



**ESPE**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E  
INSTRUMENTACIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA E  
INSTRUMENTACIÓN**

**TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HMI  
PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE LAS VARIABLES  
PRESIÓN, TEMPERATURA Y NIVEL EN LA CASA DE  
MÁQUINAS DEL HOSPITAL DEL IESS DE LA CIUDAD DE  
LATACUNGA”**

**AUTORES: ANDRÉS SANTIAGO OLMOS TIGSE  
HÉCTOR FABIÁN POVEDA OCAÑA**

**DIRECTOR: ING. EDWIN PRUNA P.**

**LATACUNGA**

**2016**



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

#### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HMI PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE LAS VARIABLES PRESIÓN, TEMPERATURA Y NIVEL EN LA CASA DE MÁQUINAS DEL HOSPITAL DEL IESS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA**”, realizado por los señores Andrés Santiago Olmos Tigse y Héctor Fabián Poveda Ocaña, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores Andrés Santiago Olmos Tigse y Héctor Fabián Poveda Ocaña para que lo sustente públicamente.

**Latacunga, 05 de febrero de 2016.**

Ing. Edwin Pruna P.

**DIRECTOR**



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

#### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Andrés Santiago Olmos Tigse y Héctor Fabián Poveda Ocaña, con cedula de identidad N°0503255366 y N°1803594280, declaramos que este trabajo de titulación **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HMI PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE LAS VARIABLES PRESIÓN, TEMPERATURA Y NIVEL EN LA CASA DE MÁQUINAS DEL HOSPITAL DEL IESS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

**Latacunga, 05 de febrero de 2016.**

**Andrés Olmos Tigse**

**C.C. 0503255366**

**Fabián Poveda Ocaña**

**C.C. 1803594280**



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

#### AUTORIZACIÓN

Nosotros, Andrés Santiago Olmos Tigse y Héctor Fabián Poveda Ocaña, Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HMI PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE LAS VARIABLES PRESIÓN, TEMPERATURA Y NIVEL EN LA CASA DE MÁQUINAS DEL HOSPITAL DEL IESS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, 05 de febrero de 2016.

**Andrés Olmos Tigse**

**C.C. 0503255366**

**Fabián Poveda Ocaña**

**C.C. 1803594280**

## DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado con mucho cariño a mis padres, hermanos y demás familiares que con sus gestos de amor, comprensión y palabras de apoyo nunca permitieron que decaiga en el transcurso de la carrera, de manera especial a Daniel y Dayana que Dios les puso en mi vida en el momento exacto cuando más lo necesitaba, para ustedes este logro por permitirme ver la vida de una forma diferente.

**Andrés**

Este trabajo está dedicado en primer lugar a mi hija Shantal, la bendición más grande de mi vida que me otorgó Dios, mi inspiración, fuerza y fuente de muchas alegrías.

A mis padres Héctor y Reveca por cuidarme, apoyarme en todos los momentos de mi vida, gracias a su sacrificio y esfuerzo constante he logrado obtener mí meta anhelada.

A mis hermanas y esposa por la paciencia y sus consejos brindados ya que siempre están a mi lado compartiendo cada momento dándome su apoyo en los buenos y malos tiempos, formando parte esencial de mi vida.

**Fabián**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por la fortaleza brindada a lo largo de nuestra carrera, por ser nuestro guía en momentos de debilidad y darnos una vida llena de aprendizajes, experiencias y alegrías.

A nuestra familia por ser el pilar fundamental de nuestra vida, siendo la fuente de inspiración que nos ayuda a superarnos cada día, por estar siempre dándonos consejos, amor y comprensión.

A todos los docentes de la carrera, por impartir sus conocimientos con dedicación y entrega, de manera especial a nuestro tutor de tesis Ing. Edwin Pruna P. ya que con sus enseñanzas y conocimiento impartido brindó un apoyo constante para la culminación del proyecto.

Al Hospital del IESS de la ciudad de Latacunga por la confianza brindada, de manera especial al departamento de mantenimiento por facilitarnos los equipos, sus conocimientos y el tiempo necesario para la ejecución del proyecto.

**Andrés Y Fabián**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CARÁTULA</b> .....	<b>i</b>
<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD</b> .....	<b>iii</b>
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xvii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xviii</b>

## CAPÍTULO I

<b>FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	<b>1</b>
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Importancia del Proyecto.....	2
1.3 Sistema de Generación de Vapor .....	3
1.3.1 Caldera.....	3
1.4 Pantallas HMI .....	7
1.4.1 Introducción.....	8
1.4.2 Tipos de HMI .....	8
1.4.3 Confort panel TP700 .....	9
1.5 Controlador Lógico Programable y Software de Programación .....	11
1.5.1 Introducción.....	11
1.5.2 PLC Siemens S7-1200.....	12
1.5.3 Software T.I.A. (Totally Integrated Automation) .....	18

1.5.4	Servidores Web en los PLC's .....	20
1.5.5	Data Logs.....	20
1.6	Instrumentos de medida.....	21
1.6.1	Introducción.....	21
1.6.2	Sitrans P220.....	22
1.6.3	Transmisor de Nivel Sitrans L .....	24
1.6.4	Sensor de Temperatura RTD Pt100.....	26

## **CAPÍTULO II**

<b>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>29</b>	
2.1	Introducción.....	29
2.2	Requerimientos del Sistema .....	29
2.3	Descripción del Sistema.....	30
2.4	Diagrama del Panel Frontal.....	31
2.5	Diagrama de Bloques del sistema.....	31
2.6	Diagrama P&ID del sistema .....	35
2.6.1	Diagrama P&ID de las Calderas .....	35
2.6.2	Diagrama P&ID del Tanque de Nivel.....	37
2.7	Diagramas de Flujo .....	39
2.7.1	Diagrama de Flujo del Sistema .....	39
2.7.2	Diagrama de Flujo del HMI.....	40
2.8	Programación del PLC .....	41
2.8.1	Creación de un Nuevo Proyecto .....	41
2.8.2	Selección y configuración de controlador.....	42
2.8.3	Selección y configuración de los módulos de entradas.....	44
2.8.4	Creación de un nuevo programa en el controlador .....	48
2.8.5	Configuración de la Hora Interna del PLC.....	50

2.8.6	Configuración para la recepción de datos .....	51
2.8.7	Cargar el Programa al Controlador .....	53
2.8.8	Almacenamiento de Datos Históricos.....	55
2.9	Configuración del Transmisor de Nivel.....	58
2.10	Programación de la Confort panel.....	60
2.10.1	Selección y configuración del HMI Confort panel TP700 .....	60
2.10.2	Creación de un programa en la Confort panel TP700 .....	65
2.10.3	Diseño de la Interfaz Humano Máquina (HMI) .....	67
2.10.4	Cargar el Programa en la Confort panel.....	70

### **CAPÍTULO III**

<b>RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES.....</b>	<b>73</b>	
3.1	Descripción Física del Sistema .....	73
3.1.1	Proceso de Generación de Vapor con Calderas .....	73
3.1.2	Suministro de Diesel a las Calderas .....	77
3.2	Prueba de Equipos.....	80
3.2.1	Prueba de Transmisores de Presión de Diesel .....	80
3.2.2	Prueba de Transmisores de Presión de Aire.....	84
3.2.3	Prueba de Transmisores de Presión de Trabajo .....	88
3.2.4	Prueba del Transmisor de Presión de Banco de Distribución .....	96
3.2.5	Prueba de Sensor de Temperatura en la Chimenea .....	98
3.2.6	Prueba de Transmisor de Nivel.....	106
3.3	Prueba del Registro de Datos .....	108
3.3.1	Página Web del PLC S7-1200 .....	108

**CAPÍTULO IV**

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>116</b>
Conclusiones.....	116
Recomendaciones .....	117
Bibliografía.....	118
Netgrafía .....	119
Anexos.....	121
ANEXO A: Hojas de Especificaciones Técnicas	
ANEXO B: Manual de Operación	
ANEXO C: Capacitación al departamento de Mantenimiento	
ANEXO D: Carta de Conformidad	
ANEXO E: Registro de Asistencia a la Capacitación	

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA Nº 1	Características de la Confort panel TP700 .....	11
TABLA Nº 2	Características del PLC-1200 .....	14
TABLA Nº 3	Características del módulo de entradas analógicas tipo RTD	16
TABLA Nº 4	Características técnicas del módulo de entradas analógicas	16
TABLA Nº 5	Tipos de Configuración de la Memory Card:.....	18
TABLA Nº 6	Las ventajas del TIA PORTAL V13.....	20
TABLA Nº 7	Características de SITRANS P220 .....	23
TABLA Nº 8	Ventajas del SITRANS P220 .....	24
TABLA Nº 9	Características del transmisor de nivel The Probe .....	25
TABLA Nº 10	Ventajas del Transmisor de Nivel The Probe.....	26
TABLA Nº 11	Características de la PT100.....	28
TABLA Nº 12	Equipos utilizados en el Proyecto .....	29
TABLA Nº 13	Presión de Diesel del Transmisor y Manómetro Caldera 1 ....	80
TABLA Nº 14	Presión de Diesel del Transmisor y Manómetro Caldera 2....	83
TABLA Nº 15	Presión de Aire del Transmisor y Manómetro Caldera 1 .....	85
TABLA Nº 16	Presión de Aire del Transmisor y Manómetro Caldera 2 .....	87
TABLA Nº 17	Presión de Trabajo del Transmisor y Manómetro Caldera 1 Encendida .....	89
TABLA Nº 18	Presión de Trabajo del Transmisor y Manómetro Caldera 1 Apagada.....	91
TABLA Nº 19	Presión de Trabajo del Transmisor y Manómetro Caldera 2 Encendida .....	93
TABLA Nº 20	Presión de Trabajo del Transmisor y Manómetro Caldera 2 Apagada.....	95
TABLA Nº 21	Presión Banco de Distribución del Transmisor y Manómetro	96
TABLA Nº 22	Temperatura Chimenea del Sensor y Manómetro Caldera 1 Encendida .....	98
TABLA Nº 23	Temperatura Chimenea del Sensor y Manómetro Caldera 1 Apagada.....	101
TABLA Nº 24	Temperatura Chimenea del Sensor y Manómetro Caldera 2 Encendida .....	103

TABLA N° 25 Temperatura Chimenea del Sensor y Manómetro Caldera	
2 Apagada.....	105
TABLA N° 26 Nivel del Tanque de Servicio del Transmisor y Manual .....	107

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1 Partes Básicas de una Caldera .....	5
FIGURA N° 2 Caldera Mohawk Scotch Marine Package Boilers .....	7
FIGURA N° 3 Pantalla TP700 Confort panel.....	10
FIGURA N° 4 PLC S7-1200 .....	13
FIGURA N° 5 Módulo de Entradas Analógicas tipo RTD .....	15
FIGURA N° 6 SIMATIC Memory Card .....	18
FIGURA N° 7 Siemens TIA Portal v13.....	19
FIGURA N° 8 SITRANS P220.....	23
FIGURA N° 9 The Probe.....	25
FIGURA N° 10 Pt100 .....	27
FIGURA N° 11 Variación de la resistencia en relación a la temperatura .....	27
FIGURA N° 12 Conexión a 4 hilos .....	28
FIGURA N° 13 Panel Frontal del Armario .....	31
FIGURA N° 14 Diagrama de Bloques del Sistema .....	32
FIGURA N° 15 Diagrama P&ID de las Calderas.....	35
FIGURA N° 16 Diagrama P&ID de Nivel.....	37
FIGURA N° 17 Diagrama de Flujo del Sistema.....	39
FIGURA N° 18 Diagrama de Flujo del HMI.....	40
FIGURA N° 19 Ingreso al TIA PORTAL.....	41
FIGURA N° 20 Crear proyecto en la página principal .....	42
FIGURA N° 21 Agregar Dispositivo .....	42
FIGURA N° 22 Selección del controlador .....	43
FIGURA N° 23 Vista General del Proyecto en el TIA PORTAL .....	43
FIGURA N° 24 Asignación de la dirección IP al controlador .....	44
FIGURA N° 25 Selección del módulo AI 4x16BIT .....	45
FIGURA N° 26 Propiedades del módulo AI 4x16BIT .....	45
FIGURA N° 27 Configuración de parámetros al módulo AI 4x16BIT .....	46
FIGURA N° 28 Selección del módulo AI 4xRTD .....	47
FIGURA N° 29 Propiedades del módulo AI 4xRTD .....	47
FIGURA N° 30 Configuración de parámetros al módulo AI 4xRTD .....	48
FIGURA N° 31 Tabla de variables del PLC.....	49
FIGURA N° 32 Ventana del Main.....	49

FIGURA N° 33 Agregar Nuevo Bloque Fecha y Hora.....	50
FIGURA N° 34 Parámetros del Bloque Fecha y Hora.....	51
FIGURA N° 35 Instrucciones para Configurar la Hora del PLC .....	51
FIGURA N° 36 Bloque NORM_X y SCALE_X para Presión .....	52
FIGURA N° 37 Bloque División para la Variable de Temperatura .....	52
FIGURA N° 38 Bloque NORM_X y SCALE_X para Nivel .....	53
FIGURA N° 39 Cargar programa en un Dispositivo .....	53
FIGURA N° 40 Sincronización de Dispositivo .....	54
FIGURA N° 41 Vista Preliminar de Carga.....	54
FIGURA N° 42 Resultados de operación de Carga .....	55
FIGURA N° 43 Agregar Nuevo Bloque Data Logic .....	56
FIGURA N° 44 Parámetros del Bloque de Datos.....	56
FIGURA N° 45 Bloque DataLogCreate .....	57
FIGURA N° 46 Bloque DataLogWrite.....	57
FIGURA N° 47 Pantalla Principal del Transmisor de Nivel .....	58
FIGURA N° 48 Calibración del Transmisor de Nivel .....	59
FIGURA N° 49 Estado de Funcionamiento del Transmisor de Nivel .....	59
FIGURA N° 50 Configuración de Zona muerta .....	60
FIGURA N° 51 Agregar un nuevo dispositivo .....	61
FIGURA N° 52 Selección de la TP700 Confort.....	61
FIGURA N° 53 Conexión de la Confort al PLC .....	62
FIGURA N° 54 Configuración del Formato de Imagen .....	62
FIGURA N° 55 Configuración de avisos .....	63
FIGURA N° 56 Configuración de Imagen.....	63
FIGURA N° 57 Configuración de imágenes de sistema.....	64
FIGURA N° 58 Configuración de botones.....	64
FIGURA N° 59 Asignación de la dirección IP a la Confort panel .....	65
FIGURA N° 60 Tabla de Variables del HMI .....	66
FIGURA N° 61 Conexión de una variable del HMI.....	66
FIGURA N° 62 Enlazar las variables del PLC y HMI .....	67
FIGURA N° 63 Imagen raíz de la Confort panel .....	68
FIGURA N° 64 Imagen del Caldera 1 en la Confort panel .....	68
FIGURA N° 65 Imagen del Caldera 2 en la Confort panel .....	69
FIGURA N° 66 Imagen del Tanque en la Confort panel .....	70

FIGURA N° 67	Compilación de la Confort panel.....	71
FIGURA N° 68	Cargar los datos en la Confort panel .....	71
FIGURA N° 69	Vista preliminar de Carga en la Confort panel .....	72
FIGURA N° 70	Vista Frontal de las Calderas.....	73
FIGURA N° 71	Manómetro y Transmisor de Presión de Diesel Instalados	74
FIGURA N° 72	Manómetro y Transmisor de Presión de Aire Instalados ....	75
FIGURA N° 73	Manómetro y Transmisor de Presión de Trabajo Instalados	75
FIGURA N° 74	Manómetro y Transmisor de Presión del Banco .....	76
FIGURA N° 75	Manómetro y Sensor de Temperatura de la Chimenea .....	77
FIGURA N° 76	Tanque de Suministro Diario .....	77
FIGURA N° 77	Bombas de Presurización de Diesel.....	78
FIGURA N° 78	Visualización del Nivel de Diesel con Manguera .....	79
FIGURA N° 79	Transmisor de Nivel Montado en Campo .....	79
FIGURA N° 80	Relé Normalmente Abierto Conectado .....	80
FIGURA N° 81	Presión de Diesel Caldera 1 .....	82
FIGURA N° 82	Presión de Diesel Caldera 2 .....	84
FIGURA N° 83	Presión de Aire Caldera 1.....	86
FIGURA N° 84	Presión de Aire Caldera 2.....	88
FIGURA N° 85	Presión de Trabajo Caldera 1 Encendida .....	90
FIGURA N° 86	Presión de Trabajo Caldera 1 Apagada.....	92
FIGURA N° 87	Presión de Trabajo Caldera 2 Encendida .....	94
FIGURA N° 88	Presión de Trabajo Caldera 2 Apagada.....	96
FIGURA N° 89	Presión del Banco de Distribución .....	98
FIGURA N° 90	Temperatura Chimenea Caldera 1 Encendida .....	100
FIGURA N° 91	Temperatura Chimenea Caldera 1 Apagada .....	102
FIGURA N° 92	Temperatura Chimenea Caldera 2 Encendida .....	104
FIGURA N° 93	Temperatura Chimenea Caldera 2 Apagada .....	106
FIGURA N° 94	Nivel del Tanque de Servicio .....	108
FIGURA N° 95	Conexión a la Red dlink.....	109
FIGURA N° 96	Dirección de la Página Web .....	110
FIGURA N° 97	Página Web PLC S7-1200.....	110
FIGURA N° 98	Ingreso a DataLogs .....	111
FIGURA N° 99	Archivo del Registro de Datos Caldera 2.....	111
FIGURA N° 100	Datos de la Caldera 1 .....	112

FIGURA N° 101 Datos de la Caldera 2.....	112
FIGURA N° 102 Descargar Archivo en la Touch Panel .....	113
FIGURA N° 103 Navegador de Archivos en la Touch Panel.....	114
FIGURA N° 104 Guardar Archivo en la Touch Panel.....	114
FIGURA N° 105 Seleccionar Tipo de Archivo .....	115
FIGURA N° 106 Modificar el Nombre del Archivo.....	115

## RESUMEN

En el presente trabajo se ha realizado el diseño y la implementación de un sistema HMI el cual monitorea y registra los datos de las variables presión, temperatura y nivel de cada una de las calderas de la casa de máquinas del hospital del IESS Latacunga, además realiza un control de llenado automático del tanque de servicio diario de diésel. Las señales son adquiridas y enviadas mediante transmisores hacia el PLC el cual ejecuta las acciones pertinentes para las cuales fue programado. La señal de control de nivel activa el contacto de un Relé el cual energiza una bomba y esta envía el diésel desde los tanques de almacenamiento. La presentación de todos los datos se la realiza en una Pantalla Confort panel, la misma que cuenta con una interfaz la cual fue diseñada de acuerdo a lo solicitado por el encargado de mantenimiento, de tal forma que dicha interfaz pueda ser intuitiva y amigable para los operadores. Los datos manejados en el proyecto son almacenados en registros de tipo CSV de tal forma que el operador puede acceder a su descarga por medio de un servidor web que fue configurado previamente en el proyecto, este acceso se puede realizar a través de la Confort panel o a través de una PC que se encuentre conectada a la RED del PLC.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **INTERFAZ HUMANO MÁQUINA**
- **CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**
- **PANTALLA CONFORT PANEL**
- **VALORES SEPARADOS POR COMA**

## **ABSTRACT**

In the present work has been developed the design and implementation of a HMI system which monitors and checks the data of the variables: pressure, temperature and level of every boiler of the machinery house of Latacunga IESS Hospital, also develops the automatic filling control of the daily diesel service tank. The signals are acquired and send through transmitters towards the PLC which executes relevant actions for which it was programed. The level control signal activates the contact of a Rele that energizes a pump and this sends diesel from storage tanks. The presentation of all the data is made in a Confort panel Screen, which counts with an interface that was designed according what was requested by the maintenance responsible, so the interface could be intuitive and friendly for operators. The data handled in this project are stored in registers CSV type so the operator can access his download through a web server that was previously programed in the project, this access can be done through the Confort panel or through a PC connected to the RED of the PLC.

### **KEYWORDS:**

- **HMI**
- **PLC**
- **Confort panel**
- **CSV**

# CAPÍTULO I

## FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 1.1 Antecedentes

En varios países ya existen políticas del Estado para incentivar la automatización en el sector de salud pública, entre uno de estos casos se puede mencionar a Cuba.

“Ministerio de Salud Pública Cubano (MINSAP) el cual acogió la disposición estatal buscando alternativas nacionales e internacionales como una forma de mejorar la seguridad y calidad de vida de todos sus habitantes. Dentro de esta política nacional viene el desarrollo de un conjunto de acciones dirigidas a la implementación de un amplio programa de apoyo en el área de la automatización” (Rodríguez, Rojas, & Legrá, 2005).

Caso similar ocurre en el Ecuador en donde en los últimos años se ha dado un gran énfasis en relación al mejoramiento de la eficiencia en la atención y al cuidado de los pacientes de las casas de salud (clínicas, hospitales, centros de salud, etc.) públicas y privadas, como lo menciona el Objetivo 3 del Plan Nacional del Buen Vivir “Mejoramiento de la Calidad de Vida de la Población”, es por tal motivo que se ha dado una creciente demanda en el uso de aparatos electrónicos y la implementación de sistemas de automatización en los hospitales.

Cabe mencionar que hospitales pueden ser definidos como edificios con instalaciones muy complejas, en los cuales la función principal es proporcionar tanto a los pacientes, como a los servicios médicos y de enfermería el mejor entorno posible (Kierback, 2006), y que están compuestos por diferentes áreas específicas que requieren de sistemas de control especializados para

su correcto funcionamiento. El caso específico es el Hospital del IESS de la ciudad de Latacunga, actualmente no cuenta con un control y monitoreo de los diferentes sistemas que trabajan en la casa de máquinas, por esta razón su funcionalidad aún se basa en el trabajo manual (realizado por los operarios), por tal motivo se pueden presentar algunos problemas en el correcto funcionamiento de las máquinas y del personal que está expuesto a un sin número de accidentes o enfermedades laborales.

## **1.2 Importancia del Proyecto**

El diseño y la implementación de un sistema (HMI) para el monitoreo y control de presión, temperatura y nivel en la casa de máquinas del hospital del IESS de la ciudad de Latacunga es de vital importancia debido a que con la automatización se mejora la calidad del servicio que presta el Hospital del IESS como casa de salud, se extiende el tiempo de vida útil de la maquinaria (con el correcto manejo), además de un aumento de la seguridad y bienestar de su personal.

Además se puede mencionar que es muy importante realizar la automatización ya que en el proceso se dará una reducción de la intervención directa de la mano de obra (operador) en las diferentes tareas repetitivas y peligrosas que conlleva la medición de los diferentes parámetros y así salvaguardar la integridad física de los operarios que laboran en esa sección. Así como se facilitará la elaboración de un cronograma para tareas de mantenimiento de los diferentes equipos instalados.

Hoy en día el mercado presenta una gran variedad de sensores y transmisores para cada una de las magnitudes físicas lo que permite recopilar información del comportamiento de los diferentes procesos que existen dentro de una planta industrial de trabajo y por medio del sistema HMI se va a proporcionar una recopilación de datos del comportamiento del proceso en registros digitales (historial de los parámetros medidos y registrados) en lapsos de tiempos definidos por los operadores, consiguiendo con esto ver el momento preciso en donde existió alguna anomalía en el proceso y poder

ejecutar medidas preventivas y correctivas para reducir futuros inconvenientes en el funcionamiento de las máquinas.

### **1.3 Sistema de Generación de Vapor**

El sistema de generación de vapor es aquel que se encuentra formado por una caldera y sus accesorios, los cuales cumplen con la función de transformar agua de estado líquido a estado gaseoso a diferentes temperaturas y presiones de la atmosférica.

La función de estos sistemas es generar vapor el mismo que es utilizado para la cocción de alimentos, el uso de agua caliente en las lavanderías, esterilización de instrumentos médicos y proporcionar agua caliente en las duchas (Abarca, 2013).

El sistema generador de vapor puede constar de: caldera, hogar, equipo de quemadores o el necesario para quemar el combustible, cámaras de agua, purificador de vapor, recalentador, atemperador (dispositivo para controlar la temperatura del vapor), economizador y calentador del aire. (Severns, Degler, & Miles, 1974).

#### **1.3.1 Caldera**

La caldera es aquel recipiente metálico en forma de cilindro que conforma el sistema de generación de vapor y es utilizado en la industria para evaporar agua y generar vapor mediante la acción del calor a una temperatura superior a la ambiente y presión mayor que la atmosférica, esta temperatura es producida por la combustión de combustibles que para este caso se utiliza diesel (Leigdinger, 1997).

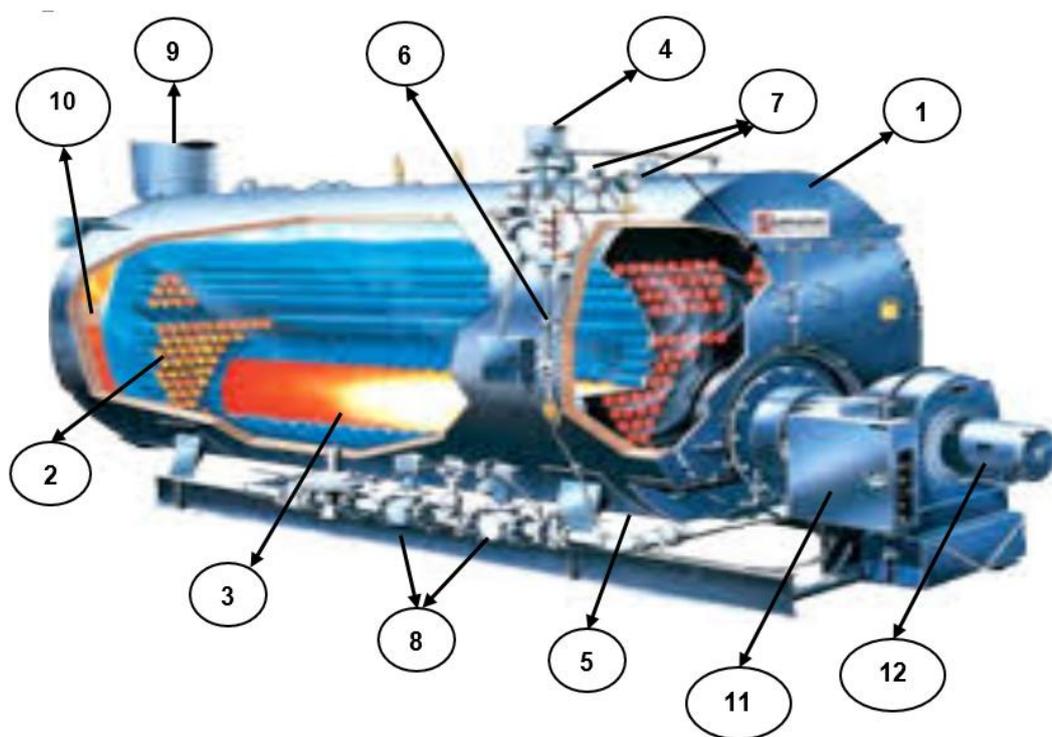
### 1.3.1.1 Partes Básicas de la Caldera

Las partes de una caldera dependen del tipo que esta sea, sus características y el trabajo que desempeña, es por esta razón que es difícil determinar una clasificación general de las partes que conforman una caldera.

La estructura de la caldera de la Figura 1, hace referencia a las partes que componen a la caldera Mohawk Scotch Marine utilizada en el Hospital del IESS Latacunga. No obstante, de forma general, se puede describir las siguientes partes:

1. **Cilindro:** Este tipo de caldera presenta el cuerpo de forma cilíndrica, forjada por una sola pieza con sus extremos redondeados. En las calderas pirotubulares toda la caldera está contenida dentro del cilindro.
2. **Tubos:** Son aquellos ductos huecos por los cuales circula el agua o la llama dependiendo el tipo de caldera.
3. **Hogar:** Es el espacio donde se encuentra alojado el quemador, es aquí donde se produce la combustión del diesel o algún tipo de combustible, dependiendo del tipo de caldera.
4. **Domo:** Es una cámara en forma de cúpula encargada de recolectar el vapor, la cual lleva el nombre de "Domo".
5. **Huecos de hombre:** Son espacios huecos asegurados con tapas elípticas los cuales están ubicados en la parte inferior de la caldera y sirven para que el personal de mantenimiento ingrese hacia el cilindro de la caldera.
6. **Nivel de Agua:** Es un tubo de vidrio el cual muestra el nivel del agua dentro de la caldera, este se encuentra instalado entre dos tomas a alturas diferentes, que cubren el rango al que debe mantener el nivel de agua dentro de la caldera.
7. **Manómetros:** Son instrumentos analógicos los cuales entregan el valor de la presión a la cual se encuentran conectados, este tipo de caldera cuenta con manómetros en las tomas de presión de aire, diesel, trabajo de la caldera.

8. **Purgas:** Son válvulas manuales que se encuentran en la parte inferior de la caldera, las mismas que permiten evacuar el exceso de vapor que se produce en la misma hacia el fondo de los fangos.
9. **Chimenea:** Es un tubo metálico por el cual se produce la evacuación del humo y gases que se producen al momento de la combustión.
10. **Mampostería:** Es el recubrimiento interno del cilindro mediante ladrillos refractarios que evitan pérdidas de calor, además de guiar los gases y humos calientes en su recorrido (Leigdinger, 1997).
11. **Tablero de control:** Es una caja metálica que contiene los dispositivos de control que realizan todo el funcionamiento de la caldera.
12. **Entrada de aire:** Es un motor que gira para ingresar aire hacia dentro de la caldera para que se produzca la combustión.



**FIGURA Nº 1 Partes Básicas de una Caldera**

Fuente: (Estrucplan, 2011)

### 1.3.1.2 Clasificación de Calderas

Existen varias consideraciones que permiten clasificar a las calderas, una de ellas es dependiendo de si los tubos contienen los gases de la combustión o el agua, la misma que después la convierte en vapor, mediante esta consideración se tiene a las calderas pirotubulares y acuotubulares respectivamente (Soto Cruz, 1996).

- **Calderas Acuotubulares**

La principal característica de las calderas acuotubulares es que los gases de combustión circulan por la parte externa de los tubos, mientras que por su interior lo hace el agua, que se convierte finalmente en vapor.

Estas calderas tienen un alto rango de generación de vapor que va desde uno pequeño, (calderas compactas), hasta grandes producciones de vapor, (calderas centrales termoeléctricas). Este tipo de calderas son utilizadas comúnmente en la industria. Como una clasificación general, se consideran calderas acuotubulares pequeñas y medianas las que tienen capacidades de vaporización desde 3 hasta 100 toneladas/hora, la caldera que supere este rango es denominada calderas acuotubulares grandes. (Soto Cruz, 1996)

- **Calderas Pirotubulares**

La característica de las calderas pirotubulares es que los gases de la combustión pasan por el interior de los tubos que se encuentran sumergidos en el agua, estas pueden utilizar diferentes tipos de combustible ya sea carbón, un combustible líquido o gaseoso. El agua y los tubos se encuentran rodeados por una carcasa exterior. Los gases que se encuentran al interior de los tubos pasan a una determinada temperatura que calienta el agua hasta el punto de ebullición. (Soto Cruz, 1996).

Las calderas Mohawk Scotch Marine tienen una presión de trabajo que no excede los 20 kg/cm<sup>2</sup>, el espesor de placa en la carcasa es directamente

proporcional a la presión de trabajo. La producción de vapor de este tipo de calderas esta entre las 25t/h (tonelada/hora). En la Figura 2 se observa la caldera MOHAWK Scotch Marine Package Boilers.



**FIGURA N° 2 Caldera Mohawk Scotch Marine Package Boilers**

Fuente: (SUPERIOR BOILER WORKS, 2009)

Las calderas pirotubulares se caracterizan por tener tres partes bien definidas:

- El hogar va montado en una caja de fuego de doble pared, la misma que puede ser de sección rectangular o cilíndrica, quedando así rodeado de una masa de agua.
- Los tubos que contienen los gases atraviesan longitudinalmente el cuerpo del cilindro.
- El cuerpo cilíndrico tiene una prolongación llamada caja de humos, la misma que aloja a los gases que pasan por el haz tubular, para salir hacia la chimenea (ABSORSISTEM S.L., 2011).

#### **1.4 Pantallas HMI**

### 1.4.1 Introducción

Denominado en los últimos años como Interfaz Humano-Máquina por sus siglas HMI, son sistemas que muestran un proceso de forma visual por medio de una pantalla que el operador puede acceder en cualquier momento para controlarlo. Esta ventana puede estar alojada en dispositivos especiales como paneles de operador o en un computador.

Dentro de las computadoras a los sistemas HMI se les conoce como software HMI o de monitoreo y control de supervisión. Las señales tomadas del proceso son enviadas al computador mediante dispositivos como tarjetas de entrada/salida, PLC (Controladores Lógicos Programables) o RTU (Unidades remotas de entradas/salidas). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda HMI (Cobo R. , 2001).

La introducción de esta tecnología en la industria permite tener una estandarización en la manera de cómo se monitoriza y controla los procesos, incrementando la precisión del control de las diferentes variables y mejorando la calidad de la información tomada en tiempo real en cada uno de los procesos.

### 1.4.2 Tipos de HMI

Dentro de los tipos de HMI's se puede mencionar los siguientes:

- **Terminal de Operador**, es un dispositivo cuya construcción le permite estar instalado en ambientes agresivos, los mismos que pueden mostrar solamente números, letras o gráficos. Pueden tener además una pantalla sensible al tacto (touch screen).
- **PC + Software**, es la utilización de software HMI el cual es instalado y cargado previamente en una PC. Esta PC puede ser de tipo industrial la misma que podrá soportar ambientes agresivos, existe también los de panel (Panel PC) que se instalan en gabinetes dando una apariencia de terminal de operador, y en general se ve muchas formas de hacer

un panel PC, pasando por el tradicional PC de escritorio (Cobo R. , 2013).

### **1.4.3 Confort panel TP700**

SIMATIC HMI cuenta con Confort panels que están equipados con frentes de aluminio, ayudando así en la duración de vida útil del equipo, cumpliendo con homologaciones para el uso en atmósferas potencialmente explosivas, ofreciendo una funcionalidad de punta en el sector industrial. El manejo de estas pantallas es táctil o mediante un teclado, adaptable perfectamente a cualquier aplicación. Permite tener una visualización hasta un 40% mayor, con la opción poder atenuar el brillo de la pantalla un 100%, lo que hace que este dispositivo pueda adaptarse a la perfección a cualquier exigencia ya que reduce el consumo energético.

Una de las mejoras de este tipo de pantallas es que permite tener un alto rendimiento, el mismo que asegura una alta frecuencia de refresco de la imagen ayudando así a tener lecturas en tiempo real, estos equipos ofrecen ficheros, scripts en VB y en distintos visores para visualizar la documentación de la instalación además de páginas de internet.

Además cuenta con las opciones de diagnóstico del sistema en combinación con los controladores SIMATIC. Es decir que el operador ya no necesita de una programadora para leer la información de diagnóstico con el confort panel es suficiente.

Unas de las protecciones a sus archivos que presenta los Confort panel es que en el caso de una corte de corriente estos almacenan de manera intermedia suficiente energía para poder finalizar correctamente todos los ficheros activos y hacer una copia de seguridad de los datos archivados en formato RDB.

En las redes PROFINET y PROFIBUS estos dispositivos se integran perfectamente, también disponen de interfaces de conexión a periféricos USB

además de un Switch de dos puertos. Para cargar proyectos en el dispositivo se puede utilizar cables estándar PROFINET/PROFIBUS O USB. Este dispositivo cuenta con una tarjeta SD Card ubicada en el propio equipo en la cual se puede grabar los datos del proyecto y estos serán actualizados automáticamente de ser el caso.

La impresión sin papel es una de las ventajas de este tipo de pantallas las cuales permite manejar archivos con formato PDF o HTML, copias de pantalla para documentación rápida y almacenamiento de valores de proceso e informes. (SIEMENS, Engineered with TIA Portal, 2011)

En la Figura 3 se puede apreciar la vista frontal de una pantalla TP700 Confort panel.



**FIGURA N° 3 Pantalla TP700 Confort panel**

Fuente: (SIEMENS, Engineered with TIA Portal, 2011)

#### **1.4.3.1 Características de la Confort panel TP700**

La tabla 1 muestra las características de la pantalla Confort panel TP700:

**TABLA N° 1****Características de la Confort panel TP700**

Modo de operación	7", táctil + teclas.
Pantalla	Pantalla ancha TFT, 65000 colores, retroiluminación LED
Resolución	800x480
MTBF de la retroiluminación	20000
Memoria útil	10 MB
Alimentación	24VDC
Tipo de procesador	x86 ARM
Interfaces de comunicación	Switch integrado de dos puertos Profinet/Industrial Ethernet, un puerto PROFIBUS DP y puertos USB
Propiedades WEB	HTTP, HTML, CSS, JavaScript
Certificaciones	IP20, IP65, ATEX, FM Class I Div.2, C-Tick, GL, ABS, BV, DNV, LRS, Class NK CE, cULus, EX-Zone 2/22
Temperatura de trabajo	50°C
Humedad relativa	90%
Variables	2048
Pantallas de proceso	500
Alarmas	4000
Configuraciones	Ventanas de avisos, representación de valores de proceso, especificación de valores de proceso, administración de recetas.
Ranuras	USB host, SD Card, USB device.
Grupos de usuario	50

Fuente. (SIEMENS, Engineered with TIA Portal, 2011)

## 1.5 Controlador Lógico Programable y Software de Programación TIA

### 1.5.1 Introducción

El controlador lógico programable conocido así por sus siglas en inglés PLC, es un dispositivo que tiene una memoria programable, la misma que almacena instrucciones así como también funciones especiales de tipo: lógica, secuencial, temporizado, conteo, aritmética, con el fin de poder realizar acciones de control para diferentes procesos a través de sus entradas y salidas. (Quilmes, 2011).

Este dispositivo permite a través de comandos manejar sus salidas para conectarlas hacia válvulas solenoides, motores, lámparas indicadoras, indicadores acústicos y otros dispositivos de salida. En las entradas en cambio se puede conectar interruptores de láminas, disyuntores de seguridad, sensores de proximidad, sensores fotoeléctricos, pulsadores e interruptores manuales y otros dispositivos de entrada que pueden ser varios tipos de sensores para cada una de las variables en la industria, los cuales reciben una señales de alimentación (Feedback).

Un circuito electrónico que se encuentra en el interior del PLC es el encargado de producir las señales a las salidas o receptor las señales de las entradas para manejarlas de acuerdo al algoritmo de programación que fue grabado en la memoria del mismo, este algoritmo es ejecutado en secuencia y el mismo es dibujado en forma de diagrama de escalera (Ladder) (Hyde, Regué, & Cuspina, 1997).

La mayoría de controladores de este tipo son usados en la industria debido a que presentan la ventaja de una rápida lectura de los datos para una oportuna decisión y acción y así poder responder en tiempo real. Su pequeña dimensión hace que este dispositivo sea de fácil montaje. El campo de aplicación de los PLC es muy amplio, debido a que la industria que elabora estos dispositivos mantienen el hardware y el software evolucionando constantemente para cumplir con los requerimientos de los diferentes procesos (Moreno, 2012).

Para programar este tipo de controlador el usuario cuenta con el software denominado TIA PORTAL el cual permite realizar la lógica de programación, configurar la forma de visualización de HMI además de definir el tipo de comunicación por red.

### **1.5.2 PLC Siemens S7-1200**

La marca SIEMENS cuenta con el PLC S7-1200, siendo un controlador modular y compacto permite solucionar automatizaciones discretas y autónomas además de proporcionar la potencia y le flexibilidad para controlar y una amplia variedad de dispositivos dependiendo de la necesidad de la automatización (SIEMENS, Introducción a la Programacion de Autómatas S7-1200, 2011). En la Figura 4 se puede observar el PLC S7-1200, vista frontal.



**FIGURA N° 4 PLC S7-1200**

**Fuente: (SIEMENS, Introducción a la Programacion de Autómatas S7-1200, 2011)**

El controlador está rodeado por una carcasa compacta que contiene la CPU del mismo, esta CPU cuenta además con una fuente de alimentación, circuitos de salida y entrada, así también como de entradas analógicas incorporadas y E/S de control de movimiento de alta velocidad, todo esto conforma un potente controlador. Es en la CPU donde estará cargado el programa, el mismo que cambia el estado de las salidas dependiendo del estado de las entradas, esto dependerá de la lógica del programa de usuario. Esta programación puede contener lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así también comunicación con otros dispositivos inteligentes.

#### **1.5.2.1 Características del PLC S7-1200**

Las características más importantes del PLC S7-1200 se mencionan a continuación en la Tabla 2:

**TABLA N° 2**

**Características del PLC-1200**

Tipo de CPU	1212C
Versión	AC/DC/Relé
Memoria de trabajo	50 KB
Memoria de carga	1 MB
Memoria remanente	10 KB
Entradas digitales	8 a 24VDC
Entradas analógicas	2 voltaje
Salidas digitales	6 tipo relé
Salidas analógicas	no
Signal board	1
Módulos de señal	2
Módulos de comunicación	3
Web Server	Si
Comunicación	16 en total: Profinet/Industrial Ethernet, Profibus, RS485, RS232, Modbus TCP

Fuente: (SIEMENS, Introducción a la Programación de Autómatas S7-1200, 2011)

### 1.5.2.2 Módulos de Entradas Analógicas SM 1231 tipo RTD.

Este módulo de entradas analógicas recibe la señal del sensor de tipo RTD y la procesa, entregando así el valor de temperatura donde se encuentra instalado el sensor. La señal que ingresa es un valor de resistencia que varía con respecto a la temperatura.

- Si se trata de resistencia, el valor máximo de rango nominal serán 27648 decimales.
- Si se trata de temperatura, el valor se expresará en grados multiplicados por diez (SIEMENS, Módulo de señales SM 1231 RTD, 2010).

Una de las ventajas de este módulo es que entrega directamente el valor de la temperatura ya que la señal es directamente procesada en el mismo, es decir que en la programación no necesita de un tratamiento de escalamiento y normalización.

En la figura 5 se observa el módulo SM 1231 RTD presentado para el PLC SIEMENS S7-1200.



**FIGURA N° 5 Módulo de Entradas Analógicas tipo RTD**

**Fuente: (SIEMENS, Módulo de señales SM 1231 RTD, 2010)**

### **Características técnicas del módulo de entradas analógicas tipo RTD**

La tabla 3 presenta las características del módulo de entradas analógicas tipo RTD.

**TABLA N° 3****Características del módulo de entradas analógicas tipo RTD**

Módulo de señal	4 entradas analógicas tipo RTD 4x16 bits
Entradas analógicas	4 Termo resistencias
Tensión de entrada admisible para entrada de intensidad	±35 V
Unidad ajustable para medida de temperatura	Grados Celsius/grados Fahrenheit
Rangos de entrada	Pt100
Principio de medición	Integrador
Configurables como	V/mA
Posibilidad de reparametrizar	En modo RUN
Consumo	40m A

Fuente: (SIEMENS, Módulo de señales SM 1231 RTD, 2010)

**1.5.2.3 Módulos de Entradas Analógicas SM 1231**

Este módulo permite a recibir señales analógicas en sus entradas, estas señales son enviadas por los transmisores conectados en el proceso.

- Si se trata de voltios, el valor máximo del rango nominal es 27648 (SIEMENS, Módulo de señales SM 1231, 2010).

**Características de los módulos de entradas analógicas.**

Las características del módulo de entradas analógicas SM 1231 son presentadas a continuación en la tabla 4.

**TABLA N° 4****Características técnicas del módulo de entradas analógicas**

Módulo de señal	Entradas Analógicas
Configurables como	V/mA
Posibilidad de reparametrizar	En modo RUN

Consumo	45 mA
Tensión de entrada admisible para entrada de tensión	35 V
Intensidad de entrada admisible para entrada de intensidad	40m A
Rangos de entrada	Tensión: $\pm 10$ V, $\pm 5$ V, $\pm 2,5$ V Intensidad de 0 a 20 mA
Aislamiento Galvánico	Si

Fuente: (SIEMENS, Módulo de señales SM 1231, 2010)

#### 1.5.2.4 Memoria

El controlador cuenta con una memoria interna donde se encuentra grabado el programa de usuario además alberga los datos de configuración del controlador, esta memoria puede ser configurada previamente utilizando el software de programación.

#### 1.5.2.5 SIMATIC Memory Card

En el controlador se tiene una ranura especial para insertar una memoria propia de SIMATIC la misma que ayuda a expandir el tamaño de memoria interna del PLC, esta memoria puede ser configurada para guardar los diferentes archivos generados por el programa, para actualizar el firmware del controlador o para cargar un programa de usuario directamente a uno o varios controladores (SIEMENS, Características y Montaje del simulador S7-1200, 2010).

En la figura 6 se observa a la Memory Card al ingresar a la ranura del PLC.



**FIGURA N° 6 SIMATIC Memory Card**  
Fuente: (SIEMENS, SIMATIC S7-1200)

En la tabla 5 se presentan las diferentes configuraciones que se le puede dar a la SIMATIC Memory Card.

**TABLA N° 5**

**Tipos de Configuración de la Memory Card:**

Program card	Usa la memoria card como memoria de carga externa de la CPU proporcionando un mayor almacenamiento de carga para el uso del Data Logging y páginas Web
Transfer card	Copia un programa a la memoria de carga interna de una o más CPUs sin necesidad de utilizar el sistema de ingeniería STEP 7 Basic.
Firmware update card	Actualiza el firmware de la CPU y hardware S7-1200 conectado.

Fuente: (SIEMENS, SIMATIC S7-1200)

### 1.5.2.6 Comunicación con otros controladores y equipos HMI.

El controlador SIMATIC S7-1200 permite diferentes formas de conexión con otros dispositivos que sean compatibles, para el caso de la touch panel el controlador usa el protocolo Ethernet para lograr la comunicación entre los dos dispositivos (SIEMENS, Características y Montaje del simulador S7-1200, 2010).

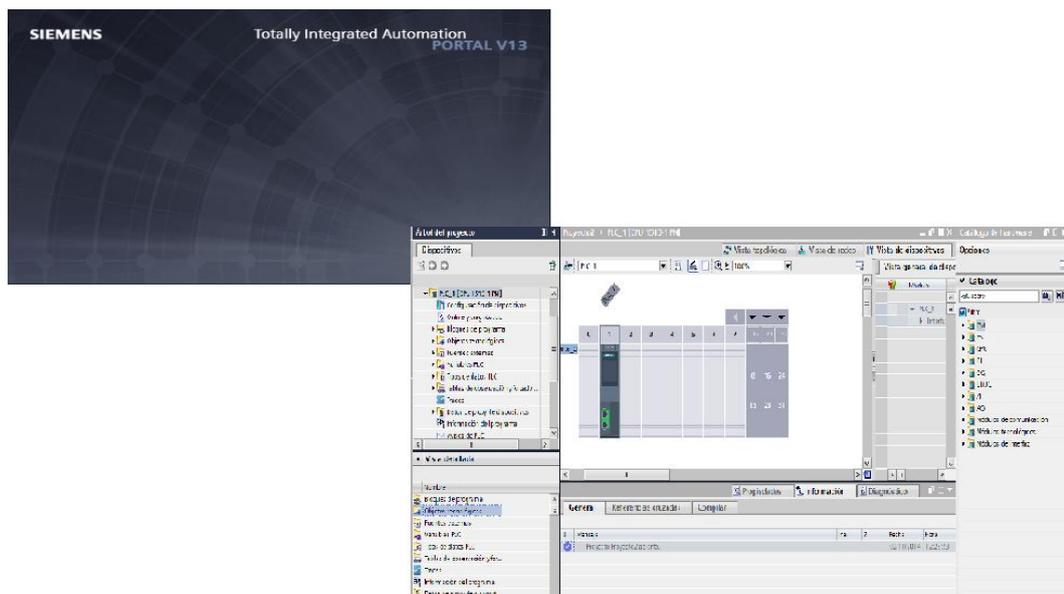
### 1.5.3 Software T.I.A. (Totally Integrated Automation)

El software TIA presentado por SIEMENS permite al usuario configurar el modo de conexión entre dispositivos, realizar las configuraciones de cada uno de los equipos que van a ser manejados en el proyecto además de crear el algoritmo de programación de forma intuitiva utilizando lenguaje LADDER.

TIA Portal reúne las últimas versiones de Software de Ingeniería SIMATIC STEP 7, WinCC y Startdrive para así lograr una correcta planificación, programación y diagnóstico de cada uno de los controladores presentados por SIMATIC, sus pantallas de visualización y accionamientos.

Para este proyecto se utiliza el STEP 7 Basic V13, el mismo que contiene el tipo de CPU tanto del controlador como el de la touch panel.

En la figura 7 se muestra la pantalla principal del Software TIA portal V13.



**FIGURA Nº 7 Siemens TIA Portal v13**

Fuente: (Delingeniería, 2014)

### 1.5.3.1 Ventajas del TIA PORTAL

En la tabla 6 se presenta las ventajas que ofrece el software de programación TIA PORTAL V13.

## **TABLA N° 6**

### **Las ventajas del TIA PORTAL V13**

Búsqueda automática de actualización de software
Consistente desarrollo de lenguajes de programación (LAD, FBD, STL, SCL y Graph).
Carga de la configuración hardware y el programa de usuario incluyendo valores para servicios.
PLCSim para S7-300 / S7-400 y ahora S7-1500

Fuente: (SIEMENS, Software SIMATIC, 2015).

#### **1.5.4 Servidores Web en los PLC's**

Hoy en día la tecnología permite al usuario acceder a los datos de un proceso de forma remota a través de internet o una red intranet utilizando una comunicación basada en Ethernet. Para este servicio se maneja estándares ya existentes para el acceso a través de Intranet o Internet, como por ejemplo tecnología HTTP, buscadores web estándar o "lenguajes" muy extendidos como HTML o JavaScript.

La tecnología SIMATIC permite acceder a la información de las variables de proceso de la CPU por medio de páginas Web desde una PC que se encuentre conectada a la red del controlador a través de cualquier navegador Web.

Para la utilización de este tipo de servidor propio del PLC basta con habilitar la opción de Activar Servidor Web en el módulo y asignar una dirección IP, que se encuentra dentro de las configuraciones del CPU, utilizando el software TIA PORTAL (SIEMENS, 2015).

#### **1.5.5 Data Logs**

Para guardar los datos que se encuentran ejecutándose en el PLC en archivos de registro continuo, en el programa se realiza ciertas instrucciones para crear, escribir y cerrar los archivos data log. Estos archivos se almacenan en la memoria Flash CPU con el formato CSV (valores separados por comas), este tipo de formato podrá ser leído posteriormente por el software Excel.

La combinación de la tecnología de los Data Logs con las páginas web, permite al usuario acceder de manera remota a estas páginas y poder descargar el archivo generado desde la touch panel o una PC conectada a la red del controlador (SIEMENS, 2015).

## **1.6 Instrumentos de medida**

### **1.6.1 Introducción**

Los instrumentos de medida son aquellos equipos tecnológicos que determinan la magnitud de una variable al encontrarse en contacto directo con la misma permitiendo así visualizarla o convertirla en otra magnitud diferente, esto dependerá del tipo de instrumento que se maneje.

La electrónica permite crear circuitos y sistemas capaces de adquirir información en forma de señales eléctricas, las mismas que necesitarán de un posterior análisis y síntesis que se lo puede obtener:

- Al medir los parámetros de las señales eléctricas presentes en diferentes puntos de los mismos.
- Al aplicar determinadas señales eléctricas en ciertos puntos, para comprobar su comportamiento.

En la industria existen señales no eléctricas (distancia, posición, velocidad, temperatura, presión, densidad, etc.), el trabajo de los instrumentos de medida es tomar estas señales y convertirlas en señales eléctricas para tener mayor facilidad de modificación, tratamiento y transferencia de las mismas.

Por esta razón la instrumentación electrónica es la encargada del estudio de los equipos que contienen circuitos y sistemas electrónicos, los mismos que están destinados para la medición, visualización, generación y conversión de señales eléctricas así como de los instrumentos encargados de convertir señales no eléctricas en eléctricas denominados sensores (Mandado, 1995).

Transmisor es aquel instrumento electrónico que capta la variable de proceso a través de su sensor integrado, la transforma en una señal eléctrica y la envía a un instrumento receptor indicador, registrador, controlador o una combinación de estos. La señal enviada por el transmisor es convertida a una señal eléctrica estándar en forma de corriente de 4-20mA C.C. la misma que puede viajar a distancias entre los 200 y 1000 m.

El protocolo de comunicaciones digital de alta velocidad "fielbus" o "bus de campo" sustituirá a la clásica señal analógica de 4-20 mA c.c. en todos los sistemas de control distribuido, PLC, instrumentos de medida y transmisión y válvulas de control, debido a que permitirá la conexión de estos instrumentos con ordenadores, logrando así el trabajo en muchos más niveles en la dirección de la planta (Creus, 2011).

### **1.6.2 Sitrans P220**

Los transmisores SITRANS P220 son los encargados de tomar las mediciones de presión de forma absoluta o relativa y transmitirla hacia el controlador para su respectivo tratamiento.

Este tipo de transmisores utilizan dos tipos de sensores: dos sensores de acero inoxidable y un sensor con membrana cerámica, ayudando así con la medición de presión del proceso, la presión absoluta y la presión hidrostática. La presión determinada por los sensores se transforma en una señal de 4-20 mA (SIEMENS, SITRANS P200/P210/P220, 2015). En la figura 8 se presenta al SITRANS P220.



**FIGURA N° 8 SITRANS P220**

Fuente: (SIEMENS, SITRANS P200/P210/P220, 2015)

### 1.6.2.1 Características de SITRANS P220

En la tabla 7 se puede observar las características principales del transmisor SITRANS P220:

**TABLA N° 7**

#### Características de SITRANS P220

Tipo de Medición	Manométrica
Conector	1/2 NPT macho
Visualización	Sin display (Instrumento ciego)
Salida de corriente	4-20 mA
Principio de medición	Célula de medida piezorresistiva (membrana de acero inoxidable)
Consumo de corriente	<7 mA at 10 k $\Omega$
Tiempo de respuesta transitoria	<5 ms
Grado de protección	IP 65, IP67, seguridad intrínseca.
Material del instrumento	Acero inoxidable
Estabilidad a largo plazo	$\leq 0,25\%$ / 5 años
Error de característica	$\leq 0,075\%$
Temperatura del fluido	-40 °C a +100 °C

Fuente: (SIEMENS, SITRANS P200/P210/P220, 2015)

### 1.6.2.2 Ventajas

En la tabla 8 se muestra las ventajas con las que cuenta el transmisor SITRANS P220:

## TABLA N° 8

### Ventajas del SITRANS P220

Alta precisión de medida
Carcasa robusta de acero inoxidable
Gran resistencia a sobrecarga
Para fluidos agresivos y no agresivos
Para medir la presión de líquidos, gases y vapores
Construcción compacta

Fuente: (SIEMENS, SITRANS P200/P210/P220, 2015).

### 1.6.3 Transmisor de Nivel Sitrans L

El transmisor ultrasónico The Probe de la familia de SIEMENS tiene un diseño compacto para rangos de medida cortos, perfecto para líquidos y lodos en depósitos abiertos o cerrados. Contiene un sensor de copolímero de PVDF (fluoruro de polivinilideno).

Caracterizado por su fácil instalación y mantenimiento, así como la rápida extracción para limpieza, puede ser utilizado en diversas aplicaciones en la industria de los alimentos, bebidas y farmacéutica.

Los algoritmos de Sonic Intelligence proporciona al transmisor la correcta toma de los datos sobre el nivel, también posee un filtro capaz de diferenciar entre los ecos útiles y falsos que se generan por ruidos eléctricos, acústicos y mecánicos agitadores.

El trabajo del transmisor es enviar un pulso ultrasónico hacia el líquido para calcular el tiempo que se demora en retornar al mismo, este tiempo es convertido en un valor de distancia para una posterior visualización, este recorrido se encuentra compensado por temperatura, logrando así una mayor exactitud en las mediciones.

Los campos de aplicación principales del transmisor de nivel son: almacenamiento de productos químicos, lechos filtrantes, fosos de lodo, depósitos de almacenamiento con líquidos, aplicaciones con alimentos.

Los componentes adicionales pueden utilizarse con la mayoría de aparatos de medida para realizar ampliaciones funcionales, por ejemplo: indicadores separados y soluciones de supervisión a distancia (SIEMENS, The Probe, 2011).

En la figura 9 se presenta el Transmisor de Nivel The Probe.



**FIGURA N° 9 The Probe**

Fuente: (SIEMENS, The Probe, 2011)

### 1.6.3.1 Características del Transmisor de Nivel The Probe

Las principales características del transmisor de nivel se muestran en la tabla 9:

**TABLA N° 9**

#### **Características del transmisor de nivel The Probe**

Tipo de medición	Medición de nivel continuo ultrasónico para medición de
------------------	---

	líquidos (diesel) en un ambiente cerrado
Rango de medida	0 a 5m
Señal de salida	4-20mA
Conexión al proceso	conexión roscada 2" NPT
Alimentación	24 VDC
Exactitud	±0,15%
Repetibilidad	≤3mm
Frecuencia	54KHz
Temperatura ambiente	-40 a 80°C
Temperatura en el proceso	-40 a 85°C
Pantalla local	Indicador alfanumérico incorporado
Certificaciones	Seguridad intrínseca, CE, CSAUSC, FM, ATEX.

Fuente: (SIEMENS, The Probe, 2011).

### 1.6.3.2 Ventajas

Las Ventajas del transmisor SITRANS The Probe L se presentan en la tabla 10:

**TABLA N° 10**

#### **Ventajas del Transmisor de Nivel The Probe**

Instalación, programación y mantenimiento sencillos
Precisión y fiabilidad
Versiones sanitarias disponibles
Evaluación de ecos con el sistema patentado Sonic Intelligence
Evaluación de ecos con el sistema patentado Sonic Intelligence
Compensación de temperatura integrada

Fuente: (SIEMENS, The Probe, 2011).

### 1.6.4 Sensor de Temperatura RTD Pt100

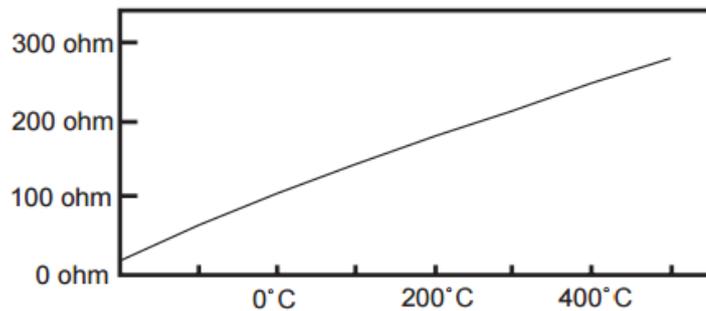
El sensor de temperatura RTD PT100 es un sensor que mide la temperatura y se obtiene a su salida una variación de resistencia. Este sensor consiste en un alambre de platino que a 0°C tiene 100Ω de ahí su nombre, la variación de su resistencia es directamente proporcional al incremento de la temperatura. Estos instrumentos entregan la temperatura de un proceso con precisiones de una décima de grado al conectarlas a una distancia no mayor a los 30 metros. En la figura 10 se muestra una RTD Pt100.



**FIGURA N° 10 Pt100**

**Fuente: (Qué es un sensor Pt100, 2010)**

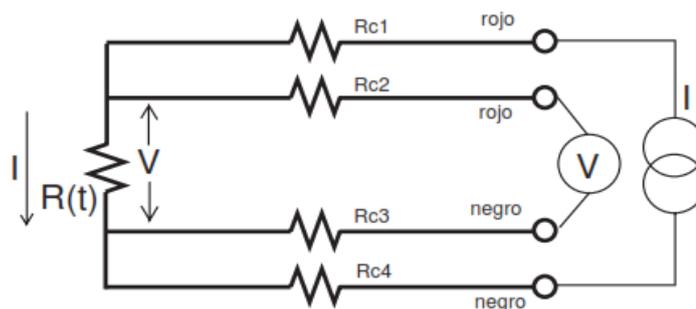
La variación del valor de la resistencia es de forma creciente pero no lineal debido al material de construcción que para este caso es el platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura dependiendo la resistencia dada en el sensor. En la figura 11 se muestra esta variación.



**FIGURA N° 11 Variación de la resistencia en relación a la temperatura**

**Fuente: (Arian, 2012)**

La conexión más usada para la Pt100 es la de 4 hilos, debido a que tiene una alta precisión para la transmisión de datos, los 4 cables pueden ser distintos (distinta resistencia) pero el instrumento lector es más costoso es decir que no todas las RTD permiten este tipo de conexión. En la figura 12 se observa la forma de conexión de 4 hilos.



**FIGURA N° 12 Conexión a 4 hilos**

Fuente: (Arian, 2012)

#### 1.6.4.1 Características de la Pt100

Dentro de las características principales de un Pt100 se puede mencionar los siguientes en la tabla 11:

**TABLA N° 11**

#### Características de la PT100

Magnitud de medida	Temperatura
Tipo de entrada	Pt100 según IEC 60751
Tipo de conexión	4 hilos
Rango de Medida	-50 a 400°C
Longitud de montaje	160 mm
Salida	4-20mA
Resolución	14bits
Repetibilidad	<0,1°C
Conexión Rosca	½ NPT
Resistencia del cable	Max. 20 Ω total del conducto de alimentación y de retorno.
Certificaciones	ATEX, CE, Seguridades intrínsecas, FM

Fuente: (Arian, 2012).

## CAPÍTULO II

### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

#### 2.1 Introducción

En el siguiente capítulo se detalla el diseño y construcción del sistema HMI para para el monitoreo y control de las variables de presión, temperatura y nivel de las calderas de la casa de máquinas, así como de su conexión, configuración y programación de los diferentes equipos empleados.

#### 2.2 Requerimientos del Sistema

La construcción y diseño del sistema HMI requiere de la instalación de los nuevos equipos que fueron adquiridos, así como de cada una de las conexiones que se requiere para su funcionamiento óptimo, además de las configuraciones mediante el software TIA Portal.

Para el sistema desarrollado en la casa de Máquinas del Hospital del IESS Latacunga, se realizó un estudio del requerimiento de la institución, llegando así a la conclusión, que para dar solución a todas sus demandas se necesita de instrumentos de gran exactitud y precisión. A continuación en la tabla 12 se detalla cada uno de los equipos utilizados en este proyecto:

**TABLA N° 12**

**Equipos utilizados en el Proyecto**

<b>Cantidad</b>	<b>Equipo</b>
-----------------	---------------

2	Transmisor SITRANS P220, Presión de 0 a 30 PSI (Diesel).
2	Transmisor SITRANS P220, Presión de 0 a 30 PSI, (Aire).
3	Transmisor SITRANS P220, Presión de 0 a 300 PSI. (Vapor en el Caldero).
1	Transmisor SITRANS L, The Probe, nivel continuo ultrasónico.
2	RTD, PT100, a 4 hilos.
1	SIMATIC HMI Confort panels TP700
1	SIMATIC HMI Memory Card 2GB para Confort panels
1	TIA PORTAL STEP7 V13 Basic, Software de ingeniería para controladores Simatic
1	Fuente SITOP Modular, entrada 120/230 VAC, Salida 24VDC 10A.
1	PLC SIMATIC S7-1200 CPU 1212C AC/DC/Relé
1	Módulo de entradas analógicas SM1231 tipo V/mA
1	Módulo de entradas de temperatura SM1231 tipo RTD

Fuente: Andrés Olmos, Fabián Poveda

### 2.3 Descripción del Sistema

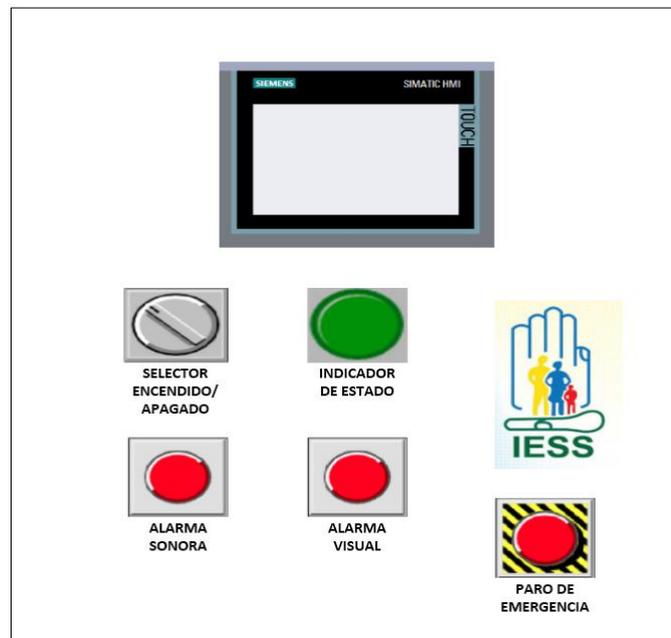
Este sistema permite el monitoreo de las presiones de diesel, aire y del vapor interno de la caldera, además de la temperatura de la chimenea de cada uno de ellos, los mismos que son los encargados de la generación de vapor para el Hospital. El transmisor de nivel está siendo usado para realizar el monitoreo y control de un tanque de almacenamiento de diesel de consumo diario el mismo que suministra el combustible a las calderas.

Cada uno de los procesos (Caldera 1, caldera 2 y tanque de nivel) se los visualiza de forma independiente en la pantalla del HMI, la Touch Panel TP700 permite ingresar en una de sus ranuras una Memory Card para que el usuario pueda llevar el registro de las mediciones hacia su computador.

Para el servidor WEB se usa el propio servidor del PLC S7-1200, el cual necesita ser activado dentro de las configuraciones del mismo. Este servidor permite a un usuario conectado a la red del PLC, ingresar a la pantalla del servidor por medio de un explorador de internet y a través de una IP asignada, aquí podrá descargarse los datos de cada una de las variables del proceso en un archivo de texto generado. El trabajo de este servidor está asociado con las funciones de Data Logix que ayudan en la generación de dicho archivo que contiene toda la información de cada una de las variables del proceso.

## 2.4 Diagrama del Panel Frontal

En la figura 13 se muestra el panel frontal del armario donde están ubicados algunos de los equipos utilizados para este proyecto.



**FIGURA Nº 13 Panel Frontal del Armario**

## 2.5 Diagrama de Bloques del sistema

En la figura 14 se presenta el diagrama de bloques del sistema implementado, con cada uno de las variables (presión, temperatura y nivel).

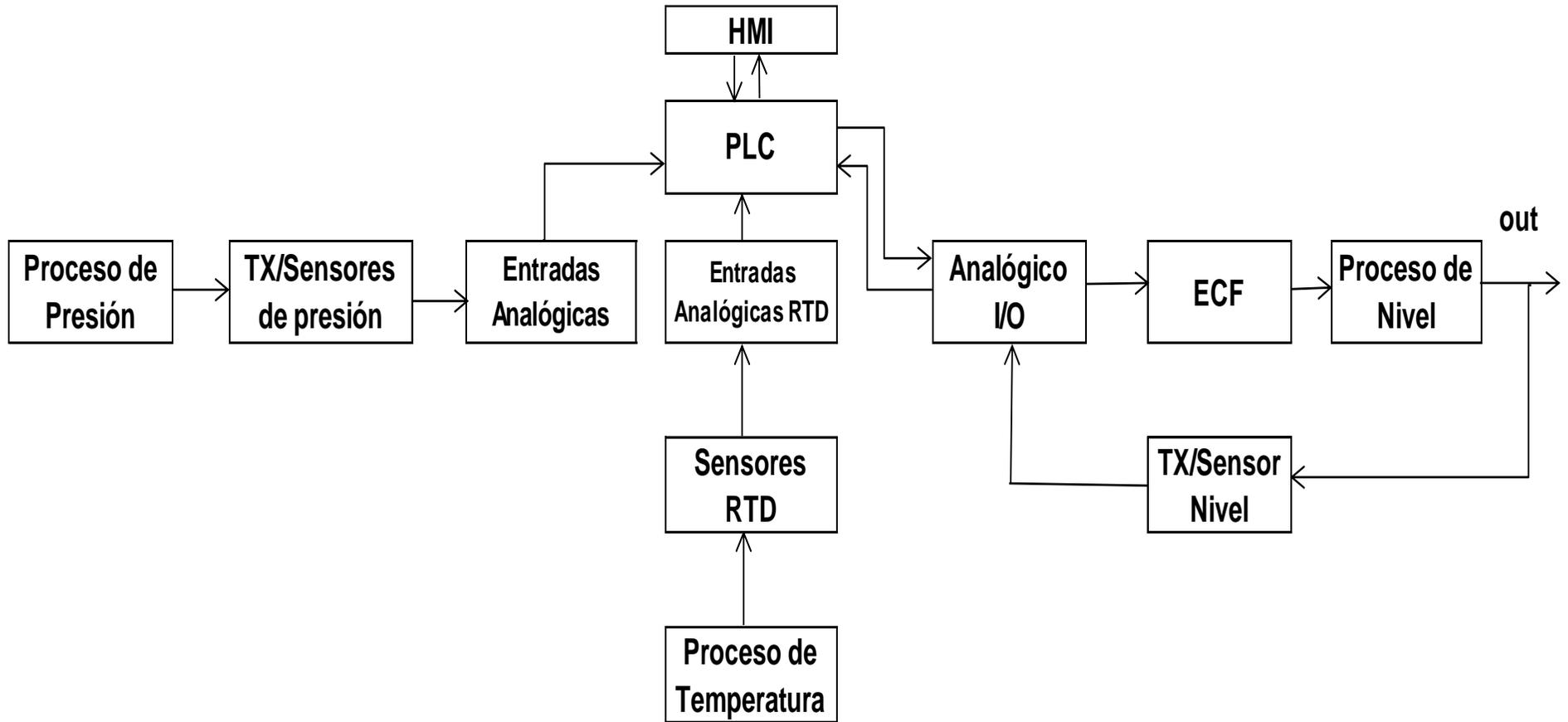


FIGURA N° 14 Diagrama de Bloques del Sistema

**HMI.-** Muestra la Interfaz Humano Máquina (SIMATIC HMI Confort panel TP700), en la cual el usuario puede realizar el monitoreo del funcionamiento de cada uno de los sub procesos de la casa de máquinas.

**PLC.-** Es la representación de la Unidad de Control Lógica Programable, para este caso se usa el SIMATIC S7-1200 CPU 1212C AC/DC/Relé, referencia 6ES7212-1BE40-0XB0, el mismo que permite el monitoreo de cada una de las variables de presión, temperatura y nivel de las calderas así también como del control del llenado del tanque de combustible.

### **Proceso de Presión**

**Presión.-** En este proceso se tiene las variables de presión de aire, diesel, y la presión interna de la caldera. Dichas señales de las variables van a ser obtenidas con cada uno de los transmisores de presión.

**Entradas Analógicas.-** Para el caso de presión se utiliza el módulo de entradas analógicas SM 1231 tipo V/mA, ya que permite la comunicación del CPU del controlador con los instrumentos de campo del sistema, que para este caso son los transmisores de presión.

**Tx/Sensor.-** Este instrumento está en contacto con la variable física y a su vez entrega una salida estándar de corriente de 4-20 mA, que la transmite al controlador.

### **Proceso de Temperatura**

**Temperatura.-** En este proceso se tiene la variable de temperatura de las chimeneas de las calderas.

**Analógico RTD.-** Se utiliza el módulo de entradas analógicas SM 1231 tipo RTD, las cuales tienen cuatro entradas analógicas que se conectan directamente al sensor de temperatura.

**Sensor RTD.-** Son sensores tipo RTD Pt100 de conexión a 4 hilos que están en contacto con la variable física de temperatura en la chimenea de cada uno de las calderas.

### **Proceso de Nivel**

**Nivel.-** Este proceso representa el llenado del combustible desde los tanques de almacenamiento hacia el tanque de suministro diario. En este sub-proceso se establecerá un monitoreo y control del llenado del mismo por lo que en la figura 15 se muestra como un lazo cerrado, a diferencia de los otros dos sub-procesos que son en lazo abierto.

**ECF.-** Las siglas ECF representan al elemento de control final que para este caso se utiliza un relé normalmente abierto, el cual será el encargado de enviar la señal de activación a las bombas encargadas del llenado del tanque de combustible.

**Tx/Sensor de Nivel.-** El Transmisor SITRANS L, The Probe, nivel continuo ultrasónico es el encargado de tomar el nivel del combustible en el tanque y transmitirlo en una señal eléctrica estándar de corriente de 4-20 mA hacia el controlador para realizar las acciones de control necesarias para su correcto funcionamiento.

## 2.6 Diagrama P&ID del sistema

### 2.6.1 Diagrama P&ID de las Calderas

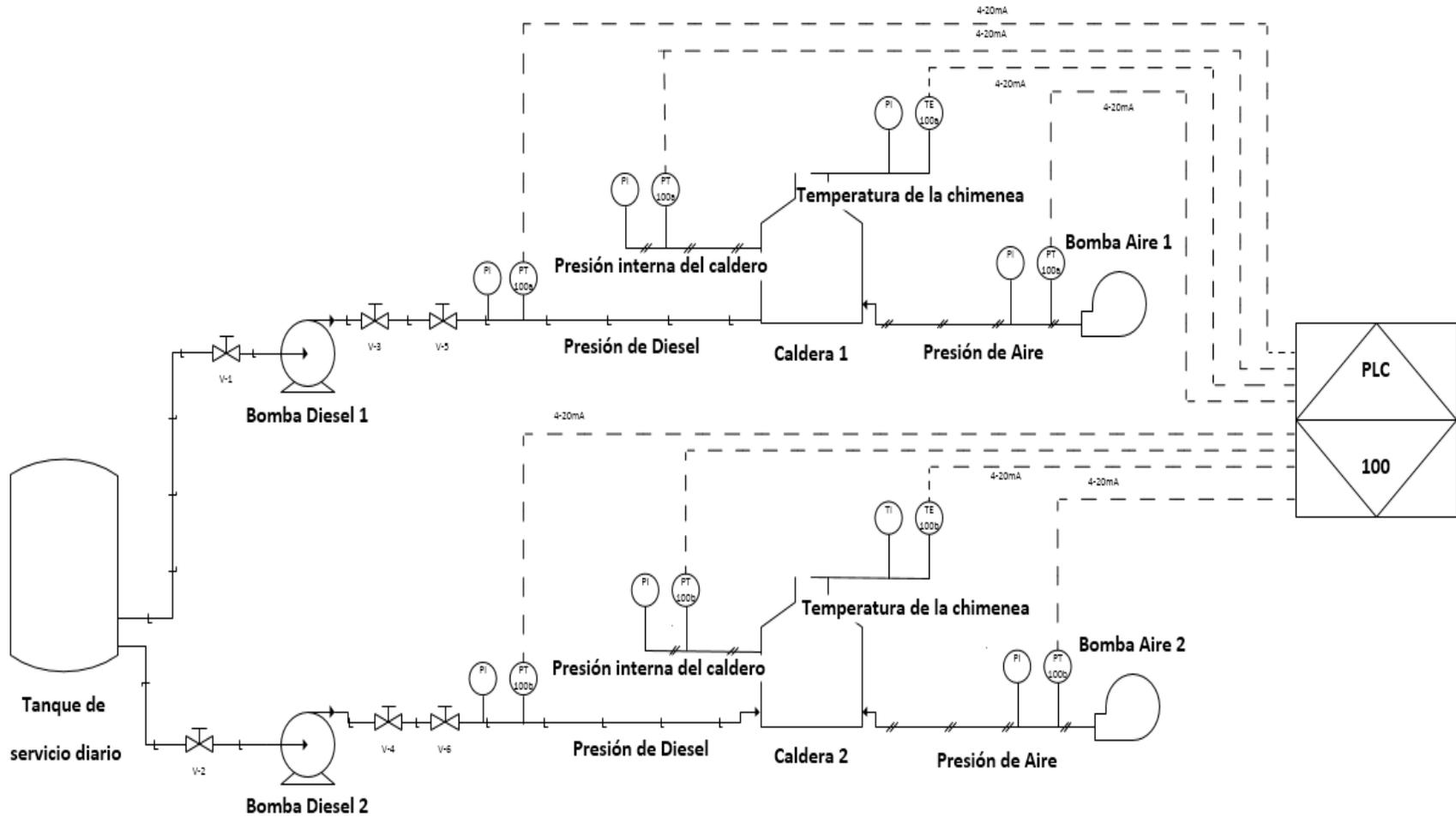


FIGURA N° 15 Diagrama P&ID de las Calderas

**Tanque de Servicio Diario.-** Es un tanque de 200 galones de capacidad el cual suministra el combustible hacia las calderas.

**Bombas Diesel.-** Envía el combustible a través del mismo hacia el caldero, cada caldero consta de una bomba independiente.

**Indicador de Presión (PI).-** Los indicadores de presión PI tanto del proceso 101 y 102 son manómetros instalados en cada uno de las calderas, los cuales muestran al operador el valor de la presión de diésel, de aire y la presión interna de la caldera.

**Transmisor de Presión (PT-100a) (PT-100b).-** Los transmisores de presión Sitrans P220 están ubicados junto a cada uno de los manómetros de presión, debido a que estos transmisores son ciegos. Los mismos son los encargados de tomar la señal de presión y enviar una señal de corriente estándar de 4 a 20 mA hacia el controlador.

**Caldera 1 y Caldera 2.-** En la casa de máquinas existen dos calderas completamente funcionales las cuales trabajan de forma alternada en periodos de operación de 1 semana. Estas calderas son las encargadas de producir el vapor que es enviado hacia todo el hospital.

**Bombas de Aire.-** Estas bombas son las encargadas de ingresar aire hacia dentro de la caldera para que exista la combustión dentro del mismo.

**Controlador Lógico Programable (PLC-100).-** Este controlador es el encargado de recibir las señales de cada uno de los transmisores a través de sus módulos de comunicación. Es aquí donde se realiza la programación para la visualización del valor de las variables en la pantalla del HMI, así también como el control del llenado del tanque.

**Válvulas Manuales (V-1) (V-2) (V-3) (V-4) (V-5) (V-6).-** Estas válvulas son las encargadas de cerrar el paso del combustible en el caso de darse un mantenimiento a las bombas.

## 2.6.2 Diagrama P&amp;ID del Tanque de Nivel

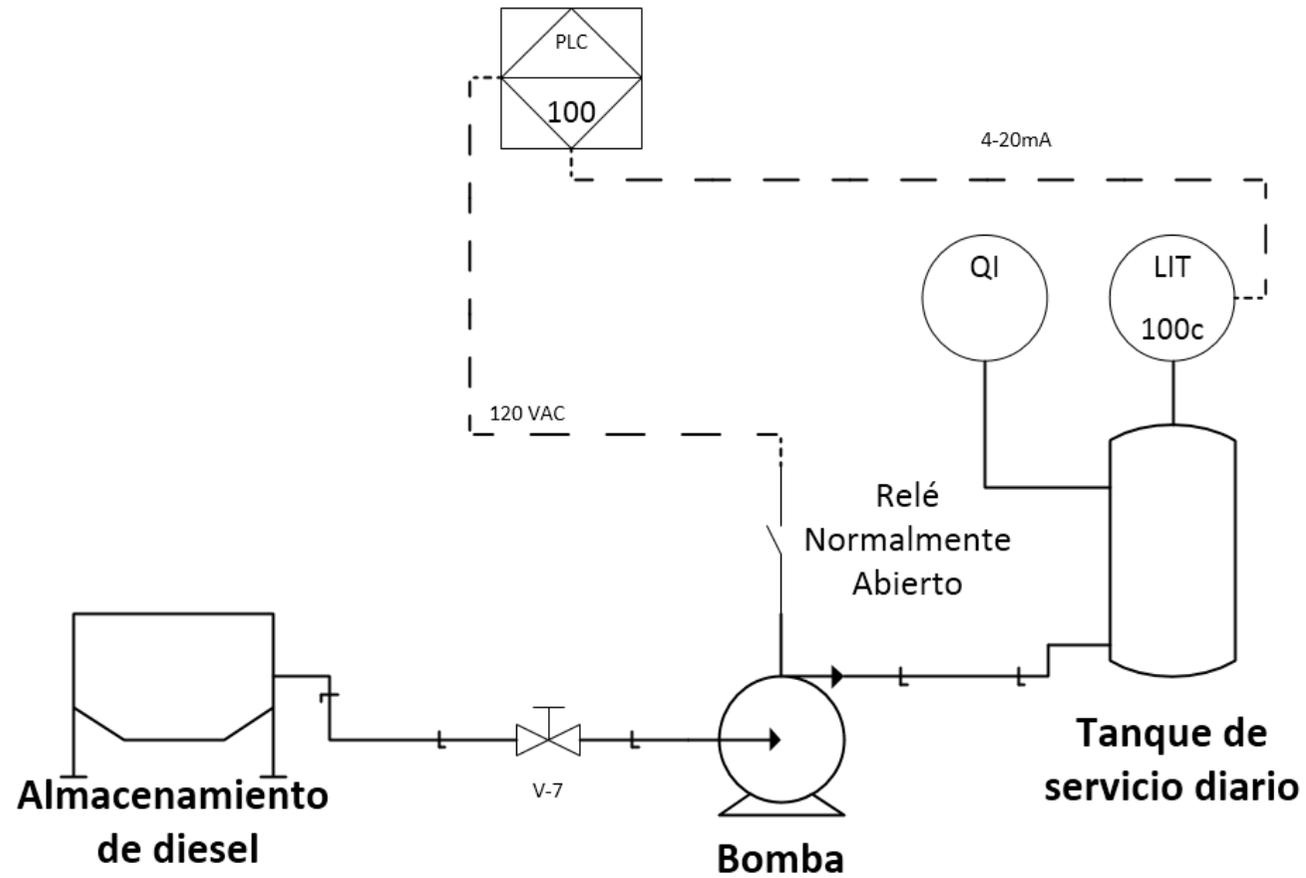


FIGURA N° 16 Diagrama P&amp;ID de Nivel

**Almacenamiento de Diesel.-** Actualmente existe dos tanques de almacenamiento de 3000 galones cada uno, en los cuales se almacena el combustible que será usado eventualmente.

**Válvula de Paso (V-7).-** El funcionamiento de esta válvula es de forma manual, esto ayudará a los procesos de mantenimiento de la bomba.

**Bomba.-** Encargada de enviar el diesel desde el tanque de almacenamiento de combustible al tanque de servicio diario.

**Tanque de servicio diario.-** Es un tanque de 200 galones de capacidad el cual suministra el combustible hacia las calderas.

**Indicador de Volumen (QI).-** Es un indicador de los galones que ingresan al tanque de servicio diario.

**Transmisor Indicador de Nivel (LIT-100c).-** Este transmisor ultrasónico de medición continua es el encargado de medir el nivel del combustible dentro del tanque por medio de una señal ultrasónica, la misma que enviará hacia el controlador por medio de una señal eléctrica estándar de 4-20 mA.

**Relé Normalmente Abierto.-** Es el elemento de control final para este proceso, este recibe la señal de activación del PLC y actúa sobre la bomba.

## 2.7 Diagramas de Flujo

### 2.7.1 Diagrama de Flujo del Sistema

En la figura N° 17 se muestra el funcionamiento general del sistema.

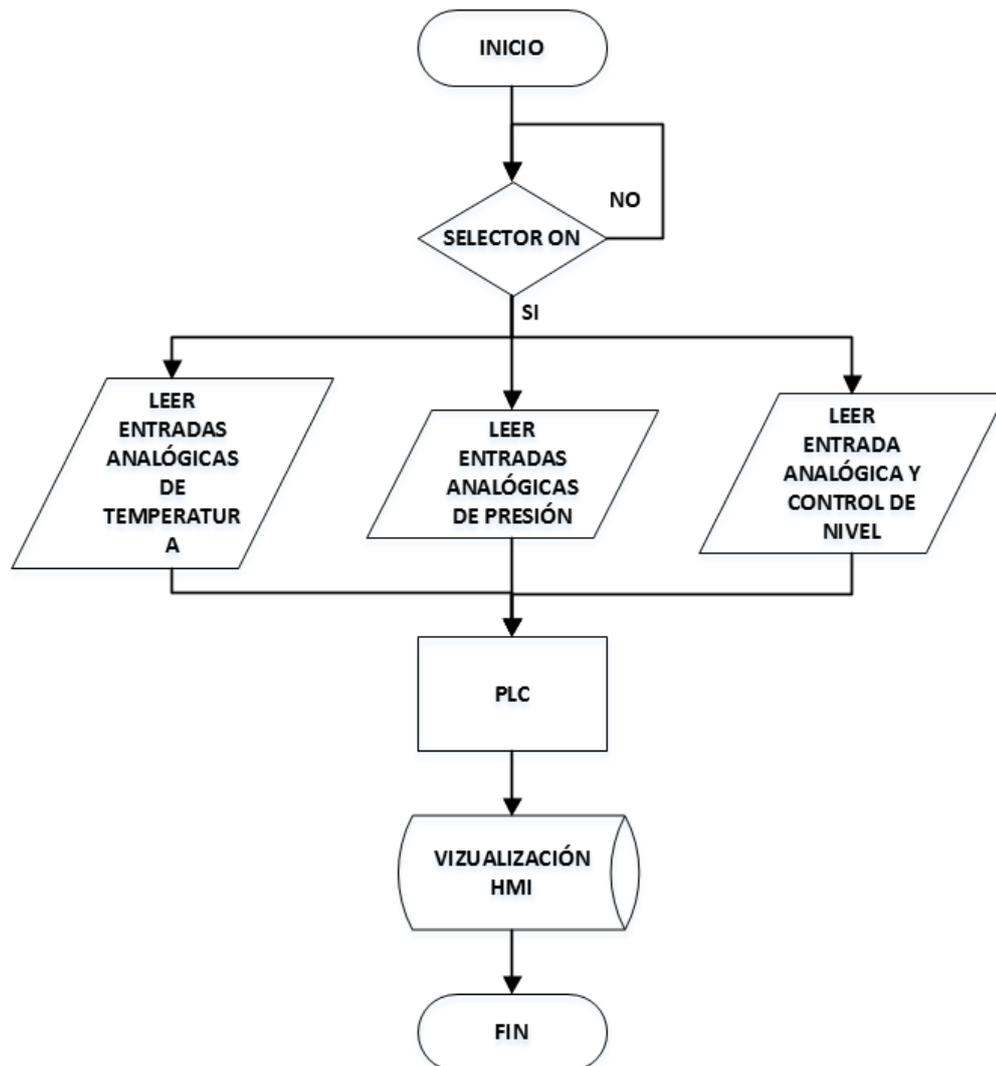
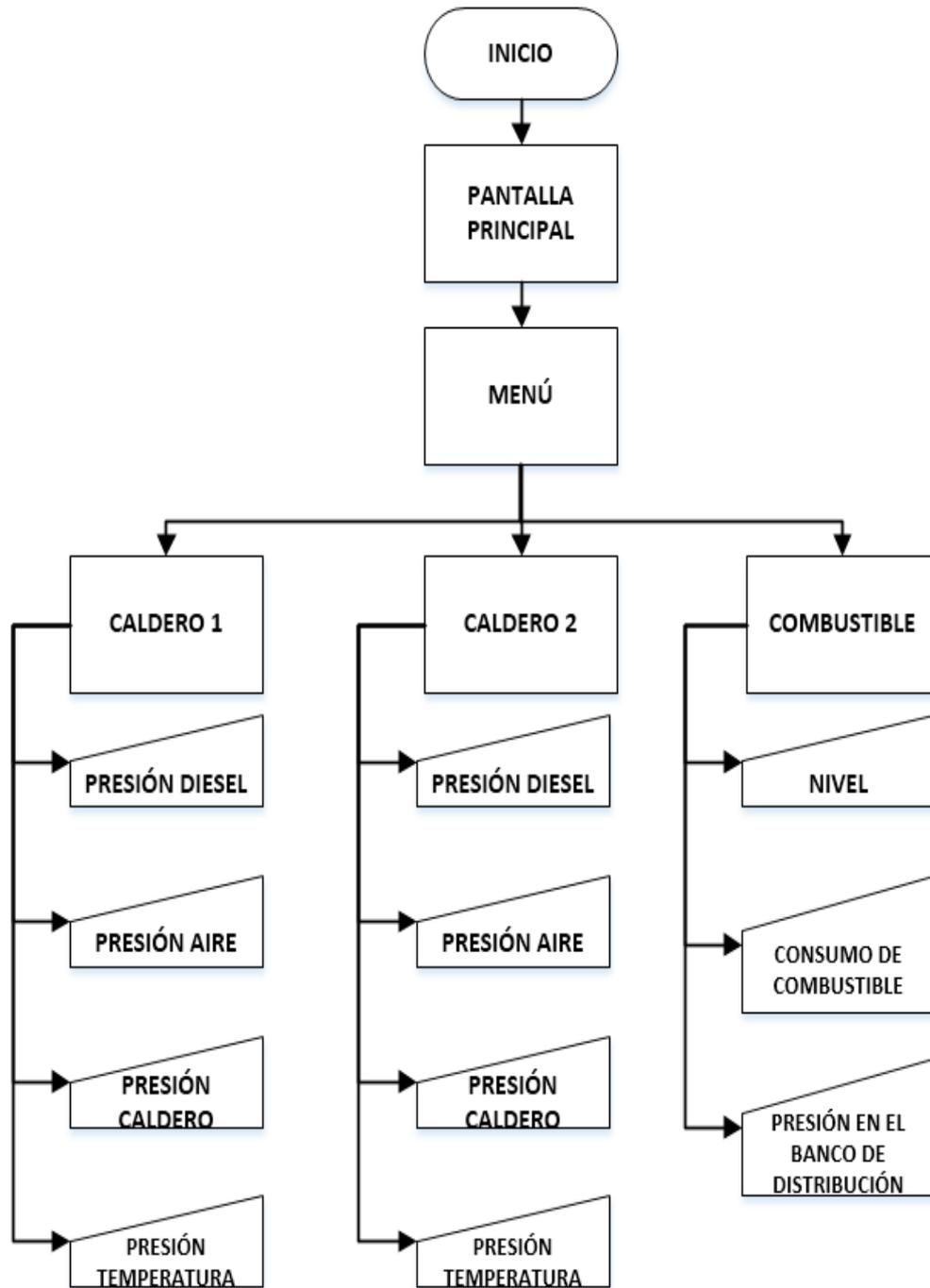


FIGURA N° 17 Diagrama de Flujo del Sistema

## 2.7.2 Diagrama de Flujo del HMI

La figura 18 muestra el diagrama de flujo del HMI.



**FIGURA Nº 18 Diagrama de Flujo del HMI**

## 2.8 Programación del PLC

Para iniciar la programación del PLC 1200 se necesita del software de programación TIA PORTAL (Totally Integrated Automation Portal) previamente instalado en una PC. Para este proyecto se ha usado la versión V13 del software, la misma que cuenta con las herramientas y librerías necesarias para su ejecución.

### 2.8.1 Creación de un Nuevo Proyecto

Para la elaboración de un nuevo proyecto en el software TIA PORTAL se deben seguir las siguientes instrucciones:

- a. En el botón de inicio de Windows buscamos TIA PORTAL V13 y presionar con un clic izquierdo para abrir el programa como se muestra en la figura 19.

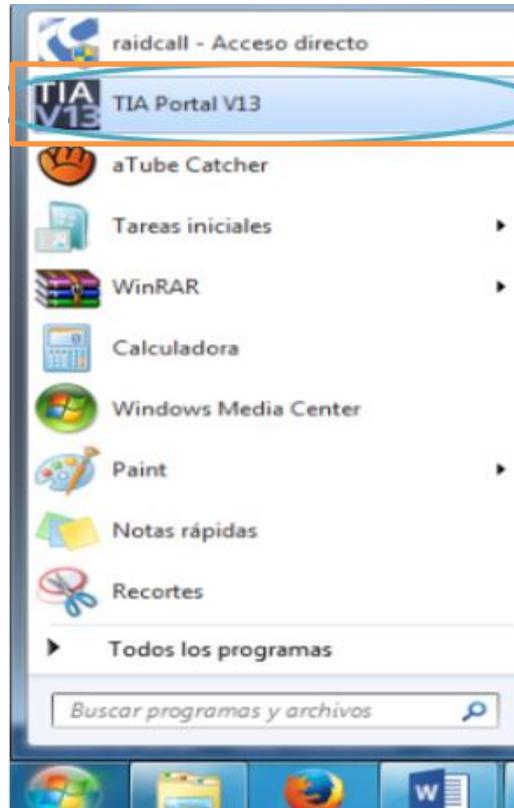
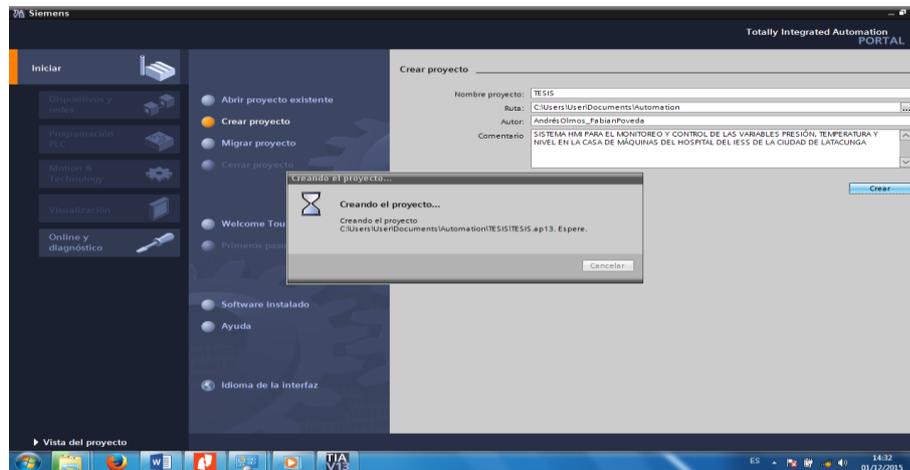


FIGURA N° 19 Ingreso al TIA PORTAL

- b. Crear un proyecto con el nombre y la ruta indicada por el usuario tal como se ilustra en la figura 20.

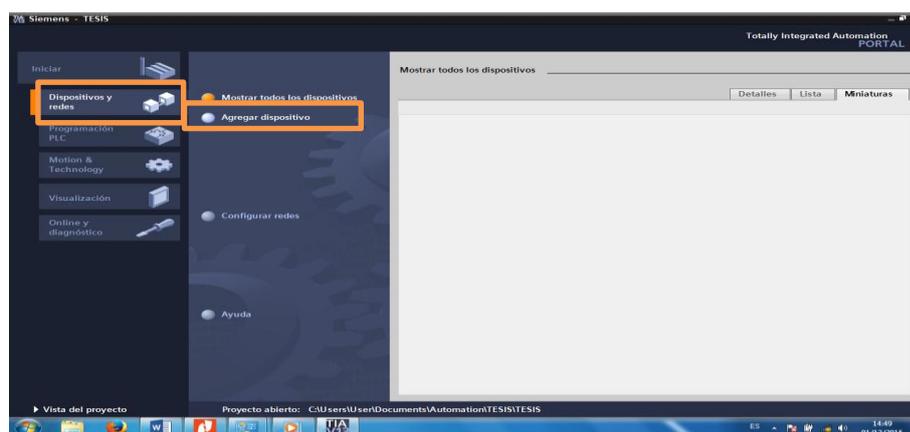


**FIGURA Nº 20 Crear proyecto en la página principal**

## 2.8.2 Selección y configuración de controlador

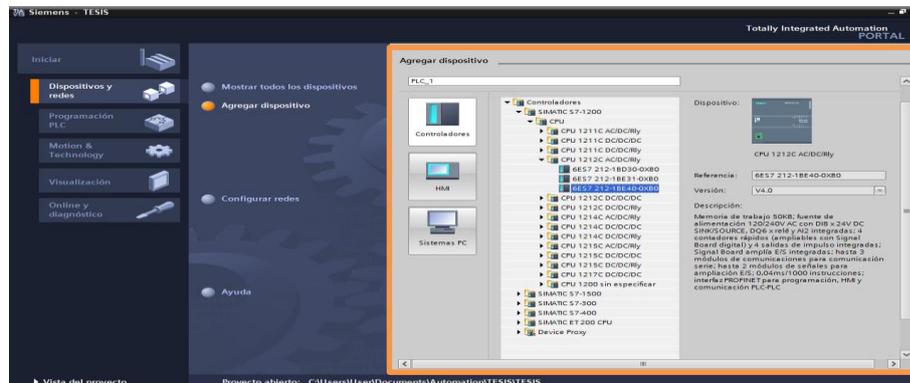
Para agregar un tipo de dispositivo se debe seguir los pasos mencionados a continuación:

- a. Desde la pestaña dispositivos y redes agregar un nuevo dispositivo, tal y como se muestra en la figura 21.



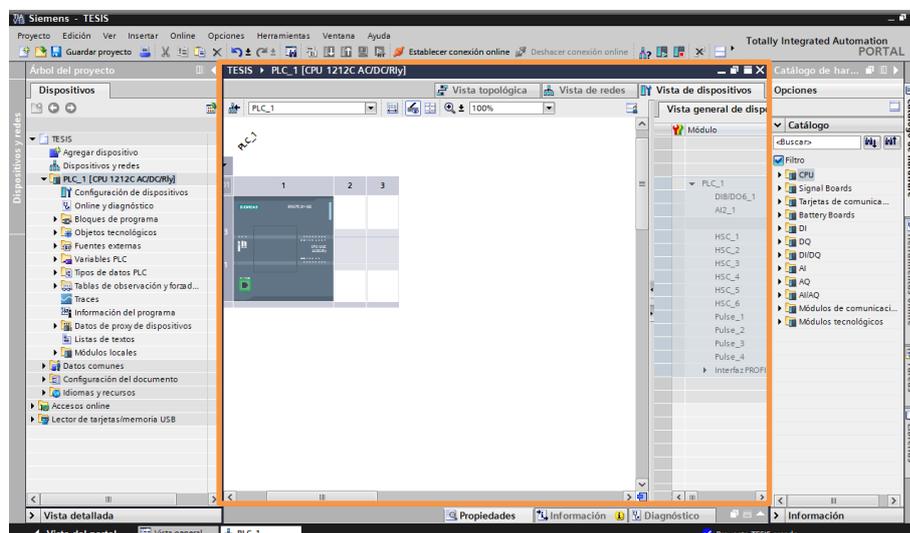
**FIGURA Nº 21 Agregar Dispositivo**

- b. Para este proyecto se seleccionó el PLC Simatic S7-1200 con la CPU 1212C AC/DC/Rly, de referencia 6ES7 212-1BE40-0XB0, como se observa en la figura 22.



**FIGURA Nº 22 Selección del controlador**

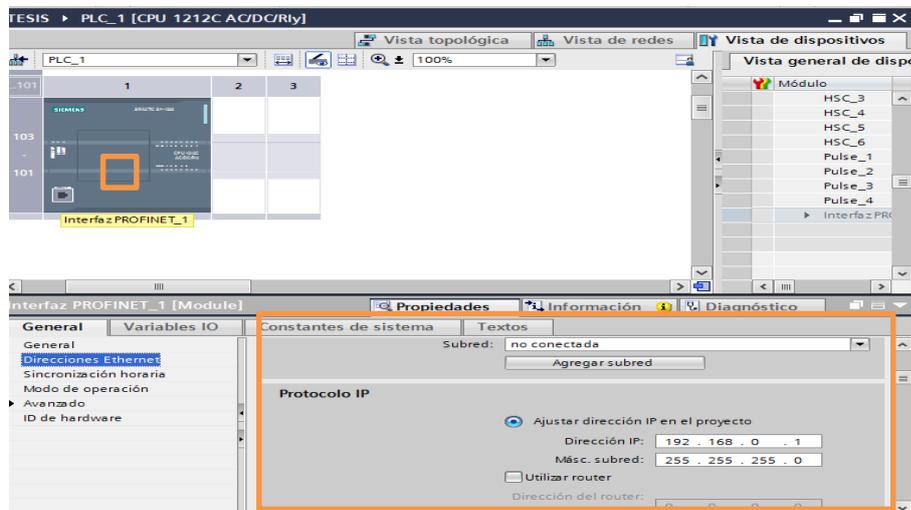
- c. Se habilita la opción, abrir la vista de dispositivos, en la parte inferior moviendo la barra de desplazamiento para poder observar las características del dispositivo seleccionado
- d. Para finalizar se da un clic en agregar.
- e. Una vez agregado el dispositivo se tendrá la vista del dispositivo en la navegación general del proyecto como se muestra en la figura 23.



**FIGURA Nº 23 Vista General del Proyecto en el TIA PORTAL**

- f. Se procede a asignar una dirección IP al controlador, si es que no tiene una dirección por defecto, dando doble clic en la ranura Ethernet del

dispositivo, la dirección asignada será 192.168.0.3, tal como se muestra en la figura 24.



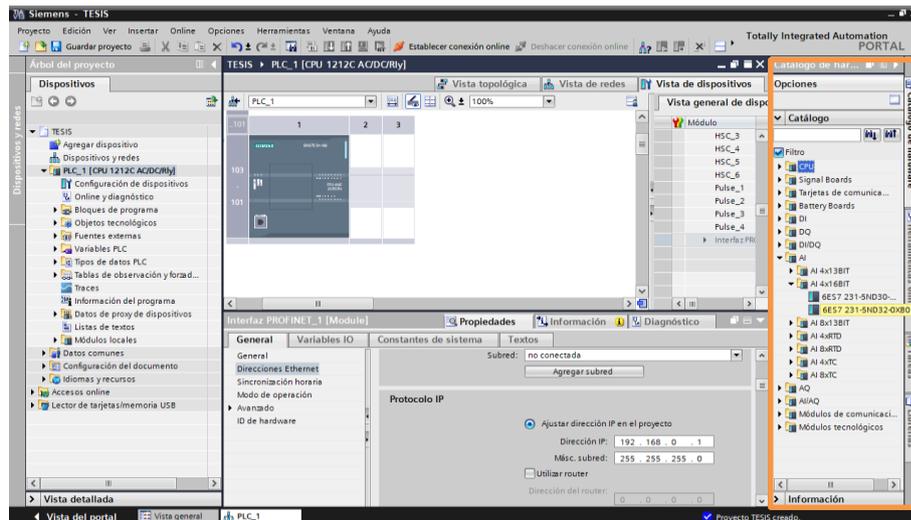
**FIGURA Nº 24 Asignación de la dirección IP al controlador**

## 2.8.3 Selección y configuración de los módulos de entradas

### 2.8.3.1 Entradas analógicas SM 1231 tipo V/mA

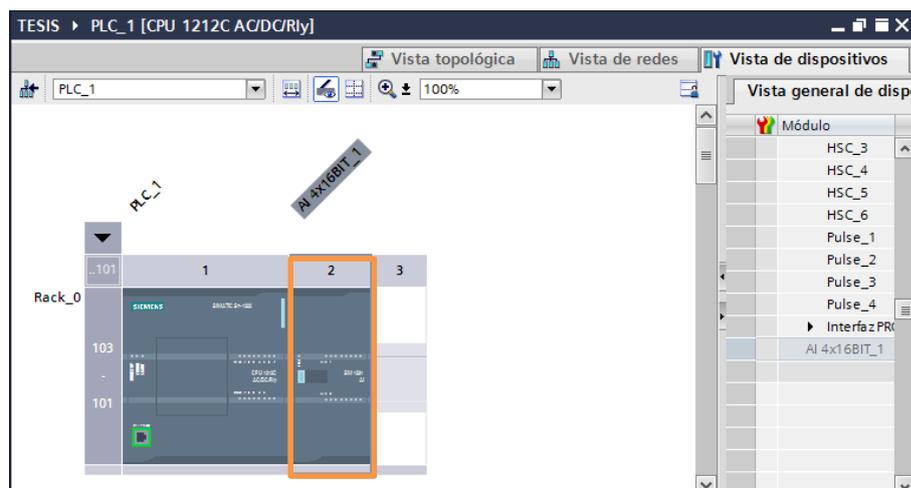
Una vez que ya se tiene configurado el PLC se procede a seleccionar los módulos de las entradas analógicas que se ocupan en este proyecto, para esto se siguen los siguientes pasos:

- a. En el área de catálogo de hardware se selecciona el módulo de entrada adecuado para el proyecto. Para este caso se selecciona el módulo AI 4x16BIT, de referencia 6ES7 231-5ND32-0XB0, simplemente se lo arrastra junto al PLC o se presiona doble clic, como se muestra en la figura 25.



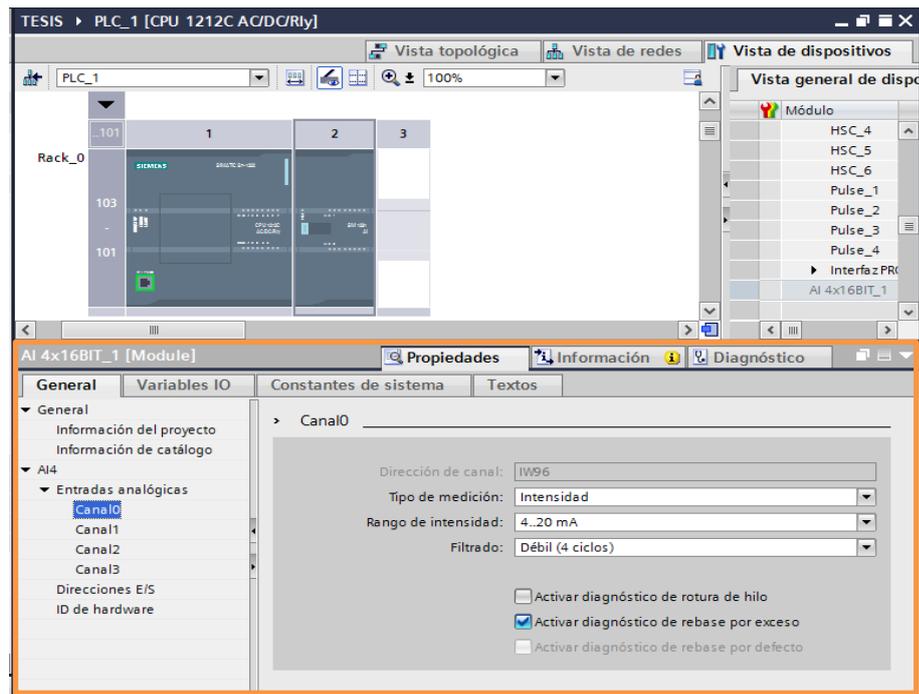
**FIGURA Nº 25 Selección del módulo AI 4x16BIT**

- b. Doble clic en el módulo AI 4x16BIT para acceder a sus propiedades, como se muestra en la figura 26.



**FIGURA Nº 26 Propiedades del módulo AI 4x16BIT**

- c. En las propiedades del módulo se tienen las direcciones de cada una de las entradas, de ser necesario se puede modificar el rango inicial, caso contrario se usará el que está asignado por defecto. También se observa cada uno de los canales con sus direcciones asignadas, donde se selecciona el tipo de medición, además de su rango de intensidad, tal y como se observa en la figura 27.

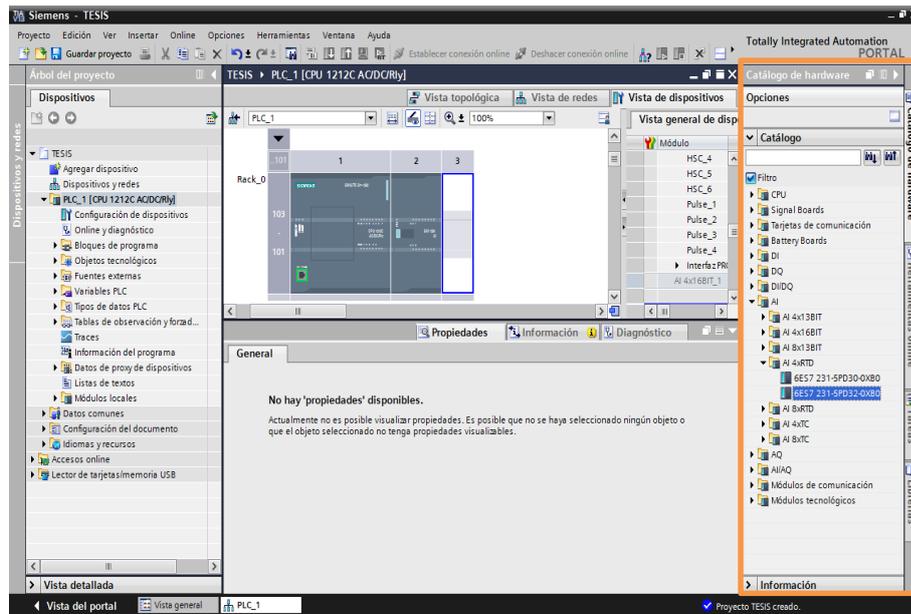


**FIGURA Nº 27 Configuración de parámetros al módulo AI 4x16BIT**

### 2.8.3.2 Entradas analógicas SM 1231 tipo RTD

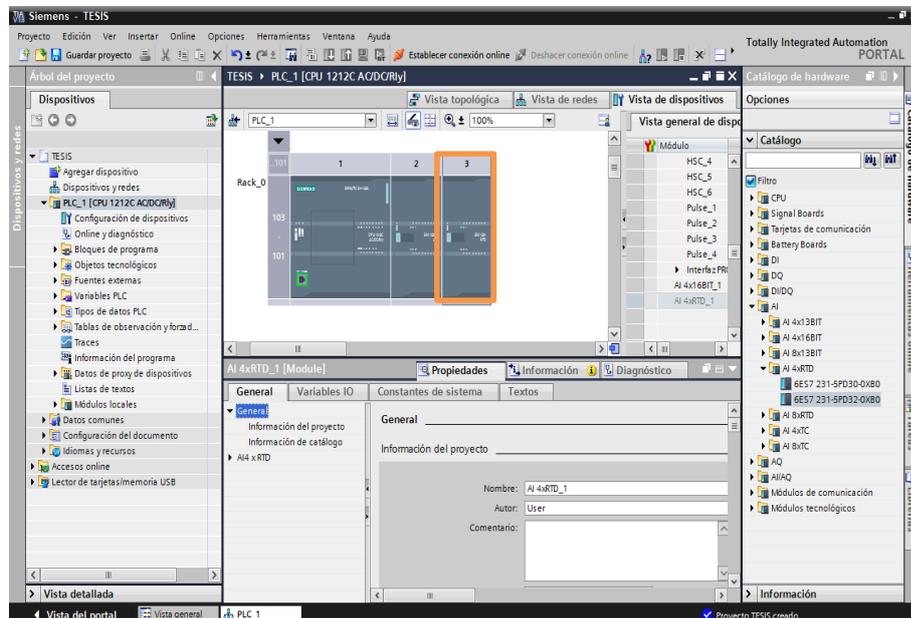
Para seleccionar el módulo de entradas analógicas tipo RTD se presentan los siguientes pasos:

- a. En la ventana de catálogo de hardware seleccionar con doble clic el módulo AI 4xRTD de referencia 6ES7 231-5PD32-0XB0, tal y como se muestra en la figura 28.



**FIGURA Nº 28 Selección del módulo AI 4xRTD**

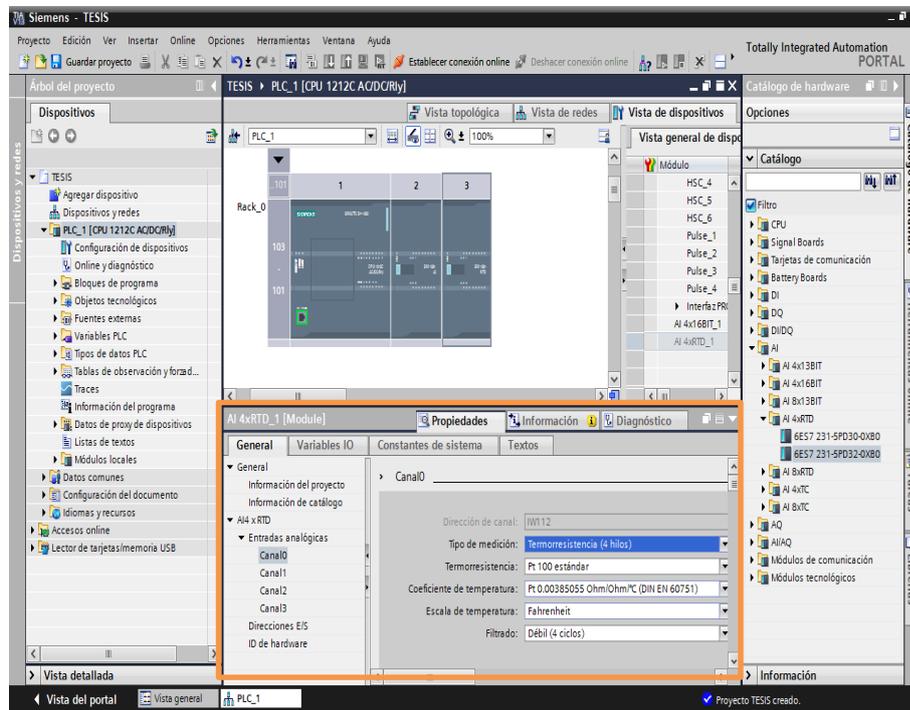
- b. Doble clic en el módulo AI 4xRTD recientemente agregado para acceder a sus propiedades, como se muestra en la figura 29.



**FIGURA Nº 29 Propiedades del módulo AI 4xRTD**

- c. En las propiedades del módulo se tiene las direcciones de cada una de las entradas, de ser necesario se puede modificar la entrada inicial, a continuación si es necesario se puede modificar, el tipo de medición,

termo resistencia, coeficiente de temperatura, escala de temperatura y el filtrado tal y como se muestra en la figura 30.

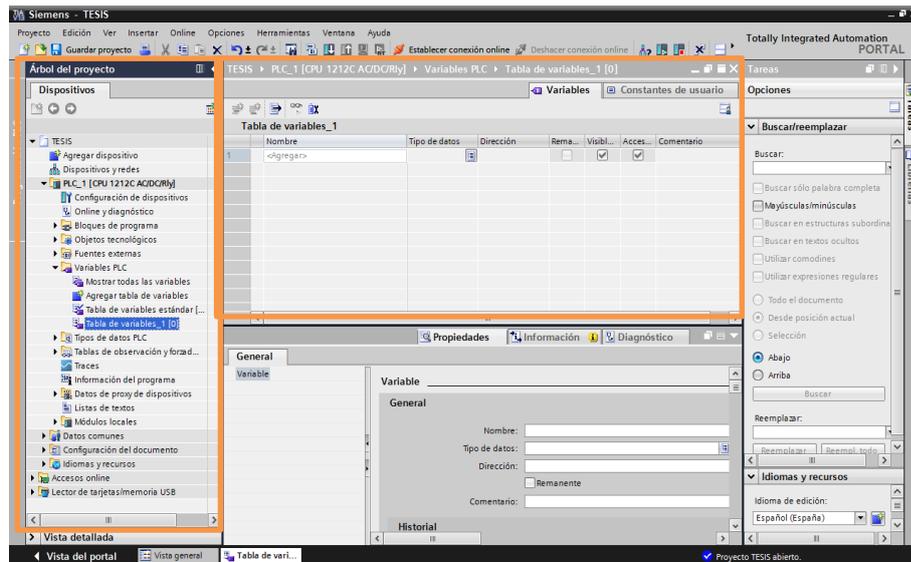


**FIGURA Nº 30 Configuración de parámetros al módulo AI 4xRTD**

#### 2.8.4 Creación de un nuevo programa en el controlador

Para la creación de un nuevo programa en el controlador se debe considerar los siguientes pasos:

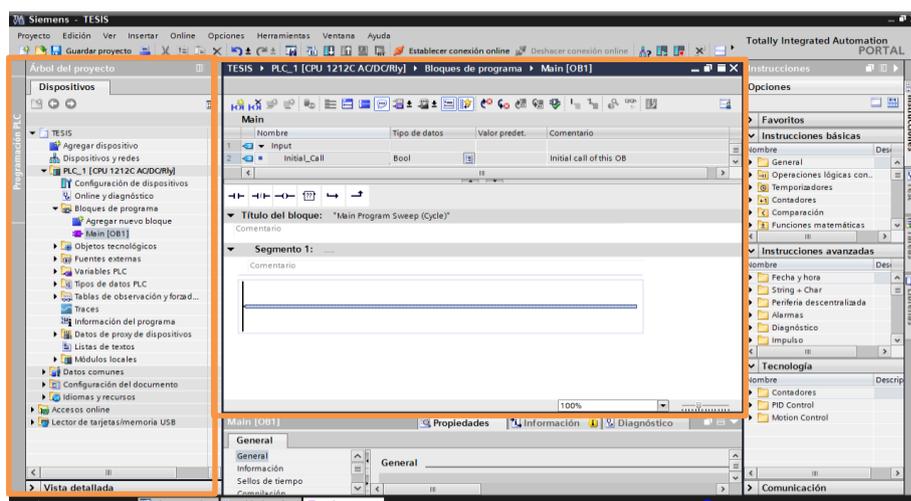
- a. Dentro del software de programación dirigirse al recuadro “árbol de proyecto”, se selecciona agregar tabla de variables dando doble clic, de este modo se creara una nueva tabla de variables en la parte inferior, se procede abrirla tal y como muestra la figura 31.



**FIGURA Nº 31 Tabla de variables del PLC**

En la tabla de variables de la figura 31 se ingresa todas las variables necesarias para la realización del proyecto, cabe mencionar que en cada una de estas debe ser considerado el nombre, tipo de datos, y su dirección.

- b. En la ventana “árbol de proyecto”, abrir la opción Main [OB1], la cual despliega una pantalla que permite al usuario crear su programa utilizando todas las funciones que el mismo software proporciona, esta ventana se puede observar en la figura 32.

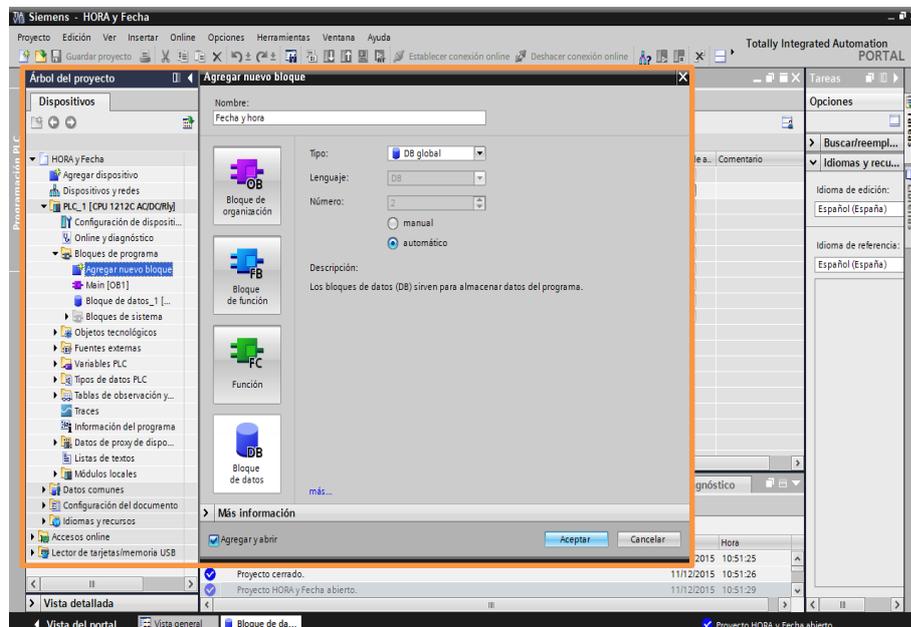


**FIGURA Nº 32 Ventana del Main**

## 2.8.5 Configuración de la Hora Interna del PLC

Para la presentación del registro de cada una de las variables es necesario tener la fecha y hora actualizada del PLC, por esta razón se utiliza otro bloque de programa y dos bloques de programación los cuales permiten establecer la hora indicada. Para la realización de la configuración de la hora en el PLC 1200 se consideran las siguientes indicaciones.

- En el árbol de proyecto se agrega un nuevo bloque de programa llamado fecha y hora, para finalizar se da clic en aceptar, como se muestra en la figura 33.



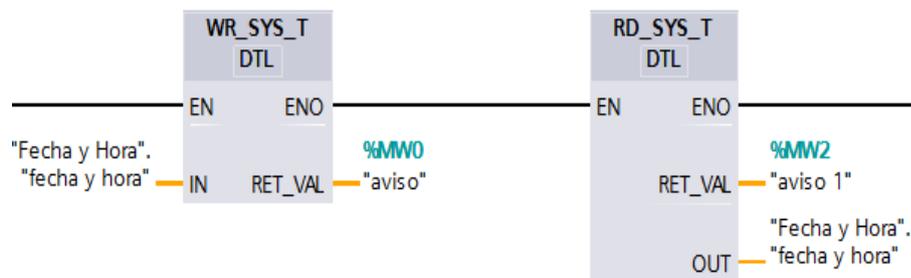
**FIGURA N° 33 Agregar Nuevo Bloque Fecha y Hora**

- Se ingresa una nueva fila llamada fecha y hora de tipo DTL, y en la columna de valor de arranque se ingresa la fecha y la hora adecuadas para el usuario como se muestra en la figura 34.

	Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanen...	Accesible d...	Visible en ..	Valor de a..	Comentari
1	Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	fecha y hora	DTL	DTL#2015-12-11-09:35:30	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

**FIGURA Nº 34 Parámetros del Bloque Fecha y Hora**

- c. En la programación del main se utiliza las instrucciones WR\_SYS\_T (Escribir hora) y RD\_SYS\_T la cual permite leer la hora establecida, las mismas que están asociadas al bloque Fecha y Hora. Como se muestra en la Figura 35.

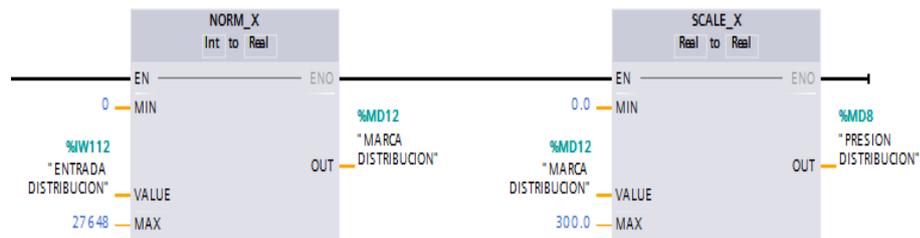


**FIGURA Nº 35 Instrucciones para Configurar la Hora del PLC**

## 2.8.6 Configuración para la recepción de datos

### 2.8.6.1 Variable de Presión

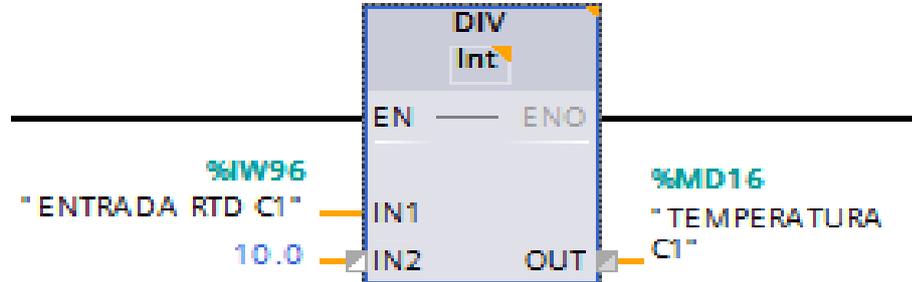
Para la recepción de los datos se usa las instrucciones de programación NORM\_X y SCALE\_X los cuales permiten normalizar y escalar las señales de entrada y así obtener los datos correctos enviados por los transmisores. En la figura 36 se puede observar los parámetros de configuración de cada bloque. En este caso el SCALE\_X se lo realiza al transmisor de 0-300 PSI.



**FIGURA Nº 36 Bloque NORM\_X y SCALE\_X para Presión**

### 2.8.6.2 Variable de Temperatura

Para la temperatura no se usan transmisores, en lugar de esto se usa una RTD Pt100 que envía los datos al controlador, este los recibe por medio de un módulo de adquisición de datos SM1231 de tipo RTD. Por esta razón al momento de recibir el dato, en el programa solamente se realiza una división ya que se obtiene la temperatura directamente en grados centígrados o en Fahrenheit de acuerdo a como haya sido configurada anteriormente. En la figura 37 se observa la línea de programación necesaria para hacerlo.



**FIGURA Nº 37 Bloque División para la Variable de Temperatura**

### 2.8.6.3 Variable de Nivel

Para la variable de nivel es necesario usar los bloques de NORM\_X y SCALE\_X debido a que el transmisor nos envía una señal analógica de corriente de 4-20 mA, estos parámetros son configurados como se los observa en la figura 38.

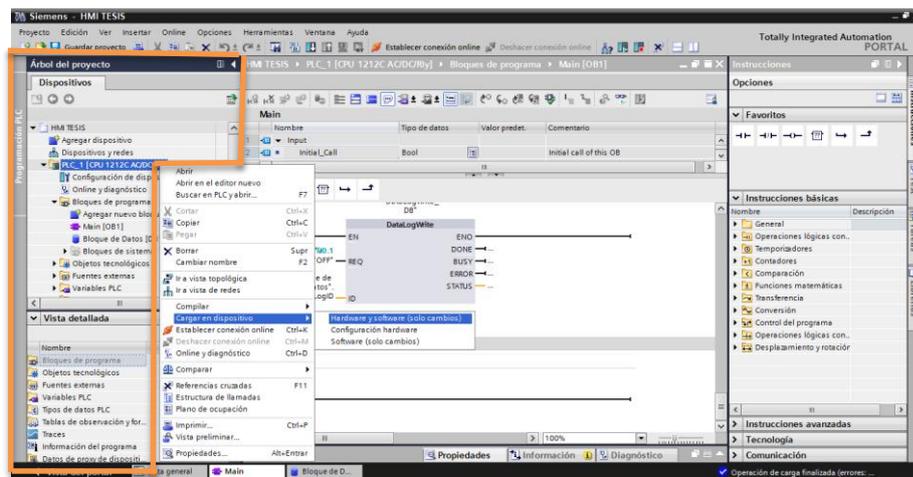


**FIGURA Nº 38 Bloque NORM\_X y SCALE\_X para Nivel**

## 2.8.7 Cargar el Programa al Controlador

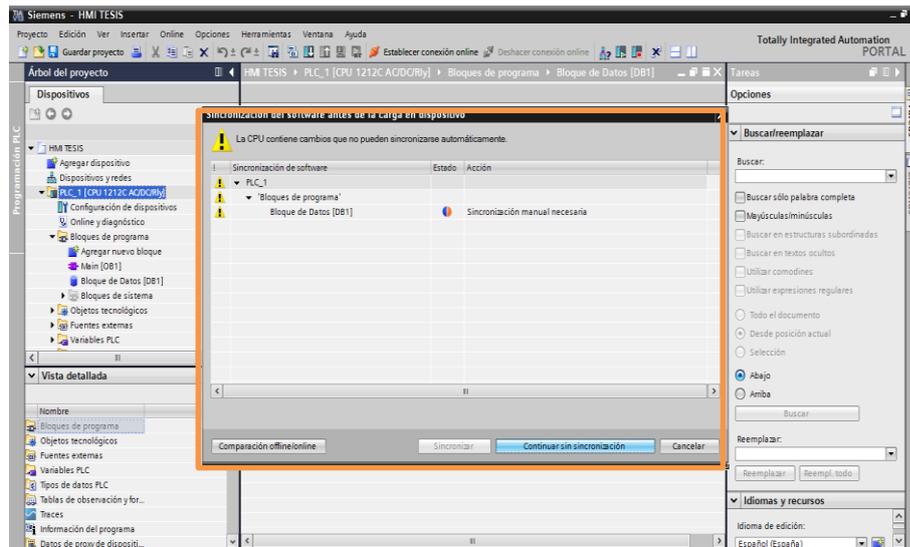
Para cargar el programa al PLC se realiza los siguientes pasos:

- Para evitar conflictos a la hora de cargar el programa, en la pantalla de árbol de proyecto se da clic derecho en la carpeta de PLC\_1, como se muestra en la figura 39.



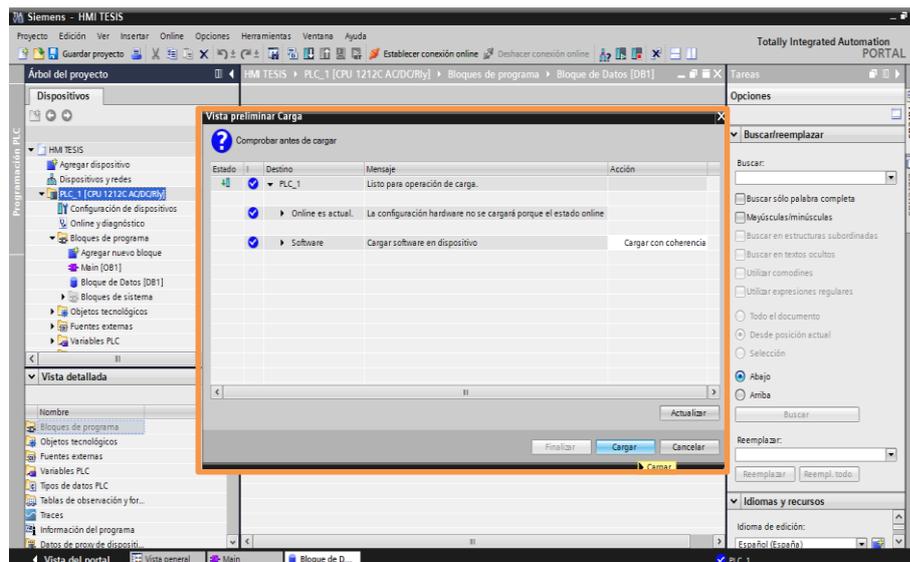
**FIGURA Nº 39 Cargar programa en un Dispositivo**

- El programa ejecuta automáticamente el compilador y pasa a la pantalla de sincronización, tal y como se muestra en la figura 40.



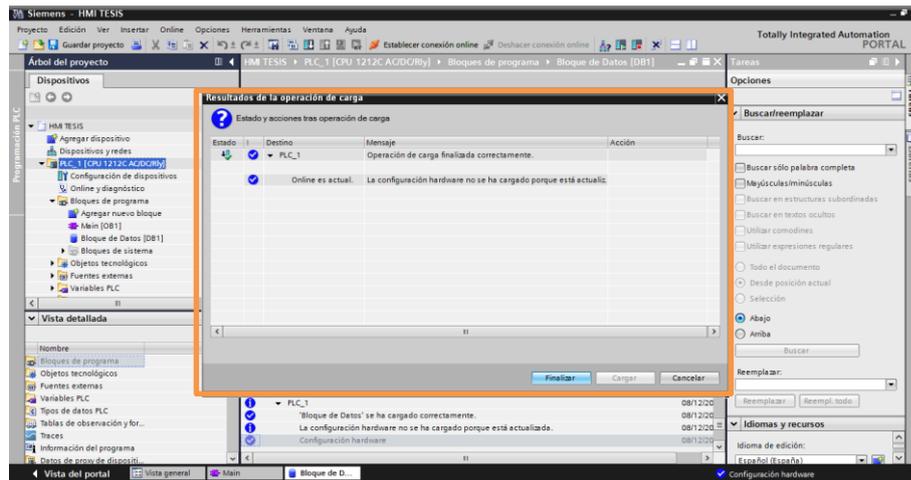
**FIGURA Nº 40 Sincronización de Dispositivo**

- c. Se continúa con un clic en cargar como se observa en la figura 41.



**FIGURA Nº 41 Vista Preliminar de Carga**

- d. Finalmente en la figura 42 se tiene la pantalla que muestra los resultados de la operación, para concluir se da un clic en el botón finalizar.



**FIGURA Nº 42 Resultados de operación de Carga**

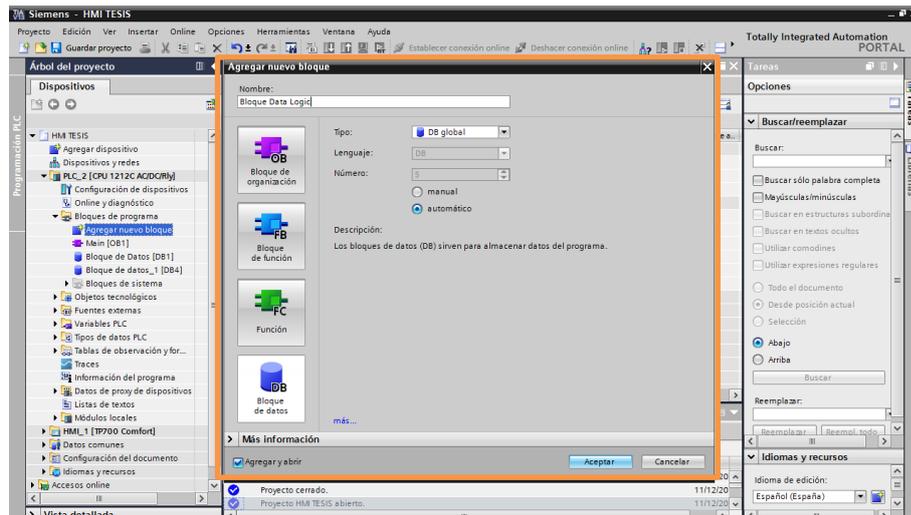
### 2.8.8 Almacenamiento de Datos Históricos

Para el registro de los datos se usa los data log propios del PLC 1200 tanto para crear, escribir y cerrar el registro de datos. Estos datos son almacenados en la SD Card para que el usuario pueda descargar para su posterior uso.

Este registro se crea con una extensión de tipo CSV (Coma Separated Value) este tipo de documento se lo puede abrir desde Excel sin ningún inconveniente.

Para realizar el registro de cada una de las variables se realiza las siguientes instrucciones:

- En la ventana **Árbol de Proyecto** se selecciona agregar un nuevo bloque, se coloca el nombre adecuado y se procede aceptar para finalizar, como se muestra en la figura 43.



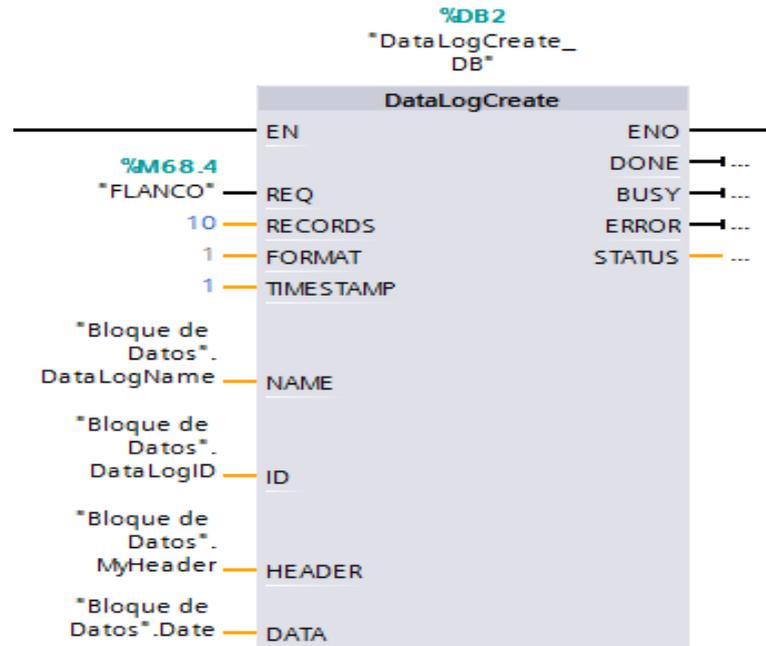
**FIGURA N° 43 Agregar Nuevo Bloque Data Logic**

- b. En el nuevo bloque ahora se debe crear las funciones que ayudarán a la generación del registro, funciones como DataLogName (Ingresa el nombre del registro), DataLogID (dirección del registro), MyHeader (ingresa un encabezado) y Date (están los datos que serán almacenados en el registro), en la figura 44 se muestra el ingreso de cada uno de los parámetros del registro.

	Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Visible en ..	Valor de ajuste
1	Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	DataLogName	String	'Caldero1'	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	DataLogID	DWord	16#0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	MyHeader	String	(GL); ESTAD( DIESEL (PSI); AIRE (PSI); TRABAJO (PSI); CHIMENEA (F); BAN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Date	Struct		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	DIESEL	String	'r'	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	AIRE	String	'r'	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	TRABAJO	String	'r'	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	CHIMENEA	String	'r'	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	DISTRIBUCION	String	'r'	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	NIVEL	String	'r'	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

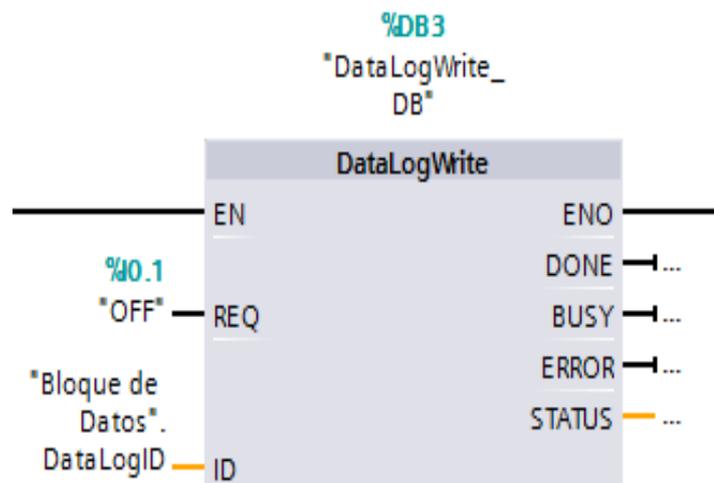
**FIGURA N° 44 Parámetros del Bloque de Datos**

- c. Para crear un registro se utiliza la función DataLogCreate de la figura 45, aquí se utiliza el bloque de datos que fue configurado anteriormente.



**FIGURA Nº 45 Bloque DataLogCreate**

- d. Para escribir el registro se usa la función DataLogWrite la cual se muestra en la figura 46.



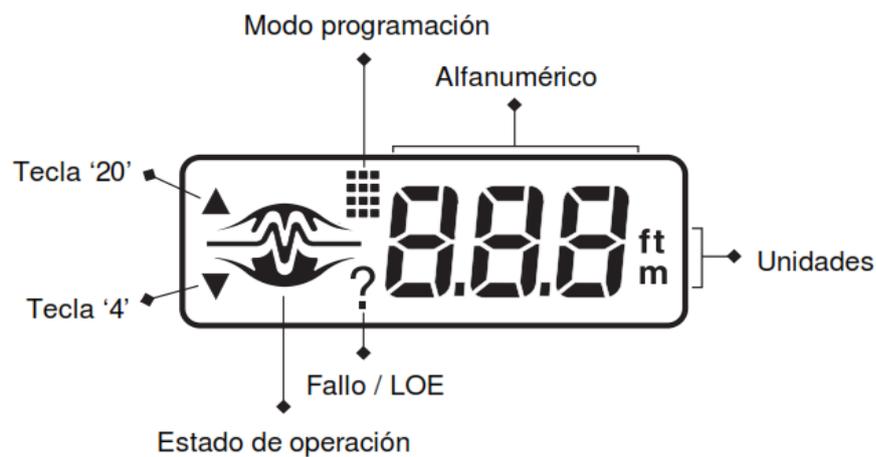
**FIGURA Nº 46 Bloque DataLogWrite**

La activación de cada uno de estos bloques se la realiza con la detección de flancos los cuales son analizados dependiendo del proceso para un óptimo resultado.

## 2.9 Configuración del Transmisor de Nivel

Previo a la utilización de transmisor de nivel, el mismo requiere de ciertas configuraciones, como se menciona a continuación:

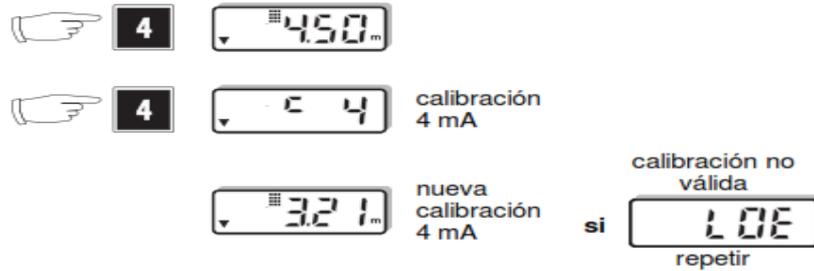
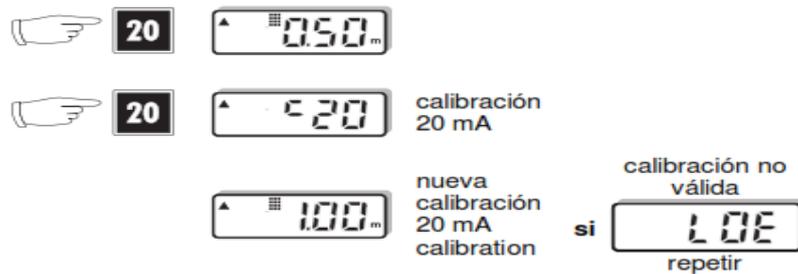
- La figura 47 muestra la pantalla principal del transmisor en la que se puede observar lo siguiente.



**FIGURA Nº 47 Pantalla Principal del Transmisor de Nivel**

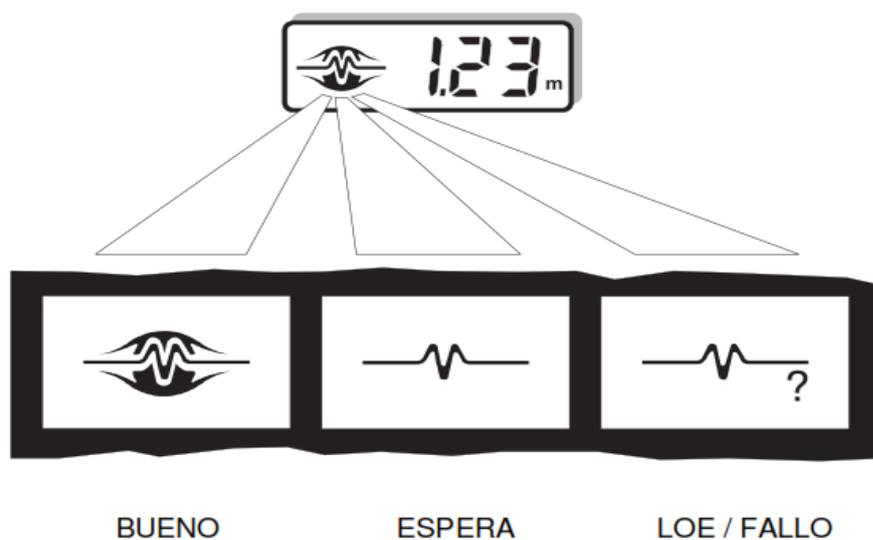
Fuente: (Milltronics, 2011)

- La calibración de salida en mA se la realiza de forma proporcional o inversamente proporcional dependiendo la necesidad de la aplicación, en esta ocasión el tanque fue vaciado para asignar el valor de 4 mA y llenado para asignar el valor de 20 mA, es decir de forma proporcional. En la figura 48 se observa la forma en la cual se asignan los valores.

**Calibración 4 mA****Calibración 20 mA****FIGURA Nº 48 Calibración del Transmisor de Nivel**

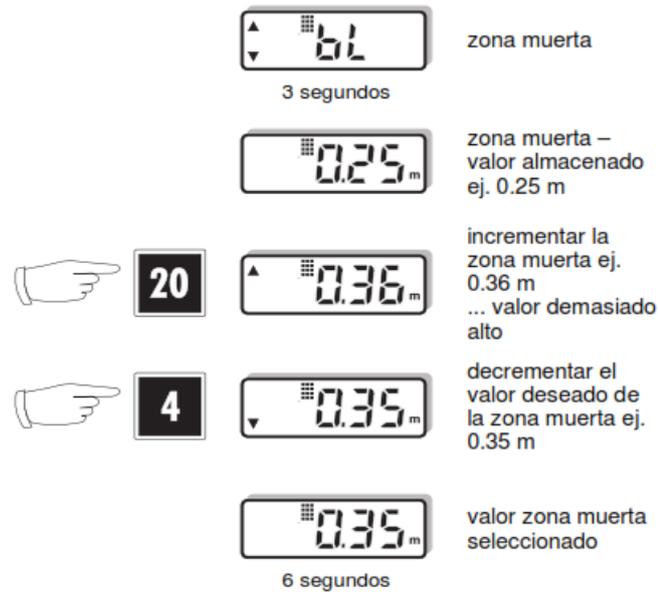
Fuente: (Milltronics, 2011)

- c. En el estado de funcionamiento se tiene tres tipos de estado tal y como se muestra en la figura 49. Esta instrucción ayuda al usuario a ubicar e instalar correctamente el instrumento para conseguir un mejor rendimiento.

**FIGURA Nº 49 Estado de Funcionamiento del Transmisor de Nivel**

Fuente: (Milltronics, 2011)

- d. Este transmisor consta de una zona muerta, zona en la cual el transductor ignora el nivel producido por los falsos ecos que intervienen con el eco verdadero. Esta zona muerta es de 0.25m que dado el caso puede ser incrementada. En la figura 50 se encuentra los pasos para cambiar el valor de la zona muerta.



**FIGURA N° 50 Configuración de Zona muerta**

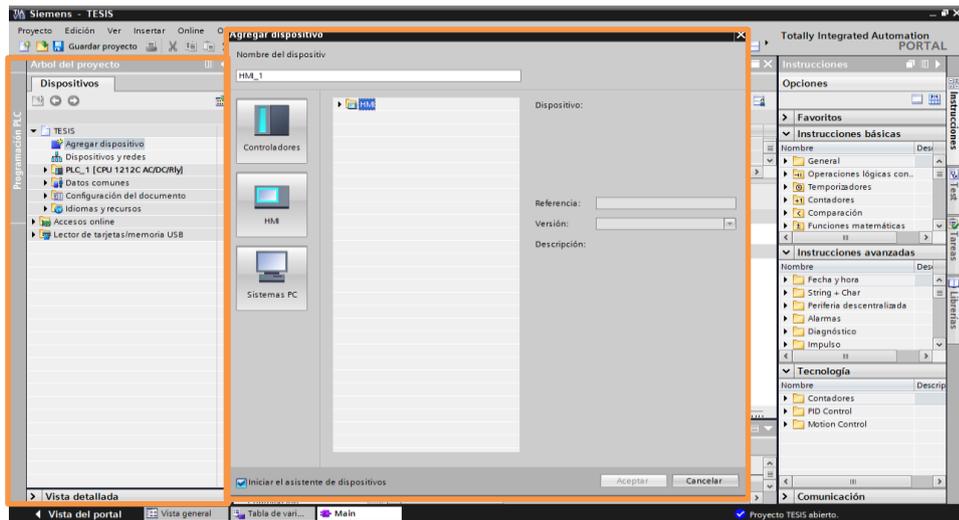
Fuente: (Milltronics, 2011)

## 2.10 Programación de la Confort panel

### 2.10.1 Selección y configuración del HMI Confort panel TP700

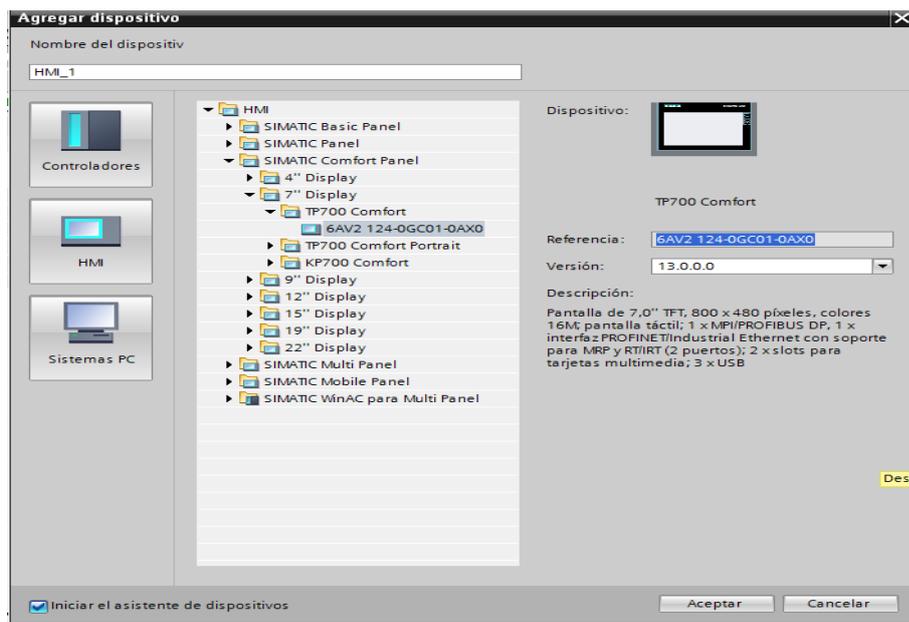
Para agregar un HMI confort panel se debe seguir los siguientes pasos:

- a. Agregar nuevo dispositivo en la ventana “árbol de proyecto”, en la figura 51 se observa el nuevo recuadro.



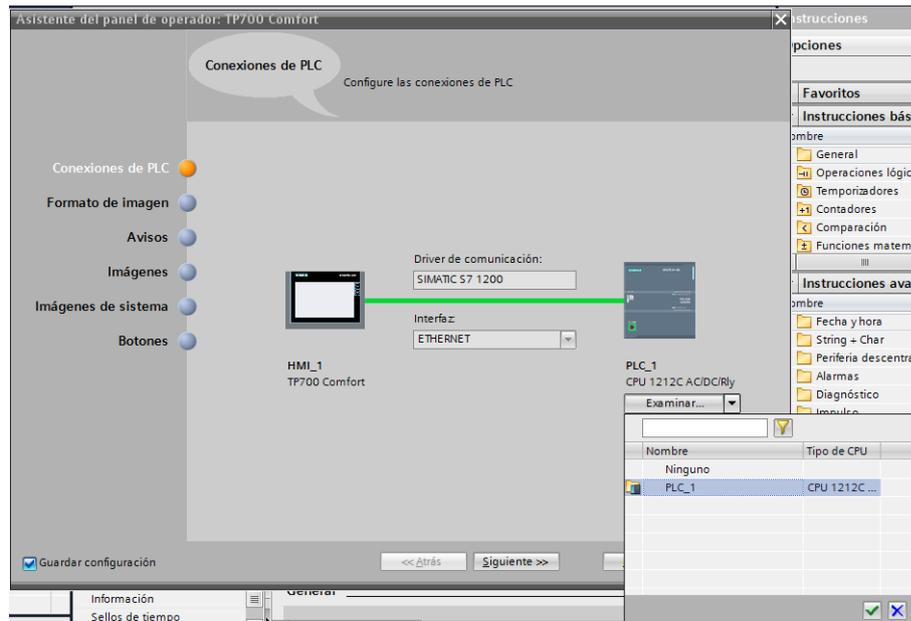
**FIGURA N° 51 Agregar un nuevo dispositivo**

- b. Seleccionar la TP700 confort de referencia 6AV2 124-0GC01-0AX0 tal y como se muestra en la figura 52, se procede a agregar el nuevo dispositivo dando clic en aceptar.



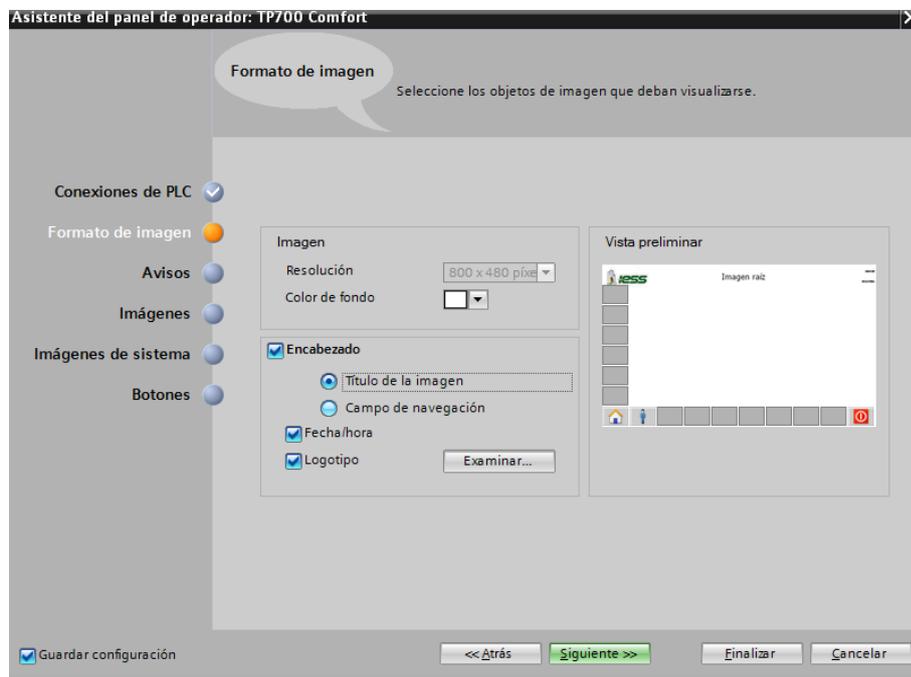
**FIGURA N° 52 Selección de la TP700 confort**

- c. El asistente del panel de operador permite configurar algunos parámetros de la TP700 confort. El primer parámetro es la conexión de PLC la cual se selecciona en la opción examinar y se elige el PLC que se agregó anteriormente, en la figura 53 se observa esta configuración.



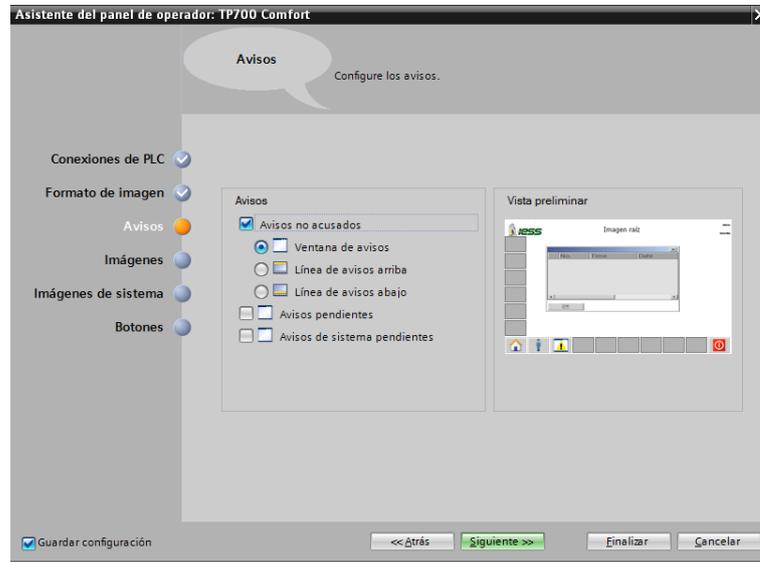
**FIGURA Nº 53 Conexión de la confort al PLC**

- d. En la configuración del formato de imagen se podrá cambiar el color de la pantalla, así también como del encabezado como se muestra en la figura 54.



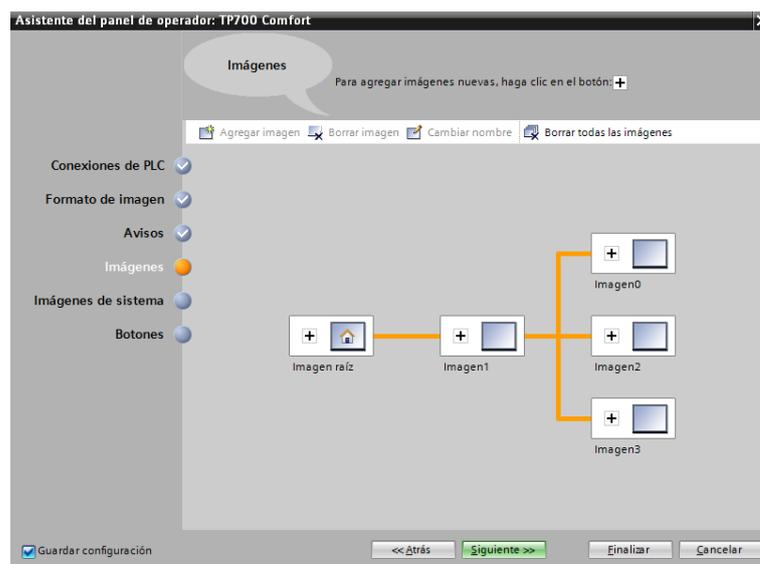
**FIGURA Nº 54 Configuración del Formato de Imagen**

- e. La configuración de avisos permite habilitar diferentes opciones que se mostrarán en la pantalla una vez que ya esté funcionando, en la figura 55 se observa los avisos que se puede seleccionar.



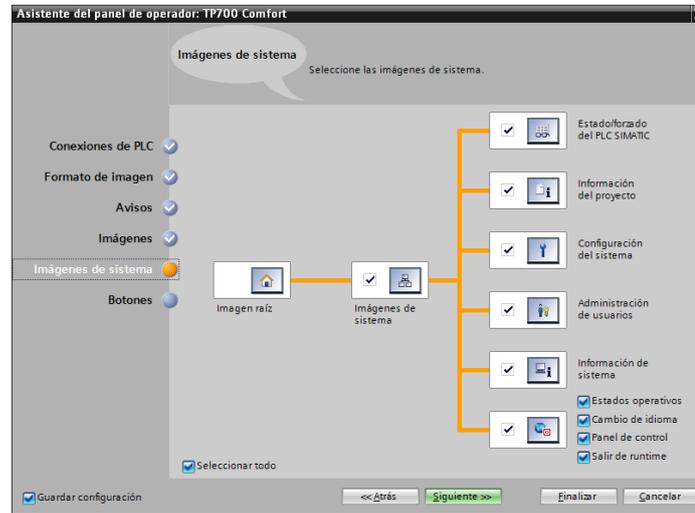
**FIGURA Nº 55 Configuración de avisos**

- f. En la configuración de imagen, el usuario puede agregar y quitar el número de ventanas que desee tener en la confort panel y la forma en la cual estarán enlazadas tal y como se muestra en la figura 56.



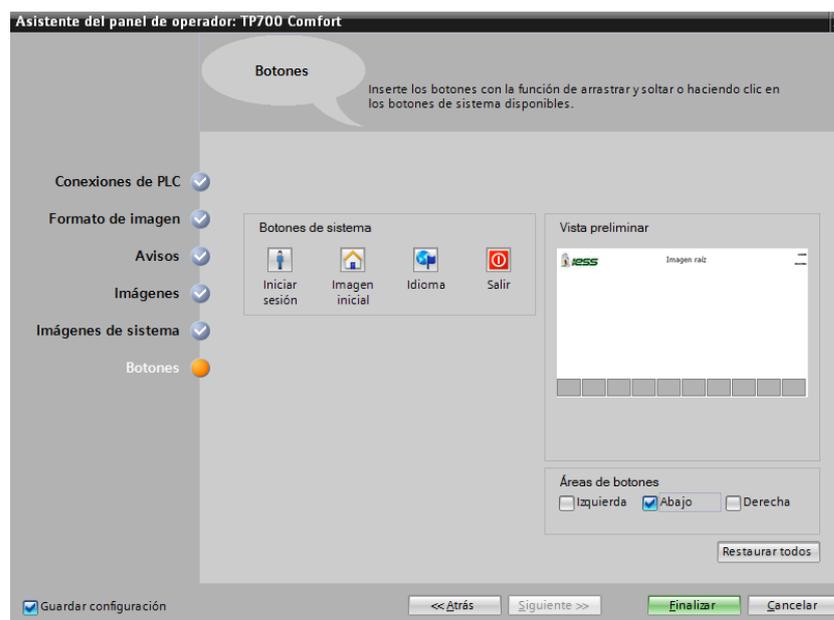
**FIGURA Nº 56 Configuración de Imagen**

- g. La configuración de imágenes del sistema permite agregar pantallas por defecto, entre ellas; información de proyecto, configuración de usuarios, tal como se muestra en la figura 57.



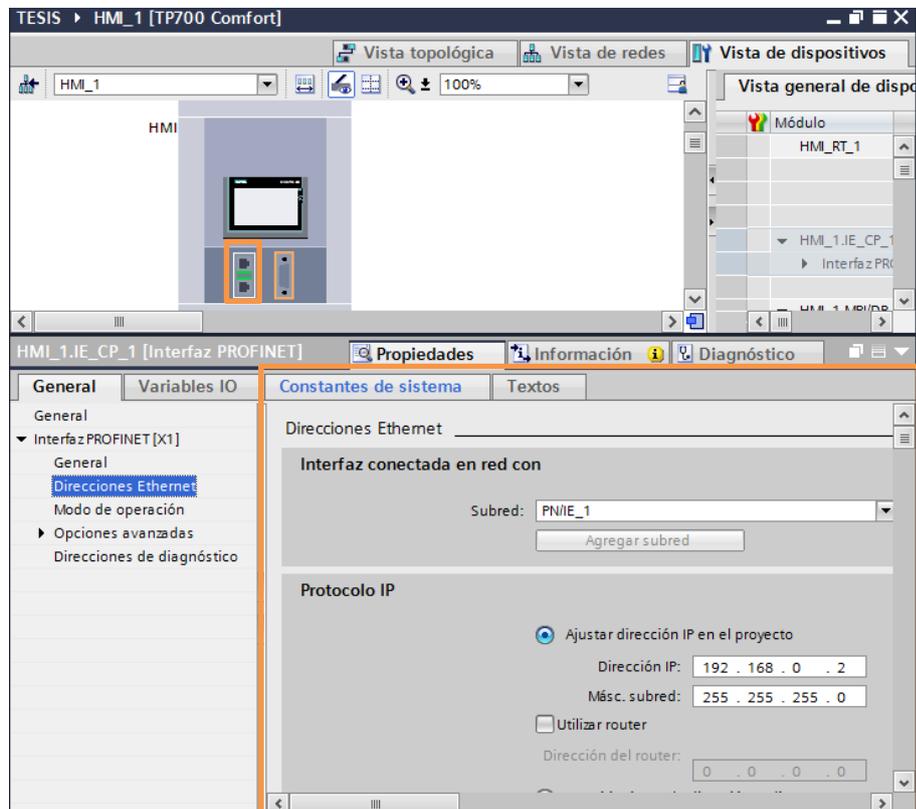
**FIGURA Nº 57 Configuración de imágenes de sistema**

- h. Finalmente la configuración de los botones permite agregar cada uno de los botones propios de la confort panel y seleccionar el lugar donde estarán ubicados, esto se muestra en la figura 58.



**FIGURA Nº 58 Configuración de botones**

- i. Para la configuración de una dirección IP en la confort panel, si no tiene una dirección por defecto, doble clic en la ranura Ethernet del dispositivo, la dirección asignada será 192.168.0.2, tal como se muestra en la figura 59.

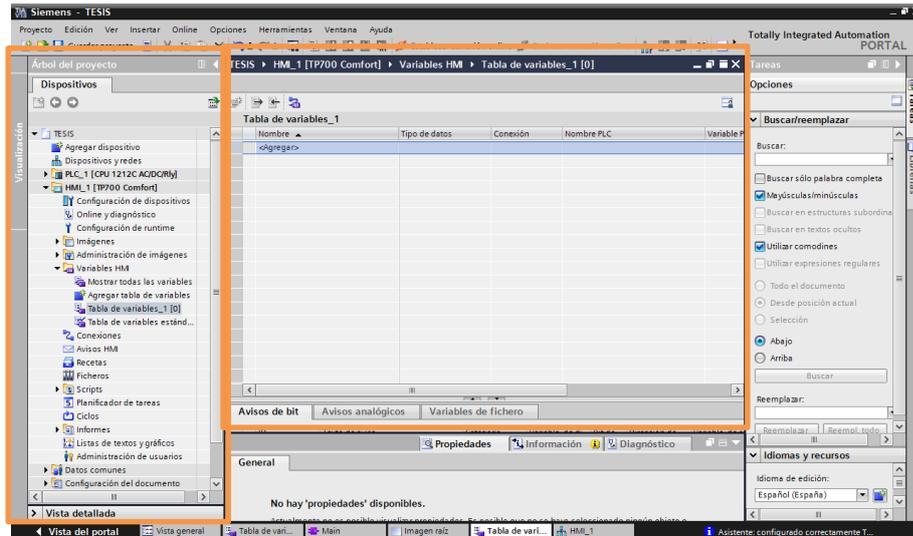


**FIGURA Nº 59 Asignación de la dirección IP a la Confort panel**

### 2.10.2 Creación de un programa en la Confort panel TP700

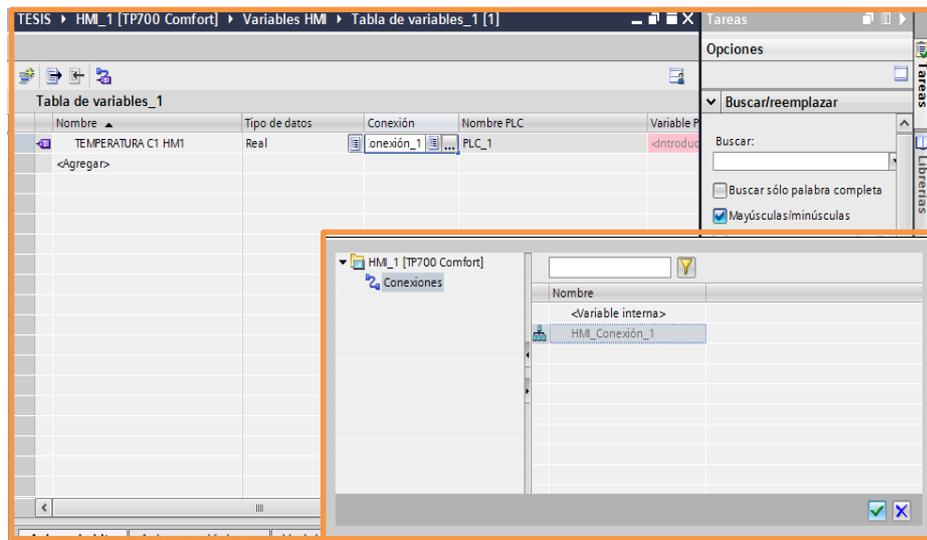
La programación de la Confort panel TP700 se la efectúa en cada una de las imágenes, para esto se debe realizar los siguientes pasos:

- a. En la ventana de “árbol de proyecto” se busca la carpeta HMI\_1 [TP700 Confort] y se crea una nueva tabla de variables, en esta tabla están las variables del HMI, que se debe enlazarla con las variables del PLC si es que así lo requiere el programa, esto se muestra en la figura 60.



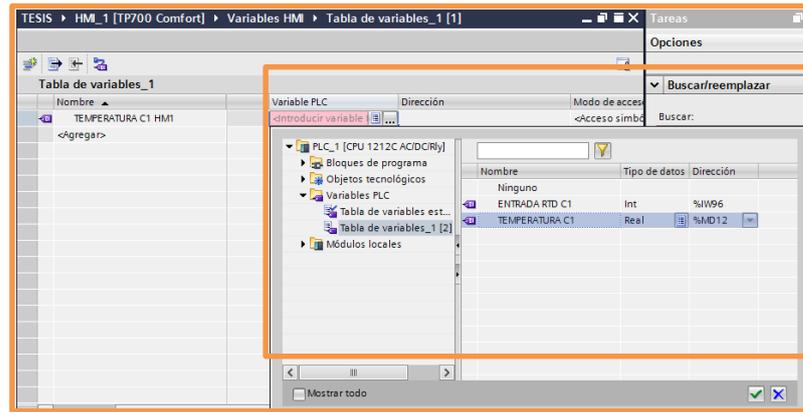
**FIGURA Nº 60 Tabla de Variables del HMI**

- b. Para agregar una variable en el HMI se considera la conexión que se debe realizar, como se muestra en la figura 61.



**FIGURA Nº 61 Conexión de una variable del HMI**

- c. Para enlazar la variable del HMI con la variable del PLC se selecciona la pestaña Variable del PLC y en sus variables se selecciona con que variable se quiere enlazar, esto se observa en la figura 62.



**FIGURA N° 62 Enlazar las variables del PLC y HMI**

### 2.10.3 Diseño de la Interfaz Humano Máquina (HMI)

Para el diseño de la interfaz humano máquina se consideró un fondo negro en la pantalla, debido a que en el lugar en donde se encuentra la touch panel el sol produce un brillo en la pantalla y cuando ésta tiene un fondo claro no se puede apreciar la información de la misma.

El diseño se realiza considerando las siguientes instrucciones:

- a. En la ventana de árbol de proyecto en la carpeta de imágenes se puede agregar varias imágenes que se muestran en la pantalla de la confort panel, en las siguientes figuras se muestran todas las imágenes usadas para este proyecto.
- b. En la figura 63 se encuentra la imagen raíz en la que se tiene el logotipo de la empresa que enlaza a las siguientes ventanas, para ingresar al menú es necesario pulsar el logotipo del IESS, mediante el botón de apagado se puede salir al escritorio de la pantalla de la confort.



FIGURA N° 63 Imagen raíz de la Confort panel

- c. A continuación en la figura 64 se presenta la pestaña Caldera 1 que contiene el proceso del caldera 1 en la cual se presentan los valores de las presiones y la temperatura así como también permite al usuario dirigirse a las demás imágenes por medio del menú colocado a su izquierda.

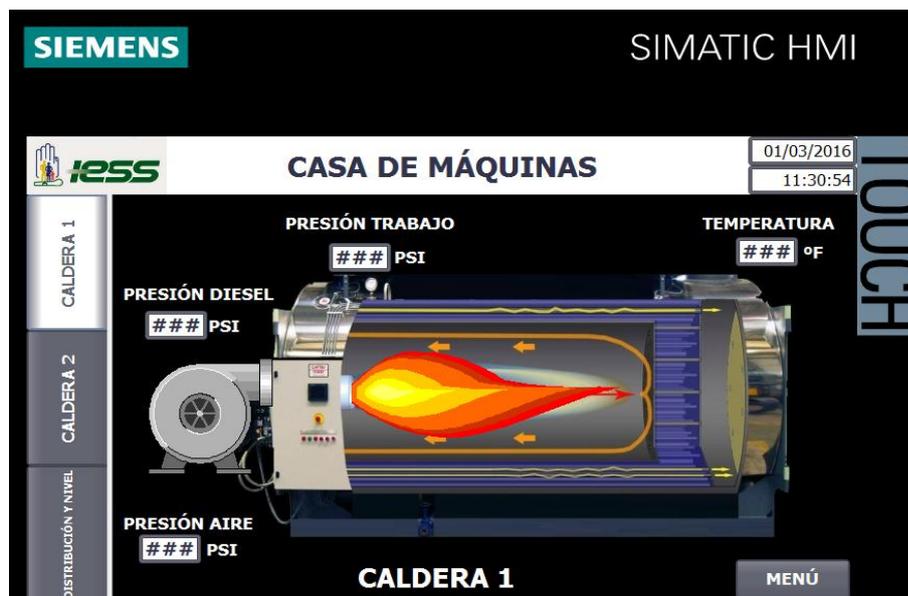
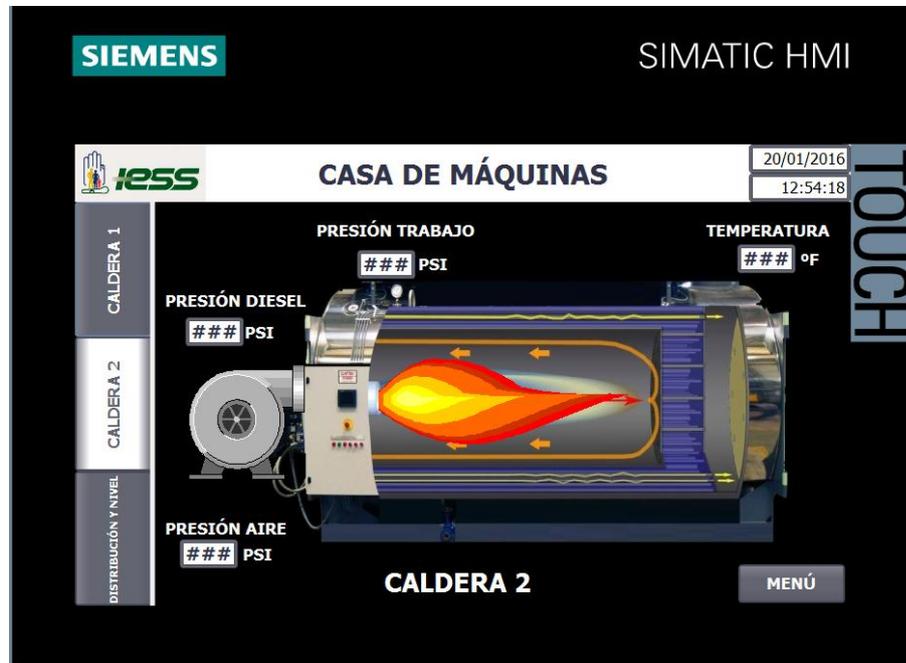


FIGURA N° 64 Imagen del Caldera 1 en la Confort panel

- d. En la Pestaña Caldera 2 de la touch panel se tiene el mismo proceso pero este muestra la caldera 2. En la figura 65 se presenta cada uno de los valores de las variables.



**FIGURA Nº 65 Imagen del Caldera 2 en la Confort panel**

- e. En la pestaña de Distribución y Nivel se puede observar el proceso del tanque de nivel y el banco de distribución. En la figura 66 se observa la imagen del tanque de combustible y del banco de distribución con sus respectivos datos.

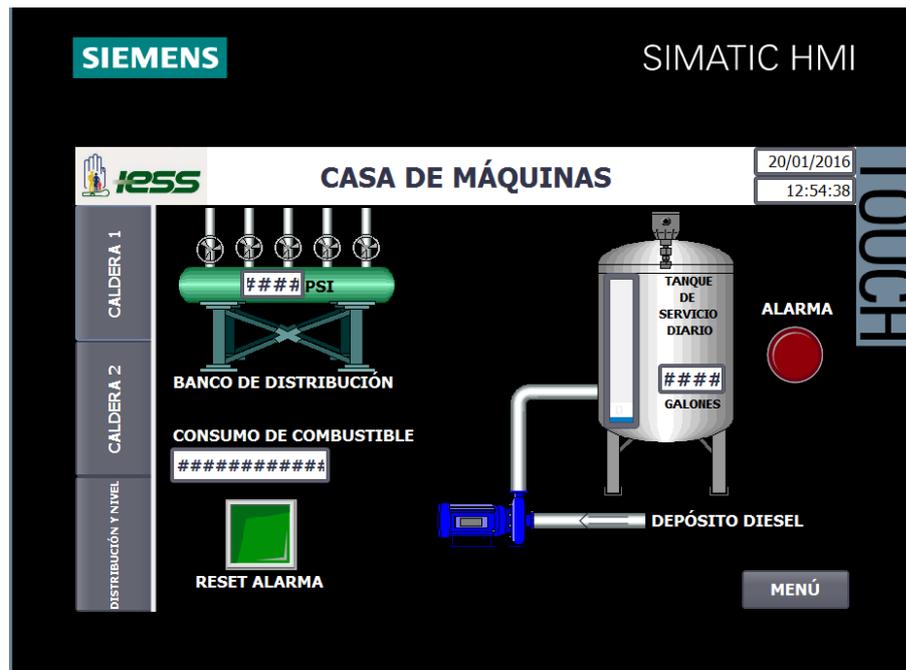
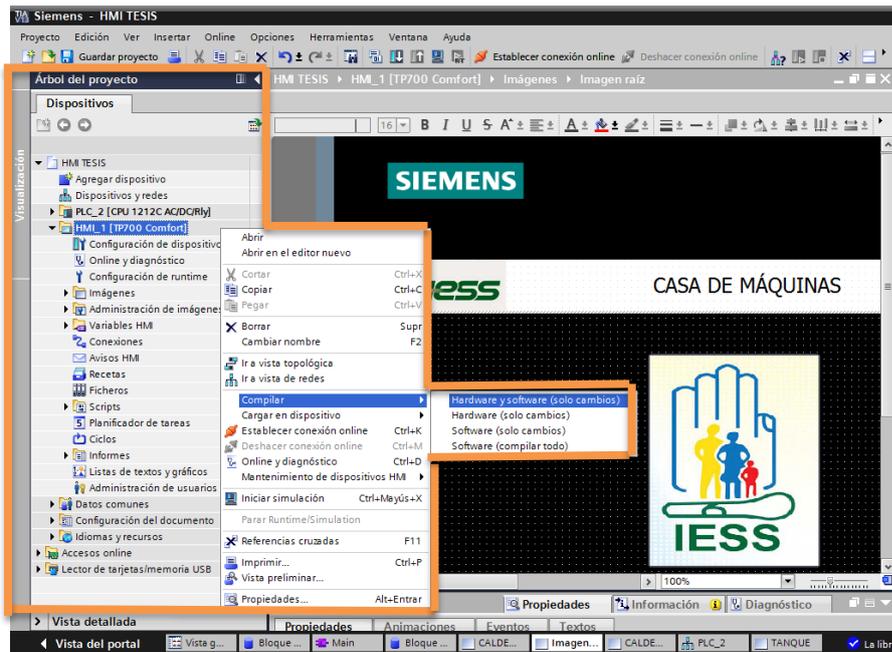


FIGURA Nº 66 Imagen del Tanque en la Confort panel

#### 2.10.4 Cargar el Programa en la Confort panel

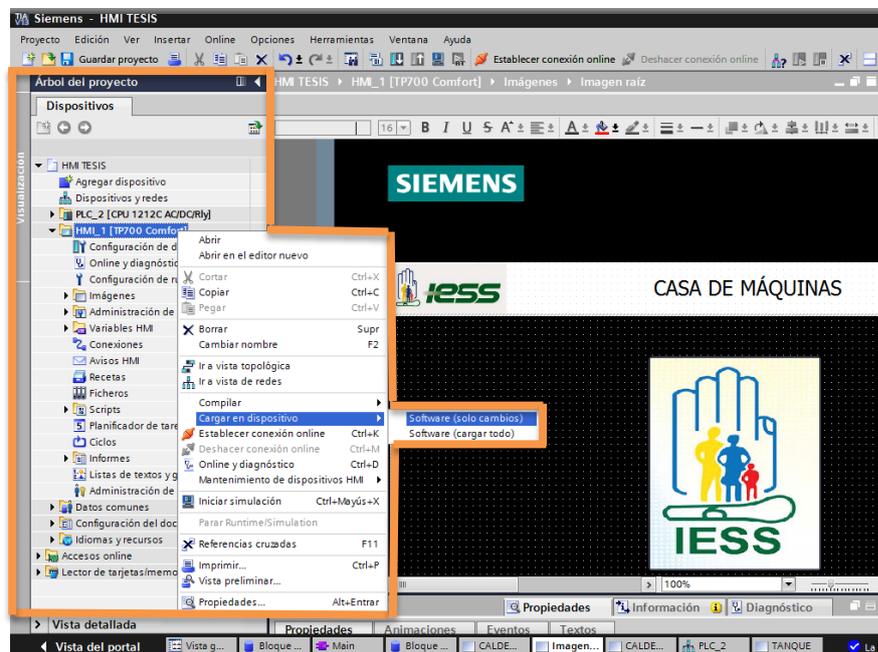
Una vez creado el HMI del programa, se graba en el controlador, para esto se debe considerar los siguientes pasos:

- a. En la touch panel se dirige a la ventana de árbol de proyecto a la carpeta de HMI y con un clic derecho se selecciona la opción compilar, como se muestra en la figura 67.



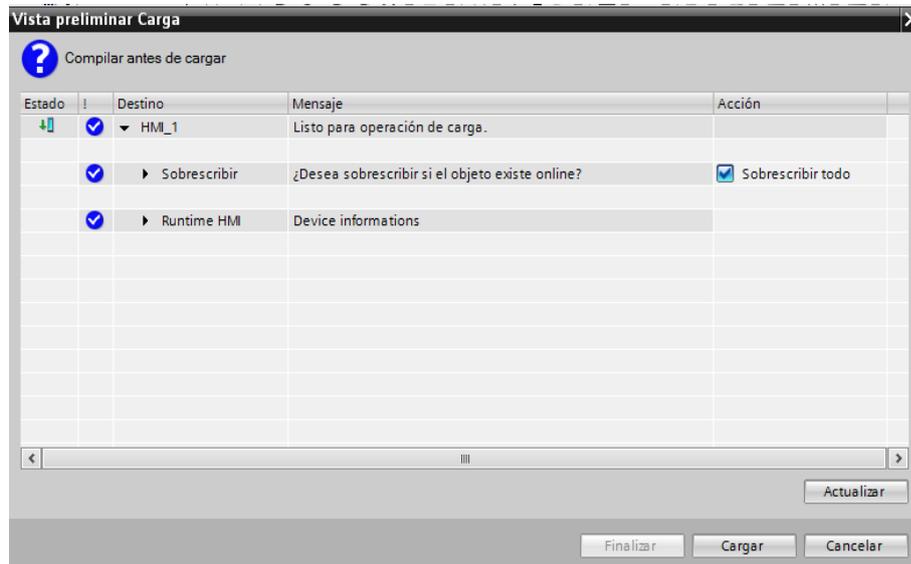
**FIGURA Nº 67 Compilación de la Confort panel**

- b. Ahora en la opción cargar en el dispositivo se carga el software como se muestra en la figura 68.



**FIGURA Nº 68 Cargar los datos en la Confort panel**

- c. En la figura 69 se activa sobrescribir todo y a continuación en cargar. Una vez cargado el programa se puede visualizar las imágenes en la pantalla de la Confort panel.



**FIGURA Nº 69 Vista preliminar de Carga en la Confort panel**

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES

#### 3.1 Descripción Física del Sistema

##### 3.1.1 Proceso de Generación de Vapor con Calderas

Para la generación de vapor, el hospital del IESS cuenta con dos calderas Piro-tubulares de tipo Superior Boiler Works Inc., de 125 BHP de potencia, las cuales trabajan de forma rotativa en períodos de una semana cada una. En la figura 70 se puede observar la vista frontal de las calderas.



**FIGURA Nº 70 Vista Frontal de las Calderas**

Para la toma de mediciones de las variables de las calderas se cuenta con un sistema de monitoreo a través de manómetros, los cuales miden las variables de presión y temperatura presentes en el proceso. El rango de cada uno de los manómetros varía dependiendo a qué tipo de presión va a estar sometida su medición.

Para la implementación de la nueva instrumentación se instaló equipos de marca siemens acorde a los rangos y al tipo de trabajo de los manómetros para que trabajen en paralelo a estos.

### 3.1.1.1 Manómetro y Transmisor de Presión de Diesel

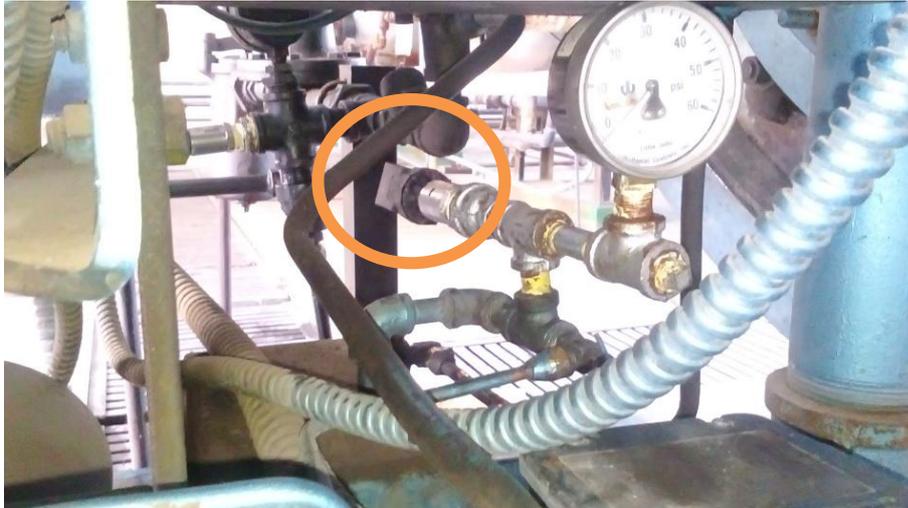
En la figura 71 se muestra el manómetro y transmisor de presión instalados en el proceso.



**FIGURA N° 71 Manómetro y Transmisor de Presión de Diesel Instalados**

### 3.1.1.2 Manómetro y Transmisor de Presión de Aire

En la figura 72 se indica el manómetro y transmisor de presión instalados en cada una de las calderas.



**FIGURA Nº 72 Manómetro y Transmisor de Presión de Aire Instalados**

### **3.1.1.3 Manómetro y Transmisor de Presión de Trabajo**

El Transmisor de presión de trabajo es instalado en la misma línea de presión a la que el manómetro de trabajo se encuentra conectada, dando así la presión correcta a la hora de tomar las mediciones, la figura 73 muestra la disposición del manómetro y del transmisor de presión de trabajo.



**FIGURA Nº 73 Manómetro y Transmisor de Presión de Trabajo Instalados**

#### 3.1.1.4 Manómetro y Transmisor de Presión del Banco de Distribución

En la figura 74 se muestra el manómetro y transmisor de presión conectados en el banco de distribución.



**FIGURA Nº 74 Manómetro y Transmisor de Presión del Banco de Distribución**

#### 3.1.1.5 Manómetro y Sensor de Temperatura tipo RTD PT100

En la figura 75 se muestra el sensor de temperatura tipo RTD PT100 con una conexión a 4 hilos que esta junto al termómetro, los cuales están midiendo la temperatura de la chimenea en cada una de las calderas.



**FIGURA N° 75 Manómetro y Sensor de Temperatura de la Chimenea**

### **3.1.2 Suministro de Diesel a las Calderas**

Para la generación de vapor, cada caldera usa combustible de tipo diesel el mismo que es suministrado de un tanque de servicio diario de 200 galones de capacidad. En la figura 76 se observa el taque de servicio diario.



**FIGURA N° 76 Tanque de Suministro Diario**

### 3.1.2.1 Bombas de Presurización de Diesel

En la parte inferior del tanque de servicio se encuentran ubicadas dos bombas que suministran diesel a cada caldera, siendo la potencia de las mismas de 1HP. En la figura 77 se muestran la disposición de las bombas.



**FIGURA Nº 77 Bombas de Presurización de Diesel**

### 3.1.2.2 Indicador de Nivel de Diesel del Tanque de Suministro Diario

Para la visualización del nivel de diesel en el tanque de servicio diario se tiene conectada una manguera junto al tanque la misma que por presión atmosférica indica en qué posición se encuentra el diesel dentro del tanque, junto a esta manguera se tiene una cinta graduada para visualizar el valor del nivel de diesel como se muestra en la figura 78.



**FIGURA N° 78 Visualización del Nivel de Diesel con Manguera**

### **3.1.2.3 Transmisor de Nivel Instalado**

En la figura 79 se observa el transmisor de nivel ultrasónico instalado en el tanque de suministro diario el mismo que envía una señal eléctrica que representa la medición del nivel de diesel en el tanque.



**FIGURA N° 79 Transmisor de Nivel Montado en Campo**

### 3.1.2.4 Elemento de Control Final

Para el control de nivel se instaló un relé normalmente abierto como se muestra en la figura 80, el cual reemplaza a un interruptor que el operario acciona de forma manual para que la bomba de los tanques de almacenamiento provea el diesel para llenado del tanque de suministro diario.



**FIGURA Nº 80 Relé Normalmente Abierto Conectado**

## 3.2 Prueba de Equipos

### 3.2.1 Prueba de Transmisores de Presión de Diesel

#### 3.2.1.1 Caldera 1

Las mediciones se tomaron los días 24, 25 y 26 de diciembre de 2015, por el personal de calderos del hospital del IESS, con un total de 54 muestras las cuales son analizadas a continuación.

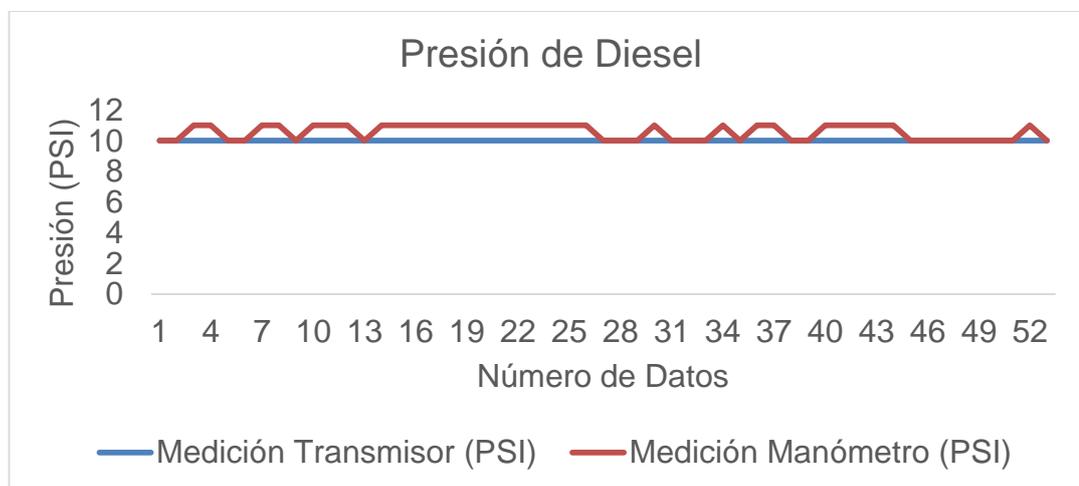
Las mediciones del transmisor y manómetro de presión de diesel en la caldera 1 se presentan en la Tabla 13.

#### **TABLA Nº 13**

### Presión de Diesel del Transmisor y Manómetro Caldera 1

Nº Día	Número de Lectura	Medición Transmisor (PSI)	Medición Manómetro (PSI)	Diferencia (PSI)
<b>DÍA 1</b>	1	10	10	0
	2	10	10	0
	3	10	11	1
	4	10	11	1
	5	10	10	0
	6	10	10	0
	7	10	11	1
	8	10	11	1
	9	10	10	0
	10	10	11	1
	11	10	11	1
	12	10	11	1
	13	10	10	0
	14	10	11	1
	15	10	11	1
	16	10	11	1
	17	10	11	1
	18	10	11	1
	19	10	11	1
	20	10	11	1
	21	10	11	1
	22	10	11	1
	23	10	11	1
	24	10	11	1
	25	10	11	1
<b>DÍA 2</b>	26	10	11	1
	27	10	10	0
	28	10	10	0
	29	10	10	0
	30	10	11	1
	31	10	10	0
	32	10	10	0
	33	10	10	0
	34	10	11	1
	35	10	10	0
	36	10	11	1
	37	10	11	1
	38	10	10	0
	39	10	10	0
<b>DÍA 3</b>	40	10	11	1
	41	10	11	1
	42	10	11	1
	43	10	11	1
	44	10	11	1
	45	10	10	0
	46	10	10	0
	47	10	10	0
	48	10	10	0
	49	10	10	0
	50	10	10	0
	51	10	10	0
	52	10	11	1
	53	10	10	0
	54	10	10	0

En la figura 81 se presenta la gráfica que representa la relación de los datos tomados con el transmisor Sitrans P220 y el manómetro en la terminal de presión de diesel.



**FIGURA Nº 81 Presión de Diesel Caldera 1**

En la gráfica 81 se distingue una variación de las medidas entre el transmisor y el manómetro de presión de diesel de la caldera 1, notando así que el manómetro necesita una calibración y si lo requiere un posterior ajuste debido a su variación en la toma de mediciones.

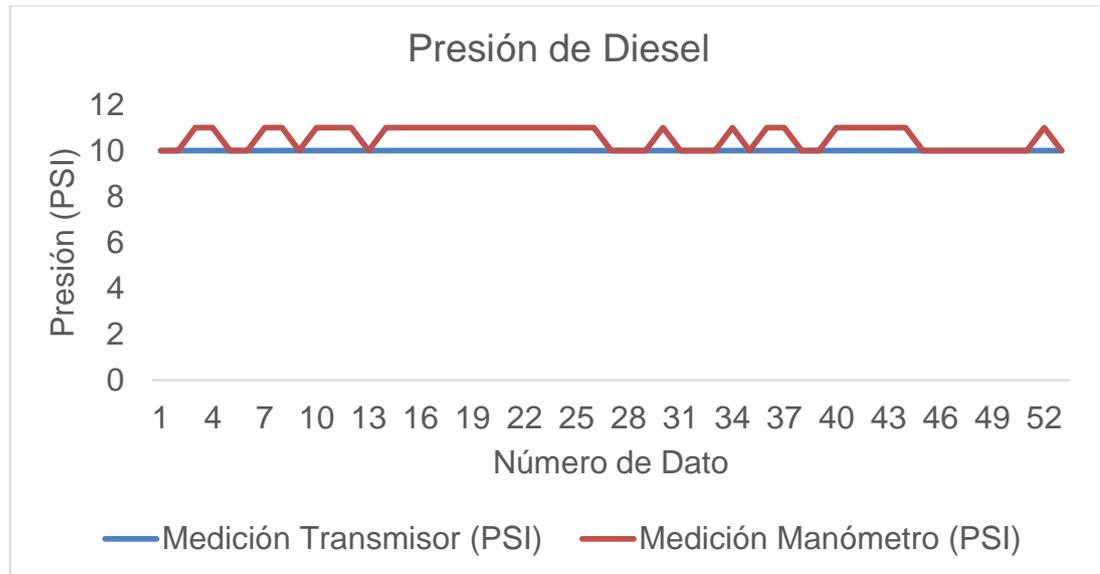
### 3.2.1.2 Caldera 2

Las mediciones se tomaron los días 4, 5 y 6 de enero de 2016, por el personal de calderos del hospital del IESS, con un total de 54 muestras las cuales son analizadas a continuación.

Las mediciones del transmisor y manómetro de presión de diesel en la caldera 2 se presentan en la Tabla 14.

**TABLA N° 14**  
**Presión de Diesel del Transmisor y Manómetro Caldera 2**

N° Día	Número de Lectura	Medición Transmisor (PSI)	Medición Manómetro (PSI)	Diferencia (PSI)
DÍA 1	1	10	10	0
	2	10	10	0
	3	10	11	1
	4	10	11	1
	5	10	10	0
	6	10	10	0
	7	10	11	1
	8	10	11	1
	9	10	10	0
	10	10	11	1
	11	10	11	1
	12	10	11	1
	13	10	10	0
	14	10	11	1
	15	10	11	1
	16	10	11	1
	17	10	11	1
	18	10	11	1
	19	10	11	1
	20	10	11	1
	21	10	11	1
	22	10	11	1
	23	10	11	1
	24	10	11	1
	25	10	11	1
DÍA 2	26	10	11	1
	27	10	10	0
	28	10	10	0
	29	10	10	0
	30	10	11	1
	31	10	10	0
	32	10	10	0
	33	10	10	0
	34	10	11	1
	35	10	10	0
	36	10	11	1
	37	10	11	1
	38	10	10	0
	39	10	10	0
DÍA 3	40	10	11	1
	41	10	11	1
	42	10	11	1
	43	10	11	1
	44	10	11	1
	45	10	10	0
	46	10	10	0
	47	10	10	0
	48	10	10	0
	49	10	10	0
	50	10	10	0
	51	10	10	0
	52	10	11	1
	53	10	10	0
	54	10	10	0



**FIGURA N° 82 Presión de Diesel Caldera 2**

La figura 82 muestra las mediciones del transmisor y manómetro de presión de diesel de la caldera 2, en la cual se observa que existe una variación entre estas dos mediciones, debido a esto el manómetro requiere de una calibración para mejorar la exactitud en su medida.

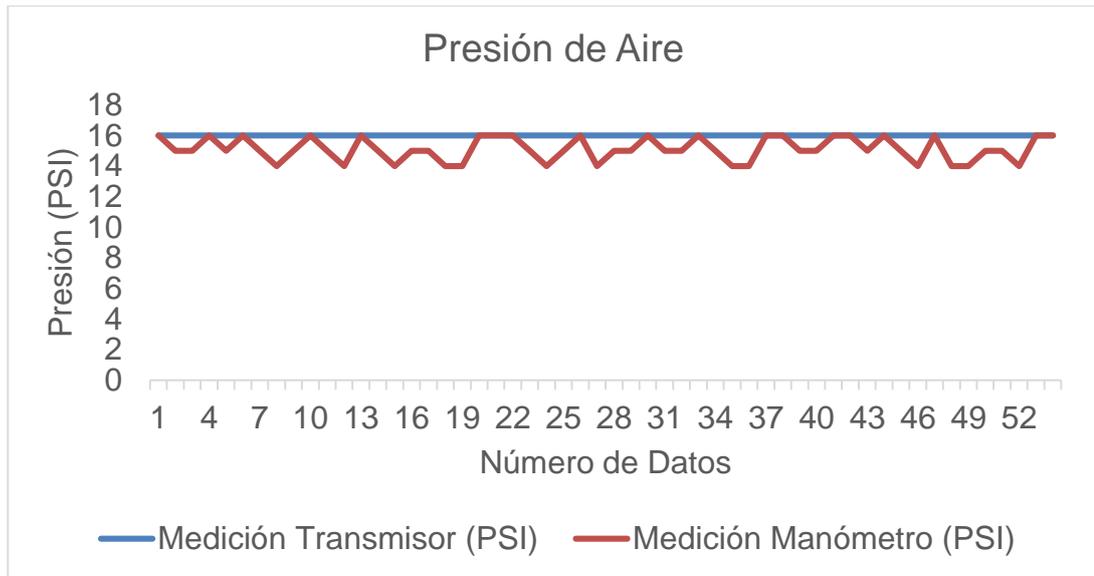
### 3.2.2 Prueba de Transmisores de Presión de Aire

#### 3.2.2.1 Caldera 1

La tabla 15 presenta los datos obtenidos por el transmisor y manómetro de presión de aire de la caldera 1.

**TABLA N° 15**  
**Presión de Aire del Transmisor y Manómetro Caldera 1**

N° Día	Número de Lectura	Medición Transmisor (PSI)	Medición Manómetro (PSI)	Diferencia (PSI)
<b>DÍA 1</b>	1	16	16	0
	2	16	15	1
	3	16	15	1
	4	16	16	0
	5	16	15	1
	6	16	16	0
	7	16	15	1
	8	16	14	2
	9	16	15	1
	10	16	16	0
	11	16	15	1
	12	16	14	2
	13	16	16	0
	14	16	15	1
	15	16	14	2
	16	16	15	1
	17	16	15	1
	18	16	14	2
	19	16	14	2
	20	16	16	0
	21	16	16	0
	22	16	16	0
	23	16	15	1
	24	16	14	2
	25	16	15	1
<b>DÍA 2</b>	26	16	16	0
	27	16	14	2
	28	16	15	1
	29	16	15	1
	30	16	16	0
	31	16	15	1
	32	16	15	1
	33	16	16	0
	34	16	15	1
	35	16	14	2
	36	16	14	2
	37	16	16	0
	38	16	16	0
	39	16	15	1
<b>DÍA 3</b>	40	16	15	1
	41	16	16	0
	42	16	16	0
	43	16	15	1
	44	16	16	0
	45	16	15	1
	46	16	14	2
	47	16	16	0
	48	16	14	2
	49	16	14	2
	50	16	15	1
	51	16	15	1
	52	16	14	2
	53	16	16	0
	54	16	16	0



**FIGURA Nº 83 Presión de Aire Caldera 1**

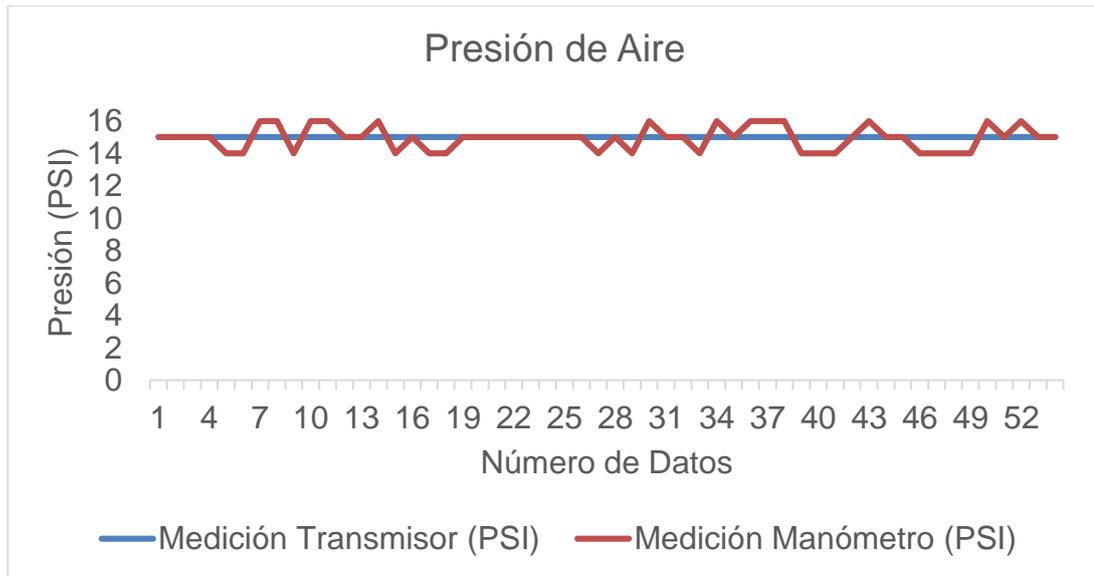
La figura 83 muestra la representación de las mediciones del transmisor y manómetro de presión de aire, en la cual se observa variaciones del manómetro con respecto a la medición del transmisor por esta razón el manómetro necesita de una calibración y ajuste necesario para su correcto funcionamiento.

### 3.2.2.2 Caldera 2

La tabla 16 presenta los datos obtenidos por el transmisor y manómetro de presión de aire de la caldera 2.

**TABLA N° 16**  
**Presión de Aire del Transmisor y Manómetro Caldera 2**

N° Día	Número de Lectura	Medición Transmisor (PSI)	Medición Manómetro (PSI)	Diferencia (PSI)
<b>DÍA 1</b>	1	15	15	0
	2	15	15	0
	3	15	15	0
	4	15	15	0
	5	15	14	1
	6	15	14	1
	7	15	16	1
	8	15	16	1
	9	15	14	1
	10	15	16	1
	11	15	16	1
	12	15	15	0
	13	15	15	0
	14	15	16	1
	15	15	14	1
	16	15	15	0
	17	15	14	1
	18	15	14	1
	19	15	15	0
	20	15	15	0
	21	15	15	0
	22	15	15	0
	23	15	15	0
	24	15	15	0
	25	15	15	0
<b>DÍA 2</b>	26	15	15	0
	27	15	14	1
	28	15	15	0
	29	15	14	1
	30	15	16	1
	31	15	15	0
	32	15	15	0
	33	15	14	1
	34	15	16	1
	35	15	15	0
	36	15	16	1
	37	15	16	1
	38	15	16	1
	39	15	14	1
<b>DÍA 3</b>	40	15	14	1
	41	15	14	1
	42	15	15	0
	43	15	16	1
	44	15	15	0
	45	15	15	0
	46	15	14	1
	47	15	14	1
	48	15	14	1
	49	15	14	1
	50	15	16	1
	51	15	15	0
	52	15	16	1
	53	15	15	0
	54	15	15	0



**FIGURA Nº 84 Presión de Aire Caldera 2**

En la figura 84 se muestra la representación gráfica de las mediciones del transmisor y manómetro de presión de aire de la caldera 2, la presión de aire de funcionamiento de la caldera 2 es de 15 PSI, la misma que puede ser regulada mediante una válvula manual que se encuentra en el control de la caldera.

Mientras que las variaciones de la medición del manómetro de aire de la caldera 2, indican que este instrumento requiere de una calibración y ajuste para corregir su trabajo.

### 3.2.3 Prueba de Transmisores de Presión de Trabajo

#### 3.2.3.1 Caldera 1

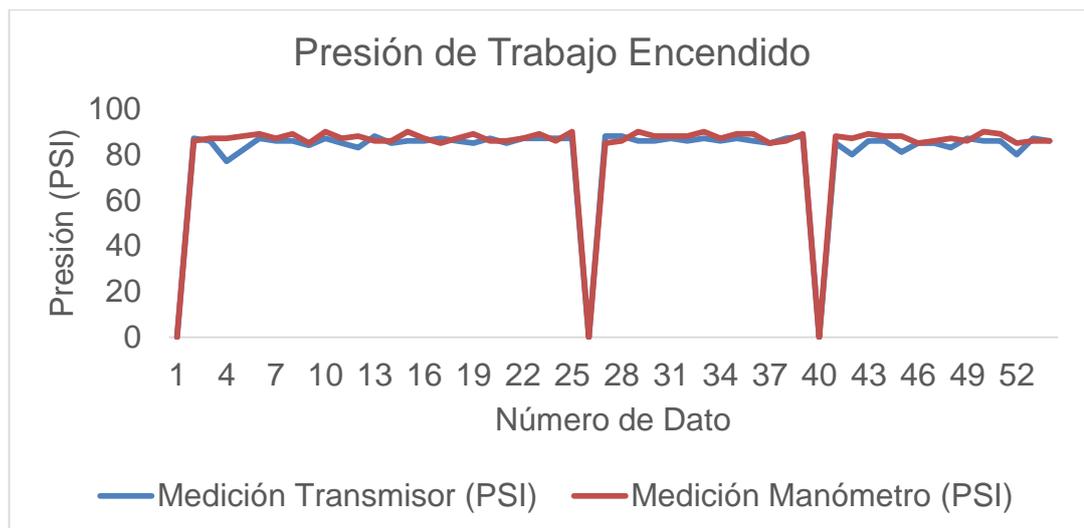
##### Caldera Encendida

La tabla 17 presenta los datos obtenidos por el transmisor y manómetro de presión de trabajo de la caldera 1 encendida.

TABLA Nº 17

## Presión de Trabajo del Transmisor y Manómetro Caldera 1 Encendida

Nº Día	Número de Lectura	Estado de la Caldera	Medición Transmisor (PSI)	Medición Manómetro (PSI)	Diferencia (PSI)
DÍA 1	1	ENCENDIDO	0	0	0
	2	ENCENDIDO	87	86	1
	3	ENCENDIDO	86	87	1
	4	ENCENDIDO	77	87	10
	5	ENCENDIDO	82	88	6
	6	ENCENDIDO	87	89	2
	7	ENCENDIDO	86	87	1
	8	ENCENDIDO	86	89	3
	9	ENCENDIDO	84	85	1
	10	ENCENDIDO	87	90	3
	11	ENCENDIDO	85	87	2
	12	ENCENDIDO	83	88	5
	13	ENCENDIDO	88	86	2
	14	ENCENDIDO	85	86	1
	15	ENCENDIDO	86	90	4
	16	ENCENDIDO	86	87	1
	17	ENCENDIDO	87	85	2
	18	ENCENDIDO	86	87	1
	19	ENCENDIDO	85	89	4
	20	ENCENDIDO	87	86	1
	21	ENCENDIDO	85	86	1
	22	ENCENDIDO	87	87	0
	23	ENCENDIDO	87	89	2
	24	ENCENDIDO	87	86	1
	25	ENCENDIDO	87	90	3
DÍA 2	26	ENCENDIDO	0	0	0
	27	ENCENDIDO	88	85	3
	28	ENCENDIDO	88	86	2
	29	ENCENDIDO	86	90	4
	30	ENCENDIDO	86	88	2
	31	ENCENDIDO	87	88	1
	32	ENCENDIDO	86	88	2
	33	ENCENDIDO	87	90	3
	34	ENCENDIDO	86	87	1
	35	ENCENDIDO	87	89	2
	36	ENCENDIDO	86	89	3
	37	ENCENDIDO	85	85	0
	38	ENCENDIDO	87	86	1
	39	ENCENDIDO	88	89	1
DÍA 3	40	ENCENDIDO	0	0	0
	41	ENCENDIDO	85	88	3
	42	ENCENDIDO	80	87	7
	43	ENCENDIDO	86	89	3
	44	ENCENDIDO	86	88	2
	45	ENCENDIDO	81	88	7
	46	ENCENDIDO	85	85	0
	47	ENCENDIDO	85	86	1
	48	ENCENDIDO	83	87	4
	49	ENCENDIDO	87	86	1
	50	ENCENDIDO	86	90	4
	51	ENCENDIDO	86	89	3
	52	ENCENDIDO	80	85	5
	53	ENCENDIDO	87	86	1
	54	ENCENDIDO	86	86	0



**FIGURA N° 85 Presión de Trabajo Caldera 1 Encendida**

La figura 85 muestra las variaciones de las mediciones del transmisor y manómetro de presión de trabajo de la caldera 1 cuando esta se enciende. Existen variaciones en las mediciones del transmisor con respecto al manómetro debido a que el manómetro no se encuentra calibrado.

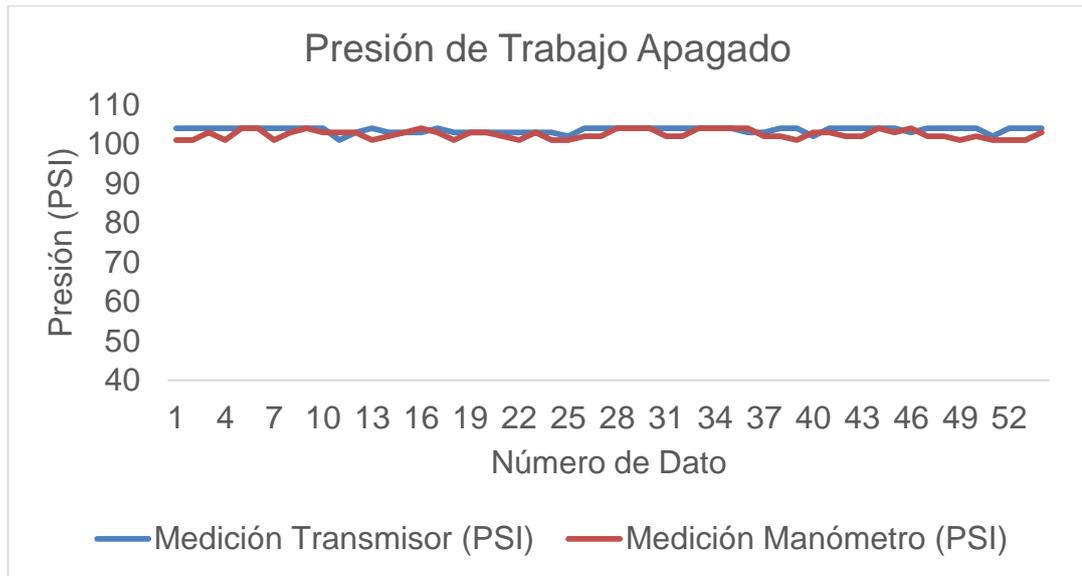
El descenso en la presión del trabajo de la caldera 1 fuera de su rango de operación, ocurre debido a que esta se apaga al término de las horas laborables del operador y se lo enciende en la mañana, otro factor del descenso de la presión es que puede presentarse varias fallas en el funcionamiento de la caldera, las mismas que pueden ser; nivel bajo de agua dentro de la caldera, falta de gas GLP para la ignición o no existe suministro de diesel para la combustión, las mismas que hacen que la caldera deje de trabajar hasta que corrijan el error y reinicien su funcionamiento de forma manual.

### **Caldera Apagada**

La tabla 18 presenta los datos obtenidos por el transmisor y manómetro de presión de trabajo de la caldera 1 apagada.

**TABLA N° 18**  
**Presión de Trabajo del Transmisor y Manómetro Caldera 1 Apagada**

N° Día	Número de Lectura	Estado de la Caldera	Medición Transmisor (PSI)	Medición Manómetro (PSI)	Diferencia (PSI)
<b>DÍA 1</b>	1	APAGADO	104	101	3
	2	APAGADO	104	101	3
	3	APAGADO	104	103	1
	4	APAGADO	104	101	3
	5	APAGADO	104	104	0
	6	APAGADO	104	104	0
	7	APAGADO	104	101	3
	8	APAGADO	104	103	1
	9	APAGADO	104	104	0
	10	APAGADO	104	103	1
	11	APAGADO	101	103	2
	12	APAGADO	103	103	0
	13	APAGADO	104	101	3
	14	APAGADO	103	102	1
	15	APAGADO	103	103	0
	16	APAGADO	103	104	1
	17	APAGADO	104	103	1
	18	APAGADO	103	101	2
	19	APAGADO	103	103	0
	20	APAGADO	103	103	0
	21	APAGADO	103	102	1
	22	APAGADO	103	101	2
	23	APAGADO	103	103	0
	24	APAGADO	103	101	2
	25	APAGADO	102	101	1
	26	APAGADO	104	102	2
<b>DÍA 2</b>	27	APAGADO	104	102	2
	28	APAGADO	104	104	0
	29	APAGADO	104	104	0
	30	APAGADO	104	104	0
	31	APAGADO	104	102	2
	32	APAGADO	104	102	2
	33	APAGADO	104	104	0
	34	APAGADO	104	104	0
	35	APAGADO	104	104	0
	36	APAGADO	103	104	1
	37	APAGADO	103	102	1
	38	APAGADO	104	102	2
	39	APAGADO	104	101	3
	<b>DÍA 3</b>	40	APAGADO	102	103
41		APAGADO	104	103	1
42		APAGADO	104	102	2
43		APAGADO	104	102	2
44		APAGADO	104	104	0
45		APAGADO	104	103	1
46		APAGADO	103	104	1
47		APAGADO	104	102	2
48		APAGADO	104	102	2
49		APAGADO	104	101	3
50		APAGADO	104	102	2
51		APAGADO	102	101	1
52		APAGADO	104	101	3
53		APAGADO	104	101	3
54		APAGADO	104	103	1



**FIGURA N° 86 Presión de Trabajo Caldera 1 Apagada**

La figura 86 muestra las medidas del transmisor y manómetro de presión de trabajo de la caldera 1 cuando esta se apaga. Se observa que el valor de apagado de la caldera varía debido a que se realiza un control por Levas con transmisores neumáticos, los mismos que presentan un error del  $\pm 3\%$  del valor de consigna, es por esta razón que la medición de la presión de apagado no es la misma en todas sus muestras.

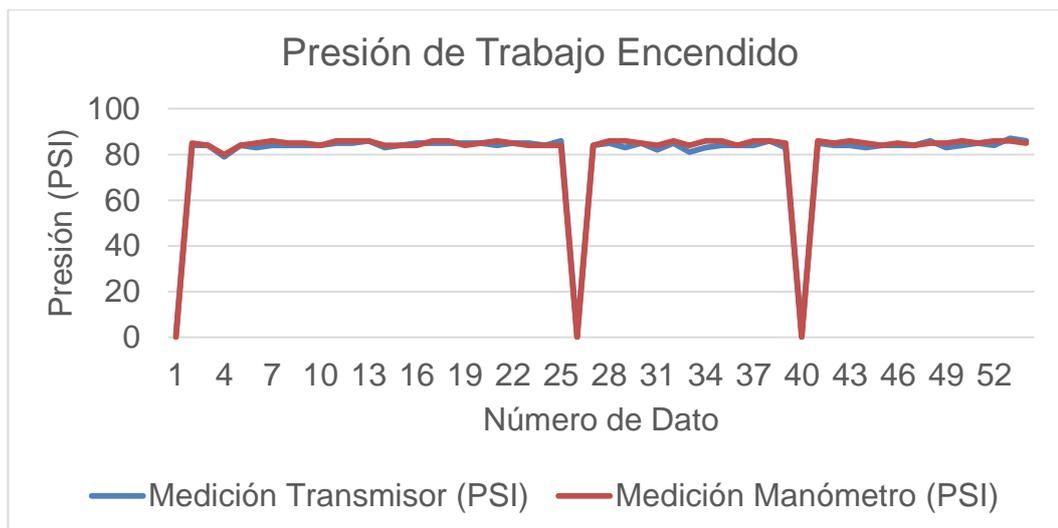
### 3.2.3.2 Caldera 2

#### Encendido

La tabla 19 presenta los datos obtenidos por el transmisor y manómetro de presión de trabajo de la caldera 2 encendida.

**TABLA N° 19**  
**Presión de Trabajo del Transmisor y Manómetro Caldera 2 Encendida**

N° Día	Número de Lectura	Estado de la Caldera	Medición Transmisor (PSI)	Medición Manómetro (PSI)	Diferencia (PSI)
<b>DÍA 1</b>	1	ENCENDIDO	1	0	1
	2	ENCENDIDO	84	85	1
	3	ENCENDIDO	84	84	0
	4	ENCENDIDO	79	80	1
	5	ENCENDIDO	84	84	0
	6	ENCENDIDO	83	85	2
	7	ENCENDIDO	84	86	2
	8	ENCENDIDO	84	85	1
	9	ENCENDIDO	84	85	1
	10	ENCENDIDO	84	84	0
	11	ENCENDIDO	85	86	1
	12	ENCENDIDO	85	86	1
	13	ENCENDIDO	86	86	0
	14	ENCENDIDO	83	84	1
	15	ENCENDIDO	84	84	0
	16	ENCENDIDO	85	84	1
	17	ENCENDIDO	85	86	1
	18	ENCENDIDO	85	86	1
	19	ENCENDIDO	85	84	1
	20	ENCENDIDO	85	85	0
	21	ENCENDIDO	84	86	2
	22	ENCENDIDO	85	85	0
	23	ENCENDIDO	85	84	1
	24	ENCENDIDO	84	84	0
	25	ENCENDIDO	86	84	2
<b>DÍA 2</b>	26	ENCENDIDO	1	0	1
	27	ENCENDIDO	84	84	0
	28	ENCENDIDO	85	86	1
	29	ENCENDIDO	83	86	3
	30	ENCENDIDO	85	85	0
	31	ENCENDIDO	82	84	2
	32	ENCENDIDO	85	86	1
	33	ENCENDIDO	81	84	3
	34	ENCENDIDO	83	86	3
	35	ENCENDIDO	84	86	2
	36	ENCENDIDO	84	84	0
	37	ENCENDIDO	84	86	2
	38	ENCENDIDO	86	86	0
	39	ENCENDIDO	83	85	2
	<b>DÍA 3</b>	40	ENCENDIDO	1	0
41		ENCENDIDO	85	86	1
42		ENCENDIDO	84	85	1
43		ENCENDIDO	84	86	2
44		ENCENDIDO	83	85	2
45		ENCENDIDO	84	84	0
46		ENCENDIDO	84	85	1
47		ENCENDIDO	84	84	0
48		ENCENDIDO	86	85	1
49		ENCENDIDO	83	85	2
50		ENCENDIDO	84	86	2
51		ENCENDIDO	85	85	0
52		ENCENDIDO	84	86	2
53		ENCENDIDO	87	86	1
54		ENCENDIDO	86	85	1



**FIGURA N° 87 Presión de Trabajo Caldera 2 Encendida**

En la figura 87 se muestra las variaciones de las mediciones del transmisor y manómetro de presión de trabajo de la caldera 2 cuando esta se enciende. El valor de set point para el encendido de la caldera es de 85 PSI. Existen variaciones en las mediciones del transmisor con respecto al manómetro, es por esta razón que el manómetro requiere de una calibración y ajuste para que el mismo pueda dar las mediciones correctas.

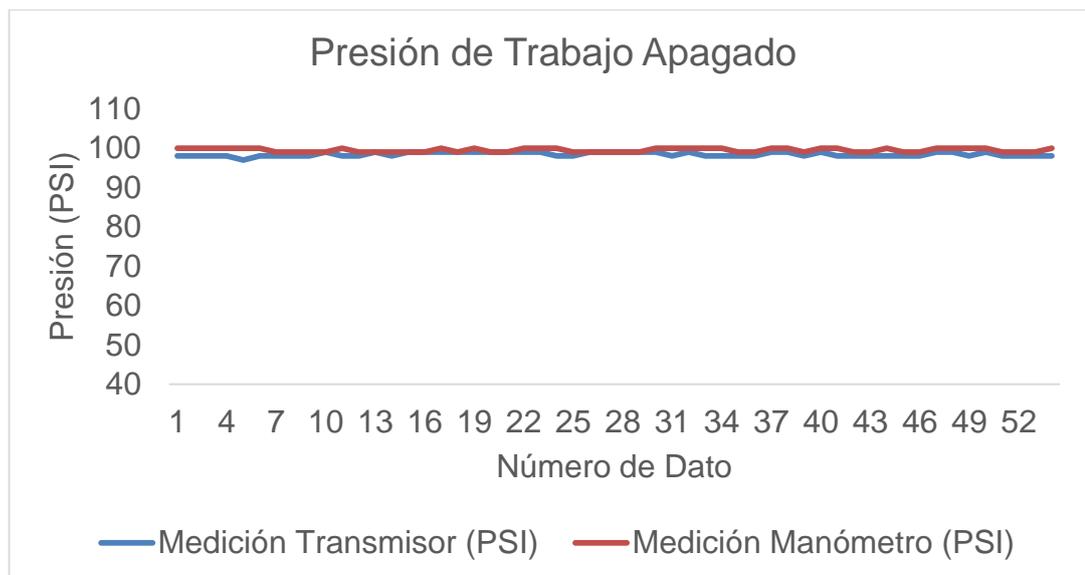
El descenso en la presión del trabajo de la caldera 2 fuera de su rango de operación, ocurre debido a que esta se apaga al término de las horas laborables del operador y se lo enciende en la mañana, otro factor del descenso de la presión es que puede presentarse varias fallas en el funcionamiento de la caldera, las mismas que pueden ser; nivel bajo de agua dentro de la caldera, falta de gas GLP para la ignición o no existe suministro de diesel para la combustión, las mismas que hacen que la caldera deje de trabajar hasta que corrijan el error y reinicien su funcionamiento de forma manual.

### **Caldera Apagada**

La tabla 20 presenta los datos obtenidos por el transmisor y manómetro de presión de trabajo de la caldera 2 apagada.

**TABLA N° 20**  
**Presión de Trabajo del Transmisor y Manómetro Caldera 2 Apagada**

N° Día	Número de Lectura	Estado de la Caldera	Medición Transmisor (PSI)	Medición Manómetro (PSI)	Diferencia (PSI)
<b>DÍA 1</b>	1	APAGADO	98	100	2
	2	APAGADO	98	100	2
	3	APAGADO	98	100	2
	4	APAGADO	98	100	2
	5	APAGADO	97	100	3
	6	APAGADO	98	100	2
	7	APAGADO	98	99	1
	8	APAGADO	98	99	1
	9	APAGADO	98	99	1
	10	APAGADO	99	99	0
	11	APAGADO	98	100	2
	12	APAGADO	98	99	1
	13	APAGADO	99	99	0
	14	APAGADO	98	99	1
	15	APAGADO	99	99	0
	16	APAGADO	99	99	0
	17	APAGADO	99	100	1
	18	APAGADO	99	99	0
	19	APAGADO	99	100	1
	20	APAGADO	99	99	0
	21	APAGADO	99	99	0
	22	APAGADO	99	100	1
	23	APAGADO	99	100	1
	24	APAGADO	98	100	2
	25	APAGADO	98	99	1
<b>DÍA 2</b>	26	APAGADO	99	99	0
	27	APAGADO	99	99	0
	28	APAGADO	99	99	0
	29	APAGADO	99	99	0
	30	APAGADO	99	100	1
	31	APAGADO	98	100	2
	32	APAGADO	99	100	1
	33	APAGADO	98	100	2
	34	APAGADO	98	100	2
	35	APAGADO	98	99	1
	36	APAGADO	98	99	1
	37	APAGADO	99	100	1
	38	APAGADO	99	100	1
	39	APAGADO	98	99	1
<b>DÍA 3</b>	40	APAGADO	99	100	1
	41	APAGADO	98	100	2
	42	APAGADO	98	99	1
	43	APAGADO	98	99	1
	44	APAGADO	98	100	2
	45	APAGADO	98	99	1
	46	APAGADO	98	99	1
	47	APAGADO	99	100	1
	48	APAGADO	99	100	1
	49	APAGADO	98	100	2
	50	APAGADO	99	100	1
	51	APAGADO	98	99	1
	52	APAGADO	98	99	1
	53	APAGADO	98	99	1
	54	APAGADO	98	100	2



**FIGURA N° 88 Presión de Trabajo Caldera 2 Apagada**

En la figura 88 se muestra las medidas del transmisor y manómetro de presión de trabajo de la caldera 2 cuando esta se apaga.

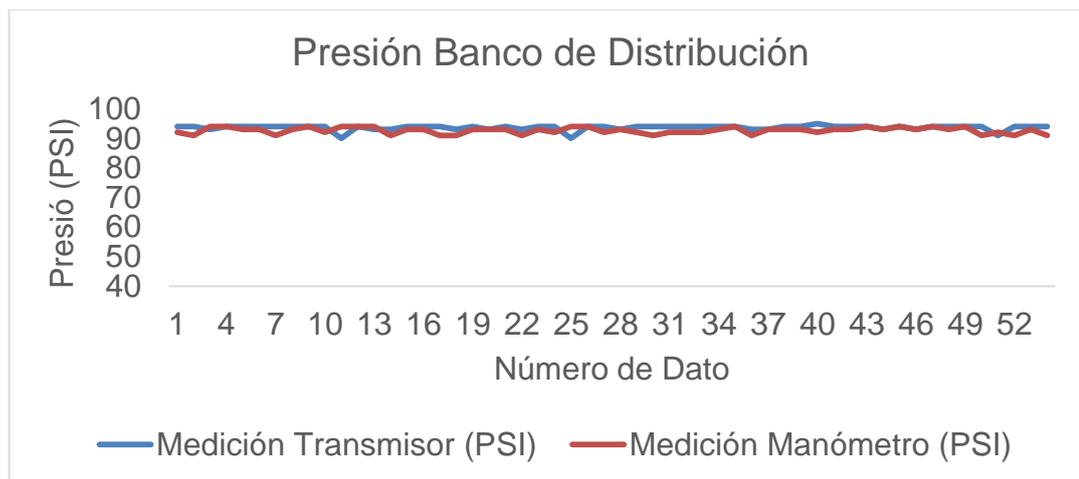
El set point fijado es de 100 PSI en alto, es decir que el caldero se apaga cuando llegue a este valor. Los datos tomados de la caldera varían debido a que se realiza un control por Levas con transmisores neumáticos, los mismos que presentan un error del  $\pm 3\%$  del valor de consigna, es por esta razón que la medición de la presión de apagado no es la misma en todas sus muestras.

### 3.2.4 Prueba del Transmisor de Presión de Banco de Distribución

La tabla 21 presenta los datos obtenidos por el transmisor y manómetro de presión del banco de distribución.

**TABLA N° 21  
Presión Banco de Distribución del Transmisor y Manómetro**

Nº Día	Número de Lectura	Medición Transmisor (PSI)	Medición Manómetro (PSI)	Diferencia (PSI)
DÍA 1	1	94	92	2
	2	94	91	3
	3	93	94	1
	4	94	94	0
	5	94	93	1
	6	94	93	1
	7	94	91	3
	8	94	93	1
	9	94	94	0
	10	94	92	2
	11	90	94	4
	12	94	94	0
	13	93	94	1
	14	93	91	2
	15	94	93	1
	16	94	93	1
	17	94	91	3
	18	93	91	2
	19	94	93	1
	20	93	93	0
	21	94	93	1
	22	93	91	2
	23	94	93	1
	24	94	92	2
	25	90	94	4
26	94	94	0	
27	94	92	2	
28	93	93	0	
29	94	92	2	
30	94	91	3	
31	94	92	2	
32	94	92	2	
33	94	92	2	
34	94	93	1	
35	94	94	0	
36	93	91	2	
37	93	93	0	
38	94	93	1	
39	94	93	1	
40	95	92	3	
41	94	93	1	
42	94	93	1	
43	94	94	0	
44	93	93	0	
45	94	94	0	
46	93	93	0	
47	94	94	0	
48	94	93	1	
49	94	94	0	
50	94	91	3	
51	91	92	1	
52	94	91	3	
53	94	93	1	
54	94	91	3	



**FIGURA N° 89 Presión del Banco de Distribución**

En la figura 89 se observa la representación gráfica de las mediciones tomadas por el transmisor y el manómetro de presión del banco de distribución de vapor. Las variaciones de las mediciones entre los dos instrumentos ocurren debido a que el manómetro se encuentra sin una correcta calibración.

El descenso de las mediciones obtenidas por el transmisor ocurren debido a que el banco de distribución envía el vapor a diferentes puntos del hospital a través de tuberías que tienen válvulas manuales que habilitan el paso del vapor y este será consumido de acuerdo al punto de trabajo, dependiendo de la hora del día el vapor es solicitado en gran cantidad; en las mañanas por la duchas, a medio día por la cocina, y en la tarde por la lavandería. La caldera que se encuentre en operación trabaja de forma que pueda abastecer el consumo de vapor y logre mantener una presión de 100 PSI en el banco de distribución.

### **3.2.5 Prueba de Sensor de Temperatura en la Chimenea**

#### **3.2.5.1 Caldera 1**

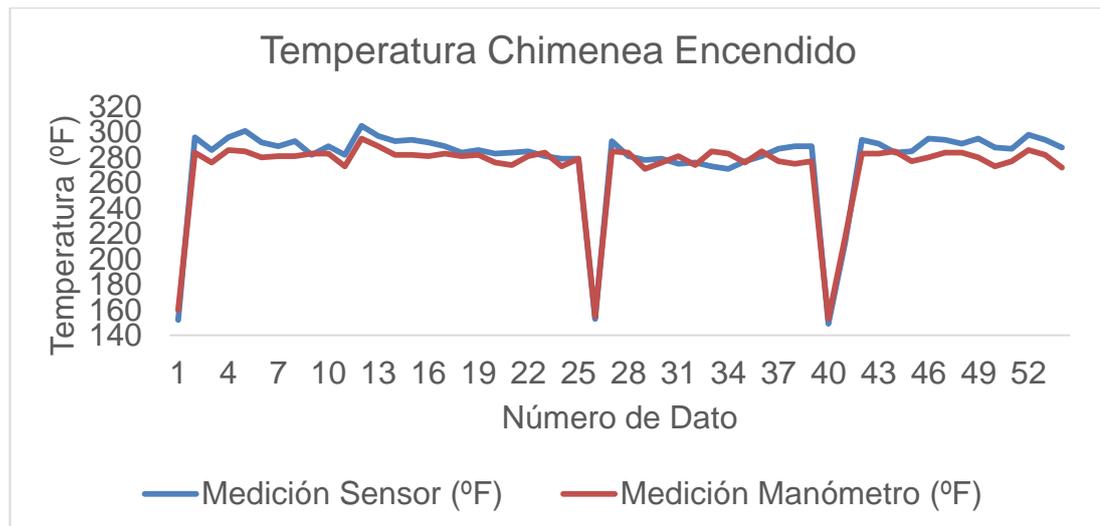
##### **Encendida**

La tabla 22 presenta los datos obtenidos por el transmisor y termómetro de la chimenea de la caldera 1 encendida.

##### **TABLA N° 22**

### Temperatura de la Chimenea del Sensor y Manómetro Caldera 1 Encendida

Nº Día	Número de Lectura	Estado de la Caldera	Medición Sensor (°F)	Medición Manómetro (°F)	Diferencia (°F)
DÍA 1	1	ENCENDIDO	152	160	8
	2	ENCENDIDO	296	284	12
	3	ENCENDIDO	286	276	10
	4	ENCENDIDO	296	286	10
	5	ENCENDIDO	301	285	16
	6	ENCENDIDO	292	280	12
	7	ENCENDIDO	289	281	8
	8	ENCENDIDO	293	281	12
	9	ENCENDIDO	282	283	1
	10	ENCENDIDO	289	283	6
	11	ENCENDIDO	282	273	9
	12	ENCENDIDO	305	295	10
	13	ENCENDIDO	297	289	8
	14	ENCENDIDO	293	282	11
	15	ENCENDIDO	294	282	12
	16	ENCENDIDO	292	281	11
	17	ENCENDIDO	289	283	6
	18	ENCENDIDO	284	281	3
	19	ENCENDIDO	286	282	4
	20	ENCENDIDO	283	276	7
	21	ENCENDIDO	284	274	10
	22	ENCENDIDO	285	281	4
	23	ENCENDIDO	281	284	3
	24	ENCENDIDO	279	273	6
	25	ENCENDIDO	279	279	0
DÍA 2	26	ENCENDIDO	153	155	2
	27	ENCENDIDO	293	285	8
	28	ENCENDIDO	281	284	3
	29	ENCENDIDO	278	271	7
	30	ENCENDIDO	279	276	3
	31	ENCENDIDO	275	281	6
	32	ENCENDIDO	276	274	2
	33	ENCENDIDO	273	285	12
	34	ENCENDIDO	271	283	12
	35	ENCENDIDO	277	276	1
	36	ENCENDIDO	281	285	4
	37	ENCENDIDO	287	277	10
	38	ENCENDIDO	289	275	14
	39	ENCENDIDO	289	277	12
DÍA 3	40	ENCENDIDO	149	153	4
	41	ENCENDIDO	213	217	4
	42	ENCENDIDO	294	283	11
	43	ENCENDIDO	291	283	8
	44	ENCENDIDO	284	285	1
	45	ENCENDIDO	285	277	8
	46	ENCENDIDO	295	280	15
	47	ENCENDIDO	294	284	10
	48	ENCENDIDO	291	284	7
	49	ENCENDIDO	295	280	15
	50	ENCENDIDO	288	273	15
	51	ENCENDIDO	287	277	10
	52	ENCENDIDO	298	286	12
	53	ENCENDIDO	294	282	12
	54	ENCENDIDO	288	272	16



**FIGURA N° 90 Temperatura Chimenea Caldera 1 Encendida**

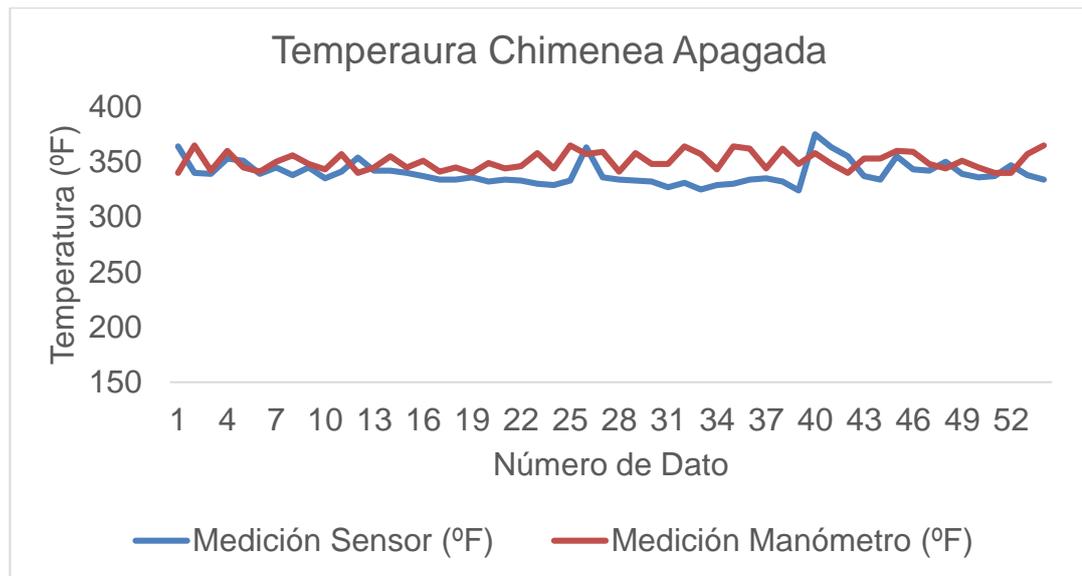
En la figura 90 se presenta la gráfica de las mediciones obtenidas por el sensor tipo RTD y el manómetro de temperatura de la chimenea de la caldera 1 cuando se encuentra encendida. Existen tres mediciones que se encuentran fuera del rango de trabajo debido a que los calderos son apagados al culminar el día de trabajo y esto hace que la temperatura baje hasta que nuevamente la caldera sea encendida en la mañana. Las variaciones entre el sensor y el termómetro ocurren debido a que no existe calibración en el instrumento analógico.

### **Apagada**

La tabla 23 presenta los datos obtenidos por el transmisor y termómetro de la chimenea de la caldera 1 apagada.

**TABLA Nº 23**  
**Temperatura de la Chimenea del Sensor y Manómetro Caldera 1 Apagada**

Nº Día	Número de Lectura	Estado de la Caldera	Medición Sensor (ºF)	Medición Manómetro (ºF)	Diferencia (ºF)
<b>DÍA 1</b>	1	APAGADO	364	340	24
	2	APAGADO	340	365	25
	3	APAGADO	339	342	3
	4	APAGADO	353	360	7
	5	APAGADO	351	345	6
	6	APAGADO	339	341	2
	7	APAGADO	345	350	5
	8	APAGADO	338	356	18
	9	APAGADO	345	348	3
	10	APAGADO	335	343	8
	11	APAGADO	341	357	16
	12	APAGADO	354	340	14
	13	APAGADO	342	345	3
	14	APAGADO	342	355	13
	15	APAGADO	340	345	5
	16	APAGADO	337	351	14
	17	APAGADO	334	341	7
	18	APAGADO	334	345	11
	19	APAGADO	336	340	4
	20	APAGADO	332	349	17
	21	APAGADO	334	344	10
	22	APAGADO	333	346	13
	23	APAGADO	330	358	28
	24	APAGADO	329	344	15
	25	APAGADO	333	365	32
<b>DÍA 2</b>	26	APAGADO	363	357	6
	27	APAGADO	336	359	23
	28	APAGADO	334	341	7
	29	APAGADO	333	358	25
	30	APAGADO	332	348	16
	31	APAGADO	327	348	21
	32	APAGADO	331	364	33
	33	APAGADO	325	357	32
	34	APAGADO	329	343	14
	35	APAGADO	330	364	34
	36	APAGADO	334	362	28
	37	APAGADO	335	344	9
	38	APAGADO	332	362	30
	39	APAGADO	324	348	24
<b>DÍA 3</b>	40	APAGADO	375	358	17
	41	APAGADO	363	348	15
	42	APAGADO	355	340	15
	43	APAGADO	337	353	16
	44	APAGADO	334	353	19
	45	APAGADO	355	360	5
	46	APAGADO	343	359	16
	47	APAGADO	342	348	6
	48	APAGADO	350	344	6
	49	APAGADO	339	351	12
	50	APAGADO	336	345	9
	51	APAGADO	337	340	3
	52	APAGADO	347	340	7
	53	APAGADO	338	357	19
	54	APAGADO	334	365	31



**FIGURA N° 91 Temperatura Chimenea Caldera 1 Apagada**

Las mediciones de la figura 91 representan los valores obtenidos por el sensor de tipo RTD y el manómetro de la temperatura de la chimenea de la caldera 1 cuando esta se apaga. Existe una pequeña diferencia en grados °F entre las dos mediciones debido a que el manómetro se encuentra descalibrado.

Las mediciones del sensor de temperatura tipo RTD varían de acuerdo al apagado de la caldera 1, debido a esto no se tiene una temperatura fija en la chimenea.

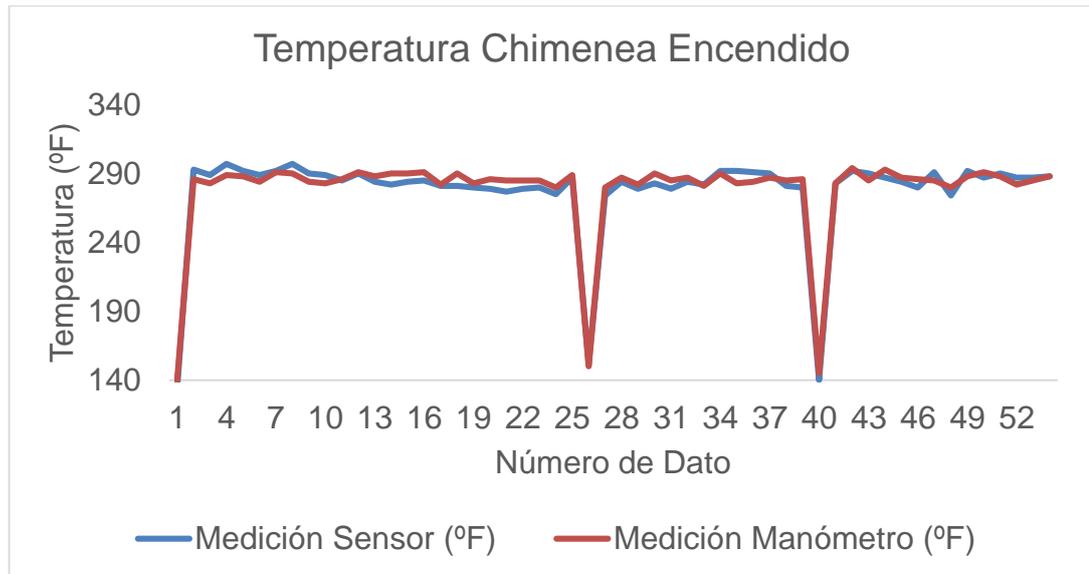
### 3.2.5.2 Caldera 2

#### Encendida

La tabla 24 presenta los datos obtenidos por el transmisor y termómetro de la chimenea de la caldera 2 encendida.

**TABLA Nº 24**  
**Temperatura de la Chimenea del Sensor y Manómetro Caldera 2**  
**Encendida**

Nº Día	Número de Lectura	Estado de la Caldera	Medición Sensor (ºF)	Medición Manómetro (ºF)	Diferencia (ºF)
<b>DÍA 1</b>	1	ENCENDIDO	135	140	5
	2	ENCENDIDO	293	286	7
	3	ENCENDIDO	289	283	6
	4	ENCENDIDO	297	289	8
	5	ENCENDIDO	292	288	4
	6	ENCENDIDO	289	284	5
	7	ENCENDIDO	292	291	1
	8	ENCENDIDO	297	290	7
	9	ENCENDIDO	290	284	6
	10	ENCENDIDO	289	283	6
	11	ENCENDIDO	285	286	1
	12	ENCENDIDO	290	291	1
	13	ENCENDIDO	284	288	4
	14	ENCENDIDO	282	290	8
	15	ENCENDIDO	284	290	6
	16	ENCENDIDO	285	291	6
	17	ENCENDIDO	281	282	1
	18	ENCENDIDO	281	290	9
	19	ENCENDIDO	280	283	3
	20	ENCENDIDO	279	286	7
	21	ENCENDIDO	277	285	8
	22	ENCENDIDO	279	285	6
	23	ENCENDIDO	280	285	5
	24	ENCENDIDO	275	280	5
	25	ENCENDIDO	287	289	2
	<b>DÍA 2</b>	26	ENCENDIDO	152	150
27		ENCENDIDO	274	280	6
28		ENCENDIDO	284	287	3
29		ENCENDIDO	279	282	3
30		ENCENDIDO	283	290	7
31		ENCENDIDO	279	285	6
32		ENCENDIDO	284	287	3
33		ENCENDIDO	282	281	1
34		ENCENDIDO	292	290	2
35		ENCENDIDO	292	283	9
36		ENCENDIDO	291	284	7
37		ENCENDIDO	290	287	3
38		ENCENDIDO	281	285	4
39		ENCENDIDO	280	286	6
<b>DÍA 3</b>	40	ENCENDIDO	140	145	5
	41	ENCENDIDO	283	283	0
	42	ENCENDIDO	292	294	2
	43	ENCENDIDO	290	285	5
	44	ENCENDIDO	287	293	6
	45	ENCENDIDO	284	287	3
	46	ENCENDIDO	280	286	6
	47	ENCENDIDO	291	285	6
	48	ENCENDIDO	274	280	6
	49	ENCENDIDO	292	288	4
	50	ENCENDIDO	287	291	4
	51	ENCENDIDO	290	288	2
	52	ENCENDIDO	287	282	5
	53	ENCENDIDO	287	285	2
	54	ENCENDIDO	288	288	0



**FIGURA N° 92 Temperatura Chimenea Caldera 2 Encendida**

La figura 92 muestra los datos del sensor tipo RTD y el termómetro de la chimenea de la caldera 2 cuando esta se enciende. Existen tres descensos de la temperatura fuera del rango de trabajo debido a que los datos representan tres días de trabajo de la caldera, y cuando esta es apagada en la tarde su temperatura desciende hasta que nuevamente es encendida en la mañana.

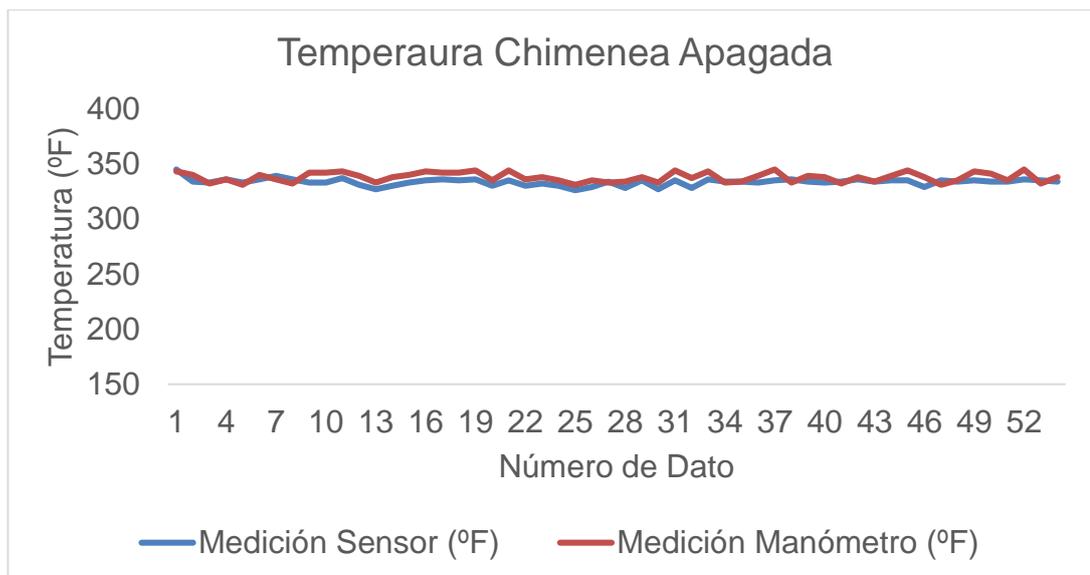
En la caldera 2 existe una variación menor entre las medidas del sensor tipo RTD y el termómetro, sin embargo es recomendable que el manómetro sea calibrado y ajustado para así obtener los datos correctos.

### **Apagada**

La tabla 25 presenta los datos obtenidos por el transmisor y termómetro de la chimenea de la caldera 2 apagada.

**TABLA Nº 25**  
**Temperatura de la Chimenea del Sensor y Manómetro Caldera 2 Apagada**

Nº Día	Número de Lectura	Estado de la Caldera	Medición Sensor (ºF)	Medición Manómetro (ºF)	Diferencia (ºF)
DÍA 1	1	APAGADO	345	343	2
	2	APAGADO	334	340	6
	3	APAGADO	333	332	1
	4	APAGADO	336	336	0
	5	APAGADO	333	331	2
	6	APAGADO	336	340	4
	7	APAGADO	339	336	3
	8	APAGADO	336	332	4
	9	APAGADO	333	342	9
	10	APAGADO	333	342	9
	11	APAGADO	337	343	6
	12	APAGADO	331	339	8
	13	APAGADO	327	333	6
	14	APAGADO	330	338	8
	15	APAGADO	333	340	7
	16	APAGADO	335	343	8
	17	APAGADO	336	342	6
	18	APAGADO	335	342	7
	19	APAGADO	336	344	8
	20	APAGADO	330	335	5
	21	APAGADO	335	344	9
	22	APAGADO	330	336	6
	23	APAGADO	332	338	6
	24	APAGADO	330	335	5
	25	APAGADO	326	331	5
DÍA 2	26	APAGADO	329	335	6
	27	APAGADO	334	333	1
	28	APAGADO	328	334	6
	29	APAGADO	335	338	3
	30	APAGADO	327	333	6
	31	APAGADO	335	344	9
	32	APAGADO	328	337	9
	33	APAGADO	336	343	7
	34	APAGADO	334	333	1
	35	APAGADO	334	334	0
	36	APAGADO	333	339	6
	37	APAGADO	335	345	10
	38	APAGADO	336	333	3
	39	APAGADO	334	339	5
DÍA 3	40	APAGADO	333	338	5
	41	APAGADO	334	332	2
	42	APAGADO	336	338	2
	43	APAGADO	334	334	0
	44	APAGADO	335	339	4
	45	APAGADO	335	344	9
	46	APAGADO	329	338	9
	47	APAGADO	335	331	4
	48	APAGADO	334	335	1
	49	APAGADO	335	343	8
	50	APAGADO	334	341	7
	51	APAGADO	334	335	1
	52	APAGADO	336	345	9
	53	APAGADO	335	332	3
	54	APAGADO	334	338	4



**FIGURA N° 93 Temperatura Chimenea Caldera 2 Apagada**

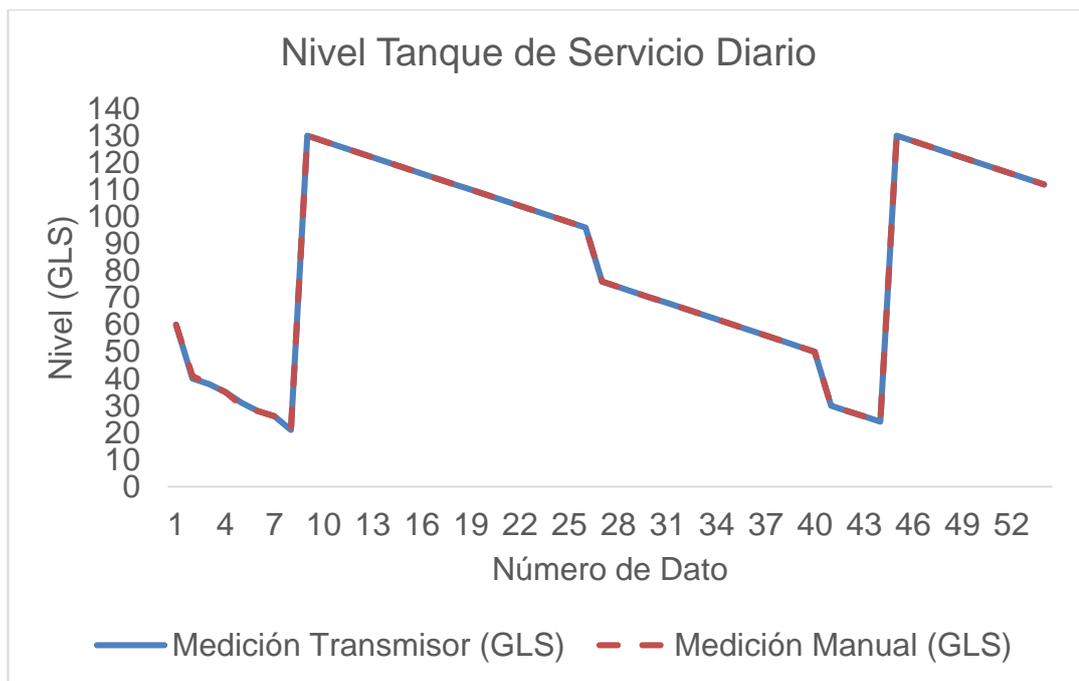
La figura 93 muestra la representación gráfica de las mediciones del sensor tipo RTD y el termómetro de la chimenea de la caldera 2 cuando esta se apaga. Se observa una diferencia entre los datos obtenidos por los instrumentos de medida debido a que el manómetro se encuentra sin una correcta calibración. Los datos obtenidos por el transmisor varían de acuerdo a cuando la caldera se apaga.

### 3.2.6 Prueba de Transmisor de Nivel

La tabla 26 presenta los datos obtenidos por el transmisor e indicador de nivel del tanque de servicio diario.

**TABLA N° 26**  
**Nivel del Tanque de Servicio del Transmisor y Manual**

Número de Lectura	Medición Transmisor (GLS)	Medición Manual (GLS)	Diferencia (GLS)
1	60	60	0
2	40	41	1
3	38	38	0
4	35	35	0
5	31	30	1
6	28	28	0
7	26	26	0
8	21	21	0
9	130	130	0
10	128	128	0
11	126	126	0
12	124	124	0
13	122	122	0
14	120	120	0
15	118	118	0
16	116	116	0
17	114	114	0
18	112	112	0
19	110	110	0
20	108	108	0
21	106	106	0
22	104	104	0
23	102	102	0
24	100	100	0
25	98	98	0
26	96	96	0
27	76	76	0
28	74	74	0
29	72	72	0
30	70	70	0
31	68	68	0
32	66	66	0
33	64	64	0
34	62	62	0
35	60	60	0
36	58	58	0
37	56	56	0
38	54	54	0
39	52	52	0
40	50	50	0
41	30	30	0
42	28	28	0
43	26	26	0
44	24	24	0
45	130	130	0
46	128	128	0
47	126	126	0
48	124	124	0
49	122	122	0
50	120	120	0
51	118	118	0
52	116	116	0
53	114	114	0
54	112	112	0



**FIGURA Nº 94 Nivel del Tanque de Servicio**

En la figura 94 se tiene la representación gráfica de las mediciones obtenidas por el transmisor de nivel y el operador a cargo de la caldera mediante el indicador manual del tanque de suministro diario.

La curva de la figura 94 representa el comportamiento del consumo de diesel de las calderas, es aquí donde se encuentra el control de llenado automático del tanque de suministro diario. Se puede notar que cuando el valor del diesel llega a menos de 25 galones, este es llenado automáticamente hasta los 130 GLS. El caldero consume 2 galones cada que este se enciende, a excepción de la primera encendida del día, es aquí donde consume un aproximado de 20 galones.

### 3.3 Prueba del Registro de Datos

#### 3.3.1 Página Web del PLC S7-1200

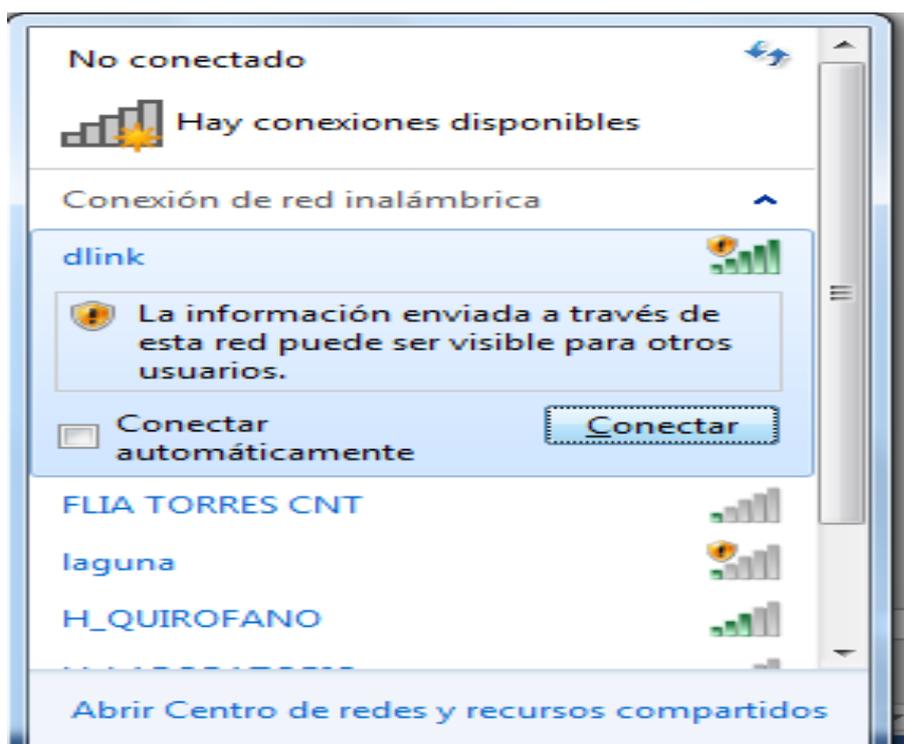
Para descargar el archivo que contiene los datos de cada una de las variables de las calderas, el usuario puede acceder a la página web creada desde el PLC el mismo que está conectado a un router para proporcionar la

señal inalámbrica, esto lo puede realizar de dos formas: acceder por medio de la touch panel la misma que está conectada a la red del PLC y cuenta con un navegador Web predeterminado o conectarse a la red con una computadora que tenga una tarjeta de red inalámbrica y acceder mediante un navegador Web.

### 3.3.1.1 Descarga de datos en la computadora

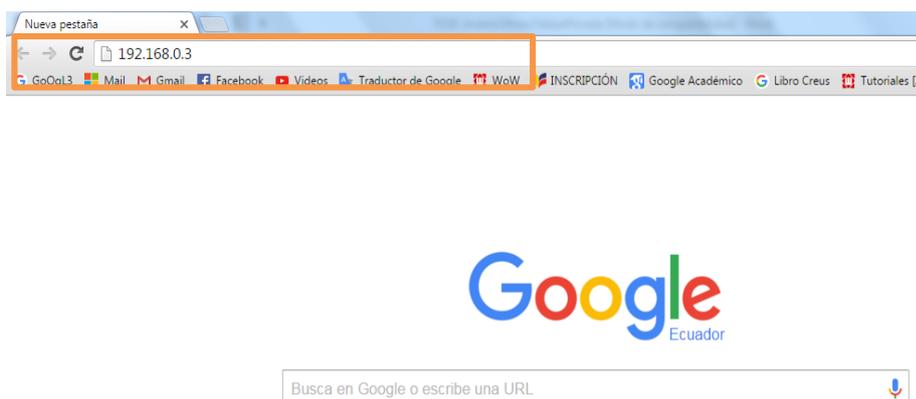
A continuación se menciona los pasos necesarios para ingresar a la página web y descargar el registro de datos de las calderas a través de una computadora.

En la figura 95 se muestra cómo se puede acceder a la red de nombre dlink.



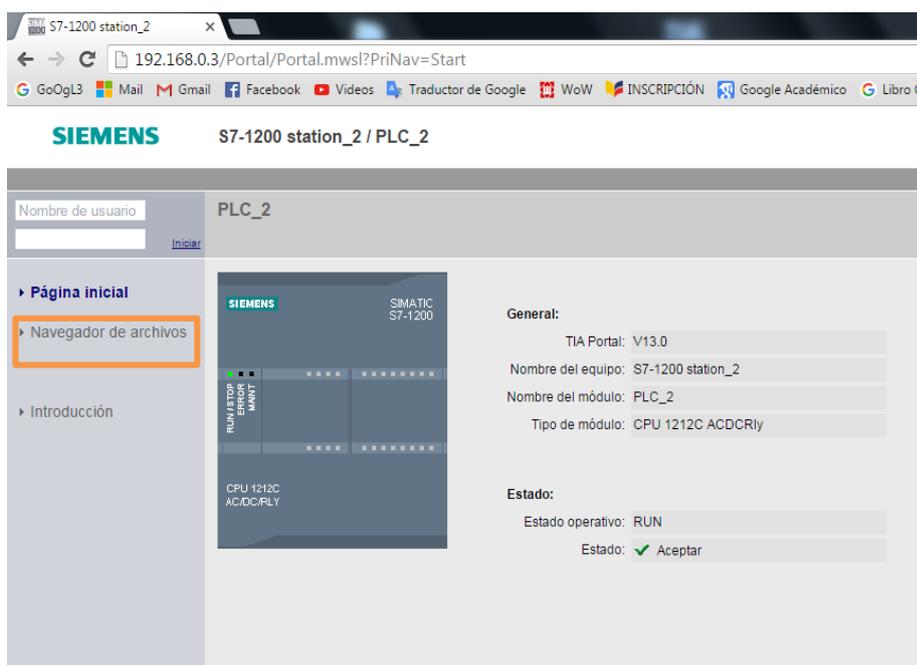
**FIGURA Nº 95 Conexión a la Red dlink**

Una vez que el usuario se encuentre conectado a la red, puede ingresar a la página web mediante un explorador en este caso Google Chrome e ingresar en la barra de direcciones lo siguiente: 192.168.0.3, tal y como se muestra en la figura 96.



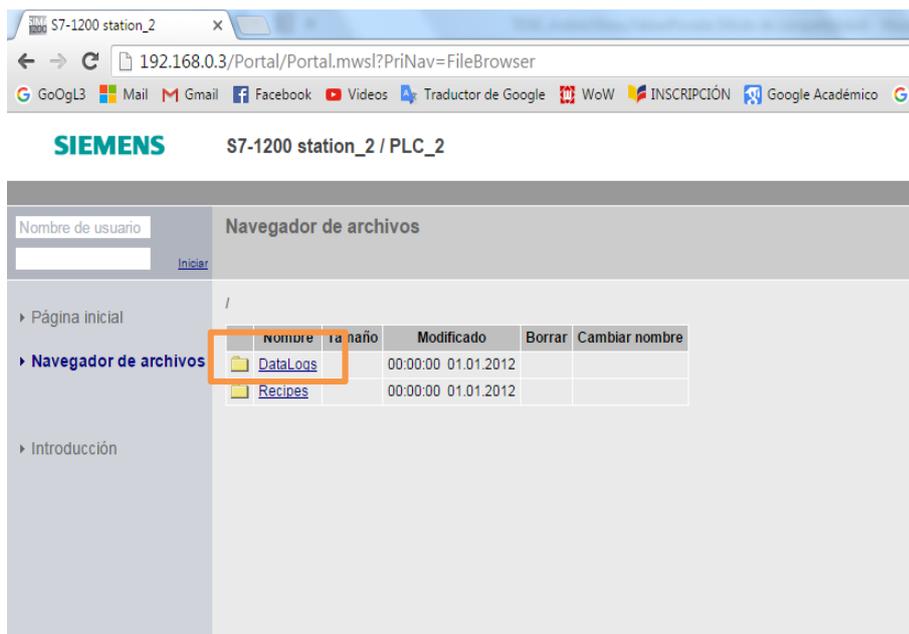
**FIGURA Nº 96 Dirección de la Página Web**

En la figura 97 se presenta la página Web principal propia del PLC S7-1200, a continuación se selecciona “Navegador de Archivos” que se encuentra en la parte superior izquierda de la pantalla.



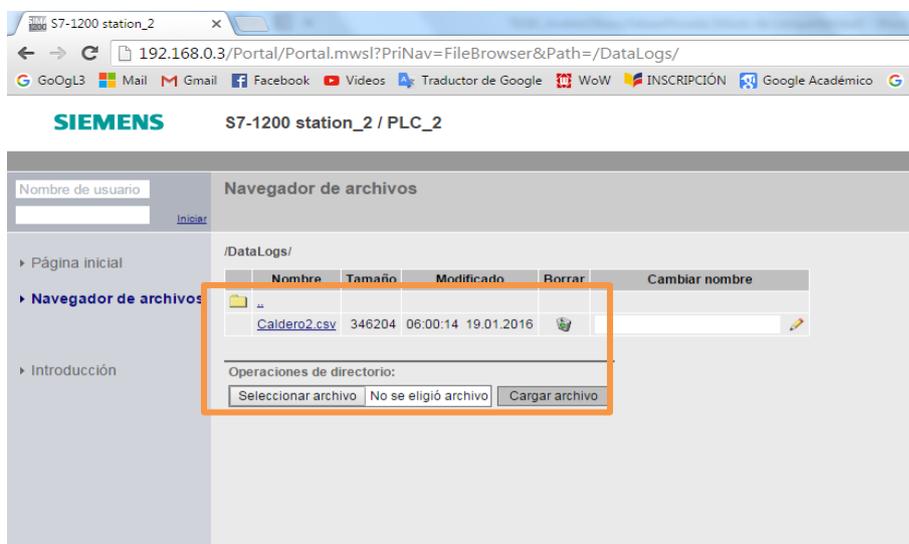
**FIGURA Nº 97 Página Web PLC S7-1200**

Una vez ingresado al navegador de archivos se selecciona la carpeta DataLogs para poder ingresar a la siguiente página, como se muestra en la figura 98.



**FIGURA Nº 98 Ingreso a DataLogs**

Dentro de la carpeta de DataLogs se encuentran los archivos generados por el sistema, los mismos que pueden ser descargados por el operador. En la figura 99 se muestra el archivo de la caldera 1.



**FIGURA Nº 99 Archivo del Registro de Datos Caldera 2**

Una vez descargado el archivo de tipo CSV, este puede ser abierto con el programa Excel para su visualización.

En la figura 100 se observa los datos de la caldera 1. Mientras que en la figura 101 se muestra los datos de la caldera 2.

Record,Date,UTC Time,	DIESEL (PSI)	AIRE (PSI)	TRABAJO (PSI)	CHIMENEA (°F)	BANCO DISTRIBUCIÓN (PSI)	NIVEL (GLS)	ESTADO
1,12/23/2015,11:24:38	10	16	87	289	79	76	ENCENDIDO
2,12/23/2015,11:29:43	2	0	103	334	93	75	APAGADO
3,12/23/2015,11:41:32	10	16	88	284	80	74	ENCENDIDO
4,12/23/2015,11:46:29	2	0	103	332	93	73	APAGADO
5,12/23/2015,11:57:49	10	16	87	283	78	72	ENCENDIDO
6,12/23/2015,12:03:50	2	0	103	334	93	71	APAGADO
7,12/23/2015,12:17:33	10	16	88	281	79	70	ENCENDIDO
8,12/23/2015,12:22:31	2	0	104	330	94	69	APAGADO
9,12/23/2015,12:37:04	10	16	88	278	79	68	ENCENDIDO
10,12/23/2015,12:42:10	2	0	103	329	94	67	APAGADO
11,12/23/2015,12:54:15	10	16	87	280	79	67	ENCENDIDO
12,12/23/2015,12:59:20	2	0	103	330	93	65	APAGADO
13,12/23/2015,13:13:55	10	16	87	277	79	65	ENCENDIDO
14,12/23/2015,13:18:57	2	0	103	328	93	64	APAGADO
15,12/23/2015,13:37:01	10	16	87	273	79	63	ENCENDIDO
16,12/23/2015,13:41:52	2	0	104	325	94	62	APAGADO
17,12/23/2015,13:57:12	10	16	87	274	79	62	ENCENDIDO
18,12/23/2015,14:02:12	2	0	104	326	94	60	APAGADO
19,12/24/2015, 6:13:50	10	16	0	152	1	60	ENCENDIDO

**FIGURA Nº 100 Datos de la Caldera 1**

Record,Date,UTC Time,	DIESEL (PSI)	AIRE (PSI)	TRABAJO (PSI)	CHIMENEA (°F)	BANCO DISTRIBUCIÓN (PSI)	NIVEL (GLS)	ESTADO
1, 1/04/2016,14:03:26	10	15	78	282	81	76	ENCENDIDO
2, 1/04/2016,14:09:05	2	0	98	334	102	73	APAGADO
3, 1/05/2016, 6:26:08	10	15	85	288	88	72	ENCENDIDO
4, 1/05/2016, 6:27:30	2	0	99	330	103	71	APAGADO
5, 1/05/2016, 7:39:31	10	15	84	286	87	70	ENCENDIDO
6, 1/05/2016, 7:49:04	2	0	98	330	102	69	APAGADO
7, 1/05/2016, 7:56:58	10	15	84	286	87	68	ENCENDIDO
8, 1/05/2016, 8:05:23	2	0	98	328	103	66	APAGADO
9, 1/05/2016, 8:14:37	10	15	85	285	89	66	ENCENDIDO
10, 1/05/2016, 8:19:26	2	0	99	327	103	65	APAGADO
11, 1/05/2016, 8:31:34	10	15	85	283	88	64	ENCENDIDO
12, 1/05/2016, 8:38:58	2	0	99	326	103	63	APAGADO
13, 1/05/2016, 8:47:00	10	15	86	281	89	62	ENCENDIDO
14, 1/05/2016, 8:54:44	2	0	98	324	102	61	APAGADO
15, 1/05/2016, 9:06:52	10	15	86	279	89	61	ENCENDIDO
16, 1/05/2016, 9:14:10	2	0	99	325	103	60	APAGADO
17, 1/05/2016, 9:37:58	10	15	85	276	89	59	ENCENDIDO
18, 1/05/2016, 9:44:49	2	0	99	323	103	57	APAGADO
19, 1/05/2016, 9:54:26	10	15	85	276	89	57	ENCENDIDO
20, 1/05/2016,10:03:11	2	0	98	323	103	56	APAGADO

**FIGURA Nº 101 Datos de la Caldera 2**

### 3.3.1.2 Descarga de Datos en la Touch Panel

En las siguientes instrucciones se presenta los pasos necesarios para poder descargar el archivo generado de los datos de las calderas a través de la touch panel.

En la figura 102 se muestra la pantalla principal del HMI, en la que se puede acceder a descargar el archivo al seleccionar este botón.



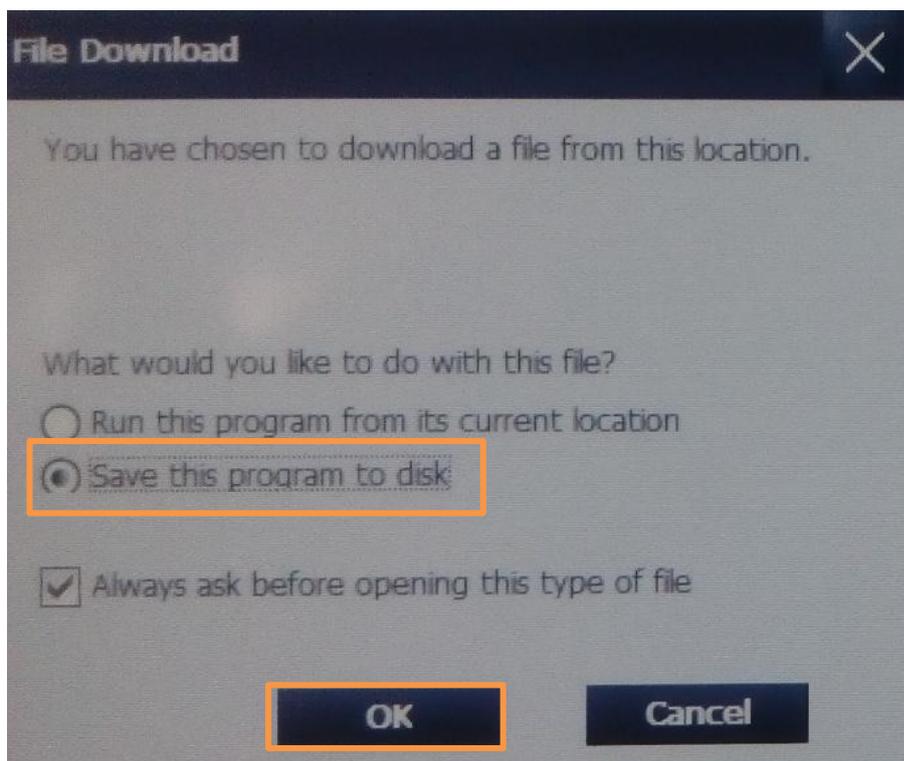
**FIGURA N° 102 Descargar Archivo en la Touch Panel**

Automáticamente el sistema redirecciona a la pantalla del navegador en donde se encuentra los registros de cada caldera, se debe esperar unos segundos hasta que la página muestre lo de la Figura 103.



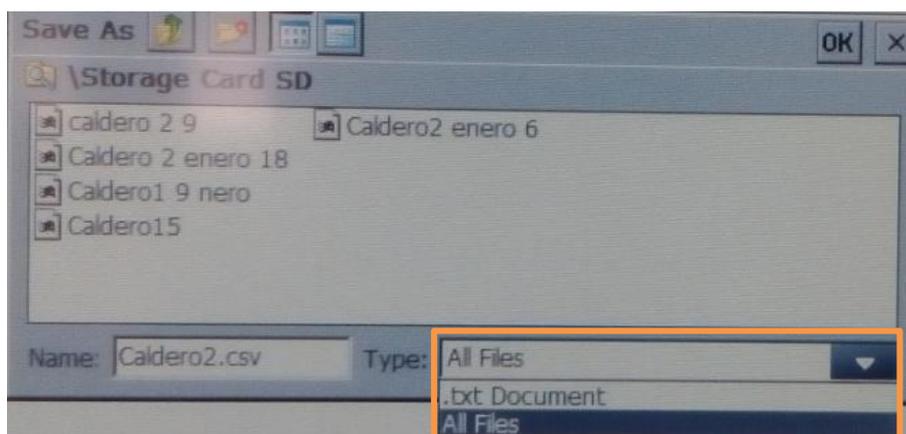
**FIGURA Nº 103 Navegador de Archivos en la Touch Panel**

Una vez pulsado en el archivo que se desea descargar, aparece la pantalla de la figura 104 en la cual se selecciona la opción “Save this program to disk”, se completa la acción al presionar OK.



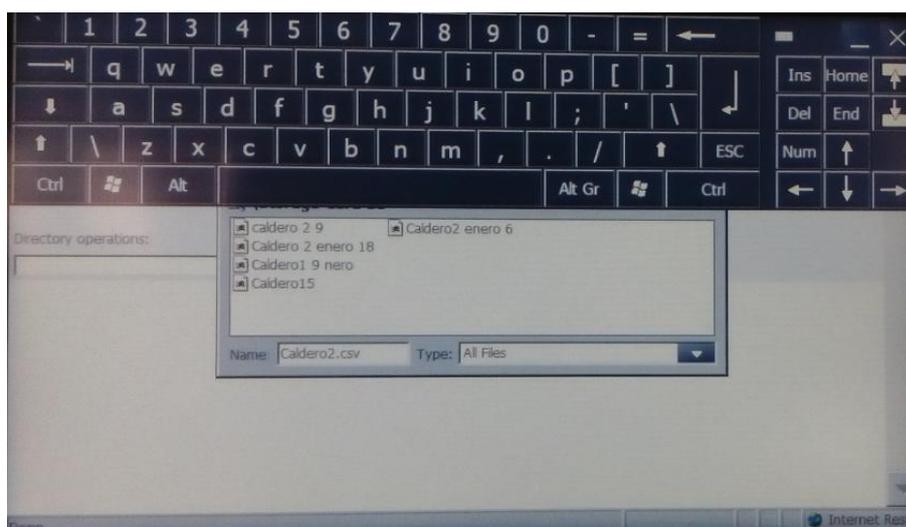
**FIGURA Nº 104 Guardar Archivo en la Touch Panel**

En la figura 105 el usuario selecciona “All Files” en la pestaña Type. Para luego dar un nombre al archivo a guardar en la casilla Name.



**FIGURA Nº 105 Seleccionar Tipo de Archivo**

En la figura 106 se muestra un teclado el cual permite al usuario modificar el nombre del archivo.



**FIGURA Nº 106 Modificar el Nombre del Archivo**

Al seleccionar en la opción OK el archivo será guardado automáticamente en la SD Card, estos archivos deben ser descargados y borrados una vez a la semana en el cambio de turno de la caldera, es así como un nuevo registro será creado para guardar los nuevos datos.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

- La información acerca de los sistemas generadores de vapor fue adquirida a través de manuales entregados y capacitaciones impartidas por el personal de mantenimiento, con la finalidad de que se conozca todo el funcionamiento de cada uno de los componentes que conforman los generadores de vapor en el cuarto de máquinas del hospital de IESS Latacunga.
- Los sensores y transmisores fueron instalados en paralelo a los manómetros que se encontraban operando en el sistema, para asegurar la continuidad de la toma de mediciones en el caso que exista alguna falla en los transmisores, los manómetros continuarán su normal funcionamiento o viceversa.
- La comprobación del correcto funcionamiento de los instrumentos de medición, se realizó mediante pruebas individuales para las variables temperatura, presión y nivel, comparando los datos de los transmisores con respecto a los manómetros utilizados en el sistema de generación de vapor, obteniendo así un error promedio del 4,40% de entre las 54 mediciones tomadas de la temperatura de la chimenea de la caldera 1 apagada, este valor muestra que el error se encuentra fuera del rango aceptable de tolerancia del termómetro de  $\pm 3\%$  de la medida, lo cual revela una necesaria calibración y un posterior ajuste del mismo.
- El diseño del algoritmo de adquisición, control de datos, y sistema Interfaz Humano Máquina (HMI) para visualización y monitoreo de cada

uno de los procesos que están dentro de la casa de máquinas se realizó mediante el software de programación TIA PORTAL V13.

- Las pruebas de comprobación del correcto funcionamiento del controlador (PLC) y el sistema HMI se realizaron mediante la generación de datos registrados en historiales en un período de 3 días en un archivo de tipo CSV. En su normal funcionamiento este archivo almacenará el total de datos reportados durante 6 días de acuerdo al periodo de trabajo de cada caldera, una muestra de los datos generados en el reporte se lo puede observar en las figuras 100 y 101 correspondientes a la caldera 1 y 2 respectivamente.
- El servidor web utilizado para la descarga del archivo generado es una característica propia del PLC S7-1200, los datos de los reportes de las variables pueden ser descargados a través de la Touch Panel o una PC conectada a la red del PLC y visualizados mediante el paquete informático EXCEL.
- Para el monitoreo y control de las variables presión, temperatura y nivel en la casa de máquinas del hospital del IESS se realizó un diseño e implementación de un sistema HMI el cual permite obtener un reporte digital que contienen un registro de datos de las variables anteriormente mencionadas, dando como resultado una reducción en el tiempo utilizado por el operador para el registro de los datos reduciendo también la posibilidad de adquirir enfermedades profesionales.

## **Recomendaciones**

- Se registraron variaciones de los datos obtenidos en los manómetros por lo que sugiere una calibración y ajuste de los mismos, para obtener una medición confiable.
- Es recomendable realizar una calibración a los transmisores y sensores cada seis meses, para evitar lecturas erróneas.
- Además se sugiere que se continúe con la automatización de los demás procesos del cuarto de máquinas del Hospital del IESS, debido a que el personal todavía realiza tareas manuales como son: la apertura del agua de suministro al caldero y el cerrado de las llaves de los tanques de almacenamiento.
- Finalmente durante la ejecución del proyecto se encontró algunos problemas externos al proyecto como: no existe la correcta señalética de seguridad, los operadores no usan el EPP adecuado, existe un aumento de temperatura en el cuarto de máquinas que puede producir alteraciones en la salud como la deshidratación, estos factores afectan directamente en el proceso de toma de datos por parte del operador; por lo que se recomienda que el cuarto de máquinas tenga la señalética adecuada, el uso obligatorio de los EPP, tener una buena hidratación, un levantamiento de procesos con sus respectivos tiempos, con la finalidad de no permanecer por largos periodos de tiempo en el cuarto.

## **Bibliografía**

[1] Creus, A. (2011). Instrumentación Industrial. Madrid: Marcombo.

- [2] Hyde, J., Regué, J., & Cuspinera, A. (1997). Control Electroneumático y Electrónico. Madrid: Norgren.
- [3] Leigdinger, O. (1997). Procesos Industriales. Lima: Fondo.
- [4] Mandado, E. (1995). Instrumentación Electrónica. Madrid: Marcombo.
- [5] Severns, W. H., Degler, H. E., & Miles, J. (1974). Energía mediante vapor, aire o gas. Madrid: Reverté.
- [6] Soto Cruz, J. (1996). Fundamentos Sobre Ahorro de Energía. México D.F.: UADY.

- [1] Abarca, P. (07 de 04 de 2013). Descripción de Calderas y Generadores de Vapor. Recuperado el 17 de Septiembre de 2015, de <http://es.slideshare.net/luisyuca/descripcion-decalderaygeneradoresdevapor>
- [2] Absorsistem S.L. (2011). ABSORSISTEM. Recuperado el 12 de 10 de 2015, de <http://www.absorsistem.com/tecnologia/calderas/pirotubulares>
- [3] Cobo, R. (2001). Introducción a HMI. Recuperado el 25 de 09 de 2015, de <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI/Introduccion%20HMI.pdf>
- [4] Cobo, R. (2013). HMI. Recuperado el 18 de 10 de 2015, de <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/hmi.pdf>
- [5] Control, S. e. (s.f.). Qué es un sensor Pt100. Recuperado el 25 de 09 de 2015, de <http://www.srcsl.com/caracteristicas-sensores-pt100>
- [6] De Ingenieria. (11 de 2014). SIEMENS TIA PORTAL V13. Recuperado el 25 de 09 de 2015, de <http://www.deingenieria.com/2014/11/siemens-tia-portal-v13-en-espanol.html>
- [7] Estructplan, S. (24 de 11 de 2011). Estructplan. Recuperado el 20 de 10 de 2015, de <http://www.estructplan.com.ar/producciones/entrega.asp?IDEntrega=2953>
- [8] Instrumentación, A. C. (s.f.). Pt100, su operación, instalación y tablas. Recuperado el 25 de 09 de 2015, de <http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>
- [9] Kierback, P. (2006). Automatización de Edificios. Obtenido de Soluciones para Hospitales: [http://www.kieback-peter-iberica.es/downloads/folleto\\_hospitales.pdf](http://www.kieback-peter-iberica.es/downloads/folleto_hospitales.pdf).

- [10] Milltronics. (Febrero de 2011). The Probe Medidor de Nivel. Recuperado el 01 de Diciembre de 2015
- [11] Moreno, M. (2012). Automación Micromecánica. Recuperado el 18 de 09 de 2015, de <http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>
- [12] Quilmes, U. (2011). Controladores Lógicos Programables Conceptos Básicos. Recuperado el 18 de 09 de 2015, de <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio1/archivos/Clases/Controladores%20L%C3%B3gicos%20Programables%20Conceptos%20B%C3%A1sicos.pdf>
- [13] Rodríguez, B., Rojas, L., & Legrá, A. (2005). AUTOMATIZACIÓN EN SISTEMAS CLAVES DEL HOSPITAL GENERAL SANTIAGO. Obtenido de VI Congreso de la Sociedad Cubana de Bioingeniería: <http://www.hab2005.sld.cu/arrepdf/T044.PDF>.
- [14] SIEMENS. (2010). Características y Montaje del simulador S7-1200. Recuperado el 23 de 09 de 2015, de <http://www.catedu.es/elechomon/s71200/CARACTERISTICAS%20Y%20MONTAJE%20DEL%20SIMULADOR%20S7-1200.pdf>
- [15] SIEMENS. (06 de 2010). Módulo de señales SM 2131. Recuperado el 23 de 09 de 2015, de [https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores\\_modulares/Documents/S71200%20-%20SM1231RTC.PDF](https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores_modulares/Documents/S71200%20-%20SM1231RTC.PDF)
- [16] SIEMENS. (06 de 2010). Módulo de señales SM 2131 RTD. Recuperado el 23 de 09 de 2015, de <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/>

controladores\_modulares/Documents/S71200%20-%20SM1231RTC.PDF

- [17] SIEMENS. (2011). Recuperado el 18 de 09 de 2015, de Introducción a la Programacion de Autómatas S7-1200: <http://umh2210.edu.umh.es/wp-content/uploads/sites/800/2013/02/Practica-1.pdf>
- [18] SIEMENS. (2011). Engineered with TIA Portal. Recuperado el 28 de 11 de 2015, de [http://www.automation.siemens.com/salesmaterials/brochure/es/brochure\\_panels\\_es.pdf](http://www.automation.siemens.com/salesmaterials/brochure/es/brochure_panels_es.pdf)
- [19] SIEMENS. (2015). Software SIMATIC. (SIEMENS) Recuperado el 23 de 09 de 2015, de [http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/software/tia\\_portal/pages/tia-portal.aspx](http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/software/tia_portal/pages/tia-portal.aspx)
- [20] SIEMENS. (s.f.). SIMATIC S7-1200. Recuperado el 24 de 09 de 2015, de [https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce\\_educacion/documentacion/Documents/SIMATIC%20S71200R.pdf](https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce_educacion/documentacion/Documents/SIMATIC%20S71200R.pdf)
- [21] SIEMENS. (s.f.). SITRANS P200/P210/P220. Recuperado el 24 de 09 de 2015, de [http://w3.siemens.com/mcms/sensor-systems/es/instrumentacion-de-procesos/medicion-de-presion/pages/Sitrans-p200-p210-p220.aspx#Descripci\\_c3\\_b3n](http://w3.siemens.com/mcms/sensor-systems/es/instrumentacion-de-procesos/medicion-de-presion/pages/Sitrans-p200-p210-p220.aspx#Descripci_c3_b3n)
- [22] SIEMENS. (s.f.). The Probe. Recuperado el 24 de 09 de 2015, de <http://w3.siemens.com/mcms/sensor-systems/es/instrumentacion-de-procesos/medicion-de-nivel/metodo-continuo/ultrasonidos/equipos-compactos/pages/the-probe.aspx>
- [23] SUPERIOR BOILER WORKS. (2009). SUPERIOR BOILER WORKS. Recuperado el 25 de 09 de 2015, de SUPERIOR BOILER WORKS: [http://superiorboiler.com/sp/contact\\_us.htm](http://superiorboiler.com/sp/contact_us.htm)



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores: Olmos Tigse Andrés Santiago y Poveda Ocaña Héctor Fabián.

En la ciudad de Latacunga a los 03 días del mes de marzo de 2016.

Aprobado por:

Ing. Edwin Pruna

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

Ing. Franklin Silva

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

Dr. Rodrigo Vaca

**SECRETARIO ACADÉMICO**