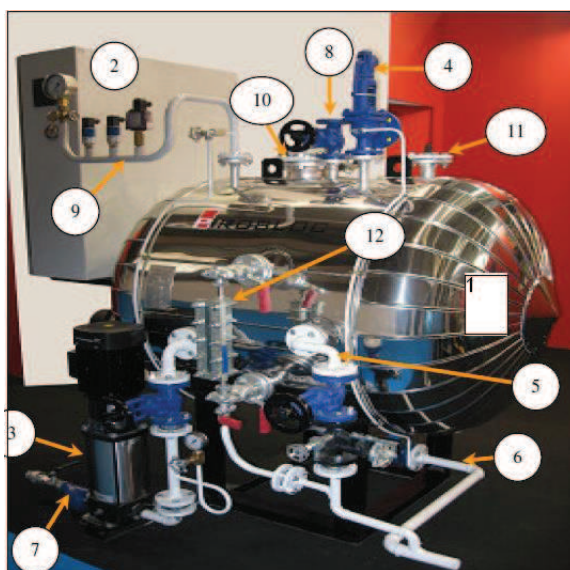


Figura 1.5. Partes de un caldero eléctrico.

Fuente: <http://www.pirobloc.com>.

Los calderos eléctricos generalmente están constituidos de varios elementos que permiten su función, estos elementos se enumeraron de manera que se les pueda describir de forma ordenada, esto se presenta a continuación y se aprecia en la figura 1.5.

1. Resistencia eléctrica.
2. Tablero eléctrico.
3. Bomba de alimentación.

4. Válvula de seguridad.
5. Purga de sales.
6. Purga de lodos.
7. Filtro.
8. Salida de vapor.
9. Presostato y manómetro.
10. Nivel de trabajo.
11. Nivel de seguridad.
12. Nivel visual.

## **1.6. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y COMBUSTIBLE.**

Se debe tomar en cuenta de forma especial y por separado los sistemas de

- sistema de agua
- sistema de combustible

El sistema de agua, que abastecen de agua y es la variable a manipular por parte de un caldero, debido a que el agua al pasar por un proceso dentro y fuera de el caldero, se puede transformar en vapor saturado o sobrecalentado y en otras aplicaciones para la industria como agua sobrecalentada.

El sistema de combustible, es el que permite la combustión en el hogar del caldero por medio del quemador, es muy importante para el proceso de generación de vapor y de agua sobrecalentada.

Estos sistemas tanto del agua como el de combustible requieren un tratamiento especial antes de ingresar a la caldera, esto se realiza con el fin de aumentar la eficiencia y alargar la vida útil de la misma.

### **1.6.1. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CALDERAS.**

El agua que abátese a los calderos arrastra, materias sólidas en suspensión, como arena, arcilla, etc., así como impurezas diluidas como es el caso de sales y minerales que por la acción del calor, se precipitan.

Y son perjudiciales, ya que estas sales producen las denominadas incrustaciones, en el interior de la caldera o en las mismas tuberías y las corroen disminuyendo su vida útil.

Debido a esto se debe hacer un tratamiento del agua antes que ingrese a la caldera, cabe destacar que no existe ningún procedimiento simple y tampoco existe ningún producto químico apropiado para el tratamiento de todas las clases de aguas.

Cada caso se debe considerar individualmente, los tratamientos más conocidos son los siguientes:

- Filtrado.
- Separación de lodos.
- Calentamiento, vaporización o Destilación.
- Des aireación.
- Tratamiento con cal apagada.
- Tratamiento con carbonato sódico.
- Tratamiento con hidróxidos cálcico, con fosfato trisó dicó y coagulantes.

El sistema de abastecimiento de agua hacia la caldera se la realiza de algunas maneras como puede ser por:

- Por diferencia de densidades del agua caliente y fría.
- por un circuito de abastecimiento abierto.
- por Bombas de agua impulsoras.

## **1.6.2. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE.**

El sistema de abastecimiento de combustible es vital en el proceso de generación de vapor y de agua sobrecalentada, las calderas pueden utilizar diferentes tipos de combustibles como los siguientes:

### **1.6.2.1. Combustibles sólidos.**

Estos pueden ser productos de madera, carbones fósiles, antracita, hulla, lignito, turba, residuos orgánicos, carbón vegetal o leña.

Su alimentación hacia la caldera puede ser manual o mediante bandas transportadoras.

### **1.6.2.2. Combustibles líquidos.**

Los combustibles líquidos presentan, en general mejores condiciones que los sólidos para entrar en combustión estas sustancias e hidrocarburos se las puede obtener por muchos métodos.

Uno de ellos es la destilación, ya sea del petróleo crudo o de la hulla a continuación se presenta una lista de algunos combustibles líquidos:

- Nafta.
- Kerosén.
- Diesel-oíl.
- Fuel-oíl.
- Alquitrán de hulla.
- Alquitrán de lignito.

### **1.6.2.3. Combustibles gaseosos.**

Los combustibles gaseosos son los que tienen una mejor condición y producen una más rápida combustión, estos pueden ser algunos tipos de combustibles:

- gaseosos.
- gas natural.
- gas de alumbrado.
- acetileno.
- gas de agua.
- gas de aire.



## 1.7. EL QUEMADOR.

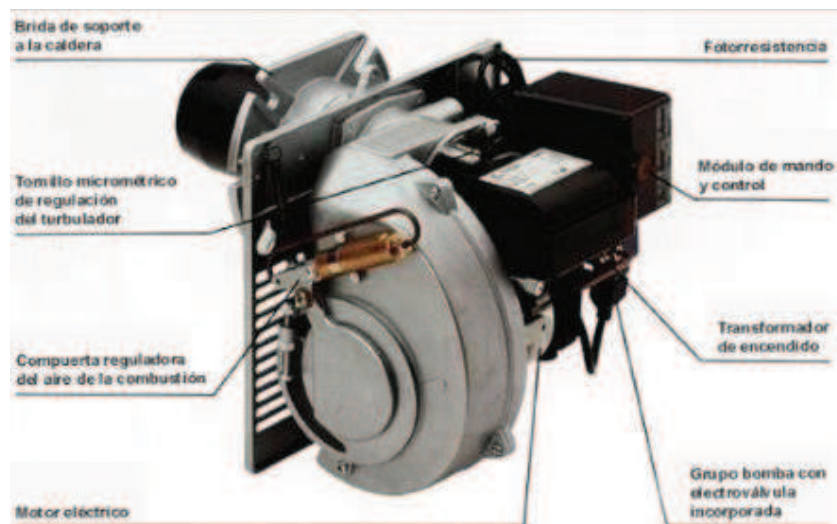


Figura 1.6. Quemador de un caldero.

Fuente: propia.

El quemador de un caldero (ver figura 1.6.), posee en su interior uno o dos dispersores o inyectores de combustible que generan dos llamas, aumentando así la capacidad de calentamiento del caldero, también tiene una bomba de distribución interna, esta presenta una tubería que viene del tanque de almacenamiento de diesel, la misma que aumenta la presión en la línea dispersando adecuadamente el combustible.

Una compuerta regula la cantidad de aire que el quemador envía hacia el hogar del caldero para generar la llama, donde se debe tomar en consideración que un deficiente ingreso de aire, genera un humo negro como consecuencia de la combustión y exige mayor cantidad de combustible y un excesivo ingreso de aire genera humo blanco y exige menor flujo de combustible, deteriorando la bomba y emitiendo gases dañinos para el medio ambiente

## **1.8. CAUSAS DE ALARMA EN UN SISTEMA DE CONDENSACIÓN Y DE AGUA SOBRECALENTADA.<sup>6</sup>**

En un sistema de condensación y de agua sobrecalentada, existen un sin número de riesgos que se presentan al momento de su funcionamiento, estos riesgos pueden ser de magnitudes catastróficas si no son corregidos a tiempo causando peligro a la integridad de los que se encuentran alrededor o representando una pérdida para la inversión implementada en el sistema, estos riesgos se pueden evitar teniendo en cuenta algunos aspectos en la operación del caldero como son:

### **1.8.1. AUMENTO SÚBITO DE LA PRESIÓN.**

Esto sucede generalmente cuando se disminuye el consumo de vapor o de agua sobrecalentada, o cuando se descuida el operador y hay exceso de combustible en el hogar o cámara de combustión.

### **1.8.2. DESCENSO RÁPIDO DE LA PRESIÓN.**

Se debe a un descuido del operador en la alimentación del fuego, o debido a que el control del quemador tiene alguna falla que no se detecto a tiempo.

### **1.8.3. DESCENSO EXCESIVO DEL NIVEL DE AGUA.**

Es la falla más grave que se puede presentar, si este nivel no ha descendido más allá del límite permitido y visible.

---

<sup>6</sup> <http://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/800/3/CAPITULO%202.pdf>

Bastará con alimentar rápidamente, pero si el nivel ha bajado demasiado y no es visible, en el tubo de nivel, deberá considerarse seca la caldera y proceder a quitar el fuego, cerrar el consumo de agua sobrecalentada o de vapor y dejarla enfriar lentamente.

Antes de encenderla nuevamente, se deberá inspeccionarla en forma completa y detenida.

#### **1.8.4. EXPLOSIONES.**

Las explosiones de las calderas son desastres de gravedad extrema, que casi siempre ocasionan la muerte a cierto número de personas.

La caldera se rasga, se hace pedazos, para dar salida a una masa de agua y vapor, los fragmentos de la caldera son arrojados a grandes distancias.

Estos accidentes desgraciadamente frecuentes, han sido atribuidos durante mucho tiempo a causas excepcionales y consideradas como caso de fuerza mayor.

El estudio de las causas de las explosiones ha permitido determinar que estas se deben a algunos factores como son:

##### **1.8.4.1. Causas de Explosiones en calderos.**

- **Falla de los accesorios de seguridad:** Debido a que la válvula de seguridad que no habrán oportunamente o no son capaces de evacuar todo vapor que la caldera produce.

- **Negligencia:** Esto es debido a un descuido o un total desconocimiento al manipular los controles de la caldera por parte del operador.
- **Mezcla explosiva:** Debido a que se encuentra gases peligrosos en los conductos de humo.
- **Falta de agua en las calderas:** Son las más frecuentes debido a la ausencia de un control y revisión permanente de el abastecimiento de el agua y su continuidad en el proceso.
- **Construcción defectuosa del caldero:** Estas causas son frecuentes debido al precio que tienen estos equipos muchas industrias optan por adquirir equipos que han sido fabricados artesanalmente sin ningún control de calidad y sin basarse en ninguna norma de fabricación.
- **Incrustaciones:** estas pueden ser masivas o desprendimiento de planchones.

Cuando el nivel de agua baja, deja al descubierto las planchas, que han estado en contacto con el calor de la combustión se recalientan a temperaturas muy elevadas, causando que pierdan gran parte de su resistencia, el vapor se produce en menor cantidad por la disminución de la superficie de calefacción.

Las incrustaciones actúan como aislante dejando las planchas de la caldera sometidas a calor y sin contacto con el agua, de esta manera se van recalentando y perdiendo su resistencia hasta que no son capaces de resistir la presión y se produce la explosión.

### **1.8.5. FALLAS QUE SE DEBEN CONSIDERAR EN LA OPERACIÓN DE LA CALDERA.**

En la operación del caldero existen muchos elementos que intervienen para que este pueda tener un funcionamiento normal tanto en el arranque, en el proceso normal de trabajo y en su apagado se debe tomar en cuenta todos estos elementos así como su rendimiento debido a que al existir un caldero, siempre hay las posibilidades de fallas, aquí se exponen algunas que son muy comunes en la operación de calderos:

#### **1.8.5.1. Fallas en el arranque.**

Causado por que el quemador y el ventilador no arrancan debido a que Hay enclavamiento eléctrico.

Las posibles causas pueden ser, el bajo nivel de agua, falla del sistema de energía eléctrica, interruptor manual defectuoso en posición off, control de operación o controles de carácter limite defectuosos o des calibrados, voltajes demasiado altos o bajos, control principal de combustión apagado o defectuoso, fusibles defectuosos en el gabinete de la caldera, térmicos del motor del ventilador o del motor del compresor que saltan, contactos o arrancadores eléctricos defectuosos, motores del compresor y/o ventilador defectuosos, mecanismos de modulación de fuego alto y bajo no se encuentran en la posición adecuado de bajo fuego y fallo en el fluido eléctrico.

### 1.8.5.2. fallas en el encendido.

Esto suele ocurrir cuando el Ventilador y Quemador arrancan pero no hay llama principal, esto causado por:

- **No hay ignición:** Posible causa por falla de chispa, hay chispa pero no hay llama piloto, válvula solenoide a gas Defectuosa, interruptor bajo fuego abierto.
- **Hay llama piloto, pero no hay llama principal:** Posibles causas por llama piloto inadecuada, falla en el sistema de detección de llama, falla en el suministro principal de combustible, programador ineficaz.
- **Hay llama de bajo fuego, pero no de alto fuego:** Posibles causas debido a la baja temperatura de combustible, presión inadecuadas de la bomba, motor modutrol deficiente, Articulación suelta o pegada.
- **Falla de llama principal durante el arranque:** Posibles causas debido al Ajuste defectuoso de aire combustible, control de combustión o programador defectuoso.
- **Falla de llama durante la operación:** Posibles causas por combustible pobre e inadecuado, foto celda deficiente, circuito limite abierto, interruptor automático no funciona correctamente, motores ocasionan sobrecargas, control de combustión o programador defectuosos, calibración de quemador incorrecta, dispositivos de interconexión defectuosos o ineficaces, condiciones de bajo nivel de agua, falla en el suministro de energía eléctrica, proporción aire combustible.

### 1.8.6. FALLAS EN LOS MATERIALES.<sup>7</sup>

Proceso de acción erosiva ejercida sobre la superficie interna de la caldera por la acción mecánica de materiales sólidos, abrasivos, transportados por el agua o los gases en circulación, la corrosión también se presenta por oxidación, como se ve en la figura 1.7.



Figura.1.7. Corrosión de un caldero.

Fuente: [www.migraciones1.wordpress.com](http://www.migraciones1.wordpress.com).

#### 1.8.6.1. Corrosión en calderos.

Existen muchas causas que provocan que un caldero este expuesto a corrosiones como son:

- **Por Sobre calentamiento:** Cuando los materiales de fabricación de la caldera son expuestos a altas temperaturas se presentan fallas de diferentes tipos dependiendo de las causas que la generan.

---

<sup>7</sup> <http://migraciones1.wordpress.com/category/calderas/>

- **Soldadura y construcción:** El conjunto de partes soldadas no debe ser poroso ni tener inclusiones no metálicas significativas, debe formar contornos superficiales que fluyan suavemente con la sección que se está uniendo y no tener esfuerzos residuales significativos por el proceso de soldadura.
- **Implosión y explosión:** Las explosiones en calderas suelen ocurrir cuando la presión a la que está operando la caldera supera la presión para la cual fue diseñada.

Generalmente esto ocurre cuando algunos de los sistemas de alarma o control están des calibrados, dañados o no funcionan.

Las implosiones en calderas ocurren generalmente cuando el flujo de agua de entrada para producir vapor no ingresa al equipo, ocasionando un sobrecalentamiento excesivo y el colapso del material.

#### **1.8.7. MEDIDAS DE PREVENCIÓN PROCEDIMIENTO DE TRABAJO SEGURO EN LA MANIPULACIÓN Y OPERACIÓN DE CALDERAS.**

Los operadores deberán tener una observación permanente del funcionamiento de la caldera, para ello deberán ubicarse en tal posición de no perder de vista los controles y elementos de observación, tales como el nivel del agua y manómetro, también deberán ser controlados permanentemente los siguientes elementos:

- **Revisar el funcionamiento del quemador:** Se debe tomar las precauciones debidas y estar atentos a cualquier anomalía.



- **Observar la presión:** Se debe revisar la medida indicada en los manómetros de entrada y salida del caldero, teniendo presente que en ningún momento debe sobrepasar la presión máxima de traba
- **Chequeo:** Se debe realizar comprobando la temperatura de los gases de combustión, así como también la temperatura del agua de alimentación.
- **Dosificar de productos químicos:** Estas pueden ser anticrustante, neutralizante y secuestrador de oxígeno.

Se debe tomar en cuenta que la percepción humana calificada es muy aguda al momento de determinar un riesgo existente pero también las equivocaciones pueden ser exageradas ocasionando el paro excesivo del caldero.

Y tomando en cuenta que se ha invertido para que este opere continuamente y tiene sistemas de controles para procesos determinados que intervienen en el funcionamiento del caldero se debe considerar optar por la automatización de un sistema que permita el control de los posibles riesgos dando información y alarma a la existencia de uno.

## 1.9. TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL.

Los criterios que pueden seguirse para clasificar los sistemas de Control pueden ser:

- Tomando en cuenta la dependencia del control respecto a la variable de salida si esta interviene o no en la acción de control (lazo abierto o lazo cerrado).
- También considerando las tecnologías disponibles en la actualidad. (Mecánicos, neumáticos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos).

- Considerando el tipo y el procesamiento de la señal (analógicos y digitales); este según la forma de establecer la relación entre los elementos del sistema.

### 1.9.1. SISTEMA FÍSICO PARA EL CONTROL.<sup>8</sup>

Para que un sistema de control funcione correctamente, se debe considerar los componentes del sistema físico de forma paramétrica, siendo estas las variables regulables y funcionales del sistema de control, ver la figura 1.8.

Estas variables pueden usar valores discretos como un sistema de control ON/OFF o también llamado ENCENDIDO/APAGADO, 0/1 y también se pueden usar rangos de valores discretos o continuos.

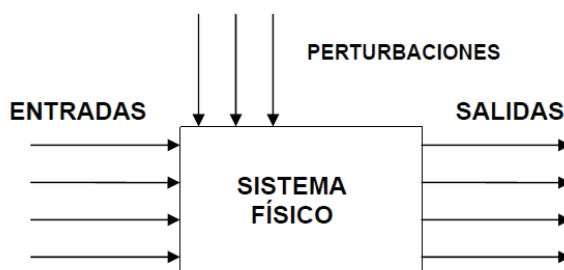


Figura.1.8. Sistema Físico para el Control.

Fuente: Autómatas Programables. Álvaro Aguinaga Barragán Ph.D, página 2

---

<sup>8</sup> Autómatas Programables. Álvaro Aguinaga Barragán Ph.D, página 2

- **Salidas:** Son los parámetros de variables cuantificables y estos se constituyen los ejecutores del sistema.
- **Entradas:** Son los parámetros a controlar sobre los que se puede manipular directamente.
- **Perturbaciones:** Son causadas habitualmente por el medio ambiente en el que se emplea el sistema y es muy difícil evitarlos se debe considerar perturbaciones solamente cuando estos afectan significativamente en el funcionamiento de un sistema.

### 1.9.2. VARIABLES DEL SISTEMA DE CONTROL.

- **Señal de consigna:** Es la señal que se quiere calibrar para obtener el valor deseado a la salida del sistema, esta señal viene desde el dispositivo transductor que proporciona una relación de 0-100%, con 0% totalmente cerrado y con un 100% totalmente abierto el elemento actuador.
- **Señal controlada:** La salida controlada es la variable de salida del proceso, bajo el mando del sistema de control con retroalimentación.
- **Señal activa:** Se denomina así a la señal de error o de activación, que es la diferencia entre la señal de consigna y la señal realimentada.
- **Señal de respuesta o variable manipulada:** Es la señal de salida de los actuadores, aplicada como entrada en la planta.
- **Señal de respuesta de posición de válvula:** La señal de respuesta sale desde el operador, proporcionando la posición deseada para el accionamiento de la válvula con el actuador, con un rango de 0-100% para manipular la válvula.

### 1.9.3. SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO ABIERTO Y EN LAZO CERRADO.<sup>9</sup>

Una vez conocido el concepto de sistema y sus características, se puede decir que existen dos tipos generales de procesos en los que se puede llevar a cabo el control, estos se caracterizan por que la información de proceso sea o no realimentada al controlador para iniciar la acción correctora adecuada.

#### 1.9.3.1. Sistemas en lazo abierto

Un sistema de control de lazo abierto es un sistema simple, que no realimenta la información del proceso al controlador, este tipo de control se presenta pocas veces en los procesos industriales, se tiene como ejemplo, las válvulas automáticas actuadas manualmente o las válvulas motorizadas mandadas a distancia pero sin realimentación al sistema de control debido a que la posición de estas válvulas la fija el operador.

Para explicar lo expuesto tomamos como ejemplo la figura 1.9 que explica un sistema a controlar (B), se emplea un controlador (A), dotado con un valor referencial  $x(t)$ , el cual genera un valor de entrada  $y(t)$ , con el cual se generará una salida  $z(t)$ . Este control estima que los valores de  $z(t)$  serán los esperados, dada la actuación sobre la entrada  $y(t)$ , sin embargo, no se tiene la posibilidad de comprobar esta acción, debido a que todos son dependientes del tiempo.

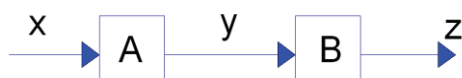


Figura.1.9. Sistema de control en lazo abierto.

Fuente. Propia.

---

<sup>9</sup> Control Avanzado de Procesos, José Acedo Sánchez, página 158.

### 1.9.3.2. Sistemas en Lazo Cerrado

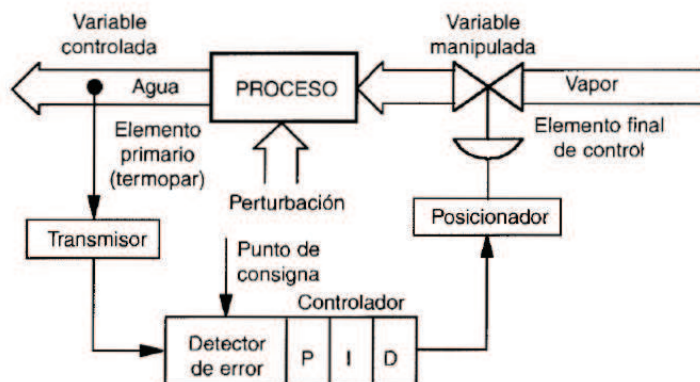


Figura. 2.0. Sistema de control en lazo cerrado.

Fuente: Control Avanzado de Procesos, José Acedo Sánchez, página 158.

Un sistema de control de lazo cerrado, (como se ve en la figura 2.0) la información de la variable controlada de proceso se capta por medio de un sistema de medición adecuado y se utiliza como entrada al controlador.

Un dispositivo detector de error compara esta señal de entrada con otra de referencia que representa la condición deseada, y cualquier diferencia hace que el controlador genere una señal de salida para corregir el error.

La señal de salida del controlador se aplica al elemento final de control, el cual manipula una entrada al proceso en la dirección adecuada para que la variable controlada retorne a la condición deseada.

Este circuito cerrado proporciona un esfuerzo continuo para mantener la variable controlada en la posición de referencia o punto de consigna

#### 1.9.4. ELEMENTOS COMPONENTES DE UN SISTEMA DE CONTROL.<sup>10</sup>

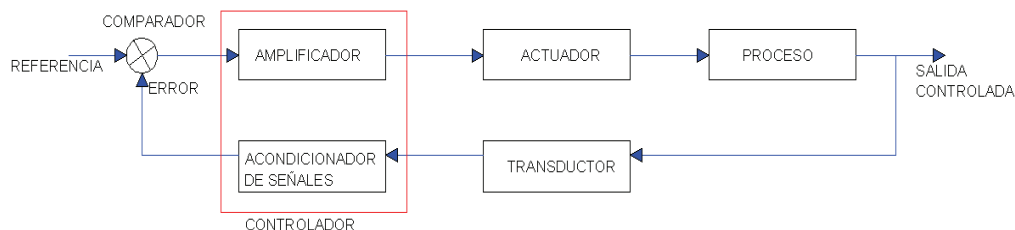


Figura.2.1. Componentes de un sistema de control.

Fuente: Propia.

Tomando como ejemplo un sistema de control común de lazo cerrado, (como se ve en la figura 2.1) tenemos un esquema de bloques, que posee una sola entrada y una sola salida, para un sistema con señales discretas continuas.

Donde las flechas de un lazo cerrado, que conectan un bloque con otro, representan la dirección del flujo de la energía de control o información, que a menudo no es la fuente principal de energía para el sistema.

Los elementos más importantes de un sistema de control son:

- **Proceso:** Es el conjunto de operaciones que secuencialmente suceden y que van a tener un fin determinado. el procesamiento se realiza sobre una planta o una máquina, que son el conjunto de componentes y elementos con un determinado objetivo.
- **Actuador:** Es el componente que se encarga de modificar la variable de entrada del proceso controlado y actuar en función de la señal recibida del amplificador.

---

<sup>10</sup> Control Avanzado de Procesos, José Acedo Sánchez, página 565, 566, 567

- **Amplificador:** Es el dispositivo que proporciona la amplitud o intensidad de una señal con objeto de que alcance un nivel suficiente para excitar el actuador.
- **Comparador:** Es el dispositivo que realiza una relación de la señal controlada con la señal de referencia para compararla y proporcionar la señal de error o de excitación al actuador, que es el resultado de la comparación de la desviación de la salida con respecto a un punto de consigna.

## 1.10. SISTEMA DE CONTROL DE ALARMAS.

En la implementación de un sistema de control de alarmas es útil describir desde de un punto de vista de control, su significado y ser mas específico en puntualizar el proceso que se desea obtener.

Donde un proceso es un bloque que se identifica por que tiene una o más variables de salida de las cuales es importante conocer y mantener sus valores.

Como consecuencia estas variables han de ser controladas actuando sobre otra serie de variables denominadas manipuladas.

Las variables básicas en los procesos industriales son; Caudal, presión, nivel y temperatura, cada variable tiene su propia característica y para poder considerar los flujos de informaciones que transmiten así como desempeño de cada variable del proceso.

Se debe conocer la función que cumple cada uno de los equipos sensores y su participación en el sistema de control de alarmas.

Debido a esto describimos cada uno de los tipos de sensores que intervienen en un sistema de control de alarmas.

### **1.10.1. SENSORES.<sup>11</sup>**

Son elementos transductores de medición de parámetros o de variables de un proceso que transforma una señal física de entrada en una señal diferente de salida, estos elementos pueden ser de varios tipos.

#### **1.10.1.1. Sensores de contacto.**

Son aquellos dispositivos que necesitan realizar la medida mediante el contacto físico con la variable a manipular.

Ejemplos: Sensores de flotador para medir nivel de un líquido en un tanque, termoresistencias como la PT100 para medir temperatura, etc.

#### **1.10.1.2. Sensores de no contacto.**

Son los que necesitan realizar la medición manipulando propiedades y fenómenos físicos de los materiales, son más exactos, pero mucho más vulnerables a interferencias del medio ambiente.

Ejemplos: sensores de nivel ultrasónicos, sensores de temperatura ópticos, etc.

---

<sup>11</sup> <http://es.wikipedia.org.com>.



### **1.10.1.3. Sensores digitales.**

Son aquellos que detectan señales digitales en código binario, y después la codifican o la interpretan en forma de una señal analógica, o también como la lectura de dos estados on/off.

Ejemplo: en medidores de presión los presostatos.

### **1.10.1.4. Sensores analógicos.**

Estos Proporcionan medidas continuas con el tiempo, donde presentan rangos nominales desde (0 a 20mA; 4 a 20mA).

Ejemplos: Sensores de nivel capacitivos, sensores piezoresistivos, etc.

### **1.10.1.5. Sensores mecánicos.**

Son los dispositivos que mediante la traducción de una acción física de la variable a medir la convierten en un comportamiento mecánico, típicamente dinámico o también de calor.

Ejemplos: Barómetro, termómetro de mercurio, etc.

### **1.10.1.6. Sensores electro-mecánicos.**

Estos emplean un elemento mecánico elástico combinado con un transductor eléctrico, ejemplos:

Sensores resistivos, sensores magnéticos, etc

### **1.10.2. SENSORES EN UN SISTEMA DE CONTROL.**

Hoy en día, el desarrollo de la tecnología ha permitido que la industria en si cuenta con una gran variedad de instrumentos en el mercado, los cuales brindan grandes ventajas a la hora de su utilización, ya que no solo ofrecen altas precisiones en la medida, sino que además son muy fáciles de calibrar y mejor aun, pueden ser implementados para la medición de diferentes variables a la vez.

La aplicación y uso de los transmisores en la industria, especialmente durante el control de procesos de varias variables, nos obliga a mencionar algunas de las diversas técnicas utilizadas para la medición de variables, en la práctica.

#### **1.10.2.1. Sensores de temperatura.<sup>12</sup>**

La medida de la temperatura, es una de las mediciones más comunes e importantes efectuadas en los procesos industriales, estableciéndose sus limitaciones según el tipo de aplicación y de precisión, así como la velocidad o tiempo de respuesta deseado donde debido a la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor indicador o controlador.

Se tiene en el mercado una gran variedad de sensores para medir temperatura, algunos de estos la convierten directamente en una señal eléctrica y otros emplean la combinación con un transductor.

---

<sup>12</sup> Cuaderno de apuntes y hojas de prácticas de Instrumentación Industrial, Ing. Fernando Jácome

### 1.10.2.2. Termopar.

El termopar (ver la figura 2.2 ), que puede ser el sensor de temperatura más empleado en la industria debido a sus características, en especial el costo, es un dispositivo que actúa produciendo un voltaje en función de una diferencia de temperatura  $\Delta T$  entre sus extremos.

Mediante la unión de dos metales distintos que producen un voltaje distinto en función de la variación entre uno de los extremos denominados punto caliente o de medida y el otro denominado junta fría o de referencia.

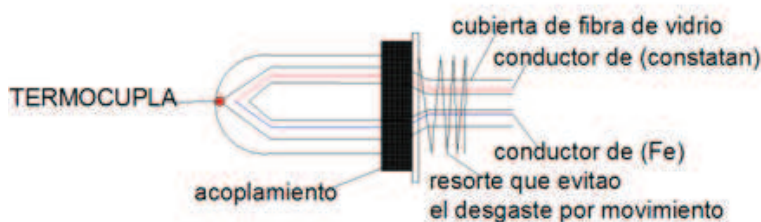


Figura.2.2. Diagrama en detalle de un termo par.

Fuente: Propia.

La junta fría es el extremo del termo par que se conecta como referencia de medición, y la diferencia de potencial entre el punto caliente o junta caliente y la referencia da como resultado un mili-voltaje que cuando se amplifica con un circuito electrónico este aumenta su corriente a mili-amperios, permitiendo usar la señal producto de la diferencia de temperatura, como una medición que permite controlar una variable física como es la temperatura, como se ve en la figura 2.3.

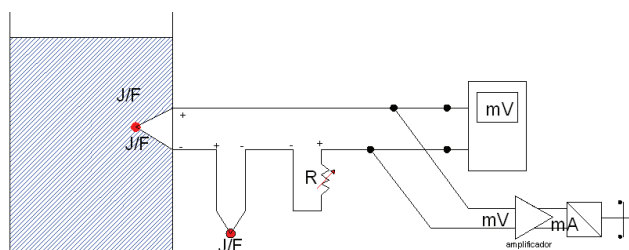


Figura.2.3. Diagrama en detalle del circuito del termopar.

Fuente: Propia.

Si en la referencia variara su temperatura, esta representaría un error en la medición y por ende en la señal que proporciona esto, debido a que la resistencia eléctrica del conductor que utiliza el termopar varía en función de la temperatura.

Debido a esto se ha implementado una resistencia de compensación en serie con la referencia que proporcionara una medición constante dentro de los rangos de tolerancia establecidos en los procesos industriales.

Entonces la ecuación de la diferencia de potencial entre las dos juntas será:

$$V_t = V_{\frac{I}{F}} + V_{\frac{I}{C}} - V_R.$$

Donde:

$V_t =$  Diferencia de potencial.

$V_{\frac{I}{F}} =$  Mili – voltaje en la junta fría o referencia.

$V_{\frac{I}{C}} =$  Mili – voltaje en la junta caliente.

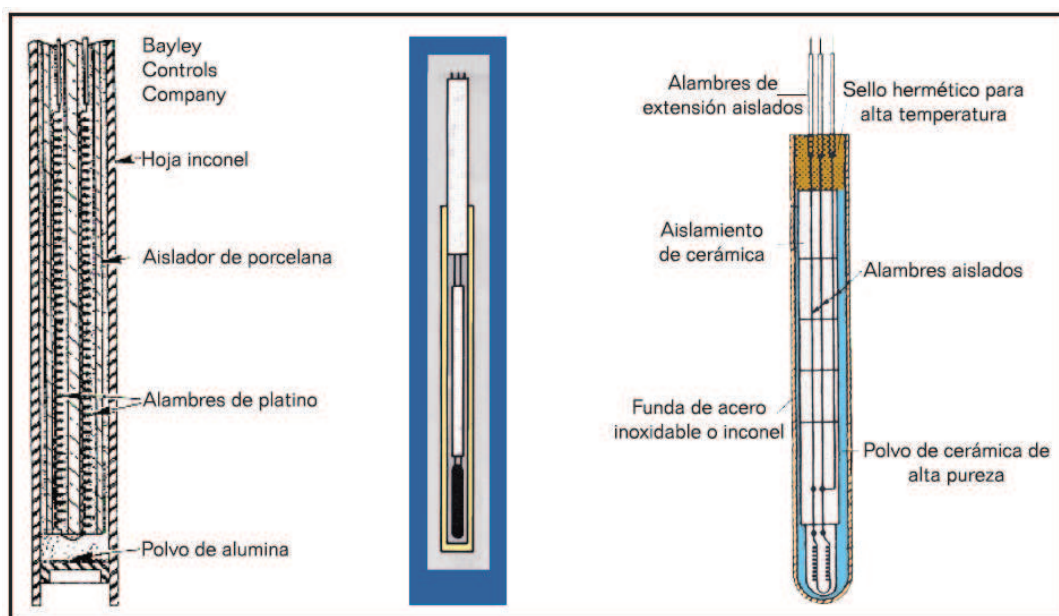
$V_R =$  Voltaje en la resistencia de compensación .

En Instrumentación industrial, los termopares son ampliamente usados como sensores de temperatura, su causa se debe a que son económicos, intercambiables, tienen conectores estándar y son capaces de medir un amplio rango de temperaturas, pero su principal limitación es la exactitud ya que los errores del sistema inferiores a un grado celsius son difíciles de obtener.

Los termopares están disponibles en diferentes modalidades, como sondas, estas últimas son ideales para variadas aplicaciones de medición, por ejemplo; en la investigación médica, sensores de temperatura en el proceso de producción en la industria y en otras ramas de la ciencia, etc.

En el anexo N° 1 se puede apreciar los tipos de termopares.

### 1.10.2.3. Termómetros de resistencia o termo-resistencias (RTD).



*Figura.2.4. Construcción de un RTD típico.*

Fuente: Medición y Control de Procesos Industriales, Gustavo Villalobos O, Raúl Rico R, Fernando Ortiz H, Marcela Montufar N, página. 120

Su funcionamiento está basado en la propiedad que tienen los conductores de variar su resistencia eléctrica en función de la temperatura, esto dependiendo del material, por lo que son fabricados con metales puros o aleaciones específicas, como se ve en la figura 2.4.

Estos dispositivos tienen la ventaja de poder medir temperaturas sin necesidad de compensación, pero una desventaja es su limitación a un rango de temperatura bajo.

El RTD estándar es fabricado de platino al 99,99% de pureza y es bobinado sobre un núcleo de cerámica o de vidrio sellados herméticamente, dentro de las características principales de los RTD's, se tiene que la exactitud de los sensores industriales está entre el  $\pm 0,1\%$  y  $\pm 0,5\%$ .

El estándar define dos tipos de RTD, clase A y clase B que corresponden a la tolerancia de la medición estos sensores son muy exactos, de hecho en el rango de temperatura de  $-259\text{ C}$  hasta  $631\text{ °C}$ , también se caracterizan por su respuesta rápida, buena exactitud y sensibilidad.

Su desventaja es que son caros, requieren de un circuito tipo puente, un suministro de energía y un instrumento para medir el voltaje o corriente de salida para trabajar correctamente.

#### **1.10.2.4. Termistores.**

Los termistores son semiconductores electrónicos, con un coeficiente de temperatura de resistencia negativo de valor elevado, por lo que presentan unas variaciones rápidas y extremadamente grandes para los cambios relativamente pequeños en la temperatura.

Los termistores se fabrican con óxidos de níquel, manganeso, hierro, cobalto, cobre, magnesio, titanio y otros metales, y están encapsulados, como se ve en la figura 2.5.

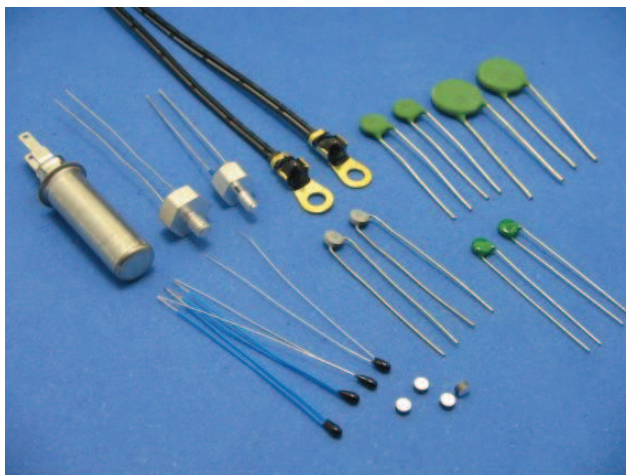


Figura.2.5. Elementos sensores termistores.

Fuente: <http://www.elemon.com.ar>

La relación entre la resistencia del termistor y la temperatura viene dada por la expresión.

$$R_t = R_0 e^{\beta \left( \frac{1}{T_t} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

En la que:

$R_t$  = resistencia en ohmios a la temperatura absoluta  $T_t$ .

$R_0$  = resistencia en ohmios a la temperatura absoluta de referencia  $T_0$ .

$\beta$  = constante dentro de un intervalo moderado de temperaturas.

Hay que señalar que para obtener una buena estabilidad en los termistores es necesario envejecerlos adecuadamente, esto se puede apreciar en la figura 2.6.

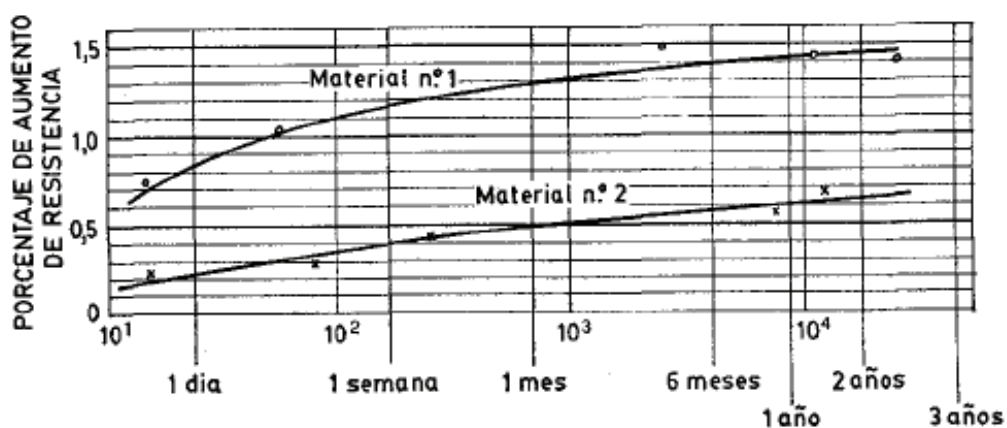


Figura 2.6. Curvas de estabilidad de termistores según el grado de envejecimiento.

Fuente: Instrumentación industrial, Antonio Creus Solé, pagina. 237

En la figura 2.7, se observan las curvas características de dos tipos de materiales de termistores en comparación con la del platino.

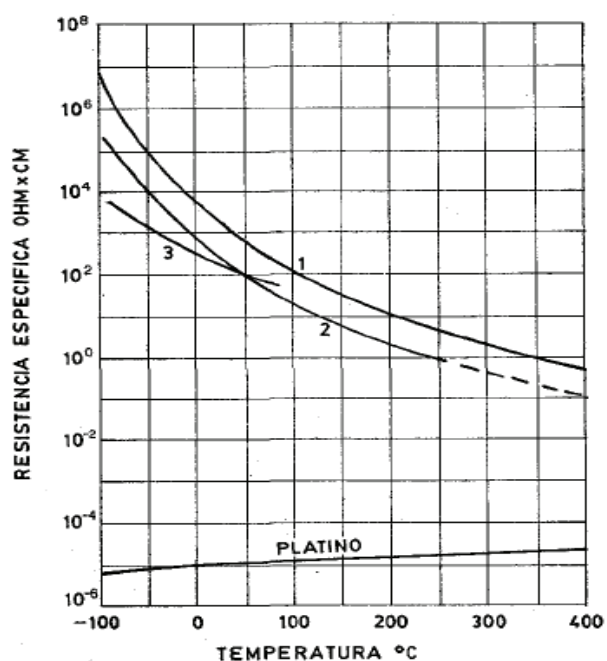


Figura.2.7. Curvas características de termistores.

Fuente: Instrumentación industrial, Antonio Creus Solé, página 236



Los termistores se conectan a puentes de Wheatstone convencionales o a otros circuitos de medida de resistencia.

En intervalos amplios de temperatura, los termistores tienen características no lineales.

Son de pequeño tamaño y su tiempo de respuesta depende de la capacidad térmica y de la masa del termistor variando de 0,5 a 10 segundos.

#### **1.10.2.5. Pirómetro.<sup>13</sup>**

Cuando los valores exceden los puntos de fusión de muchos de los elementos sensores o el proceso simplemente no es accesible.

Se debe tomar en cuenta el uso de los pirómetros, estos son instrumentos llamados a realizar la medición de la temperatura sin contacto con el cuerpo u objeto.

Esto basándose en la característica que tienen todos los cuerpos que al calentarse emiten radiación, conocida como radiación térmica que depende de gran medida de su temperatura, la mayor parte de esta radiación no es visible al ojo humano, a su vez la intensidad de radiación emitida por el cuerpo depende de su forma y composición química.

##### **1.10.2.5.1. Operación del Pirómetro de radiación.**

El sistema óptico del pirómetro de radiación recolecta parte de la radiación proveniente de la superficie caliente del cuerpo y la dirige al detector, el cual convierte en una señal eléctrica, como se aprecia en la figura 2.8.

---

<sup>13</sup> Total Radiation Pyrometers, OILM International Organización of Legal Metrology.

El circuito electrónico en el interior del pirómetro de radiación convierte la señal eléctrica a una correspondiente temperatura de la superficie del cuerpo caliente.



Figura.2.8. Diagrama de la operación del pirómetro.

Fuente: <http://www.slideshare.net/tayrow/pirometros-de-radiacion>.

#### 1.10.2.5.2. Tipos de pirómetros.

Existe en la industria y en especial en el uso científico, algunas opciones de pirómetros entre estos tenemos:

##### 1.10.2.5.2.1. Pirómetros de radiación parcial o pirómetros ópticos.

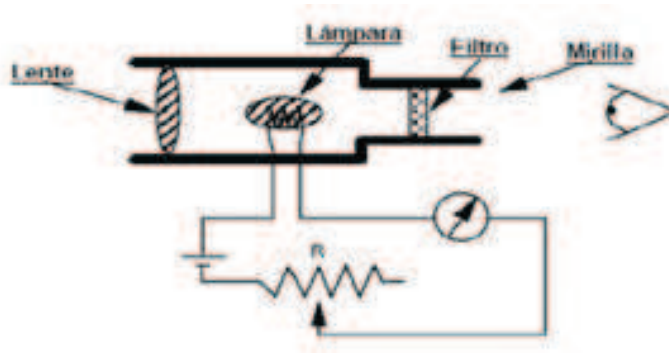


Figura.2.9. Diagrama de operación de un pirómetro óptico.

Fuente: <http://www.slideshare.net/tayrow/pirometros-de-radiacion>.

Son instrumentos que miden la temperatura de un cuerpo en función de la radiación luminosa que el cuerpo que lo emite, como se ve en la figura 2.9.

Se basa en el hecho de comprobar visualmente la luminosidad del cuerpo radiante con el filamento de una lámpara incandescente, donde se varía y se regula la corriente eléctrica de la lámpara hasta que deje de ser apreciable a la vista humana, como se aprecia en la figura 3.0.

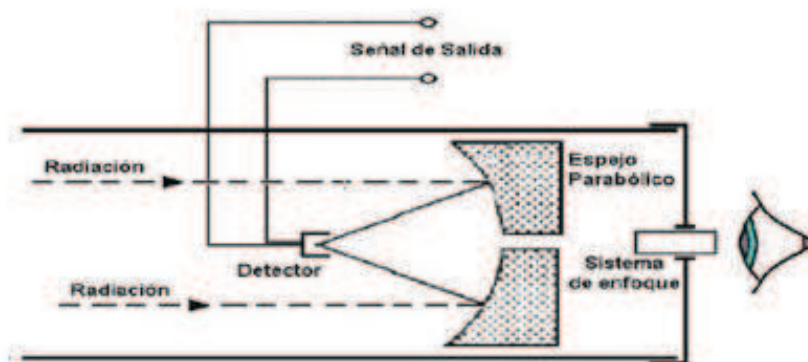


Figura.3.0. Diagrama en detalle del pirómetro óptico.

Fuente: <http://www.slideshare.net/tayrow/pirometros-de-radiacion>.

La variación de la corriente nos da un valor de la temperatura absoluta pero hay que calibrar la luminosidad de la lámpara por medio de un reóstato exterior, como se muestra en la figura 3.1.

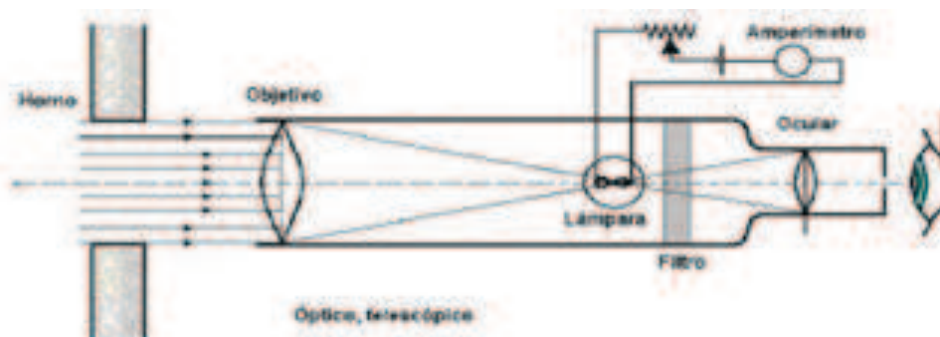


Figura.3.1. Diagrama en detalle del pirómetro óptico usando un reóstato.

Fuente: <http://www.slideshare.net/tayrow/pirometros-de-radiacion>.

### 1.10.2.5.2.2. Pirómetros de radiación total.

Es un instrumento que mide la temperatura captando toda o una gran parte de radiación emitida por el cuerpo caliente, el medio que usa para enfocar la radiación puede ser un lente o un espejo cóncavo de pírex, silicio fundido, fluoruro de calcio.

La relación entre las dos señales permite calcular la temperatura absoluta del objeto sin necesidad de introducir el factor de emisividad.

Posee dos detectores similares (ver figura 3.2.), pero cada uno recibe la radiación de una longitud de onda diferente debido a que tiene diferentes filtros.

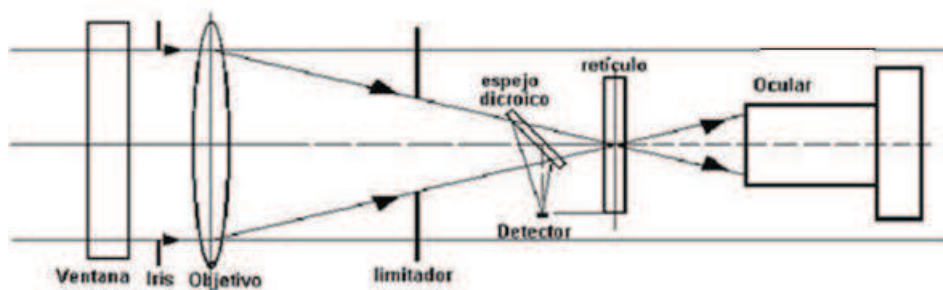


Figura.3.2. Diagrama en detalle de un pirómetro de radiación total.

Fuente: <http://www.slideshare.net/tayrow/pirometros-de-radiacion>.

En el anexo N° 2 se puede apreciar una tabla con las comparaciones de estas dos opciones de pirómetros.

### **1.10.3. SENSORES DE PRESIÓN.<sup>14</sup>**

Son dispositivos que habitualmente obtienen una medición comparativa, buscando el equilibrio con la presión ejercida por una fuerza conocida mediante una columna líquida, o de un resorte, un émbolo cargado con un peso o también otro mecanismo que pueda ejercer una deformación cualitativa en el instante que se le aplica la presión de la variable a manipular.

Existen muchas razones por las cuales en un determinado proceso se debe medir presión, entre estas se tiene:

- calidad del producto, la cual frecuentemente depende de ciertas presiones que se deben mantener en un proceso.
- por seguridad, como por ejemplo, en recipientes presurizados donde la presión no debe exceder un valor máximo dado por las especificaciones del diseño.

#### **1.10.3.1. Tipos de sensores de presión.**

Existen tres tipos de instrumentos elásticos principales utilizados para medir presión, ellos son:

- Tubos bourdon.
- Fuelles.
- Diafragmas.

---

<sup>14</sup> Folleto de teoría y prácticas de Medición y Control de Presión, de la materia de Instrumentación Industrial, Ing. Fernando Jácome

Están diseñados bajo el principio que establece la deflexión que sufre un elemento elástico y que es proporcional a la presión aplicada.

También se deben de considerar otros sensores de presión como:

- Manómetro en forma de
- Medidores de peso muerto.

#### 1.10.3.1.1. Manómetro en forma de U.

Los sensores de presión o manómetros de tubo en forma de “U” (ver la figura 3.3.) brindan una apreciación visual de los niveles de presión sobre la que un operador humano puede actuar.

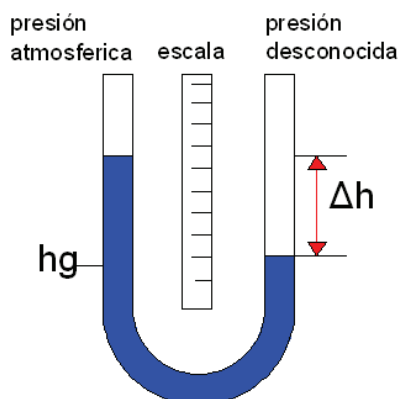


Figura.3.3. Diagrama de un manómetro en U.

Fuente: Propia.

Se utiliza para medir presión diferencial, donde el tubo en forma de “U” lleno de líquido que tiene un extremo sellado y al vacío y el otro extremo abierto a la presión absoluta que se va a medir.

Donde la diferencia de altura del líquido en las dos ramas es proporcional a la diferencia de presiones.

Es un elemento que es capaz de medir presiones en el rango de 1,013 y 7000 bares.

La ecuación que permite calcular el balance estático del instrumento es:

$$P = h * sg$$

Donde:

*P = presión absoluta.*

*h = diferencia de altura en los dos cuerpos del tubo.*

*sg = gravedad específica del líquido.*

Este instrumento no es adecuado para su uso como parte de un sistema de control automático, debido a que no es posible transformar la salida del manómetro de tubo en "U" en una señal eléctrica.

Generalmente se utiliza agua pero en casos especiales se usa anilina, mercurio y aceite de transformador.

#### **1.10.3.1.2. Medidor de Peso muerto.**

Consiste en un instrumento de lectura nula en el que se añaden pesos a la plataforma de un pistón hasta que el pistón alcanza una marca fija de referencia, como se aprecia en la figura 3.4.

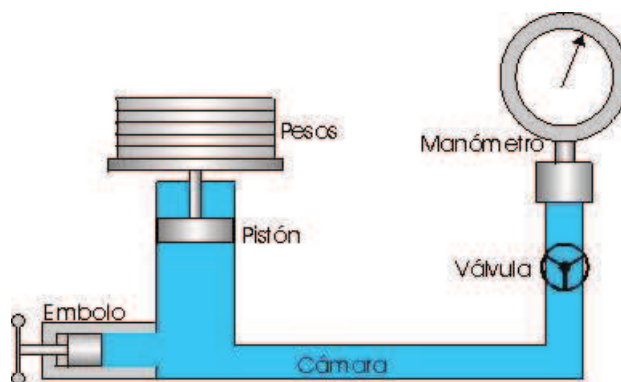


Figura.3.4. Diagrama de un medidor de peso muerto.

Fuente: [alejandromurilloruiz1.blogspot.com](http://alejandromurilloruiz1.blogspot.com)

En ese momento la fuerza de los pesos sobre el pistón equilibra la presión ejercida por el fluido bajo el pistón.

La presión del fluido se calcula, por tanto, en términos del peso añadido a la plataforma y el área conocida del pistón, este instrumento posee la capacidad de medir presiones con un alto grado de precisión.

Su mayor aplicación es como instrumento de referencia para calibrar otros dispositivos medidores de presión, existen versiones disponibles que permiten medir presiones por encima de los 7000 bares.

#### 1.10.3.1.3. Diafragma.

Estos instrumentos de diafragma se usan para medir presiones por encima de los 10 bares.

Son fabricados de materiales metálicos y no metálicos entre los materiales más utilizados están:



El bronce, cobre-berilio, acero inoxidable, monel, neopreno, siliconas y teflón, también es uno de los tres tipos comunes de transductores de presión de elemento elástico.

Su función se basa en la presión aplicada que provoca el desplazamiento del diafragma, y este desplazamiento es medido por un transductor de posición, como se observa en la figura 3.5.

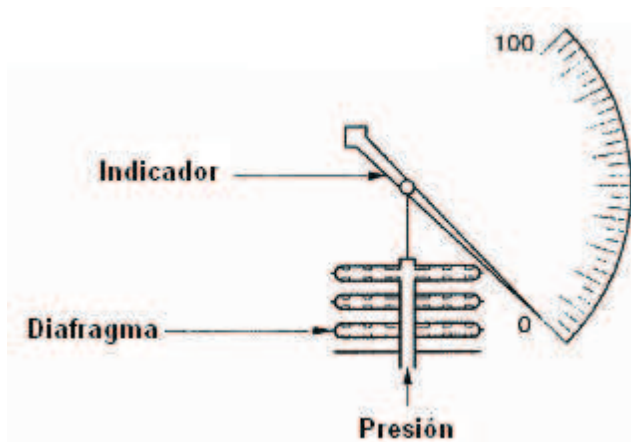


Figura.3.5. Diagrama en detalle de un medidor de presión de diafragma.

Fuente: sapiensman.com.

Por ejemplo en la presión diferencial, se aplican ambas presiones a ambos lados del diafragma y el desplazamiento del diafragma corresponde a la diferencia de presiones.

Normalmente se usan cuatro sensores de deformación en una configuración puente, en la que un voltaje de excitación se aplica a través de dos puntos opuestos del puente.

El voltaje de salida medido a través de los otros dos puntos del puente está en función de la resistencia, cuyo cambio se debe al desplazamiento del diafragma; este arreglo compensa las variaciones de temperatura ambiente.

Sin embargo, existe la dificultad de unir los sensores al diafragma, con lo cual se produce un problema debido a la no linealidad de la característica de salida de estos dispositivos.

Donde los transductores piezoresistivos monolíticos de presión son los que se adaptan mejor, y son actualmente los transductores de presión basados en diafragma más usados.

#### 1.10.3.1.4. Fuelle.

El fuelle (ver la figura 3.6), funciona mediante un principio similar al del diafragma, y se emplean en aplicaciones que requieran mayor sensibilidad que la conseguida con un diafragma.

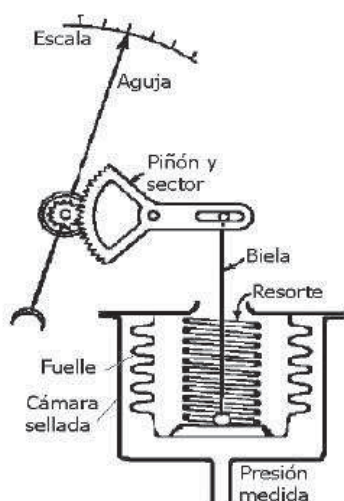


Figura.3.6. Diagrama en detalle de un medidor de presión de fuelle.

Fuente: tecnoficio.com.

El fuelle se puede definir como un tubo flexible, el cual cambia su longitud de acuerdo a la presión aplicada, en muchas aplicaciones el fuelle se expande muy poco, pero la fuerza que produce es significativa.

Esta técnica se emplea frecuentemente en mecanismos de balance de fuerzas, para producir una relación lineal entre el desplazamiento del fuelle y la presión aplicada, es práctico y común colocar un resorte dentro del fuelle, esto para simplificar la calibración ya que el ajuste se lo realiza únicamente sobre el resorte.

Cuando se requiere medir presión absoluta o diferencial, se utilizan mecanismos especiales formados por dos fuelles, uno de los cuales actúa como compensación o referencia.

#### 1.10.3.1.5. Tubo de Bourdon.

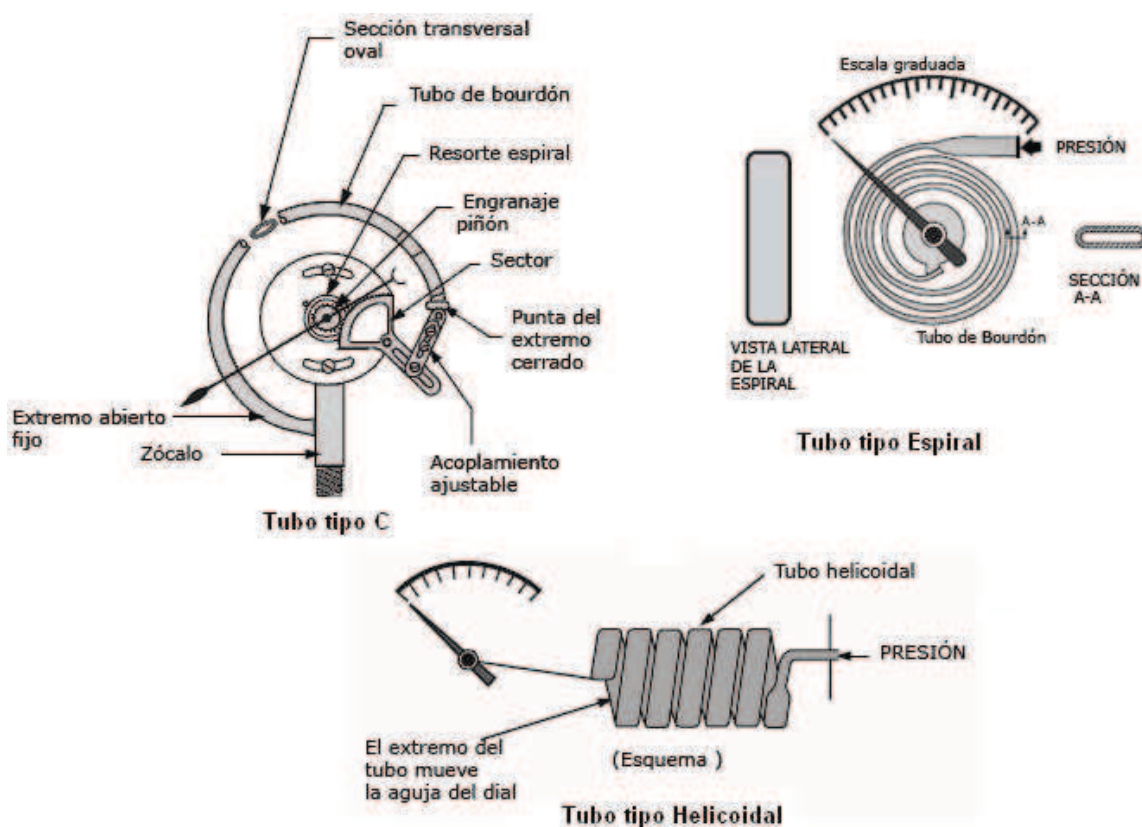


Figura.3.7. Diagrama de un medidor de presión de tubo bourdon.

Fuente: tecnoficio.com.

El tubo de Bourdon (ver la figura 3.7.), se lo puede fabricar de varios materiales, entre los cuales se tiene: acero inoxidable 316 y 403, cobre berilio, monel y bronce fosforado el material seleccionado determina el rango como la resistencia del tubo a la corrosión.

Por ejemplo, un tubo espiral de bronce es adecuado para presiones hasta de 300psig, mientras uno de acero, puede manejar presiones de hasta 4000 psig, el tubo bourdon es un transductor de elemento elástico y es muy común en la medición industrial de la presión de líquidos y gases.

Consiste en un tubo flexible de sección ovalada cerrado en uno de sus extremos y libre en el otro, cuando se aplica presión a la sección ovalada se hace más circular causando un desplazamiento de la parte cerrada y libre del tubo; este desplazamiento se mide por algún tipo de transductor o trasmisor de desplazamiento, que es comúnmente un potenciómetro o un LVDT, o menos frecuentemente un sensor capacitivo.

El movimiento libre del tubo bourdon se convierte, por medio de engranajes y eslabones, en un movimiento proporcional de una aguja o una plumilla del indicador o registrador.

#### **1.10.3.1.6. Instrumentos Electrónicos.**

Una desventaja que presentan los instrumentos mecánicos, es el método utilizado para transmitir el movimiento del elemento de medición de presión a un indicador, tal como un puntero o una plumilla, un eslabón mecánico, sufre de desgaste, tiene un alto grado de histéresis, lo cual limita la precisión y velocidad de respuesta y de repetitividad de la medición.

Con los instrumentos electrónicos (ver la figura 3.8.), se ha dado la respuesta a este problema, censando electrónicamente el movimiento del elemento de medición de presión.

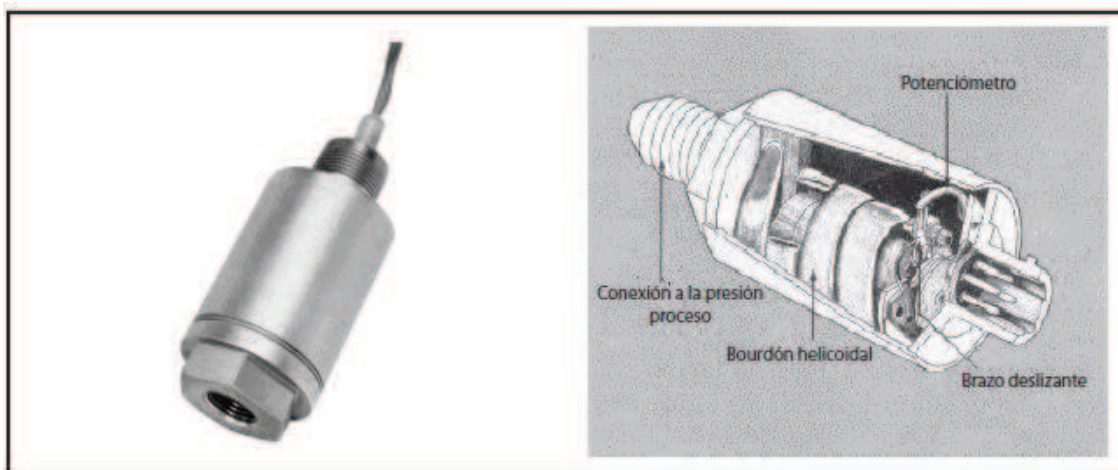


Figura.3.8. Transductor de presión electrónico tipo bourdon helicoidal.

Fuente: Medición y Control de Procesos Industriales, Gustavo Villalobos O, Raúl Rico R, Fernando Ortiz H, Marcela Montufar N, pagina. 226

Esta señal puede ser aplicada y condicionada luego para que reúna los requerimientos del sistema de control.

El hecho de que la energía del proceso sea transformada en una señal eléctrica, a partir de un movimiento mecánico, hace que a estos instrumentos se les dé el nombre de “transductores”.

Entre los instrumentos electromagnéticos utilizados para medir presión se pueden mencionar.

- **Extensómetros:** Utiliza el cambio por resistencia eléctrica de un elemento semiconductor de resistencia, sometido a esfuerzo por compresión o tensión, para medir la presión.
- **Transductores resistivos:** Estos instrumentos hacen variar la resistencia de un potenciómetro en función de la presión que puede ser obtenida por un elemento elástico como (fuelle, diafragma, tubo bourdon).
- **Transductores capacitivos:** Estos instrumentos utiliza capacitores y como elemento sensor el diafragma, en donde la capacitancia del dispositivo cambia en proporción a la presión aplicada, debido a que la capacitancia está en función del material dieléctrico entre las placas del capacitor y de la distancia entre las placas donde un cambio en la capacitancia produce un cambio en la señal de voltaje DC del circuito esta variación de voltaje se convierte en una señal estándar de 4-20 mA.
- **Transductores magnéticos:** Pueden ser de reluctancia variable y de inductancia variable, este ultimo debido a que la bobina con un núcleo magnético móvil, varia proporcionalmente con la posición que ocupa el núcleo dentro de la bobina, de esta forma las variaciones de presión producen cambios en la posición del núcleo.

los de reluctancia variable utilizan un electroimán que crea un campo magnético, del cual se mueve una armadura magnética, este circuito se alimenta de una fuerza magneto motriz constante, de esta forma al variar la presión en el sensor varia la posición de la armadura produciendo un cambio en la reluctancia.

- **Transductores piezoeléctricos:** Estos dispositivos producen potencial eléctrico, debido a presión sobre ciertas sustancias cristalinas como el cuarzo, titanato de bario y otros, de esta manera la resistencia de estado sólido se utilizan como instrumentos de presión.

#### **1.10.4. SENSORES DE NIVEL.**

El nivel de líquido de un depósito constituye una medición corriente e importante en muchos procesos, en particular en las industrias que se dedican a la producción de alimentos para el consumo humano, debido a esto la medición de nivel es muy importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento del proceso como de la consideración del balance adecuado de materias primas o de productos finales.

##### **1.10.4.1. Tipos de Sensores de Nivel.<sup>15</sup>**

Los métodos para determinar el nivel utilizan los fenómenos físicos como base para determinar un valor.

Antes del advenimiento de los semiconductores, la mayoría de métodos se basaban en principios mecánicos o neumáticos.

En la actualidad los métodos más comunes de medida son los siguientes

---

<sup>15</sup> Medición y Control de Procesos Industriales, Gustavo Villalobos O, Raúl Rico R, Fernando Ortiz H, Marcela Montufar N, Capítulo 5 "Medición de Nivel"

#### 1.10.4.1.1. Indicador o mirilla de nivel

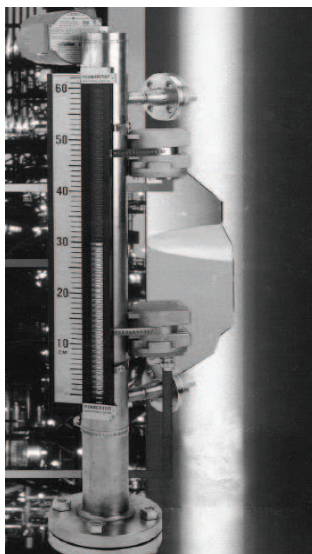


Figura.3.9. Diagrama de un indicador de nivel de mirilla.

Fuente: Medición y Control de Procesos Industriales, Gustavo Villalobos O, Raúl Rico R, Fernando Ortiz H, Marcela Montufar N, pagina. 242

Un indicador visual del nivel de líquidos (ver la figura 3.9.), son razonablemente limpios, se puede obtener fabricando una parte del tanque de un material transparente.

Si no se puede hacer de esta forma, se puede montar un tubo en paralelo con válvulas en cada extremo para separar el tubo del tanque, así se puede desmontar para mantenimiento y demás.

Donde la mayor ventaja es que es relativamente barato, su desventaja es que no es apropiado para procesos industriales y no se puede transmitir la información que se observa.



#### 1.10.4.1.2. Interruptor de flotador.

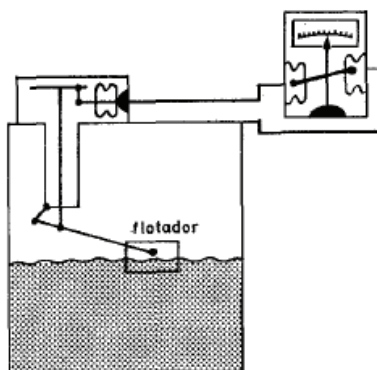


Figura.4.0. Diagrama de un sensor de nivel de interruptor de flotador.

Fuente: Instrumentación industrial, Antonio Creus Solé, página 196

Es el más conocido y simple, consiste en un flotador montado en un brazo móvil, (como se observa en la figura 4.0.), que está magnéticamente conectado a un sensor.

Existe también la posibilidad de un flotador que contiene un imán que se mueve hacia arriba dentro de un tubo.

Este tipo de sensor es aplicable en varios procesos y es económico, pero requiere cierto montaje, si existe algún enredo o traba puede funcionar mal.

#### 1.10.4.1.3. Método por desplazamiento.

El método por desplazamiento, (ver la figura 4.1.) se basa en la diferencia de peso entre un cuerpo que se desplaza y la fuerza que el medio ejerce sobre él.

La fuerza que tiende a subir al cuerpo depende del volumen del mismo, la densidad relativa y el nivel del medio.

La fuerza diferencial se transmite frecuentemente a un transductor de medida por medio de una barra de torsión para mantener el sello en el interior.

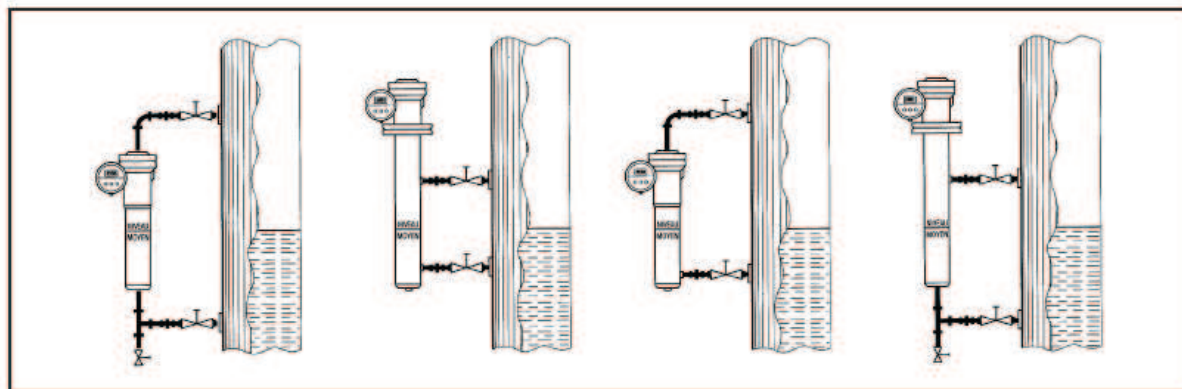


Figura.4.1. Diagrama de un sensor de nivel por el método de desplazamiento.  
Fuente: Medición y Control de Procesos Industriales, Gustavo Villalobos O, Raúl Rico R, Fernando Ortiz H, Marcela Montufar N, pagina. 253.

El transductor utilizado en este método es un transductor eléctrico de desplazamiento o transductor de fuerza con una salida de (4 – 20 mA).

El cuerpo de desplazamiento a menudo está montado en una derivación, (como se ve en la figura) que tiene la ventaja de permitir que el mantenimiento, la calibración y el monitoreo sea independiente del proceso involucrado, además el nivel del producto en la derivación es más estable y menos sensible.

#### 1.10.4.1.4. Inyección de burbujas.

En este método la presión hidrostática dentro del tanque, se mide insertando un tubo muy delgado dentro del líquido y aplicando aire comprimido, para que el líquido contenido dentro del tubo sea empujado hacia afuera y se formen burbujas dentro del medio, como se puede observar en la figura 4.2.

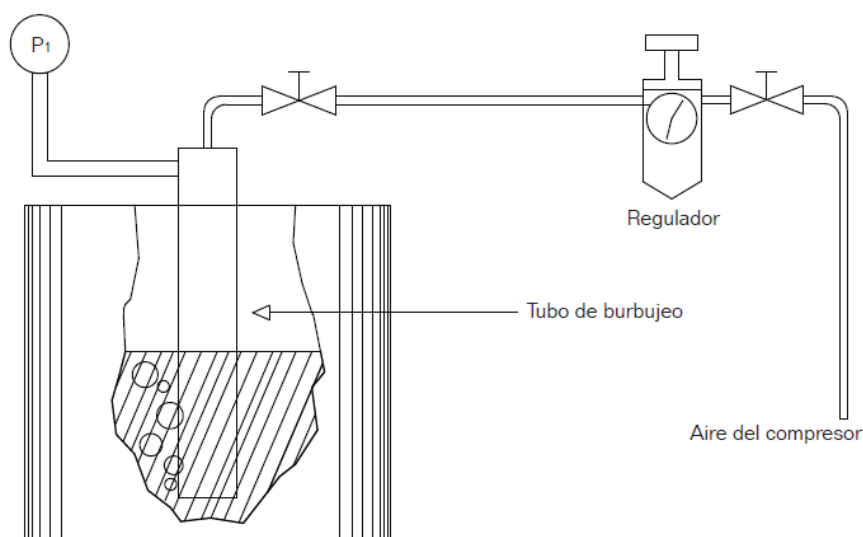


Figura.4.2. Diagrama de un indicador de nivel por inyección de burbujas.

Fuente: Medición y Control de Procesos Industriales, Gustavo Villalobos O, Raúl Rico R, Fernando Ortiz H, Marcela Montufar N, pagina. 243

La presión dentro de la tubería, es igual a la presión de la columna de líquido y puede ser medido por medio de un transductor de presión, que convierte la presión en una señal eléctrica.

Se debe asegurar el suministro de aire comprimido, su ensamblaje simple, apropiado para sustancias corrosivas.

Pero requiere de líneas de aire, peligros de obstrucción del medio en la tubería y no es apto para su uso en recipientes presurizados.

### 1.10.4.1.5. Método por presión hidrostática.

$$H = \frac{P}{\rho \cdot g}$$

$H$  = altura del líquido  
 $P$  = presión hidrostática  
 $\rho$  = densidad del producto  
 $g$  = aceleración de la gravedad

Donde:  $P = P_{\text{grav}} + P_0$

$P_{\text{grav}}$  = presión hidrostática  
 de la columna de líquido  
 $P_0$  = presión estática  
 = 0 para tanques abiertos

1 bar =  $10^5$  Pa  $\approx$  10 m columna de agua

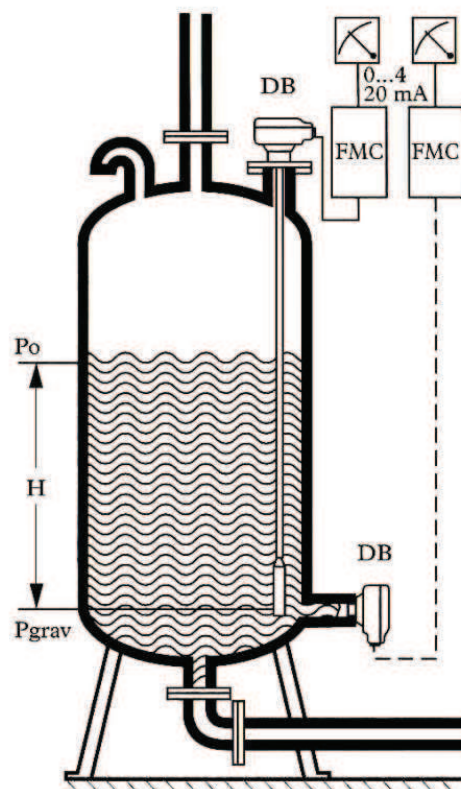


Figura.4.3. sensor de nivel por el método de presión hidrostática.

Fuente: The theory and practice of level measurement, Van De Kamp Wim

En este método la presión hidrostática de la columna de líquido se mide directamente utilizando un transductor de presión o de presión diferencial, como se aprecia en la figura 4.3.

Un transductor de presión diferencial  $\Delta P$  se requiere para recipientes a presión, de esta forma la presión ejercida sobre un lado de la membrana del transductor es la presión de la columna de líquido y la sobrepresión en el recipiente mientras que del otro lado de la membrana se encuentre solamente la sobrepresión del tanque.

La diferencia en este caso corresponde a la presión de la columna de líquido.

Su desventaja es que es dependiente de la densidad relativa y relativamente costoso para ser un sistema de medición de presión diferencial.

#### 1.10.4.1.6. Sistema de plomada.

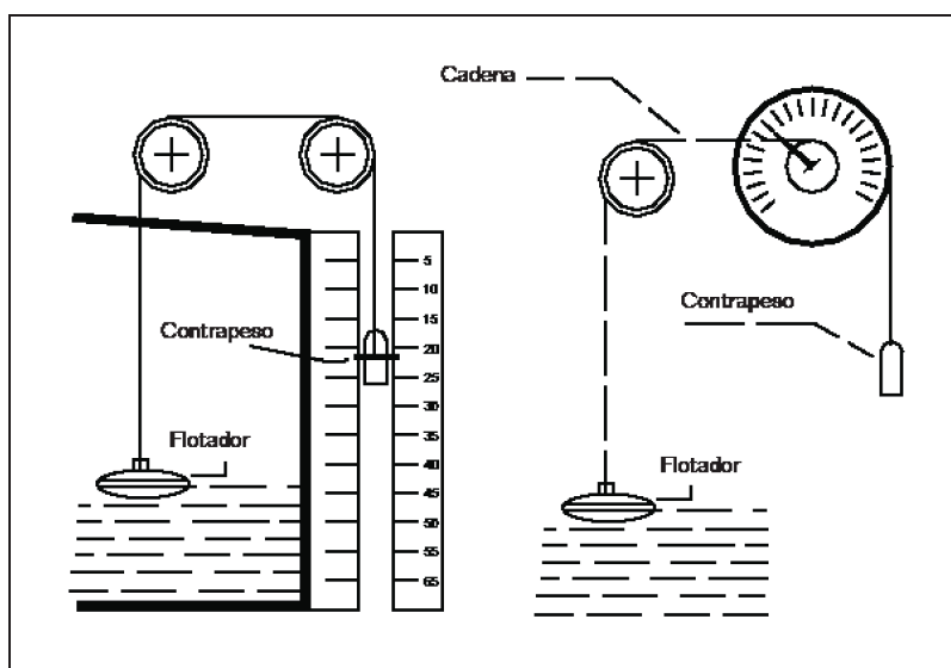


Figura.4.4. Sensor de nivel con sistema de plomada.

Fuente: Medición y Control de Procesos Industriales, Gustavo Villalobos O, Raúl Rico R, Fernando Ortiz H, Marcela Montufar N, pagina. 254

Una masa desciende dentro de un silo por medio de una cinta para medir enrollada en un motor eléctrico, como se puede apreciar en la figura 4.4.

Un pulso se genera, gracias a una rueda de medición y un interruptor de proximidad, por cada decímetro o centímetro que viaja el sensor.

Cuando el sensor alcanza el producto, la banda se deforma y el motor invierte la rotación hasta la posición de reposo.

El número de pulsos se resta de la altura total del silo y se determina el nivel.

#### **1.10.4.1.7. Medidor Ultrasónico.**

La medición de nivel sónica se basa en:

- La emisión pulsante de ondas sonoras por medio de una fuente emisora.
- La transmisión de esas ondas de energía a través de la fase líquida, o la fase de vapor en el tanque.
- El reflejo de las ondas en la superficie para regresar hacia el emisor-receptor.

El tiempo que tarda el sonido en ir y regresar del emisor-receptor a la superficie del líquido, se usa como medición del nivel porque ese tiempo de tránsito es directamente proporcional a la cantidad de líquido en el recipiente.

El emisor-receptor traduce ese tiempo en una señal de salida de 4 a 20mA, proporcional al nivel y que se puede usar en cualquier instrumento en un tablero de control. La figura muestra un sensor de nivel sónico para fase líquida, aquí el emisor, colocado en el fondo del recipiente, envía sus ondas sonoras a través del líquido hacia la superficie, las ondas rebotan en la superficie y regresan al emisor; el tiempo que tarda dependerá de la altura del nivel.

En la figura 4.5 se esquematiza un emisor-sensor colocado en la parte superior para fase de vapor o gas encima de la superficie del líquido; en este caso el tiempo de respuesta de la transmisión del pulso sónico y su recepción, es inversamente proporcional al nivel del líquido que se está midiendo.

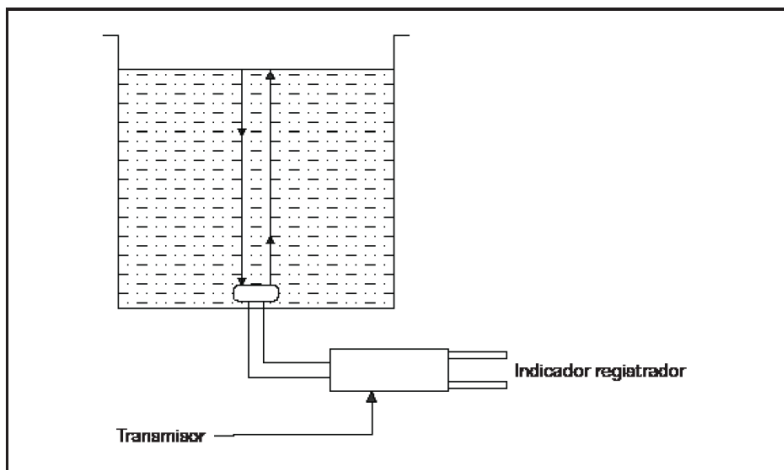


Figura.4.5. Sensor de nivel ultrasónico.

Fuente: Medición y Control de Procesos Industriales, Gustavo Villalobos O, Raúl Rico R, Fernando Ortiz H, Marcela Montufar N, pagina. 256.

En la industria moderna se emplea también la medición continua o el control de alto o bajo nivel con microondas (como se observa en la figura 4.6.), las microondas generadas por el instrumento rebotan en la superficie del líquido y de esa manera se mide el nivel con alta exactitud sin que le afecte las variaciones en la densidad, conductividad, constante dieléctrica del fluido, ni los cambios de presión en el recipiente o la formación de gases, pudiéndose utilizar, por supuesto, en recipientes metálicos y con una exactitud de +10 milímetros.

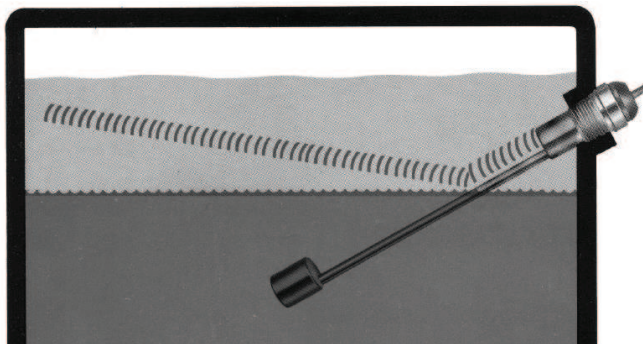


Figura.4.6. Sensor de nivel ultrasónico con emisiones de microondas.

Fuente: Medición y Control de Procesos Industriales, Gustavo Villalobos O, Raúl Rico R, Fernando Ortiz H, Marcela Montufar N, pagina. 257

#### 1.10.4.1.8. Medidor capacitivo.

Una sonda de metal dentro de un tanque o un silo y las paredes del contenedor, actúan como las placas de un capacitor, como se aprecia en la figura 4.7.

La capacitancia de este condensador depende del medio que actúa como dieléctrico.

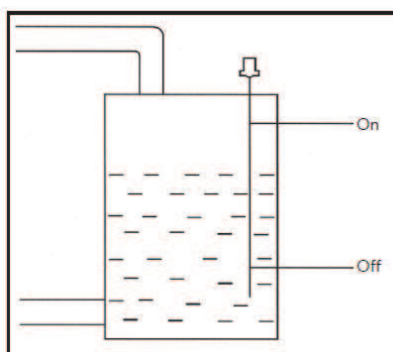


Figura.4.7. Sensor de nivel capacitivo.

Fuente: Medición y Control de Procesos Industriales, Gustavo Villalobos O, Raúl Rico R, Fernando Ortiz H, Marcela Montufar N, pagina. 260



Cuando solamente hay aire, es decir que el tanque está vacío, la capacitancia es baja.

Sin embargo, la capacitancia aumenta cuando parte de la sonda se cubre con producto.

El cambio de capacitancia se convierte a través de un amplificador a una señal de relé o a una salida analógica.

Este método es aplicable para interruptores de nivel e indicadores de nivel, se puede usar también para medir la interface entre dos productos.

La medida de la capacitancia entre la sonda y la referencia, que es usualmente la pared del tanque, va a variar dependiendo de la presencia del producto entre los dos electrodos.

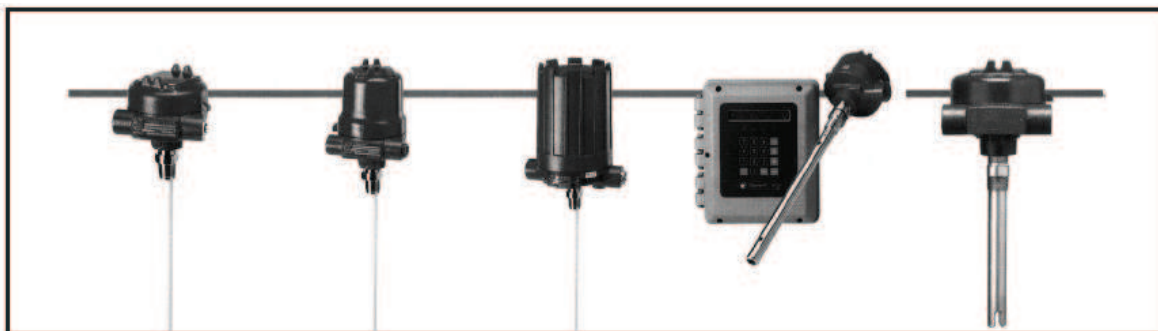


Figura.4.8. Diferentes modelos de instrumentos de nivel tipo capacitivo de magnetrol.

Fuente: Medición y Control de Procesos Industriales, Gustavo Villalobos O, Raúl Rico R, Fernando Ortiz H, Marcela Montufar N, pagina. 261

Los interruptores y los indicadores capacitivos (ver la figura 4.8.), se usan en prácticamente todas las ramas de la industria, alimenticia, cerveza, bebidas

carbonatadas, comida de ganado, grava, cemento, agua potable y de desecho, industria pesada e industrias químicas y petroquímicas.

Los sistemas se usan para detección de niveles máximos o mínimos y para medición continua en tanques, silos y otros recipientes así como también en canales o tuberías

### 1.11. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.

Desde el comienzo de la industrialización, el hombre ha buscado las formas y procedimientos para que los trabajos se realizaran de forma más ágil y resultaran menos tediosos para el propio operador.



Figura.4.9. PLC Micrologix 1100.

Fuente: MicroLogix 1100 Programmable Controller Selection Guide, página. 3

Un mecanismo que ha sido clave en dicho proceso es el autómata programable o PLC, (ver la figura 4.9.) este dispositivo consigue entre otras muchas cosas, que ciertas tareas se hagan de forma más rápida y evita que el hombre aparezca involucrado en trabajos peligrosos para él y su entorno más próximo.

Hoy en día estamos rodeados por estos mecanismos, tanto que, han rebasado la frontera de lo industrial para hacerse más cercanos: en semáforos, gestión de la iluminación de fuentes, parques, jardines, escaparates, control de puertas

automáticas; parking, etc. y en la vivienda: control de ventanas, toldos, iluminación, climatización, piscinas, etc.

### **1.11.1. DEFINICIÓN DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.<sup>16</sup>**

Los PLC (por sus siglas en inglés, Programmable Logic Controller) son dispositivos electrónicos computarizados que operan digitalmente, para esto usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales (ON/OFF, 0 – 5VDC) o analógicos (4 – 20 mA, etc.), en varios tipos de máquinas o procesos industriales.

Estos dispositivos son capaces de soportar las inclemencias del medio en que operen ya que soportan amplios rangos de temperatura, algunos son inmune a sobrecargas eléctricas así como también soportan las vibraciones y el impacto, producidos en la ejecución de los sistemas que operan.

---

<sup>16</sup> <http://es.wikipedia.org> - NEMA ( National Electrical Manufacturers Association )

## CAPÍTULO 2

### PROCESO DE SECADO Y PRE-SECADO DE LAS TRES LÍNEAS DE PASTA.

#### 2.1. CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES DEL EQUIPO DEL CALDERO.



*Figura.5.0. Líneas de pasta que se comercializa.*

Fuente: [www.tia.com.ec](http://www.tia.com.ec).

Actualmente la empresa Grupo Superior dedicada al procesamiento de alimentos derivados de cereales en su sección de producción de pastas (ver la figura 5.0.), cuenta con un caldero principal de tipo piro tubular que proporciona una temperatura de trabajo de hasta 120 °C respectivamente, siendo esta ultima la temperatura necesaria del agua que circulara por toda la tubería conectada al caldero.

El agua caliente que se produce es llevada a cada una de las tres líneas de pastas:

- Pasta larga.
- Pasta corta.
- Pasta rosca.

En cada línea existen radiadores, los mismos que en conjunto con un ventilador se encargan de expandir el calor al interior de cada línea, como se representa en la figura 5.1.

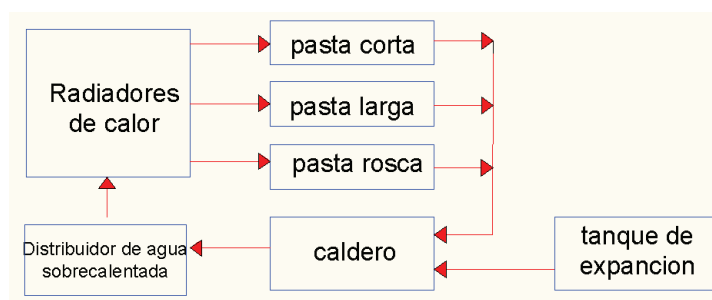


Figura.5.1. Proceso de secado y pre secado de pasta.

Fuente: Propia.

En cada línea se posee un control automático que, en base a variables como son temperatura y humedad realizan el encendido y apagado de los ventiladores a fin de que se produzca el secado del producto de manera optima y puedan pasar los estándares de calidad de la empresa.

El tanque de expansión que forma parte de las instalaciones del equipo que permite el funcionamiento del caldero y es el elemento que le dota de agua, presenta en ciertas fluctuaciones de la exigencia del proceso fallas.

Como son las pérdidas que se produce por la disminución de volumen de agua en las tuberías, donde la presión de agua que dota el tanque de expansión se presentaba en una medida mayor a la presión que tenía la salida del caldero.

Por lo que causa que el caldero no sea dotado adecuadamente de agua y llegara a producir vapor en las tuberías, provocando que se disminuya la temperatura y afectara al secado de los productos, representando así un riesgo en sí de la máquina, además de producir pérdidas de carácter económico ya que gran parte del proceso de elaboración de los productos depende del correcto funcionamiento del caldero.

Por estos motivos se necesita un sistema de control que ayude a disminuir y a reconocer las fallas producidas por las instalaciones del equipo que permite el funcionamiento del caldero.

Donde para aplicar eficazmente el control de un sistema con estas características, se efectúa un reconocimiento de las instalaciones de los equipos que intervienen en el funcionamiento del caldero.

Identificando cada uno de los controles del caldero, con el fin de obtener un sistema de control de alarmas que sea confiable y seguro para resguardar la inversión en el equipo instalado, para el funcionamiento de la caldera y la continuidad del proceso de secado y pre secado de las tres líneas de pasta.

## **2.2. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES Y EQUIPO.**

La empresa Grupo Superior con su filial Alimentos Superior S.A. ubicada en la parroquia de Guayllabamba cuenta con un área de calderos los mismos que se encuentran ubicados en un lugar estratégico brindando seguridad en sí tanto para

el personal que trabaja cerca, como para los mismos equipos, como se ve en el anexo ·Nº 3.

Este cuarto de calderos cuenta con 3 equipos instalados, un principal y dos secundarios, estos se los utiliza en caso de que no se encuentre operativo el caldero principal.

Para su funcionamiento normal este caldero cuenta con los siguientes equipos:

- Un tanque de combustible diesel, que abastece continuamente al caldero para que este funcione, como se aprecia en la figura 5.2.

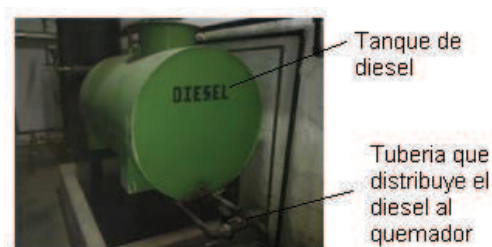


Figura.5.2. Tanque de almacenamiento de diesel.

Fuente: Propia.

- Una chimenea, cuya función es desfogar el humo producido en la combustión del diesel, ver la figura 5.3.



Figura.5.3. Chimenea del caldero principal.

Fuente: Propia.

- Un Tanque de expansión que se encarga de mantener un nivel de agua y presión establecido, para poder abastecer de agua al caldero debido a las pérdidas producidas por el intercambio de calor en el proceso de secado, como se aprecia en la figura 5.4.

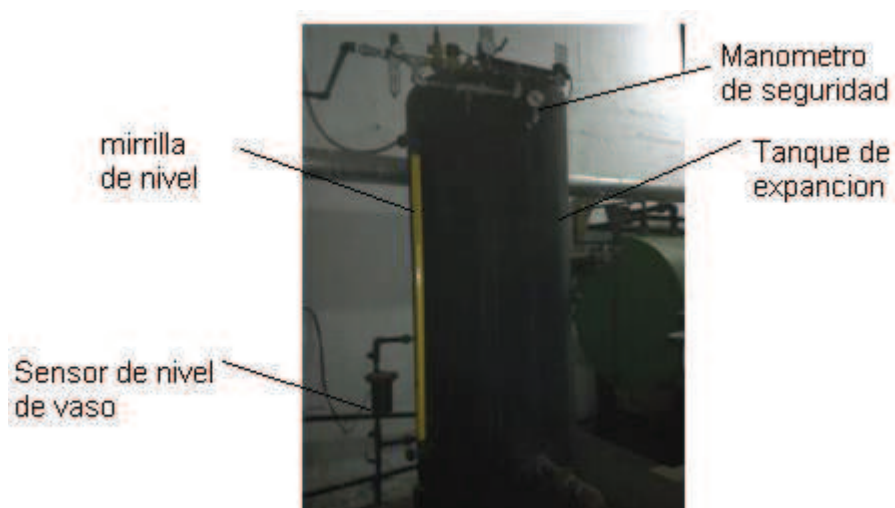


Figura.5.4. Tanque de expansión.

Fuente: Propia.

Las características técnicas del tanque de expansión se pueden apreciar en la tabla 1

<b>Tanque de expansión</b>	
Altura total	1.95 m
Diámetro	2.5 m
Volumen	8.9205 m <sup>3</sup>
Capacidad en litros.	8920 litros

Tabla 1: Capacidad del tanque de expansión.

Fuente: Propia.



- Un grupo de cinco bombas de agua, (como se aprecia en la figura 5.5.) una principal, tres de reserva para bombear agua al caldero, y otra para abastecer de agua al tanque de expansión, (ver la figura 5.6.), las bombas del caldero funcionan una a la vez.



Figura.5.5. Bombas de agua.

Fuente: Propia.



Figura.5.6. Bomba del tanque de expansión.

Fuente: Propia.

- Existe otra pequeña bomba especial, que es utilizada para bombear pequeñas cantidades de químicos al agua que sale del caldero, ver la figura 5.7.



Figura.5.7. Bomba para químicos.

Fuente: Propia.

- Sensores de presión diferencial y manométrica para la medición de la presión con la que sale el agua del caldero, ver la figura 5.8.

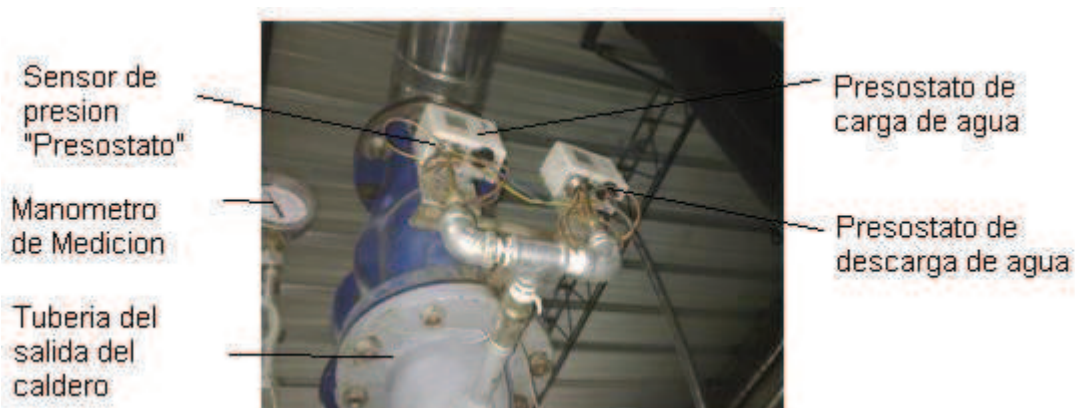


Figura.5.8. Sensores de presión.

Fuente: Propia.

- Sensores de temperatura tipo termocupla “J” para medir la temperatura de salida, retorno del agua y de la Chimenea, ver la figura 5.9.



Figura.5.9. Sensores de temperatura.

Fuente: Propia.

- El caldero principal con que cuenta las instalaciones de la empresa grupo superior para el secado y pre secado de las tres líneas de pasta es un caldero pirotubular, (ver la figura 6.0.) con datos nominales, como se aprecia en la figura 6.1.



Figura.6.0. Caldero piro tubular principal.

Fuente: Propia.

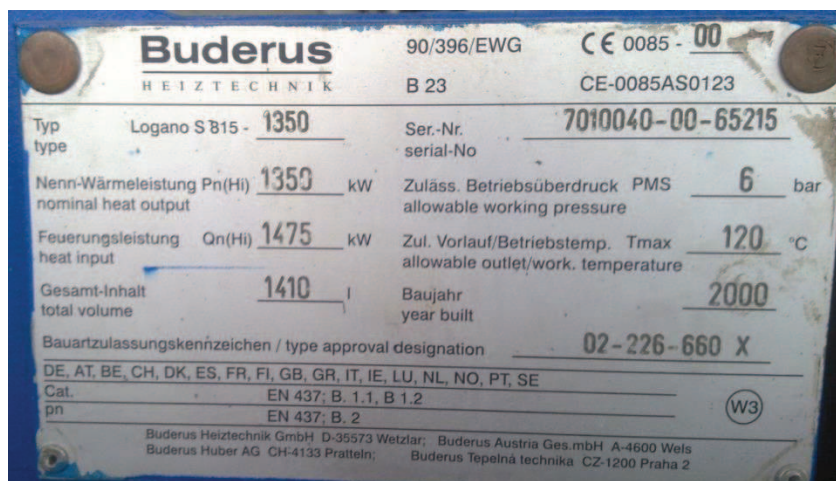


Figura.6.1. Placa de datos del caldero principal.

Fuente: Propia.

Las características técnicas de los datos de placa del caldero se pueden observar en la tabla 2.

DATA SHEET	
<b>CALDERO</b>	PIRO TUBULAR
<b>MARCA</b>	BUDERUS
<b>MODELO</b>	LOGANO S815 , AÑO 2000
<b>POTENCIA DE TRABAJO</b>	1350 KW
<b>PRESIÓN DE TRABAJO</b>	6 BAR
<b>TEMPERATURA DE TRABAJO</b>	120°C

Tabla 2: Datos de placa del caldero principal de grupo superior.

Fuente: Propia.

- Un quemador de combustible que se encarga de generar la ignición necesaria en el caldero para que este pueda calentar el agua que va a al proceso de secado de las tres líneas de pasta, ver en la figura 6.2.



Figura.6.2. Quemador del caldero principal.

Fuente: Propia.

- Tableros eléctricos de control y fuerza, (como se aprecia en las figuras 6.3; 6.4.), que permiten el encendido de los equipos utilizados en el proceso como; bombas de agua, quemador, válvulas, sensores, etc.,



Figura .6.3. Tablero de control de encendido de las bombas de agua.

Fuente: Propia.





Figura.6.4. Tablero de control de encendido y apagado del quemador.

Fuente: Propia.

- Compresor que suministra de aire al tanque de expansión para que este pueda variar su presión cuando provee de agua al caldero, como se observa en la figura 6.5.



Figura.6.5. Compresor que abastece al tanque de expansión.

Fuente: Propia.

### 2.3.FUNCIONAMIENTO DEL CALDERO PRINCIPAL.

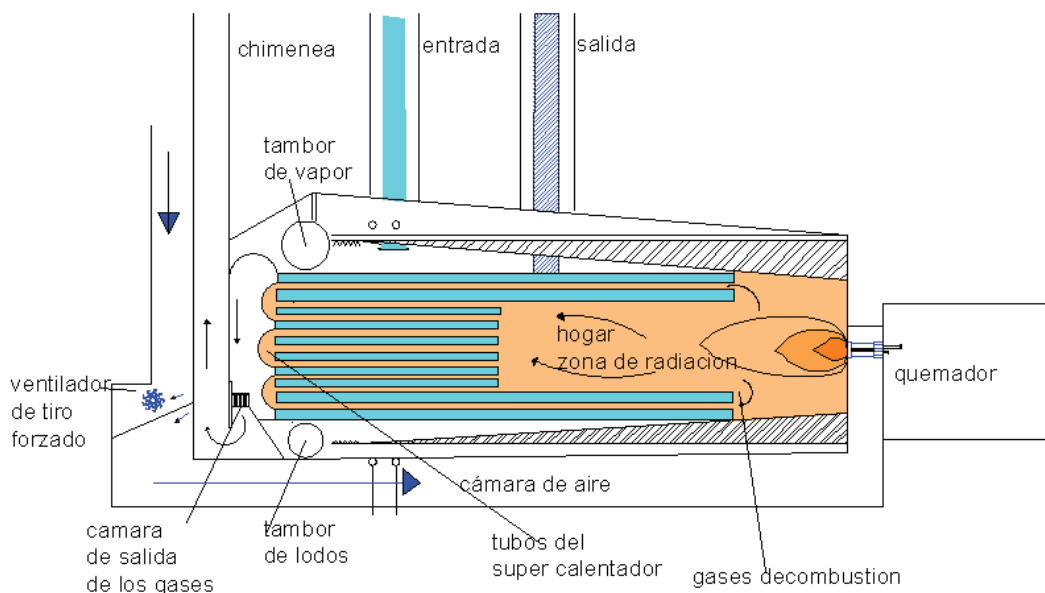


Figura.6.6. Esquema en detalle de un caldero

Fuente: Propia.

Como se observa en la figura 6.6, el ventilador de tiro forzado hace que el aire entre hacia la caldera, específicamente a través de un conducto llamado cámara de aire que lo guía directamente al quemador, donde el aire entra por medio de una compuerta o registro, que al mezclarse junto con el combustible que es bombeado desde el tanque de reserva de diesel hasta la parte frontal del caldero, en donde se ubica el quemador, que genera la llama piloto a través de un par de electrodos para luego rociar el diesel a una presión apropiada y encender la llama principal para que inicie la ignición.

Se debe mencionar que el quemador de combustible ( ver la figura 6.7.), posee una bomba de distribución interna, que opera solo cuando el quemador es activado, esta posee una tubería que viene desde el tanque de almacenamiento de diesel, donde el combustible al fluir a través de la tubería pasa por un colador filtro para impedir que materia extraña como impurezas, pase a las válvulas check

de control y al inyector que se encarga de aumentar o disminuir la presión del dosificador de combustible en la línea.

Algunos quemadores poseen en su interior dos dispersores o inyectores de combustible, que generan dos llamas, aumentando así la capacidad de calentamiento del caldero.

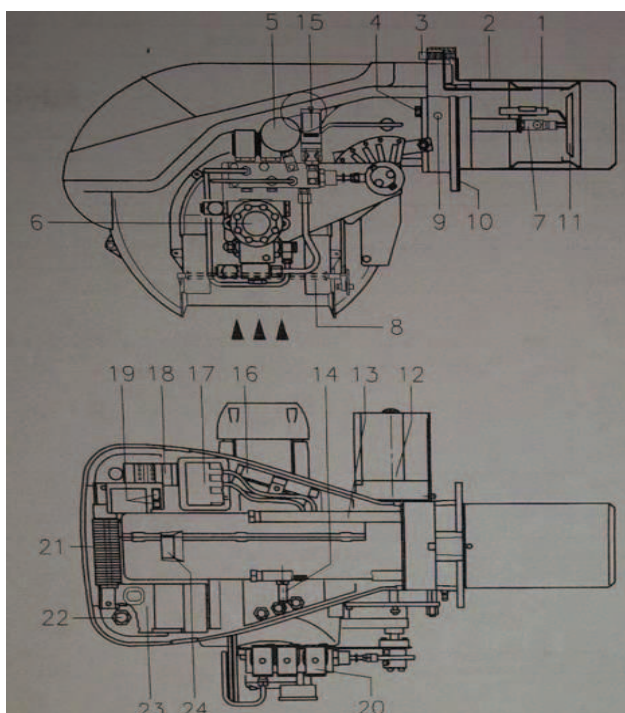


Figura.6.7. Esquema en detalle de un quemador.

Fuente: Propia.

Las partes del quemador se pueden apreciar en el anexo N° 4.

Una vez iniciada la combustión, está es dirigida a la zona de radiación o llamado también el hogar del caldero, en donde empiezan a aparecer los gases de combustión que se dispersan hasta la parte superior, debido a que los tubos de pantalla o de humo se encuentran hay, donde estos tubos están totalmente sellados a través de una lamina entre cada tubo.



Formando una pared con una entrada en la parte superior que dirige a los gases de combustión hacia los tubos del súper calentador que se encargan de aumentar la temperatura, estos tubos se encuentran en otra lamina que separa las secciones de la caldera y guían a los gases de combustión a dirigirse a el banco principal de los tubos bajantes del interior de la caldera, estos tubos bajantes presentan unos baffles o refractores que obligan a que los gases de combustión recorran una trayectoria de zigzag, esto para que aumente el tiempo de contacto con el agua circundante y exista una mayor transferencia térmica.

Finalmente los gases son dirigidos hacia el extremo del caldero específicamente a una cámara que se encarga de que salgan al exterior por medio de la chimenea.

En la parte trasera del interior del caldero, el agua previamente tratada circunda los tubos por donde pasan los gases de combustión bañándolos.

El agua es calentada al contacto con los gases de combustión hasta un punto de consigna por debajo de ebullición, para generar agua sobrecalentada, en este proceso conforme se genera el agua en pre hervor y se la distribuye, el nivel de agua que abastece al proceso disminuye, por lo que es necesario tener un suministro continuo de agua para mantener el nivel en el caldero constante y el proceso no tenga alteraciones, y pueda funcionar en el rango nominal establecido por la exigencia del proceso, debido a esto es necesario suministrar agua de reposición.

Al elaborar un suministro continuo pero variable de agua de reposición, se garantiza el abastecimiento de agua en pre hervor en un punto de consigna establecido por el proceso, para cualquier cambio que demande la salida del caldero, para que el nivel de agua se encuentre en una posición fija con poca disminución y con un caudal constante y seguro, para una operación de la caldera balanceada preparada para responder a demandas fluctuantes, en un control modulado.

Debido a que el nivel del agua es extremadamente sensible a los cambios como un aumento de la demanda de agua en pre hervor, se implementa un mayor control en este proceso.

Para esto el caldero cuenta con un control que es ejecutado por dos transductores ubicados en la salida del caldero, ver la figura 6.8.

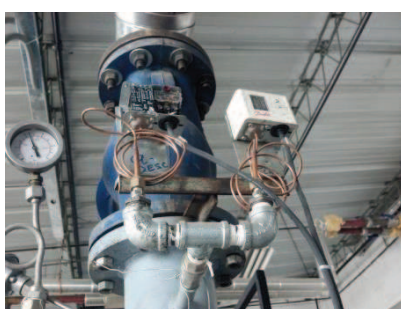


Figura.6.8. Sensores de presión.

Fuente: Propia.

Estos transductores A y B indican la carga y descarga de agua respectivamente, desde el tanque de expansión.

Esto para el correcto funcionamiento del proceso, con el fin de mantener al agua dentro de los límites superiores e inferiores de operación del caldero.

Donde sí es demasiado bajo el nivel de agua, la superficie de calentamiento quedara expuesta y la caldera se sobrecalentara y si es demasiado alto el nivel del agua puede ser aspirada junto con el agua saturada en pre ebullición resultando en una pobre calidad de agua sobrecalentada y de arrastre.

Cuando la caldera se encuentra en un funcionamiento normal la presión de la salida del caldero es mayor que la presión del tanque de expansión.

Pero cuando la presión del tanque de expansión es mayor a la presión de la salida del caldero se debe corregir mediante los transductores.

Cuando el transductor A de carga indica que la presión esta en los 2,5 BAR, manda una señal de activación a una electroválvula ubicada en el tanque de expansión que permite la apertura de ingreso de aire al tanque de expansión, (como se ve en la figura 6.9) para que este aumente la presión del agua de reposición que sale del tanque hasta el caldero para poder cumplir con la demanda del control modulado en la operación del caldero.

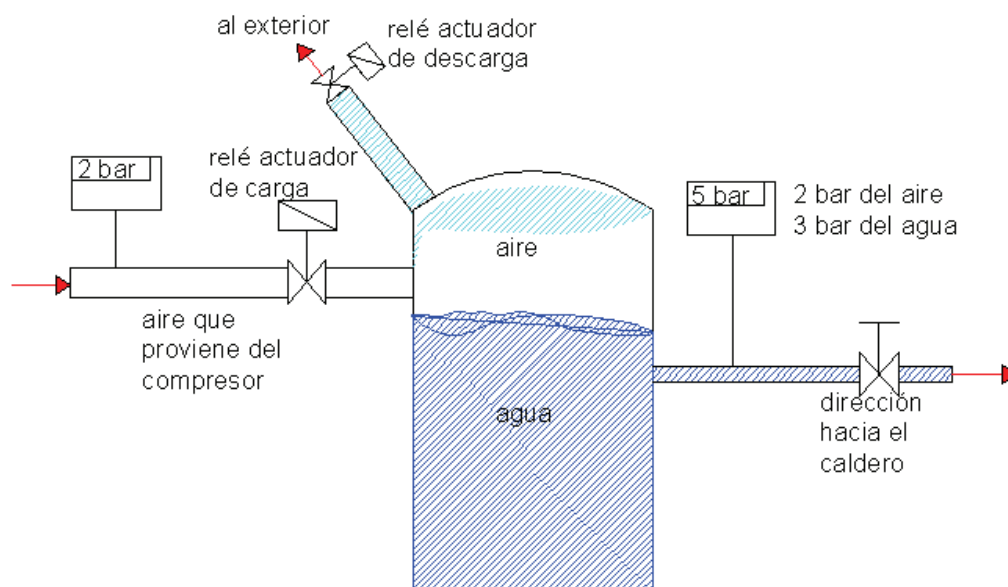


Figura.6.9. Diagrama de carga de aire del tanque de expansión.

Fuente: Propia.

Cuando el transductor B de descarga indica que la presión esta en los 4,5 BAR este manda una señal a la electroválvula que se encarga de liberar el aire que se encuentra dentro del tanque de expansión, en dirección al exterior con el fin de que la presión del tanque de expansión disminuya, así como el flujo de agua de reposición al caldero, como se observa en la figura 7.0.

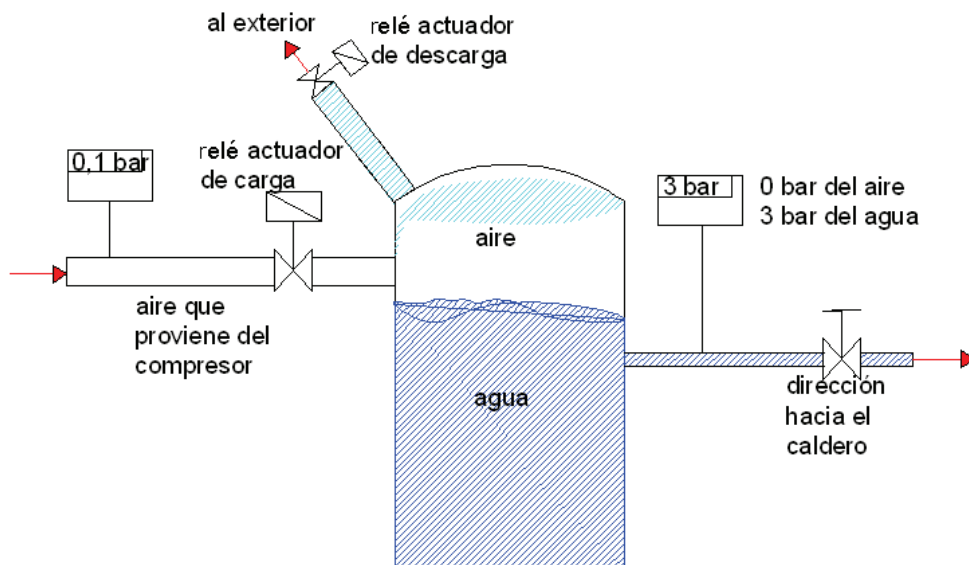


Figura.7.0. Diagrama de descarga de aire del tanque de expansión.

Fuente: Propia.

El tanque de expansión cuenta también con un control manual para emergencias, que permite realizar manualmente la carga y descarga de aire dentro de este, como se observa en la figura 7.1.

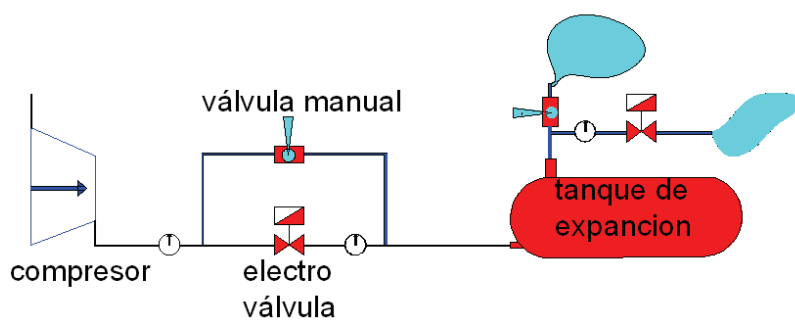


Figura.7.1. Esquema de conexión del compresor al tanque de expansión.

Fuente: Propia.

### 2.3.1. FUNCIONAMIENTO AUTOMÁTICO DEL CALDERO.

Para el correcto arranque y funcionamiento del caldero principal se tiene dos tableros que se encargan de manipular al caldero, estos son:

- **Tablero principal de control y fuerza:** Se encarga del encendido de las bombas de agua y de los sensores como los transductores de presión en la salida del caldero y de las electroválvulas del tanque de expansión.
- **Tablero de control y fuerza del quemador:** Se encarga de todo el proceso de ignición y de control de temperatura en el caldero.

El proceso de arranque y funcionamiento normal del caldero principal de la empresa grupo superior consta de tres etapas, la primera se encarga del encendido de las bombas del suministro de agua así como de la bomba del tanque de expansión y del tablero que manipula al quemador una vez que arranque, el tablero de control se encarga de hacer una revisión de los límites de temperatura en la entrada, salida y chimenea del caldero, durante toda la operación del caldero, también se encarga de chequear si se finaliza la operación de la caldera para ejecutar la instrucción de apagado.

En resumen la primera etapa inicia el funcionamiento del caldero, llamando al proceso de tiempo de pre purga, verificación de agua en el caldero y luego al proceso de arranque del quemador realizando el control de límites, como el chequeo de fotocélula de la llama para verificar la correcta mezcla de aire y de combustible que hace el quemador.

En la segunda etapa se habilitará el ingreso de datos con los valores fijados en los transductores de presión en la salida del caldero verificando siempre que se mantenga la presión normal de trabajo o caso contrario manipular al tanque de

expansión para que suministre el agua al caldero y este tenga un control modulado.

La tercera etapa se encarga de deshabilitar el ingreso de datos y de habilitar al interruptor del control de apagado, para luego llamar al proceso de finalización y apagado del caldero.

### **2.3.2. SISTEMA DE CONTROL DE ENCENDIDO DEL QUEMADOR.**

Una vez que se acciona el interruptor del tablero del quemador, acciona a su vez el motor del ventilador y de la bomba de combustible interna del quemador, aunque el combustible aun no ingresa al quemador ya que la válvula check permanece cerrada.

Al iniciar su funcionamiento el ventilador, realiza una acción de barrido dentro del hogar y de las mamparas y fluxes, esto para eliminar gases de combustión que pudieran encontrarse estancados pudiendo provocar una explosión.

Este proceso varía su duración dependiendo de las dimensiones del caldero con el que se cuenta, siendo desde 1 minuto hasta 30 minutos para calderos industriales de gran capacidad, en el caso del caldero principal de la empresa grupo superior este proceso es mayor de un minuto.

Al termino del proceso de barrido y aun con el ventilador funcionando para la alimentación de aire y poder realizar la combustión, inicia su funcionamiento el transformador de voltaje que proporciona corriente eléctrica a los electrodos de ignición localizados delante de la punta del quemador, por lo tanto se inicia el proceso de ignición por medio de un arco eléctrico.

Si este último proceso se mantiene alrededor de 5 segundos, el sensor fotocélula detector de luz, permite el paso de señal hacia la válvula check para su apertura y permite el flujo de combustible hacia el dispensador de combustible del quemador donde se atomiza el combustible en forma de una fina briza e inicia su combustión.

Si el proceso de combustión se mantiene durante 5 segundos, y esto es corroborado por el sensor de luz, se envía la señal hacia el transformador de voltaje interrumpiendo su trabajo y a su vez el de los electrodos que ya no se requiere su funcionamiento ya que se mantiene la combustión por sí sola.

Si la combustión se interrumpe después de el tiempo estipulado, el sensor de luz dejara de proporcionar su señal y por tanto, se tendrá un paro general del proceso de inicio, obligando a realizar un inspección de los elementos y restablecer el proceso.

### 2.3.2.1. Control de temperatura.



Figura.7.2. Indicador de temperaturas.

Fuente: Propia.

El tablero de control, (ver la figura 7.2.) que se encarga del arranque y del funcionamiento regular que debe hacer el quemador también se encarga de realizar un control de límites e indicación de la temperaturas registradas en la

entrada, salida y en la chimenea del caldero, para que funcione sin contratiempos y se pueda realizar un control adecuado en la manipulación del quemador, que es quien se encarga de gobernar la temperatura en el caldero.

### **2.3.3. SUMINISTRO DE AGUA.**

Para obtener agua sobrecalentada, es necesaria una gran cantidad de energía debido a que se tiene que transformar el agua simple previamente tratada en agua sobrecalentada.

En estas condiciones el agua sobrecalentada debido a su versatilidad y a que es completamente yerma representa un medio de energía, completamente moderno, estéril y seguro con un rendimiento que es capaz de satisfacer completamente la demanda de cualquier industria, por lo que el agua en pre ebullición debidamente producido con un fin específico es utilizado durante la manufactura de diversos productos de consumo humano.

Para la correcta y eficiente producción de agua sobrecalentada se requiere de una gran precisión utilizando un equipo confiable fabricado con los materiales que proporcionen la mayor confianza durante la operación de los dispositivos o máquinas que generen la cantidad y calidad de agua sobrecalentada requerida.

#### **2.3.3.1. Transporte del agua.**

Las pérdidas del agua sobrecalentada producidas en el transcurso del intercambio de calor en el proceso de secado y pre secado de las tres líneas de pasta, se vuelven en el retorno del agua utilizada hacia el caldero principal, debido a que no es la suficiente para abastecer al caldero y este pueda funcionar normalmente.



Debido a esto se cuenta con un tanque de expansión que le abastece de agua de reposición al caldero para su funcionamiento.

Este tanque de expansión está empotrado a 7 m de la caldera principal, en la parte lateral y tiene una capacidad de 8920 litros, pero por motivos de seguridad y de calibración del proceso de operación de la caldera, este tanque solo se lo tiene a una capacidad del 85% como máximo.

Debido a que para elevar su presión, se lo realiza mediante el ingreso de aire proveniente de un compresor instalado en serie con el tanque de expansión, esto con la apertura de una electroválvula que es comandada por un transductor de nomenclatura A y para el descargue de aire se lo realiza también por una electroválvula comandada por otro transductor B, estos transductores están ubicados en la salida de la caldera, esto debido a que permite una mayor rapidez en el aumento y disminución de presión en el suministro de agua de reposición al caldero.

El ingreso del agua al tanque de expansión se lo realiza a través de una bomba de agua ubicada al pie del tanque, y que es controlada por la apertura de una electroválvula que es activada por la señal que presenta un sensor de nivel al indicar una disminución en el nivel de agua en el tanque de expansión, así mismo cuando esta llega a un punto establecido como el 85 % de la capacidad del tanque manda una señal de cierre de la electroválvula y de apagado de la bomba de agua.

#### **2.3.3.2. Control de nivel por vaso o de presión hidrostática y diferencial.**

Es una medición de nivel sencilla y basada en el mismo sistema que “Indicadores de nivel con manómetro”, donde la presión hidrostática de la columna de líquido se mide directamente con un transmisor de presión o de presión diferencial.

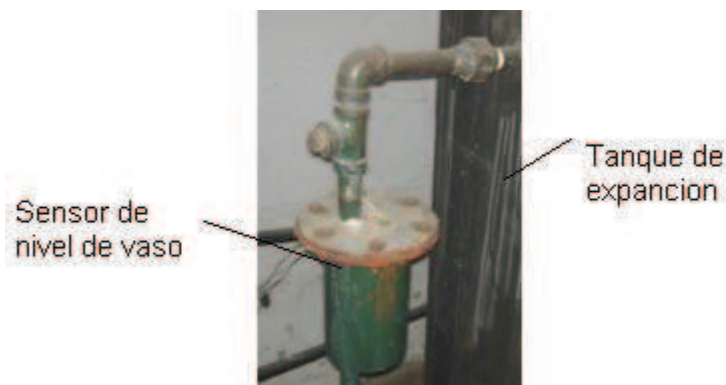


Figura.7.3. Sensor de nivel del tanque de expansión.

Fuente: Propia.

El transmisor se monta en la parte más baja del tanque, de modo que a un lado del vaso se mida la presión ejercida por la columna del líquido, más la sobrepresión del proceso, y en el otro lado del vaso sólo la sobrepresión, ver la figura 7.3.

De esta manera la diferencia de presión es el peso de la columna del líquido, mandando una señal al actuador en este caso una electroválvula cuando esta columna indica bajo nivel y mandando otra señal para des energizar al actuador cuando la columna de agua está en el límite establecido al calibrar este sensor.

## CAPÍTULO 3

### IMPLEMENTACIÓN E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE ALARMAS.

#### 3.1. SISTEMA DE CONTROL.

El sistema anterior que comandaba el funcionamiento del caldero tenía muchas carencias con respecto a la solución y evidencia de problemas que se suscitaban en el equipo tales como:

- **Sobrepresión:** Al existir sobrepresión en la salida del caldero pudiendo ser la causa el aumento de presión en el tanque de expansión debido al mal funcionamiento de la válvula de entrada de aire, el sistema no se desactivaba, únicamente activaba la electroválvula de alivio del tanque de expansión, si por alguna razón esta válvula no se activaba se corría el riesgo de que por última instancia se active la válvula de seguridad del propio caldero , teniendo la posibilidad de un serio daño al mismo.
  
- **Muy baja presión:** Este problema se daba por ejemplo si ocurría algún daño en el impeler de la bomba de agua o falta de aire en el tanque de expansión, provocando que la presión del caldero baje, haciendo que el agua caliente no llegue con suficiente fuerza a todos los sistemas de secado de la planta, por ende en las partes más lejanas no había suficiente temperatura para poder realizar el secado de las pastas.
  
- **Demasiada o muy baja temperatura:** El sistema anterior no evidenciaba con alarmas la disminución o aumento de esta variable, al bajar considerablemente la temperatura en el caldero los sensores de los sistemas de secado daban esa información pero mucho tiempo después

de que ocurrió ese problema, haciendo que los sistemas de secado y producción se paralicen hasta solucionar la falla, lo que conllevaba pérdidas considerables a la empresa.

- **Falla en las bombas de agua:** Si por problemas ya sea de índole eléctrica o mecánica, la protección contra sobrecorriente de los motores eléctricos de las bombas de agua se accionaban el sistema seguía funcionando sin dar ningún tipo de alarma o falla, lo que provocaba que el quemador siga funcionando sin haber recirculación de agua y se produzca vapor en la tuberías por ende disminución de temperatura y el proceso de producción paralizado hasta solucionar el problema; cabe mencionar que cuando se produce vapor es necesario purgar el caldero y el tiempo de restablecimiento de la temperatura es muy prolongado.
- **Falta de agua en el tanque de expansión:** Si por alguna razón el suministro de agua a este tanque se interrumpía, se corrían dos riesgos: la falla de la bomba del tanque ya que se quedaba sin agua, y que el caldero baje su temperatura y se produzca vapor sin que se dé aviso de ese problema.

Esta serie de problemas ocurrían ya que el sistema estaba hecho con la técnica convencional de control por cableado, en esta técnica, es indispensable la interconexión física de todos los elementos involucrados para que el caldero funcionara, donde si se cometía un error durante el proceso de cableado, era necesario reconectar y cualquier cambio en las condiciones del control, implicaba cambios en los componentes de control así como su cableado.

Debido a la necesidad de poder solucionar los problemas anteriores con los que operaba el caldero principal de la planta, se tuvo que implementar un sistema de control de alarmas en tiempo real, que está orientado a la seguridad y a la

información de toda falla que se produzca en el caldero y durante su operación, esto incluye durante el arranque, durante su operación normal y su apagado.

Esta técnica de control mediante alarmas es muy utilizada en las diferentes áreas de producción, para ello, cada una de estas tienen el denominado Controlador Lógico Programable (PLC) comandando su funcionamiento, una de las ventajas del PLC es su función de diagnóstico de problemas, por ejemplo, si se produjera una falla en algún elemento de una línea, inmediatamente se evidenciara el problema en la pantalla de control, indicando que elemento falló y cuál es la solución.

Por lo dicho anteriormente, es indispensable realizar la implementación con la ayuda de un PLC

Los diferentes elementos que forman el sistema de control ya no se interconectan físicamente, sino que se conectan a los bornes de entrada (sensores) y salida (actuadores) del PLC. Las conexiones serie y paralelo de la lógica cableada, se sustituyen por programación mediante software del Controlador.

Los elementos que se han escogido como el PLC, se lo ha hecho tomando en cuenta las siguientes ventajas:

- Independencia del cableado con respecto a la lógica de control.
- Facilidad y rapidez para realizar modificaciones.
- Se tienen funciones de diagnóstico, para ubicar fácilmente la procedencia de errores, mediante mensajes de alerta.
- Espacios más reducidos en el tablero de control.

En el mercado existen varias marcas y modelos de PLC's: Allen Bradley, ABB, Onrom, Koyo direc logic, PLC LOGO! Siemens y otros, los mismos que se clasifican básicamente por el número de entradas y salidas que contengan, para nuestra implementación fue necesario utilizar el PLC LOGO 230RC Siemens por los siguientes motivos:

- Tiene la facilidad de aumentar más módulos de entradas y salidas.
- Programación basada en esquemas de contactos o funciones lógicas mediante software.
- Sus entradas y salidas se acoplan perfectamente con los sensores y actuadores del sistema.
- Tiene la posibilidad de conectar una pantalla externa para visualización de mensajes de estado o alarma.
- Este PLC es muy robusto y resistente, capaz de soportar variaciones de temperatura en el ambiente.
- Su costo, así como sus módulos no son muy altos en comparación con otras marcas de otros fabricantes.

Una vez seleccionado el PLC LOGO se procedió a adaptar todos los elementos del caldero como son; sensores y actuadores existentes, presostatos, termostatos, electroválvulas, sensor de nivel, guardamotors, además de la colocación de 3 nuevos elementos sensores de temperatura como son los sensores de temperatura PT100, que serán utilizadas para dos finalidades, para lectura y la otra para seguridad, es decir, si se presentara una falla que altere las temperaturas de operación de la caldera los sensores mandaran una señal al PLC y este alerte y actúe según como esté programado.

El tanque de expansión que alimenta de agua al caldero está provisto por un sensor de nivel, cuyo accionamiento conmuta un contacto electro mecánico que envía una señal de nivel bajo de agua al PLC y este se encargara según el programa de accionar la bomba para abastecer de agua a este tanque, hasta que el contacto deje de enviar la señal y así la bomba dejara de funcionar.

También el sistema de automatización de alarmas tendrá un control de las bombas de agua del caldero, así como también de la bomba de químicos.

Con la implementación de este sistema de control de alarmas, se garantiza el monitoreo del caldero tomando como datos variables físicas como son presión, temperatura, caudal, a través de dispositivos transductores para cada tipo de variable.

El controlador lógico programable “PLC” se encargara de recibir de los transductores y otros elementos de control y procesar según el diseño del programa, el mismo que determina condiciones óptimas para el encendido del caldero, así como también condiciones desfavorables para su apagado.

Cuando se detecte una falla en la operación del caldero o en cualquier elemento que conforma parte de la instalación el PLC, ejecutara una alarma que será de carácter sonoro y visual además se emitirá un mensaje de información de la ubicación de la falla, a través de una pantalla externa conectada al PLC donde se observara porqué y donde se produjo el problema.

Esto ayudara al personal del departamento de mantenimiento a poder localizarlo inmediatamente y darle solución lo más pronto posible para continuar con el normal proceso de producción de la planta.

El funcionamiento del caldero es de trascendental importancia para la empresa por lo que es de suma importancia su control y monitoreo en cada instante a través de las variables del equipo.

Es por este motivo que se implementa e instala un sistema de control de alarmas, siendo el sistema de control de alarmas el principal control que monitorea y activa la operación del caldero y también forma parte de la activación del sistema de control y monitoreo del quemador de la caldera.

Formando un sistema inteligente fácil de usar y de modificar en el caso de requerirlo, que permite que sus operarios puedan atender de manera eficiente cualquier falla que presente algún elemento que intervienen en la operación del caldero.

### **3.2. INSTRUMENTOS QUE SE HAN IMPLEMENTADO E INSTALADO EN EL SISTEMA DE CONTROL DE ALARMAS DEL CALDERO PRINCIPAL.**

Los procesos industriales exigen el control y la seguridad de los sistemas instalados para la elaboración de los diversos productos que ofrece la empresa grupo superior, por esto es indispensable seleccionar la instrumentación adecuada para implementar sistemas con fiabilidad que se encarguen de monitorear las diversas variables del proceso tales como presión, temperatura, nivel.

Los instrumentos que se han empleado pueden ser utilizados para medir variables físicas, ejercer acciones de control mediante elementos actuadores, transmitir información de un punto a otro, interpretar señales y mediante algoritmos decidir el funcionamiento del sistema.



### 3.2.1. PLC INSTALADO EN EL SISTEMA DE CONTROL DE ALARMAS.

Para seleccionar el hardware con el que se trabajará el proyecto, fue necesario establecer el equipo adecuado para su desarrollo, de entre muchas opciones de PLC's, se escogió al PLC LOGO! 230RC siemens.

### 3.2.2. PLC (LOGO! 230RC SIEMENS).<sup>17</sup>



Figura.7.4. LOGO! 230RC siemens.

Fuente: Manual de LOGO. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/)

LOGO 230 RC Siemens (ver la figura 7.4.), ofrece el control ideal para realizar operaciones de automatización sencillas y sofisticadas, en la industria y en los edificios inteligentes, en el anexo N° 5 se aprecian los datos técnicos del PLC LOGO 230 RC siemens.

Donde en el módulo lógico inteligente se distingue por su insuperable facilidad de manejo y una funcionalidad que no deja casi nada que desear, gracias entre otras cosas a su gran capacidad de memoria y a la utilización eficiente de la misma.

Adicionalmente dispone de módulos de comunicación para AS-Interface y KNX.

---

<sup>17</sup> Manual de LOGO. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/)

### 3.2.2.1. Conexión de la alimentación.

Las variantes 230 de LOGO!, están indicadas para tensiones eléctricas con un valor nominal de 115 V CA/CC y 240 V CA/CC.

Un corte de la alimentación eléctrica podría ocasionar en las funciones especiales activadas por flancos y la generación de un flanco adicional, donde los datos del último ciclo ininterrumpido se guardan en LOGO!

#### 3.2.2.1.1. Conexión recomendada para LOGO.

LOGO! es un aparato de maniobra con aislamiento protector, por lo tanto, no necesita una conexión para conductor de protección, ver la figura 7.5.

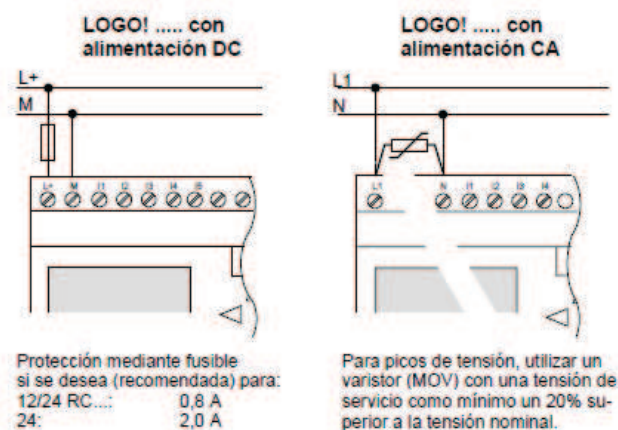


Figura 7.5. Conexión recomendada de LOGO 230 RC.

Fuente: manual de LOGO. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/)

En caso de picos de tensión en la línea de alimentación, se puede utilizar un varistor de óxido metálico (MOV).

Recuerde que la tensión de servicio del varistor debe ser como mínimo un 20% superior a la tensión nominal se recomienda el S10K275.

A las entradas se conectan sensores tales como pulsadores, interruptores, barreras fotoeléctricas, reguladores de luz natural, etc., las características de conexión de algunos modelos LOGO se puede apreciar en la tabla 3

	LOGO! 24 RC/RCo (AC) LOGO! DM8 24 R (CA)	LOGO! 24 RC/RCo (DC) LOGO! DM8 24 R (CC)	LOGO! 230 RC/RCo (CA) LOGO! DM8 230 R (CA)	LOGO! 230 RC/RCo (CC) LOGO! DM8 230 R (CC)
Estado de conexión 0	< 5 V CA	< 5 V CC	< 40 V CA	< 30 V CC
Intensidad de entrada	< 1,0 mA	< 1,0 mA	< 0,03 mA	< 0,03 mA
Estado de conexión 1	> 12 V CA	> 12 V CC	> 79 V CA	> 79 V CC
Intensidad de entrada	> 2,5 mA	> 2,5 mA	> 0,08 mA	> 0,08 mA

Tabla 3: Parámetros de conexión en las entradas del LOGO 230 RC.

Fuente: manual de LOGO. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/)

#### 3.2.2.1.2. Comunicación óptima / rápida

Si desea garantizar una comunicación rápida y óptima entre LOGO! Basic y los diversos módulos, es recomendable disponer primero los módulos digitales y después los módulos analógicos.

#### 3.2.2.1.3. Configuración con clases de tensión diferente normas.

Los módulos digitales sólo pueden conectarse a dispositivos de la misma clase de tensión y los módulos analógicos y de comunicación, (que se mencionan en la tabla 4, tabla 5) pueden conectarse a dispositivos de cualquier clase de tensión.

Presentación Basic.	Módulos de ampliación					
	DM 8 12/24R	DM 8 24	DM 8 24R	DM 8 230R	AM2/ AM2 PT100	CM
LOGO! 12/24RC	x	x	x	–	x	x
LOGO! 24	x	x	x	–	x	x
LOGO! 24RC	x	x	x	–	x	x
LOGO! 230RC	–	–	–	x	x	x
LOGO! 12/24RCo	x	x	x	–	x	x
LOGO! 24o	x	x	x	–	x	x
LOGO! 24RCo	x	x	x	–	x	x
LOGO! 230RCo	–	–	–	x	x	x

Tabla 4: Módulos de extensión compatibles para los diferentes modelos.

Fuente: manual de LOGO. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/)

Módulo de am- pliación	Otros módulos de ampliación					
	DM 8 12/24R	DM 8 24	DM 8 24R	DM 8 230R	AM2/ AM2 PT100	CM
DM 8 12/24R	x	x	x	–	x	x
DM 8 24	x	x	x	–	x	x
DM 8 24R	x	x	x	–	x	x
DM 8 230R	–	–	–	x	x	x
AM2 / AM2 PT100	x	x	x	–	x	x
CM AS-Interface	x	x	x	–	x	x

Tabla 5: Otros módulos de ampliación.

Fuente: manual de LOGO. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/)

### 3.2.2.2. Módulos externos de expansión del LOGO.

Existen módulos adicionales de expansión para entradas digitales y otras especiales como analógicas para sensores de temperatura y otras analógicas

especiales para sensores variables con el tiempo como los análogos, los módulos se aprecian en la figura 7.6.

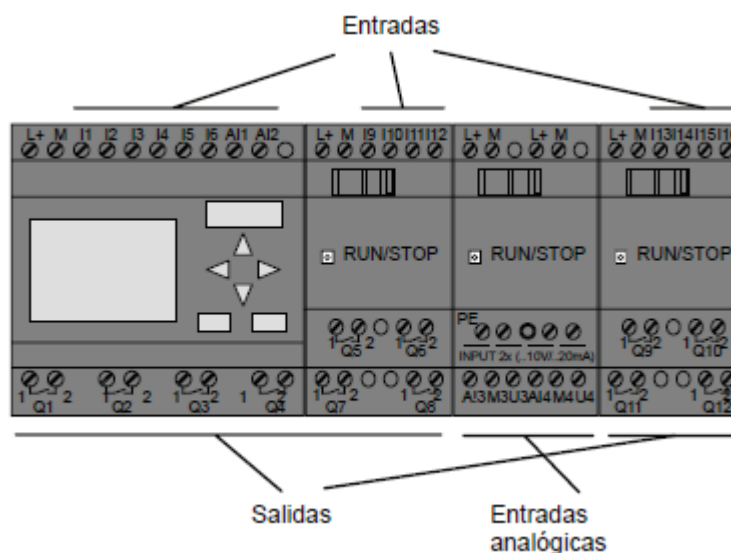


Figura 7.6. Ejemplo de una combinación de varios módulos.

Fuente: manual de LOGO. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/)

### 3.2.2.2.1. Montaje del LOGO! modulares.

La configuración máxima permitida de un LOGO! sin entradas analógicas como puede ser los modelos, (LOGO! 24 RC/ RCo y LOGO! 230 RC/ RCo ), ver la figura 7.7.

I1 ..... I8	I9...I12	I13...I16	I17...I20	I21...I24	AI1, AI2	AI3, AI4	AI5, AI6	AI7, AI8
LOGO! Basic	Módulo digital	Módulo digital	Módulo digital	Módulo digital	Módulo digital	Módulo digital	Módulo digital	Módulo digital
Q1...Q4	DM 8	DM 8	DM 8	DM 8	AM 2	AM 2	AM 2	AM 2
	Q5...Q8	Q9...Q12	Q13...Q16					

Figura 7.7. LOGO! Basic, 4 módulos digitales y 4 módulos analógicos.

Fuente: manual de LOGO. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/)

### 3.2.2.2.2. Módulo de expansión de señales analógicas.

Cada LOGO! Basic se puede ampliar únicamente con módulos de ampliación de la misma clase de tensión.

Mediante una codificación mecánica como las clavijas en la carcasa, se impide que se puedan conectar entre sí dispositivos de una clase de tensión diferente.

Con excepción de la interfaz izquierda de los módulos analógicos y de los módulos de comunicaciones está es libre de potencial. y así es posible conectar estos módulos de ampliación a dispositivos de diferentes clases de tensión.

Todos los módulos LOGO! Basic disponen de las siguientes conexiones para crear el programa, independientemente del número de módulos que se conecten.

- Entradas digitales I1 hasta I24.
- Entradas analógicas AI1 hasta AI8.
- Salidas digitales Q1 hasta Q16.
- Salidas analógicas AQ1 y AQ2.
- Marcas digitales M1 hasta M24.
- Marcas analógicas AM1 hasta AM6.
- Bits de registro de desplazamiento S1 hasta S8.
- 4 teclas de cursor.
- 16 salidas no conectadas X1 hasta X16.

### 3.2.2.2.3. LOGO! AM 2 PT100.

En este módulo de expansión exclusivo para termo resistencia Pt100 se puede realizar una conexión a 2 ó 3 hilos.

Si se selecciona la técnica de conexión a 2 hilos, (ver la figura 7.8.) se deberá aplicar en el módulo un puente de cortocircuito entre los bornes M1+ y IC1 o entre M2+ y IC2.

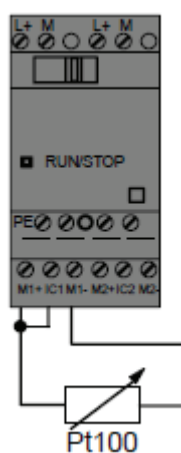


Figura 7.8. Técnica de conexión a 2 hilos.

Fuente: manual de LOGO. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/)

En este tipo de conexión no se produce una corrección del fallo provocado por la resistencia óhmica del cable de medición, de 1  $\Omega$  de resistencia esto equivale a un fallo de medición de +2,5°C.

El tipo de conexión a 3 hilos anula la influencia de la longitud del cable, como es la resistencia óhmica en el resultado de medición, ver la figura 7.9.

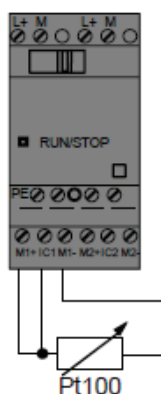


Figura 7.9. Técnica de conexión a 3 hilos.

Fuente: manual de LOGO. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/)

Se debe tomar en consideración si se utiliza el módulo de ampliación LOGO! AM 2 PT100, con una fuente de alimentación sin conexión a tierra, en determinadas circunstancias la temperatura indicada puede oscilar notablemente.

En tal caso hay que conectar la salida negativa y salidas de medición de la fuente de alimentación, con la pantalla de los conductores de medición del termo resistencia, ver la figura 8.0.

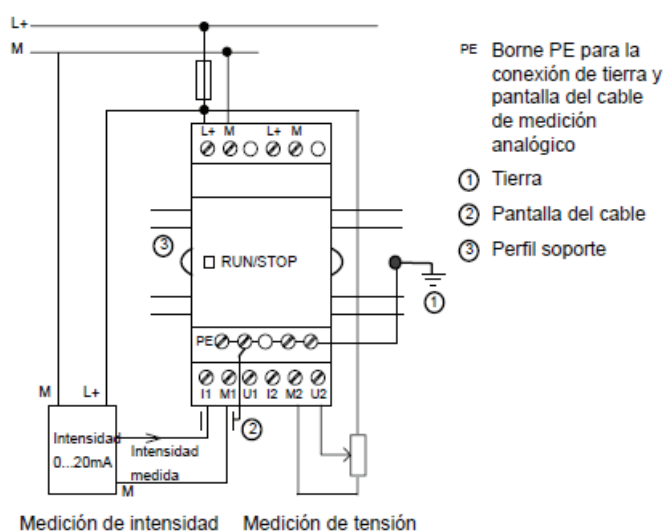


Figura 8.0. Diagrama de conexión de un Logo! AM 2

Fuente: manual de LOGO. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/)



Conforme a las normas de seguridad existentes (VDE0110,... y IEC 61131-2), no es posible conectar fases diferentes a un grupo de entrada (I1–I4 ó I5–I8) de una variante AC o a las entradas de un módulo digital.

#### 3.2.2.2.4. Partes de un módulo AM PT100.

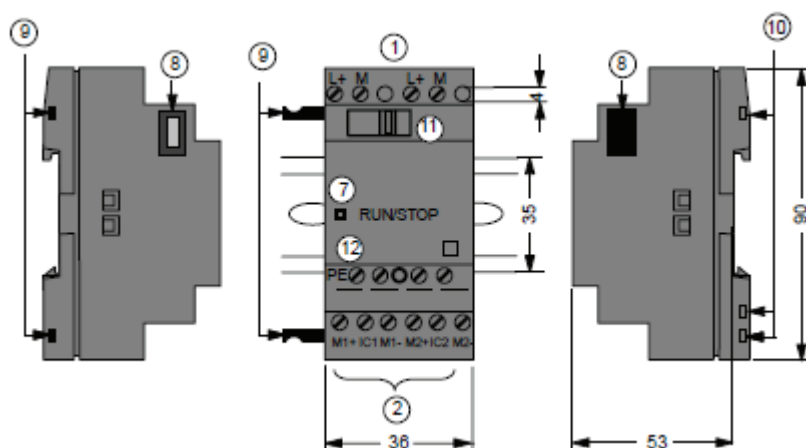


Figura 8.1. Partes y dimensiones de una AM PT100.

Fuente: manual de LOGO. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/)

Los módulos AM2 PT100 generalmente están constituidos de varios elementos que permiten su fácil conexión, estos elementos se enumeraron de manera que se les pueda describir de forma ordenada como se presenta a continuación y se aprecia en la figura 8.1.

- **(1)** Alimentación de tensión.
- **(2)** Entradas.
- **(7)** Indicador del estado RUN/STOP.
- **(8)** Interfaz de ampliación.
- **(9)** Codificación mecánica– clavijas.
- **(10)** Codificación mecánica– hembrillas.
- **(11)** Guía deslizante.
- **(12)** Borne PE para la conexión de tierra y pantalla del cable de medición analógico.

### 3.2.2.2.5. Módulo de expansión de señales digitales.

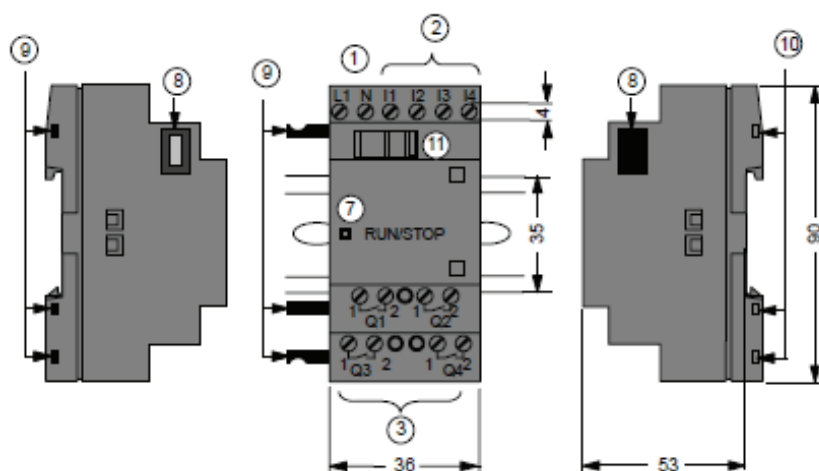


Figura 8.2. Partes y dimensiones de un módulo de expansión de 4 entradas y 4 salidas digitales.

Fuente: manual de LOGO. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/)

Los módulos digitales de expansión de 4 entradas y 4 salidas o de 16 entradas y 16 salidas generalmente están constituidos de varios elementos que permiten su fácil conexión, estos elementos se han enumerado de tal manera que se les pueda describir de forma ordenada como se presenta a continuación y se aprecia en la figura 8.2.

- (1) Alimentación de tensión.
- (2) Entradas.
- (3) Salidas.
- (4) Receptáculo para módulo con tapa.
- (5) Panel de mando (no en RCo) Pantalla LCD (no en RCo).
- (6) Indicador de estado RUN/STOP.
- (7) Interfaz de ampliación.
- (8) Codificación mecánica – clavija.
- (9) Codificación mecánica – hembrillas.
- (10) Guía deslizante.

### 3.2.3. PANTALLA EXTERNA CONECTADA AL PLC.<sup>18</sup>

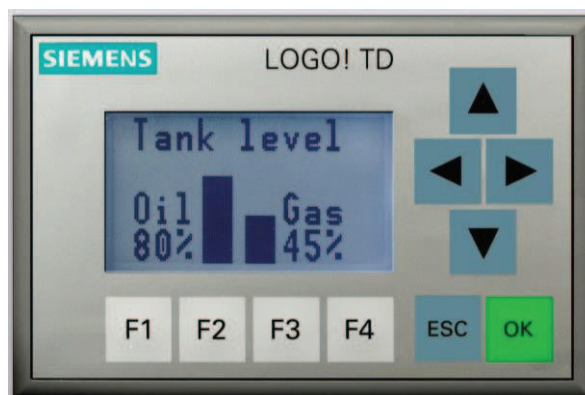


Figura.8.3. Pantalla externa LOGO! TD.

Fuente: Manual de LOGO. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/)

Ahora es posible acoplar al nuevo LOGO! un visualizador de texto suplementario perfectamente adaptado a las necesidades de un módulo lógico, ver la figura 8.3.

Para poder realizar la conexión no se necesita tener un módulo de comunicaciones, la configuración se la puede hacer con el mismo bloque de función del visualizador interno y se puede seleccionar si un aviso ha de aparecer en el visualizador interno o en el externo, o en ambos a la vez.

También los avisos pertinentes al control pueden presentarse en el visualizador, mientras que las informaciones relativas al servicio técnico aparecerán solamente en el armario eléctrico y la retro alimentación de ambos indicadores se puede apagar desde el programa, o conectarse en servicio permanente.

---

<sup>18</sup> Manual de LOGO. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/)



Figura.8.4. Puerto de conexión para una pantalla externa del PLC LOGO!.

Fuente: Manual de LOGO. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/)

El puerto de conexión de la pantalla externa LOGO! TD que proporciona el PLC LOGO! 230RC siemens, se puede apreciar en la figura 8.4.

El LOGO! TD se suministra con cable de interfaz para la conexión a cualquier módulo de base 0BA6 polaridad de alimentación independiente para la toma de alimentación de 12 V DC o 24 V AC / DC, contraste y control de retro iluminación pantalla idéntica a la de un módulo de base "Basic" mensaje de texto o variante independiente muestra.

IP65 cuando está correctamente montado en el panel 6 botones de entrada táctiles idénticas a "Básic" del módulo base variante.

Hay otros 4 botones de función de entrada para las entradas directamente en el código del programa se configura fácilmente con el bloque de función de mensaje de texto en el código del programa.

Los datos técnicos y de dimensionamiento se pueden apreciar en el anexo N° 6

### 3.2.4. SENSORES DE TEMPERATURA INSTALADO EN EL SISTEMA DE CONTROL DE ALARMAS.<sup>19</sup>

Se implemento e instalo tres RTD´s llamados también PT100, estos sensores de temperatura de características técnicas que se destaca su especial sensibilidad, precisión y fiabilidad, que están disponibles en cualquier forma y tamaño constituidos con materiales como el acero inoxidable, el aluminio, el bronce, la cerámica y el nylon rígido.

Las PT100, (ver la figura 8.5.) están preparadas para trabajar en ambientes industriales y de uso continuo, se aplican habitualmente en todos los campos de aplicación donde la temperatura máxima de trabajo sea igual o menor de 650°C o 1200°F.

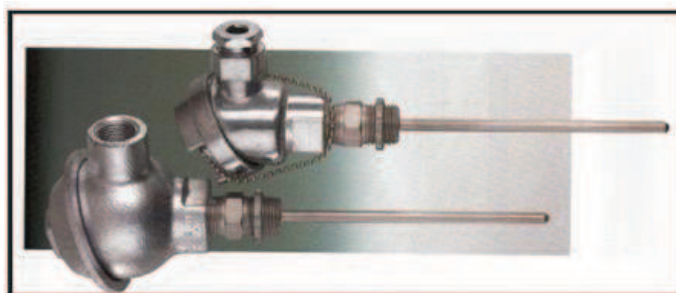


Figura.8.5. Diagrama de un sensor RTD PT100.

Fuente: Medición y Control de Procesos Industriales, Gustavo Villalobos O, Raúl Rico R, Fernando Ortiz H, Marcela Montufar N, pagina. 121.

Estos sensores de temperatura están instalados en la chimenea que se encuentra en la parte posterior del caldero principal, ver la figura 8.6.

---

<sup>19</sup> <http://www.technics.com.ar/productos-siemens/es/Notas%20y%20articulos/1680.htm>



Figura. 8.6. PT100 implementado en la chimenea del caldero principal.

Fuente: Propia

También están instalados en la entrada y salida del caldero, ver la figura 8.7.

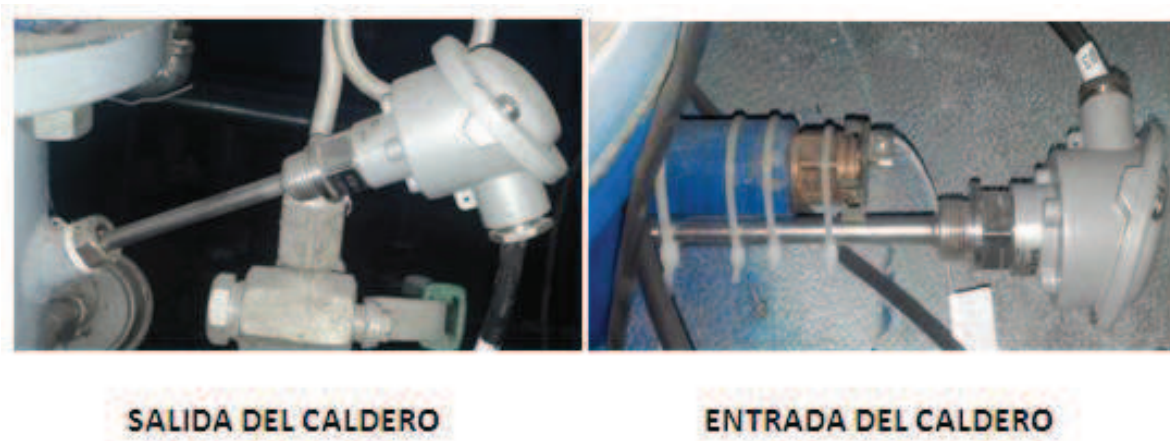


Figura. 8.7. PT100 implementado en la entrada y salida del caldero principal.

Fuente: Propia.

### 3.2.4.1. Selección del sensor.<sup>20</sup>

El sensor de temperatura que se ha implementado e instalado en las inmediaciones del caldero principal exactamente en la entrada, salida y en la chimenea, tiene una constitución técnica, ver la figura 8.8.

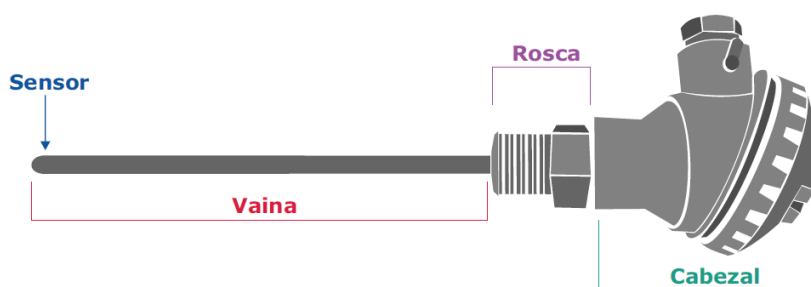


Figura.8.8. Diagrama en detalle del diseño de la PT100 implementada en el sistema de control de alarmas.

Fuente: [www.exemys.com](http://www.exemys.com).

La PT100 instalada tiene especificaciones técnicas que de acuerdo a su constitución (ver la figura 8.9.) y características de operación nos permite realizar un control de temperatura, están especificadas de construcción se aprecian en el anexo N° 7

TC K Acero Inox. 150mm 6.35mm 1/4" BSP Aluminio DIN C

SENSOR                      VAINA                      ROSCA                      CABEZAL

Figura.8.9. Diagrama de las características de la PT100 implementada en el sistema de control de alarmas.

Fuente: [www.exemys.com](http://www.exemys.com).

### 3.2.4.2. Conexión de una PT100.<sup>21</sup>

La conexión está compuesta por un sensor de temperatura PT100 que contiene un resistor que varía dependiendo de la temperatura, donde para evaluar la señal de la PT100 se hace pasar a través de este una corriente constante y así poder medir la caída de tensión en ella, debido a que este sensor es un dispositivo pasivo y no genera por sí solo una diferencia de potencial en su salida se le conecta a un módulo intermedio AM2 Pt100 (ver la figura 9.0.) que es capaz de censar las variaciones de resistencia para luego trasladarlas con parámetros adecuados al PLC en este caso al LOGO! 230RC, linealizando además la respuesta del RTD y permitiendo visualizar la temperatura del proceso en tiempo real en la pantalla del LOGO.

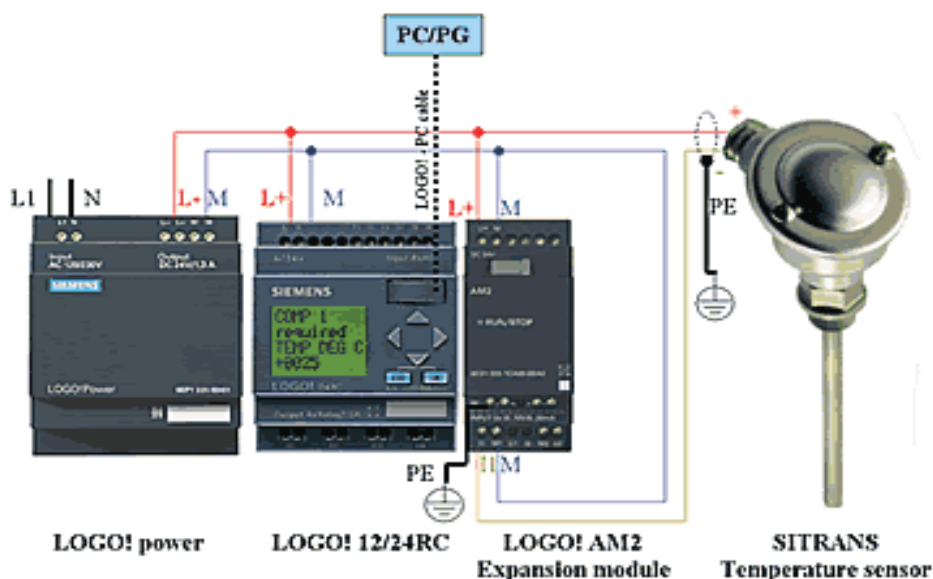


Figura. 9.0. Conexión de una PT100 al LOGO! 230 RC

Fuente: <http://www.distribuidor-oficial-siemens-productos-electricos.control-technics.com.ar/productos-siemens/es/Notas%20y%20articulos/1680.htm>

<sup>20</sup> www.exemys.com.



Para realizar la conexión del sensor RTD al módulo AM2 PT100, se debe considerar que el sensor contiene internamente un resistor PT100 que está constituido por un alambre de platino, el cual presenta una resistencia de 100 ohmios cuando se encuentra sometido a una temperatura de 0°C y al aumentar la temperatura su resistencia se incrementa tal como lo muestra en forma aproximada la figura 9.1.

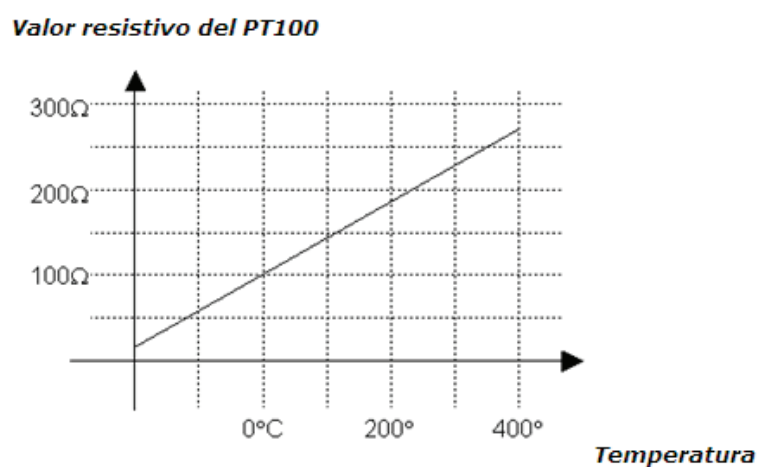


Figura. 9.1. Diagrama de la temperatura vs el valor en ohmios de la PT100

Fuente: <http://www.distribuidor-oficial-siemens-productos-electricos.control-technics.com.ar/productos-siemens/es/Notas%20y%20articulos/1680.htm>

Este incremento no es totalmente lineal, razón por la cual se debe recurrir a tablas que explican con detalle estos valores que se las puede apreciar en el anexo N° 8

Para realizar la conexión de un sensor PT100 se tiene tres formas básicas las cuales se las efectúa, mediante un circuito de dos, tres o cuatro hilos conductores,

---

<sup>21</sup> <http://www.distribuidor-oficial-siemens-productos-electricos.control>

### 3.2.4.2.1. Conexión con tres hilos.

Este tipo de conexionado resuelve el inconveniente del error generado por la resistencia interna de los cables y es el más común que se puede encontrar en las instalaciones, su única condición es que la resistencia interna de los tres cables debe ser la misma debido a que el sistema de medición por lo general utiliza un puente de wheatstone mediante el cual se obtiene una tensión diferencial que puede ser acondicionada para llevar a cabo la medición.

El tipo de conexión a 3 hilos, (ver la figura 9.2.) anula la influencia de la longitud del cable en el resultado de medición, pues mide la resistencia entre el borne 2 y 3 para luego restar este valor a la medición de interés dada entre los bornes 1 y 2.

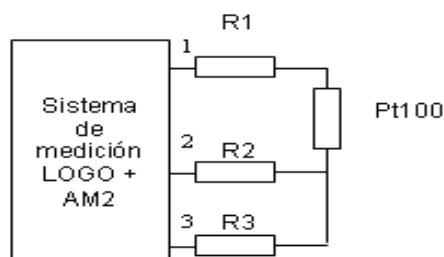


Figura.9.2. Conexión a 3 hilos de una PT100.

Fuente: <http://www.distribuidor-oficial-siemens-productos-electricos.control-technics.com.ar/productos-siemens/es/Notas%20y%20articulos/1680.htm>

### 3.2.4.2.2. Consideraciones adicionales sobre la conexión de un Pt100.

La corriente que atraviesa la PT100 es suministrada por el dispositivo de medición, se denomina “corriente de excitación”, y se encuentra en el rango de 0.1 mA a 2 mA, donde si el aparato medidor genera una corriente demasiado alta, puede calentar demasiado a la PT100 originando un error de medición, sobre todo si el sensor con que se está trabajando es pequeño.

En los tres sensores de temperatura PT100 implementados e instalados se utilizó la conexión de tres hilos, como se observa en la figura 9.3.

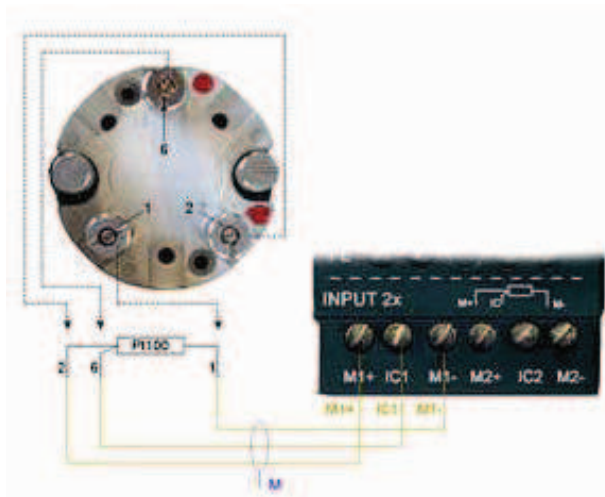


Figura.9.3. Diagrama de conexión de una PT100 en un circuito de 3 hilos.

Fuente: <http://www.distribuidor-oficial-siemens-productos-electricos.control-technics.com.ar/productos-siemens/es/Notas%20y%20articulos/1680.htm>

### 3.3. INSTALACIÓN Y CABLEADO DEL SISTEMA DE CONTROL

Para la instalación del sistema de control de alarmas se han tomado en consideración normas básicas de instalaciones de sistemas de control como es el calibre de los conductores, borneras, protecciones, el espacio físico necesario, etc.

#### 3.3.1. MONTAJE DEL TABLERO DE CONTROL.

Para poder realizar la implementación del sistema de control de alarmas se debió considerar la mejor ubicación para el tablero de control, que esté accesible a los operadores y que se encuentre cerca de los elementos a controlar en las inmediaciones del caldero principal, así como también se debe considerar la cantidad y forma de los elementos que se van a instalar, para dimensionar al

tablero y proceder a la distribución de cada uno de los dispositivos que se instalarán en él, ver la figura 9.4.



Figura.9.4. Forma de distribución del tablero de control a implementar.

Fuente: <http://www.seltir.com/>

### **3.3.2. INSTALACIÓN DE LOS ELEMENTOS EN EL TABLERO DE CONTROL.**

Para la instalación de los elementos se ubicaron canaletas para ordenar los cables y también se instalaron rieles DIN para ubicación de equipos como; dispositivos de control, protecciones térmicas, porta fusibles, borneras para ordenar las entradas y salidas, y se colocaron relés que ejecutarán el control del sistema.

En vista que el consumo de voltaje del PLC es de 115-240 V CA/CC según lo especificado en los datos técnicos y se tienen circuitos externos alimentados al mismo voltaje como el módulo de expansión LOGO! DM 16 230RC, así como también se tiene otros elementos con diferente voltaje como el módulo AM2 PT100, se decidió por alimentar al controlador lógico programable con red

trifásica a 220V CA la cual se la obtiene del tablero de control del caldero secundario de alado, como se observa en la figura 9.5.



Figura. 9.5. Tablero que abastece de energía al tablero de control de alarmas.

Fuente: Propia.

Para proteger el circuito y al equipo instalado de cortocircuitos y sobre corrientes se instalo protecciones como térmicos trifásicos y bifásicos, así como también portafusibles, como se muestra en la figura 9.6.



Figura. 9.6. Protecciones instaladas en el tablero.

Fuente: Propia.

También se seleccionó una fuente de alimentación de 24V CC, 5A CC (ver la figura 9.7.), cuya alimentación es de 110V CA, donde para la protección de los circuitos de entradas y salidas se emplea fusibles de 2A.



Figura. 9.7. Fuente de alimentación de 24V CC, 5A CC.

Fuente: Propia.

En la instalación del PLC y los módulos de expansión primero se instala el riel DIN de soporte en donde se ubicara el PLC LOGO! 230 RC y los módulos digitales de entrada y de salida, los módulos analógicos de entrada y salida respectivamente en el perfil de soporte que es atornillado al tablero, ver la figura 9.8.



Figura.9.8. LOGO! 230 RC y los módulos de expansión instalados.

Fuente: Propia.



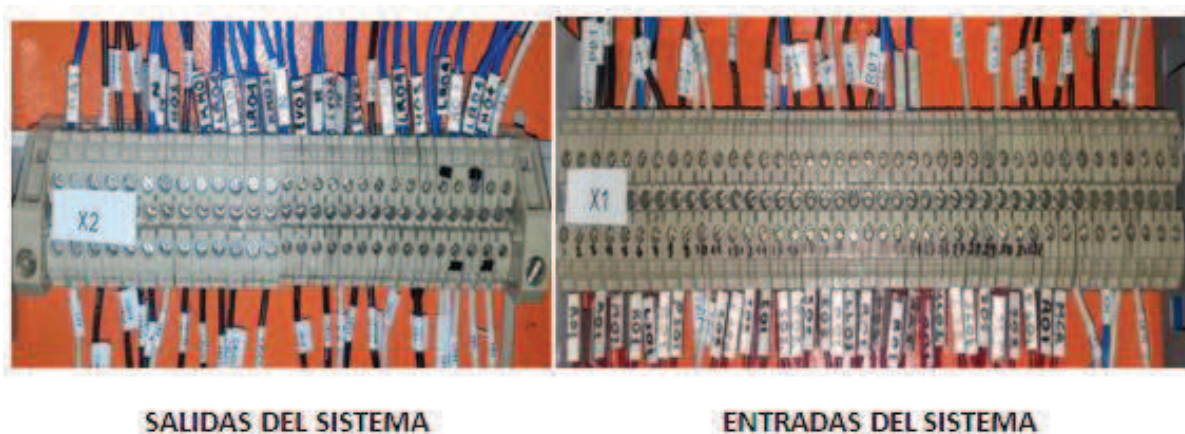
La puesta a tierra de todos los dispositivos electrónicos es muy importante para la protección contra Interferencias y ruido eléctrico en los elementos sensores, ver la figura 9.9.



Figura. 9.9. Puesta a tierra de los elementos instalados en el tablero.

Fuente: Propia.

Para poder realizar la instalación de todas las entradas y salidas del sistema de control se acoplan las señales de campo mediante borneras, ver la figura 10.0.



SALIDAS DEL SISTEMA

ENTRADAS DEL SISTEMA

Figura 10.0. Borneras instaladas para las entradas y salidas del sistema.

Fuente: Propia.

### 3.3.3. INSTALACION DEL CABLEADO DEL SISTEMA.

En la instalación del cableado del sistema se usó el conductor N° 18 AWG y se codifico usando la lógica de control para conectar todos los elementos dentro del tablero de control.

En las señales analógicas se utilizó cable de instrumentación apantallado de 10 hilos, como se puede apreciar en la figura 10.1.

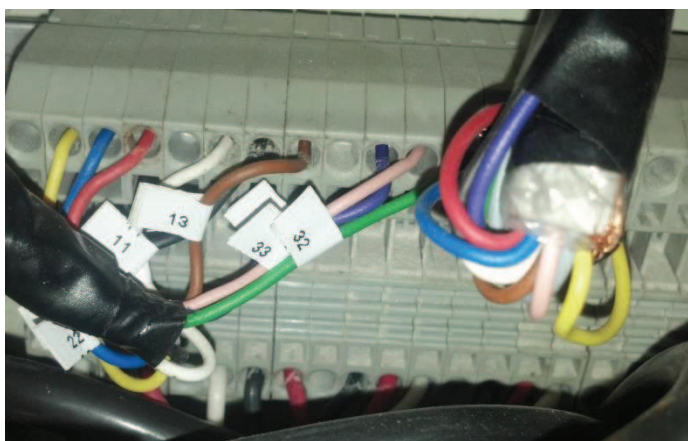


Figura.10.1. Conductor utilizado para la instalación de los sensores analógicos.

Fuente: Propia.

Las señales tanto analógicas como digitales se tomaron desde los bornes de una caja de revisión y conexión instalada para este fin,(ver la figura 10.2.) también se realizo un cableado externo para poder conectar todos los elementos que se encontraban en las inmediaciones del caldero principal y dentro de los tableros de control del quemador y de encendido de las bombas de agua, donde para poder realizar el cableado se tuvo que instalar canaletas en todas las cercanías del caldero para que protejan a los conductores y sea más estético la implementación de sistema, esto se puede apreciar en la figura 10.3.





Figura.10.2. Cajas de revisión y conexión de los elementos sensores.

Fuente: Propia.



Figura.10.3. Canaletas instaladas en las inmediaciones del caldero.

Fuente: Propia.

Todo el cableado se lo realizo con el mayor cuidado posible siguiendo normas de conexión en los sistemas de control y se los codifico con etiquetas para una fácil identificación, se puede apreciar esto en la figura 10.4.

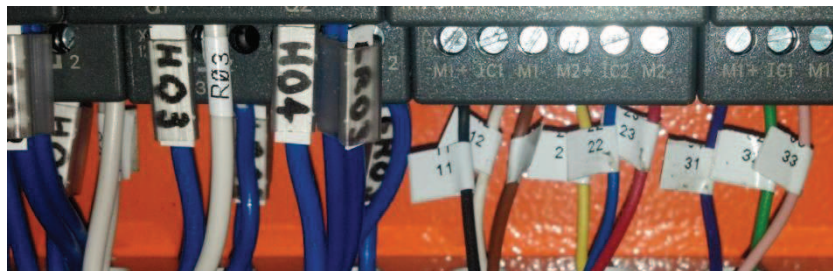


Figura.10.4. Codificación del cableado.

Fuente: Propia.

Debido a que los operarios realizan el encendido y apagado del caldero principal de manera manual, se instalo e implemento pulsadores y selectores (ver la figura 10.5.) que facilitan al operario y al personal de mantenimiento el arranque del proceso de encendido y paro de emergencia del caldero de forma manual en caso de requerirlo, así como un reseteo de todo el sistema para poder reiniciar el funcionamiento del caldero

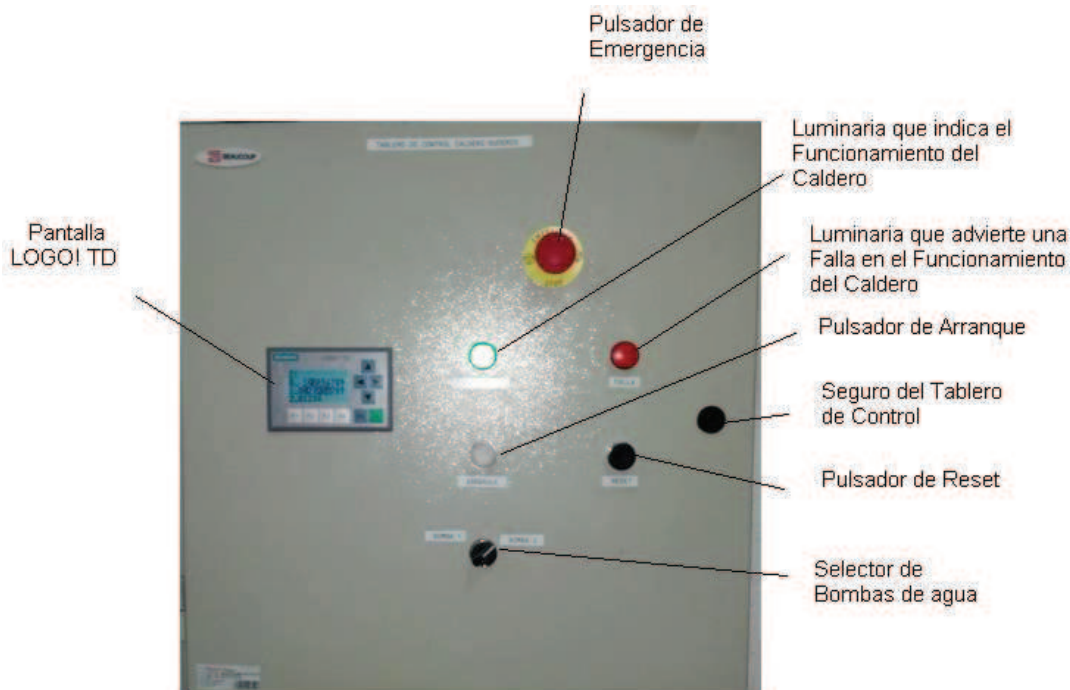


Figura. 10.5. Vista exterior del tablero instalado.

Fuente: Propia.

El sistema de control instalado e implementado para el control de alarmas del caldero principal se lo puede observar en la figura 10.6.

El tablero de control se encuentra preparado para la programación y listo para las pruebas finales eléctricas de conexión.

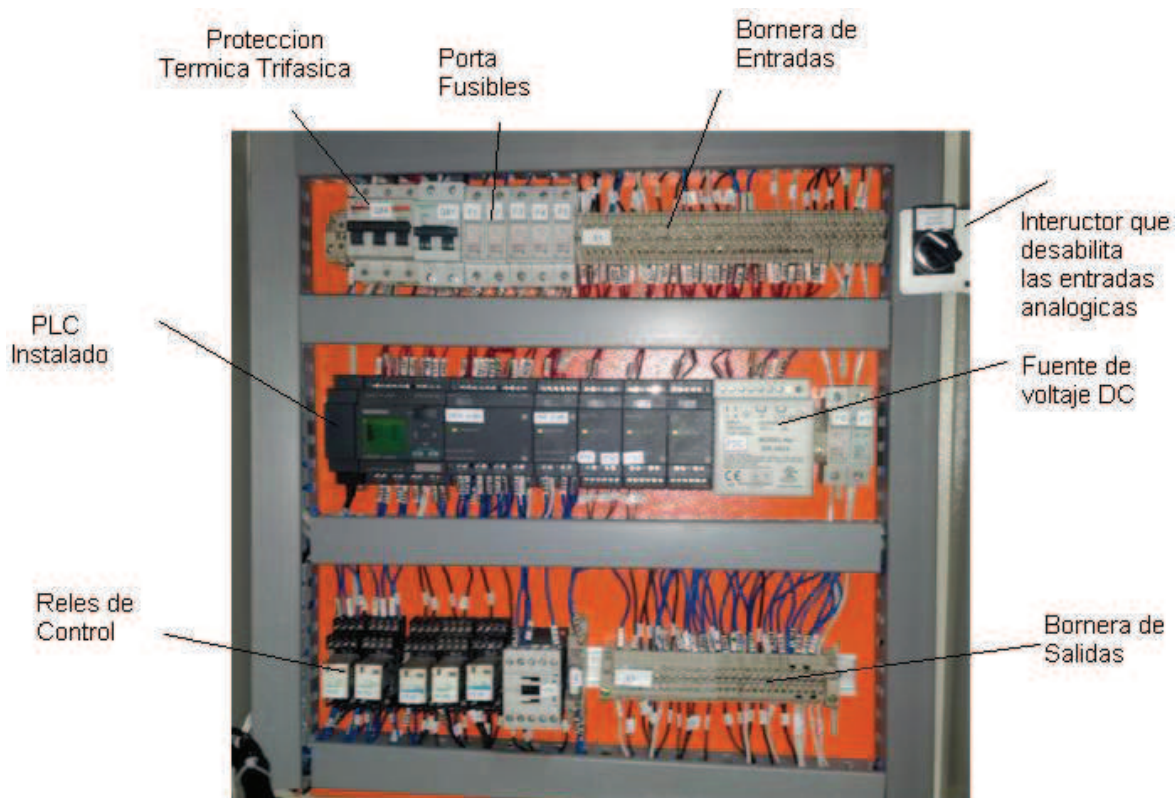


Figura. 10.6. Vista por dentro del tablero instalado e implementado.

Fuente: Propia.

Los planos conexión de control y de fuerza de los dispositivos instalados en el tablero de control del sistema se los pueden apreciar en el anexo N° 9

## **CAPÍTULO 4.**

### **PROGRAMACIÓN DEL PLC Y SOFTWARE DE VISUALIZACIÓN.**

#### **4.1. PROGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL PLC (LOGO! 230RC SIEMENS).<sup>22</sup>**

El programa que permite la operación del PLC es el LOGO! Soft Comfort es especial por lo fácil y rápido de su manejo, debido a que permite la creación de esquemas de contactos y diagramas de funciones, seleccionando las funciones correspondientes y sus interconexiones

Permite realizar una prueba sencilla del programa de control completo mediante simulación offline en el PC y prueba online con el sistema en marcha, ahora en ambos modos de representación del programa, así como facilita una documentación profesional con toda la información requerida sobre el proyecto, incluidos comentarios y programas.

También se debe tomar en cuenta que la programación del PLC, se la puede realizar directamente desde el hardware, esto gracias a que el PLC LOGO! 230 RC cuenta con 6 teclas que sirven para crear rápidamente programas de control sencillos.

---

<sup>22</sup> Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

## 4.2. PROGRAMACIÓN DEL PLC<sup>23</sup>

La sistematización del PLC se realiza mediante un computador, que posea las características requeridas por el software con el que se creará un programa que seguidamente será enviado a la unidad controladora, por medio de puerto de comunicación PC – PLC mediante un cable de interfaz USB.

Logo Soft Comfort tiene capacidad de servidor brindando una amplia manipulación de funciones y funcionalidades para la elaboración de un programa.

Para proceder a elaborar un programa en Logo Soft Comfort se necesita que este software se encuentre instalado en el computador, la instalación del software se la realiza mediante los siguientes pasos:

Donde primero se ingresa en el computador la unidad instaladora del programa, para después realizar un doble clic en el icono “Setup21. exe” (ver la figura 10.7.) y proceder con el proceso de instalación de Logo Soft Comfort.

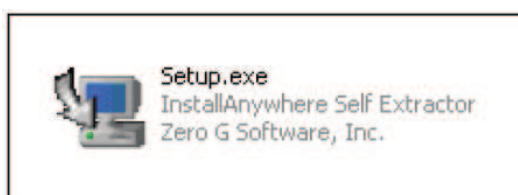


Figura.10.7. Icono instalador del software Logo Soft Comfort.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

---

<sup>23</sup> Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

Después de un periodo corto de tiempo se muestra una ventana indicando que se está preparando la instalación, ver la figura 10.8

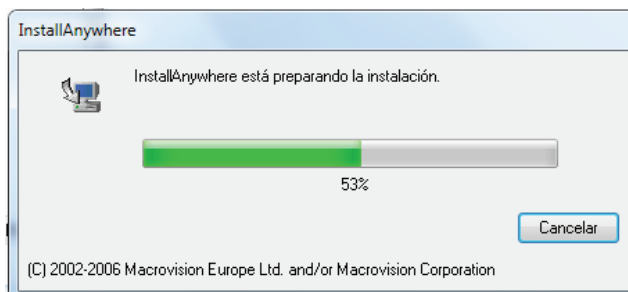


Figura.10.8. pantalla que indica que el sistema se está preparando.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

Una vez que esta desaparece se muestra otra ventana en donde el inicio de la instalación da comienzo pidiendo el idioma de preferencia con el que se desea operar el software (ver la figura 10.9.), para esta selección se realiza un clic en el botón OK.

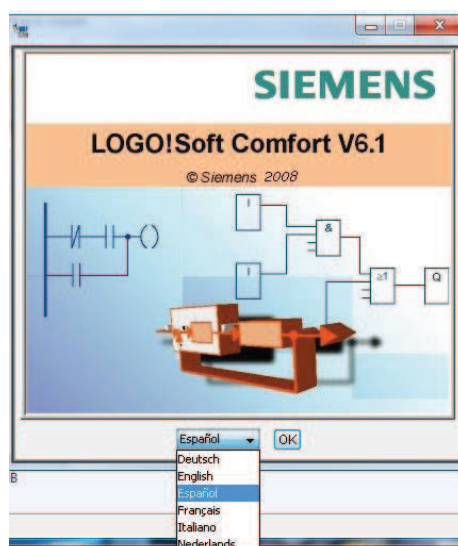


Figura.10.9. Pantalla para escoger el idioma.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).



Seguidamente aparece otra ventana (como se aprecia en la figura 11.0), en donde se indica ciertos parámetros necesarios que se debe aceptar para poder seguir con la instalación del software,

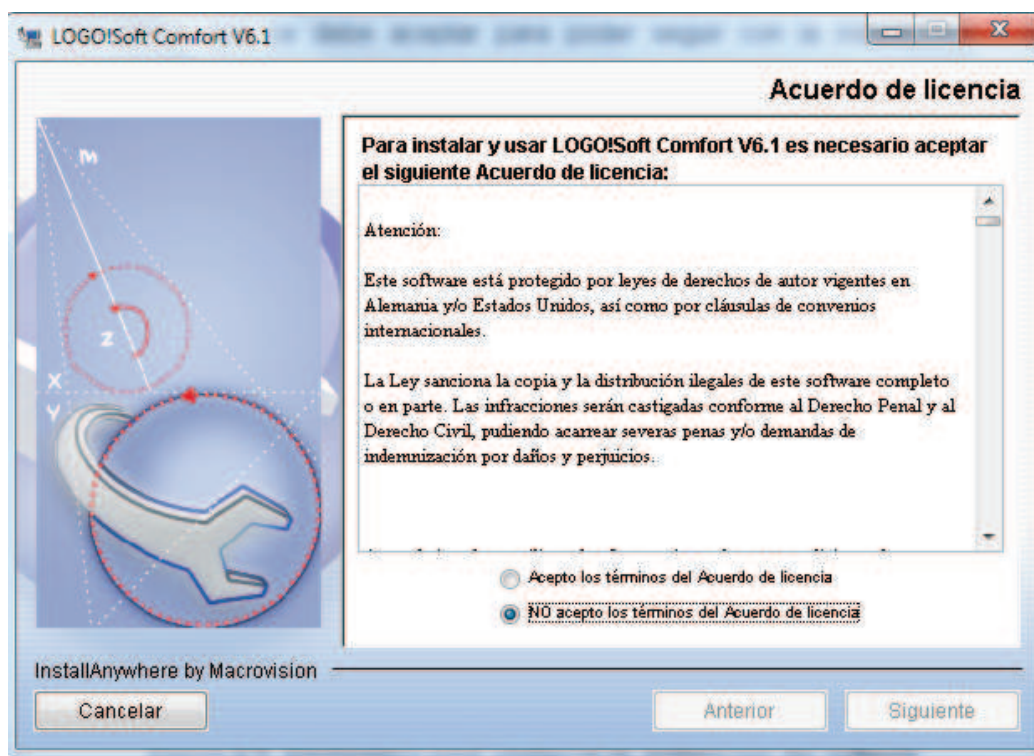


Figura.11.0. Parámetros para continuar la instalación del software.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

Otro requisito que se debe confirmar, es el de especificar en donde se desea que se almacene la instalación del software, donde lo recomendable es que se realice en la carpeta que se guardan todas las instalaciones de los programas existentes en el computador, una vez seleccionado esto se debe aceptar el botón siguiente, ver la figura 11.1.



Figura.11.1. Selección de directorio para almacenar el programa.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

El siguiente requisito es la ubicación que se desea tener el acceso directo del software, una vez escogido se debe seguir al paso siguiente aceptando este botón, ver la figura 11.2.



Figura.11.2. selección del acceso directo.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).



Seleccionada la ubicación del acceso directo al programa, aparecerá una ventana indicando que el software se está cargando en el PC, como se puede observar en la figura 11.3.

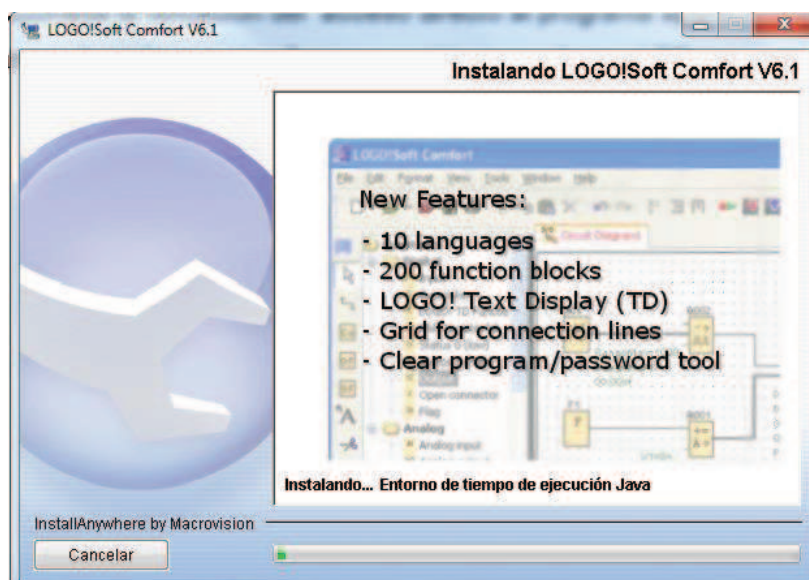


Figura.11.3. Pantalla que indica que el software se está cargando.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

Después de que la instalación ha finalizado se debe reiniciar el equipo y esperar para que el software se encuentre instalado en su totalidad, entonces aparecerá una representación gráfica o icono en el cual es utilizado para identificar el acceso directo al programa Logo Soft Comfort en la ubicación que se haya seleccionado como acceso directo, ver la figura 11.4.



Figura.11.4. Icono para acceso directo al programa.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

Ahora ya se puede acceder a revisar el software, entonces procedemos a explicar el procedimiento a seguir para editar un programa y utilizar las herramientas del software adecuadamente.

Al hacer doble clic en el icono de acceso directo se ejecuta el programa y nos permite iniciar la sección donde se desplegará una ventana con una barra de herramientas, (ver la figura 11.5.) en esta ventana se deberá hacer clic en la opción nuevo y de esta forma empezar a utilizar el software para crear nuestra lógica de control.

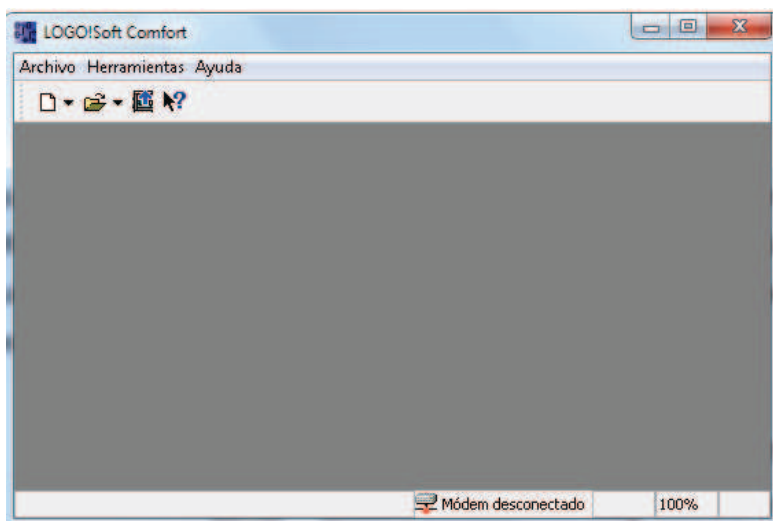


Figura.11.5. Ventana para inicio de programación.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

En seguida se presenta la ventana de interfaz de usuario (como se aprecia en la figura 11.6.), en esta ventana se encuentra las herramientas y funciones para realizar nuestra lógica de control para nuestro sistema de control, es decir que en este espacio se hallan las opciones de funciones y enlaces del programa.

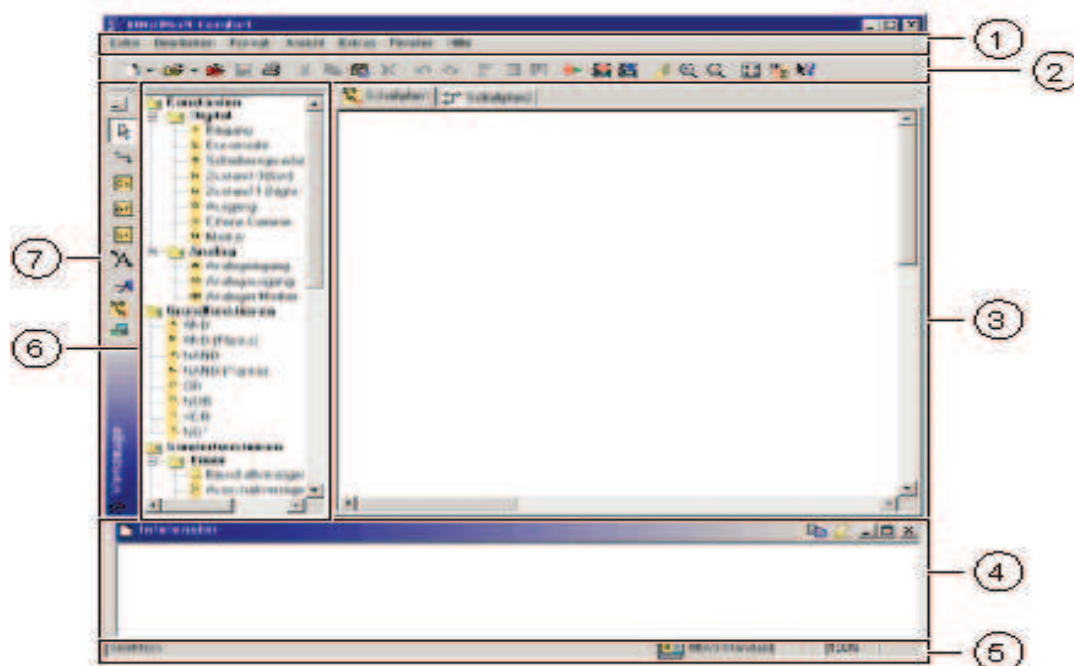


Figura.11.6. Ventana de interface.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

La ventana de interface generalmente está constituida de varias herramientas que ayudan y facilita la programación de el PLC, estas herramientas se han enumerado de tal manera que se les pueda describir de forma ordenada como se presenta a continuación y se aprecia en la figura 11.6.

1. barra de menús.
2. barra de menú "estándar"
3. interfaz de programación.
4. ventana de información.
5. barra de estado.
6. funciones básicas (para editor FBD).
7. barra de herramientas.

#### 4.2.1. BARRA DE MENÚS.

En la parte superior de la ventana se encuentra la barra de menús (ver la figura 11.7.), esta contiene los distintos comandos para editar y gestionar los programas, incluyendo también ajustes predeterminados y funciones para transferir el programa y al LOGO!



Figura.11.7. Barra de menú.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

#### 4.2.2. BARRA DE HERRAMIENTAS ESTÁNDAR.

Esta barra (ver la figura 11.8.), forma parte de la barra de menú y permite acceder en forma directa a las principales funciones del software, como son crear un nuevo programa, guardar, imprimir, cortar copiar, etc.

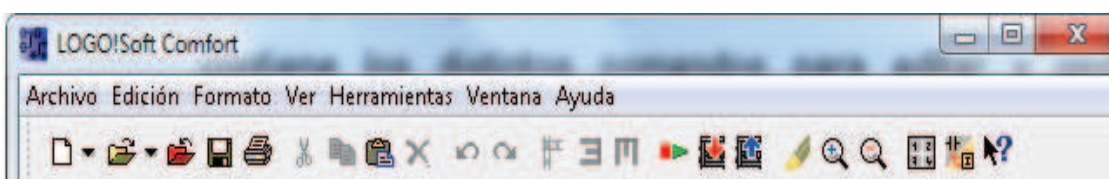


Figura.11.8. Barra de herramientas estándar.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

### 4.2.3. VENTANA DE INFORMACIÓN.

Esta ventana permite apreciar los datos e indicaciones, además se presentan los módulos LOGO recomendados como posibles módulos para un respectivo programa.

De este modo, en caso de que tenga abiertos varios programas, sabrá a qué programa en particular se refieren los distintos avisos.

Cuando se inicia la simulación, el programa se analiza con respecto a sus recursos y al dispositivo LOGO! que se va a utilizar.

Los recursos utilizados y los eventuales avisos de error se visualizan en la ventana de información, como se puede apreciar en la figura 11.9

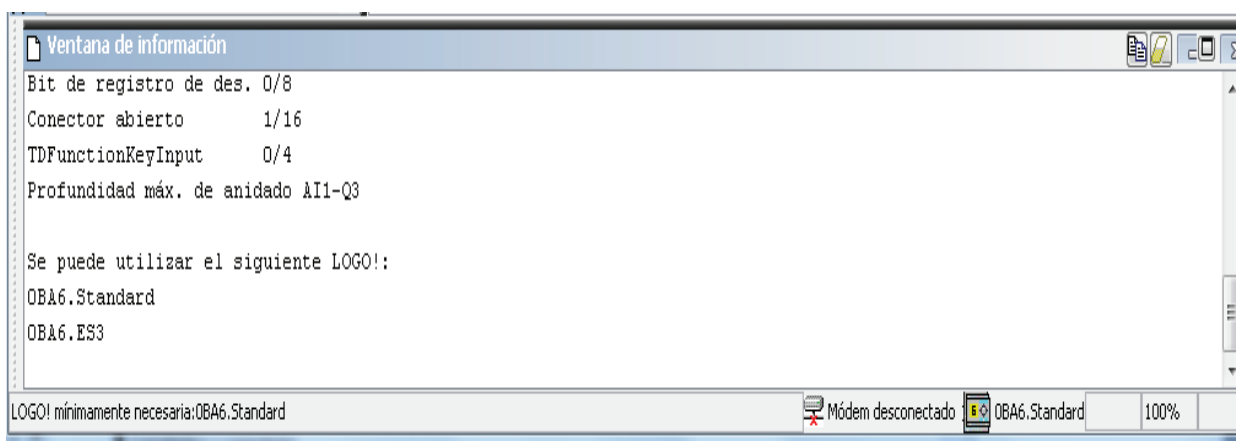


Figura.11.9. Ventana de información.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

#### 4.2.4. BARRA DE ESTADO.

La barra (ver la figura 12.0) nos muestra la información respecto a la herramienta activa, el estado del programa, el valor del zoom ajustado, la página general del esquema y el dispositivo seleccionado.



Figura.12.0. Barra de estado.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).<sup>[19]</sup>

#### 4.2.5. BARRA DE HERRAMIENTAS.

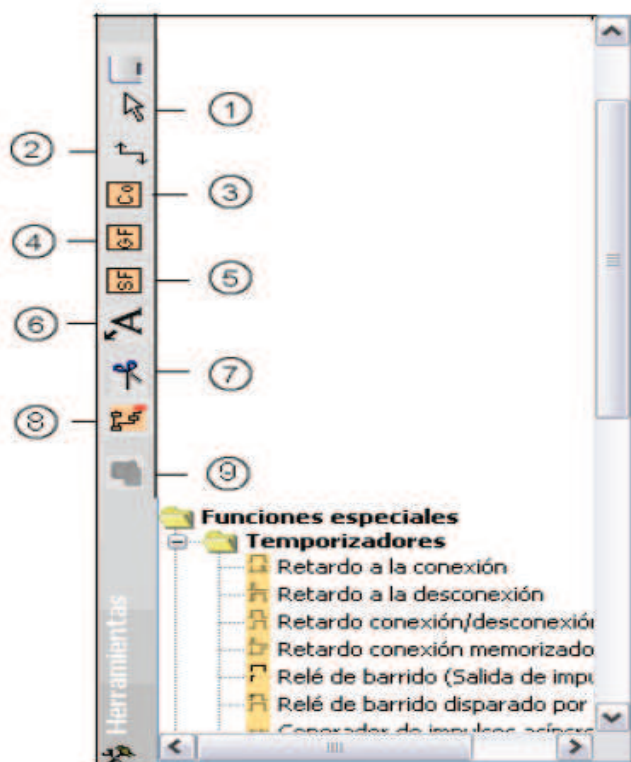


Figura.12.1. Barra de herramientas.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

La barra de herramientas generalmente está constituida de varios botones que ayudan a crear, procesar y comprobar programas, cada una de estas herramientas constituye un modo de edición, en el que las acciones del ratón tienen repercusiones diferentes.

Estos botones se han enumerado de tal manera que se les pueda describir de forma ordenada como se presenta a continuación y se aprecia en la figura 12.1.

1. **Herramienta de selección:** Este elemento es utilizado para la selección y desplazamiento de bloques, textos y líneas de conexión, esta herramienta se puede activar pulsando la tecla Esc o haciendo clic en el icono que se aprecia en la figura 12.2.



Figura.12.2. Icono de selección.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

2. **Herramienta de conexión:** Esta herramienta permite conectar las entradas y salidas de los bloques ubicados, su icono se aprecia en la figura 12.3.

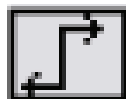


Figura.12.3. Icono de conexión.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

3. **Constantes y bornes de conexión:** Esta herramienta es utilizada cuando se necesita posicionar bloques de entrada, bloques de salida, marcas o constantes en el entorno de la programación, es decir que al seleccionar esta opción se despliega otra barra de herramientas, su icono se aprecia en la figura 12.4.

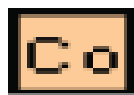


Figura.12.4. Icono de constantes y bornes de conexión.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

En la figura 12.5 se muestra todas las opciones que se tiene en constantes y bornes de conexión

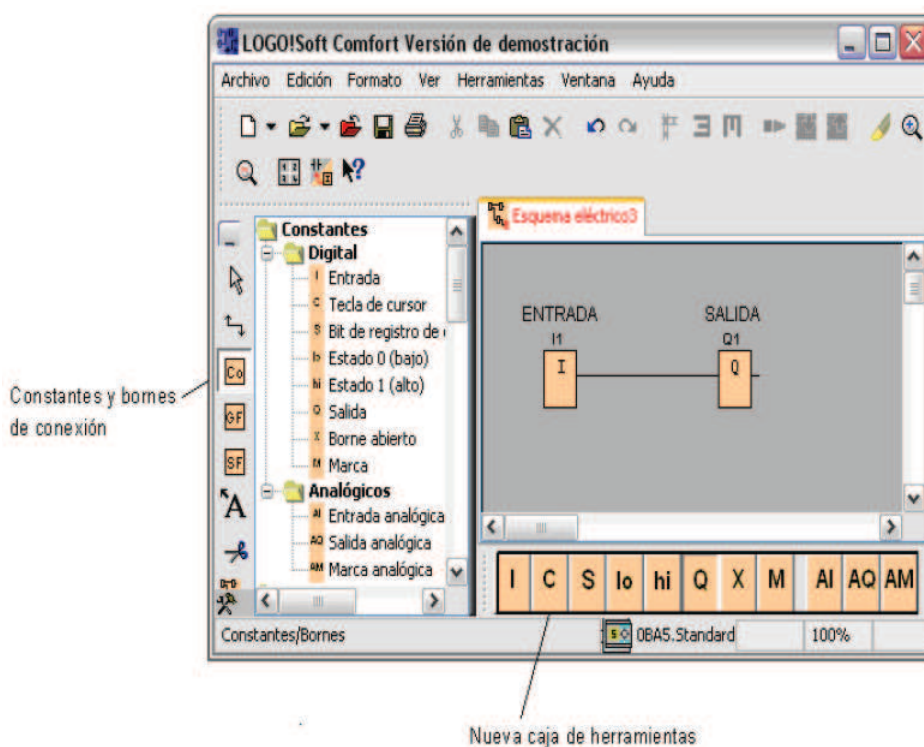


Figura.12.5. Herramientas de los botones constantes y bornes de conexión.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).



Estas opciones en bloques se los pueden apreciar y ver detalladamente a continuación, así como el listado se lo puede apreciar en el anexo N° 10



Los bloques de entrada representan los bornes de entrada de un LOGO!, es posible utilizar 24 entradas digitales como máximo.



Los bloques de salida representan los bornes de salida de un LOGO!, es posible utilizar 16 salidas como máximo.



Bits de registro de desplazamiento, se tiene del S1 a S8 son de sólo lectura en el programa.

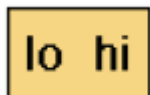
El contenido de los bits de registro de desplazamiento sólo puede modificarse con la función especial registro de desplazamiento.



Teclas del cursor se puede utilizar cuatro teclas del LOGO!, en un programa, las teclas de cursor se programan como las demás entradas.

La utilización de teclas de cursor permite ahorrar interruptores y entradas, así como acceder manualmente al programa.

También se debe tomar en cuenta que las cuatro teclas de cursor del LOGO! TD son idénticas a las del módulo básico LOGO!



Para niveles fijos donde si la entrada de un bloque debe tener siempre el estado de señal “H”, ajuste la entrada a **hi**, (hi = high).

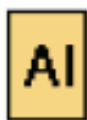
Si la entrada de un bloque debe tener siempre el estado de señal “L”, ajuste la entrada a **lo** (lo = low).



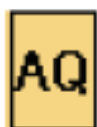
Los contactos abiertos, cuando no se utiliza la salida de un bloque por ejemplo en textos de aviso se debe conectar la salida del bloque al contacto abierto.



Los bloques de marcas devuelven en su salida la señal que está aplicada en su entrada, se dispone de 27 marcas digitales (M1 a M27).



Entradas analógica solo es posible utilizar ocho entradas analógicas como máximo.



Hay dos salidas analógicas disponibles, a saber: AQ1 y AQ2.

Donde una salida analógica sólo puede conectarse a un valor analógico, es decir, una función con una salida analógica o una marca analógica AM.

Si se conecta con una salida analógica real con una función especial que disponga de una salida analógica, considere que ésta sólo puede procesar valores comprendidos de entre 0 y 1000.

También se puede configurar el rango de valores de la salida analógica, donde se tiene dos posibilidades:

- Normal (0 a 10 V, o bien 0 a 20 mA)
- 4-20 mA.



Las marcas analógicas pueden utilizarse para las entradas analógicas, o bien para los bloques de instrucción analógicos.

La marca analógica acepta un valor analógico sólo como entrada y devuelve ese mismo valor, se tiene marcas desde AM1 a AM6.

- 4. Funciones básicas:** Esta herramienta es útil cuando se necesita posicionar elementos de conexión básicos simples del algebra booleana en el entorno de la programación por lo que al seleccionar este botón (que se aprecia en la figura 12.6), se desplegará una nueva barra de herramientas, como se puede observar en la figura 12.7.



Figura.12.6. Icono de funciones básicas.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

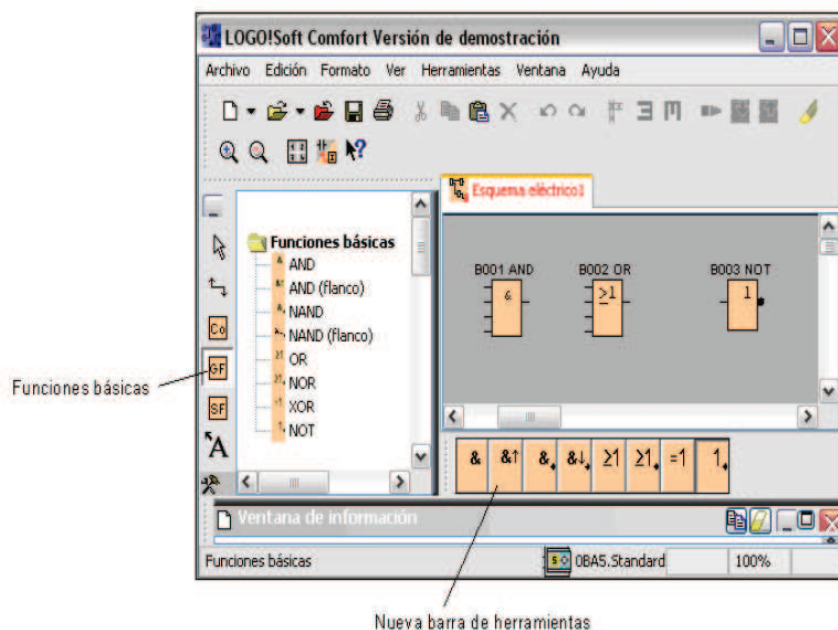
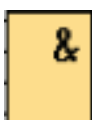


Figura.12.7. Funciones básicas y barra de herramientas.

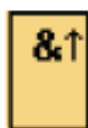
Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

Estas opciones en bloques se los pueden apreciar y ver detalladamente a continuación.



Este bloque representa la condición lógica AND, el estado lógico de la salida sólo adopta el estado 1 si todas las entradas tienen el estado 1, es decir, si están cerradas.

Si no se utiliza una entrada de este bloque (x), se le asigna el valor  $x = 1$ .



La salida de la función AND con evaluación de flancos sólo adopta el estado 1 si todas las entradas tienen el estado 1 y por lo menos una de ellas tenía el estado 0 en el ciclo anterior.

La salida permanece puesta a 1 durante exactamente un ciclo, debiéndose poner de nuevo a 0 durante un ciclo como mínimo antes de poder adoptar otra vez el estado 1, ver la figura 12.8.

Si no se utiliza una entrada de este bloque (x), se le asigna el valor  $x = 1$ .

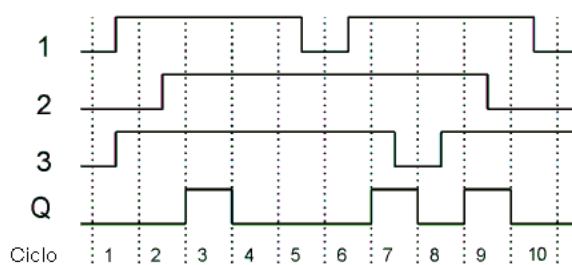
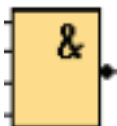


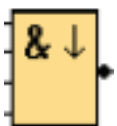
Figura.12.8. Cronograma de la función AND con evaluación de flancos.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).



Este bloque representa la condición lógica NAND, donde la salida de la función NAND sólo adopta el estado 0 si todas las entradas tienen el estado 1, es decir, si están cerradas.

Si no se utiliza una entrada de este bloque (x), se le asigna el valor  $x = 1$ .



Este bloque representa la condición lógica NAND con evaluación de flancos, donde la salida de la función NAND con evaluación de flancos sólo adopta el estado 1 si por lo menos una entrada tiene el estado 0 y, en el ciclo anterior, todas las entradas tenían el estado 1.

La salida permanece puesta a 1 durante exactamente un ciclo, debiéndose poner de nuevo a 0 durante un ciclo como mínimo antes de poder adoptar otra vez el estado 1, ver la figura 12.9.

Si no se utiliza una entrada de este bloque (x), se le asigna el valor  $x = 1$ .

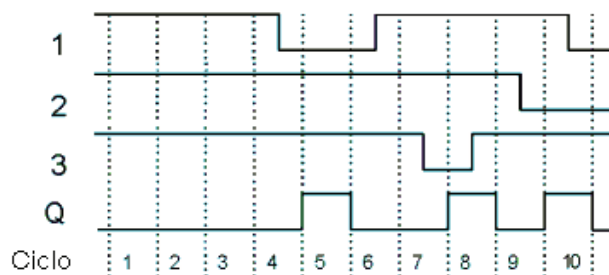
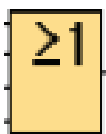
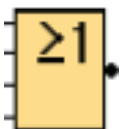


Figura 12.9. Cronograma de la función NAND con evaluación de flancos.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).



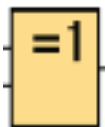
Este bloque representa la condición lógica OR, donde la salida de la función OR adopta el estado 1 si por lo menos una entrada tiene el estado 1, es decir, si está cerrada. Si no se utiliza una entrada de este bloque (x), se le asigna el valor  $x = 0$ .



Este bloque representa la condición lógica NOR, donde la salida de la función NOR sólo adopta el estado 1 si todas las entradas tienen el estado 0, es decir, si están abiertas.

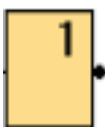
Tan pronto como se activa una de las entradas (es decir, cuando adopta el estado 1), se desactiva la salida.

Si no se utiliza una entrada de este bloque (x), se le asigna el valor  $x = 0$ .



Este bloque representa la condición lógica XOR, donde la salida de la función XOR (O-exclusiva) adopta el estado 1 si las entradas tienen diferentes estados.

Caso contrario se utiliza una entrada de este bloque (x), se le asigna el valor  $x = 0$ .



Este bloque representa la condición lógica NOT, donde la salida adopta el estado 1 si la entrada tiene el estado 0.

El bloque NOT invierte el estado de la entrada, la ventaja de NOT es por ejemplo que para LOGO! ya no se necesitan contactos normalmente cerrados.

Sólo tiene que utilizar un contacto normalmente abierto y, mediante el bloque NOT, convertirlo en un contacto normalmente cerrado.

- 5. Funciones especiales:** Esta herramienta es útil cuando se necesita posicionar funciones adicionales con remanencia o comportamiento de tiempo en el entorno de la programación, cuando se selecciona este botón (ver la figura 13.0), se despliega una nueva barra de herramientas, como se puede observar en la figura 13.1



Figura 13.0. Icono de funciones especiales.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

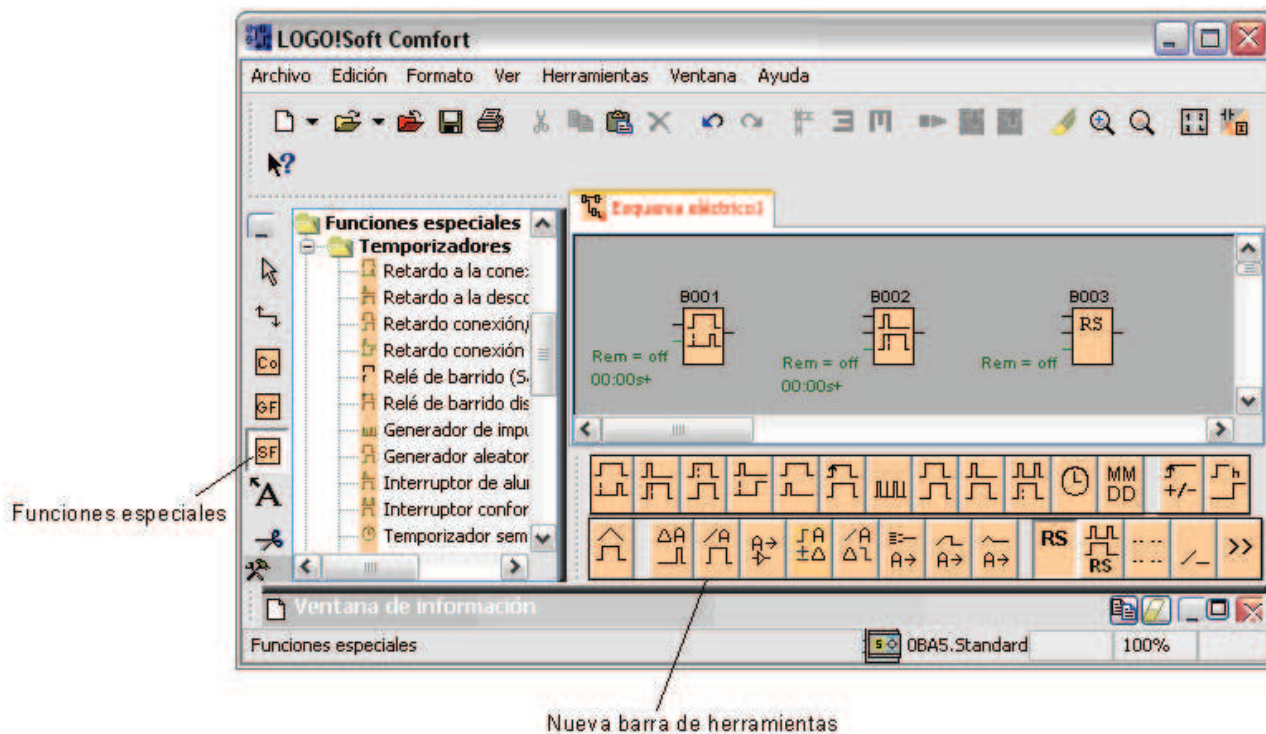


Figura. 13.1. Funciones especiales y barra de herramientas

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

A continuación se detallan las funciones de los bloques especiales, donde el listado de estas funciones se puede apreciar en el anexo N° 11



Temporizador de Retardo a la conexión, donde si el estado en la entrada Trg (Trigger) cambia de 0 a 1, comienza a transcurrir el tiempo  $T_a$  ( $T_a$  es el tiempo actual en LOGO!).



Si la entrada Trg sigue puesta a 1 por lo menos durante el tiempo T parametrizado, la salida se pone a 1 una vez expirado el tiempo T (la salida se activa con retardo respecto a la entrada).

El tiempo se reinicializa si el estado de la entrada Trg cambia nuevamente a 0 antes de que expire el tiempo T, la salida se pone nuevamente a 0 cuando la señal en la entrada Trg es 0, ver la figura 13.2.

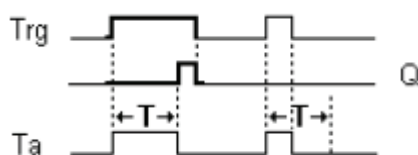


Figura. 13.2. Cronograma del temporizador con retardo a la conexión.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).



En el retardo a la desconexión, la salida se desactiva tan sólo tras haber transcurrido un tiempo parametrizable.

Cuando la entrada Trg adopta el estado 1, la salida Q conmuta inmediatamente al estado 1.

Si el estado de Trg cambia de 1 a 0, en LOGO! se vuelve a iniciar el tiempo T actual y la salida permanece activada.

Cuando (Ta) alcanza el valor ajustado mediante T ( $T_a=T$ ), la salida Q se pone a 0 (desconexión retardada).

Si vuelve a activarse y desactivarse la entrada Trg, se inicia nuevamente el tiempo ( $T_a$ ), por medio de la entrada R (Reset) se ponen a 0 el tiempo  $T_a$  y la salida antes de que transcurra el tiempo  $T_a$ , ver la figura 13.3.

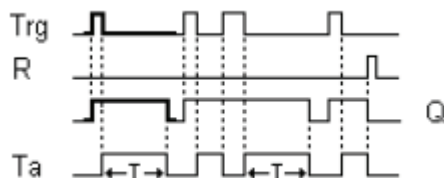


Figura. 13.3. Cronograma del temporizador con retardo a la desconexión.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).



En el retardo a la conexión/desconexión, la salida se activa una vez transcurrido un tiempo parametrizable y se desactiva al cabo de un tiempo también parametrizable.

Donde cada vez que el estado de la entrada Trg cambia de 0 a 1, se inicia el tiempo TH. Si la entrada Trg sigue puesta a 1 por lo menos durante el tiempo parametrizado TH, la salida se pone a 1 una vez expirado el tiempo TH (la salida se activa con retardo respecto a la entrada).

Si el estado de la entrada Trg cambia nuevamente a 0 antes de que transcurra el tiempo TH, éste se reinicializa.

Cuando el estado de la entrada Trg vuelve a cambiar a 0, se inicia el tiempo TL (Tiempo de retardo tras el que se desactiva la salida).

Si la entrada Trg sigue puesta a 0 por lo menos durante el tiempo parametrizado TL, la salida se pone a 0 una vez expirado este tiempo (la salida se desactiva con retardo respecto a la entrada), donde si el estado de la entrada Trg cambia nuevamente a 1 antes de que transcurra el tiempo TL, éste se reinicializa, ver la figura 13.4.



Figura.13.4. Cronograma del temporizador de retardo a la conexión/desconexión.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).



Temporizador de Retardo a la conexión con memoria, donde si el estado de la entrada Trg cambia de 0 a 1, comienza a transcurrir el tiempo actual Ta. Cuando ( $T_a = T$ ), la salida (Q) se pone a 1.

Una nueva señal en la entrada Trg no repercute en ( $T_a$ ) donde la salida y el tiempo ( $T_a$ ) se ponen nuevamente a "0" tan sólo cuando el estado de señal de la entrada R sea 1, así la remanencia no está activada, al producirse un fallo de red, se reinician la salida (Q) y el tiempo ya transcurrido, ver la figura 13.5.



Figura. 13.5. Cronograma del temporizador de retardo a la conexión con memoria.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).



El relé de barrido (salida de impulsos) trabaja cuando la entrada Trg adopta el estado 1, la salida (Q) se pone a 1, al mismo tiempo se inicia el tiempo ( $T_a$ ) y la salida permanece activada.

Cuando ( $T_a$ ) alcanza el valor ajustado mediante T ( $T_a=T$ ), la salida (Q) se pone a "0" (salida de impulsos), donde si la entrada Trg cambia de 1 a 0 antes de transcurrir el tiempo pre ajustado, la salida se conmuta también inmediatamente de 1 a 0, ver la figura 13.6.

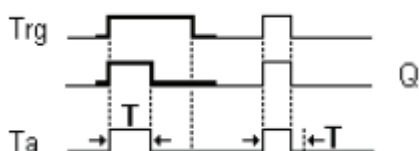


Figura. 13.6. Cronograma de relé de barrido.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).



El Relé de barrido activado por flancos trabaja cuando la entrada Trg adopta el estado 1, se inicia el tiempo TL (Time Low).

Una vez expirado el tiempo (TL), la salida (Q) se pone a 1 durante el tiempo TH (Time High).

Si la entrada Trg cambia de nuevo de 0 a 1 (redisparo) antes de expirar el tiempo predeterminado ( $TL + TH$ ), el tiempo transcurrido ( $T_a$ ) se pone a cero y se reinicia el ciclo de pausa/impulso, ver la figura 13.7.

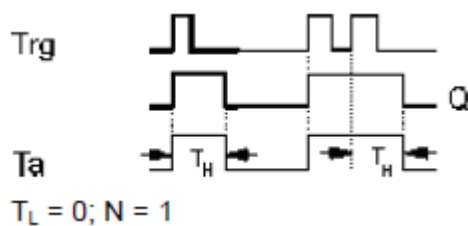


Figura. 13.7 Cronograma del relé de barrido por flancos.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).



El Generador de impulsos asíncrono tiene como parámetros ( $T_H$ ) (Time High) y  $T_L$  (Time Low) sirven para configurar el ancho de impulsos y la pausa entre impulsos, como se ve en la figura 13.8

La entrada INV permite invertir la salida sólo si el bloque se ha activado por medio de una señal en la entrada (En).



Figura. 13.8. Cronograma del generador de impulsos.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).



El generador aleatorio trabaja cuando el estado de señal de la entrada (En) cambia de 0 a 1, se ajusta e inicia por azar un tiempo (de retardo a la conexión) comprendido entre (0 segundos) y ( $T_H$ ).

Si el estado de la entrada (En) sigue siendo 1 por lo menos durante el tiempo de retardo a la conexión, la salida se pone a 1 una vez expirado este tiempo.

Si el estado de la entrada (En) cambia nuevamente a 0 antes de que expire el tiempo de retardo a la conexión, el tiempo se pondrá a cero.

Cuando el estado de la entrada (En) cambia nuevamente a 0, se ajusta e inicia por azar un tiempo (de retardo a la desconexión) comprendido entre (0 segundos) y (TL).

Si el estado de la entrada (En) sigue siendo "0" por lo menos durante el tiempo de retardo a la desconexión, la salida se pone a "0" una vez expirado este tiempo.

El tiempo se pone a cero si la señal en la entrada (En) vuelve a cambiar a 1 antes de expirar el tiempo de retardo a la desconexión, como se ve en la figura 13.9.

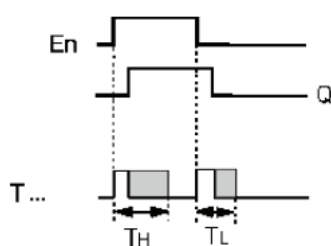


Figura. 13.9. Cronograma del generador aleatorio.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).



El interruptor de alumbrado para escalera trabaja cuando la entrada Trg adopta el estado 1, y la salida (Q) se pone a 1.

Si el estado de Trg vuelve a cambiar de 1 a 0, se inicia el tiempo actual  $T_a$  y la salida (Q) permanece activa.

Cuando ( $T_a$ ) alcanza el tiempo (T), la salida (Q) se pone a "0", antes de que expire el tiempo de retardo a la desconexión ( $T - T!$ ) puede configurar una advertencia de desconexión que ponga (Q) a "0" durante el tiempo de advertencia de desconexión ( $T!L$ ).

En el siguiente cambio de señal de 1 a 0 en la entrada Trg durante el tiempo ( $T_a$ ), se re dispara ( $T_a$ ) (opcionalmente), ver la figura 14.0.

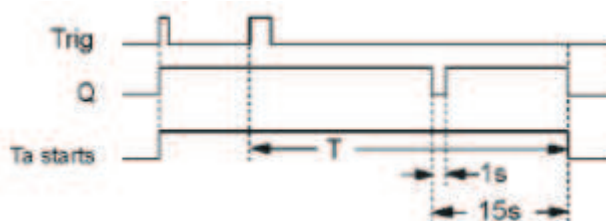


Figura. 14.0. Cronograma del interruptor de alumbrado para escalera.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).



El interruptor bifuncional tiene una salida (Q) se pone a 1 cuando la entrada Trg adopta el estado 1.

Si la salida  $Q = 0$  y la entrada Trg cambia como mínimo durante el tiempo ( $T_L$ ) de 0 a 1, se activa la función de alumbrado permanente y la salida (Q) se activa de forma permanente.

Si el estado de la entrada Trg vuelve a cambiar a "0" antes de que expire el tiempo ( $T_L$ ), se inicia el tiempo de retardo a la desconexión (T).

Cuando el tiempo transcurrido  $T_a$  alcanza el tiempo  $T$ , la salida  $Q$  se pone a 0, antes de que expire el tiempo de retardo a la desconexión ( $T - T!$ ) puede configurar una advertencia de desconexión que ponga ( $Q$ ) a "0" durante el tiempo de advertencia de desconexión ( $T!L$ : Duración del tiempo de advertencia. ).

Una nueva conmutación en la entrada  $Trg$  reinicia ( $T$ ) en todo caso y la salida  $Q$  se desactiva, ver la figura 14.1.

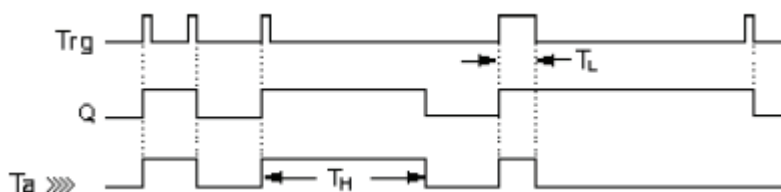
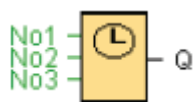


Figura. 14.1. Cronograma del interruptor bifuncional.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).



Cada temporizador semanal tiene tres levas de ajuste, cada una de éstas permite parametrizar un intervalo de tiempo, mediante las levas se predeterminan los momentos de conexión y desconexión.

En un momento de conexión, el temporizador semanal activa la salida si ésta no estuviese activada todavía.

El temporizador semanal desactiva la salida en el momento de desconexión si éste se ha parametrizado. Si ha especificado una salida de impulsos, el temporizador semanal se resetea al final del ciclo.



Si ha definido un mismo momento de conexión y desconexión para un temporizador semanal, pero en distintas levas, se produce un conflicto, en este caso, la leva 3 tiene prioridad sobre la leva 2 y ésta, a su vez, sobre la leva 1.

El estado de conexión del temporizador semanal depende de las tres levas No1, No2 y No3.



El temporizador anual la salida se controla mediante una fecha de activación y desactivación parametrizable.

El temporizador puede configurarse para que se active anualmente, mensualmente, o bien con una base de tiempo personalizada.

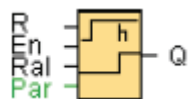
En cualquier modo, la salida del temporizador también puede configurarse como salida de impulsos durante el período de tiempo definido, el período de tiempo puede configurarse en el rango comprendido entre el 1 de enero de 2000 hasta el 31 de diciembre de 2099.



El contador adelante/atrás según la parametrización, un impulso de entrada incrementa o decrementa un valor de contaje interno.

Cuando se alcanzan los umbrales parametrizables se define o se resetea la salida.

El sentido de contaje puede cambiarse mediante la entrada (Dir).



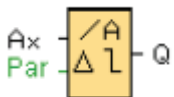
El contador de horas de funcionamiento al activarse la entrada de vigilancia, transcurre un tiempo parametrizable, La salida se activa una vez expirado este tiempo.



El selector de umbral tiene una salida que se activa y desactiva en función de dos frecuencias parametrizables.



El conmutador analógico de valor umbral tiene una salida que se activa y desactiva en función de dos valores umbral parametrizables (histéresis).



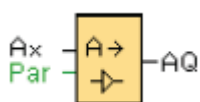
El conmutador analógico de valor umbral diferencial tiene una salida que se conecta y desconecta en función de un valor umbral y diferencial parametrizable.



El comparador analógico tiene una salida que se activa y desactiva en función de la diferencia  $A_x - A_y$ , y de dos valores de umbral parametrizables.



La vigilancia del valor analógico tiene la función especial de guarda un valor de una entrada analógica y activa la salida en cuanto el valor real de la entrada analógica es inferior o superior a este valor analógico guardado, más un valor diferencial parametrizable.



El amplificador analógico tiene una función especial amplifica un valor aplicado en la entrada analógica y lo devuelve en la salida analógica.

6. **Herramientas de texto:** Esta herramienta permite editar o modificar texto o comentarios en torno de la programación, su icono se ve en la figura 14.2.

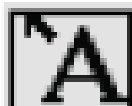


Figura. 14.2. Icono de texto.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

7. **Tijeras/conector:** Esta herramienta permite eliminar y restablecer conexiones entre los bloques y restablecer enlaces separados, su icono se ve en la figura 14.3.



Figura. 14.3. Icono de tijeras/conector.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

8. **Barra de herramientas de simulación:** Esta herramienta es utilizada solo para simular un programa que haya sido realizado, su icono se ve en la figura 14.4.

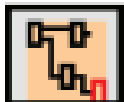


Figura. 14.4. Icono de simulación.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

9. **Herramientas prueba online:** En la prueba online y la simulación se puede observar cómo se procesa el programa y como este reacciona a los diferentes estados de las entradas, su icono se ve en la figura 14.5.



Figura 14.5. Icono prueba online.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

#### 4.2.6. BARRA DE HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN.

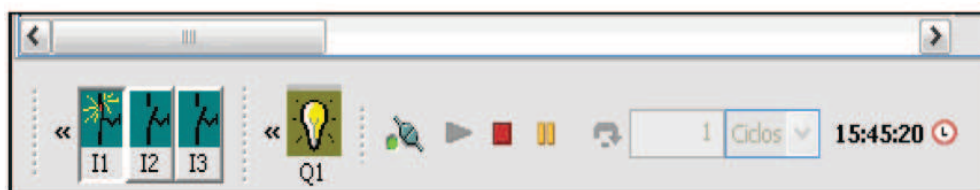


Figura. 14.6. Barra de simulación.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).

La barra de simulación (como se aprecia en la figura 14.6.), ayuda a comprobar si el programa contiene errores, en otras palabras si el programa realmente funciona de la forma prevista, también ayuda a verificar posibles modificaciones de algunos parámetros.

Donde la modificación se la puede realizar muy fácilmente con los valores de entrada, y después comprobar el comportamiento en caso de un corte de alimentación y comparar sus cálculos o previsiones con el comportamiento simulado de las salidas.

Donde la barra de herramientas de simulación y la barra de estado ofrecen las herramientas necesarias para estas tareas.

El comportamiento de los interruptores de flotador y del manóstató equivale al de los pulsadores, no obstante, si desea simular el comportamiento del circuito, modifique para fines de test la función de las entradas, de manera que no sean pulsadores sino interruptores.

#### **4.2.7. ENLACE DE UN PC CON LOGO! 230 RC PARA CARGA O DESCARGA DE PROGRAMAS.**

Logo Soft Comfort tiene la posibilidad de realizar los programas en la PC y después poder transferir a un módulo LOGO! y a la inversa, pues todos los modelos LOGO pueden ser conectados a un PC mediante un cable especial de comunicación denominado cable de conexión LOGO! – PC.

Este tipo de transmisiones se la puede realizar desde la barra de herramientas estándar de la ventana de interfaz, ver la figura 14.7.

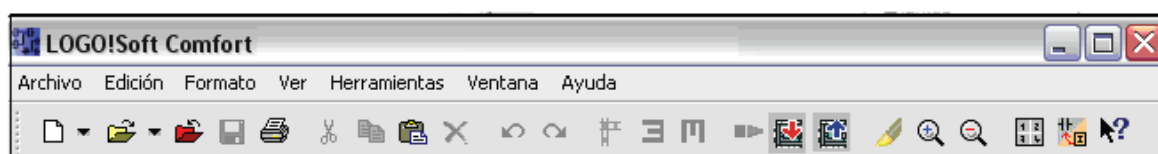


Figura. 14.7. Botones de carga y descarga de programas.

Fuente: Manual de LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/).



Botón para transferir un programa creado en el PC a módulo LOGO (descarga del programa).



Botón para transferir un programa creado en módulo LOGO al PC (cargar programa).

### **4.3. ANALISIS QUE SE DEBE CONSIDERAR PARA EL DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL.**

En primer lugar se tiene que analizar cómo estaba funcionando el caldero, para ello se hará una descripción de los elementos que lo conforman, con su respectiva codificación creada para el propósito de automatización, según su posición se los clasificó de la siguiente manera.

#### **4.3.1. MICRO PRESENCIA DE AGUA EN LA ENTRADA DEL CALDERO (LS01).**

Este es un dispositivo que censa la existencia de agua en la tubería que ingresa al caldero (ver la figura 14.8.), su funcionamiento se basa en la fuerza que ejerce la presión del agua a una aleta, la misma que con su movimiento conmuta dos contactos eléctricos, un contacto normalmente abierto y otro normalmente cerrado, esto se produce únicamente si hay agua con suficiente presión en la tubería, este dispositivo es de suma importancia para el caldero ya que condiciona el encendido del quemador únicamente si hay la existencia de agua en el caldero.

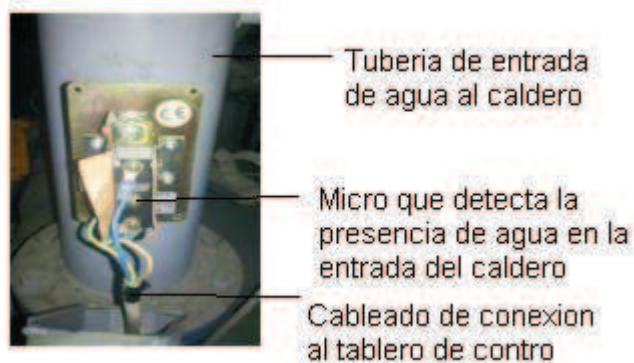


Figura. 14.8. Micro que detecta la presencia de agua en la entrada del caldero.

Fuente: Propia.

#### 4.3.2. PRESOS TATO DE MÁXIMA PRESIÓN (PS01).

Este dispositivo detecta si existe elevada presión de agua a la salida del caldero (ver la figura 14.9.), se acciona por encima de los 5 Bar encendiendo una electroválvula (EV02) que descarga la presión existente en el tanque de expansión.



Figura. 14.9. Instalación del presos tato de máxima presión.

Fuente: Propia.

#### 4.3.3. PRESOS TATO DE MÍNIMA PRESIÓN (PS02).

Este dispositivo detecta si existe poca presión a la salida del caldero (ver la figura 15.0.), se acciona por debajo de los 2 Bar encendiendo a la electroválvula (EV01) que alimenta de aire al tanque de expansión, el mismo que inyecta de agua a presión al caldero.

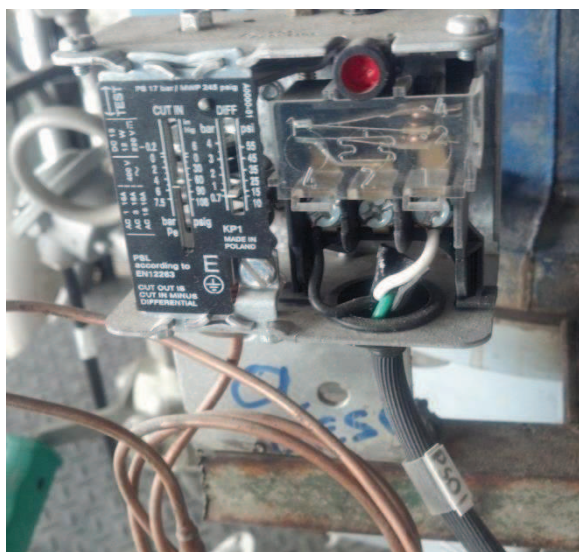


Figura. 15.0. Presos tato máximo de presión.

Fuente: Propia.

#### 4.3.4. TERMOSTATO DE MÁXIMA TEMPERATURA.

Este elemento detecta si hay elevada temperatura a la salida del caldero (ver la figura 15.1.), es decir, conmuta sus contactos eléctricos cuando la temperatura sobrepasa los 115 °C, si esto sucediera el quemador debe apagarse.



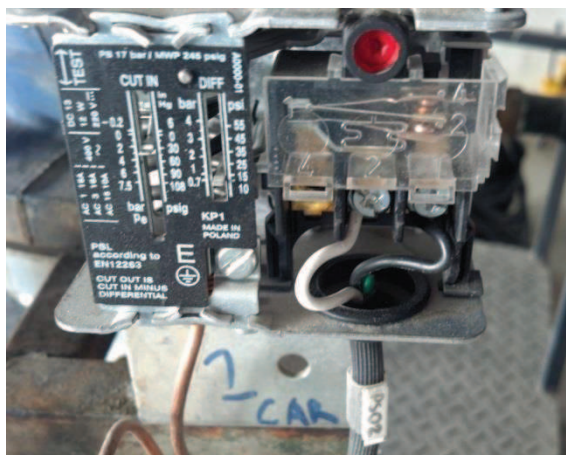


Figura. 15.1. Termostato que está encargado monitorear la temperatura de la salida del caldero.

Fuente: Propia.

#### 4.3.5. QUEMADOR.

Es el dispositivo que calienta el agua del caldero hasta la temperatura que está configurada, como se puede apreciar en la figura 15.2.



Figura. 15.2. Quemador del caldero.

Fuente: Propia.

#### 4.3.6. CONTROLADOR DE TEMPERATURA.

Es el elemento que controla el encendido y apagado del quemador según la configuración de temperatura, como se puede apreciar en la figura 15.3.



Figura. 15.3. Controlador de temperatura honeywell.

Fuente: Propia.

#### 4.3.7. ELEMENTOS UBICADOS EN EL TABLERO DE FUERZA.

En el tablero de fuerza están los elementos que controlan el encendido de las bombas de agua, dos del caldero y otra para abastecer de agua al tanque de expansión, estos elementos son los contactores y el guarda motor (que se pueden observar en las figuras 15.4 y 15.5.), respectivamente.



Figura. 15.4. Guarda motores térmicos de las bombas de agua.

Fuente: Propia.



Figura. 15.5. Contactores de las bombas de agua.

Fuente: Propia.

#### 4.3.8. ELEMENTOS QUE SE ENCUENTRAN EN EL TANQUE DE EXPANSIÓN.

Tenemos las electroválvulas de carga y descarga de aire al tanque de expansión, EV01 y EV02 respectivamente, la electroválvula que deja pasar el agua al tanque cuando la bomba se acciona EV03, se muestra en la figura 15.6.



Figura. 15.6. Electroválvula en serie con la bomba de agua del tanque de expansión.

Fuente: Propia.

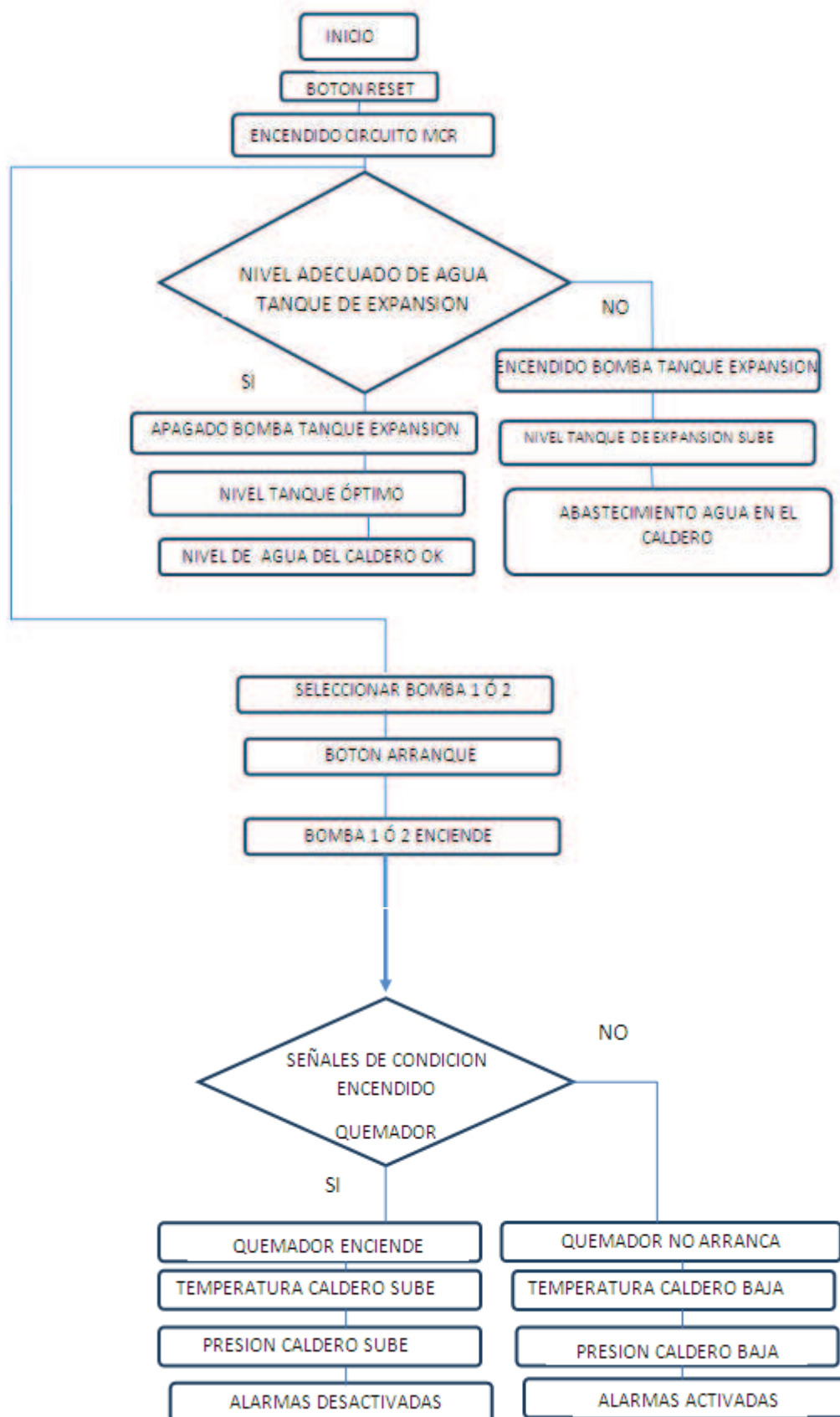
El control de nivel por presión diferencial que posee el tanque (LL01), se muestra en la figura 15.7.



Figura. 15.7. Sensor de nivel del tanque de expansión.

Fuente: Propia.

#### **4.4. DIAGRAMA DE LA LÓGICA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL DE ALARMAS.**



#### 4.5. LÓGICA DE CONTROL.

En el diagrama anterior se puede observar cómo funciona el programa de control del PLC.

Supongamos que en el tablero de control existe un corte de energía eléctrica, al restablecerse la alimentación el programa iniciara automáticamente pero necesita que físicamente se restablezcan los relés de seguridad (MCR), para ello se pulsara el botón "RESET" para que los relés de seguridad se enclaven ,cuando se activan los relés un contacto de estos es el encargado de enviar una señal al PLC para que interprete que están activados, con esta premisa el programa empezara a procesar las diferentes señales, en primer lugar activaran los programas de control de nivel de agua y presión del tanque de expansión, esto es porque en primer lugar debe existir agua con suficiente presión que sea inyectada al caldero.

Al activarse los programas anteriores se dará paso al arranque del caldero, para lo cual se pulsara el botón "ARRANQUE", al hacer esto primeramente encenderá la bomba de agua por un lapso de 1minuto, al transcurrir este tiempo y con la condición OK de todos los sensores instalados arrancara el quemador y empezara a calentar el agua hasta aproximadamente 100 °C y se mantendrá a esta temperatura debido a su controlador electrónico.

Si existe algún tipo de falla del caldero, el PLC estará en la capacidad de procesarlo y mostrar una alarma visual y sonora, así como un mensaje en la pantalla TD LOGO que indicara de que fallo se trata.

Así se dará la facilidad para que el personal técnico de la planta solucione el problema con más eficacia y rapidez.

Para poder explicar la lógica de control detalladamente se describirá a continuación las entradas y salidas, ya sean estas digitales como analógicas que tiene el PLC, cada uno en relación a todos los elementos que conforma el sistema de automatización.

#### **4.5.1. ENTRADAS DIGITALES.**

Para realizar la programación del sistema de control de alarmas se tuvo que considerar todas las variables de señales discretas necesarias, que pueden permitir o afectar al funcionamiento normal del caldero y se los ha implementado e instalado en las entradas de señales digitales de el LOGO! 230 RC

- I1= Pulsador de Arranque (P01)
- I2= Paro de emergencia (EM01)
- I3= Micro presencia de agua (LS01)
- I4= Presos tato máxima presión (PS01)
- I5= Presostato mínima presión (PS02)
- I6= Térmico bomba tanque de expansión (E01)
- I7= Térmico bomba 1 caldero (E02)
- I8= Térmico bomba 2 caldero (E03)
- I9= Nivel bajo tanque de expansión (LL01)
- I10= Pulsador reset (P02)
- I11= Señal fuente DC ok (RA5)
- I12=Nivel alto tanque de expansión (HL01)
- I13= Selección bomba 1 (SL01)
- I14=Selección bomba 2 (SL02)
- I15= Temperatura máxima (TS01)(CABLE6)
- I16= MCR (master control relay)
- I17= Selector Desactivación/Activación Entradas analógicas (SL03)
- I18= Señal del control de temperatura que indica baja temperatura a los 93 grados centígrados. (TS03).

#### 4.5.2. ENTRADAS ANALOGICAS.

Así como se considero todas las variables de señales discretas necesarias, que pueden permitir o afectar al funcionamiento normal del caldero, también se tomo en cuenta las variables de señales análogas y se las implemento e instalo en el modulo de expansión especial para entradas analógicas de el LOGO! 230 RC

- AI1= Temperatura chimenea del caldero (PT01).

Amarillo: M1+

Azul: IC1

Rojo: M1-

- AI2= Temperatura salida caldero (PT02).

Negro: M2+

Blanco: IC2

Café: M2-

- AI3= Temperatura chimenea caldero (PT03).

Morado: M1+

Verde: IC1

Rosado: M1-



#### 4.5.3. SALIDAS DIGITALES.

Para realizar la programación del sistema de control de alarmas se tuvo que considerar todas las respuestas y actuadores necesarios, para poder realizar un control y monitoreo óptimo que pueda facilitar la operación y el funcionamiento normal del caldero principal y se los ha implementado e instalado en las salidas de el LOGO! 230 RC.

- Q1= Encendido caldero (RA1).
- Q2= Disponible.
- Q3= Encendido alarma visual (H01).
- Q4= Encendido bomba 1 caldero (KM01) (M01).
- Q5= Encendido bomba 2 caldero (KM02)(M02).
- Q6= Encendido tanque de expansión (KM03) (M03).
- Q7= Encendido relé REV1 que alimenta a la Electroválvula carga de aire tanque de expansión (EV011).
- Q8= Encendido relé REV2 que alimenta a la Electroválvula descarga de aire tanque de expansión (EV021).
- Q9= Accionamiento relé REV3 que enciende Electroválvula agua tanque de expansión (EV03).
- Q10= Encendido bomba de químicos (RA3) (M04).
- Q11= Disponible.
- Q12= Encendido alarma sonora (H02).
- Q13= encendido luz piloto ROJA falla (H03).
- Q14= Encendido luz piloto caldero ON (HO4).

## **4.6. OPERACIÓN DEL PROGRAMA DE CONTROL.**

Con las entradas y salidas descritas anteriormente se diseñó el programa a través de LOGO SOFT CONFORT V6.1 para luego ser copiado al PLC mediante un cable USB especial del mismo, debido a que el programa controla todo el sistema de funcionamiento del caldero se tuvo la necesidad de dividirlo en los siguientes partes:

- 1) Encendido de las 2 bombas principales.
- 2) Control encendido del caldero.
- 3) Control apagado del caldero.
- 4) Encendido alarmas: visual y sonora.
- 5) Control de nivel de agua en el tanque de expansión.
- 6) Gestión carga y descarga de aire en el tanque de expansión.
- 7) Encendido bomba de químicos.
- 8) Visualización de estado de entradas analógicas en la pantalla TD LOGO.
- 9) Gestión mensajes de estado y alarma visualizados en la pantalla TD LOGO.

### **4.6.1. ENCENDIDO DE LAS BOMBAS.**

Para el encendido de una de las dos bombas de agua del caldero en primer lugar debe estar activado el circuito de seguridad (MCR, entrada I16), luego se deberá seleccionar una de las dos bombas, mediante el selector de tres posiciones: bomba 1(I13), off, ó bomba 2(I14) ubicado en el tablero.

Al activarse la entrada I1 que es accionada por el pulsador de arranque (P01, I1) una de las 2 bombas encenderá, y se producirá el enclavamiento ya que las señales de las salidas de las 2 bombas (Q4, Q5) están en paralelo con la entrada I1 (arranque).

Cabe mencionar que existen otras señales que harán que la bomba se apague como son las señales que envían al guarda motor en caso de sobrecarga (señales I7, I8), mediante el accionamiento del paro de emergencia (I2), o la señal interna del programa de apagado del caldero (M2), como se ve en la figura 15.8.

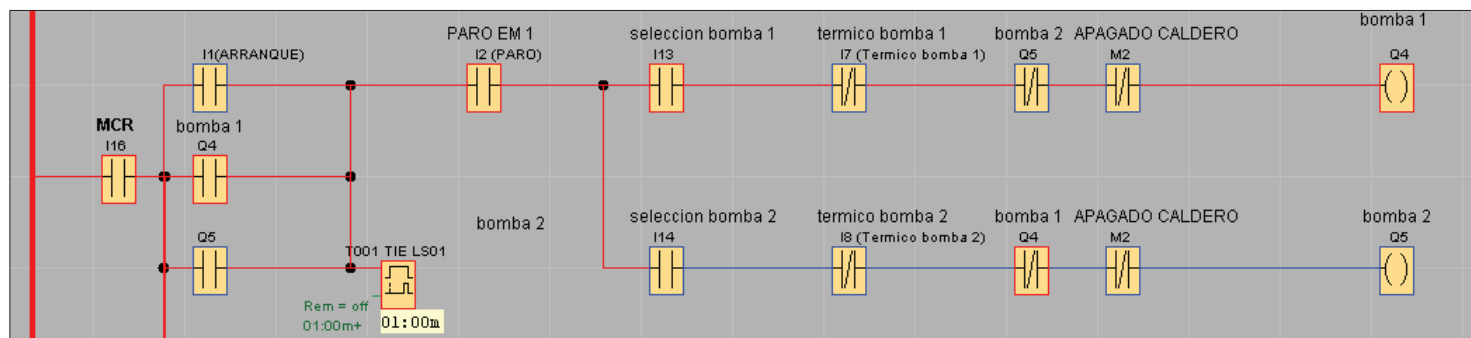


Figura. 15.8. Esquema de la programación del encendido de las bombas hecho en LOGO SOFT CONFORT V6.1.

Fuente: Propia.

#### 4.6.2. CONTROL DEL ENCENDIDO DEL CALDERO.

Una vez que ha encendido la bomba de agua transcurre un tiempo de 1 minuto para que el caldero encienda, este lapso se ha programado debido a que el agua demora cierto tiempo para que accione el micro de presencia de líquido a la entrada del caldero, si no existe ninguna restricción de los sensores, el quemador arrancara mediante la salida Q1, además se indicara que el caldero está en operación mediante una luz piloto color verde a través de la salida Q14, como se ve en la figura 15.9.

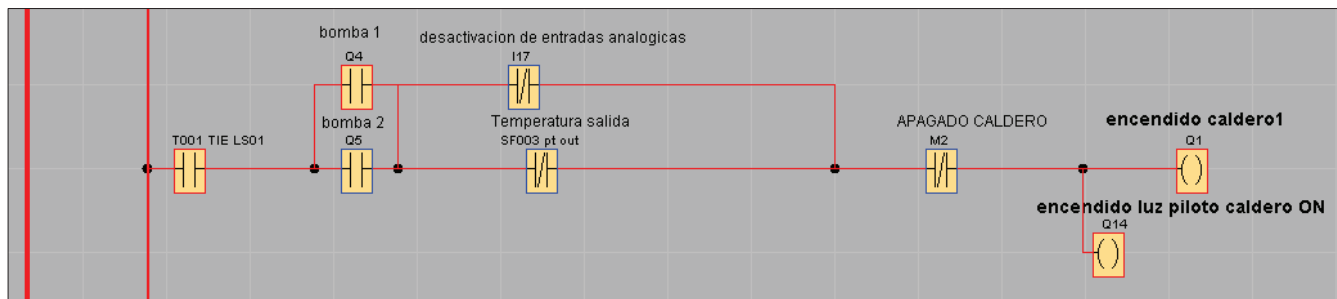


Figura. 15.9. Esquema de la programación del control del encendido del caldero hecho en LOGO SOFT CONFORT V6.1.

Fuente: Propia.

#### 4.6.3. CONTROL DE NIVEL DE AGUA EN EL TANQUE DE EXPANSION.

El nivel de agua en el tanque de expansión debe ser el adecuado y a un nivel constante, para ello se utilizó la señal I9 del contacto normalmente abierto que envía el sensor tipo “vaso” con flotador cuando se encuentra en un nivel bajo para que empiece a encender la bomba de agua (Q6), así como de la electroválvula (Q9) que permite el paso del líquido hacia el tanque de expansión, como se ve en la figura 16.0.

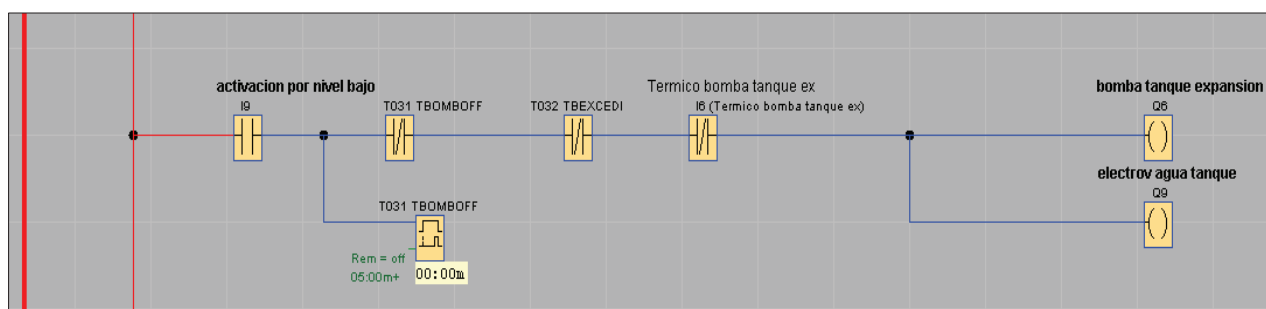


Figura. 16.0. Esquema de la programación del control de nivel de agua en el tanque de expansión hecho en LOGO SOFT CONFORT V6.1.

Fuente: Propia.

#### 4.6.4. GESTION CARGA Y DESCARGA DE AIRE EN EL TANQUE DE EXPANSION.

Como el tanque de expansión es el encargado de proveer de agua a presión al caldero es indispensable que este se mantenga a una mínima y máxima establecida, la mínima para cuando arranca el caldero generalmente la presión esta baja, entonces el autómata energiza la salida Q7 que enciende la electroválvula de carga de aire, por ende empieza a subir la presión en el tanque la de máxima funciona como una seguridad ya que si la presión sube más de lo establecido el PLC energiza la salida Q8 que es la encargada de energizar la electroválvula , la misma que descarga la presión del tanque de expansión, como se ven la figura 16.1.



Figura. 16.1. Esquema de la programación de la gestión de carga y descarga de aire en el tanque de expansión hecho en LOGO SOFT CONFORT V6.1.

Fuente: Propia.

#### 4.6.5. ENCENDIDO DE LA BOMBA DE QUIMICOS.

Al ser una prioridad proteger toda la tubería de circulación de agua caliente proveniente del caldero, es de suma importancia poner en los mismos químicos anticorrosivos que ayuden a prolongar su vida útil.

Antes de proponer la automatización el encendido de la pequeña bomba que inyecta químicos al agua caliente su encendido era de forma manual.

Con la ayuda del PLC se puede programar que la bomba se encienda automáticamente hasta tres veces al día desde cierta hora y con una duración parametrizable a través de la salida Q10.

Con esto se ayuda a realizar el proceso de forma automática y además se consume de forma exacta el volumen de químicos utilizando optimizando el proceso, como se ve en la figura 16.2.

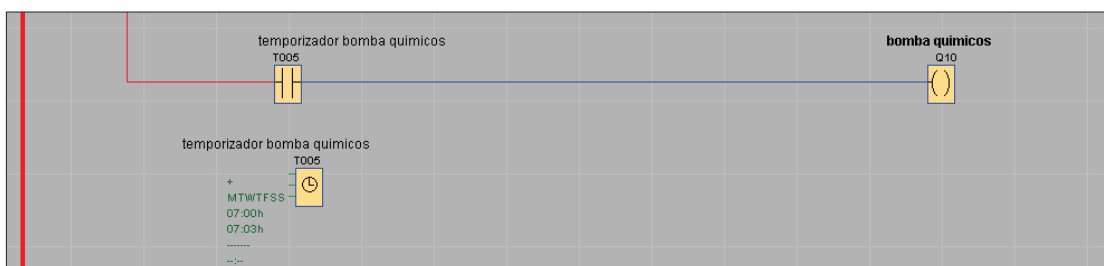


Figura. 16.2. Esquema de la programación de encendido de la bomba de químicos hecho en LOGO SOFT CONFORT V6.1.

Fuente: Propia.

#### 4.6.6. CONTROL DE APAGADO DEL CALDERO.

El caldero estará en operación siempre y cuando las señales que llegan al PLC sean las correctas según como se las programó, si existe algún cambio de estado y dependiendo de lo que influirá en el funcionamiento del caldero se emitirá una alarma de advertencia visual y sonora, así como se mostrara un mensaje en la pantalla TD LOGO, y si es un problema grave el caldero se apagara e igualmente se emitirán las alarmas.

Como se muestra en el gráfico 16.3, todas las señales que producen falla están dispuestas en paralelo, es decir si se presenta algún cambio de estado en alguna señal esta energizará a la bobina virtual M2 la misma que apagará al caldero ya que está en serie con la salida Q1 que es la que comanda el encendido del quemador del caldero.

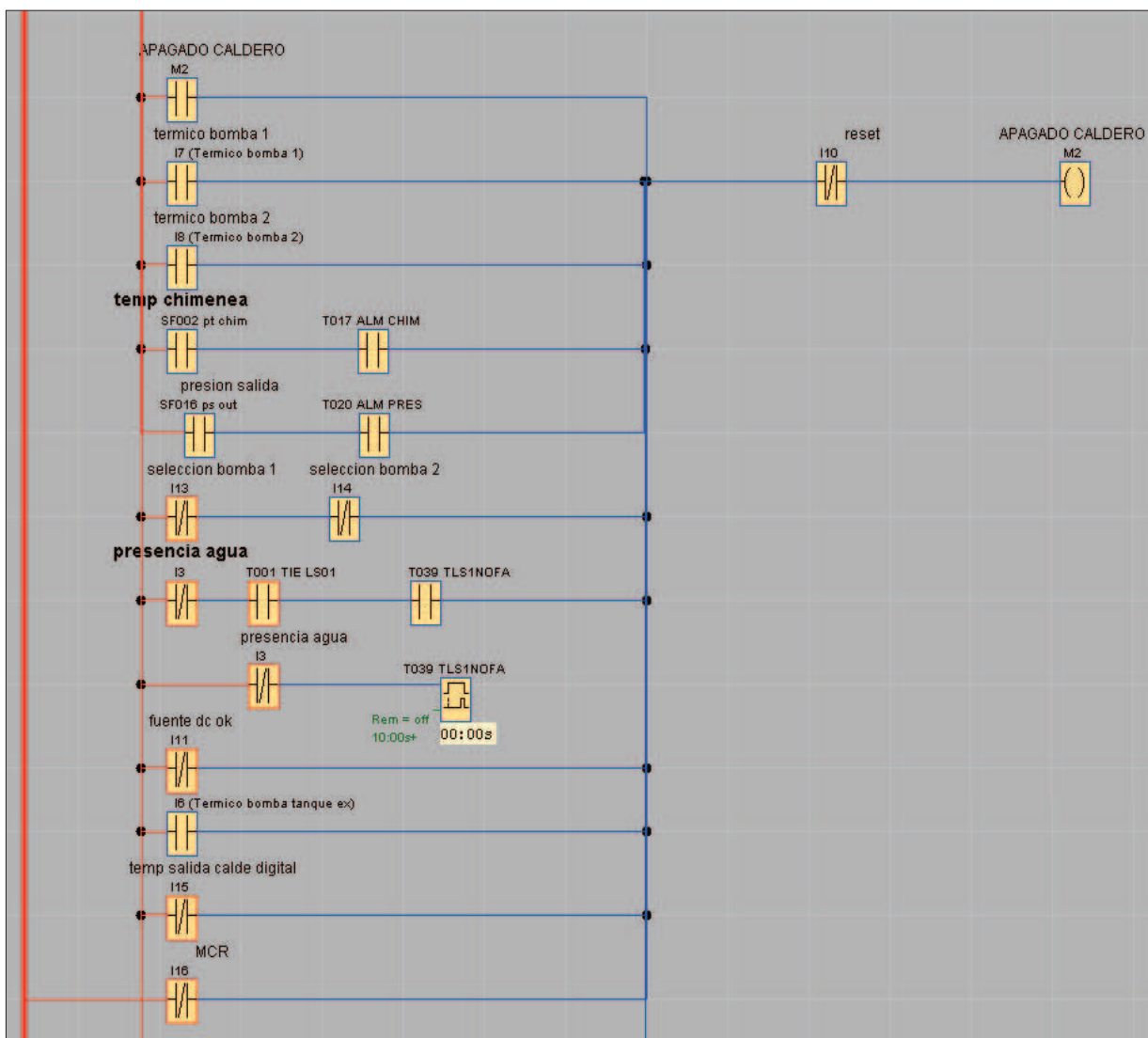


Figura. 16.3. Esquema de la programación del control de apagado del caldero hecho en LOGO SOFT CONFORT V6.1.

Fuente: Propia.

Las señales de falla críticas se pueden observar en la figura 16.3 y se describen detalladamente de la siguiente manera.

- Las señales de los térmicos de las 3 bombas, dos de circulación de agua (I7, I8) y la que alimenta al tanque de expansión (I6), estas señales serán activadas si se produce alguna sobrecarga en las bombas, debido a daños ya sean estos de carácter eléctrico o mecánico, los térmicos son dispositivos que censan la corriente del motor de la bomba, si la corriente supera el valor establecido en el térmico, este conmuta contactos NA (normalmente abierto) y NC (normalmente cerrados) estos se utilizan para que envíe una señal al PLC de falla de las bombas, desactivándolas inmediatamente.
- La señal análoga AI1 que censure la temperatura proveniente de la chimenea la misma que si excede un valor seteado de 180°C apagara el caldero.
- Mediante el selector de tres posiciones el programa exige que se elija una bomba de agua (I13, I14) para poder arrancar el caldero.
- El micro de presencia de agua a la entrada del caldero (I3) se activará únicamente si hay agua con suficiente presión para que conmute los contactos que tiene y llegue la señal al autómata.

Si el micro se desactiva durante el normal funcionamiento, el programa empieza a correr un tiempo de 5 segundos, con el fin de que no ocurran falsas alarmas, si durante este tiempo sigue desactivado el caldero se apagará.



- Como se tiene módulos de sensores Pt100 que funcionan con voltaje de 24VCC, se debe tener una fuente que me abastezca de ese voltaje en continua, en caso de fallo de la fuente se ha conectado un relé de 24 Vcc y su contacto NA (Normalmente Abierto) conmuta una señal (I11) que llega al PLC.
- Además se tiene la señal de un termostato (I15) , que esta calibrado que cierre o abra sus contactos cuando la temperatura supere los 115°C, esta es una seguridad en caso de que el quemador o el controlador de temperatura tengan algún problema y la temperatura de salida siga subiendo sin control, esta señal desactivara todo el sistema.
- La señal de paro de emergencia (I2) que desactiva el programa ya sea por programa y físicamente desactivando los relés de seguridad (MCR) (I16).

#### **4.6.7. ENCENDIDO DE ALARMAS VISUAL Y SONORA.**

Al producirse alguna falla en el sistema, es decir al energizarse la salida virtual M2 se emitirá una luz de alarma encendida por la salida Q3, además se activara la alarma sonora accionada por la salida Q12 y en el tablero se energizará una luz piloto por la salida Q13, como se ve en la figura 16.4.

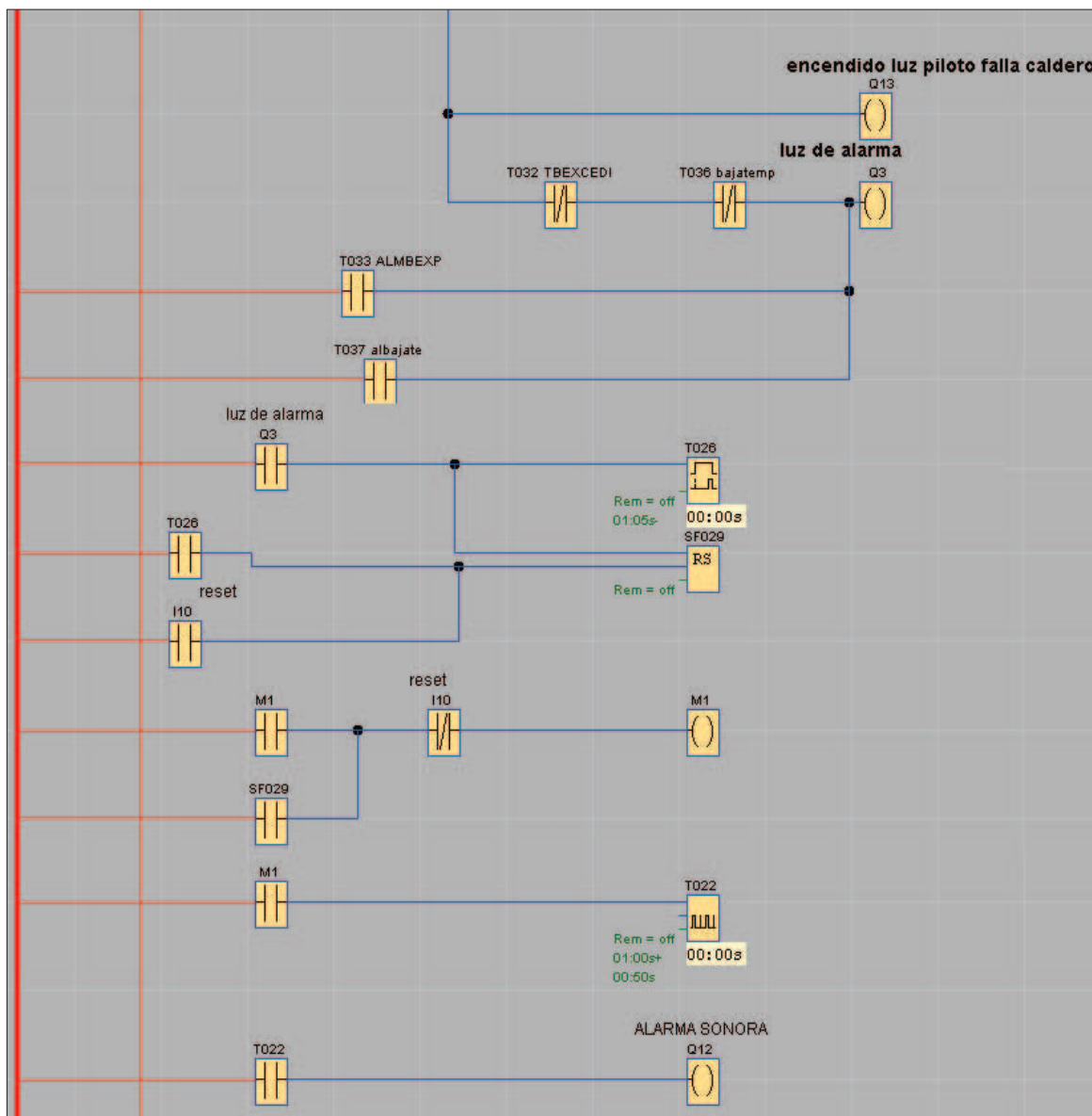


Figura. 16.4. Esquema de la programación del control de encendido de la alarma visual y sonora hecha en LOGO SOFT CONFORT V6.1.

Fuente: Propia.

El plano completo del programa implementado en el LOGO! 230 RC se puede apreciar en el anexo N° 11

#### 4.6.8. VISUALIZACION DE ESTADO DE ENTRADAS ANALOGICAS EN LA PANTALLA TD LOGO.

El software de programación brinda la ventaja de mostrar en la pantalla LOGO TD la temperatura en que se encuentra a la entrada, salida y chimenea del caldero, como se ve en la figura 16.5.



Figura. 16.5. Programación de la visualización de estado de entradas analógicas en la pantalla LOGO TD hecho en LOGO SOFT CONFORT V6.1.

Fuente: Propia.

La figura 16.6, muestra los parámetros y como se muestra en la pantalla los valores analógicos de las sondas Pt100, estos valores se mostraran en forma de barras horizontales para una mejor visualización.

El bloque SF002 es la sonda Pt100 en la chimenea del caldero, el SF003 es la sonda a la salida del caldero, y el SF015 a la entrada.

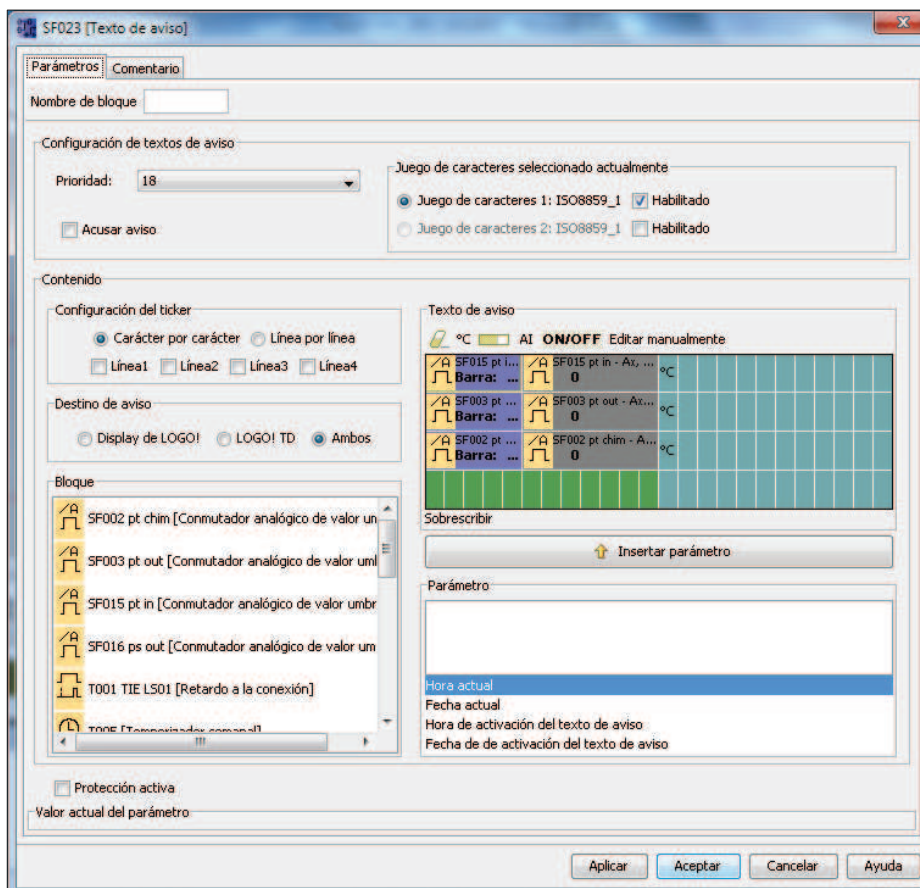


Figura. 16.6. Ventana de parámetros para los valores analógicos de las sondas Pt100 del programa LOGO SOFT CONFORT V6.1.

Fuente: Propia.

#### 4.6.9. GESTION MENSAJES DE ESTADO Y ALARMA VISUALIZADOS EN LA PANTALLA TD LOGO.

El programa está diseñado para mostrar mensajes de estado en operación del caldero y más aún en caso de alarma, esto se logra a través de la programación haciendo que si una entrada varía de estado acciona a una compuerta que activa el mensaje guardado el autómata y este muestra en su pantalla el mensaje que se grabó en la programación.

Un ejemplo se muestra suponiendo que por sobrecarga la bomba 1 acciona su térmico, esta señal hará que el bloque SF009 se active y el autómata se muestre el mensaje, como se ve en la figura 16.7.



Figura. 16.7. Esquema de la programación de la gestión mensajes de estado y alarma visualizados en la pantalla LOGO TD.

Fuente: Propia.

La parametrización de este bloque es la siguiente:

En la pantalla verde se pueden colocar los caracteres que se mostraran como mensaje para nuestro ejemplo “TERMICO BOMBA 1 EO2 IN7”, a través de este mensaje se puede interpretar que la bomba 1 sufrió una sobrecarga, “E02” es la codificación del cable en el tablero de fuerza e “IN 7 “ es la codificación a si como la entrada en el PLC.

Mediante este mensaje se podrá diagnosticar de manera inmediata la falla que se produjo en el caldero, como se ve en la figura 16.8.

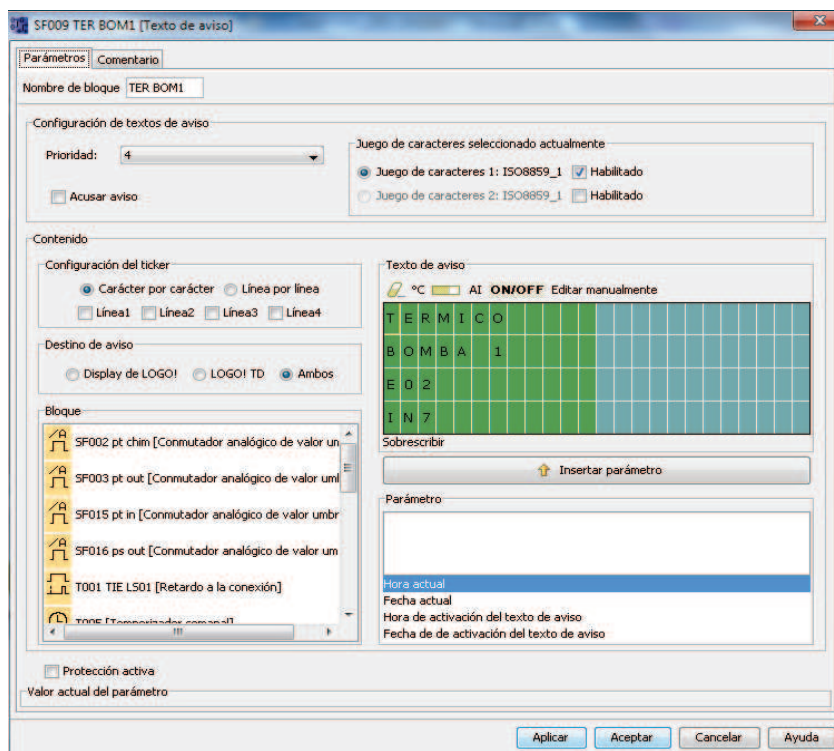


Figura. 16.8. Ventana de parámetros para los mensajes de texto que dan aviso en la pantalla LOGO TD, del programa LOGO SOFT CONFORT V6.1.

Fuente: Propia

## CAPÍTULO 5

### PRUEBAS Y ANÁLISIS REQUERIDOS AL SISTEMA.

#### 5.1. PRUEBAS.

Luego de la conexión, instalación y programación de todos los elementos que intervienen en el funcionamiento del caldero principal y en la maniobra del tablero de control, se procedió a hacer las siguientes pruebas:

##### 5.1.1. PRUEBA DE CONTINUIDAD DE LAS CONEXIONES REALIZADAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.

Al realizar las respectivas conexiones de todas las entradas del PLC que intervienen en el sistema (como se ve en la figura 16.9.), se tuvo que probar el cableado de cada entrada y salida mediante la utilización del multímetro para verificar su continuidad, una vez hecho esto se tiene la seguridad de que las señales llegaran sin problema a energizar el circuito.



Figura. 16.9. Conexión de las entradas y salidas al PLC

Fuente: Propia.

### 5.1.2. PRUEBA DE PROTECCIONES.

Al alimentar al tablero con voltaje nominal (como se ve en la figura 17.0), comprobamos que los disyuntores de protección no reciban un nivel de voltaje equivocado y evite que existan conexiones que produzcan corto circuito y la posterior avería de cualquiera de los elementos.



Figura. 17.0. Alimentación del tablero implementado

Fuente: Propia.

La codificación de los disyuntores de protección y de los porta fusibles, es muy importante, debido a que es más fácil reconocerlo en el plano de conexión general del tablero y es más sencillo poder medir los voltajes que deberían tener cada uno de los disyuntores y a que circuito alimentan, una vez verificados los voltajes se procedió a encender uno a uno y a constatar el buen funcionamiento de cada uno de los dispositivos y elementos de control.



### 5.1.3. VERIFICACIÓN DE ENTRADAS IMPLEMENTADAS Y PROGRAMADAS EN EL PLC.

Al diseñar un circuito, se debe tener en cuenta que el cableado, así como los elementos que están actuando como sensores deben estar debidamente codificados y dibujado en su respectivo plano eléctrico.

Una vez hecho esto se comprobó cada una de las entradas energizándolas con una fase de 110V CA, este voltaje es necesario para que el PLC reconozca cada una de las entradas implementadas y programadas.



Figura. 17.1. Verificación de entradas en el LOGO! 230 RC

Fuente: Propia.

Como se puede observar en la figura 17.1, los números representan cada una de las entradas del PLC, las mismas que si se encuentran activadas son mostradas en la pantalla cuando el número de entrada está ennegrecido.

De igual forma se realizó el mismo procedimiento para probar todas las salidas, los relés, contactores, electroválvulas, luces piloto, etc.

Estas pruebas se realizaron utilizando cargas del voltaje deseado para simular la salida y verificar su funcionamiento, estas pruebas se las realizaron cuando el caldero estaba funcionando en vacío o también llamado sin carga una vez realizadas se procedió a la implementación de la automatización y también fue el momento indicado para realizar la transferencia utilizando el tablero construido, como se ve en la figura 17.2.



Figura. 17.2. Tablero implementado y programado.  
Fuente: Propia.

#### 5.1.4. **SENSORES DE PRESIÓN.**

Se conectaron todos los sensores y actuadores según como estaba planificado.

- Verificar el funcionamiento del manómetro.
- Calibrar la presión de conexión y desconexión del presostato.
- Comprobar que el presostato se conecte y desconecte en las presiones establecidas durante el funcionamiento del equipo.

- Constatar visualmente que el flotador de nivel se desplace adecuadamente a través del visor durante el funcionamiento del equipo.

También se probaron las entradas con las señales propias del tablero, como las que estaban conectadas.

Después utilizando una entrada proveniente de un pulsador y programando al PLC, se verificó el funcionamiento de todos los actuadores energizándolos y comprobando su funcionamiento.

Con esta premisa y habiendo hecho la prueba de entradas y salidas del PLC, se procedió a cargar el programa diseñado en la computadora mediante el cable USB.

#### **5.1.5. COMPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA INSTALADO E IMPLEMENTADO PARA EL CONTROL DE ALARMAS DEL CALDERO PRINCIPAL.**

Para la poder realizar la comprobación del programa se procedió a efectuar el primer arranque, y se tuvo un problema de cambio de lógica de algunas entradas, se pudo resolver esto mediante la corrección en la programación.

Con la ayuda del programa LOGO SOft se verificó en tiempo real el estado de todas las entradas y salidas mediante la computadora (como se ve en la figura 17.3.), donde se concluyó que el arranque fue exitoso.

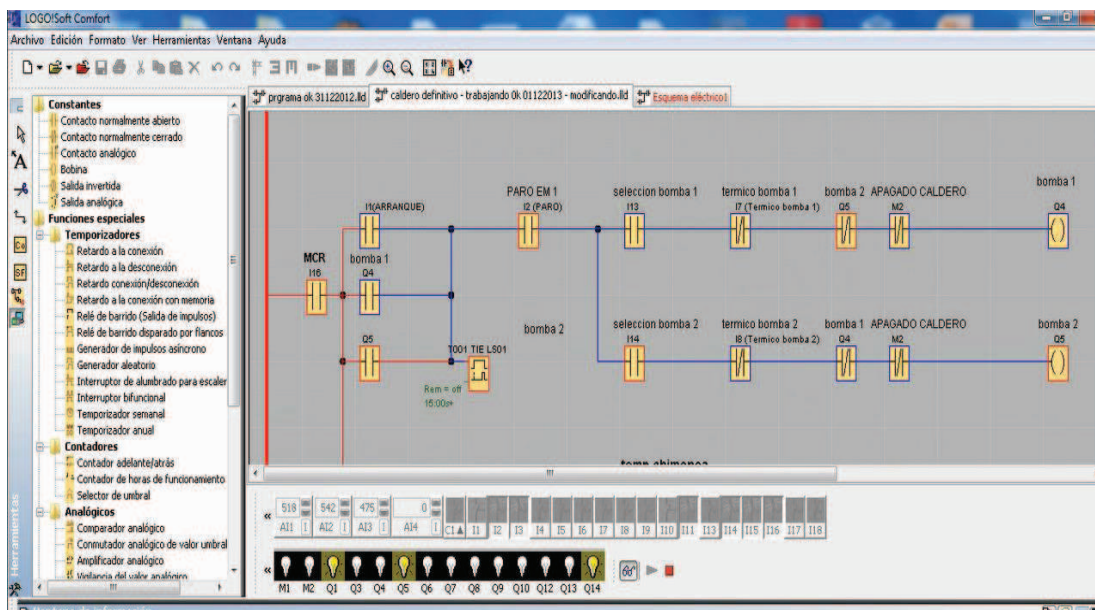


Figura. 17.3. Comprobación de entradas en el Programa implementado en el PLC.  
Fuente: Propia.

Mediante la computadora se verificaron todas las salidas, comprobando si estaban correctamente energizadas, además se probó cada una de las entradas forzándolas directamente para producir la alarma.

También se revisaron todas las alarmas y mensajes de texto, verificando que se presenten en la pantalla externa del PLC “TD LOGO”, como se ve en la figura 17.4.



Figura. 17.4. Comprobación de mensajes en la pantalla LOGO TD.  
Fuente: Propia.

#### 5.1.6. PRUEBA EN FUNCIONAMIENTO NORMAL DEL SISTEMA DE CONTROL DA ALARMAS IMPLEMENTADO Y AUTOMATIZADO.

Se tomaron todos los datos de funcionamiento del caldero como son: temperaturas, presión de salida, presión en el tanque de expansión, corrientes de las bombas, nivel en el tanque, etc.

Ejemplo la presión en el tanque de expansión de 65 psi, como se ve en la figura 17.5.



Figura. 17.5. Medición del manómetro en el tanque de expansión.

Fuente: Propia.

Una vez probado el sistema de automatización del caldero, se arranco con producción normal en el secado de todas las líneas de pastas, se monitoreo toda una semana, para ver si se realizaba alguna modificación, ya sea mediante programa, o algún elemento eléctrico.

Se tuvo la necesidad de programar un temporizador para que la señal de falla por falta de agua a la entrada del caldero no se active inmediatamente (como se ve en la figura 17.6.), para que no se produzca una falsa alarma, por ejemplo cuando pasa una burbuja por el sensor de caudal.

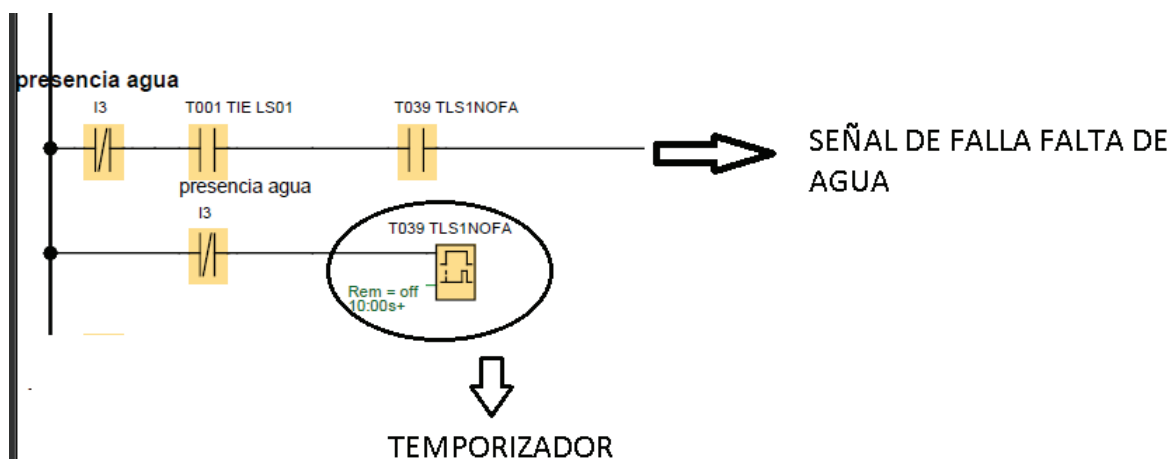


Figura. 17.6. Rectificación del programa.

Fuente: Propia.

## 5.2. ANÁLISIS Y RESULTADOS.

Una vez concluidas las pruebas de instalación y de funcionamiento del tablero implementado y automatizado para el sistema de control de alarmas, se obtuvieron resultados positivos y se analizó toda la operación del caldero donde se concluye que el programa implementado en el PLC, puede ser modificado siempre y cuando el caldero este parado y las entradas y salidas conectadas al PLC estén deshabilitadas, también se puede aumentar módulos de entradas y salidas digitales y analógicas para en el futuro poder realizar la implementación y automatización del sistema de control de alarmas en los calderos secundarios, que son utilizados en la paro del principal debido a su mantenimiento.

También se puede modificar las opciones de funcionamiento normal del caldero principal al deshabilitar las entradas analógicas conectadas al PLC para que el caldero principal pueda funcionar con normalidad sin contratiempos y no se pare la producción en ninguna de las tres líneas de pasta, esto hasta comprobar la falla existente en esas entradas.

Las pruebas realizadas también nos dieron como resultado que el tiempo de respuesta de cuando ocurre una falla y esta activa a la alarma sonora y la de luz es menor a 1 segundo, así como también los mensajes mostrados en la pantalla de LOGO! TD.

Se comprobó que mediante el PLC, el nivel de agua del tanque de expansión se mantiene en un nivel óptimo para abastecer al caldero; Además se debe tener en cuenta los correctos valores de presión que debe tener el caldero, esto se logra con la ayuda de presostatos ubicados en la entrada y salida del caldero para manipular la carga y descarga de agua , donde se concluye que la presión en la salida del caldero es mayor que la del tanque de expansión, esto durante la mayor parte del tiempo del proceso de secado y pre secado de las tres líneas de pasta.

Finalmente se ha analizado y comprobado que el sistema de control de alarmas implementado y automatizado en el caldero, brinda un monitoreo en tiempo real durante el funcionamiento del caldero y proporciona una alerta inmediata de manera sonora e informativa mediante mensajes de las fallas que se producen durante la operación del caldero.

### 5.3. COSTOS.

Los costos de la implementación y automatización de un sistema de control de alarmas en el caldero principal de la empresa “grupo superior” ubicada en la parroquia de Guayllabamba se muestran a continuación.

Se detallan los valores invertidos en la adquisición del PLC y el valor total de gastos de los accesorios de automatización, así como los valores correspondientes a accesorio y mano de obra.

#### EQUIPO - ACCESORIOS DE AUTOMATIZACIÓN.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Breaker P/Riel DIN 3 polos 6AMP	U	1	28,8	28,8
2	Breaker P/Riel DIN 2 polos 6AMP	U	1	19,25	19,25
3	Fusibles 10 x 38 2ª	U	7	0,34	2,38
4	Bases 10 x 38	U	7	1,8	12,6
5	Relés con base 4 NA/ 4 NC	U	5	13	65
6	Fuente 5 AMP 120/230-500VAC Salida 24V	U	1	258	258
7	100 borneras	U	100	0,8	80
8	Luces piloto	U	2	15,35	30,7
9	Pulsadores normales	U	2	9,76	19,52
10	Pulsador de emergencia	U	1	23,85	23,85
11	Selector 2 posiciones	U	2	13,88	27,76
12	Caja metálica 80x80x20	U	1	166	166
13	cajas de revisión	U	4	15	60
14	Conductores apantallados	m	40	2,5	100
15	Cable flexible 18AWG	m	50	0,28	14
16	Canaletas metálica 15 x 10 C/ Tapa	m	10	44,47	444,7
17	Canaletas plásticas	m	2	1	2
18	riel DIN	m	1	1,5	1,5
19	Sensores PT100	u	3	62	186
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>1542,06</b>
				<b>12% I.V.A.</b>	<b>185,0472</b>
				<b>TOTAL.</b>	<b>1727,1072</b>



**EQUIPO - PLC LOGO! Siemens.**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	LOGO! 230 RC	u	1	140	140
2	Modulo LOGO! AM2 PT100	u	2	108	108
3	LOGO! TD	u	1	126	126
4	Modulo expansión DM8 230RC 4DI/4DO	u	1	77	77
5	Modulo expansión DM16 230RC 8DI/8DO a relé	u	1	128	128
6	Cable usb de programación LOGO!	u	1	95	95
7	Programa LOGO! SOFT	u	1	27	27
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>701</b>
				<b>12% I.V.A.</b>	<b>84,12</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>785.12</b>

**ACCESORIA Y MANO DE OBRA.**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Diseño	U	1	500	500
2	Instalación	U	1	500	500
3	Programación	U	1	300	300
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>1300</b>
				<b>12% I.V.A.</b>	<b>156</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>1456</b>

**COSTO TOTAL DE LA IMPLEMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA CONTROL DE ALARMAS.**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	equipo PLC	u	1	983	701
2	accesorios de automatización	u	1	1164,17	1542,06
3	accesoria y mano de obra	u	1	1200	1300
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>3543,06</b>
				<b>12% I.V.A.</b>	<b>425,1672</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>3968,2272</b>

#### **5.4. CONCLUSIONES.**

Con la adaptación del sistema de encendido y apagado del caldero principal, se aumento la seguridad del sistema, requerimientos muy importantes en la generación de agua sobrecalentada.

La visualización de los mensajes del estado del caldero, así como los mensajes de falla, permite tener un monitoreo total del sistema de generación de agua sobrecalentada ya que el operador puede observar desde un solo sitio el estado de operación de la caldera.

Mediante la implementación del sistema de control de alarmas, se facilita la elaboración de un cronograma de mantenimiento preventivo, debido a que el nuevo sistema tiene una mejor supervisión, lo cual contribuye a disminuir considerablemente el tiempo en el que se soluciona las eventuales fallas en el sistema de generación de agua sobrecalentada.

Al disponer de dispositivos de control modernos como PLC's con entradas digitales y análogas y sensores de variables físicas en especial Analógicas se facilita la implementación y reformas en el sistema de monitoreo del proceso de generación de agua sobrecalentada, también garantiza un continuo abastecimiento de repuestos en caso de ser necesario.

La programación admite la implementación de los calderos secundarios que se encuentran en las inmediaciones del caldero principal, lo cual no implicaría cambios en la lógica de programación, ya que simplemente se incrementarían las entradas, salidas y secciones del programa de control para más calderos.

Con la implementación y automatización de un tablero de control, para el funcionamiento del caldero principal en el proceso de secado y pre secado de pastas, permite obtener una productividad variable a la demanda y también asegura la operación del proceso así como la disminución de los paros provocados por las fallas.

El PLC simplifica el control automático de equipos industriales, así como disminuye la instalación de otros componentes y circuitos eléctricos y electrónicos, gracias a esto se facilita la implementación y automatización en aplicaciones de la industria como por ejemplo el sistema de control de alarmas en un caldero.

El costo de la instalación implementación y automatización del sistema de control de alarmas es aproximadamente 3.968,2272 USD el cual es un precio mucho menor que el costo que presentaba el paro de la producción debido a fallas en el funcionamiento del caldero.

La elaboración de este proyecto ha sido de mucha importancia en nuestra formación profesional, porque ha permitido aplicar y desarrollar conocimientos adquiridos durante todo el periodo de estudio de nuestra carrera en esta querida institución, y enseñar de cómo se debe realizar un proyecto dentro de una industria de la magnitud de Grupo Superior.

## **5.5. RECOMENDACIONES.**

Se debe tener en cuenta que no se debe descuidar la supervisión humana del proceso de generación de agua sobrecalentada , debido a que ahora se cuenta con un sistema moderno de control, se recomienda revisar periódicamente todos las variables que intervienen en el funcionamiento del caldero, para evitar en el futuro problemas de calibración.

Efectuar periódicamente la purga del tanque de expansión y también en las calderas, ya que esto permite verificar el óptimo estado de los sensores de nivel de agua así como su calibración, para un buen funcionamiento del programa en lo que a control de nivel se refiere.

La asesoría técnica calificada es muy importante, especialmente para la operación de equipos industriales que forman parte principal en procesos de elaboración de alimentos. Sobre todo en unidades generadoras de energía las cuales operan a altas presiones y temperaturas que podrían ocasionar graves accidentes en casos de descuido o negligencia.

Manipular de la mejor forma todas las herramientas con que cuenta el sistema de visualización, como por ejemplo al aparecer un mensaje de alarma, anotar ese mensaje y tener archivado en un historial con la solución que se le dio a la alarma para tener un registro de todos las fallas que se han producido en el equipo, así como del tiempo de funcionamiento diario del caldero.

Al elaborar un tablero de control se debe siempre tomar en cuenta seguir normas y parámetros de construcción y diseño así como señalización de los elementos

externos al tablero para su fácil manipulación por parte de los operarios y personal de mantenimiento.

Para conseguir la mejor solución de una automatización, es importante escuchar las sugerencias de las personas que estén vinculadas al proyecto de forma directa o indirecta, como son los operadores y jefes de la fábrica, ya que por la experiencia adquirida gracias al manejo diario de la máquina, pueden sugerir cambios que mejoren su funcionamiento.

El diseño y la instalación del sistema de control de alarmas para el caldero debe ser lo suficientemente flexible, de tal manera que permita realizar cambios el momento de su implementación, incluso luego de que el sistema haya entrado en operación debido a que en el futuro se puede aumentar mejoras para expandirse a otros calderos.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

Cuaderno de apuntes de maquinas térmicas, Ing. Marco Bonilla.

[www.thermalaustral.com](http://www.thermalaustral.com)

[www.cylex.com.mx/kewanee.html](http://www.cylex.com.mx/kewanee.html).

Universidad Rafael Landívar -Revista Electrónica No.13 Julio, 2009.

<http://www.pirobloc.com>

<http://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/800/3/CAPITULO%202>.

<http://migraciones1.wordpress.com/category/calderas/>

<http://migraciones1.wordpress.com/category/calderas/>

Autómatas Programables. Álvaro Aguinaga Barragán Ph.D.

Control Avanzado de Procesos, José Acedo Sánchez, teoría y práctica, Ediciones Díaz de Santos S.A.

<http://es.wikipedia.org.com>.

Cuaderno de apuntes y hojas de prácticas de Instrumentación Industrial, Ing.  
Fernando Jácome

Instrumentación industrial, Antonio Creus Solé, 6ta edición Marcombo, S. A.,  
Barcelona, España

Total Radiation Pyrometers, OILM International Organización of Legal Metrology.

Folleto de teoría y prácticas de Medición y Control de Presión, de la materia de  
Instrumentación Industrial, Ing. Fernando Jácome

<http://es.wikipedia.org>- NEMA (National Electrical Manufacturers Association )

[http://www.technics.com.ar/productos,siemens/es/Notas%20y%20articulos/1680.h  
tm](http://www.technics.com.ar/productos,siemens/es/Notas%20y%20articulos/1680.htm)

[www.exemys.com](http://www.exemys.com).

<http://www.distribuidor-oficial-siemens-productos-electricos.control>

Norman A. Anderson, Instrumentación para la medición y control de procesos  
industriales.

<http://apuntes.rincondelvago.com>

Medición y control de procesos industriales. Gustavo Villalobos Ordaz, Raúl Rico Romero, Fernando Eli Ortiz Hernández, Marcela Adriana Montufar navarro. Primera edición 2006 Instituto Politécnico Nacional México.

Manual edición 6 / 2003 LOGO! siemens código 6ED1050-1AA00-0DE5.  
[www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/)

MANUAL DE LOGO! SOFT COMFORT V6.0. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/)



**ANEXOS**

## Anexo N° 1

Clasificación de las termocuplas establecido por la ANSI, tomando en cuenta la respuesta de voltaje versus temperatura.

TIPO	ALEACIÓN	RANGO	SENSIBILIDAD	CARACTERÍSTICAS
TIPO J	(Hierro / Constatan)	40° C a +750° C	52 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	Le afecta la corrosión, se des calibra con frecuencia
TIPO K	(Cromo / Aluminio)	-200° C a +1.372° C	41 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	Posee buena resistencia a la oxidación
TIPO E	(Cromo / Constatan)		68 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	Ideal para bajas temperaturas, en el ámbito criogénico
TIPO B	(Platino /Rodio)	Temperaturas Superiores de 1.800° C	10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ aprox.	presentan el mismo resultado a 0° C y 42° C debido a su curva de temperatura/voltaje,
TIPO R	(Platino /Rodio)	Temperaturas de hasta 1.300° C.	10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ aprox.	Su elevado precio y baja sensibilidad quitan su atractivo.
TIPO S	(Platino /Rodio)	Temperaturas de hasta 1.300° C.	10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ aprox.	Es un instrumento que no es adecuado para el uso general. Debido a su elevada estabilidad, el tipo S es utilizado para la calibración universal del punto de fusión del oro (1064,43° C).

## Anexo N° 2

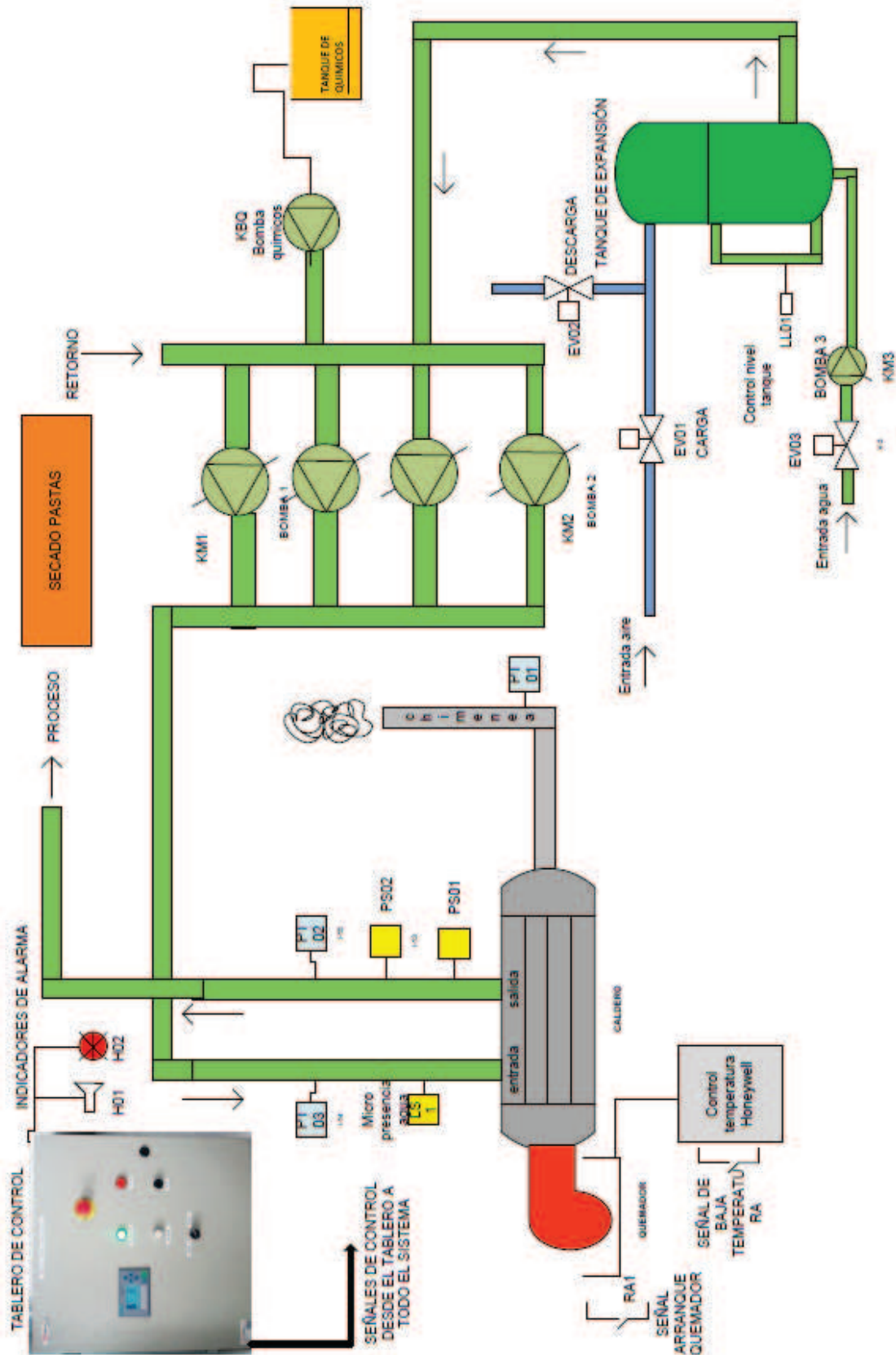
Comparación de los pirómetros ópticos y de radiación total.

<b>ELEMENTO SENSOR</b>	<b>CAMPO DE APLICACIÓN</b>	<b>PRECISIÓN</b>	<b>INCONVENIENTES</b>
Pirómetros ópticos	+50,2°C +6000°C	0,5%	Dificultad al determinar su temperatura absoluta
Pirómetros de radiación total	+50,2°C +6000°C	0,5%	Dificultad al determinar su temperatura absoluta Y lentitud de respuesta

OIML D 24(1996). Total radiation pyrometers. OIML International Organization of legal Metrology. París, francia.

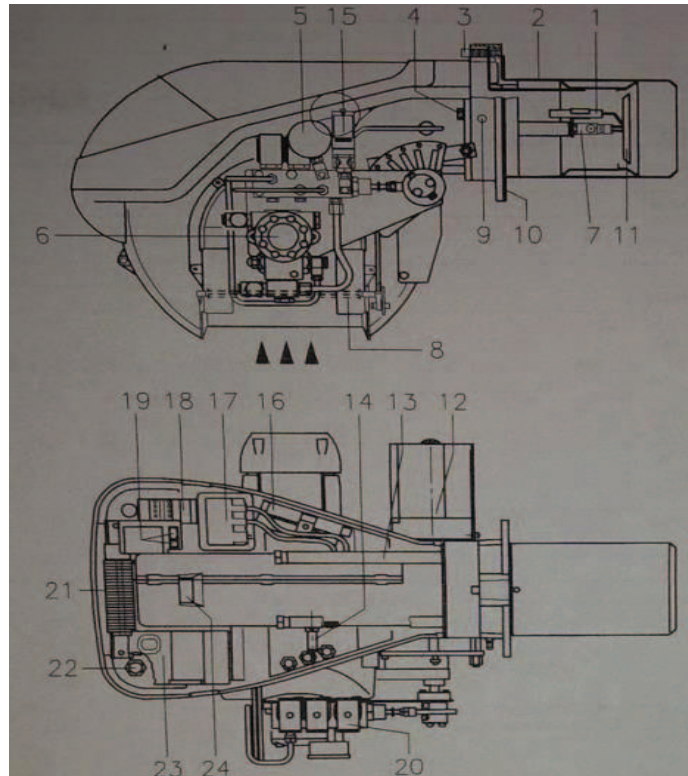
# Anexo N° 3

## Esquema del área del equipo instalado en el caldero



## Anexo N° 4

Partes componentes del quemador del caldero principal.



Mediante la siguiente figura se puede apreciar en forma numerada cada uno de los componentes que constituye el quemador del caldero donde se describe a continuación.

1. Electrodo de encendido
2. El calor de combustión
3. Tornillo para el ajuste del calor de combustión
4. El tornillo de fijación del ventilador en la brida
5. Manómetro para la presión en la boquilla de retorno
6. Bomba de gasolina
7. Goteo de soporte de la tobera
8. Compuerta de aire

9. La presión del ventilador del punto de prueba
10. Brida de montaje de la caldera.
11. Llama disco de estabilidad
12. Servomotor que proporciona un ajuste del regulador de suministro de combustible y de amortiguador de aire cuando el quemador no está funcionando el aire húmedo completamente cerrado con el fin de reducir a un mínimo el calor de dispersión de la caldera.
13. Barras de deslizamiento para abrir el quemador y la cabeza inspecciones  
Combustión
14. Fococélula
15. Aceite de conmutación de alta presión
16. Extensiones de barras de deslizamiento 14 con el kit
17. Transformador de encendido
18. Contactor del motor y con sobrecarga térmica incluido resector
19. interruptor de alimentación para las diferentes operaciones de sistema automático de las instrucciones. botón para aumentar la potencia-de reducción de potencia
20. conjunto de la válvula con regulador de presión.
21. regleta de terminales
22. perforaciones para conexiones eléctricas para el instalador
23. protección de las llamas con el bloqueo de la luz piloto y mira botón de reinicio
24. ventana de inspección de la llama dos tipos de fallo del quemador puede ocurrir.

## Anexo Nº 5

### Datos técnicos: LOGO! 230 y LOGO! DM8 230R

	LOGO! 230RC LOGO! 230RCo	LOGO! DM8 230R
<b>Fuente de alimentación</b>		
Tensión de entrada	115...240 V CA/CC	115...240 V CA/CC
Margen admisible	85 ... 265 V CA 100 ... 253 V CC	85 ... 253 V CA 85 ... 253 V CC
Frecuencia de red admisible	47 ... 63 Hz	47 ... 63 Hz
Consumo de corriente		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 115 V c.a.</li> <li>• 240 V CA</li> <li>• 115 V CC</li> <li>• 240 V CC</li> </ul>	10 ... 40 mA 10 ... 25 mA 5 ... 25 mA 5 ... 15 mA	10 ... 30 mA 10 ... 20 mA 5 ... 15 mA 5 ... 10 mA
Compensación de fallos de tensión		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 115 V CA/CC</li> <li>• 240 V CA/CC</li> </ul>	tip. 10 ms tip. 20 ms	tip. 10 ms tip. 20 ms
Potencia disipada en caso de		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 115 V c.a.</li> <li>• 240 V CA</li> <li>• 115 V CC</li> <li>• 240 V CC</li> </ul>	1,1 ... 4,6 W 2,4 ... 6,0 W 0,5 ... 2,9 W 1,2 ... 3,6 W	1,1 ... 3,5 W 2,4 ... 4,8 W 0,5 ... 1,8 W 1,2 ... 2,4 W
Respaldo del reloj a 25 °C	tip. 80 h	
Precisión del reloj de tiempo real	máx. 2s / día	
<b>Entradas digitales</b>		
Cantidad	8	4
Separación galvánica	no	no



	LOGO! 230RC LOGO! 230RCo	LOGO! DM8 230R
Tensión de entrada L1		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• señal 0</li> <li>• señal 1</li> <li>• señal 0</li> <li>• señal 1</li> </ul>	<40 V c.a. >79 V c.a. < 30 V CC > 79 V CC	<40 V c.a. >79 V c.a. < 30 V CC > 79 V CC
Intensidad de entrada para		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• señal 0</li> <li>• señal 1</li> </ul>	<0,03 mA >0,08 mA	<0,03 mA >0,08 mA
Tiempo de retardo para		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• cambio de 0 a 1</li> <li>• cambio de 1 a 0</li> </ul>	tip. 50 ms tip. 50 ms	tip. 50 ms tip. 50 ms
Longitud del conductor (sin blindaje)	100 m	100 m
<b>Salidas digitales</b>		
Cantidad	4	4
Tipo de las salidas	Salidas a relé	Salidas a relé
Separación galvánica	sí	sí
En grupos de	1	1
Activación de una entrada digital	sí	sí
Corriente constante $I_{th}$	máx. 10 A por relé	máx. 5 A por relé
Carga de lámparas incandescentes (25.000 maniobras) en caso de:		
230/240 V CA	1.000 W	1.000 W
115/120 V CA	500 W	500 W
Tubos fluorescentes con dispositivo previo electr. (25.000 histéresis)	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)



	LOGO! 230RC LOGO! 230RC <sub>0</sub>	LOGO! DM8 230R
Tubos fluorescentes compensados convencionalmente (25.000 maniobras)	1 x 58 W (para 230/240 V c.a.)	1 x 58 W (para 230/240 V c.a.)
Tubos fluorescentes no compensados (25.000 maniobras)	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)
Resistencia a cortocircuitos cos 1	Contactador potencia B16 600 A	Contactador potencia B16 600 A
Resistencia a cortocircuitos cos 0,5 a 0,7	Contactador potencia B16 900 A	Contactador potencia B16 900 A
Derating	Ninguno; en todo el margen de temperatura	Ninguno; en todo el margen de temperatura
Conexión de las salidas en paralelo para aumentar la potencia	no admisible	no admisible
Protección de un relé de salida (si se desea)	máx. 16 A, característica B16	máx. 16 A, característica B16
<b>Frecuencia de conmutación</b>		
Mecánica	10 Hz	10 Hz
Carga óhmica/carga de lámparas	2 Hz	2 Hz
Carga inductiva	0,5 Hz	0,5 Hz

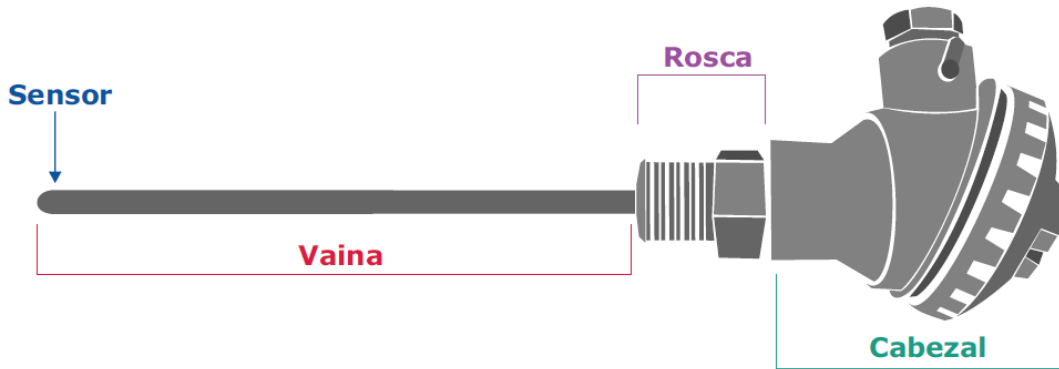
## Anexo N° 6

### Datos técnicos del LOGO TD TEXT DISPLAY.

<b>LOGO TD TEXT DISPLAY.</b>	
<b>La tensión de alimentación</b>	12 V DC, 24 V AC / DC
<b>Rango admisible</b>	10,2 a 28,8 V CC 20,4 a 26,4 V de CA (47 a 63 Hz)
<b>Entradas</b>	6 teclas estándar, 4 teclas de función (teclas táctiles de superficie)
<b>Display</b>	61 x 33 mm, luz de fondo blanca controlable, contraste ajustable
<b>Líneas / Personajes</b>	4 líneas, 12/16 caracteres por línea (dependiendo de conjunto de caracteres seleccionado)
<b>Conexión de la longitud del cable</b>	2,5 m (extender hasta 10 m con la norma 'recto' 9-pin cable serie)
<b>Consumo de energía a 24 V DC</b>	65 mA. (12 V DC), 40 mA. (24 V DC), 90 mA. (24 V CA)
<b>Cut-out dimensiones (W x H x D)</b>	119,5 x 78,5 x 1,5 - 4,0 mm para montaje en panel (128,2 x 86 x 38,7 en total)

## Anexo N° 7

Constitución técnica del sensor de temperatura PT100.



Especificaciones técnicas de la constitución del sensor de temperatura PT100

TC K Acero Inox. 150mm 6.35mm 1/4" BSP Aluminio DIN C

SENSOR

VAINA

ROSCA

CABEZAL

En la siguiente tabla se puede apreciar cada una de las especificaciones técnicas de constitución del sensor PT100 donde se detalla el modelo y dimensionamiento de esta.

<b>TIPO DE SENSOR</b>	TC=termocupla PT=RTD DG=digital
<b>MODELO</b>	J K E T R S 100 1000
<b>MATERIAL DE LA VAINA</b>	Acero inoxidable Bronce Cerámica
<b>LONGITUD Y DIÁMETRO DE LA VAINA</b>	En mm.
<b>DIÁMETRO DE LA ROSCA</b>	En pulgadas.
<b>MATERIAL DEL CABEZAL</b>	Acero níquel Nylon Teflón Baquelita Aluminio sin cabezal
<b>TAMAÑO DEL CABEZAL.</b>	DIN A DIN B DIN C
<b>PASO DE LA ROSCA</b>	BSP. BSPT. NPT. WITHWORT. MÉTRICA.

## Anexo N° 8

### CARACTERÍSTICAS DE SONDAS DE RESISTENCIA.

<i>Metal</i>	<i>Resistividad <math>\mu\Omega/cm</math></i>	<i>Coficiente temp. <math>\Omega/\Omega, ^\circ C</math></i>	<i>Intervalo útil de temp. <math>^\circ C</math></i>	<i><math>\varnothing</math> mín. de hilo mm</i>	<i>Coste relativo</i>	<i>Resis. sonda a <math>0^\circ C</math>, ohmios</i>	<i>Preci- sión <math>^\circ C</math></i>
Platino	9,83	0,00385	— 200 a 950	0,05	Alto	25, 100, 130	0,01
Níquel	6,38	0,0063 a 0,0066	— 150 a 300	»	Medio	100	0,50
Cobre	1,56	0,00425	— 200 a 120	»	Bajo	10	0,10

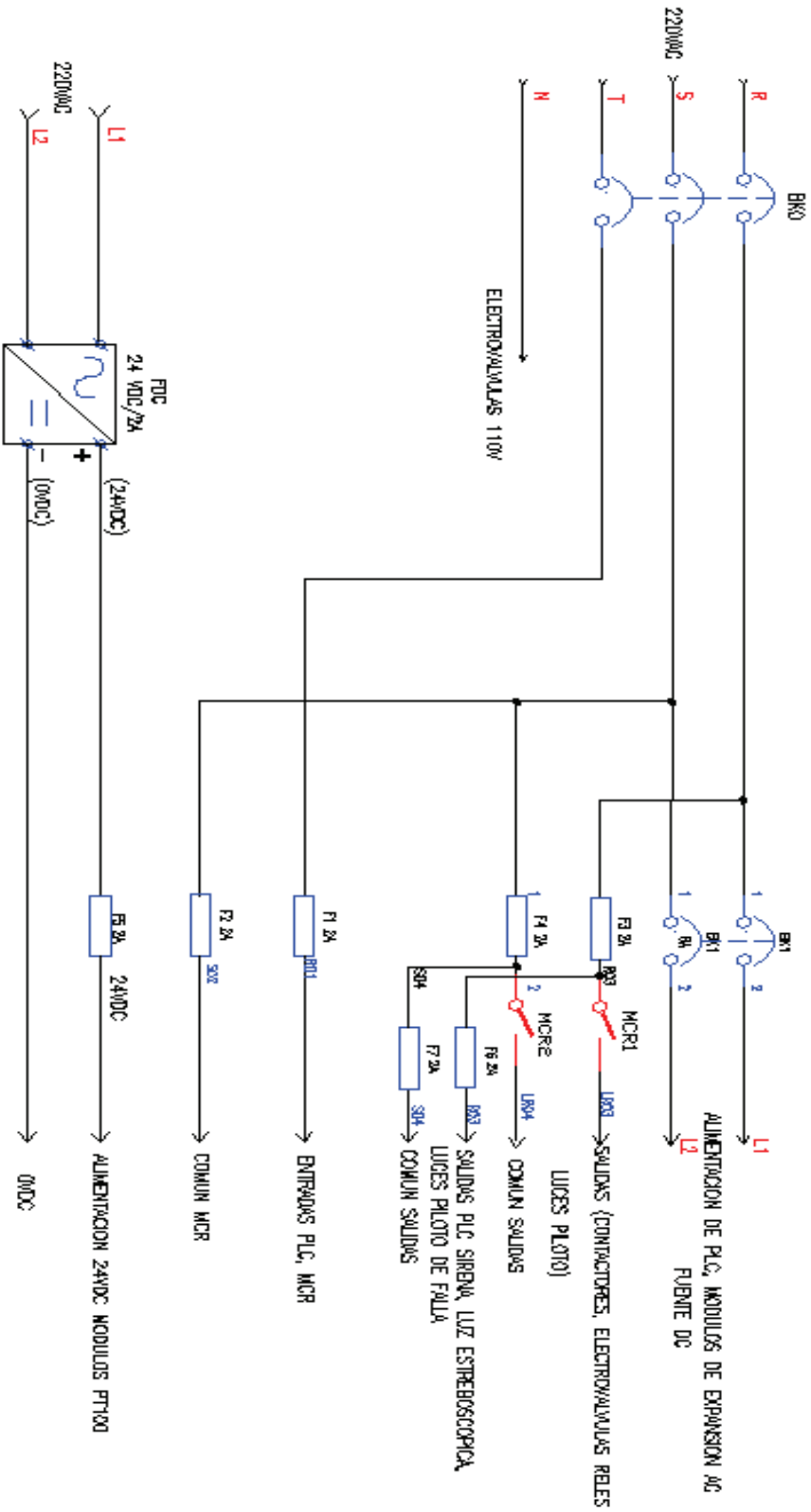
En las tablas siguientes se presenta los valores de resistencia según la temperatura en  $^\circ C$  para las sondas de resistencia PT100 con coeficiente de variación de resistencia 0,00385 según DIN 43.760 (IPTS-68).



°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<i>Resistencia en ohmios</i>									
-220	10,408									
-210	14,360	13,951	13,546	13,145	12,746	12,350	11,955	11,565	11,177	10,793
-200	18,530	18,109	17,689	17,268	16,849	16,429	16,012	15,595	15,182	14,769
-190	22,782	22,354	21,928	21,501	21,073	20,646	20,221	19,796	19,373	18,950
-180	27,049	26,623	26,197	25,771	25,345	24,918	24,492	24,066	23,637	23,209
-170	31,280	30,859	30,437	30,015	29,592	29,169	28,746	28,322	27,899	27,473
-160	35,478	35,060	34,641	34,222	33,803	33,383	32,963	32,543	32,122	31,701
-150	39,651	39,234	38,818	38,401	37,984	37,567	37,150	36,732	36,315	35,897
-140	43,802	43,387	42,973	42,559	42,144	41,729	41,314	40,898	40,483	40,067
-130	47,932	47,520	47,107	46,695	46,282	45,869	45,456	45,043	44,629	44,215
-120	52,041	51,631	51,221	50,811	50,400	49,989	49,578	49,167	48,755	48,344
-110	56,131	55,722	55,314	54,906	54,497	54,088	53,679	53,270	52,861	52,451
-100	60,201	59,794	59,388	58,982	58,575	58,168	57,761	57,354	56,946	56,538
-90	64,252	63,847	63,443	63,038	62,634	62,229	61,823	61,418	61,012	60,607
-80	68,282	67,880	67,478	67,075	66,673	66,270	65,866	65,463	65,059	64,656
-70	72,291	71,892	71,491	71,091	70,690	70,290	69,889	69,487	69,086	68,684
-60	76,279	75,882	75,483	75,085	74,687	74,288	73,889	73,490	73,091	72,691
-50	80,250	79,854	79,457	79,061	78,664	78,267	77,870	77,472	77,075	76,677
-40	84,212	83,816	83,420	83,024	82,628	82,232	81,836	81,439	81,043	80,647
-30	88,170	87,774	87,378	86,983	86,587	86,191	85,795	85,399	85,003	84,607
-20	92,127	91,731	91,336	90,940	90,545	90,149	89,753	89,357	88,962	88,566
-10	96,072	95,679	95,285	94,891	94,496	94,102	93,707	93,312	92,917	92,522
0	100,000	99,608	99,216	98,823	98,431	98,038	97,645	97,253	96,859	96,466
0	100,000	100,391	100,781	101,172	101,562	101,952	102,343	102,733	103,123	103,512
10	103,902	104,292	104,681	105,070	105,460	105,849	106,238	106,627	107,015	107,404
20	107,793	108,181	108,569	108,957	109,345	109,733	110,121	110,509	110,897	111,284
30	111,671	112,059	112,446	112,833	113,220	113,607	113,993	114,380	114,766	115,153
40	115,538	115,925	116,311	116,697	117,083	117,468	117,854	118,239	118,624	119,010
50	119,395	119,780	120,164	120,549	120,934	121,318	121,702	122,087	122,471	122,855
60	123,239	123,623	124,006	124,390	124,773	125,157	125,540	125,923	126,306	126,689
70	127,071	127,454	127,837	128,219	128,601	128,983	129,365	129,747	130,129	130,511
80	130,893	131,275	131,656	132,037	132,418	132,800	133,180	133,560	133,941	134,321
90	134,702	135,082	135,463	135,843	136,223	136,602	136,982	137,362	137,741	138,121
100	138,500	138,879	139,258	139,637	140,016	140,395	140,773	141,152	141,530	141,908
110	142,286	142,664	143,042	143,420	143,798	144,175	144,553	144,930	145,307	145,684
120	146,061	146,438	146,815	147,191	147,568	147,944	148,320	148,697	149,073	149,449
130	149,824	150,200	150,576	150,951	151,326	151,702	152,077	152,452	152,827	153,201
140	153,576	153,951	154,323	154,699	155,075	155,448	155,822	156,195	156,569	156,943
150	157,316	157,690	158,063	158,436	158,809	159,182	159,555	159,927	160,300	160,672
160	161,045	161,417	161,785	162,151	162,517	162,885	163,252	163,618	163,984	164,351
170	164,762	165,133	165,504	165,873	166,241	166,610	166,978	167,345	167,712	168,079
180	168,467	168,837	169,206	169,574	169,941	170,310	170,678	171,045	171,412	171,779
190	172,161	172,530	172,898	173,267	173,635	174,003	174,372	174,740	175,108	175,475
200	175,843	176,211	176,578	176,946	177,313	177,680	178,047	178,414	178,781	179,147
210	179,514	179,880	180,247	180,613	180,979	181,345	181,711	182,076	182,442	182,808
220	183,173	183,538	183,903	184,268	184,633	184,998	185,363	185,727	186,092	186,456
230	186,821	187,185	187,549	187,913	188,276	188,640	189,004	189,367	189,730	190,093
240	190,457	190,819	191,182	191,545	191,908	192,270	192,633	192,995	193,357	193,719
250	194,081	194,443	194,804	195,166	195,527	195,889	196,250	196,611	196,972	197,333
260	197,694	198,054	198,415	198,775	199,136	199,496	199,856	200,216	200,576	200,935
270	201,295	201,655	202,014	202,373	202,732	203,091	203,450	203,809	204,168	204,526
280	204,885	205,243	205,601	205,959	206,317	206,675	207,033	207,391	207,748	208,106
290	208,463	208,820	209,177	209,534	209,891	210,248	210,604	210,961	211,317	211,673
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9



# Anexo N° 9



		Cliente: <b>ALIMENTOS SUPERIOR</b>	Titulo: CIRCUITOS DE ALIMENTACION TABLERO DE CONTROL CALDERO BUDERUS	Dibujo por: UCA	Aprobado por:	Modificaron:	Plano No. TESIS-01
		Escala: S/E	Fecha: 23/ENE/2013	Archivo: CIRCUITO_ALIMENTACION	Hoja: 1/10		





Cliente:  
**ALIMENTOS SUPERIOR**

Título:

**CIRCUITO SEGURIDAD MCR**

Diseñado por:  
UCA

Aprobado por:

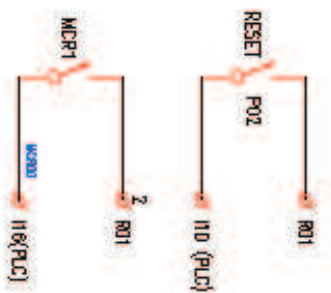
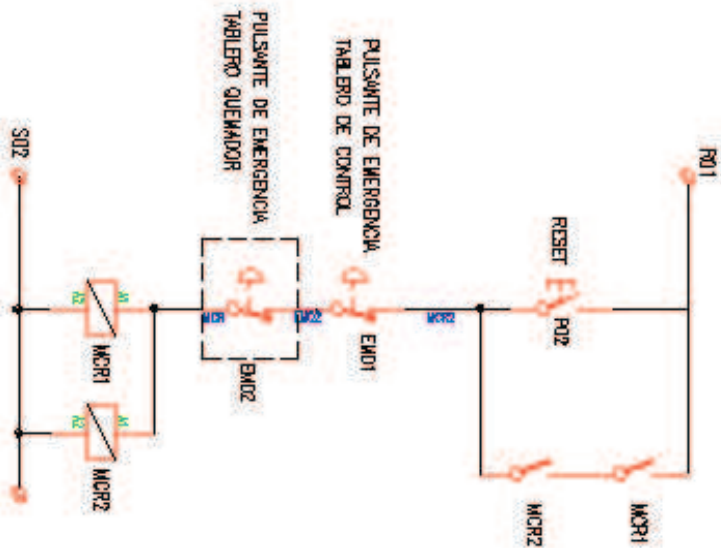
Modificaciones:

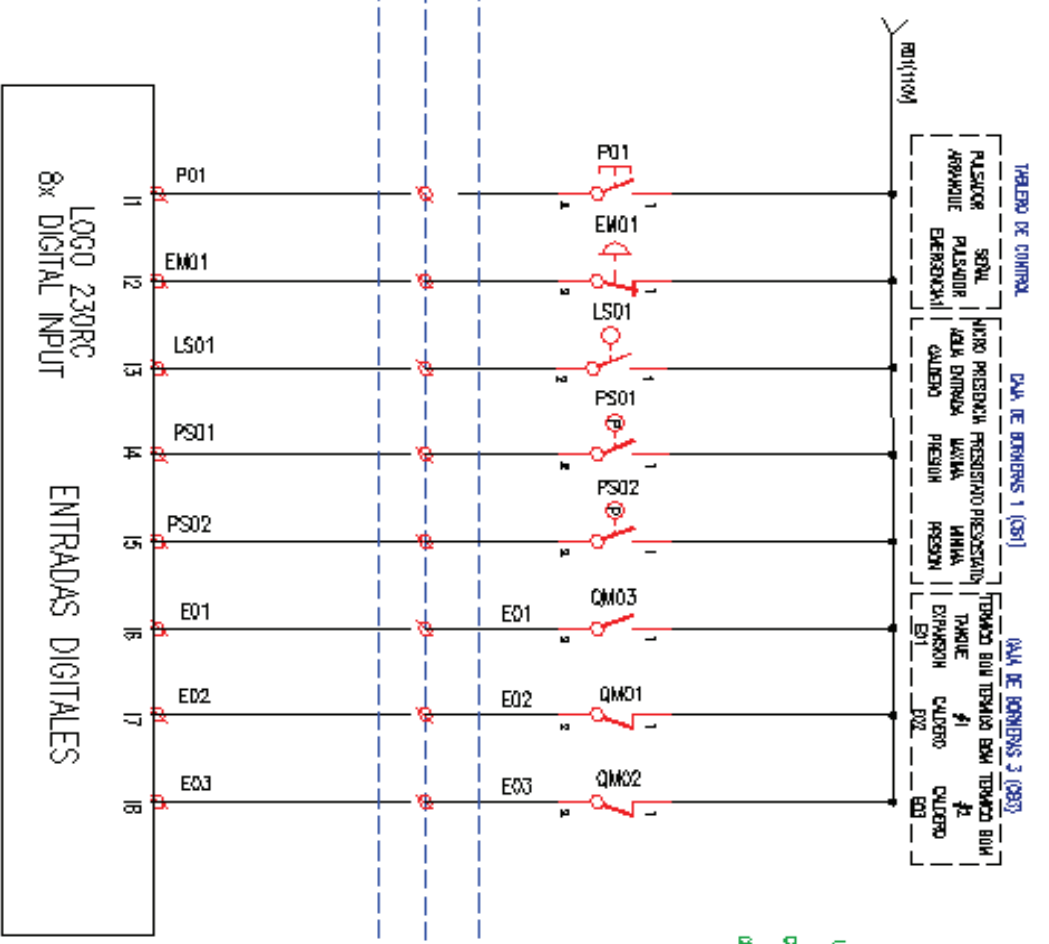
Fecha:  
23/ENE/2013

Archivo:  
MCR.dwg

Plano No.  
TESIS-02

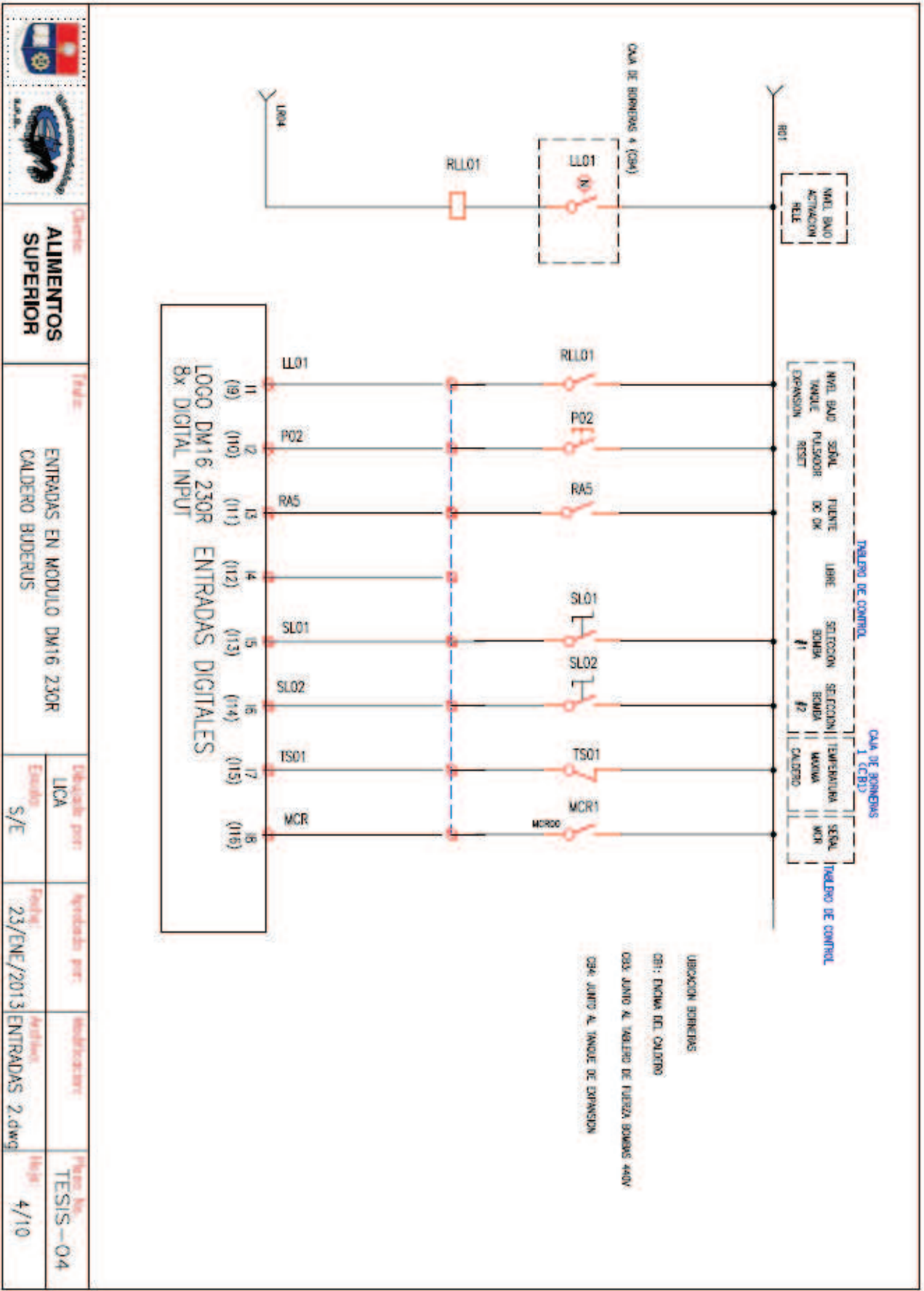
Hoye:  
2/10



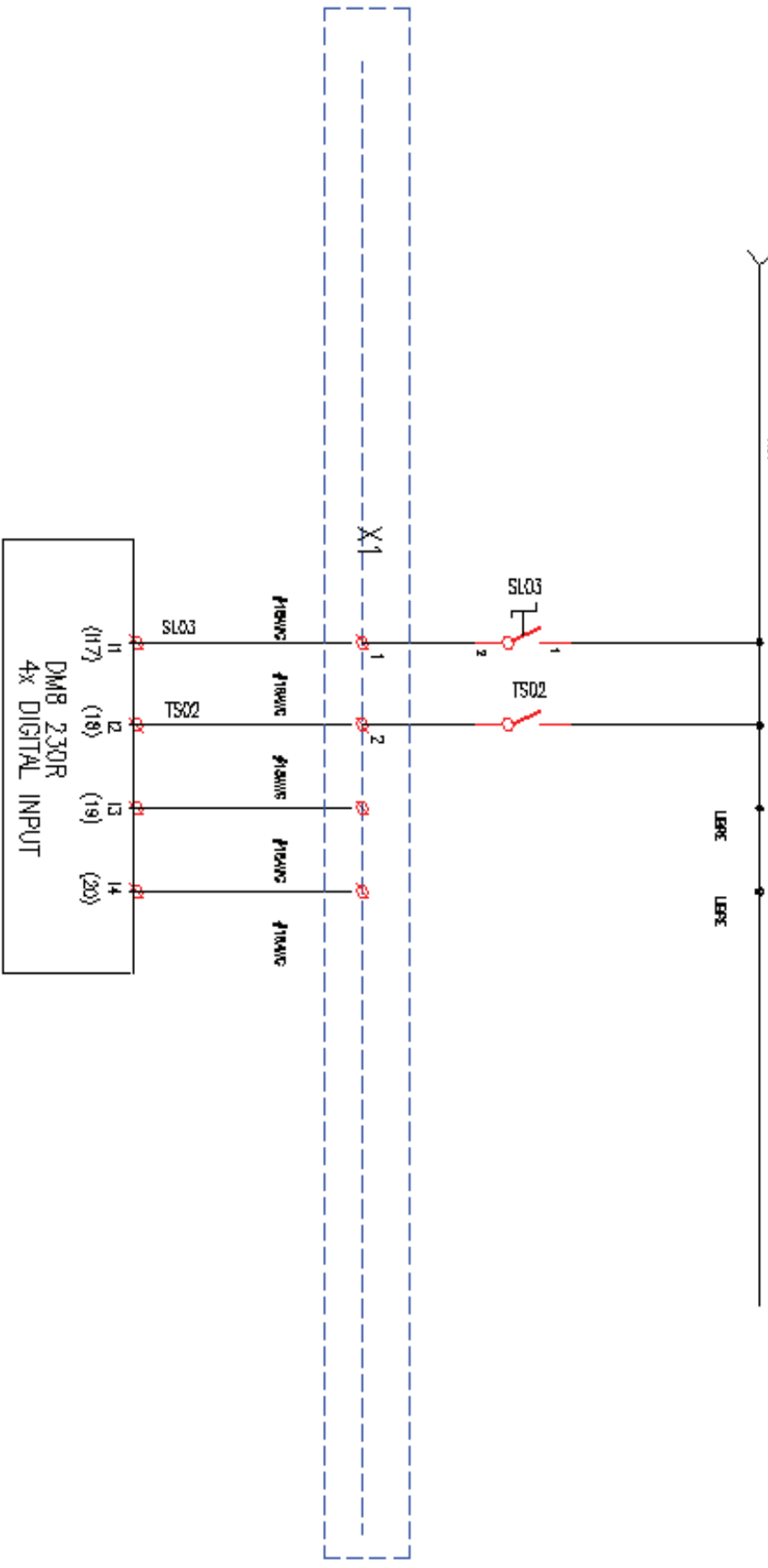



UBRICACION BOMBAS  
 CB1: ENANA DEL CALDERO  
 CB2: JUNTO AL TALLERO DE FUERZA BORNAS 440V

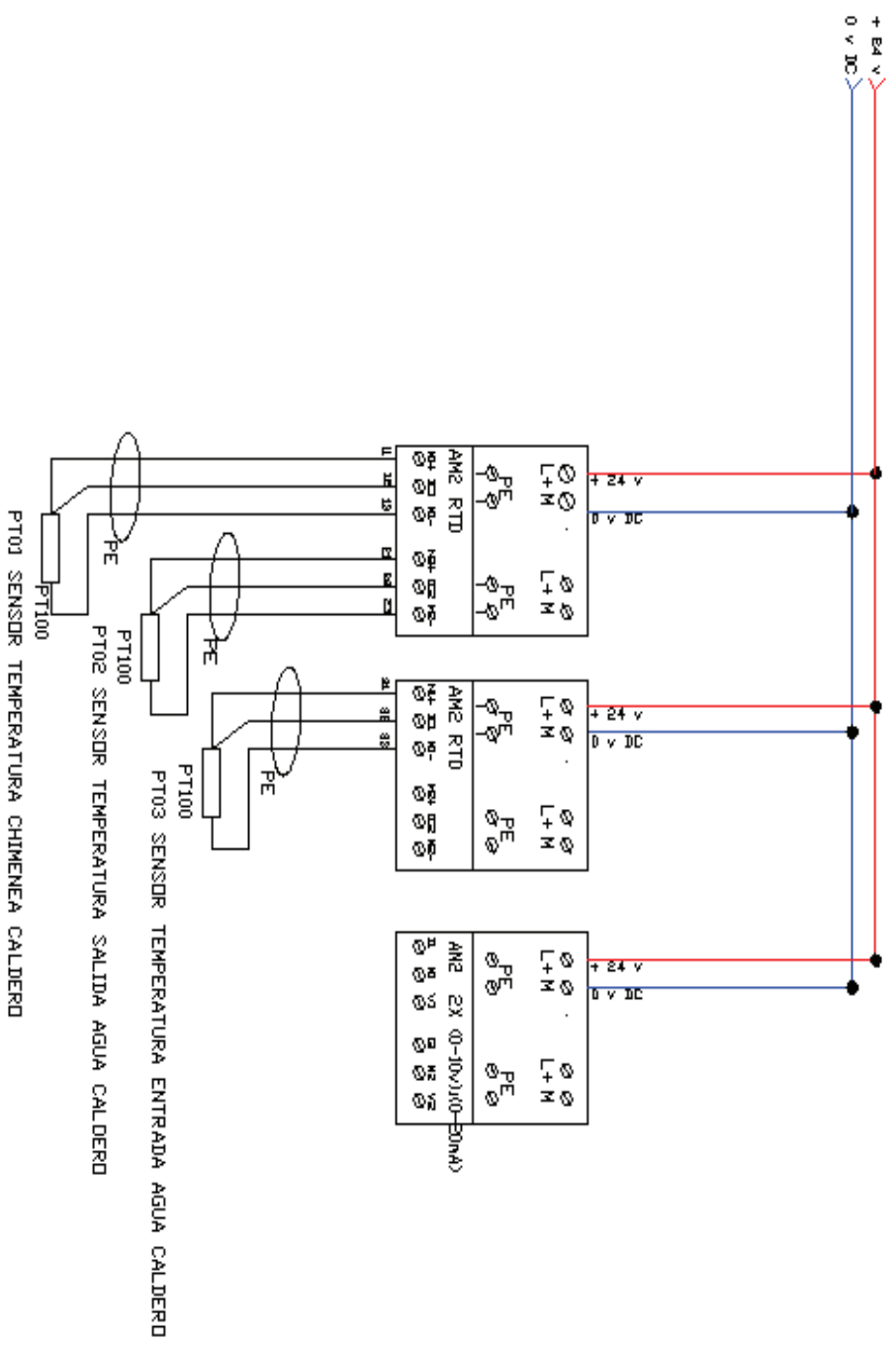
<b>Cliente:</b> <b>ALIMENTOS SUPERIOR</b>	<b>Título:</b> ENTRADAS EN LOGO 230RC CALDERO BUDERUS
<b>Dibujado por:</b> LCA	<b>Aprobado por:</b>
<b>Escalé:</b> S/E	<b>Fecha:</b> 23/ENE/2013
<b>Modificación:</b>	<b>Archivo:</b> ENTRADAS 1 .dwg
<b>Plano No.:</b> TESIS-03	<b>Hoja:</b> 3/10



	<b>Clasificación:</b> <b>ALIMENTOS SUPERIOR</b>	<b>Título:</b> ENTRADAS EN MODULO DM16 230R CALDERO BUDERUS	<b>Diseñado por:</b> LICIA	<b>Verificado por:</b>	<b>Modificado por:</b>	<b>Fecha:</b> 23/ENE/2013	<b>Archivo:</b> ENTRADAS 2.dwg	<b>Hoja:</b> 4/10
	<b>Nombre:</b> <b>ALIMENTOS SUPERIOR</b>	<b>Descripción:</b> ENTRADAS EN MODULO DM16 230R CALDERO BUDERUS	<b>Fecha:</b> 23/ENE/2013	<b>Modificado por:</b>	<b>Verificado por:</b>	<b>Modificado por:</b>	<b>Fecha:</b> 23/ENE/2013	<b>Archivo:</b> ENTRADAS 2.dwg



		<b>Cliente:</b> <b>ALIMENTOS SUPERIOR</b>	<b>Título:</b> ENTRADAS EN MODULO DM8 230R CALDERO BUDEFURS	<b>Dibujado por:</b> LCA	<b>Aprobado por:</b>	<b>Modificación:</b>	<b>Plano No. TESIS-05</b>
<b>Escalor:</b> S/E	<b>Fecha:</b> 23/ENE/2013	<b>Archivo:</b> ENTRADAS 3 .dwg	<b>Hojas:</b> 5/10				



**Cliencia:**  
**ALIMENTOS SUPERIOR**

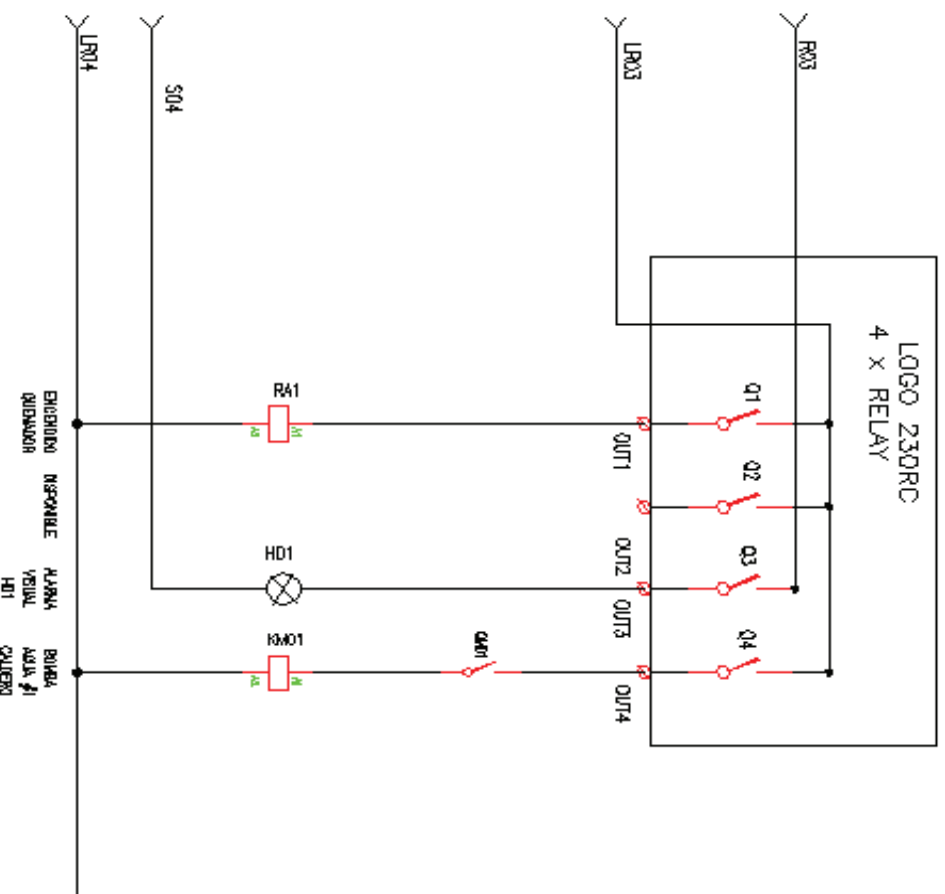
**Título:**  
 ENTRADAS SENSORES ANALOGICOS CALDERO BUDERUS

**Dibujado por:**  
 LICA Escalda: S/E

**Aprobado por:**  
 Fecha: 23/ENE/2013

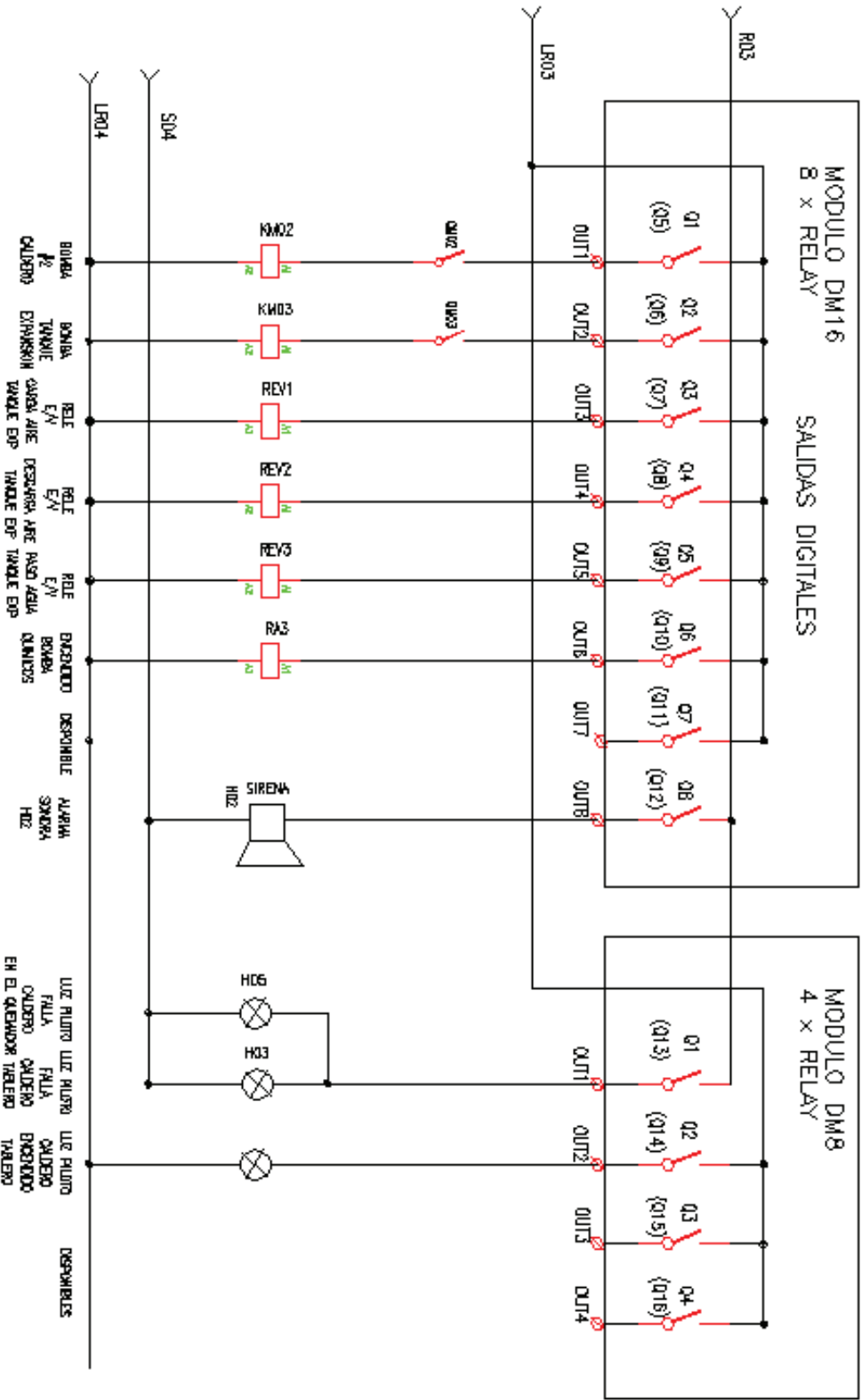
**Modificaciones:**  
 Archivo: ENTRADAS ANALOGICAS.AMG

**Plano No. TESIS-06**  
**Hoja: 6/10**



ENGENHEIRO RESPONSÁVEL  
 QUIMADOR ALARMA  
 VENTIL. HD1 CALDEIRO

		<b>Cliente:</b> <b>ALIMENTOS SUPERIOR</b>	<b>Título:</b> SALIDAS PLC LOGO 230VRC CALDEIRO BUBERUS	<b>Dibujado por:</b> LCA	<b>Aprobado por:</b>	<b>Modificación:</b>	<b>Plano No.</b> TESIS-07
<b>Exatid:</b> S/E	<b>Fecha:</b> 23/ENE/2013	<b>Arquivos:</b> SALIDAS_1 .dwg	<b>Hojas:</b> 7/10				



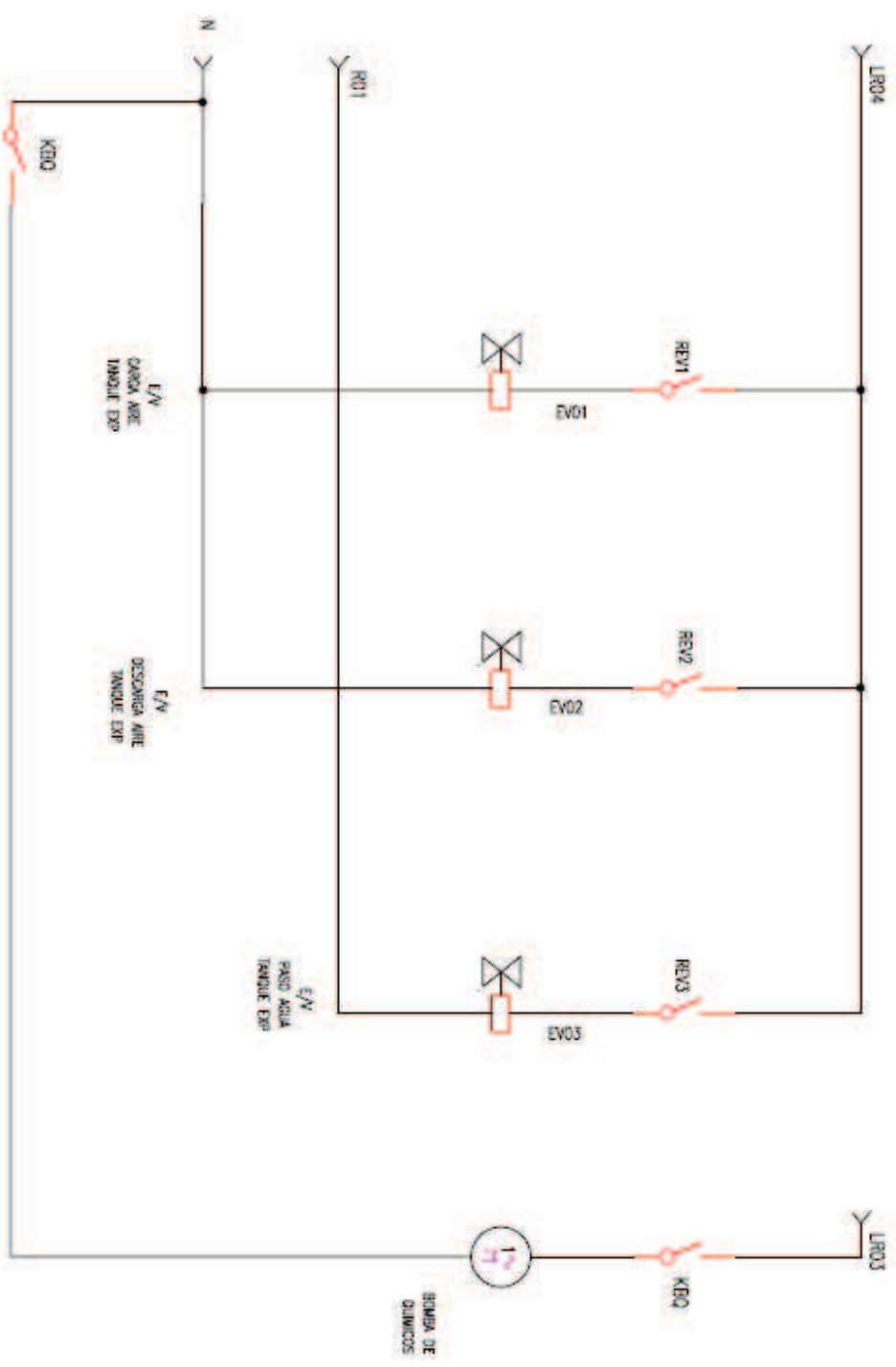
		<b>Clientes:</b> <b>ALIMENTOS SUPERIOR</b>	<b>Título:</b> SALIDAS MODULO DM16 230R CALDERO BUORDERUS	<b>Dibujado por:</b> UCA	<b>Aprobado por:</b>	<b>Modificaciones:</b>	<b>Plano No.:</b> TESIS-08
				<b>Escalor:</b> S/E	<b>Fecha:</b> 23/ENE/2013	<b>Archivos:</b> SALIDAS 2.dwg	<b>Hoja:</b> 8/10



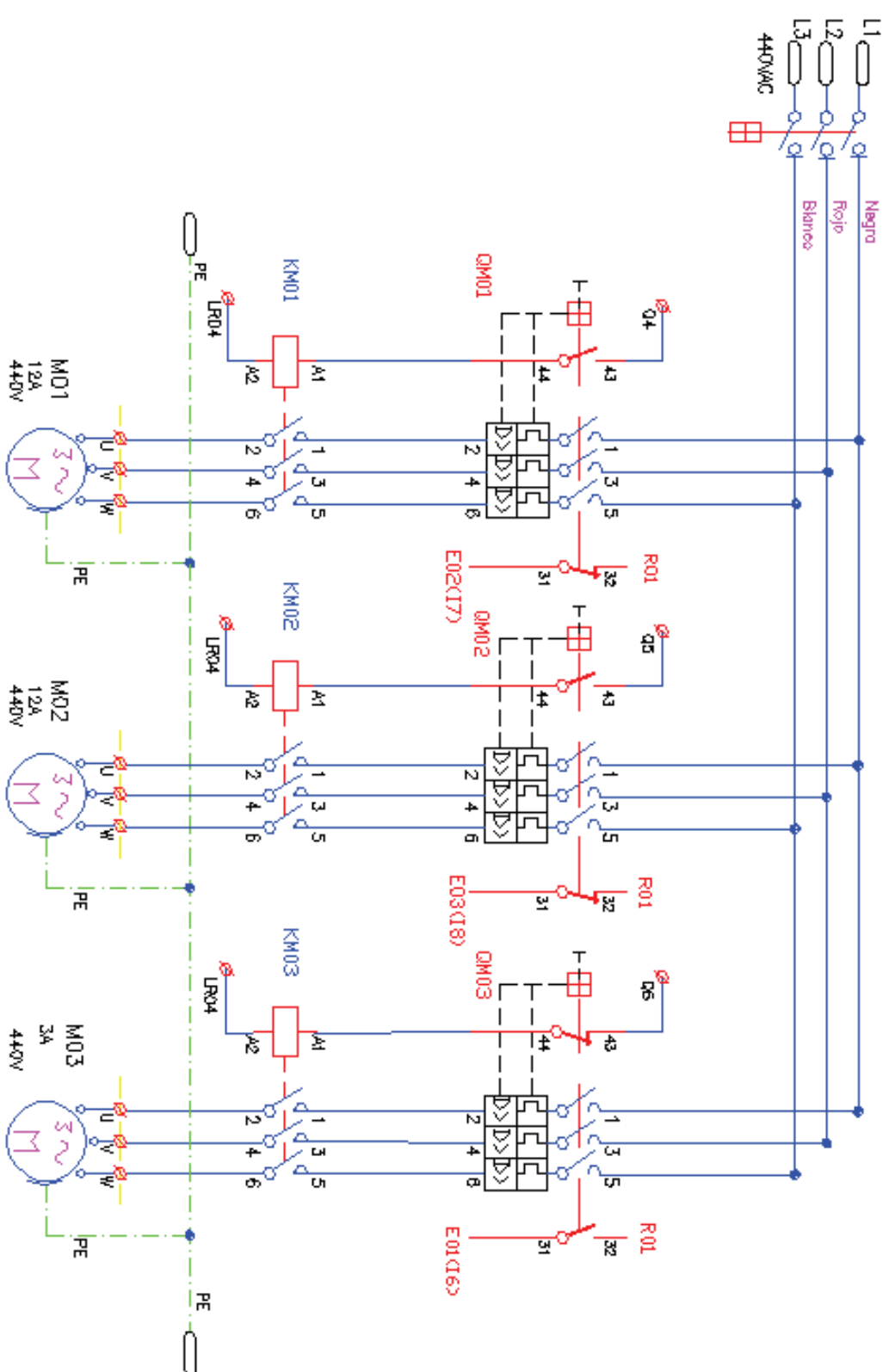
**ALIMENTOS SUPERIOR**

**CONTROL ELECTROVALVULAS Y BOMBA DE QUIMICOS**

Elaborado por:	LICA	Aprobado por:		Modificado:	
Fecha:	23/ENE/2013	Fecha:		Fecha:	
Revista:	S/E	Revista:		Revista:	
Proyecto No.:	TESIS - 08	Proyecto No.:		Proyecto No.:	
Hoja:	9/10	Hoja:		Hoja:	







BOMBA 1 CALDERO      BOMBA 2 CALDERO      BOMBA TANQUE DE EXPANSION



Cliente:  
**ALIMENTOS SUPERIOR**

Título:  
CIRCUITOS DE FUERZA  
BOMBAS DE AGUA

Dibujado por:  
UCA

Escala:  
S/E






Aprobado por:  
Fecha:  
23/ENE/2013

Modificación:  
Archiñoc:  
FUERZA .dwg

Hoja:  
10/10

Plano No.  
TESIS-10

## Anexo N° 10

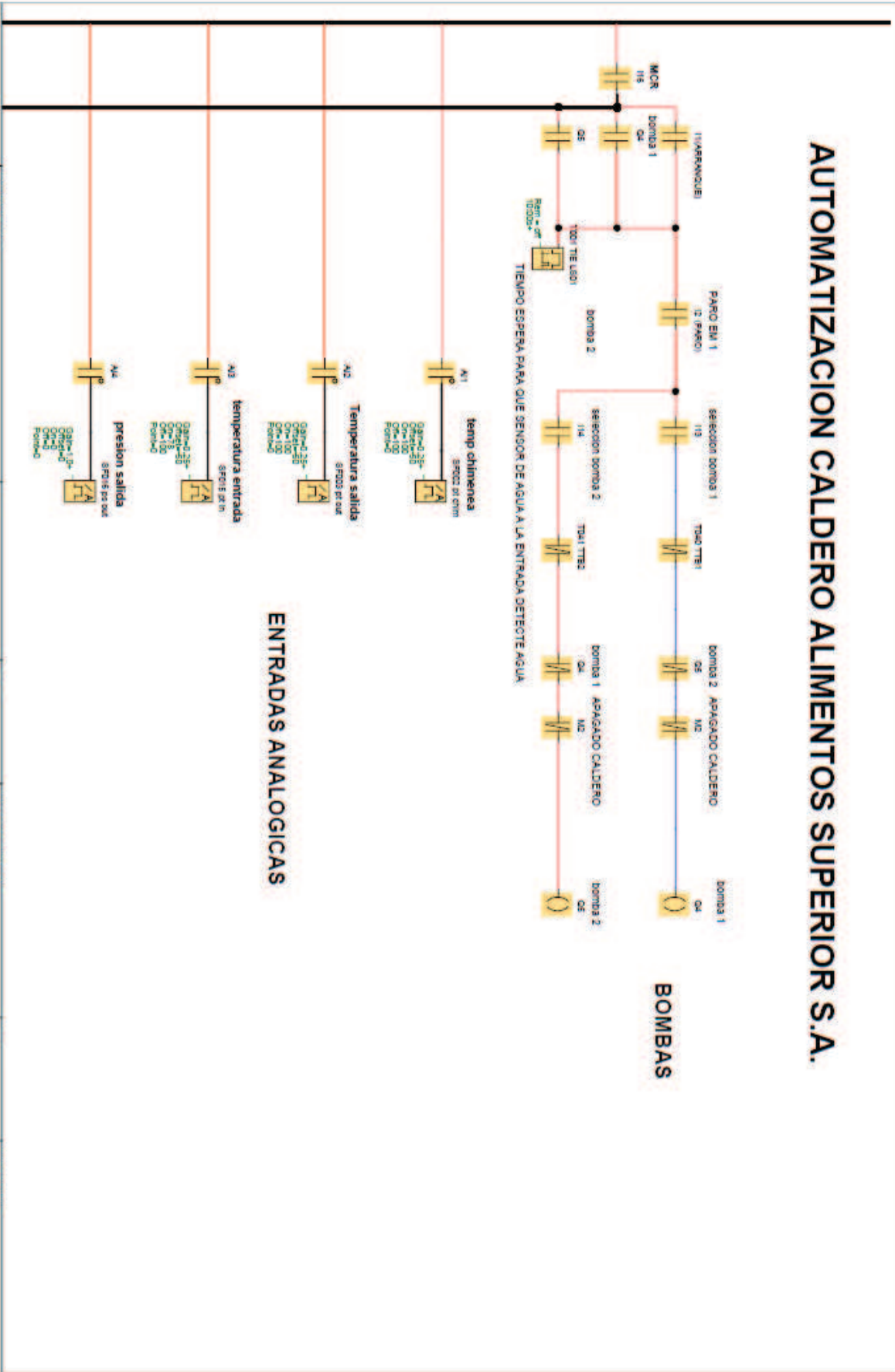
Representación en el editor FUP		Representación en el editor KOP	
<b>I</b>	Entradas		Contacto normalmente abierto
<b>C</b>	Teclas con flecha		Contacto analógico
<b>F</b>	Teclas de función del LOGO! TD		Contacto normalmente cerrado
<b>S</b>	Bits de registro de desplazamiento		Bobina de relé
<b>lo</b>	<b>hi</b> Nivel fijo		Salida invertida
<b>Q</b>	Salidas		
<b>X</b>	Conectores abiertos		
<b>M</b>	Marca		
<b>AI</b>	Entradas analógicas		
<b>AQ</b>	Salidas analógicas		
<b>AM</b>	Marcas analógicas		

## Anexo N° 11

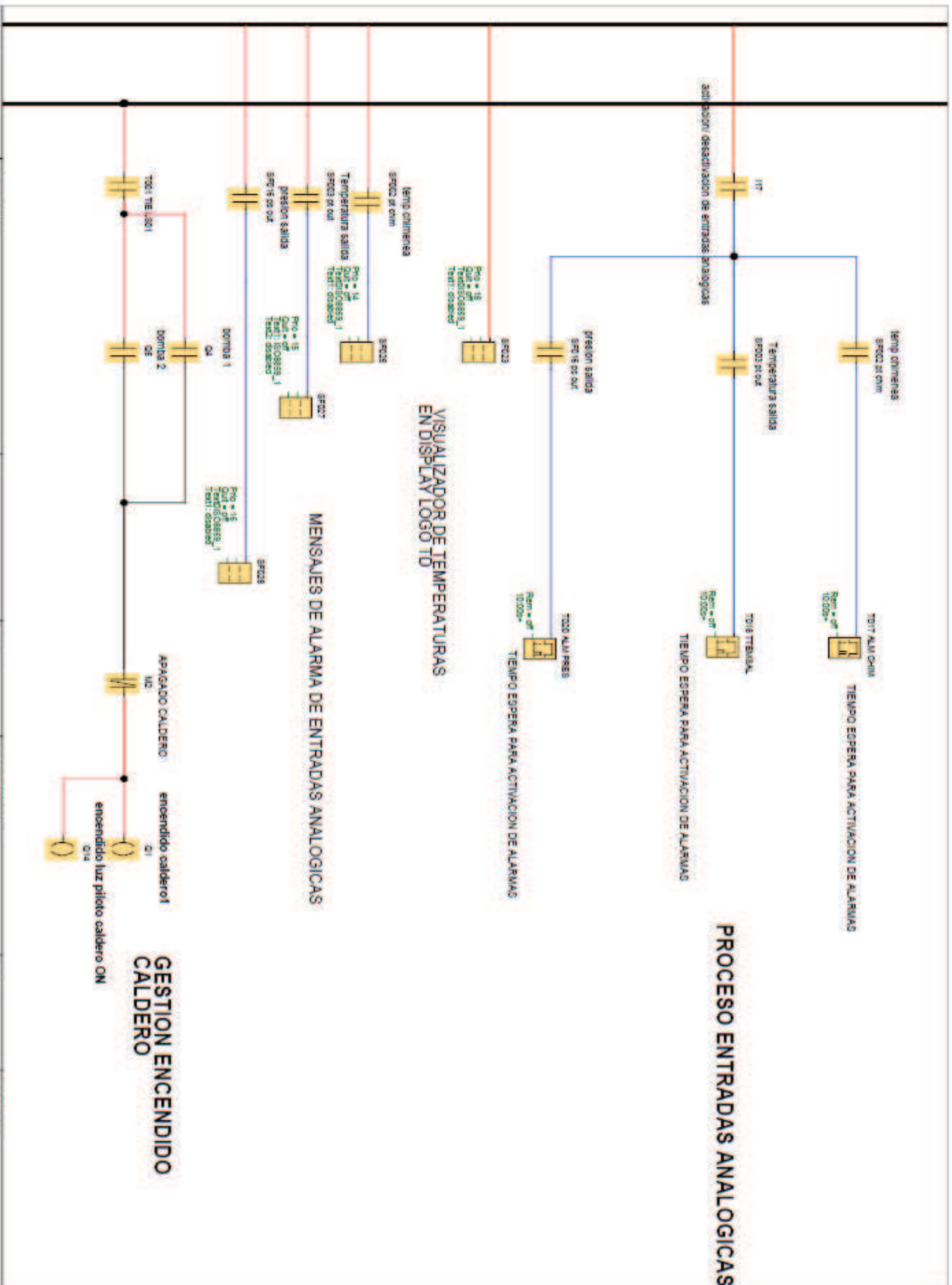
<b>Temporizadores</b>		<b>Analógico</b>	
	Retardo a la conexión		Conmutador analógico de valor umbral
	Retardo a la desconexión		Conmutador analógico de valor umbral diferencial
	Retardo a la conexión/desconexión		Comparador analógico
	Retardo a la conexión con memoria		Vigilancia del valor analógico
	Relé de barrido (salida de impulsos)		Amplificador analógico
	Relé de barrido activado por flancos		Multiplexor analógico
	Reloj simétrico		Modulación de ancho de impulsos (PWM)
	Generador de impulsos asíncrono		Aritmética analógica
	Generador aleatorio		
	Interruptor de alumbrado para escalera	<b>Control y regulación</b>	
	Interruptor bifuncional		Regulador PI
	Temporizador semanal		Controlador de rampas
	Temporizador anual		
<b>Contadores</b>		<b>Otros</b>	
	Contador adelante/atrás		Relé autoenclavador
	Contador de horas de funcionamiento		Relé de impulsos
	Selector de umbral		Texto de aviso
			Interruptor software
			Registro de desplazamiento
			Detección de errores de aritmética analógica

# ANEXO 12

## AUTOMATIZACION CALDERO ALIMENTOS SUPERIOR S.A.



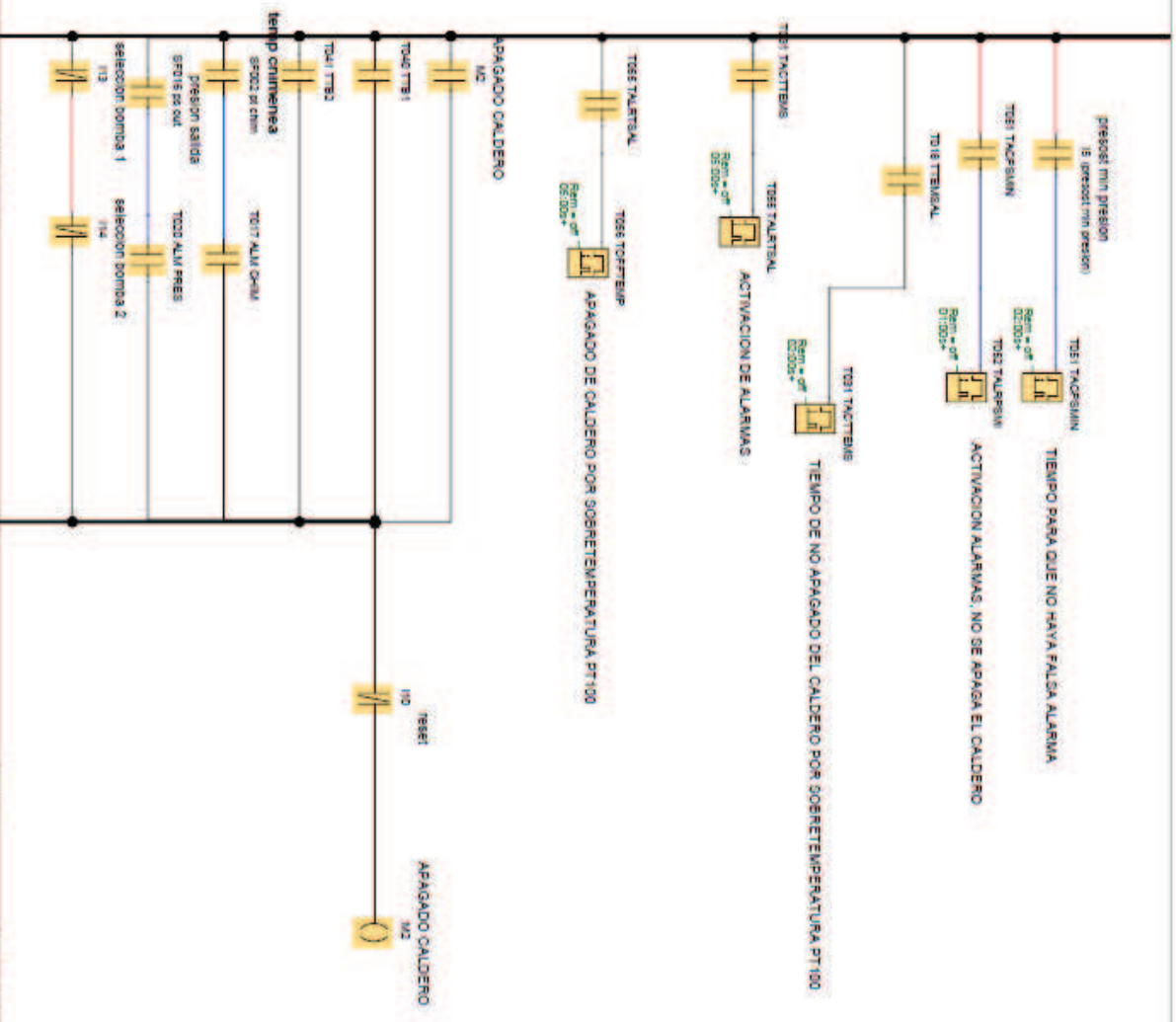
Fecha:	2024/08/28	Proyecto:	TRABAJO DE AUTOMATIZACION CALDERO ALIMENTOS SUPERIOR S.A.	Cliente:	ALIMENTOS SUPERIOR S.A.
Elaborado por:	ING. JUAN CARLOS BARRERA	Diseñado por:	ING. JUAN CARLOS BARRERA	Revisado por:	ING. JUAN CARLOS BARRERA
Fecha de presentacion del estudio:	2024/08/28	Estado:	Finalizado	Fecha de entrega:	2024/08/28



Auto:	PLM CALDERAS/BOC	Formato:	TIEMPO ENCENDIDO CALDERO	Origen:	SEÑAL ALTERNATIVA
Control:	PLM	Modulo:	ALIMENTACION CALDERO	Origen:	SEÑAL ALTERNATIVA
Version de software/Programa:	000112 - Modulo 11.11.18	Revision:	Modulo caldero - Modulo 11.07.12011 - con modificaciones	Fecha:	21.12







## GESTION APAGADO CALDERO

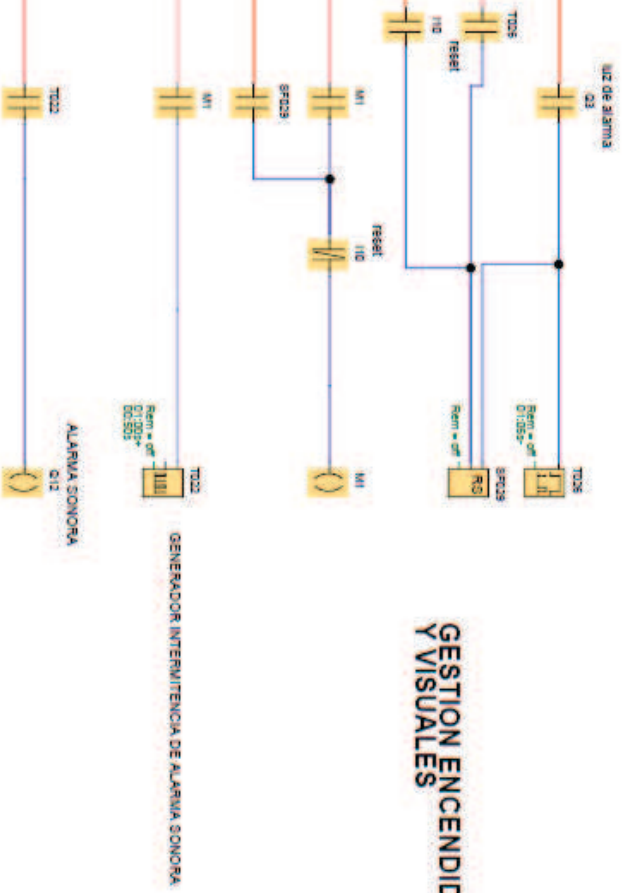
Adm:	MAN CALDERANDO	Proyecto:	TEJID ELECTRONICA	Grupo:	GRUPO ELECTRONICA
Contenido:	MAN CALDERANDO	Descripcion:	ALTIMA CALOR CALDERO	Nº Proyecto:	4112
Titulo de la Convocatoria:	MAN CALDERANDO	Artículo:	caldero electronico - manuales de control	Fecha:	4/1/12





T055 TALARVAL  
 T021 TSKALARVA

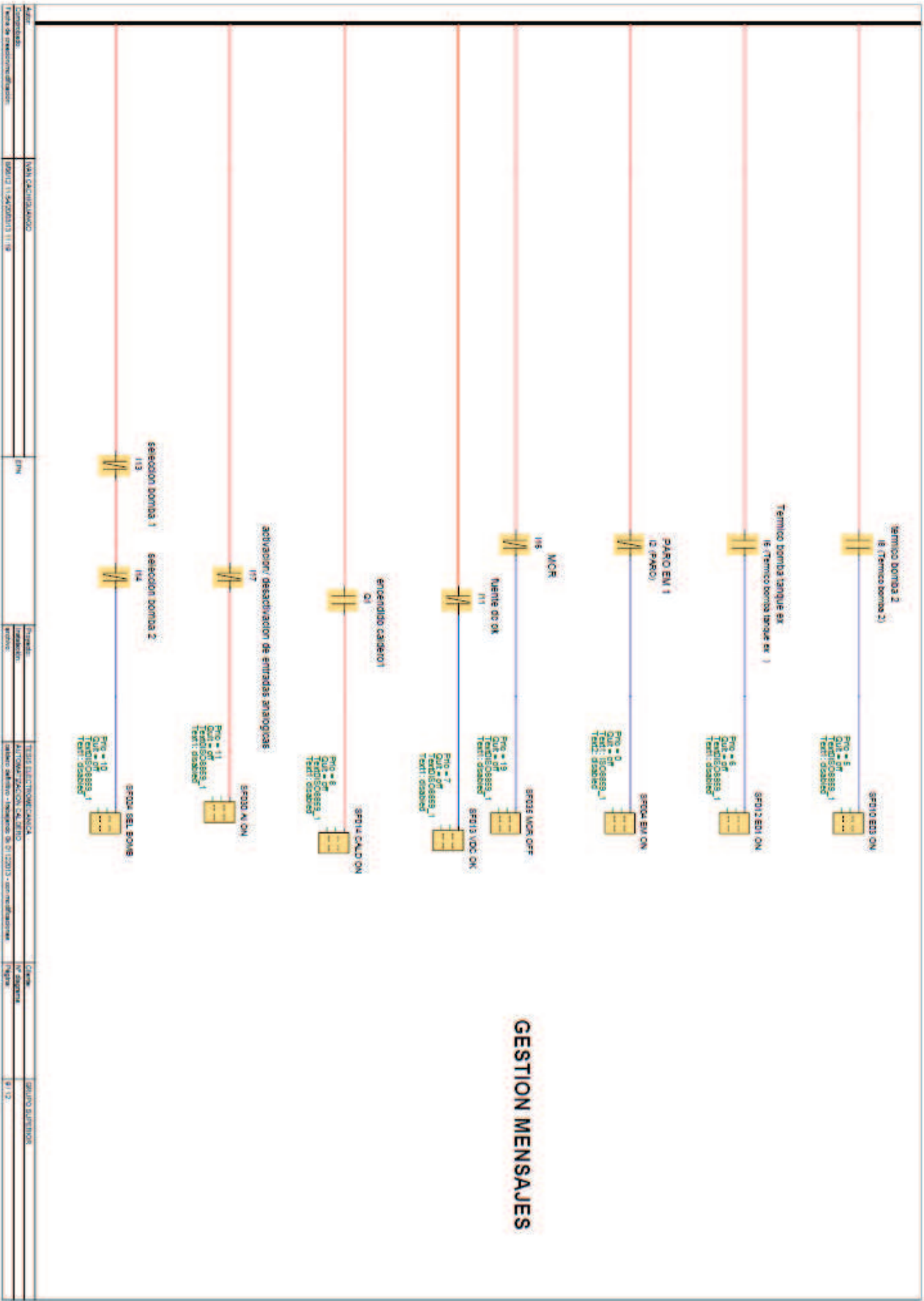
## GESTION ENCENDIDO ALARMAS SONORAS Y VISUALES



ALUMNO	IVAN ORTIZ SUAREZ	FECHA	09/12/2023
CONTECTOR	09/12/2023	PROFESOR	ENRIQUE
TEMA	TEMA 1: SISTEMAS DE ALARMA		
OBJETIVO	DISEÑAR UN SISTEMA DE ALARMA SONORA Y VISUAL QUE SE ACTIVE EN CASO DE INCENDIO.		
CONTENIDO	1. IDENTIFICACION DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA. 2. DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRICO. 3. CONEXION Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA. 4. PRUEBAS Y VERIFICACION DEL FUNCIONAMIENTO.		
OPORTUNIDAD	DESARROLLAR HABILIDADES DE ANALISIS Y DISEÑO EN EL MANEJO DE SISTEMAS DE ALARMA.		
VALORACION	SE VALORARA EL DISEÑO DEL CIRCUITO Y EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.		
FECHA	09/12/2023		
OTRO			

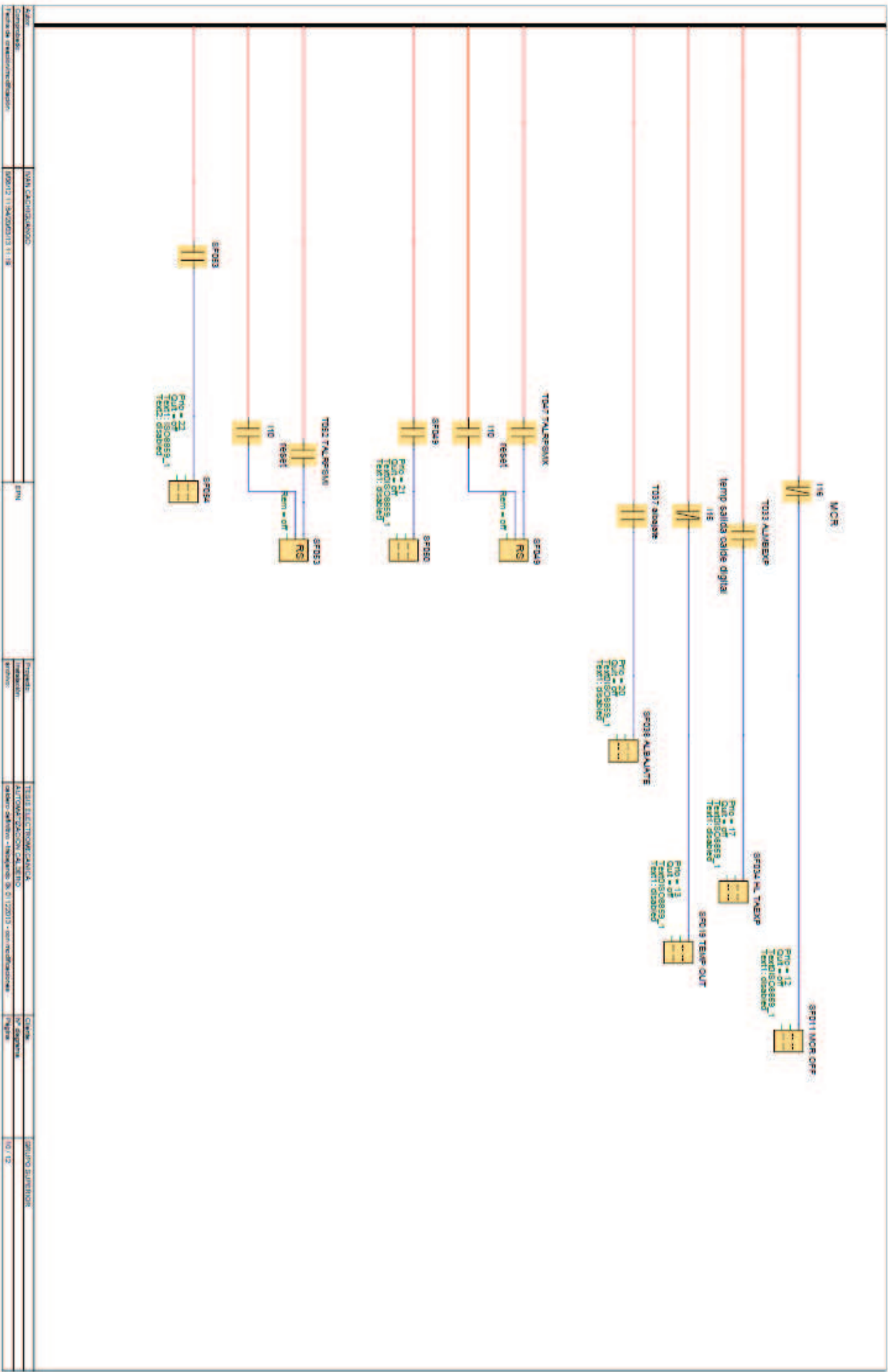






## GESTION MENSAJES

Adm:	MANEJO DE BOMBAS	Proyecto:	ESTRATEGIA DE CONTROL	Origen:	SEALING AUTOMATIC
Comentarios:		Instalacion:	ALIMENTACION DE AEROSOL	W. Diagrama:	
Fecha de modificacion/dibujos:	DOMINGO 11/04/2010 11:19	Autorevisado:	Autorevisado	Figura:	9 / 12



Alumno	DANI CARLOS RAMIRO	Proyecto	TEMA 12: CONTROL DIGITAL	Curso	SEÑALES DIGITALES
Compartido	000011134020131118	Fecha	01/01/2023	Page	10 / 12