



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

TESIS DE GRADO

TEMA:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO
PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE TEMPERATURA Y NIVEL
DE AGUA, UTILIZANDO UN PLC S7-1200 Y UN TOUCH PANEL,
PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

Tesis presentada previa a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico

Autores:

MALDONADO ORTIZ MARCO VINICIO

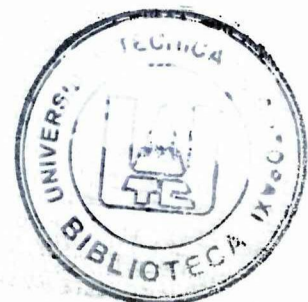
TIGMASA OLMOS MARCELO

Directora:

ING. FREIRE ANDRADE VERÓNICA MSc.

Latacunga - Ecuador

2013





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
Latacunga-Ecuador

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe técnico de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Unidad Académica de Ciencias de la ingeniería y aplicadas; por cuanto, los postulantes: Maldonado Ortiz Marco Vinicio y Tigmasa Olmos Segundo Marcelo con el título de tesis: “ DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE TEMPERATURA Y NIVEL DE AGUA, UTILIZANDO UN PLC S7-1200 Y UN TOUCH PANEL, PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”. Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 15 de Noviembre del 2013

Para constancia firman:

Ing. Edwin Moreano

PRESIDENTE

Dr. Marcelo Bautista

MIEMBRO

Ing. Cristian Gallardo

OPOSITOR

CERTIFICACIÓN:

HONORABLE CONSEJO ACADÉMICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
COTOPAXI.

De mi consideración:

Cumpliendo con lo estipulado en el Reglamento del Curso Profesional de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Capítulo V, (Art. 9 literal f), me permito informar que los postulantes MARCO VINICIO MALDONADO ORTIZ, y MARCELO TIGMASA OLMOS, han desarrollado su Tesis de Grado de acuerdo al planteamiento formulado en el Anteproyecto de Tesis con el tema: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE TEMPERATURA Y NIVEL DE AGUA, UTILIZANDO UN PLC S7-1200 Y UN TOUCH PANEL, PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, cumpliendo sus objetivos respectivos.

En virtud de lo antes expuesto, considero que la presente Tesis de Grado se encuentra habilitada para presentarse al acto de defensa.

Latacunga, diciembre 2013

LA DIRECTORA



VERÓNICA FREIRE

Ing. Verónica Paulina Freire Andrade Msc.

C.C. # 0502056229

DIRECTORA DE TESIS

MECANICA EN GENERAL DE MARCELO PULLOQUINGA

Estructuras Metálicas. Trabajos en tubo tipo aluminio hierro forjado, puertas, ventanas pasamanos y todo lo relacionado a la cerrajería
RUC 0500711825001

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Gerente - Propietario y a petición verbal de los interesados SR. MALDONADO ORTIZ MARCO VINICIO y SR. TIGMASA OLMOS MARCELO, certifico que en las instalaciones de mi taller los mencionados señores construyeron una estructura metálica y armaron un módulo didáctico, destinado a su trabajo de tesis: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE TEMPERATURA Y NIVEL DE AGUA, UTILIZANDO UN PLC S7-1200 Y UN TOUCH PANEL, PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, faculto a los interesados hacer uso del presente.

Latacunga, Diciembre 2013

Atentamente,



.....
José A. Marcelo Pulloquina P.
GERENTE – PROPIETARIO
C.I. 0500711825

mp/JAMP

CERTIFICADO

Certifico que la traducción al idioma inglés del trabajo de Tesis denominado **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE TEMPERATURA Y NIVEL DE AGUA, UTILIZANDO UN PLC S7-1200 Y UN TOUCH PANEL, PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI"**, de los Señores Marco Vinicio Maldonado Ortiz y Marcelo Tigmasa Olmos, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, se encuentra correctamente estructurado.

Es todo cuanto puedo decir en honor a la verdad. Los interesados pueden hacer uso de este certificado como mejor convenga a sus intereses.

Latacunga, Diciembre 2013

Atentamente



Lcda. Gina Venegas Msc.

C.I.0501598643

AUTORIA

Declaramos que lo expuesto en esta tesis corresponde estrictamente a los resultados de la presente investigación llevada a cabo por los autores



Marco Maldonado O.
1710371350



Marcelo Triguera O.
0502916893

AGRADECIMIENTO

A DIOS por la bendición de permitirnos alcanzar un sueño anhelado desde hace mucho tiempo.

A la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI por dar la oportunidad de estudiar y superarse a muchas personas las mismas que como nosotros, encontraron en el horario nocturno la posibilidad de cumplir con su sueño de ser profesionales.

A los DOCENTES que durante toda la etapa de formación profesional aportaron con sus conocimientos, y valiosa amistad, en especial a nuestra Directora de Tesis Ing. Paulina Freire, y asesores de nuestro trabajo Ing. Efrén Barbosa e Ing. Pablo Pilatásig.

Marco Maldonado

Marcelo Tigma.

DEDICATORIA

A mi amada esposa, que con su paciencia y comprensión sacrifico su tiempo para que yo pudiera cumplir con mis metas, su bondad y sacrificio me inspiro a ser mejor cada día para ella y mis hijas, este trabajo lleva mucho de ti, ya que tú fuiste la persona quien creyó en mí, gracias por estar siempre a mi lado.

Para mis hijas que son mi tesoro, por quitarles el tiempo que debí darles en su momento, porque también sacrificaron su tiempo para que yo pudiera cumplir con esta meta tan anhelada, gracias mis princesas.

A mi madre y mis abuelitos Carmen Victoria, Matilde y José, que desde el cielo me guiaron y me dan sus bendiciones para hacerme un hombre de bien.

A mis suegros, hermanos, tíos y amigos que de una u otra manera apoyaron para que yo pudiera cumplir con esta meta gracias a todos.

Finalmente expreso mi gratitud Al Ing. Henry Calle quien fue la persona que al inicio de esta carrera decidió darme la oportunidad para cumplir con este sueño, gracias Inge.

Marco Maldonado

DEDICATORIA

A Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi madre, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos

A mi esposa que ha estado en situaciones buenas y malas y que ha sabido valorar y comprenderme y a mi hijo que es la razón de mi existencia y que son los seres más importantes en mi vida.

A mis hermanos por ser grandes amigos para mí y que junto a sus ideas hemos pasado momentos inolvidables.

Marcelo

ÍNDICE GENERAL

TEMA:	i
AUTORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I.....	1
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DEL MONITOREO Y CONTROL DE VARIABLES ANALÓGICAS.....	1
1.1. MONITOREO Y CONTROL	2
1.1.1. INSTRUMENTOS DE FUNCIÓN DE LA VARIABLE DEL PROCESO 2	
1.1.2. TIPOS DE PROCESOS INDUSTRIALES.....	3
1.1.3. ELEMENTOS DE UN CONTROL DE PROCESOS DE LAZO CERRADO.....	5
1.1.3.1. ELEMENTOS PRIMARIOS DE MEDIDA.....	5
1.1.3.2. TRANSDUCTOR	6
1.1.3.3. TRANSMISORES	6
1.1.3.4. RECEPTORES	6
1.1.3.5. CONTROLADORES	6
1.1.3.6. ELEMENTO DE CONTROL FINAL	7
1.1.4. SISTEMAS DE CONTROL INDUSTRIALES	7
1.1.4.1. CONTROL TODO-NADA	8
1.2. MEDICIÓN DE SEÑALES O VARIABLES ANALÓGICAS.....	9
1.2.1. SEÑAL ANALÓGICA.....	9
1.2.2. MEDIDA DE NIVEL.....	10
1.2.3. MEDIDA DE TEMPERATURA.....	15
1.3. ACONDICIONADORES DE SEÑALES.....	21
1.3.1. ACONDICIONAMIENTO DE UNA RTD	21
1.3.2. ACONDICIONAMIENTO DE TERMOCUPLA	24
1.4. AUTÓMATAS PROGRAMABLES.....	27
1.4.1. PLC S7 1200	27

1.4.1.1.	<i>CARACTERÍSTICAS</i>	27
1.4.2.	<i>TIPOS DE CPUS</i>	27
1.4.3.	<i>TARJETA DE SEÑAL (SB) PARA TERMOCUPLA</i>	29
1.4.4.	<i>TIA PORTAL</i>	30
1.4.5.	<i>ADQUISICIÓN DE SEÑALES ANALÓGICAS</i>	31
1.4.6.	<i>ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES</i>	34
1.4.7.	<i>PROFINET</i>	36
1.5.	PANELES BÁSICOS HMI SIMATIC	37
1.5.1.	<i>CARACTERÍSTICAS Y TIPOS</i>	37
1.5.2.	<i>PANEL KTP 600 BASIC MONO PN</i>	38
1.6.	SENSOR ULTRASÓNICO SRF02	38
1.7.	MICROCONTROLADOR PIC16F877A	39
1.8.	PIC – C	40
CAPÍTULO II		42
2.	PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .42	
2.1.	ENTORNO DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN	42
	DISEÑO METODOLÓGICO	43
2.2.	CALCULO DE LA POBLACIÓN Y LA MUESTRA	43
2.3.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA REALIZADA A LOS DOCENTES DE LA CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE INGENIERÍAS Y APLICADAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	44
2.4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA APLICADA A LOS SEÑORES ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	50
2.5.	VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	61
CAPITULO III		65
3	PROPUESTA	65
3.1	TEMA	65
3.2	JUSTIFICACIÓN	65
3.3	OBJETIVOS	66
3.3.1	<i>GENERAL</i>	66
3.3.2	<i>ESPECÍFICOS</i>	66

3.4	INTRODUCCIÓN	67
3.5	FACTIBILIDAD.....	67
3.6	DESARROLLO DEL PROYECTO	68
3.7	DISEÑO DE LOS ACONDICIONADORES DE SEÑALES	68
3.7.1	<i>MEDIDOR DE NIVEL</i>	68
3.7.2	<i>MEDICIÓN DE TEMPERATURA.....</i>	71
3.8	DISEÑO DEL MÓDULO DIDÁCTICO	71
3.9	CREACIÓN DEL PROYECTO PORTAL DE AUTOMATIZACIÓN TOTALMENTE INTEGRADA	73
3.9.1	<i>SELECCIÓN DEL CPU 1214C AC/DC/RLY Y DEL SIGNAL BOARD ..</i>	73
3.9.2	<i>SELECCIÓN DEL PANEL TÁCTIL Y CREACIÓN DE VENTANAS</i>	78
3.10	PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)	81
3.10.1	<i>CONFIGURACIÓN DEL PANEL TÁCTIL</i>	89
3.11	DISEÑO DE PLACAS ELECTRÓNICAS	90
3.11.1	<i>DISEÑO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN</i>	90
3.11.2	<i>DISEÑO DEL MEDIDOR DE NIVEL.....</i>	92
3.12	PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	93
3.13	PARTES CONSTITUTIVAS DEL MÓDULO DIDÁCTICO.....	95
3.14	MANUAL DE PRÁCTICAS Y MANTENIMIENTO.....	98
3.14.1	<i>MANUAL DE PRÁCTICAS.....</i>	98
3.14.2	<i>MANUAL DE MANTENIMIENTO</i>	115
3.15	CONCLUSIONES.....	119
3.1	RECOMENDACIONES.....	120
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	121

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. 1.....	18
TABLA 1. 2.....	34
TABLA 1. 3.....	35
TABLA 2. 1.....	45
TABLA 2. 2.....	46
TABLA 2. 3.....	47
TABLA 2. 4.....	48
TABLA 2. 5.....	49
TABLA 2. 6.....	51
TABLA 2. 7.....	52
TABLA 2. 8.....	53
TABLA 2. 9.....	54
TABLA 2. 10.....	55
TABLA 2. 11.....	56
TABLA 2. 12.....	57
TABLA 2. 13.....	59
TABLA 2. 14.....	60
TABLA 2. 15.....	61
TABLA 2. 16.....	62
TABLA 2. 17.....	62
TABLA 2. 18.....	63

ÍNDICE DE GRÁFICOS

FIGURA 1. 1.....	4
FIGURA 1. 2.....	5
FIGURA 1. 3.....	9
FIGURA 1. 4.....	9
FIGURA 1. 5.....	10
FIGURA 1. 6.....	12
FIGURA 1. 7.....	14
FIGURA 1. 8.....	15
FIGURA 1. 9.....	19
FIGURA 1. 10.....	20
FIGURA 1. 11.....	22
FIGURA 1. 12.....	23
FIGURA 1. 13.....	24
FIGURA 1. 14.....	25
FIGURA 1. 15.....	26
FIGURA 1. 16.....	26
FIGURA 1. 17.....	28
FIGURA 1. 18.....	29
FIGURA 1. 19.....	30
FIGURA 1. 20.....	31
FIGURA 1. 21.....	32
FIGURA 1. 22.....	33
FIGURA 1. 23.....	33
FIGURA 1. 24.....	34
FIGURA 1. 25.....	35
FIGURA 1. 26.....	36
FIGURA 1. 27.....	39
FIGURA 1. 28.....	40
FIGURA 2. 1.....	45
FIGURA 2. 2.....	46
FIGURA 2. 3.....	47
FIGURA 2. 4.....	48
FIGURA 2. 5.....	49
FIGURA 2. 6.....	51
FIGURA 2. 7.....	52
FIGURA 2. 8.....	53
FIGURA 2. 9.....	54
FIGURA 2. 10.....	55
FIGURA 2. 11.....	56
FIGURA 2. 12.....	57
FIGURA 2. 13.....	59

FIGURA 2. 14	60
FIGURA 3. 1	70
FIGURA 3. 2	71
FIGURA 3. 3	72
FIGURA 3. 4	73
FIGURA 3. 5	74
FIGURA 3. 6	74
FIGURA 3. 7	75
FIGURA 3. 8	75
FIGURA 3. 9	76
FIGURA 3. 10	77
FIGURA 3. 11	77
FIGURA 3. 12	78
FIGURA 3. 13	79
FIGURA 3. 14	80
FIGURA 3. 15	80
FIGURA 3. 16	83
FIGURA 3. 17	83
FIGURA 3. 18	84
FIGURA 3. 19	85
FIGURA 3. 20	85
FIGURA 3. 21	86
FIGURA 3. 22	86
FIGURA 3. 23	87
FIGURA 3. 24	87
FIGURA 3. 25	88
FIGURA 3. 26	88
FIGURA 3. 27	89
FIGURA 3. 28	89
FIGURA 3. 29	90
FIGURA 3. 30	91
FIGURA 3. 31	91
FIGURA 3. 32	92
FIGURA 3. 33	93
FIGURA 3. 34	95
FIGURA 3. 35	96
FIGURA 3. 36	97

RESUMEN

En el presente proyecto se desarrolla un sistema que permite monitorear y controlar la temperatura y nivel a través de un módulo didáctico que realiza las mediciones y control de forma automática.

El módulo didáctico utiliza un Controlador Lógico Programable (PLC) S71200 para adquirir los datos de los sensores de temperatura y nivel. Los datos adquiridos son analizados y procesados, luego enviados a un Panel táctil (touch panel), este dispositivo recibe los datos y los visualiza creando una interfaz humano maquina (HMI).

En el capítulo I, se presenta la fundamentación teórica de los elementos utilizados en el desarrollo del sistema, así como la tecnología utilizada en el acondicionamiento de los sensores, en la adquisición, análisis, procesamiento y presentación de las señales provenientes de cada sensor.

En el capítulo II, se presenta el análisis e interpretación de los resultados de la encuesta aplicada a los señores docentes y estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

En el capítulo III, se presenta el diseño de los acondicionadores de señales, el diseño del módulo didáctico explicando cada una de sus partes, la manera de crear un proyecto en el portal de automatización totalmente integrada (TIA), para trabajar con el controlador lógico programable, y el panel táctil, la programación para el proceso deseado, el diseño de las placas electrónicas, las pruebas y análisis de resultados, las conclusiones y recomendaciones.

ABSTRACT

The project is established in a monitoring and guiding temperature system control the levels of temperature and unit through a training module that performs the measurement and automatically controlled.

The didactic training module uses a 1200 S7 PLC to acquire data of temperature and level sensors. The obtained data are analyzed and deal with, then sent to a Touch Panel; this device receives the data and displays creating human machine interface or HMI.

Chapter I submit the theoretical background of the features used in system development as well as the technology used in the design of the sensors, in the acquisition, analysis, processing and presentation of the indicators from each sensor.

Chapter II illustrates the analysis and interpretation of the results of the Electromechanical Engineering Career teachers and students survey from Technical University of Cotopaxi.

Chapter III presents the design of signal conditioners; design training module explains each parts; guidelines for creating a project in TIA Portal in order to work with PLC and Touch Panel. The PLC programming, electronic boards design, testing, analysis of results; conclusions and recommendations.

INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico de los dispositivos empleados en la automatización industrial, es una realidad que las universidades deben tomar en cuenta para la formación de los futuros profesionales, por esta razón es importante contar con estos dispositivos en los laboratorios para que formen parte de las ayudas didácticas y de esta manera los estudiantes adquieran destrezas en la programación y manipulación de los mismos.

Este proyecto desarrolla un módulo didáctico que monitorea y controla las variables físicas de nivel y temperatura en un tanque y de esta manera contar con un material de instrucción en el Laboratorio de Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Las señales de nivel y temperatura una vez acondicionadas son conectadas a las entradas analógicas del Controlador Lógico Programable (PLC) S7 1200, para su adquisición. El programa desarrollado en el PLC adquiere y analiza esos datos, los envía mediante Ethernet al panel táctil, este dispositivo los visualiza, pero también envía los datos de los puntos de ajuste programado (set points) de cada variable al Controlador Lógico Programable, para que los procese y cambie los estados las salidas destinadas para el control de la bomba, niquelina y electroválvula.

La variación del nivel del agua se realiza por medio de una bomba que está conectada a un tanque de reserva en la parte inferior del módulo. La variación de la temperatura del agua en cambio se resuelve con una niquelina que está conectada en el tanque principal de cuarenta litros.

El sistema explica el funcionamiento de un control prendido/apagado (On/Off) con histéresis para la temperatura y el nivel de agua el mismo que está programado en el Controlador Lógico Programable (PLC) S7 1200, además permite variar el punto de ajuste programado (set points) de cualquiera de las dos variables desde el panel táctil.

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DEL MONITOREO Y CONTROL DE VARIABLES ANALÓGICAS

En casi todas las fases de procesos industriales se utilizan aparatos de control automático como por ejemplo en:

- Industrias de procesamiento como la del petróleo, química, acero, energía y alimentación para el control de la temperatura, presión, caudal y variables similares.
- Manufactura de artículos como repuestos o partes de automóviles, heladeras y radio, para el control del ensamble, producción, tratamiento térmico y operaciones similares.
- Sistemas de transporte, como ferrocarriles, aviones, proyectiles y buques.
- Maquinas herramientas, compresores y bombas, maquinas generadoras de energía eléctrica para el control de posición, velocidad y potencia.

Según <http://ramonmedina.name/files/universidad/plc/plc0001.pdf> pg9 Explica:

El control automático ofrece algunas ventajas como por ejemplo:

- a) Aumento en la cantidad o número de productos.
- b) Mejora de la calidad de los productos.
- c) Economía de materiales.
- d) Economía de energía o potencia.
- e) Economía de equipos industriales.
- f) Reducción de inversión de mano de obra en tareas no especializadas.

Estos factores generalmente contribuyen a aumentar la productividad. La difusión de la aplicación del control automático en la industria ha creado la necesidad de



elevant el nivel de la educaci3n de un sector de obreros semi especializados, capacit3ndolos para desempe1ar tareas de mayor responsabilidad, el manejo y mantenimiento de equipos e instrumentos de control.

1.1. MONITOREO Y CONTROL

Resulta poco imaginable poner en marcha una industria y monitorear su correcto funcionamiento posterior sin la ayuda de instrumentos, 3stos se los emplea b3sicamente para cumplir dos prop3sitos, Medici3n y Monitoreo.

Definici3n

Seg3n CORRALES, Luis en su texto "Instrumentaci3n Industrial", sostiene que "Como medici3n se puede definir a todas aquellas tareas relacionadas con la funci3n de detectar la presencia y magnitud de una variable f3sica como la presi3n, el caudal, el nivel, la temperatura, el pH, la conductividad, la velocidad, la humedad, el espesor, etc. y mostrarla de una manera comprensible para el operador.

Por otro lado, en procesos industriales es necesario mantener ciertas magnitudes f3sicas constantes o controlarlas en base a condiciones propias a cada proceso. En estas tareas, los instrumentos de medici3n y control ayudan y, en no pocas veces, son los que en definitiva permiten el mantenimiento y la regulaci3n de estas constantes, sea en forma manual o autom3tica." P3g. N33

1.1.1. *Instrumentos de Funci3n de la Variable del Proceso*

De acuerdo con la variable del proceso, los instrumentos se dividen en instrumentos de:

- Caudal.
- Nivel.
- Presi3n.
- Temperatura.
- humedad y punto de roc3o.

- Viscosidad.
- Posición.
- Velocidad.
- pH.
- Frecuencia.
- fuerza, etc.

Esta clasificación corresponde específicamente al tipo de las señales medidas, siendo independiente del sistema empleado en la conversión de la señal de proceso.

Se debe tener en cuenta que un instrumento es parte de una planta o proceso industrial, lo que significa que a más de su correcta selección hay que determinar donde será ubicado (en el campo o en el cuarto de control) y en qué parte o partes del proceso se debe medir una variable.

1.1.2. Tipos de Procesos Industriales

Los procesos industriales pueden dividirse en dos categorías muy amplias:

- Continuos.
- Discontinuos.

Según CORRALES, Luis en su texto “Instrumentación Industrial”, sostiene que “los procesos son continuos cuando, en el tiempo, continuamente requieren de un monitoreo y control de sus variables de interés. Son discontinuos cuando exigen tan solo de chequeos discretos en el tiempo”. Pág. N°24

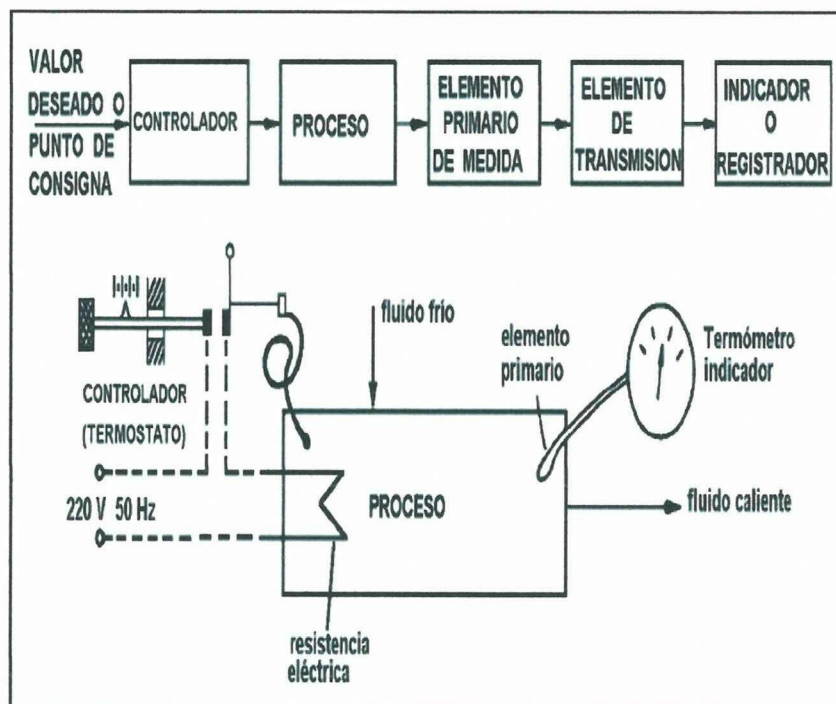
Un sistema de control que permita el mantenimiento de las variables puede definirse como aquel que compara el valor de la variable o condición a controlar con un valor deseado y toma una decisión de corrección, en contraposición a la desviación existente, sin que intervenga el operador. Con este propósito, se puede deducir que es imprescindible que exista:

- un dispositivo de medida.

- un dispositivo de control.
- un elemento final de control.
- el propio proceso.

Los sistemas de control pueden ser de Lazo Abierto, donde la salida del proceso no se realimenta, para compararla con un valor deseado, el control se lo realiza en base a un valor colocado directamente en el controlador, un ejemplo de este tipo de sistema es el calentamiento de agua, cuyo esquema se muestra en la figura 1.1.

FIGURA 1.1
LAZO DE CONTROL ABIERTO



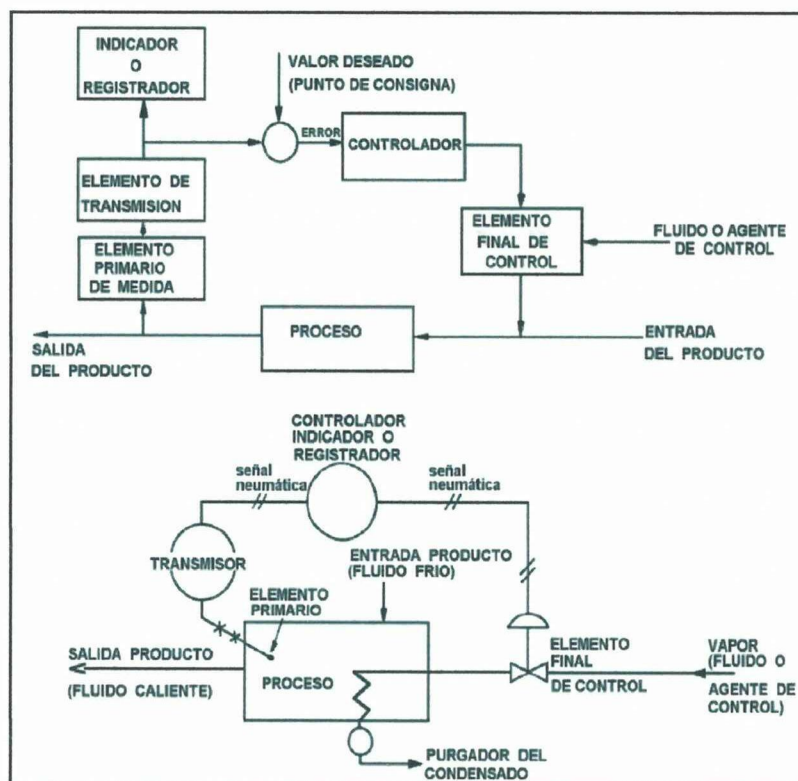
Fuente: Luis Corrales. Manual de Instrumentación Industrial. E.P.N. 2007.

Según ROCA, Alfred en su texto “Control de Procesos”, define al control en lazo cerrado argumentando “consiste en sustituir la acción del hombre por un dispositivo llamado controlador o regulador. El conjunto que forman los componentes que llevarán a cabo el control automático de un proceso se llama sistema de control automático”. Pág. N°6

En los sistemas de control de lazo cerrado, la variable del proceso, es realimentada para compararse con un valor deseado y producir una señal de error, la misma que ingresará al controlador para que este genere una acción correctiva al proceso, mediante el elemento de control final.

Para explicar mejor, en la figura 1.2 se muestra el sistema de lazo cerrado de la regulación de temperatura en un intercambiador de calor.

Figura 1. 2
LAZO DE CONTROL CERRADO



Fuente: Luis Corrales. Manual de Instrumentación Industrial. E.P.N. 2007.

1.1.3. Elementos de un Control de Procesos de Lazo Cerrado

1.1.3.1. Elementos Primarios de Medida

Según CORRALES, Luis en su texto “Instrumentación Industrial”, sostiene “así se denominan a los dispositivos que entran en contacto con la variable y utilizan o

absorben energía del medio controlado para dar al sistema de medición una indicación del valor de la variable que se desea medir.

Aquí se encuadran los sensores y transductores capaces de detectar y medir un cambio de presión, fuerza, posición, medida eléctrica, etc. Como ejemplo de elementos primarios se tiene a: las galgas, los termopares, los RTDS, etc". Pág. N°15

Se conceptualiza un RTD (resistance temperature detector) como un detector de temperatura resistivo, es decir, un sensor de temperatura basado en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura.

1.1.3.2. Transductor

Se denomina así a los sensores que reciben una señal de entrada función de una o más cantidades físicas y la convierten, modificada o no, a una señal eléctrica de salida.

1.1.3.3. Transmisores

También conocidos como elemento secundario, son los instrumentos más conocidos de la industria pues captan la variable de proceso a través del elemento primario y la transmiten a distancia en forma de señal neumática que varía de 3 a 15 psi (libra - fuerza por pulgada cuadrada) o electrónica de 4 a 20 mA de corriente continua.

1.1.3.4. Receptores

Reciben las señales procedentes de los transmisores y las muestran en indicadores o registran.

1.1.3.5. Controladores

Según SMITH, Carlos, CORRIPIO Armando en su texto "Control Automático de Procesos", afirman que los controladores "representan el "cerebro" del sistema de control." Pág. N° .19

Complementando el autor CORRALES, Luis en su texto “Instrumentación Industrial,” sostiene que “Estos instrumentos comparan la variable controlada (presión, nivel, temperatura) con un valor deseado y ejercen una acción correctiva de acuerdo con la desviación.

Generalmente obedecen a un algoritmo para decidir sobre la acción que deben tomar.” Pág. N°21

1.1.3.6. Elemento de Control Final

Es el dispositivo que recibe la señal del controlador por medio del actuador y modifica de alguna forma a la variable controlada para mantenerla en su valor.

El autor CORRALES, Luis en su texto “Instrumentación Industrial”, sostiene “En el control neumático, el elemento final suele ser por ejemplo una válvula neumática manejada por un servomotor neumático que efectúan su carrera completa al recibir una señal neumática de 3 a 15 psi (libra - fuerza por pulgada cuadrada) (0,2 - 1 bar).

En el control electrónico la válvula es accionada a través de un convertidor intensidad/presión (I/P), que convierte la señal electrónica de 4 a 20 mA cc a presión.

Puede también presentar una señal digital que se convierta a una señal neumática 3-15 psi. En el control eléctrico el actuador suele ser un servomotor eléctrico que actúa por ejemplo sobre una válvula.

En control electrónico y en particular, en regulación de temperatura de hornos pueden utilizarse tiristores.

Estos se comportan esencialmente como bobinas de impedancia variable y varían la corriente de alimentación de las resistencias del horno, en la misma forma en que una válvula de control cambia el caudal de fluido en una tubería.”Pág. N° 23

1.1.4. Sistemas de Control Industriales

Los sistemas industriales se emplean uno o una combinación de los siguientes sistemas de control:

- a) De dos posiciones (todo-nada).
- b) Proporcional de tiempo variable (anticipatoria).
- c) Flotante.
- d) Proporcional.
- e) Proporcional + integral.
- f) Proporcional + derivada.
- g) Proporcional + integral + derivada.

Como la propuesta de la Tesis es realizar un control encendido/apagado (On/Off) o Todo-Nada, se explica el concepto y los tipos de éste control.

1.1.4.1. Control Todo-Nada

Según CREUS, Antonio en su texto “Instrumentación Industrial”, afirma que “En la regulación todo-nada el elemento final de control se mueve rápidamente entre una de dos posiciones fijas a la otra, para un valor único de la variable controlada.” Pág. N° 487.

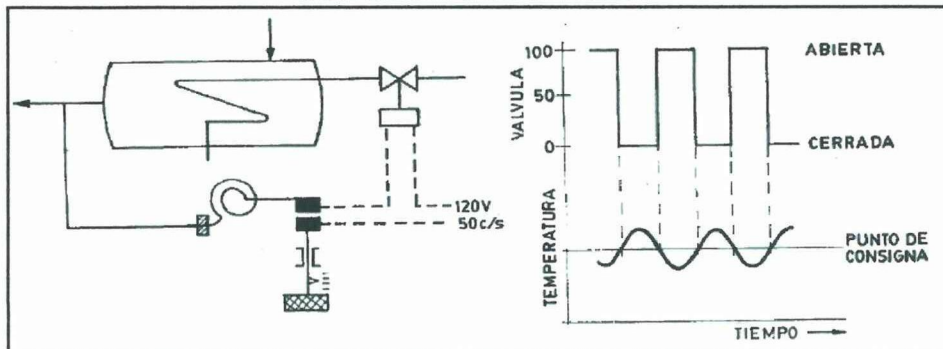
En la figura 1.3 se representa un control de este tipo, que se caracteriza por un ciclo continuo de variación de la variable controlada.

Como se observa en la (fig. 1.4) “Este tipo de control se emplea usualmente con una banda diferencial o zona neutra en la que el elemento final de control permanece en su última posición para valores de la variable comprendidos dentro de la banda diferencial.

Los ajustes de control se basan en variar el punto de consigna y la gama diferencial. El control todo-nada funciona satisfactoriamente si el proceso tiene una velocidad de reacción lenta y posee un tiempo de retardo mínimo.

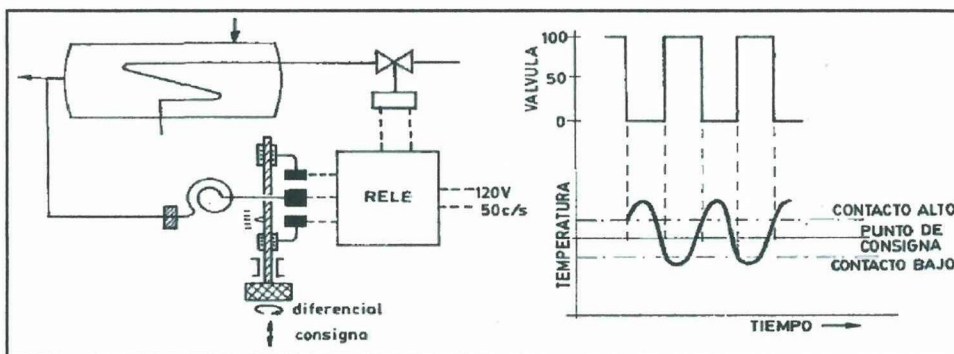
Se caracteriza porque las dos posiciones extremas de la válvula permiten una entrada y salida de energía al proceso ligeramente superior e inferior respectivamente a las necesidades de la operación normal.” Pág. N°487

FIGURA 1.3
CONTROL TODO-NADA



Fuente: Antonio CreusSolé. Instrumentación Industrial. Editorial Alfaomega. 6ta edición. 1999

FIGURA 1.4
CONTROL TODO-NADA CON BANDA DIFERENCIAL O ZONA MUERTA



Fuente: Antonio Creus Solé. Instrumentación Industrial. Editorial Alfaomega. 6ta edición. 1999

1.2. MEDICIÓN DE SEÑALES O VARIABLES ANALÓGICAS

1.2.1. Señal Analógica

Una señal analógica es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético y que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo (representando un dato de información) en función del tiempo.

Algunas magnitudes físicas comúnmente portadoras de una señal de este tipo son eléctricas como la intensidad, la tensión y la potencia, pero también pueden ser

hidráulicas como la presión, térmicas como la temperatura, mecánicas, etc. Fig. 1.5.

FIGURA 1.5
SEÑAL ANALÓGICA



Fuente: <http://www.arqhys.com/articulos/imagenes/Senales%20analogicas.jpg>

1.2.2. Medida de Nivel

El autor Creus Solé Antonio y la obra Instrumentación Industrial, sexta edición, permiten desarrollar el presente tema.

En la industria, la medición de nivel es muy importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento correcto del proceso como de la consideración del balance adecuado de materias primas o de productos finales. Pág. N° 193.

Los instrumentos de nivel pueden dividirse en medidores de nivel de líquidos y de sólidos que son dos mediciones claramente diferenciadas y que se estudiarán separadamente por sus distintas peculiaridades y las aplicaciones particulares de las que son objeto.

1.2.2.1. Medidores de Nivel de Líquidos

Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo, bien directamente la altura de líquido sobre una línea de referencia, bien la presión hidrostática, bien el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque del proceso, o bien aprovechando características eléctricas del líquido.



Los primeros instrumentos de medida directa se dividen en: sonda, cinta y plomada, nivel de cristal e instrumentos de flotador.

Los aparatos que miden el nivel aprovechando la presión hidrostática se dividen en:

- Medidor manométrico.
- Medidor de membrana.
- Medidor de tipo burbujeo.
- Medidor de presión diferencial de diafragma.

El empuje producido por el propio líquido lo aprovecha el medidor de desplazamiento a barra de torsión.

Los instrumentos que utilizan características eléctricas del líquido se clasifican en:

- Medidor resistivo.
- Medidor conductivo.
- Medidor capacitivo.
- Medidor ultrasónico.
- Medidor de radiación.
- Medidor de láser.

1.2.2.1.1. Instrumentos de Medida Directa

El medidor de sonda (fig. 1.6A) consiste en una varilla o regla graduada, de la longitud conveniente para introducirla dentro del depósito.

La determinación del nivel se efectúa por lectura directa de la longitud mojada por el líquido.

En el momento de la lectura el tanque debe estar abierto a presión atmosférica. Se utiliza generalmente en tanques de fuel-oil o gasolina.

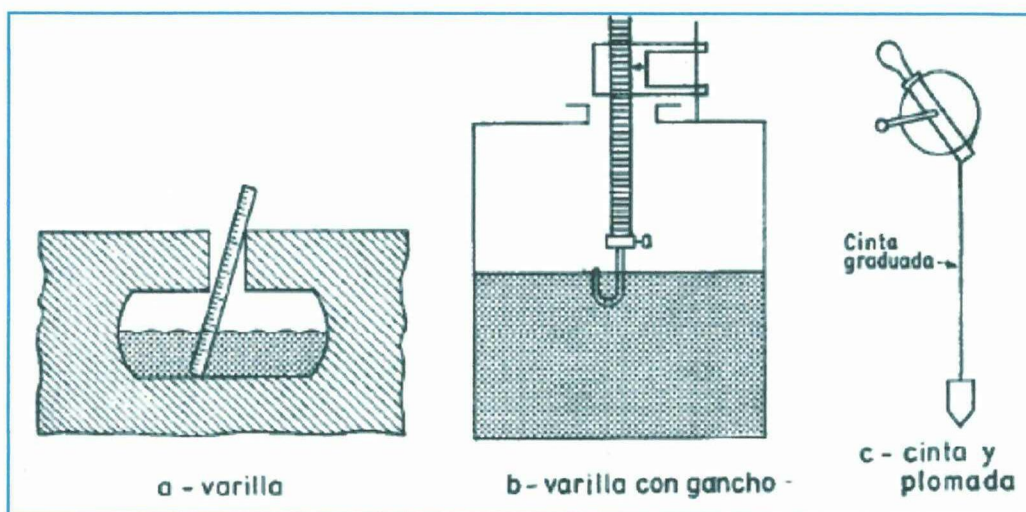
Otro medidor consiste en una varilla graduada, con un gancho que se sumerge en el seno del líquido y se levanta después hasta que el gancho rompe la superficie del líquido.

La distancia desde esta superficie hasta la parte superior del tanque representa indirectamente el nivel.

Se emplea en tanques de agua a presión atmosférica.

Otro sistema parecido es el medidor de cinta graduada y plomada, que se emplea cuando es difícil que la regla graduada tenga acceso al fondo del tanque. Pág. N°194.

FIGURA 1. 6
A MEDIDOR DE SONDA



Fuente: Antonio Creus Solé. Instrumentación Industrial. Editorial Alfaomega. 6ta edición. 1999

1.2.2.1.2. Instrumentos Basados en Características Eléctricas del Líquido

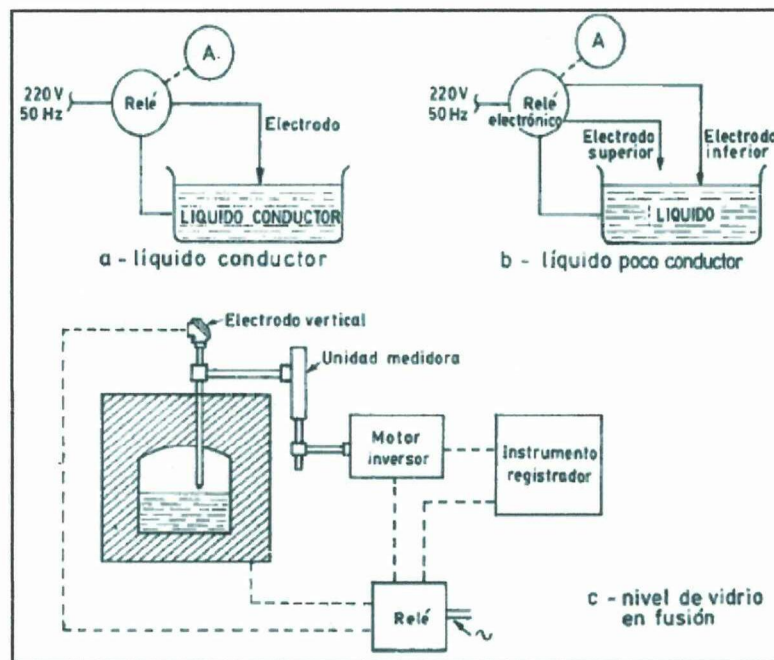
El medidor de nivel conductivo o resistivo (fig. 1.6B) consiste en uno o varios electrodos y un relé eléctrico o electrónico que es excitado cuando el líquido moja a dichos electrodos. El líquido debe ser lo suficientemente conductor como para

excitar el circuito electrónico, y de este modo el aparato puede discriminar la separación entre el líquido y su vapor, tal como ocurre, por ejemplo, en el nivel de agua de una caldera de vapor. Pág. N° 208.

La impedancia mínima es del orden de los 20 MQ/ cm, y la tensión de alimentación es alterna para evitar fenómenos de oxidación en las sondas por causa del fenómeno de la electrólisis.

Cuando el líquido moja los electrodos se cierra el circuito electrónico y circula una corriente segura del orden de los 2 mA; el relé electrónico dispone de un temporizador de retardo que impide su enclavamiento ante una ola del nivel del líquido o ante cualquier perturbación momentánea o bien en su lugar se disponen dos electrodos poco separados enclavados eléctricamente en el circuito.

FIGURA 1.6B
MEDIDOR DE NIVEL CONDUCTIVO



Fuente: Antonio Creus Solé. Instrumentación Industrial. Editorial Alfaomega. 6ta edición. 1999

El medidor de capacidad (fig. 1.7) mide la capacidad del condensador formado por el electrodo sumergido en el líquido y las paredes del tanque. La capacidad del

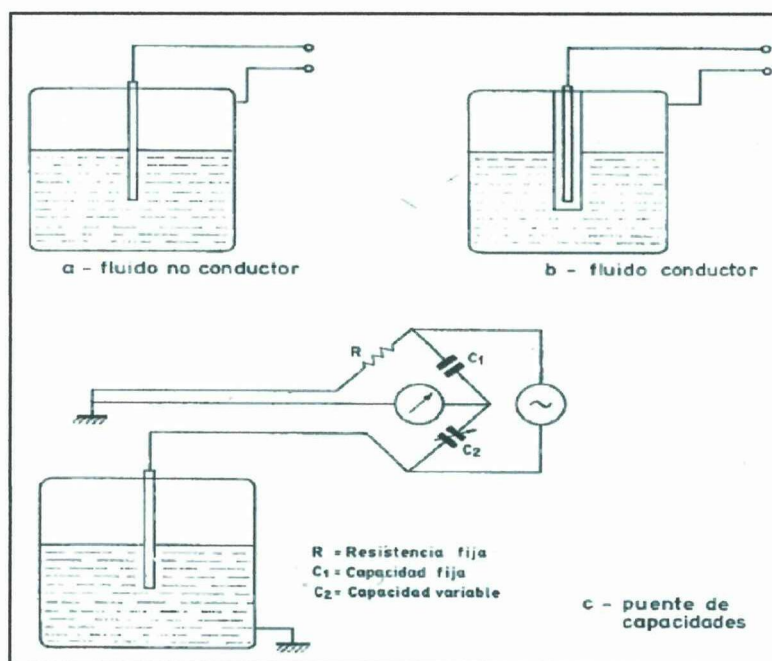
conjunto depende linealmente del nivel del líquido.

En fluidos no conductores se emplea un electrodo normal (fig. 1.7 a) y la capacidad total del sistema se compone del líquido, del gas superior y de las conexiones superiores.

En fluidos conductores (fig. 1.7 b) con una conductividad mínima de 100 microhmios/c.c. el electrodo está aislado usualmente con teflón interviniendo las capacidades adicionales entre el material aislante y el electrodo en la zona del líquido y del gas.

El circuito electrónico (puente de capacidades (fig. 1.7 c) alimenta el electrodo a una frecuencia elevada, lo cual disminuye la reactancia capacitiva del conjunto y permite aliviar en parte el inconveniente del posible recubrimiento del electrodo por el producto.

FIGURA 1. 7
MEDIDOR DE CAPACIDAD



Fuente: Antonio Creus Solé. Instrumentación Industrial. Editorial Alfaomega. 6ta edición. 1999

El sistema ultrasónico de medición de nivel (fig. 1.8) se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante y la recepción del eco del mismo

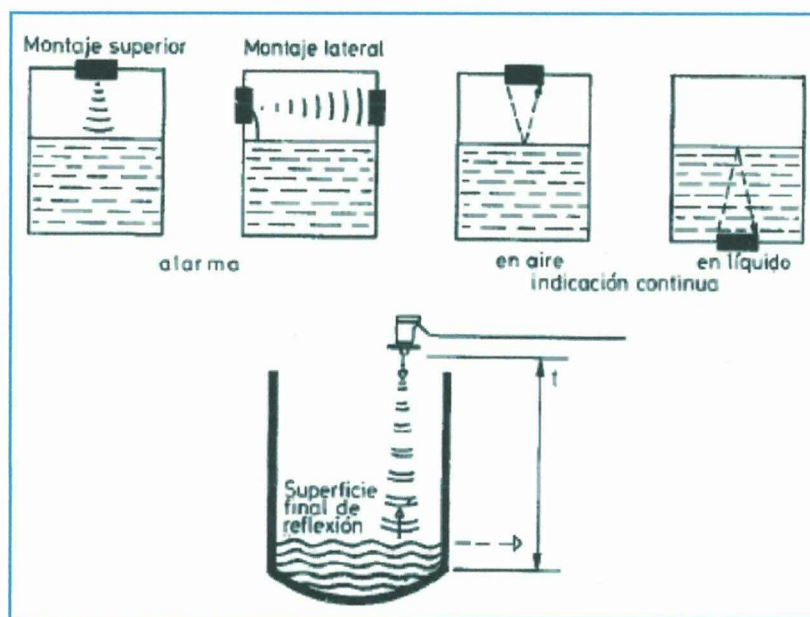
en un receptor. El retardo en la captación del eco depende del nivel del tanque.

Los sensores trabajan a una frecuencia de unos 20 kHz. Estas ondas atraviesan con cierto amortiguamiento o reflexión el medio ambiente de gases o vapores y se reflejan en la superficie del sólido o del líquido.

En la figura 1.8 pueden verse varias disposiciones de montaje de los detectores que se utilizan en los casos de alarmas o de indicación continua del nivel.

En las aplicaciones de alarma de nivel los sensores vibran a una frecuencia de resonancia determinada, que se amortigua cuando el líquido los moja.

FIGURA 1. 8
MEDIDOR DE CAPACIDAD



Fuente: Antonio Creus Solé. Instrumentación Industrial. Editorial Alfaomega. 6ta edición. 1999

1.2.3. Medida de Temperatura

Para este tema se desarrollan los conceptos emitidos por el autor Creus Solé Antonio, en su obra Instrumentación Industrial, sexta edición, Capítulo 6:

1.2.3.1. Definición

Según SMITH, Carlos, CORRIPIO Armando en su texto “Control Automático de procesos”, afirman que “la temperatura junto con el flujo, es la variable que con mayor frecuencia se mide en la industria de proceso; una razón simple es que casi todos los fenómenos físicos se ven afectados por ésta. La temperatura se utiliza frecuentemente para inferir otras variables del proceso.” Pág. N° 663.

Por su parte el autor CREUS, Antonio en su texto “Instrumentación Industrial”, afirma “Las limitaciones del sistema de medida quedan definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, por la velocidad de captación de la temperatura, por la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor y por el tipo de instrumento indicador, registrador o controlador necesarios; es importante señalar que es esencial una comprensión clara de los distintos métodos de medida con sus ventajas y desventajas propias para lograr una selección óptima del sistema más adecuado.” Pág. N° 224.

A causa de los múltiples efectos que se producen con la temperatura se han desarrollado numerosos dispositivos para mediarla. Entre los cuales tenemos:

- variaciones en volumen o en estado de los cuerpos (sólidos, líquidos o gases).
- variación de resistencia de un conductor (sondas de resistencia).
- variación de resistencia de un semiconductor (termistores).
- f.e.m. creada en la unión de dos metales distintos (termopares).
- intensidad de la radiación total emitida por el cuerpo (pirómetros de radiación).
- otros fenómenos utilizados en laboratorio (velocidad del sonido en un gas, frecuencia de resonancia de un cristal).

De este modo se emplean los instrumentos siguientes:

Termómetros de vidrio, termómetros bimetálicos, elementos primarios de bulbo y capilar rellenos de líquido, gas o vapor, termopares, pirómetros de radiación,

termómetros de resistencia, termómetros ultrasónicos, termómetros de cristal de cuarzo.

1.2.3.2. *Termómetros de Resistencia (RTD)*

SMITH, Carlos, CORRIPIO Armando en su texto “Control Automático de Procesos”, definen a los RTD “son elementos que se basan en el principio que la resistencia eléctrica de los metales puros se incrementa con la temperatura, ya que la resistencia pura se puede medir con bastante precisión, esto proporciona un medio para medir la temperatura con mucha exactitud. Los metales que se utilizan más comúnmente son platino, níquel, tungsteno, y cobre.” Pág. N° 668.

El autor CREUS, Antonio en su texto “Instrumentación Industrial”, explica el proceso “La medida de temperatura utilizando sondas de resistencia depende de las características de resistencia en función de la temperatura que son propias del elemento de detección. El elemento consiste usualmente en un arrollamiento de hilo muy fino del conductor adecuado bobinado entre capas de material aislante y protegido con un revestimiento de vidrio o de cerámica.

El material que forma el conductor se caracteriza por el llamado «coeficiente de temperatura de resistencia» que expresa a una temperatura especificada, la variación de la resistencia en ohmios del conductor por cada grado que cambia su temperatura.” Pág. N°228. La expresión lineal siguiente permite ver la relación entre estos factores:

$$R_t = R_o (1 + \alpha t) \quad \text{Ec - 1.1}$$

En la que:

R_o = resistencia en ohmios a 0°C

R_t = resistencia en ohmios a $t^\circ \text{C}$

α = coeficiente de temperatura de la resistencia cuyo valor es entre 0° y 100°C es de $0,003850 \Omega \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ en la Escala Práctica de Temperaturas Internacional (IPTS-68).

Los materiales que forman el conductor de la resistencia deben poseer las siguientes características:

1. Alto coeficiente de temperatura de la resistencia, ya que de este modo el instrumento de medida será muy sensible.
2. Alta resistividad, ya que cuanto mayor sea la resistencia a una temperatura dada tanto mayor será la variación por grado (mayor sensibilidad).
3. Relación lineal resistencia-temperatura.
4. Rigidez y ductilidad, lo que permite realizar los procesos de fabricación de estirado y arrollamiento del conductor en las bobinas de la sonda, a fin de obtener tamaños pequeños (rapidez de respuesta).
5. Estabilidad de las características durante la vida útil del material.

Los materiales que se usan normalmente en las sondas de resistencia son el platino y el níquel.

TABLA 1. 1
CARACTERÍSTICAS DE SONDAS RESISTIVAS

<i>Metal</i>	<i>Resistividad $\mu\Omega/\text{cm}$</i>	<i>Coficiente temp. $\Omega/\Omega, ^\circ\text{C}$</i>	<i>Intervalo útil de temp. $^\circ\text{C}$</i>	<i>\varnothing min. de hilo mm</i>	<i>Coste relativo</i>	<i>Rests. sonda a 0°C, ohmios</i>	<i>Preci- sión $^\circ\text{C}$</i>
Platino	9,83	0,00385	— 200 a 950	0,05	Alto	25, 100, 130	0,01
Níquel	6,38	0,0063 a 0,0066	— 150 a 300	»	Medio	100	0,50
Cobre	1,56	0,00425	— 200 a 120	»	Bajo	10	0,10

Fuente: Antonio Creus Solé. Instrumentación Industrial. Editorial Alfaomega. 6ta edición. 1999

El platino es el material más adecuado desde el punto de vista de precisión y de estabilidad pero presenta el inconveniente de su costo. En general la sonda de resistencia de platino utilizada en la industria tiene una resistencia de 100 ohmios a 0°C .

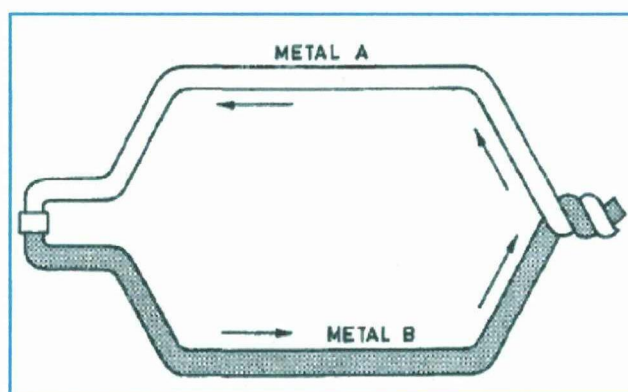
El níquel es más barato que el platino y posee una resistencia más elevada con una mayor variación por grado, sin embargo, tiene como desventaja la falta de linealidad en su relación resistencia-temperatura y las variaciones que experimenta su coeficiente de resistencia según los lotes fabricados.

1.2.3.3. *Termopar o Termocupla*

El termopar se basa en el efecto descubierto por Seebeck en 1821, de la circulación de una corriente en un circuito formado por dos metales diferentes cuyas uniones (unión de medida o caliente y unión de referencia o fría) se mantienen a distinta temperatura (fig. 1.9). Esta circulación de corriente obedece a dos efectos termoeléctricos combinados, el efecto Peltier que provoca la liberación o absorción de calor en la unión de dos metales distintos cuando una corriente circula a través de la unión y el efecto Thomson que consiste en la liberación o absorción de calor cuando una corriente circula a través de un metal homogéneo en el que existe un gradiente de temperaturas.

FIGURA 1. 9

TERMOPAR



Fuente: Antonio Creus Solé. Instrumentación Industrial. Editorial Alfaomega. 6ta edición. 1999

Las conexiones entre el cable de compensación, el termopar y el instrumento deben ser perfectas, sin empalmes en el cable de compensación, utilizando el hilo correcto y el conjunto de la instalación debe evitar el paso próximo por fuentes de calor (aparece el efecto Thomson).

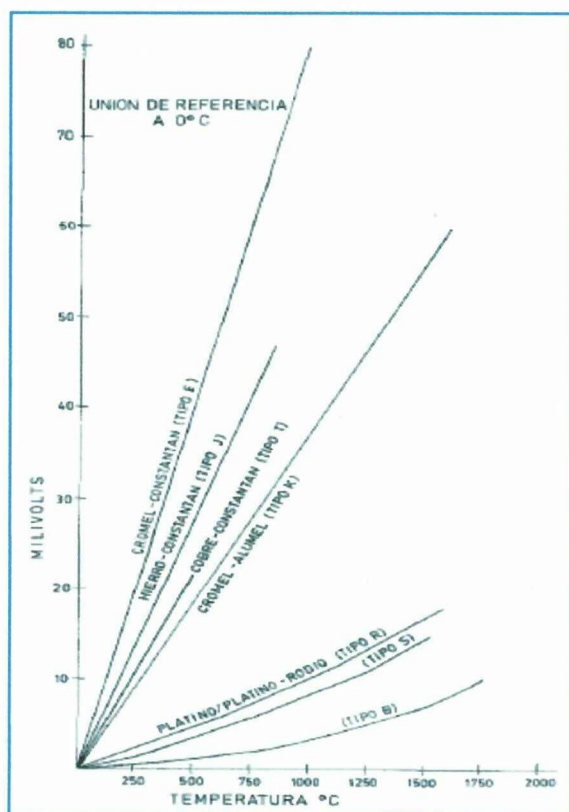
Si estas recomendaciones no se cumplen aparecen tensiones térmicas de corriente continua que dan lugar a un desplazamiento en la calibración del instrumento.

El termopar es susceptible al ruido eléctrico industrial debido a que durante su funcionamiento puede generar tensiones de 2 a 50 mV y se encuentra en un entorno donde las grandes máquinas eléctricas (motores) pueden crear cientos de mili voltios en el cable de conexión.

Por otro lado, el termopar, trabajando como una antena, puede recoger radiación electromagnética de radio, TV y microondas.

De aquí que se requiera que los cables de conexión estén torcidos y dentro de una funda metálica que se pone a tierra, que la unión de medida esté puesta a tierra, y que el amplificador tenga una buena relación señal/ruido.

FIGURA 1. 10
CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LOS TERMOPARES



Fuente: Antonio Creus Solé. Instrumentación Industrial. Editorial Alfaomega. 6ta edición. 1999



1.3. ACONDICIONADORES DE SEÑALES

Cada aplicación de medida en la industria hace uso de múltiples sensores cuya salida eléctrica depende de factores varios como el rango de temperatura de trabajo, la frecuencia de respuesta, precisiones requeridas, etc. La mayoría de estos sensores necesita un sistema capaz de acondicionar la señal antes que esta sea registrada por un sistema de adquisición de datos.

El acondicionamiento de señal previo a la adquisición de los datos supone la linealización de la señal, el filtrado de la misma, la amplificación de la salida eléctrica, etc. Dependiendo del tipo de sensor en uso y de la tecnología del mismo deberemos enfocarnos en una u otra solución.

La mayoría de las señales requieren de preparación antes de poder ser digitalizadas. Por ejemplo, una señal de un termopar es muy pequeña y necesita ser amplificada antes de pasar por el digitalizador. Otros sensores como RTD, Termistores, galgas extensiométricas y acelerómetros requieren de poder para operar.

1.3.1. Acondicionamiento de una RTD

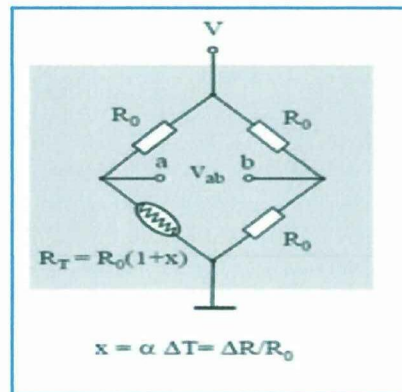
La RTD ofrece un cambio de resistencia eléctrica como respuesta al cambio de la temperatura que es la que se pretende medir. Medir la temperatura implica, entonces, medir la resistencia de la RTD. En la práctica, se emplean varios sistemas acondicionadores para evaluar las variaciones de RT.

Entre los más generalizados se encuentran los puentes de resistencias alimentados con fuentes de tensión o de corriente continua y las conexiones directas de la RTD con sistemas amplificadores de instrumentación a 2, 3 y 4 hilos.

Si consideramos el modelo lineal de RTD, se obtiene el valor de la tensión de salida del puente (V_{ab}), la cual vemos que es dependiente de la tensión de alimentación del puente y de la temperatura de la RTD. Podemos linealizar la expresión de V_{ab} si suponemos que $2 \gg x$, resultando $V_{ab} = V_x/4$. El error que se comete en la aproximación es: $(\alpha T/2)100$. El valor de αT puede llegar a ser 0,5

y el error puede ser del 25%. Este error se puede reducir alimentando el puente con una fuente de corriente.

FIGURA 1. 11
PUENTE DE WHEATSTONE ALIMENTADO CON UNA FUENTE DE VOLTAJE.



Fuente:

http://usuarios.multimania.es/javalmu/ud/senres_archivos/image055.gif

$$V_{ab} = V \left[\frac{R_0(1+x)}{R_0(1+x)+R_0} - \frac{1}{2} \right] = V \frac{x}{2(2+x)} \quad \text{Ec - 1.2}$$

Suponiendo $2 \gg x$ $V_{ab} = V \frac{x}{4} \Rightarrow V \frac{\Delta R}{4R_0}$ Ec - 1.3

Sensibilidad del puente $S_p = \frac{\Delta V_{ab}}{\Delta T} \cong V \cdot \frac{\alpha}{4}$ Ec - 1.4

La sensibilidad es proporcional a la tensión de alimentación del puente

- Error de linealización relativo: $-\frac{\alpha T}{2} 100$

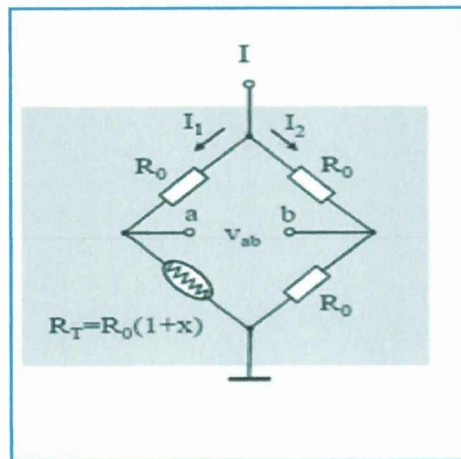
Si en lugar de excitar el puente de Wheatstone con una fuente de tensión lo se hace con una fuente de corriente de valor I.

La tensión V_{ab} que resulta a la salida del puente es de nuevo no lineal, el error de linealidad es la mitad que para el puente excitado con fuente de tensión.

Por otro lado la sensibilidad del sistema de medida es independiente de la temperatura a medir y aumenta con el valor de la corriente de excitación y con el valor de la resistencia de la RTD.

FIGURA 1. 12

PUENTE DE WHEATSTONE ALIMENTADO CON UNA FUENTE DE CORRIENTE.



Fuente:

http://usuarios.multimania.es/javalmu/ud/senres_archivos/image057.gif

$$I = I_1 + I_2 \quad \text{Ec - 1.5}$$

$$I_1 R_0 + V_{ab} I_2 R_0 = 0; I_1 R_0 (1 + x) I_2 R_0 V_{ab} = 0 \quad \text{Ec - 1.6}$$

$$V_{ab} = I R_0 \frac{x}{4+x} \quad \text{Ec - 1.7}$$

$$\text{Suponiendo } 4 \gg X \quad V_{ab} \approx I R_0 \frac{x}{4} = I \frac{\Delta R}{4} \quad \text{Ec - 1.8}$$

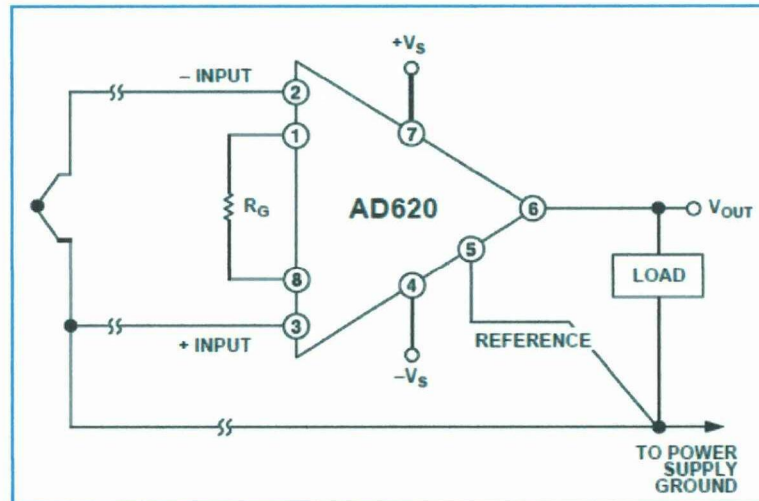
$$\text{Sensibilidad del puente} \quad S_p = \frac{\Delta V_{ab}}{\Delta T} \approx I \cdot R_0 \frac{\alpha}{4} \quad \text{Ec - 1.9}$$

$$\text{Error de linealización relativo: } -\frac{\alpha T}{4} \cdot 100$$

Mitad que en el puente alimentado en tensión

Para utilizar una RTD en un sistema de medida de temperatura, generalmente hay que hacerle pasar una corriente eléctrica. Esta corriente es recomendable que sea menos de 1 mA.

FIGURA 1. 14
AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN PARA TERMOCUPLA



Fuente: Datasheet revisión E,

El circuito integrado MAX6675 de Maxim/Dallas Semiconductor es un convertidor analógico al digital para termopares tipo K, el termopar tipo K, de cromo - aluminio, se recomienda en atmósferas oxidantes y a temperaturas de trabajo entre 500 y 12500°C. No debe ser utilizado en atmósferas reductoras ni sulfurosas a menos que esté protegido con un tubo de protección.

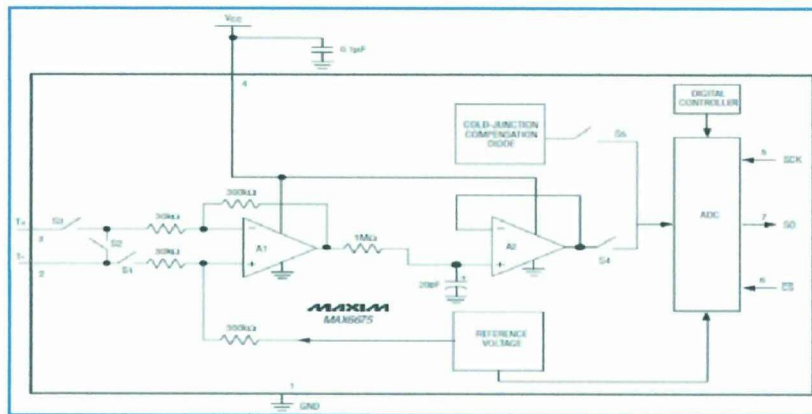
Dentro de este pequeño circuito se encuentra la electrónica necesaria para amplificar, compensar y convertir a digital el voltaje generado por el termopar, lo que hace muy sencilla la tarea de conectar un termopar a un microcontrolador. El único “pero” es que este circuito solo se consigue en encapsulado SOIC, por lo que no es tan fácil usarlo en el protoboard.

Hay algunas características importantes que se deben tomar en cuenta antes de usar este circuito, a continuación las más importantes:

- Interfaz compatible con Interfaz Periférico Serial (SPI) solo de lectura.
- Resolución de 12 bits, 0.25 grados centígrados.
- Medición hasta 1024 grados centígrados.
- Alimentación de 3.3 a 5 volts.

- Frecuencia de reloj SPI máxima frecuencia de muestreo del oscilador (Fsc1) 4.3 Mhz.
- Tiempo de conversión 0.17 s máximo 0.22 segundos.
- Consumo máximo de 1.5 mA.

FIGURA 1. 15
DIAGRAMA DE BLOQUES DEL MAX 6675



Fuente: Datasheet

El MAX6675 se conecta con un microcontrolador mediante una interfaz de 3 líneas compatible con el estándar SPI. El formato en el que el MAX6675 envía datos al microcontrolador es el siguiente.

FIGURA 1. 16
FORMATO DE SALIDA DEL MAX 6675

BIT	DUMMY SIGN BIT	12-BIT TEMPERATURE READING												THERMOCOUPLE INPUT	DEVICE ID	STATE
Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	0	MSB											LSB		0	Three-state

Fuente: Datasheet

Como se puede observar, además de la palabra digital correspondiente a la temperatura tenemos un bit que nos indica si el termopar está abierto

(desconectado o roto, por ejemplo) que podemos usar para tomar acciones correctivas o informativas en el software, como disparar una alarma o mostrar un aviso.

1.4. Autómatas Programables

El autor PORRAS, A/ MONTANERO, A en su texto “Autómatas Programables” define a los PLCs como “Se entiende por Controlador Lógico Programable (PLC) o Autómata Programable, a toda máquina electrónica diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales.

Realiza funciones lógicas: series, paralelos, temporizaciones, contajes y otras más potentes como cálculos, regulaciones, etc.” Pág. N° 10.

1.4.1. PLC S7 1200

1.4.1.1. Características

El SIMATIC S7-1200 es modular, compacto e ideal para aplicaciones de automatización pequeñas. Ofrece algunas características entre las cuales podemos mencionar las más importantes:

- Alta capacidad de procesamiento. Cálculo de 64 bits.
- Interfaz Ethernet / PROFINET integrado.
- Entradas analógicas integradas.
- Bloques de función para control de ejes conforme a PLC open.
- Programación mediante la herramienta de TIA PORTAL v11 para la configuración y programación no sólo del S7-1200, sino de manera integrada los paneles de la gama Simatic Basic Panel.

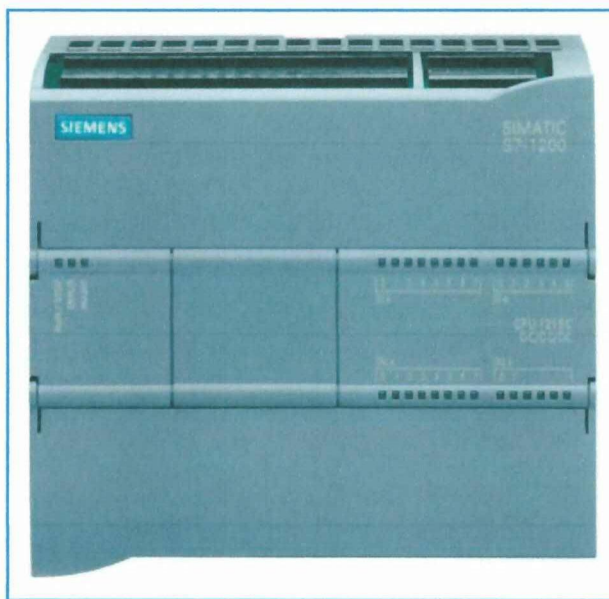
1.4.2. Tipos de CPUs

El PLC S7-1200 viene equipado con tres modelos diferentes de CPU la CPU 1211C, CPU 1212C y CPU 1214C que se expanden a las necesidades y requerimientos de las máquinas. Un Cuadro de señales (SignalBoard) puede

añadirse en la parte frontal de cualquiera de las CPUs de manera que se pueden expandir fácilmente las señales digitales y analógicas sin afectar al tamaño físico del controlador.

A la derecha de la CPU pueden colocarse los módulos de ampliación de entradas y salidas (E/S) digitales y analógicos.

FIGURA 1. 17
CPU 1214C AC/DC/RLY



Fuente: <https://support.automation.siemens.com/>

1.4.2.1. CPU 1214C AC/DC/Relay

Es una CPU compacta cuyo número de serie es 6ES7 214-1BG31-0XB0, viene incorporado un socket que puede ser utilizado para conectar Tarjetas de Señales (SB) o Módulos de Comunicación (CM), el mismo que puede entregar una corriente máxima de 1600 mA y un voltaje de 5VDC.

Posee una fuente de 24VDC para alimentar sensores o para ser empleada en las entradas digitales con una corriente máxima de 400mA.

La leyenda AC/DC/Relay, significa que la CPU se alimenta con corriente alterna, las entradas digitales necesitan de un voltaje DC para que se activen y las salidas digitales son a relé.

Vienen incorporadas 14 entradas digitales y 10 salidas digitales. Cuando una entrada digital es usada, existe un consumo de 4mA.

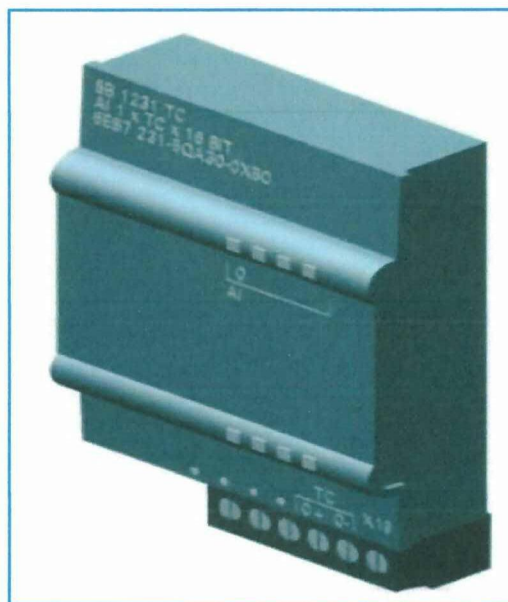
También existe como parte de la CPU 2 entradas de voltaje con un rango de 0 a 10VDC. Soporta hasta un máximo de 8 módulos de expansión de señales (SM).

1.4.3. Tarjeta de Señal (SB) para Termocupla

La SignalBoard SB 1231 TC, 1 AI con número de serie 6ES7231-5QA30-0XB0, es una tarjeta para conectar directamente una termocupla de tipo J o K y medir la temperatura presente donde el sensor se encuentre ubicado, el valor representado en el PLC viene en grados centígrados.

Con esta tarjeta no es necesario acondicionar ni compensar las señales de la termocupla de forma externa. Posee leds indicadores para verificar el estado de la entrada; es decir, si la termocupla está o no está conectada.

**FIGURA 1. 18
SIGNAL BOARD 1231 TC**



Fuente: http://www.carven-shop.com/233-thickbox_default/signal-board-sb-1231-rtd-siemens.jpg.

1.4.4. TIA Portal

El Portal de Automatización Totalmente Integrada (Totally Integrated Automation Portal) es un innovador sistema de ingeniería para todas las tareas de automatización el cual es intuitivo, eficiente y permite diseñar procesos de forma óptima desde una sola pantalla de ordenador.

FIGURA 1. 19
HERRAMIENTAS DE SOFTWARE DE TIA PORTAL



Fuente:

http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/software/tia_portal/PublishingImages/TIAPFunciones.jpg.

El portal de automatización totalmente integrada (TIA), reúne todas las herramientas de software de automatización dentro de un único entorno de desarrollo.

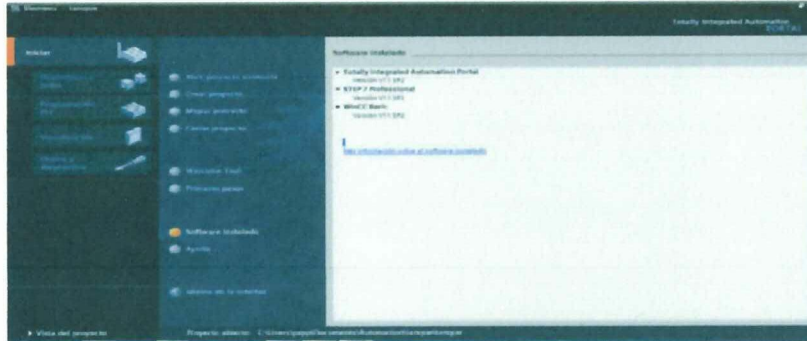
Con el primer software de la industria con un solo entorno de ingeniería, TIA Portal supone un hito en el desarrollo de software. Un proyecto de software único para todas las tareas de automatización.

Para abrir el TIA portal se lo hace mediante al acceso directo presente en el escritorio de Windows, la apariencia es como la mostrada en la figura 1.19.

La interfaz que presenta el software es como la que mostrada en la figura 1.20.



FIGURA 1. 20
INTERFAZ DE SOFTWARE INSTALADO DEL TIA PORTAL



Fuente: Investigación de Campo

Como se puede observar en la figura 1.20 se tiene instalado el TIA Portal V11 SP2, STEP 7 Profesional V11 SP2 y WinCC Basic V11 SP2.

Desde esta interfaz el usuario puede:

- Abrir proyectos existentes.
- Crear nuevos proyectos.
- Migrar proyectos de versiones anteriores.
- Cerrar proyectos.
- Ver el software instalado.
- Agregar dispositivos (PLCs, Paneles, etc.).
- Programar PLCs y configurar paneles.
- Realizar un diagnóstico en línea con PLC y paneles.
- Entre otras cosas.

1.4.5. Adquisición de Señales Analógicas

El PLC S7 1200 posee dos entradas analógicas incorporadas con la CPU (AI0 y AI1 representación física), con un rango de 0 a 10VDC.

En forma lógica; es decir, la dirección del canal, para la AI0 se tiene IW64 y para la AI1 se tiene IW66.

La letra (I), representa el área de memoria utilizada para las entradas, la letra (W), significa que es un tipo de dato Word (16 bits) cuyo valor varía entre 0 y 65535 en decimal o entre 0000 y FFFF en hexadecimal.

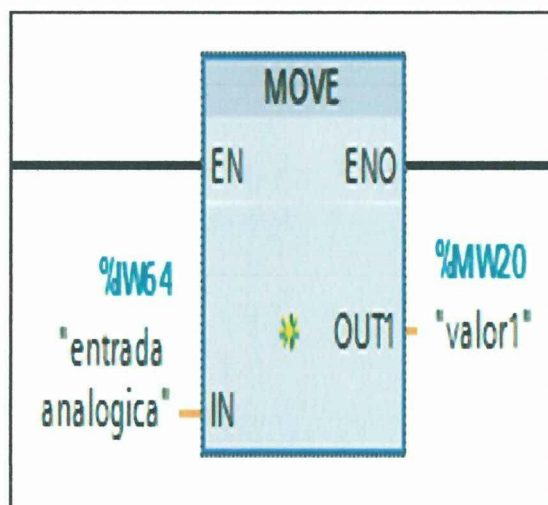
Los números 64 y 66 representan la ubicación en el área de memoria. La variación de 0 a 10VDC, es representada en el PLC con un valor decimal comprendido entre 0 y 27648; es decir, 0VDC representa un valor de 0 y 10VDC representa un valor de 27648.

La función empleada en el bloque de programa del TIA Portal para adquirir una señal analógica es la MOVE. Esta función mueve el dato que se encuentra en el parámetro IN al parámetro OUT1.

Como ejemplo en la figura 1.19 se transfiere el dato de la entrada analógica cero (IW64 etiquetada con el nombre entrada analógica) a una marca interna MW20 etiquetada con el nombre valor1.

La letra (M), representa el área de memoria utilizada para marcas internas, la letra (W), significa que es un tipo de dato Word (16 bits) cuyo valor varía entre 0 y 65535 en decimal o entre 0000 y FFFF en hexadecimal. El número 20 representa la ubicación en el área de memoria.

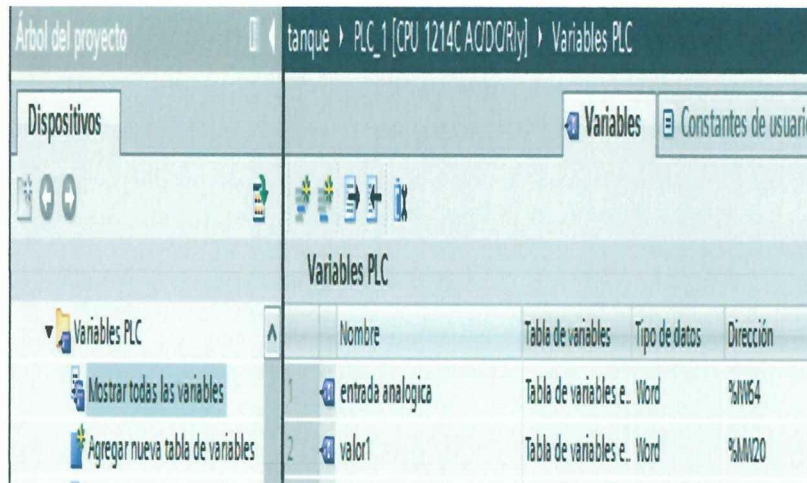
FIGURA 1. 21
EJEMPLO DE LA FUNCIÓN MOVE



Fuente: Software TIA Portal V11

El nombre de las etiquetas se las edita en la parte del Árbol del Proyecto llamada Variables PLC del TIA Portal. El ejemplo se muestra en la figura 1.22.

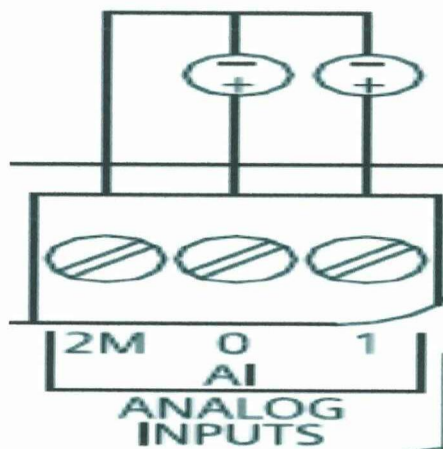
FIGURA 1. 22
TABLA DE VARIABLES



Fuente: Software TIA Portal V11

La conexión física de las 2 entradas analógicas representada con fuentes, se muestra en la figura 1.23.

FIGURA 1. 23
CONEXIÓN DE ENTRADAS ANALÓGICAS



Fuente: Manual S7 1200, pág. 313

1.4.6. Entradas y Salidas Digitales

El PLC S7 1200 posee 14 entradas digitales a 24VDC, direccionadas de la siguiente manera:

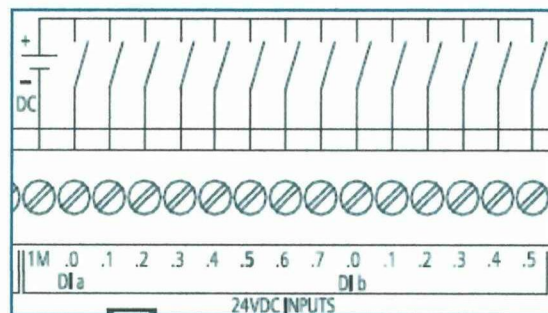
TABLA 1. 2
ENTRADAS DIGITALES Y SUS DIRECCIONES INTERNAS

Número de Entrada	Dirección
1	I0.0
2	I0.1
3	I0.2
4	I0.3
5	I0.4
6	I0.5
7	I0.6
8	I0.7
9	I1.0
10	I1.1
11	I1.2
12	I1.3
13	I1.4
14	I1.5

Fuente: Investigación de Campo

El cableado de cada entrada digital para su correcto funcionamiento se muestra en la figura 1.24.

FIGURA 1. 24
CABLEADO ENTRADAS DIGITALES



Fuente: Manual PLC S7 1200,

El PLC S7 1200 posee de 10 salidas digitales a relé, direccionadas de la siguiente manera:

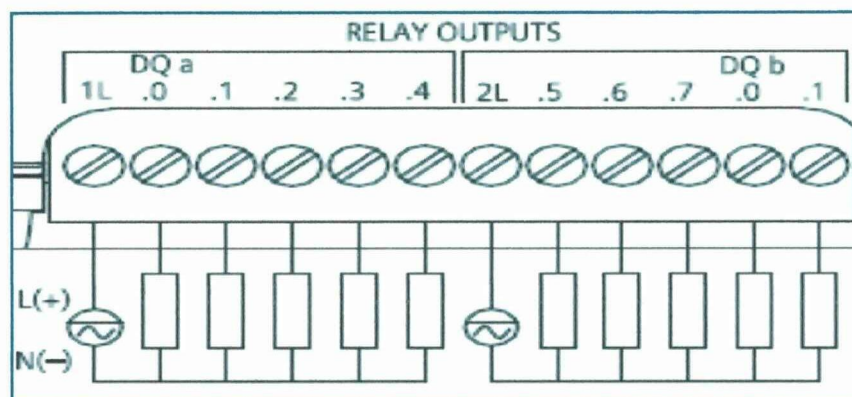
TABLA 1. 3
SALIDAS DIGITALES Y SUS DIRECCIONES INTERNAS

Número de Salida	Dirección
1	Q0.0
2	Q0.1
3	Q0.2
4	Q0.3
5	Q0.4
6	Q0.5
7	Q0.6
8	Q0.7
9	Q1.0
10	Q1.1

Fuente: Investigación de Campo

El cableado de cada salida digital para su correcto funcionamiento se muestra en la figura 1.25.

FIGURA 1. 25
CABLEADO SALIDAS DIGITALES



Fuente: Manual PLC S7 1200

1.4.7. Profinet

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

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

La CPU S7-1200 puede comunicarse con otras CPUs S7-1200, TIA Portal (software de programación), dispositivos HMI y dispositivos no Siemens que utilicen protocolos de comunicación TCP estándar. Hay dos formas de comunicación vía PROFINET:

- Conexión directa. La comunicación directa se utiliza para conectar un software de programación, dispositivo HMI u otra CPU a una sola CPU.
- Conexión de red. La comunicación de red se utiliza si deben conectarse más de dos dispositivos (p. ej. CPUs, HMIs, software de programación y dispositivos no Siemens).

Para la conexión directa entre un software de programación o un HMI y una CPU no se requiere un switch Ethernet. Un switch Ethernet se requiere para una red que incorpore más de dos CPUs o dispositivos HMI. En la figura 1.26 se muestra una conexión directa entre un panel HMI y una CPU.

FIGURA 1. 26
CONEXIÓN PROFINET DIRECTA



Fuente: Manual de producto, 11/2011, A5E02486778-04

1.5. PANELES BÁSICOS HMI SIMATIC

1.5.1. *Características y Tipos*

Siemens AG, en su documento catálogo “Simatic HMI Panels”, caracteriza a los paneles básicos HMI de la siguiente manera “La visualización permite mejorar considerablemente la calidad del proceso incluso en máquinas compactas o aplicaciones de pequeño alcance. Hasta ahora muchas veces se renunciaba a esta posibilidad de manejo y visualización por razones de precio. Los Basic Panels de SIMATIC HMI ofrecen funciones HMI básicas a un precio accesible, lo que abre nuevas posibilidades para el sector de la construcción de maquinaria.” Pág. No 13.

Pantallas de alta calidad en distintos tamaños

Los Basic Panels de SIMATIC HMI están disponibles con pantallas de entre 3" y 15". Esto permite adaptarlos a la perfección a cualquier tamaño de área de visualización y al espacio disponible en el lugar de uso. Para una flexibilidad aún mayor, los equipos de 4" y 6" también pueden configurarse para su uso con lado corto horizontal.

Manejo mediante pantalla táctil o teclas.

Los equipos de 4", 6" y 10" están provistos de pantallas táctiles y teclas configurables adicionales.

Como novedad, están los equipos de 4" con pantallas Widescreen de alta resolución en color y manejo por teclas o combinado por teclas y táctil.

El equipo de 15" es idóneo para visualizar sinópticos de proceso de gran tamaño o muy detallados. En este caso, la aplicación se maneja exclusivamente a través de la pantalla táctil.

La gama de Basic Panels se completa por abajo con el KP300 Basic mono PN, provisto de una pantalla de 3" “Diseño robusto para entornos rudos”

Con el grado de protección IP65 (en el lado frontal), los Basic Panels de SIMATIC HMI también son aptos para su empleo en entornos rudos.

Las teclas ofrecen respuesta táctil y pueden manejarse fácilmente con guantes.

Funcionalidad integrada en todos los tamaños de pantalla

Todos los Basic Panels ofrecen la misma funcionalidad, sea cual sea el tamaño de la pantalla: Todos los equipos permiten utilizar el sistema de alarmas, la administración de recetas, las funciones de curvas, tendencias y cambio de idioma.

En resumen

- Ideal para tareas de visualización de pequeño alcance.
- La misma funcionalidad en todos los tamaños de pantalla.
- Pantallas con funciones táctiles para el manejo intuitivo.
- Teclas de libre configuración con respuesta táctil.
- Variantes para la conexión a PROFINET o PROFIBUS.
- Proyectos transferibles a Confort Panels de SIMATIC.
- HMI con compatibilidad hacia arriba.

1.5.2. Panel KTP 600 Basic Mono PN

Es una pantalla de cristal líquido de 5.7", tiene una resolución de 320x240 pixeles, tiene como elementos de mando una pantalla táctil y 6 teclas, posee una memoria de usuario de 512 Kbytes, la interfaz de comunicación es Profinet

1.6. SENSOR ULTRASÓNICO SRF02

Es un sensor ultrasónico de distancia que acepta comunicación I2C y serie.

1.6.1. Características

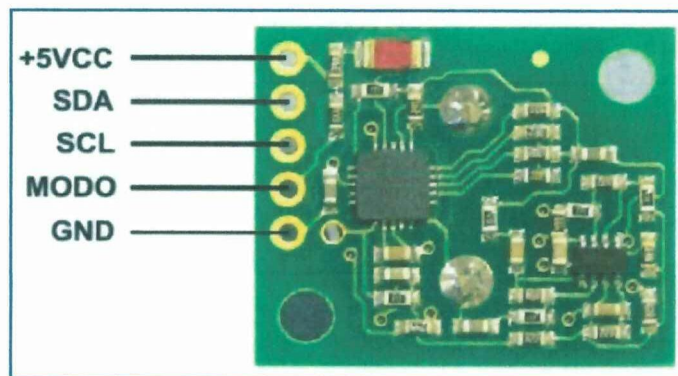
- Voltaje de Alimentación 5VDC.
- Consumo típico 4mA.
- Frecuencia ultrasónica de 40 KHz.
- Rango de medida desde 15 cm hasta 6 m.
- Interface serial estándar o protocolo bus I2C.
- Medida expresada en μ s, cm o pulgadas.

1.6.2. Modo de Comunicación I2C

La comunicación I2C es un tipo de comunicación serial sincrónica; es decir, que necesita de una señal de reloj (SCL) y una de datos (SDA). Cuando se utiliza esta comunicación el terminal MODO se deja desconectado. La distribución de pines del sensor se muestra en la figura 1.27.

FIGURA 1. 27

DISTRIBUCIÓN DE PINES DEL SFR02



Fuente: Hoja de datos

1.7. MICROCONTROLADOR PIC16F877A

Un microcontrolador es un dispositivo que realiza una determinada tarea de acuerdo al programa que se encuentre cargado en su memoria.

El PIC16F877A es un microcontrolador de 40 pines, posee 5 puertos de comunicación para entrada y salida, comunicación USART (Transmisión Recepción Universal Sincrónica Asincrónica), necesita de un oscilador de cristal externo para su funcionamiento.

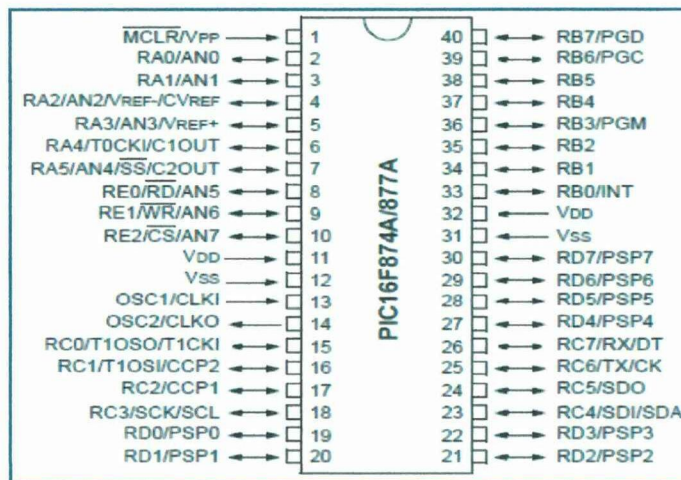
Además tiene tres tipos de memoria:

- Memoria de Programa tipo flash.
- Memoria de datos tipo SRAM.
- Memoria EEPROM.

La distribución de pines de este microcontrolador se muestra en la figura 1.28.

FIGURA 1. 28

DISTRIBUCIÓN DE PINES DEL PIC16F877A



Fuente: Hoja de datos

1.8. PIC – C

El nombre completo es PIC micro, aunque generalmente se utiliza como Peripheral Interface Controller (controlador de interfaz periférico). El autor GARCIA, Eduardo en su obra “Compilador C CCS y simulador PROTEUS para micro controladores PIC” define al compilador C de CCS “ha sido desarrollado específicamente para PIC MCU, obteniendo la máxima optimización del compilador con estos dispositivos. Dispone de una amplia librería de funciones

predefinidas, comandos de preprocesador y ejemplos. Además, suministra los controladores (drivers) para diversos dispositivos como LCD, convertidores AD, relojes en tiempo real, etc.

Un compilador convierte el lenguaje de alto nivel a instrucciones en código máquina; un cross-compiler es un compilador que funciona en un procesador (normalmente en un PC) diferente al procesador objeto.

El compilador CCS C es un cross-compiler. Los programas son editados y compilados a instrucciones máquinas en el entorno del trabajo del PC, el código máquina puede ser cargado del PC al sistema PIC mediante ICD2 (o mediante cualquier programador) y puede ser depurado (punto de ruptura, paso a paso, etc.) desde el entorno del trabajo del PC.”. Pág. No 23.

CAPÍTULO II

2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se analiza los datos de la encuesta realizada a los docentes y estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi

2.1. ENTORNO DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN

La Universidad Técnica de Cotopaxi, es una Institución de Educación Superior Pública, Laica y Gratuita, creada mediante ley promulgada en el Registro Oficial N.- 618 del 24 de enero de 1995, y que forma parte del Sistema Nacional de Educación Superior Ecuatoriano. Se rige por la Constitución Política del Estado, la Ley de Educación Superior y otras leyes conexas.

Es una Institución Universitaria sin fines de lucro que orienta su trabajo hacia los sectores urbanos, marginales y campesinos; que busca la verdad y la afirmación de la identidad nacional y que asume con responsabilidad el aseguramiento de la libertad en la producción y difusión de los conocimientos y del pensamiento democrático y progresista para el desarrollo de la conciencia antimperialista del pueblo.

Cuenta con las siguientes Unidades Académicas: Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Ciencias Humanísticas y del Hombre, Ciencias Agropecuarias, Ambientales y Veterinarias.

La Universidad tiene como misión: Contribuir en la satisfacción de las demandas de formación y superación profesional, en el avance científico, tecnológico y en el

desarrollo cultural, universal y ancestral de la población ecuatoriana para lograr una sociedad solidaria, justa, equitativa y humanista.

Para ello, desarrolla la actividad docente con niveles adecuados de calidad, brindando una oferta educativa alternativa en pregrado y posgrado, formando profesionales analíticos, críticos, investigadores, humanistas capaces de generar ciencia y tecnología.

Así mismo, realiza una actividad científico-investigativa que permite brindar aportes en la solución de los problemas más importantes de su radio de acción, y a través de la vinculación con la colectividad, potencia el trabajo extensionista. Se vincula con todos los sectores de la sociedad, especialmente, con aquellos de escasos recursos económicos, respetando todas las corrientes del pensamiento humano.

La Universidad Técnica de Cotopaxi orienta sus esfuerzos hacia la búsqueda de mayores niveles de calidad, pertinencia y cooperación nacional e internacional, tratando de lograr niveles adecuados de eficiencia, eficacia y efectividad en su gestión.

Se distingue de otras instituciones de educación superior de la provincia por ser una universidad alternativa vinculada fuertemente al pueblo en todas sus actividades.

DISEÑO METODOLÓGICO

2.2. CALCULO DE LA POBLACIÓN Y LA MUESTRA

De acuerdo a lo planteado la Investigación abarca a Docentes y Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, los mismos que se detallan a continuación: En el ámbito docente se encuestó a siete docentes quienes imparten las asignaturas del Área de Control y Automatización a los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica.

En el ámbito estudiantil se encuestó a setenta y nueve estudiantes, que cursan durante la investigación los niveles Sexto, Séptimo y Octavo de Ingeniería Electromecánica en las asignaturas de Control industrial, Sistemas de control, PLC, y Medidas eléctricas e Instrumentación.

Por lo anteriormente expuesto la población de la investigación corresponde a una población finita, no amerita establecer la muestra por el tamaño reducido del universo.

2.3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA REALIZADA A LOS DOCENTES DE LA CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE INGENIERÍAS Y APLICADAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

La encuesta realizada estuvo dirigida a los docentes de la Carrera de Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con la información obtenida se puede establecer si es factible implementar el Banco de Pruebas.

El modelo de encuesta aplicada está disponible en el ANEXO 1, la misma que consta de cinco preguntas, a continuación se detalla los resultados obtenidos con su respectivo análisis para cada pregunta.

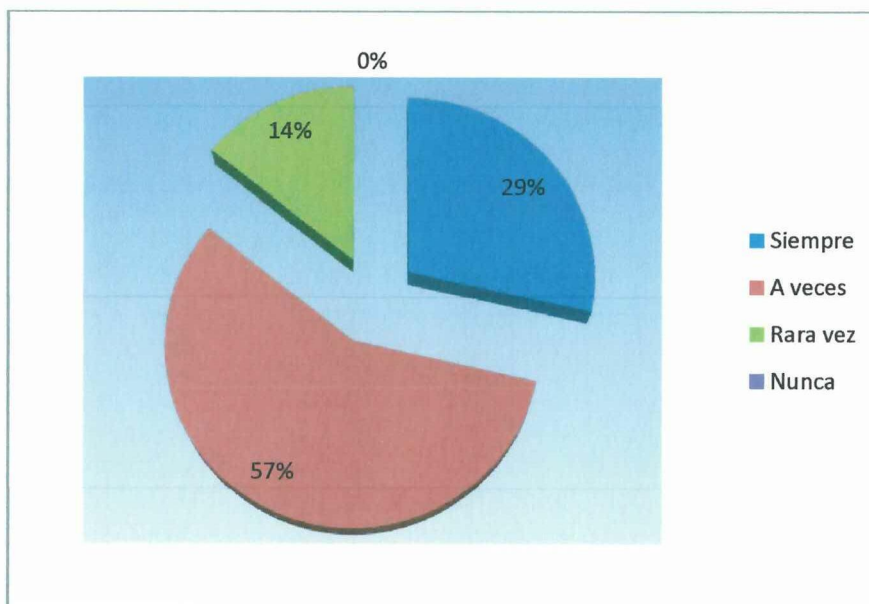
1. ¿Con qué frecuencia utiliza el laboratorio para realizar prácticas con los estudiantes?

TABLA 2. 1
UTILIZACIÓN DEL LABORATORIO

OPCIÓN	F
Siempre	2
A veces	4
Rara vez	1
Nunca	0
Total	7

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

FIGURA 2. 1
UTILIZACIÓN DEL LABORATORIO



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

De los 7 maestros encuestados el 29% manifiesta que utiliza el laboratorio para prácticas con sus estudiantes siempre, mientras que el 57% a veces y el 14% rara vez. Mediante un análisis de los indicadores obtenidos al aplicar esta pregunta a los docentes se puede deducir que en su mayoría no se utiliza con mayor frecuencia el laboratorio con los estudiantes, usándolo únicamente de forma periódica y no simultánea.

2. ¿Cree usted que los módulos existentes en el laboratorio de electromecánica cumplen los requerimientos básicos para realizar prácticas?

TABLA 2. 2

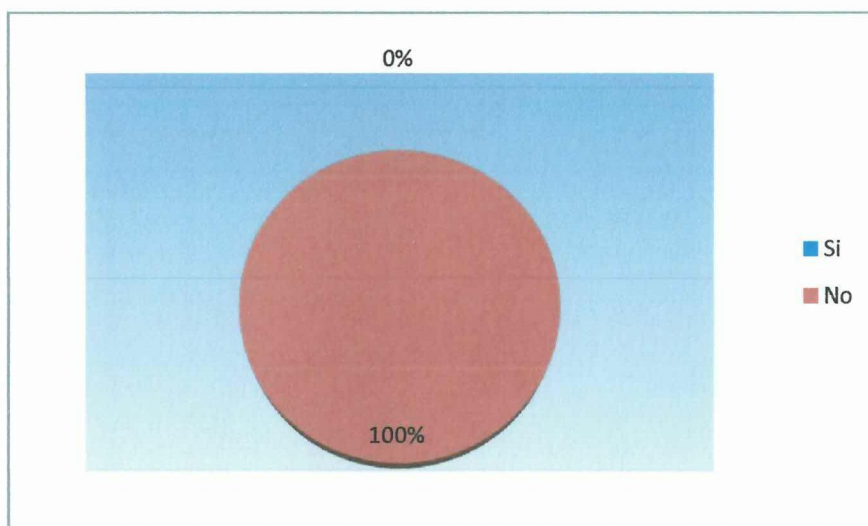
LABORATORIO DE LA CARRERA

OPCIÓN	F	%
Si	0	0
No	7	100
Total	7	100

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Autores

FIGURA 2. 2

LABORATORIO DE LA CARRERA



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

De los 7 docentes encuestados manifiestan en su totalidad, es decir el 100%, que los módulos existentes en el laboratorio no cumplen con requerimientos básicos para realizar prácticas. Siendo un posible motivo de inconformidad para los alumnos y docentes, pues en condiciones como esta, no es posible el desarrollo correcto de las prácticas que permitan afianzar los conocimientos, demostrando que existe necesidad de contar con módulos que al menos cumplan con los requerimientos básicos.

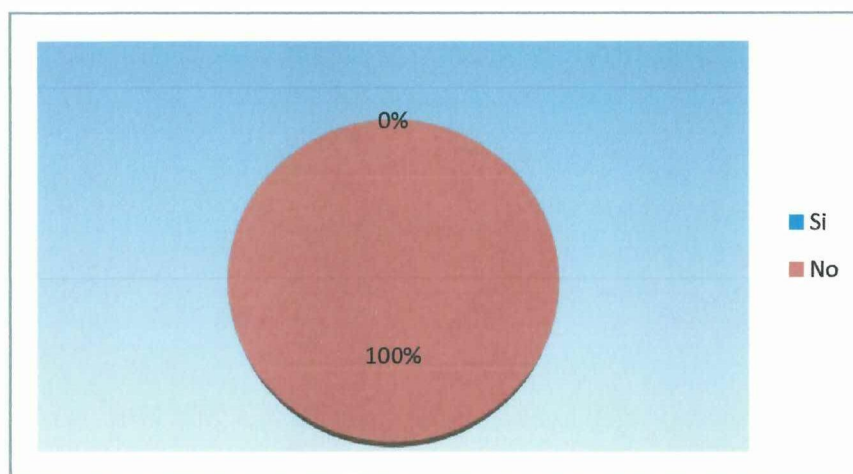
3. ¿Cree usted que la explicación teórica es suficiente para obtener resultados aceptables en el campo laboral?

TABLA 2. 3
EXPLICACIÓN TEÓRICA

OPCIÓN	F	%
Si	0	0
No	7	100
Total	7	100

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Autores

FIGURA 2. 3
EXPLICACIÓN TEÓRICA



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

De los 7 docentes encuestados, en su totalidad, es decir el 100% creen que no es suficiente una explicación teórica para obtener buenos resultados en el campo laboral.

Se puede deducir que es indispensable tener un equipo adecuado que permita complementar la teoría con la práctica, para de esta forma lograr el desarrollo de un mejor aprendizaje que mejore el nivel de conocimientos del futuro profesional.

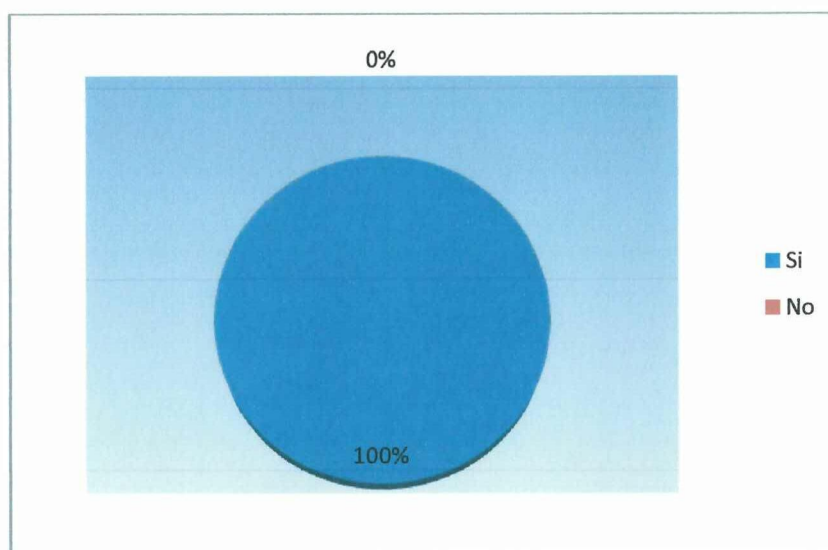
4. ¿Considera importante la implementación del módulo didáctico para realizar monitoreo de variables analógicas?

TABLA 2. 4
IMPLEMENTACIÓN DEL MODULO DIDÁCTICO

OPCIÓN	F	%
Si	7	100
No	0	0
Total	7	100

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

FIGURA 2. 4
IMPLEMENTACIÓN DEL MODULO DIDÁCTICO



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

De los 7 docentes encuestados, el 100% considera importante la implementación del módulo didáctico para realizar monitoreo de variables analógicas en el laboratorio. Se puede interpretar que es necesaria la pronta implementación del

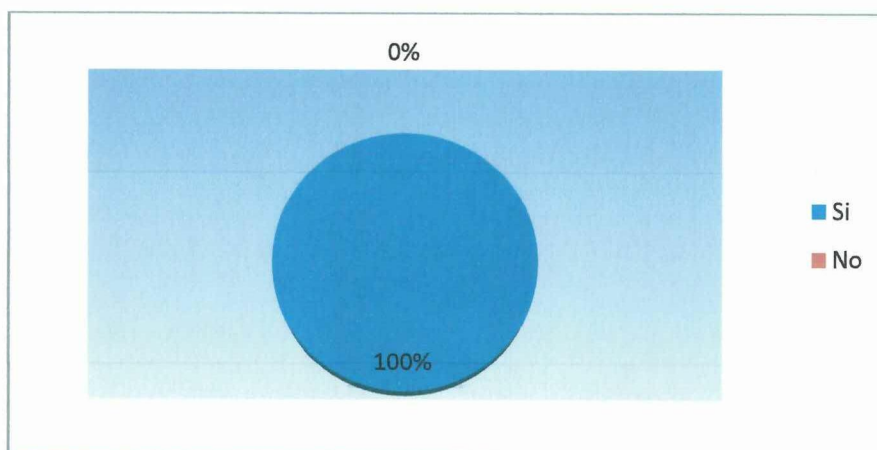
5. ¿Está de acuerdo que al implantar y realizar prácticas en los módulos didácticos del laboratorio de electromecánica, el aprendizaje de los estudiantes mejorará y a la vez será más fácil adaptarse al campo profesional?

TABLA 2. 5
APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES

OPCIÓN	F	%
Si	7	100
No	0	0
Total	7	100

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

FIGURA 2. 5
APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

El 100% de los académicos encuestados considera que el aprendizaje de los estudiantes mejorará y a la vez será más fácil adaptarse en el campo profesional al implantar y realizar prácticas en los módulos didácticos del laboratorio de electromecánica. Los resultados obtenidos demuestran que es de suma importancia la implementación de módulos que permitan realizar prácticas adecuadas, complementando conocimientos y fortaleciendo las actividades de enseñanza aprendizaje en la carrera.

2.4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA APLICADA A LOS SEÑORES ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

La encuesta realizada a los estudiantes estuvo dirigida a los estudiantes de sexto, séptimo, y octavo nivel de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con la información obtenida se puede establecer si es factible diseñar e implementar el banco de pruebas.

El modelo de encuesta aplicada está disponible en el ANEXO 1, la misma que consta de seis preguntas.

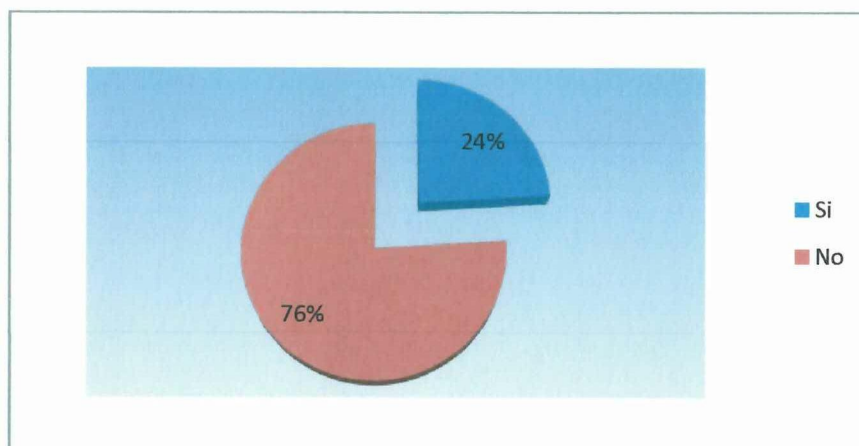
1. ¿La Universidad cuenta con módulos didácticos en el Laboratorio de Electromecánica, para realizar sus prácticas?

TABLA 2. 6
MÓDULOS DIDÁCTICOS PARA PRÁCTICAS

OPCIÓN	F	%
Si	19	24
No	60	76
Total	79	100

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

FIGURA 2. 6
MÓDULOS DIDÁCTICOS PARA PRÁCTICAS



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

De los 79 estudiantes encuestados el 76% manifiesta que la universidad no cuenta con módulos didácticos en el laboratorio de electromecánica para la realización de sus prácticas, mientras que el 24% restante opina lo contrario. De acuerdo con los resultados obtenidos la mayoría de alumnos encuestados opina que la universidad no posee módulos en el laboratorio, siendo un indicador importante pues demuestra la carencia de equipamiento que le permita desarrollar prácticas adecuadas al estudiante, para lo cual se pone en consideración que la institución debería disponer de los módulos didácticos, adecuando de esta forma el laboratorio y garantizando el aprendizaje de los estudiantes.

2. ¿Usted tiene conocimientos sobre equipos y accesorios electromecánicos que se utiliza en una automatización?

TABLA 2. 7

CONOCIMIENTO SOBRE EQUIPOS Y ACCESORIOS

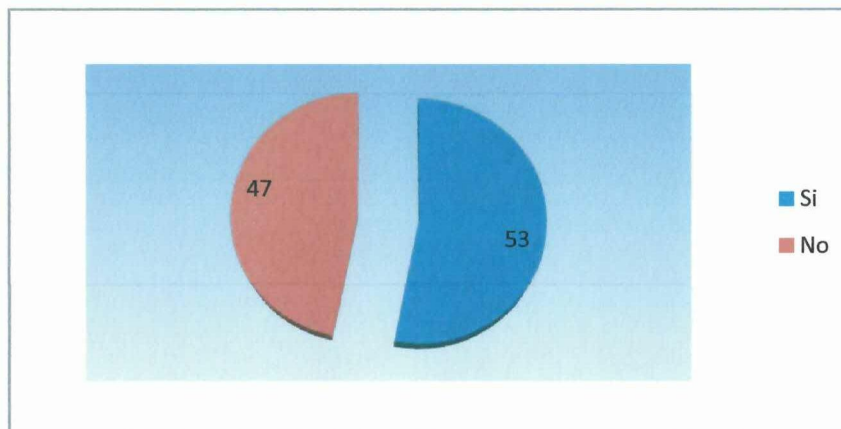
OPCIÓN	F	%
Si	42	53
No	37	47
Total	79	100

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

FIGURA 2. 7

CONOCIMIENTO SOBRE EQUIPOS Y ACCESORIOS



Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

De los 79 estudiantes encuestados, el 53% dice mantener conocimientos sobre equipos y accesorios electromecánicos que se utilizan en una automatización, mientras que el 47% restante manifiesta lo contrario. Se puede deducir que no existe mayor diferencia en cuanto a conocimientos de equipamiento electromecánico por parte de los alumnos, pese a que se supo manifestar en preguntas anteriores que la universidad carece de ciertos equipos, lo que demuestra que se si se mantiene en uso el laboratorio de electromecánica, y es por ello indispensable disponer de los equipos y accesorios adecuados para el aprendizaje del alumnado.

3. De los elementos que se detallan a continuación. Indique el grado de conocimiento:

TABLA 2. 8

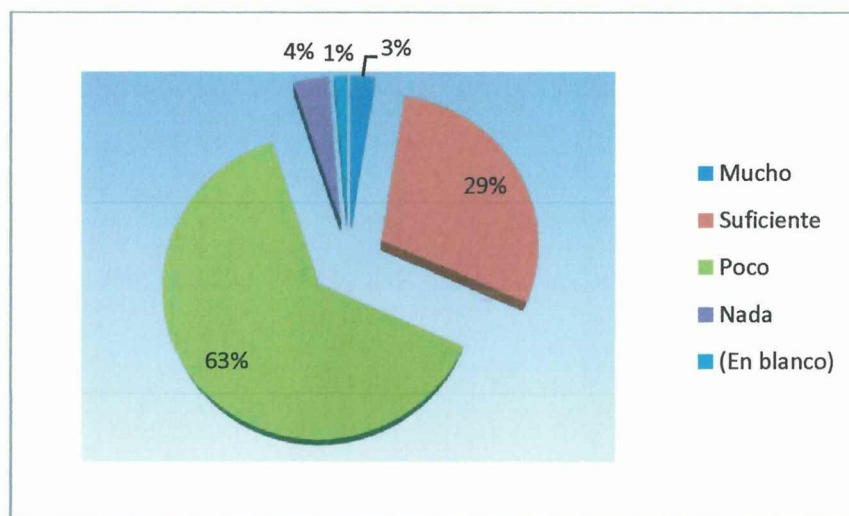
PLC

OPCIÓN	F	%
Mucho	2	3
Suficiente	23	29
Poco	50	63
Nada	3	4
(En blanco)	1	1
Total	79	100

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

FIGURA 2. 8

PLC



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

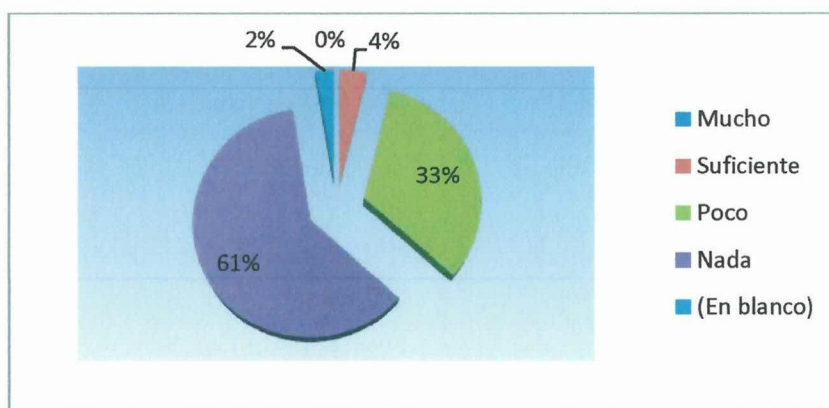
De los 79 estudiantes encuestados, el 3% manifiesta que conoce mucho, el 29% suficiente, el 63% poco, mientras que el 4% manifiesta que no conoce nada con respecto al PLC. Se puede deducir que existen porcentajes considerables de estudiantes que conocen poco o nada del mencionado elemento electromecánico. Lo cual demuestra la falta de enseñanza práctica en el alumnado.

TABLA 2. 9
TOUCH PANEL

OPCIÓN	F	%
Mucho	0	0
Suficiente	3	4
Poco	26	33
Nada	48	61
(En blanco)	2	3
Total	79	100

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

FIGURA 2. 9
TOUCH PANEL



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

De los 79 estudiantes encuestados dicen conocer: El 0% mucho, el 4% suficiente, el 33% poco, mientras que el 61% manifiesta que nada con referencia al touch panel.

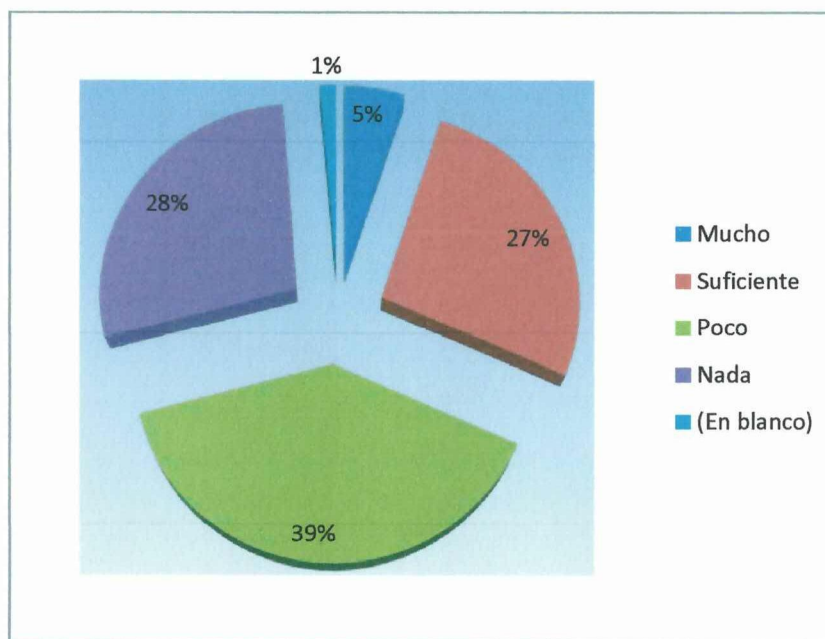
De acuerdo con los datos obtenidos la mayoría de estudiantes dicen no conocer del elemento especificado, siendo un indicador alarmante, pues los alumnos de la carrera deberían mantener suficiente conocimiento sobre mencionado elemento básico.

TABLA 2. 10
ELECTROVALVULAS

OPCIÓN	F	%
Mucho	4	5
Suficiente	21	27
Poco	31	39
Nada	22	28
(En blanco)	1	1
Total	79	100

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

FIGURA 2. 10
ELECTROVÁLVULAS



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

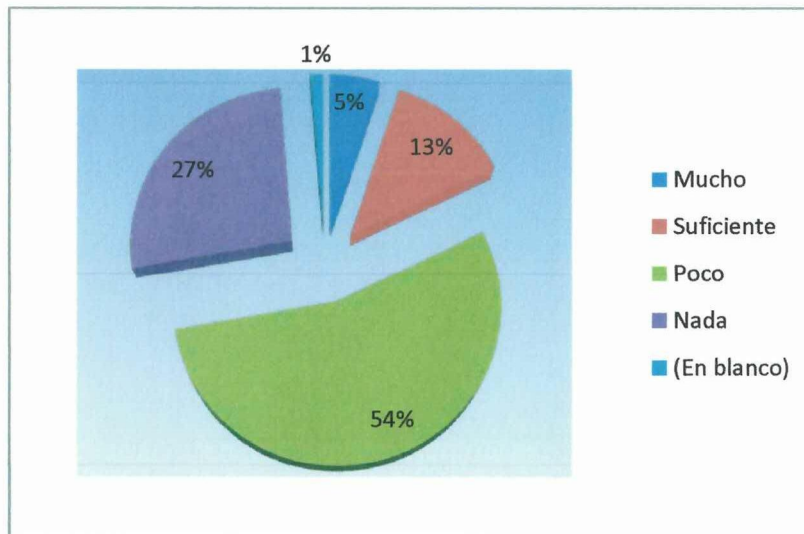
De los 79 estudiantes encuestados dicen conocer: El 5% mucho, el 27% suficiente, el 39% poco, mientras que el 28% manifiesta que nada acerca de las electroválvulas. De acuerdo con los datos obtenidos existe un gran porcentaje de estudiantes que no conoce lo suficiente sobre el elemento especificado.

TABLA 2. 11
SENSORES DE NIVEL

OPCIÓN	F	%
Mucho	4	5
Suficiente	10	13
Poco	43	54
Nada	21	27
(En blanco)	1	1
Total	79	100

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

FIGURA 2. 11
SENSORES DE NIVEL



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

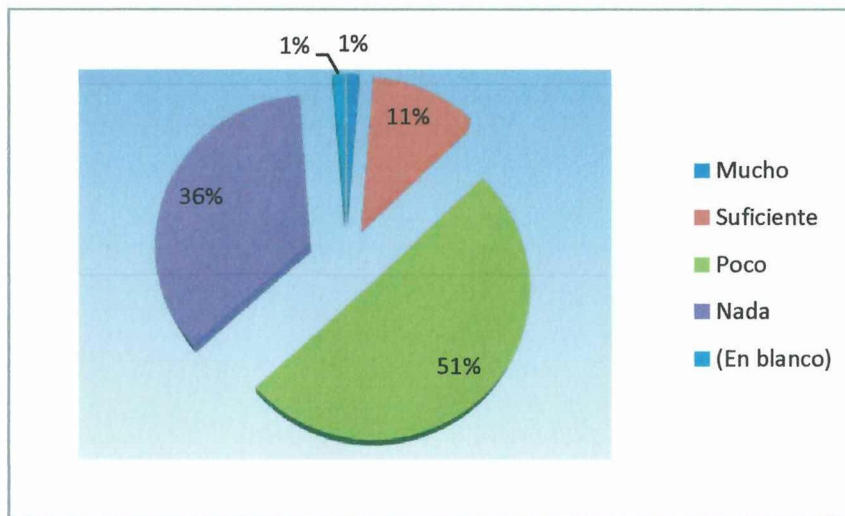
De los 79 estudiantes encuestados, el 5% manifiesta que conoce mucho, el 13% suficiente, el 54% poco, mientras que el 27% manifiesta que no conoce nada con respecto a los sensores de nivel. Los resultados obtenidos demuestran que existe carencia de conocimiento en cuanto al elemento mencionado, pues gran parte de los estudiantes encuestados dice conocer poco o nada del mismo.

TABLA 2. 12
TERMOCUPLAS

OPCIÓN	F	%
Mucho	1	1
Suficiente	9	11
Poco	40	51
Nada	28	35
(En blanco)	1	1
Total	79	100

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

FIGURA 2. 12
TERMOCUPLAS



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

De los 79 estudiantes encuestados con relación al conocimiento de termocuplas, el 1% manifiesta que conoce mucho, el 11% suficiente, el 51% poco, mientras que el 35% manifiesta que no conoce nada del elemento señalado.

Se puede deducir que casi la totalidad de los encuestados tienen conocimientos insuficientes del elemento mencionado.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los literales (3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5) se puede deducir que la mayoría de los estudiantes no conocen ciertos elementos básicos de electromecánica, no están preparados para distinguirlos y describirlos con facilidad.

Es por ello necesario que la Universidad cuente con el material, equipamiento y accesorios didácticos en cada laboratorio, pues ello garantizara el aprendizaje práctico del alumnado.

Es indispensable que la carrera cuente con los elementos adecuados para desarrollar las prácticas en el laboratorio, pues ayudara al docente en la enseñanza y al estudiante con un mejor aprendizaje, fomentando el desarrollo adecuado de su futura vida profesional.

4. ¿Usted ha realizado prácticas con los elementos mencionados en la pregunta tres?

TABLA 2. 13

PRÁCTICAS

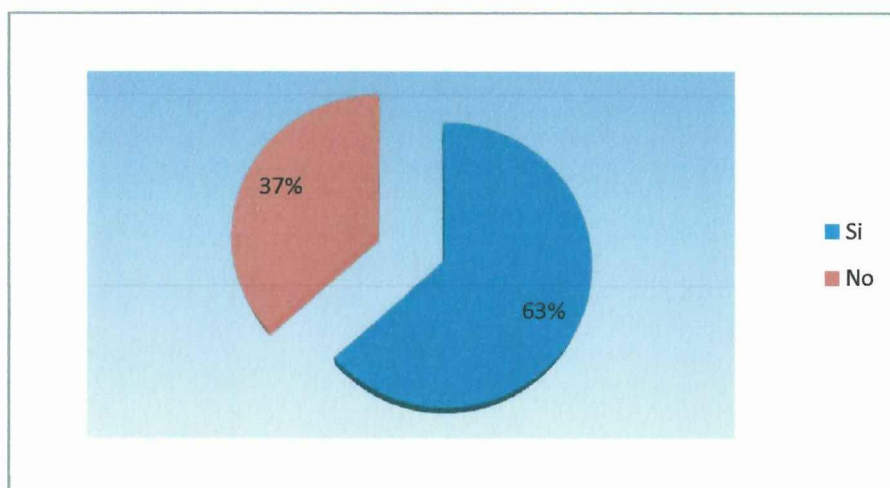
OPCIÓN	F	%
Si	50	63
No	29	37
Total	79	100

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

FIGURA 2. 13

PRÁCTICAS



Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

De los 79 estudiantes encuestados el 63% manifiesta haber realizado prácticas con los elementos antes citados, mientras que el 37% plantea lo contrario. Se puede considerar que existe un porcentaje considerable de estudiantes que no ha desarrollado prácticas con los instrumentos mencionados, por lo cual es indispensable adecuar el laboratorio con elementos que cumplan requerimientos básicos y que permitan el desarrollo de buenas prácticas en la totalidad de los alumnos de la carrera.

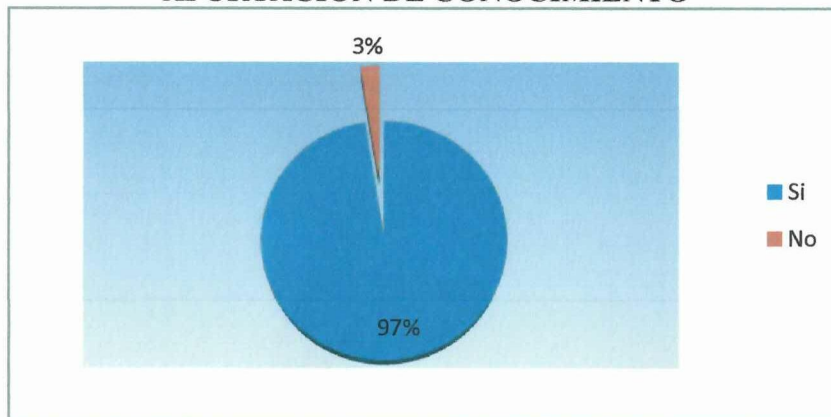
5. ¿Cree usted que la implementación de un módulo didáctico en el laboratorio de electromecánica aporte con el conocimiento práctico, para su formación profesional?

TABLA 2. 14
APORTACIÓN DE CONOCIMIENTO

OPCIÓN	F	%
Si	77	97
No	2	3
Total	79	100

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

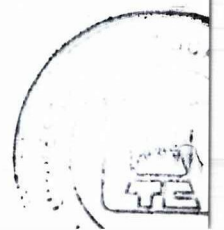
FIGURA 2. 14
APORTACIÓN DE CONOCIMIENTO



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

De los 79 estudiantes encuestados, el 97% manifiesta que la implementación de un módulo didáctico en el laboratorio de electromecánica aportará con el conocimiento práctico, y ayudara a su formación profesional, mientras que el 3% restante mantiene lo contrario.

Mediante un análisis se puede deducir que el alumnado se encuentra consciente de la importancia del desarrollo de prácticas en cuanto a su formación académica, pues ello conlleva a una mejor formación con aptitudes que facilitarán el desarrollo del perfil profesional del alumno.



2.5. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

HIPÓTESIS:

“Es posible diseñar e implementar un módulo didáctico para el monitoreo y control de temperatura y nivel de agua, utilizando un plc s7-1200 y un touch panel”.

HIPÓTESIS NULA.- H0

“No es posible diseñar e implementar un módulo didáctico para el monitoreo y control de temperatura y nivel de agua, utilizando un plc s7-1200 y un touch panel”.

HIPÓTESIS ALTERNATIVA.-H1

“Si es posible diseñar e implementar un módulo didáctico para el monitoreo y control de temperatura y nivel de agua, utilizando un plc s7-1200 y un touch panel”.

TABLA 2. 15
TABULACIÓN DE ENCUESTAS IMPLEMENTADAS

Nº	SI	NO	TOTAL
1	7	0	7
2	0	7	7
3	0	7	7
4	7	0	7
5	7	0	7

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

TABLA 2. 16

RESUMEN DE FRECUENCIAS OBSERVABLES (fo)

FRECUENCIAS OBSERVABLES			
Nº	SI	NO	TOTAL
1	7	0	7
2	0	7	7
3	0	7	7
4	7	0	7
5	7	0	7
TOTAL	21	14	35

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

TABLA 2. 17

RESUMEN DE FRECUENCIAS ESPERADAS (fe)

FRECUENCIAS ESPERADAS		
Nº	SI	NO
1	4.2	2.8
2	4.2	2.8
3	4.2	2.8
4	4.2	2.8
5	4.2	2.8

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

Cálculo de fe:

$$fe = \frac{tf * tc}{tg}$$

Ec - 2.1

$$fe = \frac{7 * 21}{35}$$

$$fe = 4.2$$

$$fe = \frac{tf * tc}{tg}$$

$$fe = \frac{7 * 14}{35}$$

$$fe = 2.8$$

Calculo del χ^2 :

$$\chi^2 = (fo - fe)^2 / fe$$

Ec - 2.2

TABLA 2. 18
CALCULO DE χ^2

Nº	fo	fe	fo - fe	(fo - fe) ²	$\chi^2 = (fo - fe)^2 / fe$
1	7	4,2	2,8	7.84	1.87
2	0	4,2	-4.2	17.64	4.2
3	0	4,2	-4.2	17.64	4.2
4	7	4,2	2.8	7.84	1.87
5	7	4,2	2.8	7.84	1.87
6	0	2,8	-2.8	7.84	2.8
7	7	2,8	4.2	17.64	6.3
8	7	2,8	4.2	17.64	6.3
9	0	2,8	-2.8	7.84	2.8
10	0	2,8	-2.8	7.84	2.8
TOTAL:					35.01

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

Calculo de gf:

$$gf = (nf - 1) * (n - c1)$$

Ec - 2.3

$$gf = (5 - 1) * (2 - 1)$$

$$gf = 4 * 1$$

$$gf = 4$$

Datos:

fo= FRECUENCIA OBSERVADA

fe= FRECUENCIA ESPERADA

Tf= TOTAL DE LA FILA

Tc=TOTAL DE LA COLUMNA

Tg=TOTAL GENERAL

gl=GRADOS DE LA LIBERTAD

$$(xt^2) \dots R=9.49$$

$$(xc^2)=35.01$$

$$(xt^2) < (xc^2)$$

$$9.49 < 35.01$$

Una vez determinado el xt^2 y xc^2 se establece que el $xt^2(9.49)$ es menor que el $xc^2(35.01)$: por lo tanto se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1) que dice:

Si es posible “DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE TEMPERATURA Y NIVEL DE AGUA, UTILIZANDO UN PLC S7-1200 Y UN TOUCH PANEL”. Ver Anexo C

CAPITULO III

3 PROPUESTA

El presente trabajo está dirigido a docentes y estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi; con el fin de mejorar el desarrollo del proceso académico y obtener conocimientos eficientes para un buen desempeño en el ambiente laboral. Asimismo será fuente de información para los estudiantes de la carrera así como para todas aquellas personas relacionadas o interesadas en el tema.

3.1TEMA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE TEMPERATURA Y NIVEL DE AGUA, UTILIZANDO UN PLC S7-1200 Y UN TOUCH PANEL, PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

3.2JUSTIFICACIÓN

Los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, deben conocer y utilizar los dispositivos empleados en las industrias de producción, como por ejemplo Controlador Lógico Programable (PLC's), Variadores de Velocidad, Pantallas Táctiles, etc., y la manera de cómo interactúan entre ellos para controlar los procesos de producción. Los laboratorios deberán estar equipados de acuerdo a las necesidades de la Carrera de Ingeniería Electromecánica y al avance tecnológico, es por esta razón que se hace necesaria la implementación del presente trabajo.

La implementación del módulo didáctico para el monitoreo y control de temperatura y nivel de agua, utilizando un Controlador Lógico Programable (PLC) S7-1200 y un Panel Interfaz Hombre Máquina (HMI), elevará los conocimientos y destrezas de los futuros Ingenieros Electromecánicos que saldrán de las aulas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

En lo que se refiere a la programación del Controlador Lógico Programable (PLC) antes mencionado y la forma como se comunica el Touch Panel para monitorear temperatura y nivel de agua, beneficiando a la Universidad y directamente a los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica.

3.3OBJETIVOS

3.3.1 General

Diseñar e implementar un módulo didáctico para monitoreo y control de temperatura y nivel de agua, utilizando un PLC S7-1200 y un Touch Panel para en el laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

3.3.2 Específicos

- ✓ Recopilar información bibliográfica documental que sustente la propuesta.
- ✓ Analizar e interpretar resultados de la aplicación de instrumentos de investigación.
- ✓ Realizar un control On/Off con histéresis para la temperatura y el nivel de agua en el Controlador Lógico Programable (PLC S7-1200).
- ✓ Diseñar e Implementar un Interfaz Hombre Máquina HMI con el Touch Panel para monitorear la temperatura y el nivel de agua.
- ✓ Emplear el protocolo PROFINET para comunicar el Controlador Lógico Programable (PLC) y el Touch Panel.
- ✓ Realizar las pruebas del funcionamiento del módulo implementado.
- ✓ Desarrollar un manual de práctica y mantenimiento.

3.4INTRODUCCIÓN

El módulo didáctico consta de un tanque, en cuyo interior se encuentra una niquelina que permite calentar el agua cuando alcance el nivel deseado. El sensor de nivel se diseñó en con la ayuda de un sensor ultrasónico y un microcontrolador. Para medir la temperatura se empleó una termocupla tipo K, por ser la más lineal. Para enviar el agua del reservorio hacia el tanque se utilizó una bomba de agua alimentada a 110VAC.

Los elementos mencionados forman un proceso para medir el nivel y la temperatura del agua presente en el tanque. Este proceso es controlado por medio del Controlador Lógico Programable (PLC S71200), empleando un interfaz para el control un Touch Panel. Los valores de set point del nivel y temperatura del tanque son fijados a través del Touch Panel. En el Touch Panel también se visualizan los valores de temperatura y nivel del agua.

De los tipos de control conocidos únicamente se realizó un control On/Off con histéresis, debido a que las características del Controlador Lógico Programable (PLC) S7 1200 CPU 214C AC/DC/RLY no permitieron realizar controles del tipo continuo como es el caso del Proporcional (P), Proporcional Integral (PI) o Proporcional Integral Derivativo (PID).La limitante para realizar controles continuos fue la salida a relé que presente este Controlador Lógico Programable (PLC).

Se realizaron algunas pruebas para determinar el comportamiento del proceso para de esta manera concluir y recomendar situaciones que se deben considerar para realizar las prácticas respectivas por parte del personal docente y estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica.

3.5FACTIBILIDAD

La realización del proyecto de tesis fue factible gracias a la colaboración desinteresada de las autoridades, docentes y profesionales internos quienes supieron encaminar y guiar a los investigadores con sus conocimientos e ideas

para la recopilación de información necesaria que luego de ser analizada, colaboraron en la elaboración y posterior ejecución del trabajo de investigación.

La disponibilidad de tiempo para la ejecución del proyecto fue trascendental en la realización del trabajo investigativo ya que se pudo dedicar enteramente a la ejecución del mismo.

Los recursos económicos fueron financiados enteramente por los investigadores para su construcción, haciendo que este proyecto sea implementado en la Universidad Técnica de Cotopaxi y ayude a complementar de una forma óptima la utilización de los distintos laboratorios existentes que en lo posterior serán utilizados por parte de los diferentes estudiantes y docentes de la carrera de Ingeniería Electromecánica.

Adicional los elementos y equipos utilizados son de uso común en la industria y se los consigue en el mercado local.

3.6 DESARROLLO DEL PROYECTO

A continuación se detallan los pasos y procedimientos que se realizaron para el DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE TEMPERATURA Y NIVEL DE AGUA, UTILIZANDO UN PLC S7-1200 Y UN TOUCH PANEL, PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA

3.7 DISEÑO DE LOS ACONDICIONADORES DE SEÑALES

3.7.1 Medidor de Nivel

Para la medición de nivel se utilizó el medidor ultrasónico SFR02, mediante el bus I2C y con la ayuda del PIC16F877A se tomaron los datos existentes en la memoria del SFR02 expresados en cm.

Para esto se utilizó PIC C, este software de programación para PIC al igual que el lenguaje C, permite realizar la programación mediante librerías externas lo cual facilita la programación.

Lo primero que se debe hacer es declarar las directivas. Estas líneas de programación especifican el micro controlador a utilizar, el valor y tipo de oscilador, las librerías externas, etc.

A continuación se escribe las directivas empleadas para la programación del micro controlador:

```
#include<16F877A.h>.  
#fuses NOPROTECT,NOCPD,NOWDT,XT,NOBROWNOUT,NOLVP.  
#use delay(clock=4000000).  
#use i2c (master,scl=PIN_C3,sda=PIN_C4,slow,force_hw)  
int I2C_Buffer [16];  
#include<I2C_16-18FXXX.H>.  
#include<SRF02_16-18FXXX.H.
```

Las variables necesarias para la lectura y conversión de datos así como las configuraciones necesarias, se escriben a continuación:

```
int16 Resultado.  
  
intdato.  
enable_interrupts(INT_RDA).  
enable_interrupts(GLOBAL).  
setup_comparator(NC_NC_NC_NC).  
setup_ccp1(CCP_PWM).  
setup_timer_2(T2_DIV_BY_4, 124, 1).
```

En las líneas anteriores, se declaran las 2 variables a ser utilizadas, además se configuro el timer 2 para trabajar como PWM.

La generación PWM es necesaria para obtener voltaje de salida desde el micro controlador de 0 a 5V.

Se ubicó el sensor sobre el tanque, de modo que coincidan los 25 litros, cuando el sensor mida 22cm y 5 litros cuando el sensor mida 52cm.

Con los 22cm se requiere que el micro controlador entregue un voltaje de 0,96V y cuando sea 52cm el micro controlador entregue un voltaje de 3,36V. Con la ayuda del módulo PWM del PIC16F877A y con un filtro RC se logró este objetivo.

Para generar 0,96V se necesita cargar un valor de 24 al registro interno del microcontrolador que sea parte del módulo PWM. Para 3,36V se necesita cargar un valor de 24 al registro interno del micro controlador que sea parte del módulo PWM. Las siguientes líneas de código expresan lo explicado:

```
SRF02_cm(); //Inicia medida en centímetros.
```

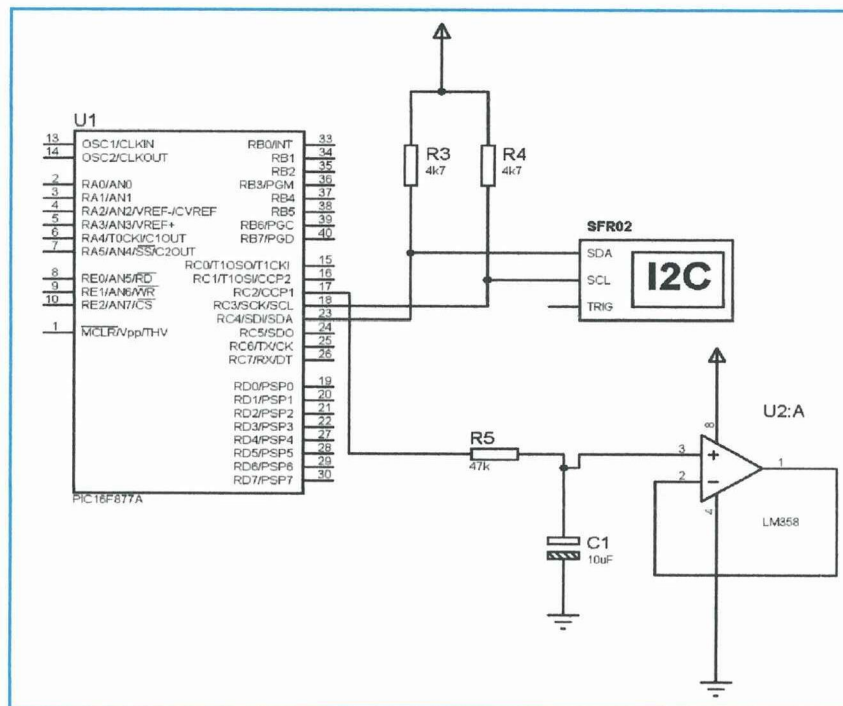
```
Resultado=make16(I2C_Buffer[0],I2C_Buffer[1]); //lee el dato del sensor.
```

```
dato=2*(resultado-10);//convierte los centímetros al valor que necesita PWM.
```

```
set_pwm1_duty(dato); //carga el dato en el registro del PWM.
```

El esquema completo del medidor de nivel se muestra en la figura 3.1

FIGURA 3.1
MEDIDOR DE NIVEL



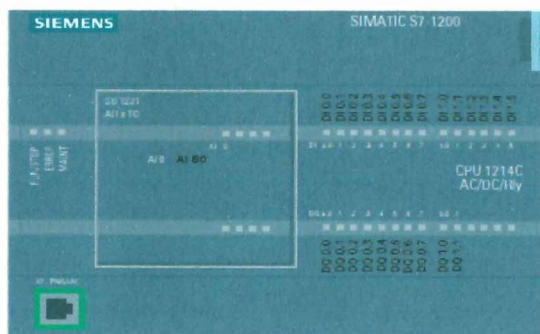
Fuente: Investigación de Campo

El filtro RC está formado con la resistencia R5 y el capacitor C1. El amplificador operacional LM358, es utilizado como acoplador de impedancias. En el pin 1 del LM358 existe la variación de voltaje de 0,96V a 3,36V.

3.7.2 Medición de Temperatura

Para la medición de temperatura se utilizó una termocupla tipo K y la tarjeta de señal (SB) para termocupla (Signal Board SB 1231 TC). Esta tarjeta va insertada directamente en el Controlador Lógico Programable (PLC) y la termocupla a las entradas de esta. El valor de la temperatura, el (PLC) leerá de la dirección de memoria IW80 que es la asignada para esta tarjeta de señal. La figura 3.2 muestra la localización de la SB en el PLC.

FIGURA 3.2
LOCALIZACIÓN DE LA SB 1231TC EN EL PLC



Fuente: TIA Portal V11

3.8 DISEÑO DEL MÓDULO DIDÁCTICO

El módulo didáctico consta de:

- 1 Bomba de agua marca LEO, 110VAC, 60Hz, 0.5HP, 5A, 40ltr/min.
- 1 Reservorio de agua (capacidad 42 litros).
- 1 Tanque con capacidad de 40 litros.

1 Niquelina de 2500W a 220VAC.

1 Termocupla tipo K.

1 Medidor de nivel .

1 Enfriador para el agua con bandejas.

Todo este sobre una estructura metálica con madera.

Para el control y monitoreo se utilizó:

1 Controlador Lógico Programable PLC S7 1200 CPU 1214C AC/DC/RLY.

3 Contactores.

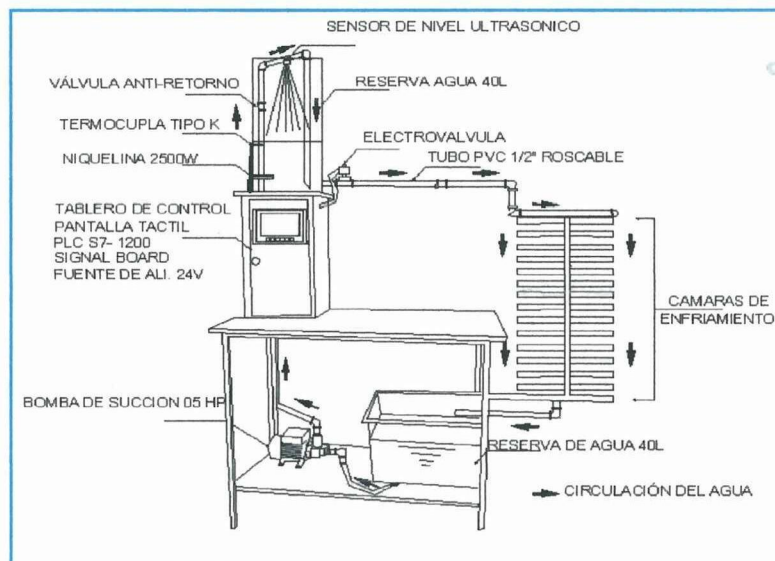
1 Pantalla táctil.

1 Fuente de alimentación de 24VDC.

1 Signal Board SB 1231 TC.

El diseño completo se observa en la figura 3.3

FIGURA 3.3
DISEÑO DEL MÓDULO DIDÁCTICO



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

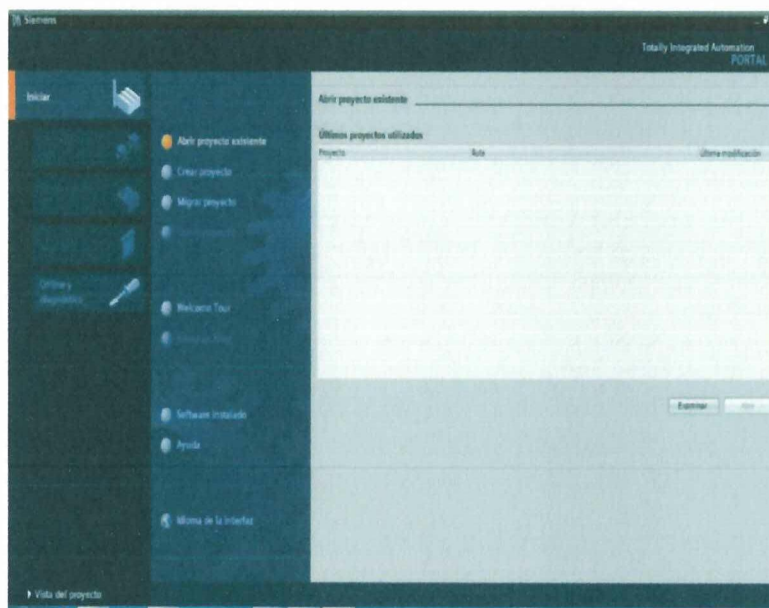
3.9 CREACIÓN DEL PROYECTO PORTAL DE AUTOMATIZACIÓN TOTALMENTE INTEGRADA

3.9.1 Selección del CPU 1214C AC/DC/RLY y del Signal Board

Para programar al Controlador Lógico Programable PLC S7-1200 se utilizó el software de Siemens TIA Portal versión 11, a continuación se detalla paso a paso la forma de cómo se creó el proyecto para medir el nivel y la temperatura del módulo didáctico.

Al abrir el TIA Portal, aparece la ventana que se muestra en la figura 3.4

FIGURA 3. 4
VISTA DEL PROYECTO DEL TIA PORTAL

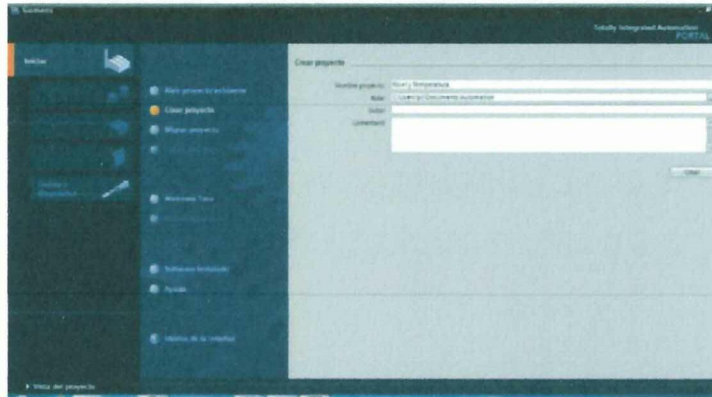


Fuente: TIA Portal V11

Para crear un nuevo proyecto, se da un clic en Crear Proyecto, en la parte derecha, se escribe el nombre del proyecto para este caso Nivel y Temperatura, la ruta es opcional, el cambio, autor y comentario también.

Una vez llenos los cuadros de texto, se da un clic en el botón crear. Lo explicado se muestra en la figura 3.5

FIGURA 3. 5
VENTANA DE CREACIÓN PROYECTO NUEVO



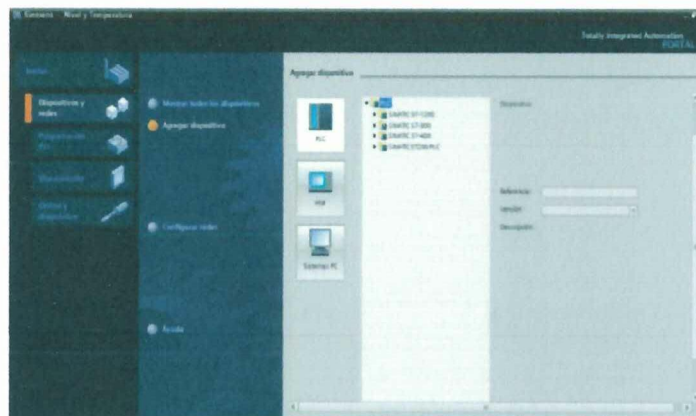
Fuente: TIA Portal V11

Luego aparece una ventana donde se puede seleccionar tres opciones:

- Configurar un dispositivo.
- Escribir Programa Controlador Lógico Programable (PLC).
- Configurar imagen HMI.

Primero se debe configurar el dispositivo; es decir, seleccionar el Controlador Lógico Programable (PLC), que se utilizará, por lo tanto se da un clic en Configurar Dispositivo, luego en Agregar Dispositivo, aparece la ventana como se muestra en la figura 3.6.

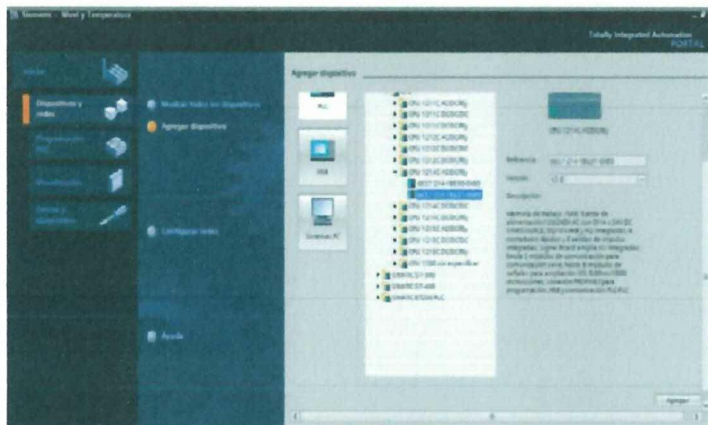
FIGURA 3. 6
VENTANA PARA AGREGAR DISPOSITIVOS



Fuente: TIA Portal V11

Se abre la carpeta Simatic S7-1200, se elige la CPU 1214C AC/DC/RLY, luego la serie del Controlador Lógico Programable (PLC), para este caso 6ES7 214-1BG31-0XB0 y finalmente un clic en el botón agregar. Lo explicado se muestra en la figura 3.7.

FIGURA 3. 7
SELECCIÓN DEL TIPO DE CPU

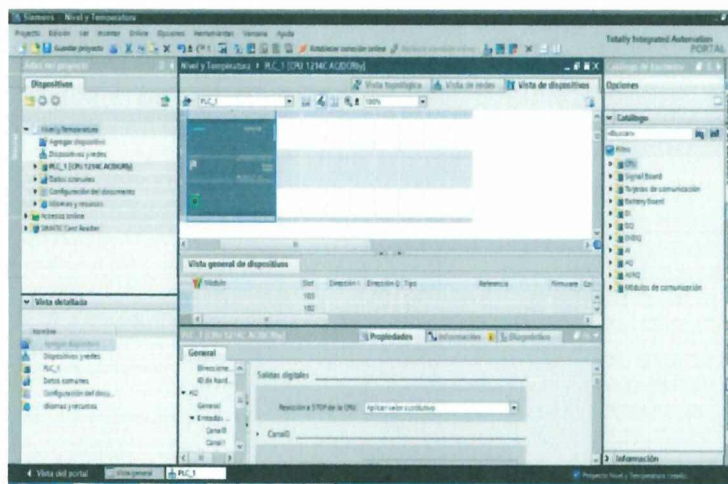


Fuente: TIA Portal V11

Por default el nombre del dispositivo lleva el nombre del PLC_1.

Una vez agregado el Controlador Lógico Programable (PLC), con su respectiva CPU, aparece la ventana de programación, como se muestra en la figura 3.8.

FIGURA 3. 8
ENTRONO DE PROGRAMACIÓN TIA PORTAL



Fuente: TIA Portal V11

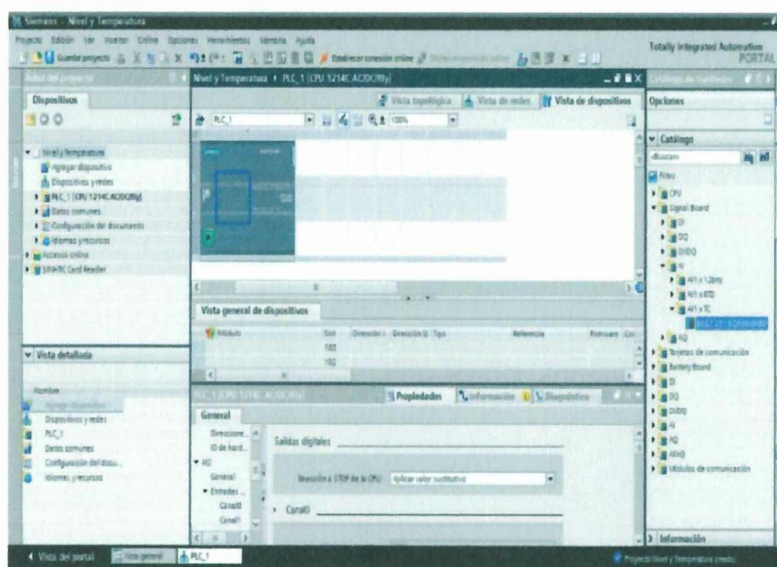
En el entorno de programación del TIA Portal existe una sub ventana llamada Catalogo, desde esta parte se puede agregar módulos o tarjetas al Controlador Lógico Programable (PLC), seleccionado o simplemente cambiar el tipo de CPU.

Para el desarrollo de la tesis fue necesaria una tarjeta de señal para termocuplas, por lo tanto se debe agregar este dispositivo desde el catálogo.

Para esto se abre la carpeta Signal Board, luego la carpeta AI y finalmente la carpeta AI1 TC que es donde se encuentra la tarjeta de señal utilizada, cuando se selecciona la tarjeta se resalta la ubicación en el Controlador Lógico Programable (PLC).

Lo explicado se muestra en la figura 3.9.

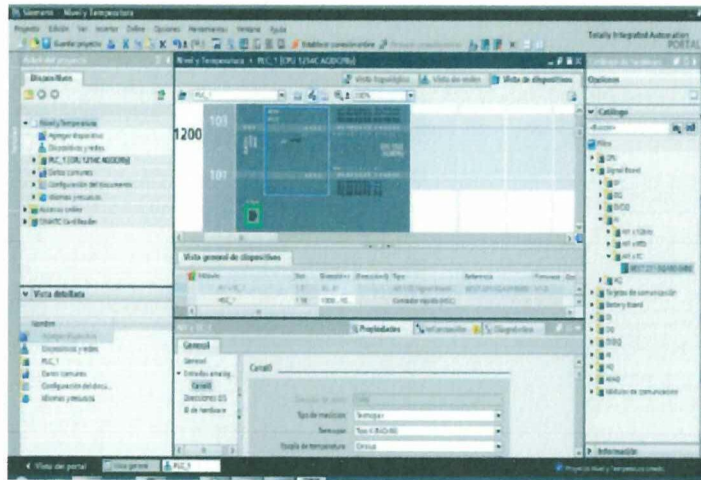
FIGURA 3. 9
SELECCIÓN DE SIGNALBOARD DESDE EL CATALOGO



Fuente: TIA Portal V11

Una vez seleccionada la tarjeta se arrastra al lugar donde corresponde, en ese instante aparece las propiedades de la tarjeta en la parte inferior central del entorno de programación de TIA Portal. Tal como se muestra en la figura 3.10.

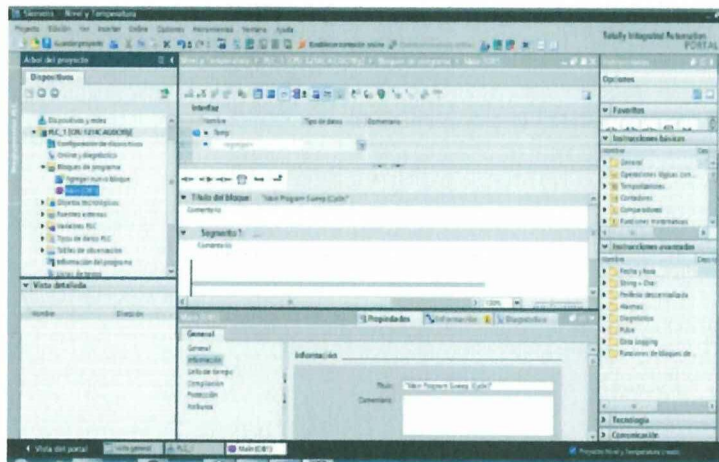
FIGURA 3. 10
SIGNALBOARD INSERTADO EN EL PLC



Fuente: TIA Portal V11

Para programar el dispositivo desde el árbol del proyecto en la parte dispositivos, se abre la carpeta Controlador Lógico Programable (PLC) 1, luego bloques de programa y finalmente Main. Lo expuesto se muestra en la figura 3.11.

FIGURA 3. 11
BLOQUES DE PROGRAMA



Fuente: TIA Portal V11

En la parte central de la ventana se encuentran los segmentos que son utilizados para realizar la programación en escalera del Controlador Lógico Programable

(PLC). En la parte derecha, se encuentran las instrucciones divididas en favoritas, básicas y avanzadas.

3.9.2 Selección del Panel Táctil y creación de ventanas

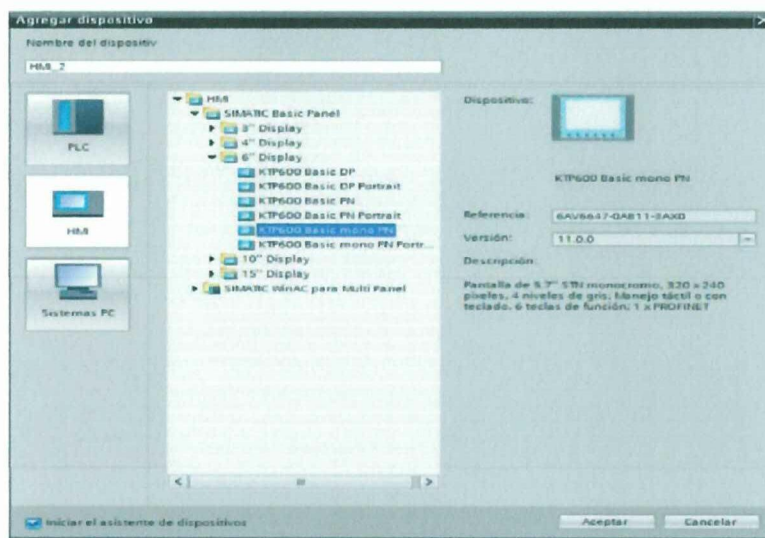
Una vez creado el proyecto, seleccionado la Unidad Central de Procesamiento (CPU) y la tarjeta para la adquisición de señales de la termocupla, se selecciona el panel táctil el mismo que servirá como interfaz para el control y monitoreo del nivel del tanque y la temperatura del mismo.

Desde el árbol del proyecto, se da doble clic en agregar dispositivo, para mostrar la ventana que tiene el mismo nombre.

Se selecciona HMI, Simatic Basic Panel, luego se abre la carpeta 6" Display para seleccionar KTP600 Basic mono PN.

Esto se representa en la figura 3.12.

FIGURA 3. 12
SELECCIÓN DEL PANEL HMI

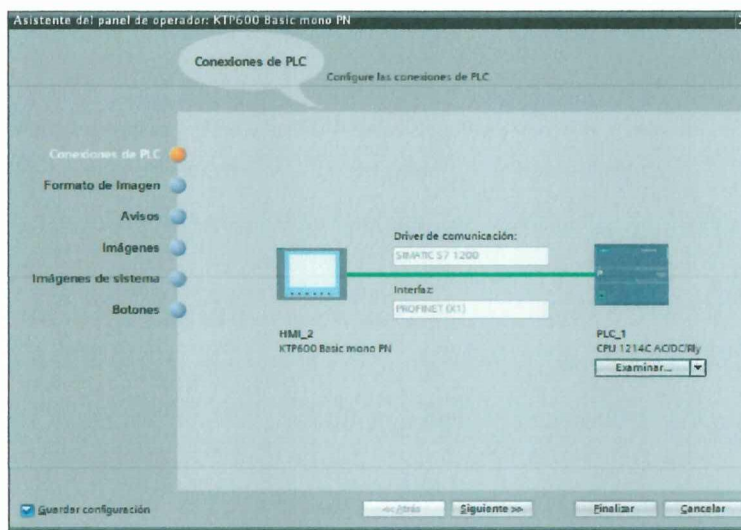


Fuente: TIA Portal V11

Luego se pulsa el botón aceptar, entonces aparece una ventana llamada Asistente del Panel de Operador. En la etiqueta Examinar se da un clic y se selecciona el

PLC que fue creado en el proyecto, para este caso Controlador Lógico Programable (PLC) 1, al dar doble clic, aparece la conexión establecida entre el Panel y el PLC. Tal como se muestra en la figura 3.13.

FIGURA 3. 13
CONEXIÓN ESTABLECIDA ENTRE PANEL Y PLC



Fuente: TIA Portal V11

En la figura anterior se puede observar que el Driver de Comunicación se llama SIMATIC S7 1200 y la Interfaz PROFINET.

Luego de este procedimiento, se continúa con el asistente para crear la interfaz de acuerdo a la necesidad.

Se creó dos pantallas en el panel HMI la primera corresponde a la carátula y la segunda es la interface donde se visualiza:

- el valor de la temperatura del agua en grados centígrados.
- el nivel del tanque en litros.

Los dos controles para ingresar el valor de Set Point de Temperatura y Nivel, dos botones, una para iniciar la ejecución cargado en la memoria del Controlador Lógico Programable (PLC) y el otro para detener la ejecución. En la figura 3.14 se muestra la pantalla de la carátula.

FIGURA 3. 14
PANTALLA DE LA CARÁTULA



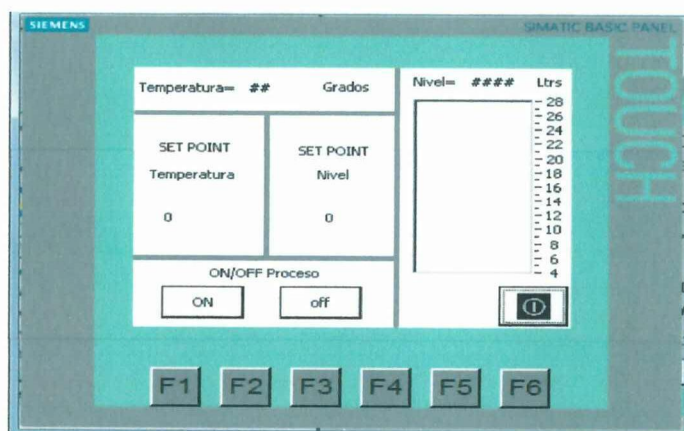
Fuente: TIA Portal V11

En la carátula se puede observar el nombre de nuestra querida Universidad, la carrera a la cual va dirigida la Tesis, el Tema, los Autores, el año y un botón con la etiqueta.

Programa.

Cuando se pulsa este botón desaparece la pantalla de carátula y automáticamente aparece la ventana del Proceso. La ventana del proceso se aprecia en la figura 3.15.

FIGURA 3. 15
VENTANA DEL PROCESO



Fuente: TIA Portal V11

3.10 PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

Una vez agregado a la Unidad Central de Procesamiento (CPU), la tarjeta de señal y diseñadas las dos ventanas en el panel táctil, se explica el proceso que fue tomado como ejemplo:

Una vez encendido el Controlador Lógico Programable (PLC) y la Pantalla táctil, en la pantalla táctil aparece la carátula, se debe dar un clic en el botón etiquetado como Programa, esta acción permite descargar la pantalla actual y mostrar la pantalla del proceso. En esta ventana se debe cargar los valores de set point tanto de la temperatura como del nivel. Hasta este momento todo está apagado; es decir, la bomba, niquelina y electroválvula.

Para iniciar el proceso se pulsa el botón ON que está ubicado en la parte inferior izquierda de la ventana, en este instante el Controlador Lógico Programable (PLC) activará las salidas que correspondan de acuerdo a los valores de los set points. Como explicación se asignarán los siguientes valores de set point:

Set Point Temperatura= 23 grados

Set Point Nivel= 18 litros

Es importante mencionar que esta seteado un valor mínimo de 5 litros fijos.

La secuencia del proceso es la siguiente:

- Si el nivel es menor al Set Point, se enciende solo la bomba.
- Cuando el nivel es igual al Set Point, se apaga la bomba y se enciende la niquelina.
- La niquelina permanece encendida hasta alcanzar el valor del Set Point de temperatura.
- Cuando la temperatura es igual al Set Point, se apaga la niquelina y se enciende la electroválvula para que descienda el nivel del tanque.
- La electroválvula se apaga cuando el nivel del tanque este en 5 litros y se repite el proceso.

Los valores de Set Point es recomendable cambiarlos cuando el nivel esté descendiendo. Entonces retomando el ejemplo si el nivel del tanque es inferior a los 18 litros, se encenderá la bomba, cuando llegue el nivel a los 18 litros, se apaga la bomba y se enciende la niquelina hasta que la temperatura del agua alcance los 23 grados centígrados, es ese instante se apaga la niquelina y se enciende la electroválvula hasta que el nivel de tanque sea 5 litros. Se repite el proceso hasta cuando se pulse el botón OFF.

Este botón hace que el Controlador Lógico Programable (PLC), lea sus entradas pero no tenga cambio en sus salidas. En la tabla 3.1 se detalla las principales variables empleadas en la programación del PLC con sus nombres y direcciones

TABLA 3.1

VARIABLES UTILIZADAS EN EL PROGRAMA

NOMBRE	DIRECCIÓN
Señal de Nivel	%IW64
Señal de Temperatura	%IW80
Electroválvula	%Q0.0
Niquelina	%Q0.1
Bomba	%Q0.2
Valor de Nivel para enviar al panel	%MD36
Set Point de Nivel	%MW50
Valor de Temperatura para enviar al panel	%MW2
Set Point de Temperatura	%MW4
Iniciar Proceso	%M10.0
Apagar Proceso	%M10.1

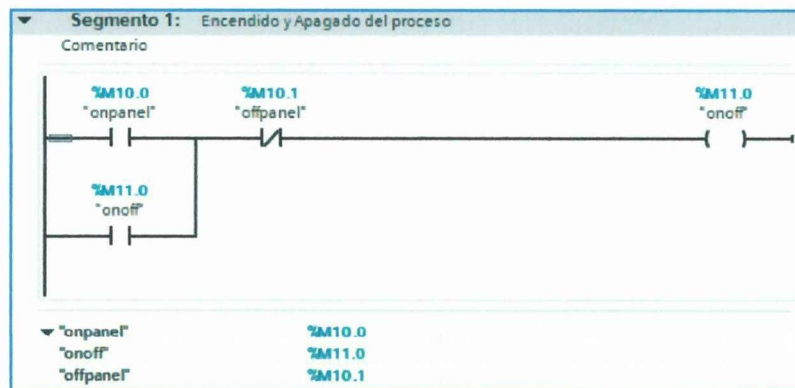
Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

En el segmento 1 del bloque de programa se realiza la activación y desactivación de una marca interna %M11.0 que es la que mediante su contacto normalmente cerrado que se encuentra en el resto de segmentos activará o desactivará el proceso: es decir, permitirá o no que cambien los estados de las salidas del PLC.

La figura 3.16 muestra el segmento 1 del programa.

FIGURA 3. 16
SEGMENTO 1 DEL BLOQUE DE PROGRAMA



Fuente: TIA Portal V11

En el segmento 2 del bloque de programa se realiza la adquisición de la señal de nivel, para esto se emplea la instrucción CONV, esta convierte el valor entero (Int) presente en la dirección %IW64 que corresponde a la entrada analógica cero a un valor real (Real) y lo almacena en la dirección %MD34, para futuros cálculos. La figura 3.17 muestra el segmento 2 del programa.

FIGURA 3. 17
SEGMENTO 2 DEL BLOQUE DE PROGRAMA



Fuente: TIA Portal V11

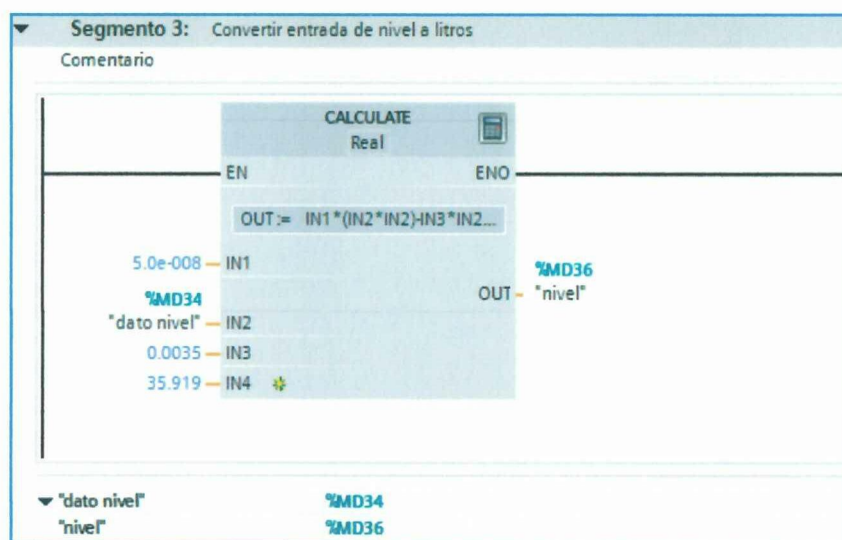
En el segmento 3 del bloque de programa se realiza la conversión del valor de %MD34 a litros para esto se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Litros} = 5.0e^{-8}x^2 - 0.035x + 35.919$$

Esta es una ecuación polinómica de segundo grado, la misma que fue obtenida en Excel relacionando los datos de la variable %MD34 y su correspondiente en valor en litros.

La instrucción empleada para obtener un valor partiendo de la ecuación es CALCULATE, la misma que permite ingresar una ecuación y da a la salida el resultado correspondiente, para este caso el resultado se almacena en la dirección %MD36. La figura 3.18 muestra el segmento 3 del programa.

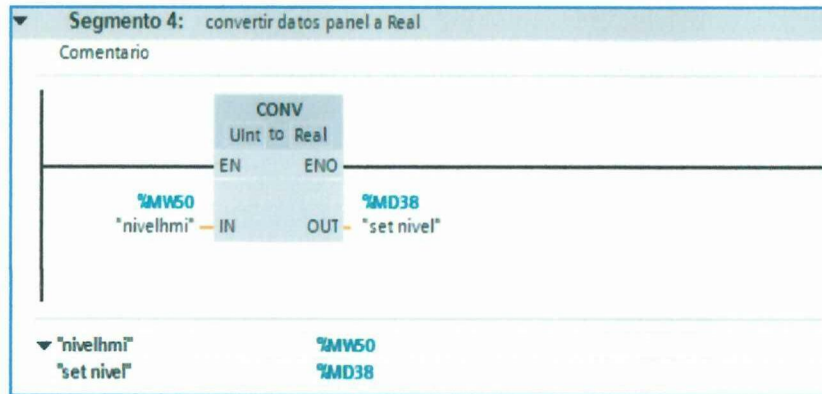
FIGURA 3. 18
SEGMENTO 3 DEL BLOQUE DE PROGRAMA



Fuente: TIA Portal V11

En el segmento 4 del bloque de programa se realiza la conversión del dato que proviene del panel táctil mediante la dirección %MW50 que es del tipo entero (UInt) a un tipo real (Real) para ser guardada en la dirección %MD38 para futuros cálculos. La figura 3.19 muestra el segmento 4 del programa.

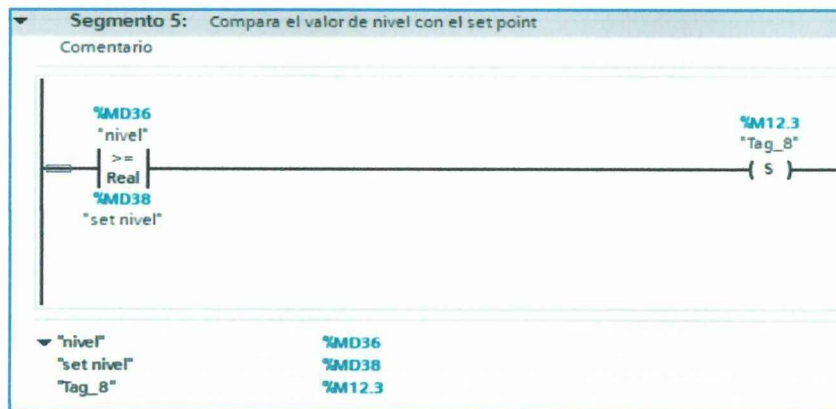
FIGURA 3. 19
SEGMENTO 4 DEL BLOQUE DE PROGRAMA



Fuente: TIA Portal V11

En el segmento 5 del bloque de programa se realiza la comparación del valor de nivel con el set point, cuando el nivel sea mayor o igual al set point se setea la marca interna %M12.3. La figura 3.20 muestra el segmento 5 del programa.

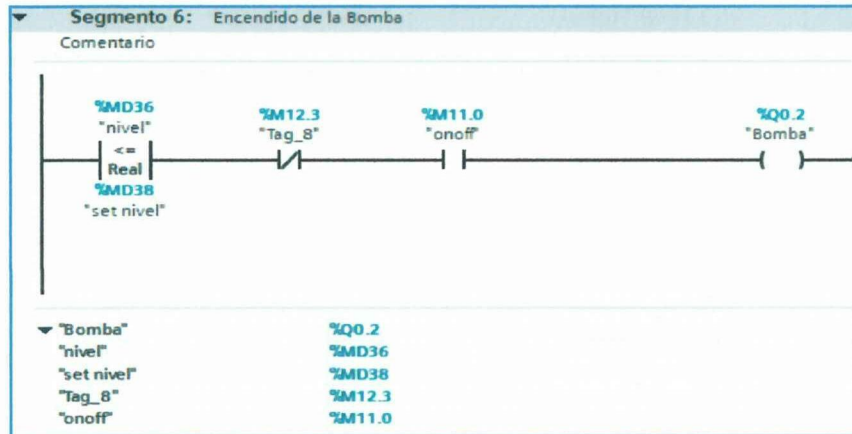
FIGURA 3. 20
SEGMENTO 5 DEL BLOQUE DE PROGRAMA



Fuente: TIA Portal V11

En el segmento 6 del bloque de programa se realiza la comparación del valor de nivel con el set point, mientras el nivel sea menor o igual al set point y permanezca cerrado el contacto de la marca %M12.3 y esté encendido el proceso; es decir, el contacto de la marca %M11.0 esté cerrado, entonces se encenderá la bomba. La figura 3.21 muestra el segmento 6 del programa.

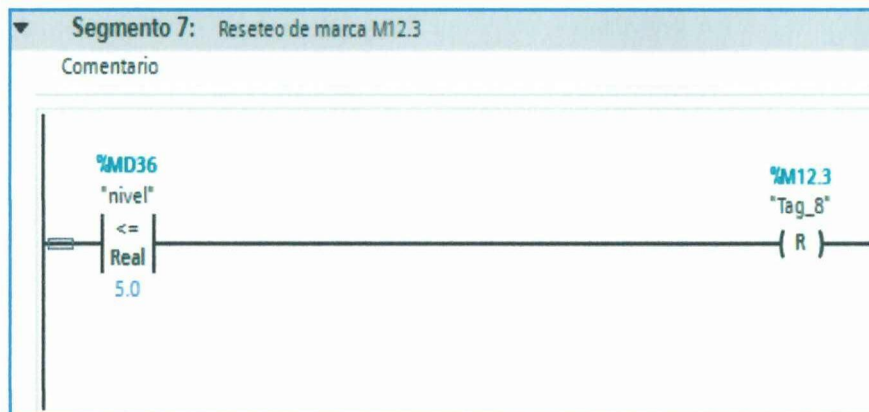
FIGURA 3. 21
SEGMENTO 6 DEL BLOQUE DE PROGRAMA



Fuente: TIA Portal V11

En el segmento 7 del bloque de programa se realiza la comparación del valor de nivel con 5, cuando el nivel sea menor o igual a 5, se resetea la marca %M12.3. La figura 3.22 muestra el segmento 7 del programa.

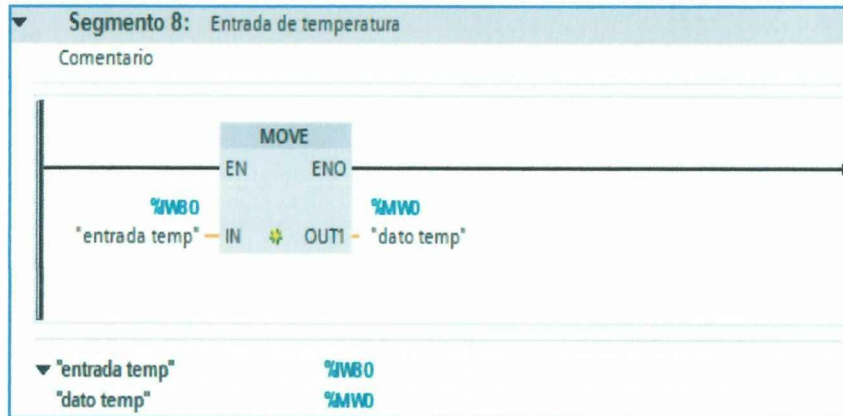
FIGURA 3. 22
SEGMENTO 7 DEL BLOQUE DE PROGRAMA



Fuente: TIA Portal V11

En el segmento 8 del bloque de programa se realiza la adquisición de la señal de temperatura, para esto se emplea la instrucción MOVE, esta mueve el valor entero presente en la dirección %IW80 que corresponde a la tarjeta de señal para la termocupla a la dirección %MW0, para futuros cálculos. La figura 3.23 muestra el segmento 8 del programa.

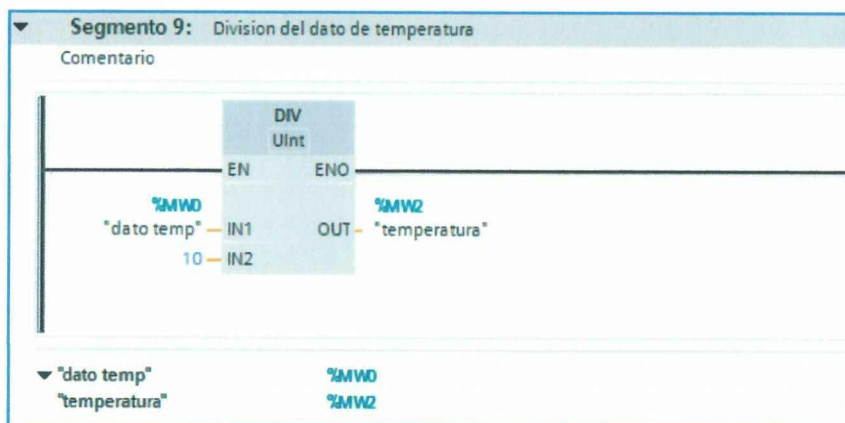
FIGURA 3. 23
SEGMENTO 8 DEL BLOQUE DE PROGRAMA



Fuente: TIA Portal V11

En el segmento 9 del bloque de programa se realiza una división para 10 del dato de temperatura proveniente de la tarjeta de termocupla para obtener el valor de temperatura real, el resultado es guardado en la dirección %MW2. La figura 3.24 muestra el segmento 9 del programa.

FIGURA 3. 24
SEGMENTO 9 DEL BLOQUE DE PROGRAMA

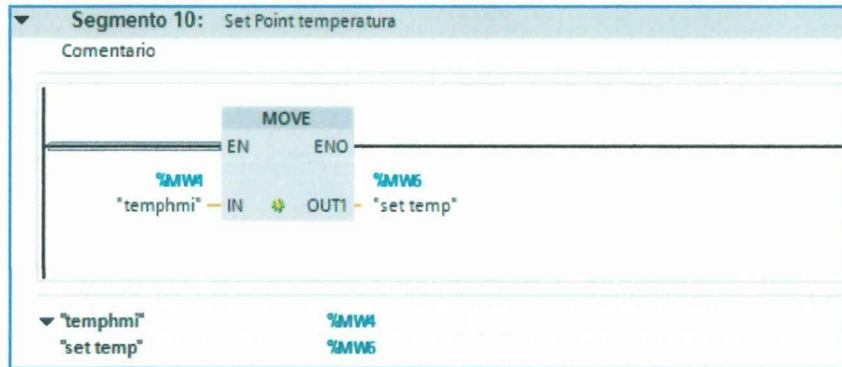


Fuente: TIA Portal V11

En el segmento 10 del bloque de programa se mueve del dato que proviene del panel táctil mediante la dirección %MW4 para ser guardada en la dirección %MW6 para futuras operaciones. La figura 3.25 muestra el segmento 10 del programa.

FIGURA 3. 25

SEGMENTO 10 DEL BLOQUE DE PROGRAMA

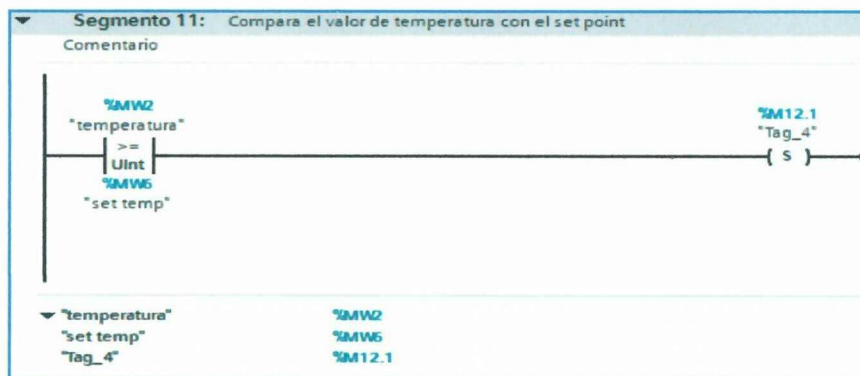


Fuente: TIA Portal V11

En el segmento 11 del bloque de programa se realiza la comparación del valor de temperatura con el set point, cuando la temperatura sea mayor o igual al set point se setea la marca interna %M12.1. La figura 3.26 muestra el segmento 11 del programa.

FIGURA 3. 26

SEGMENTO 11 DEL BLOQUE DE PROGRAMA

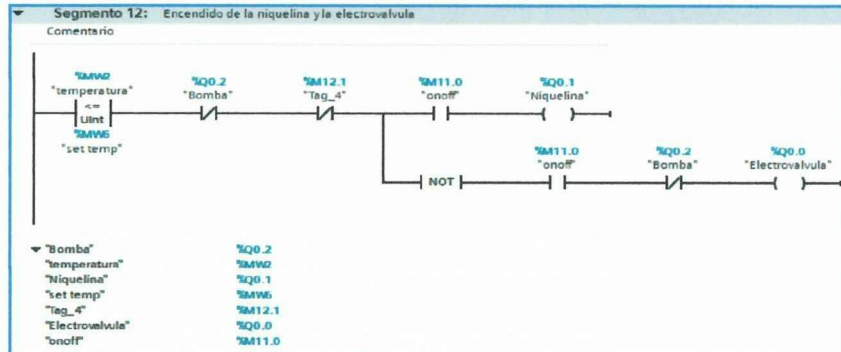


Fuente: TIA Portal V11

En el segmento 12 del bloque de programa se realiza el encendido/apagado tanto de la niquelina como de la electroválvula. Para el encendido de la niquelina se debe cumplir que la bomba esté apagada, el proceso encendido y el contacto normalmente cerrado de la marca %M12.1 este apagado. Cuando la temperatura alcanzó el valor del set point, entonces se apagará la niquelina y se encenderá la electroválvula. La figura 3.27 muestra el segmento 12 del programa.

FIGURA 3. 27

SEGMENTO 12 DEL BLOQUE DE PROGRAMA

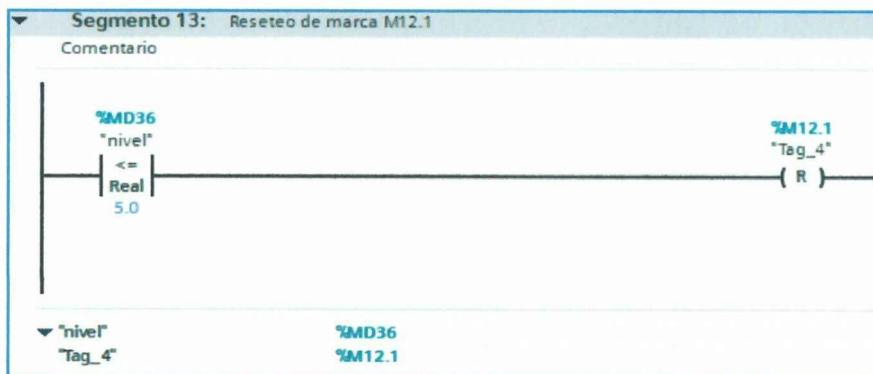


Fuente: TIA Portal V11

En el segmento 13 del bloque de programa se realiza la comparación del valor de nivel con 5, cuando el nivel sea menor o igual a 5, se resetea la marca %M12.1. La figura 3.28 muestra el segmento 13 del programa.

FIGURA 3. 28

SEGMENTO 13 DEL BLOQUE DE PROGRAMA



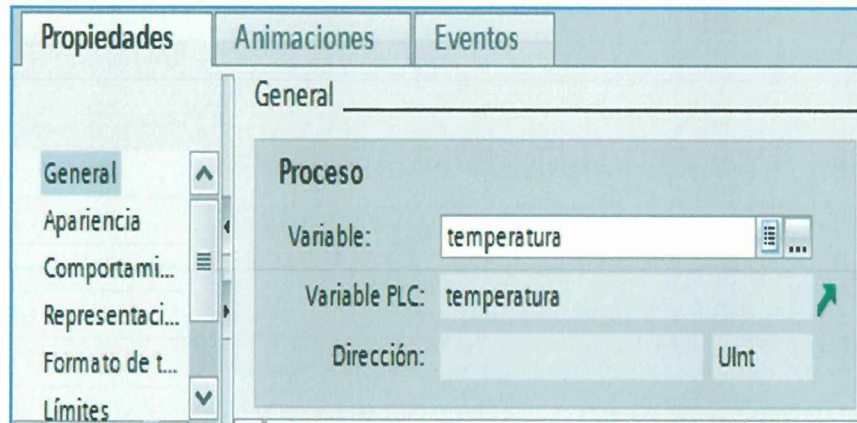
Fuente: TIA Portal V11

3.10.1 Configuración del Panel Táctil

En el panel táctil una vez creadas las pantallas, lo que necesita es enlazar los elementos sean estos indicadores o controles con las variables creadas en el PLC.

Para enlazar y que se muestra el valor de la temperatura, en las propiedades generales del elemento, en la parte del proceso se selecciona la variable correspondiente. Esto se muestra en la figura 3.29.

FIGURA 3. 29
SELECCIÓN DE VARIABLE DEL PLC



Fuente: Investigación de campo

Este proceso se realiza para los elementos que corresponden al nivel, set point de nivel y temperatura, encendido y apagado del proceso.

3.11 DISEÑO DE PLACAS ELECTRÓNICAS

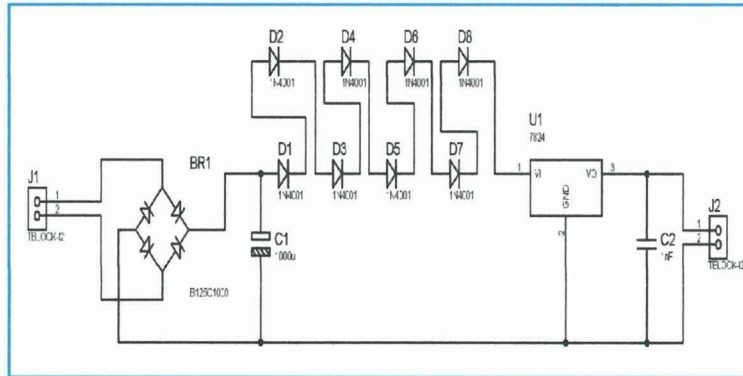
3.11.1 Diseño de la fuente de alimentación

Fue necesaria una fuente de alimentación de 24VDC para alimentar al panel táctil, para el diseño de la misma fueron necesarios los siguientes elementos:

- 1 Transformador de 110VAC a 24VAC.
- 1 Puente rectificador de 1 amperio.
- 1 capacitor de 1000 μ F a 50V.
- 8 diodos de propósito general 1N4001.
- 1 Regulador 7824.
- 1 Capacitor de 1nF.
- 2 borneras para placa.

Se utilizó el software de diseño electrónico Proteus, el mismo que tiene dos módulos el ISIS para diseño de esquemas y el ARES mediante el auto ruteo para el diseño de placas de circuitos impreso o PCB. La figura 3.30 muestra el diagrama esquemático de la fuente de alimentación con los componentes antes mencionados.

FIGURA 3. 30
ESQUEMA DE LA FUENTE DE 24VDC



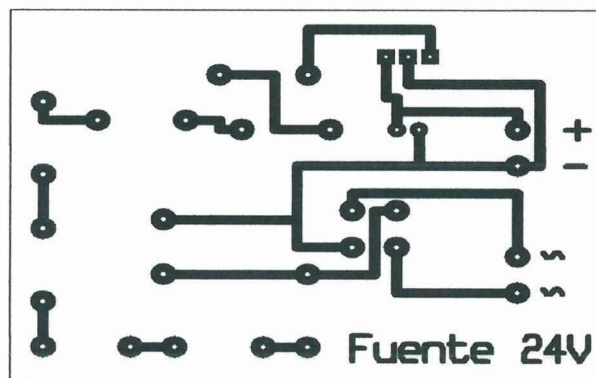
Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

Los 8 diodos conectados en serie entre el capacitor de 1000µF y el regulador 7824, son necesarios para reducir el voltaje que ingresa al regulador y de esta manera disminuir el calentamiento del mismo. Las borneras para placa están representadas por J1 y J2. En J1 se conecta el transformador y en J2 se tiene el voltaje de 24VDC.

Una vez realizado el esquema en ISIS se transfiere al ARES para el respectivo auto ruteo y creación de la placa, la misma que quedó como se observa en la figura 3.31.

FIGURA 3. 31
PLACA DE LA FUENTE DE 24VDC



Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

3.11.2 Diseño del Medidor de nivel

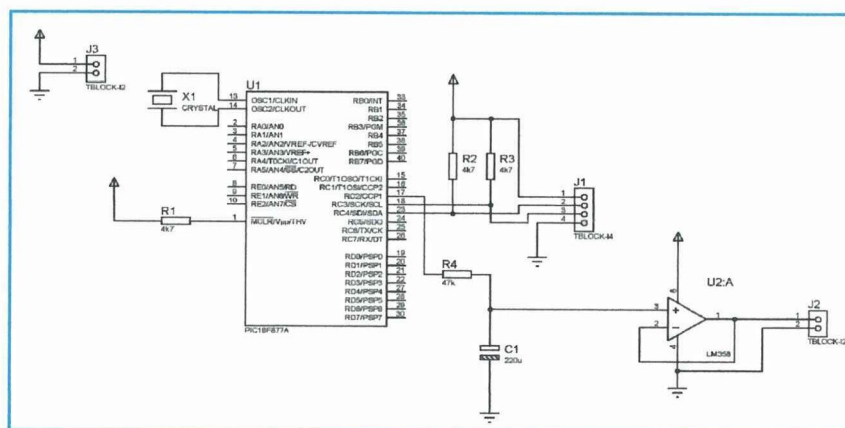
El Medidor de nivel se lo realizó con la ayuda del sensor ultrasónico SRF02, el mismo que necesita de un microcontrolador para que sea este el encargado de leer el valor de la distancia. Pero como también se necesita una señal analógica proporcional a la distancia, es el microcontrolador que convierte la distancia en voltaje, para ingresar al Controlador Lógico Programable (PLC). La lista de materiales empleados para el diseño de esta placa se escribe a continuación:

- 1 Microcontrolador PIC16F877A.
- 1 Sensor Ultrasónico SRF02.
- 1 Oscilador de Cristal de 4Mhz.
- 3 Resistencias de 4,7KΩ.
- 1 Resistencia de 47KΩ.
- 1 Capacitor de 220μF.
- 1 Circuito Integrador LM358.
- 2 Borneras para placa de 2 terminales.
- 1 Bornera para placa de 4 terminales.

El esquema del medidor de nivel con todos sus componentes se muestra en la figura 3.32.

FIGURA 3. 32

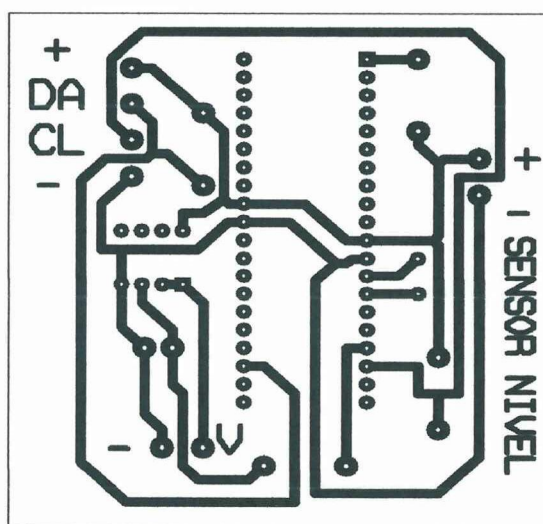
ESQUEMA DEL MEDIDOR DE NIVEL



Fuente: Investigación de Campo
 Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcel.

En la bornera para placa J1 se conecta el sensor ultrasónico, en la bornera J2 se tiene la salida de voltaje analógico, la bornera J3 sirve para conectar los 5VDC necesarios para el funcionamiento del circuito. El Circuito Integrado LM358 está trabajando como seguidor de voltaje. Una vez realizado el esquema en ISIS se transfiere al ARES para el respectivo auto ruteo y creación de la placa, la misma que quedó como se observa en la figura 3.33.

FIGURA 3.33
PLACA DEL MEDIDOR DE NIVEL



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmaasa Marcelo

3.12 PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el análisis de resultados se realizó cuatro pruebas:

Prueba Uno

Una vez encendido el módulo se realizó el seteo de 18 litros, la bomba se activa automáticamente, y toma un tiempo de 2 minutos 25 segundos hasta llegar al valor digitado en el set point, luego se activa la niquelina y de la temperatura ambiente

15 grados centígrados hasta llegar al valor digitado en el set point 17 grados centígrados toma un tiempo de 29 segundos.

Cuando alcanza el valor de temperatura establecido en el set point se abre la electroválvula y desciende el líquido hasta los 5 litros, toma un tiempo de 3 minutos con 07segundos.

Una vez llegado al valor fijo seteado la bomba se encenderá y de acuerdo a los valores digitados en el set point el proceso se ejecutara como lo anteriormente citado pero en diferentes tiempos, recordando que en el descenso de nivel debemos realizar un nuevo set point

Prueba Dos:

Para la segunda prueba se realizó el seteo de 25 litros, la bomba se activa automáticamente, y toma un tiempo de 3 minutos 56 segundos, hasta llegar al valor digitado en el set point, la niquelina no se activó, se abre la electroválvula y desciende el líquido a 5 litros, toma un tiempo de 4 minutos con 50segundos.

La prueba es fallida se procede al reset del programa y se retira el suministro eléctrico para realizar una nueva prueba.

Prueba Tres:

Reseteado el programa se digito un nuevo set point de 15 litros y la bomba se activa automáticamente, y toma un tiempo de 1minuto03 segundos hasta llegar al valor del set point, luego se activa la niquelina toma un tiempo 1 minuto con 40 segundos en marcar el valor del set point de temperatura 17 a 19.

Se verifica que la termocupla no realiza la lectura indicada en el set point, el agua comienza a evaporarse, entonces se procede a apagar el modulo y a verificar la falla, se determina que marcaba la temperatura de la evaporación del agua, para lo cual se abre manualmente la electroválvula y con un termómetro se toma la temperatura del agua misma que marcaba 26 grados centígrados.

Se debe tomar en cuenta el set point de temperatura, el mismo que se debe realizar a partir de los 18 litros en adelante.

Se toma en cuenta que cuando existe evaporación dentro del cilindro el sensor de nivel empieza a proporcionar lecturas erróneas, por lo que para realizar las pruebas se estimó digitar valores en el set point que no sobrepasen de 24 grados centígrados.

Prueba Cuatro:

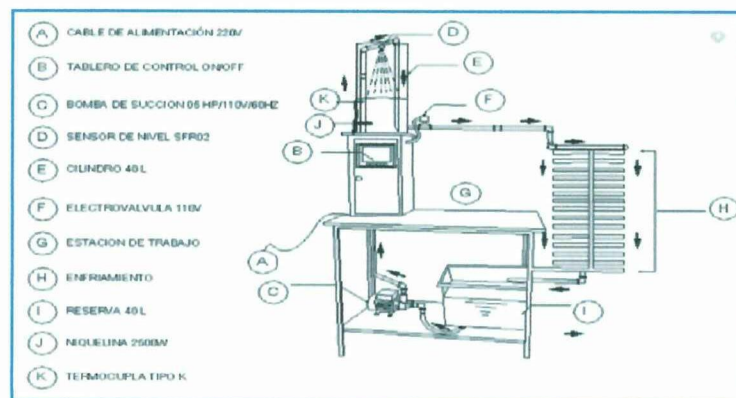
Al realizar esta nueva prueba se ha comprobado que el agua cuando se encuentra en temperatura ambiente 15 grados centígrados y al digitar un valor en el set point de 22 grados centígrados y este caudal al circular por las cámaras de enfriamiento tipo goteo y por medio de la transferencia de calor disminuye 4 grados centígrados.

Pero el agua en el momento del descenso salpicaba las bandejas y mojaba el lugar de trabajo, por lo cual se procedió a reducir la distancia de las bandejas, y se consiguió bajar 3.5 grados centígrados y el agua no salpico. En otra prueba efectuada y una vez que el agua se mantenía en una temperatura de 21 centígrados la cámara de enfriamiento disminuyó 2 grados centígrados.

3.13 PARTES CONSTITUTIVAS DEL MÓDULO DIDÁCTICO

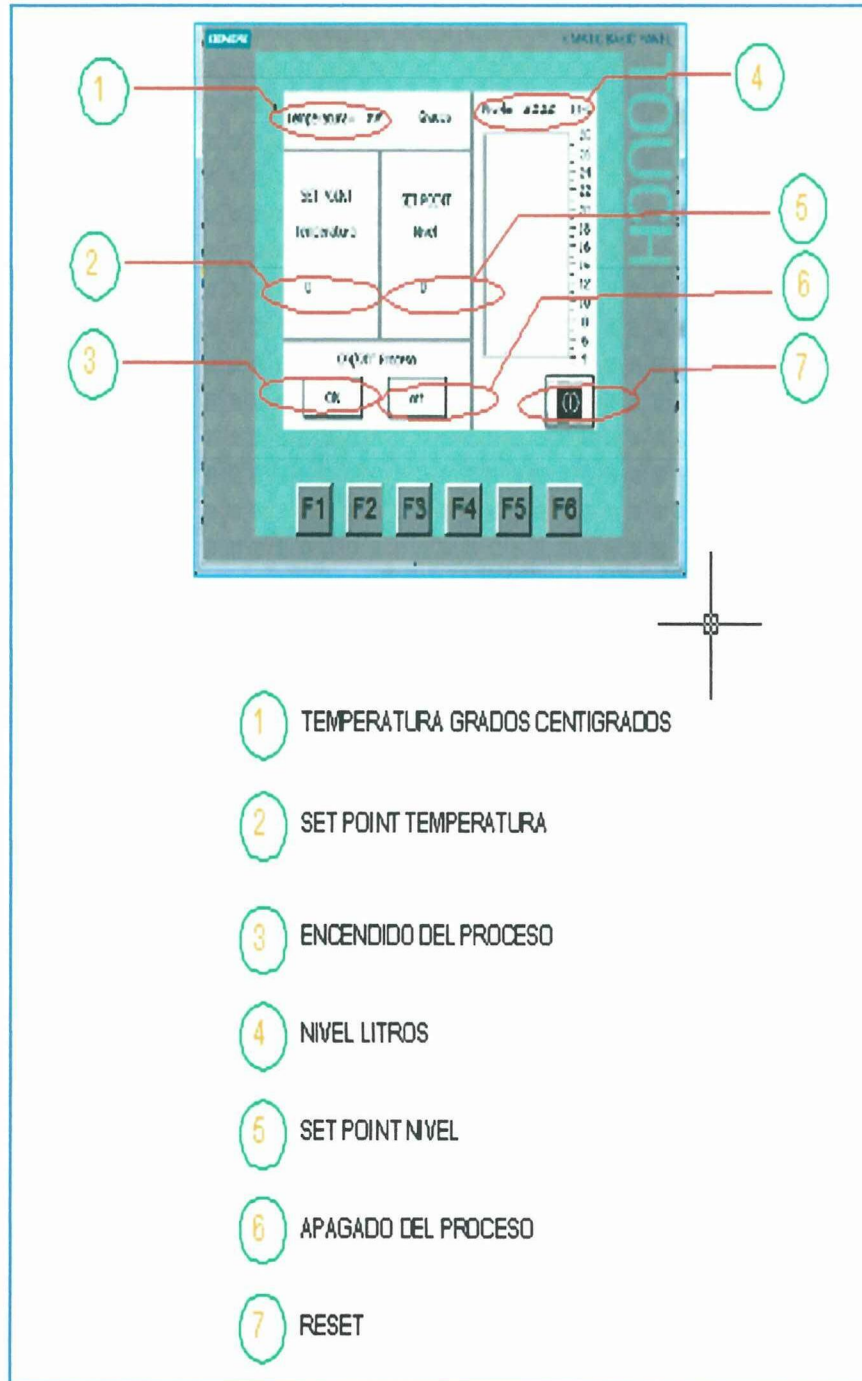
Para la operación del módulo debemos conocer las partes que lo componen las mismas que se observan en las siguientes figuras.

**FIGURA 3. 34
OPERACIÓN MODULO DIDÁCTICO**



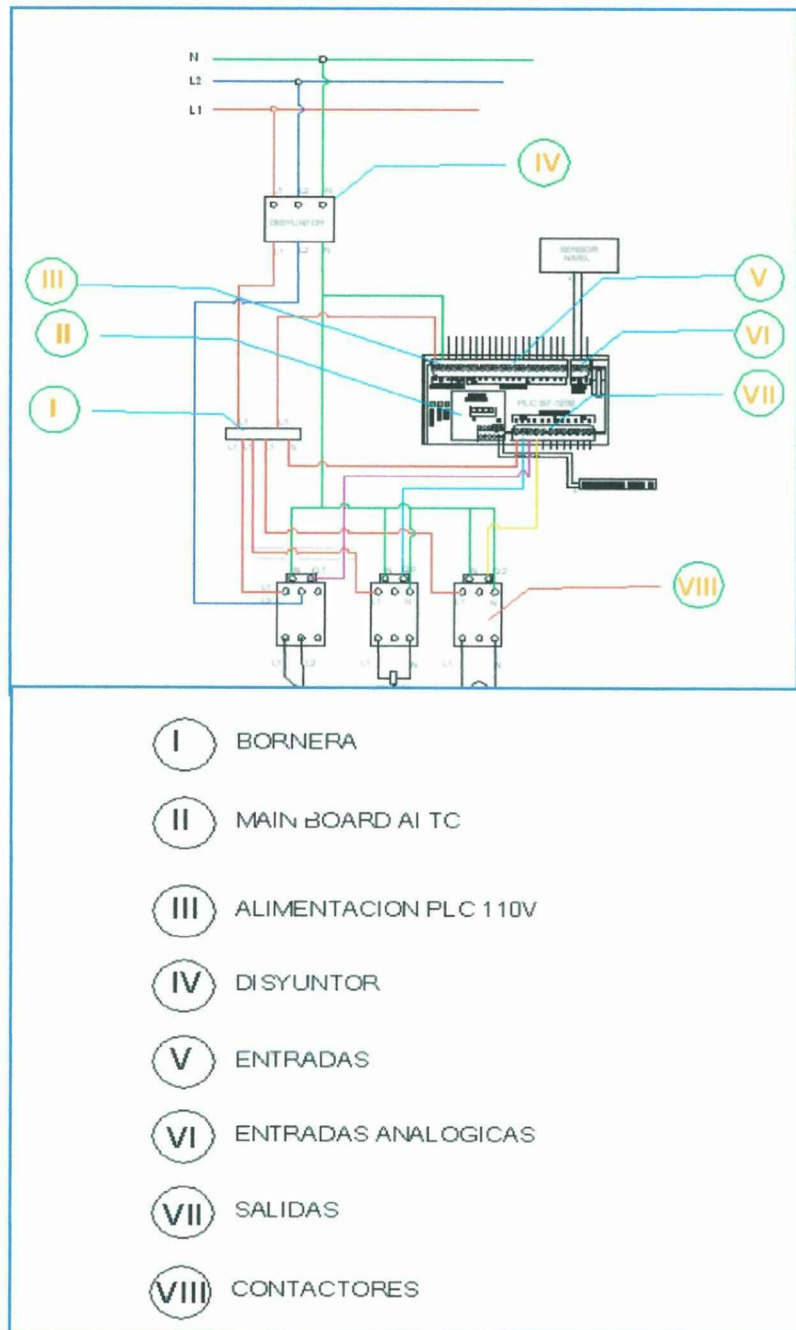
Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

FIGURA 3.35
PROGRAMA VISUALIZADO EN PANTALLA TÁCTIL



Fuente: Investigación de Campo
 Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

FIGURA 3. 36
ESQUEMA ELECTRICO DEL TABLERO



Fuente: Investigación de Campo
 Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

3.14 MANUAL DE PRÁCTICAS Y MANTENIMIENTO

3.14.1 *Manual de Prácticas*

SE DEBE TOMAR EN CUENTA ESTAS CONSIDERACIONES IMPORTANTES ANTES DE REALIZAR LAS PRÁCTICAS EN EL MODULO DIDACTICO:

- ✓ La electricidad es peligrosa puede causar lesiones permanentes o incluso la muerte, en la actualidad se ha denominado que la principal causa de muerte es por choques eléctricos causado por la corriente domiciliaria.
- ✓ Debe tomar en cuenta que el modulo didáctico trabaja con 220v.
- ✓ Conocer las instalaciones del laboratorio como la ubicación del botiquín de primeros auxilios, el extintor de incendios, salida de emergencia.
- ✓ Cualquier accidente por lo mínimo que este fuese debe ser tratado con prontitud (apliquemos el significado de compañerismo).
- ✓ Ante toda situación pensemos primero y actuemos con sentido común.
- ✓ No se distraiga en las prácticas ni distraiga a sus compañeros ocupados en una tarea encomendada por el docente.
- ✓ No se ponga nunca a jugar cerca de maquinaria en movimiento o la electricidad.
- ✓ No trabaje sobre pisos mojados.
- ✓ No trabaje solo, siempre conviene que haya otra persona para cortar la corriente, aplicar respiración artificial y llamar a un paramédico.
- ✓ Sea cauteloso en los movimientos que realice, especialmente cuando trabaje con dispositivos y circuitos eléctricos.
- ✓ Si obedece estas sencillas reglas de seguridad evitará experiencias dolorosas y costosas.

Antes de iniciar una práctica realicemos los siguientes pasos:

Instalación

1. Instale el módulo en lugares lejos del exceso de humedad, temperatura extrema, conductores contaminantes, polvo, y la luz solar directa.

Conexión de entrada

2. Conectar el módulo didáctico a una toma de corriente de 220V corriente alterna (AC, debidamente conectada a tierra).

Recuerde:

Asegúrese que la toma de corriente no comparta el circuito con una carga eléctrica grande. (Suelda, torno, fresadora, etc.).

Antes de comenzar a trabajar con cualquier equipo, consulte con su docente en qué condiciones está el equipo y si existe algún peligro.

Encendiéndolo

3. Una vez suministrado el flujo eléctrico, accionamos el disyuntor (breakers) principal (elemento IV), en el interior del módulo como se aprecia en la figura 3.36, para el paso de la corriente a todos los dispositivos eléctricos y electrónicos.

Navegación en el Touch Panel

4. Una vez encendido el Controlador Lógico Programable (PLC) y el Touch Panel, en la pantalla aparece la carátula con el nombre de la institución, proyecto y autores, en esta aparece el botón **programa** pulsamos para ingresar al proceso cargado en el Controlador Lógico Programable (PLC), y que podemos visualizar en la pantalla como se aprecia en la figura 3.35.

En esta ventana se debe digitar los valores de set point tanto de la temperatura, (elemento 2), en la figura 3.35, como del nivel, (elemento 5), en la figura 3.35, los rangos de set point nivel para medir la temperatura se lo hará desde los 17- 25 litros, de acuerdo a las necesidades del operador o del proceso que se ha de efectuar.

Arranque del Programa

5. El programa se encuentra detenido en la ventana proceso, en esta existe un botón ON, (elemento 3), en la figura 3.35 de la pág. 104, lo pulsamos y el proceso empezara a trabajar, los valores de nivel y temperatura marcaran y los dispositivos se accionaran de acuerdo a lo programado en el set point, el botón OFF (elemento7), en la figura 3.35 de la pág. 104, se pulsa para detener la ejecución del programa en lo que respecta al cambio de estado de la salidas.

Para las prácticas se recomienda utilizar agua limpia.

RECORDEMOS:

Este manual contiene instrucciones que deben ser seguidas durante la instalación y la operación para obtener los resultados deseados en las prácticas.

PRÁCTICAS

PRÁCTICA N° 1

Tema: Familiarización con el módulo didáctico

Objetivo:

- ✓ Familiarización con los componentes, equipos y dispositivos que conforman el modulo didáctico para el control y monitoreo de la temperatura y el nivel.

Fundamento Teórico:

Es inconcebible poner en marcha una industria y monitorear su funcionamiento correcto, sin la ayuda de instrumentos medición.

Los instrumentos se los emplea básicamente para la medición:

Como **medición** se puede definir a todas aquellas tareas relacionadas con la función de detectar la presencia y magnitud de una variable fisica como la presión, el caudal, el nivel, la temperatura, el pH, la conductividad, la velocidad, la

humedad, el espesor, etc. y mostrarla de una manera comprensible para el operador.

- Termocuplas.
- Electroválvula.
- Controlador lógico programable.
- Touch panel.
- Tia portal.
- Niquelina.
- Termostato.
- Bomba de succión.

Equipo y materiales:

- ✓ Breaker o disyuntor trifásico.
- ✓ Bomba de agua marca LEO, 110VAC, 60Hz, 0.5HP, 5A, 40ltr/min.
- ✓ Reservorio de agua (capacidad 42 litros).
- ✓ Tanque con capacidad de 40 litros.
- ✓ Niquelina de 2500W a 220VAC.
- ✓ Termocupla tipo K.
- ✓ Medidor de nivel.
- ✓ Enfriador para el agua con bandejas.
- ✓ Controlador Lógico Programable PLC S7 1200 CPU 1214C AC/DC/RLY.
- ✓ Contactores.
- ✓ Pantalla táctil.
- ✓ Fuente de alimentación de 24VDC.
- ✓ Signal Board SB 1231 TC.
- ✓ Todos los componentes empleados en el montaje del Módulo didáctico.

Procedimiento:

1. Ubíquese frente al módulo didáctico y sin encender el equipo identifique los componentes que se encuentran en la parte superior del módulo didáctico y en la parte inferior.
2. Abrir el tablero de control y observe detenidamente sus dispositivos internos.

3. Verifique los depósitos de agua y que estos se encuentren libres de impurezas y objetos extraños.
4. Llene de agua limpia, la reserva inferior capacidad 40litros.
5. Limpie el depósito de impulsión de la bomba manualmente.
6. Proceda con el encendido en el siguiente orden:
 - a) Conecte el modulo didáctico a una toma de 220v.
 - b) Accione el Breaker o disyuntor ubicado en el interior del tablero de control al realizar esta acción se encenderá automáticamente el Controlador Lógico Programable (PLC) y el Touch Panel.
 - c) Cierre el tablero de control.
 - d) Diríjase al Touch Panel en este encontraremos la caratula principal con el nombre del proyecto y para qué sirve.
 - e) Dar una pulsación en el botón programa y automáticamente, ingresara a la ventana de proceso, en esta se encuentra con tres botones y dos controles que son ajustables y con un propósito en la ventana y los mismos que se detallan a continuación:

Botón ON: Este ejecuta el proceso seteado tanto de nivel como temperatura.

Botón OFF: Este resetea el proceso no deseado.

Control SET POINT TEMPERATURA: Se selecciona los grados centígrados con los que se va a trabajar en el proceso.

NOTA:

Trabajar desde los 16 hasta los 24 grados centígrados, a temperaturas mayores el agua se empieza a evaporar, el vapor se aloja en las paredes del cilindro y el sensor realiza lecturas erróneas.

Par verificar lo mencionado se puede comprobar realizando una práctica.

Control SET POINT NIVEL: Se selecciona los litros con los que se va a trabajar en el proceso

NOTA:

Los rangos establecidos están de 17-25 litros, se efectúa este rango para poder medir la temperatura, debido a que la termocupla se ubicó a la altura de los 17 litros en la regleta.

Botón Apagar: Salir del proceso.

- f) Realizar un proceso, controlar y monitorear la temperatura y el nivel de agua.

Se asignarán los siguientes valores de set point:

Set Point Temperatura= 22 grados.

Set Point Nivel= 20 litros.

Es importante mencionar que esta seteado un valor mínimo de 5 litros fijos de donde al iniciar el proceso arrancara la bomba.

La secuencia del proceso es la siguiente:

- ✓ Si el nivel es menor al Set Point, se enciende solo la bomba.
- ✓ Cuando el nivel es igual al Set Point, se apaga la bomba y se enciende la niquelina.
- ✓ La niquelina permanece encendida hasta alcanzar el valor del Set Point de temperatura.
- ✓ Cuando la temperatura es igual al Set Point, se apaga la niquelina y se enciende la electroválvula para que descienda el nivel del tanque.
- ✓ La electroválvula se apaga cuando el nivel del tanque este en 5 litros y se repite el proceso.

Los valores de Set Point es recomendable cambiarlos cuando el nivel este descendiendo.

Entonces retomando el ejemplo si el nivel del tanque es inferior a los 20 litros, se encenderá la bomba, cuando llegue el nivel a los 20 litros, se apaga la bomba y se enciende la niquelina hasta que la temperatura del agua alcance los 22 grados centígrados, en ese instante se apaga la niquelina y se enciende la electroválvula hasta que el nivel de tanque sea 5 litros. Se repite el proceso hasta cuando se pulse el botón OFF.

Este botón hace que el Controlador Lógico Programable (PLC), lea sus entradas pero no tenga cambio en sus salidas

RECORDEMOS:

Lo antes citado solo podemos realizar el control On/ Off, si queremos realizar otro tipo de control debemos implementar otros dispositivos, actuadores, módulos de señal, salida de voltaje.

Para realizar las prácticas el programa se encuentra ya cargado en la Unidad Central de Procesamiento CPU del Controlador Lógico Programable (PLC).

Cualquier duda o comentario realice a su docente de prácticas o consulte con el manual de prácticas o de mantenimiento.

- g) Desenergice el Módulo Didáctico con el breaker principal situado en el interior del tablero de control.
- h) Desconecte el cable de alimentación de la fuente de 220v.
- i) Si no realiza otra práctica evacúe el agua de las reservas (cilindro y cubo).
- j) Cierre el tablero de control con llave.
- k) Deje limpio la estación de trabajo.

RESUMEN

La medición de nivel es muy importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento correcto del proceso como de la consideración del balance adecuado de materias primas o de productos finales. La medida de temperatura constituye una de las mediciones más comunes y más importantes que se efectúan en los procesos industriales.

CUESTIONARIO

1.- ¿Piensa usted que este módulo didáctico cumple sus expectativas técnicas?

.....

2.- ¿De los dispositivos empleados en el módulo didáctico cite de cuáles de estos usted ya tenía conocimiento?

.....

PRÁCTICA N° 2

Tema: Configuración del PLC S7 1200 mediante TIA Portal

Objetivo:

- ✓ Seleccionar y configurar el PLC S7 1200 mediante TIA Portal.

Fundamento Teórico:

El PLC S7 1200 es una CPU compacta cuyo número de serie es 6ES7 214-1BG31-0XB0, viene incorporado un socket que puede ser utilizado para conectar Tarjetas de Señales (SB) o Módulos de Comunicación (CM), el mismo que puede entregar una corriente máxima de 1600 mA y un voltaje de 5VDC. Posee una fuente de 24VDC para alimentar sensores o para ser empleada en las entradas digitales con una corriente máxima de 400mA.

La leyenda AC/DC/Relay, significa que la CPU se alimenta con corriente alterna, las entradas digitales necesitan de un voltaje DC para que se activen y las salidas digitales son a relé. Vienen incorporadas 14 entradas digitales y 10 salidas digitales. Cuando una entrada digital es usada existe un consumo de 4mA. También existe como parte de la CPU 2 entradas de voltaje con un rango de 0 a 10VDC. Soporta hasta un máximo de 8 módulos de expansión de señales (SM).

Para realizar esta práctica se recomienda tener conocimientos previos sobre:

- Programación del plc.
- Lenguaje de Programación TIA portal.
- Conexiones de los sensores.

Equipo y materiales:

- ✓ Breaker o disyuntor trifásico.
- ✓ Bomba de agua marca LEO, 110VAC, 60Hz, 0.5HP, 5A, 40ltr/min.
- ✓ Reservorio de agua (capacidad 42 litros).
- ✓ Tanque con capacidad de 40 litros.
- ✓ Niquelina de 2500W a 220VAC.

- ✓ Termocupla tipo K.
- ✓ Medidor de nivel.
- ✓ Enfriador para el agua con bandejas.
- ✓ Controlador Lógico Programable PLC S7 1200 CPU 1214C AC/DC/RLY.
- ✓ Contactores.
- ✓ Pantalla táctil.
- ✓ Fuente de alimentación de 24VDC.
- ✓ Signal Board SB 1231 TC.
- ✓ Todos los componentes empleados en el montaje del Módulo didáctico.

Procedimiento:

1. Conecte el PLC a la computadora en forma directa o mediante el switch, empleando el cable de red.
2. Energice el modulo.
3. Abra el centro de redes y recursos compartidos de windows, desde la barra de tareas.
4. De un clic en cambiar configuración del adaptador.
5. Abra las propiedades de red alámbrica, dando clic derecho sobre el icono y seleccione propiedades.
6. Seleccione IPv4 y de un clic en propiedades.
7. Seleccione la opción Usar la siguiente dirección IP, escriba por ejemplo 192.168.0.10, de un clic en aceptar. El PLC tiene la dirección 192.168.0.1.
8. Cierre todas las ventanas.
9. Pulse la combinación de tecla Windows + tecla R.
10. En la ventana Ejecutar escriba cmd y pulse aceptar.
11. Aparece la ventana del símbolo del sistema, escriba ping 192.168.0.1 y pulse enter.
12. Si existe comunicación el PLC envía respuesta a la petición.
13. Abra TIA portal desde el icono del escritorio.
14. Pulse en crear Proyecto.
15. En la parte derecha escriba el nombre y pulse en el botón Crear.

16. En la parte derecha seleccione configurar un dispositivo.
17. De un clic en agregar dispositivo, abra la carpeta SIMATIC S7-1200, abra la carpeta CPU, seleccione la carpeta CPU 1214C AC/DC/Rly, seleccione 6ES7 214-1BG31-0XB0, pulse el botón Agregar.
18. En la imagen del PLC, en la parte del conector de red (PROFINET), de doble clic, en la opción dirección de Ethernet, de un clic y compruebe que la IP sea 192.168.0.1.
19. Desde el árbol del proyecto abra la carpeta PLC_1[CPU 1214C AC/DC/Rly), de doble clic en online y diagnóstico.
20. En la etiqueta tipo de interfaz PG/PC, seleccione PN/IE.
21. En la etiqueta interfaz PG/PC, seleccione el adaptador de red alámbrica de la computadora.
22. Pulse el botón establecer conexión online.

RESUMEN

En esta práctica el estudiante comprueba la comunicación entre la computadora y el PLC, a la vez selecciona y configura el mismo en TIA Portal

CUESTIONARIO

1. ¿Qué significa SB y CM?

.....

2. ¿Qué significa la etiqueta AC/DC/Rly?

.....

3. ¿Qué significa online?

.....

PRÁCTICA N° 3

Tema: Respuesta de la salida del sensor de nivel

Objetivo:

- ✓ Comprobar la respuesta de salida del sensor de nivel.

Fundamento Teórico:

La respuesta de los sensores pueden ser lineales o con histéresis, una respuesta lineal es cuando los valores de salida coinciden en forma ascendente como descendente, mientras que cuando tiene histéresis eso no ocurre.

Para realizar esta práctica se recomienda tener conocimientos previos sobre:

- Sensores.
- Transductores.
- Error.
- Calibración.
- Histéresis.

Equipo y materiales:

- ✓ Breaker o disyuntor trifásico.
- ✓ Bomba de agua marca LEO, 110VAC, 60Hz, 0.5HP, 5A, 40ltr/min.
- ✓ Reservorio de agua (capacidad 42 litros).
- ✓ Tanque con capacidad de 40 litros.
- ✓ Niquelina de 2500W a 220VAC.
- ✓ Termocupla tipo K.
- ✓ Medidor de nivel.
- ✓ Enfriador para el agua con bandejas.
- ✓ Controlador Lógico Programable PLC S7 1200 CPU 1214C AC/DC/RLY.
- ✓ Contactores.
- ✓ Pantalla táctil.
- ✓ Fuente de alimentación de 24VDC.
- ✓ Signal Board SB 1231 TC.

- ✓ Multímetro.
- ✓ Cuaderno.
- ✓ Todos los componentes empleados en el montaje del módulo didáctico.

Procedimiento:

1. Energice el módulo.
2. Identifique la salida del sensor de nivel que ingresa al PLC.
3. Presione con un destornillador la parte de accionamiento del contactor que controla la bomba para subir el nivel de agua hasta 10 litros.
4. Mida con el multímetro el voltaje de salida del sensor, escriba el valor medido.
5. Accione la bomba manualmente para colocar niveles en pasos de 1 litro hasta los 24 litros y medir los valores correspondientes de voltaje en la salida del sensor.
6. Accione la electroválvula manualmente para bajar el nivel de 24 litros a 10 litros en pasos de 1 litro, mida y escriba los valores de voltaje en cada intervalo.
7. Compruebe si los valores ascendentes y descendentes coinciden.
8. Grafique los resultados en Excel, de tipo XY, litros con respecto a voltaje.

RESUMEN

Esta práctica enseña al estudiante a comprobar la respuesta de salida del sensor de nivel.

CUESTIONARIO

1.- ¿Defina Linealidad e Histéresis?

.....

2.- ¿Qué tipo de salida tiene el sensor de nivel?

.....

PRÁCTICA N° 4

Tema: Efectuar un proceso, controlar y monitorear la temperatura y nivel del agua.

Objetivo:

- ✓ Efectuar un proceso, controlar y monitorear la temperatura y el nivel del agua utilizando el Modulo Didáctico.

Fundamento Teórico:

Es inconcebible poner en marcha una industria y monitorear su funcionamiento correcto, sin la ayuda de instrumentos.

Los instrumentos se los emplea básicamente para la medición:

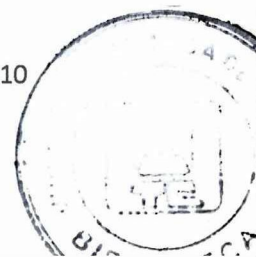
Como **medición** se puede definir a todas aquellas tareas relacionadas con la función de detectar la presencia y magnitud de una variable física como la presión, el caudal, el nivel, la temperatura, el pH, la conductividad, la velocidad, la humedad, el espesor, etc. y mostrarla de una manera comprensible para el operador.

En esta práctica los estudiantes deben tener conocimientos previos sobre:

- Touch panel.
- Error.
- Calibración.
- Instrumentos de medición.
- Sensores.
- Dispositivos de seguridad.

Equipo y materiales:

- ✓ Breaker o disyuntor trifásico.
- ✓ Bomba de agua marca LEO, 110VAC, 60Hz, 0.5HP, 5A, 40ltr/min.
- ✓ Reservorio de agua (capacidad 42 litros).
- ✓ Tanque con capacidad de 40 litros.



- ✓ Niquelina de 2500W a 220VAC.
- ✓ Termocupla tipo K.
- ✓ Medidor de nivel.
- ✓ Enfriador para el agua con bandejas.
- ✓ Controlador Lógico Programable PLC S7 1200 CPU 1214C AC/DC/RLY.
- ✓ Contactores.
- ✓ Touch panel.
- ✓ Fuente de alimentación de 24VDC.
- ✓ Signal Board SB 1231 TC.
- ✓ Todos los componentes empleados en el montaje del Módulo didáctico.

Procedimiento:

1. Ubíquese frente al módulo didáctico y sin encender el equipo identifique los componentes que se encuentran en la parte superior del módulo didáctico y en la parte inferior.
2. Abrir el tablero de control y observe detenidamente sus dispositivos internos.
3. Verificar que los depósitos de agua se encuentren libres de impurezas y objetos extraños.
4. Llene de agua limpia, la reserva inferior capacidad 40litros.
5. Limpie el depósito de impulsión de la bomba manualmente.
6. Proceder con el encendido en el siguiente orden numérico:
 - a) Conecte el Modulo Didáctico a una toma de 220v.
 - b) Accione el Breaker o disyuntor ubicado en el interior del tablero de control al realizar esta acción se encenderá automáticamente el Controlador Lógico Programable (PLC) y el Touch Panel.

- c) Cierre el tablero de control.
- d) Céntrese en el Touch Panel en este se visualizara la caratula principal con el nombre del proyecto y su propósito.
- e) Pulse en el botón programa y entre a la ventana de proceso, pulse los controles nivel y temperatura, que son ajustables y tres botones ejecución, reseteo y salir del proceso estos se detallan a continuación:

Botón ON: Este ejecuta el proceso seteado tanto de nivel como temperatura.

Botón OFF: Este resetea el proceso no deseado.

Botón SET POINT TEMPERATURA: Se selecciona los grados centígrados con los que se va a trabajar en el proceso.

NOTA:

Trabajar desde los 16 hasta los 24 grados centígrados, a temperaturas mayores el agua se empieza a evaporar, el vapor se aloja en las paredes del cilindro y el sensor realiza lecturas erróneas.

Par verificar lo mencionado se puede comprobar con una práctica pero tomar en cuenta que la niquelina se puede quemar por que puede estar prendida como máximo 10 minutos.

Botón SET POINT NIVEL: Se selecciona los litros con los que se va a trabajar en el proceso.

NOTA:

Los rangos establecidos están de 17-25 litros, se efectúa este rango para poder medir la temperatura, debido a que la termocupla se ubicó a la altura de los 17 litros en la regleta.

Botón Apagar: Salir del proceso.

f) Efectúe un proceso, controle y monitoree la temperatura y el nivel de agua. Asigne valores a su criterio de set point, se deberá tomar en cuenta los parámetros descritos anteriormente:

Set Point Temperatura= 24grados.

Set Point Nivel= 25litros.

Es importante mencionar que esta seteado un valor mínimo de 5 litros fijos.

La secuencia del proceso es la siguiente:

- ✓ Si el nivel es menor al Set Point, se enciende solo la bomba.
- ✓ Cuando el nivel es igual al Set Point, se apaga la bomba y se enciende la niquelina.
- ✓ La niquelina permanece encendida hasta alcanzar el valor del Set Point de temperatura.
- ✓ Cuando la temperatura es igual al Set Point, se apaga la niquelina y se enciende la electroválvula para que descienda el nivel del tanque.
- ✓ La electroválvula se apaga cuando el nivel del tanque este en 5 litros y se repite el proceso.

Los valores de Set Point es recomendable cambiarlos cuando el nivel este descendiendo.

Si el nivel del tanque es inferior a los 25 litros, se encenderá la bomba, cuando llegue el nivel a los 25 litros, se apaga la bomba y se enciende la niquelina hasta que la temperatura del agua alcance los 24 grados centígrados, en ese instante se apaga la niquelina y se enciende la electroválvula hasta que el nivel de tanque sea 5 litros.

Se repite el proceso hasta cuando se pulse el botón OFF.

Este botón hace que el Controlador Lógico Programable (PLC) lea sus entradas pero no tenga cambio en sus salidas.

RECORDEMOS:

Lo antes citado solo podemos realizar el control on/ off, si queremos realizar otro tipo de control debemos implementar otros dispositivos, actuadores, módulos de señal, salida de voltaje. Para realizar las prácticas el programa se encuentra ya cargado en la Unidad Central de Procesamiento (CPU) del Controlador Lógico Programable (PLC).

Cualquier duda o comentario realice a su docente de prácticas o consulte con el manual de prácticas o de mantenimiento.

- g) Desenergice el Módulo Didáctico con el breaker principal situado en el interior del tablero de control.
- h) Desconecte el cable de alimentación de la fuente de 220v.
- i) Si no realiza otra práctica evacúe el agua de las reservas (cilindro y cubo).
- j) Cierre el tablero de control con llave.
- k) Deje limpio la estación de trabajo.

RESUMEN

El SIMATIC S7-1200 es modular, compacto e ideal para aplicaciones de automatizaciones pequeñas y la parte medular del módulo didáctico. La visualización permite mejorar considerablemente la calidad del proceso incluso en máquinas compactas o aplicaciones de pequeño alcance por tal razón se utilizó el Touch Panel Simatic fácil y sencillo de manipular.

CUESTIONARIO

1.- ¿Si realizo un proceso con un set point de temperatura de 24° y un set point de nivel 5 litros explique que podría ocurrir?

.....

2.- ¿Si efectúa un proceso y el set point de nivel supera el rango establecido por el manual de prácticas y el set point de temperatura es 15°C temperatura ambiente que piensa usted que ocurriría?

.....

3.14.2 Manual de Mantenimiento

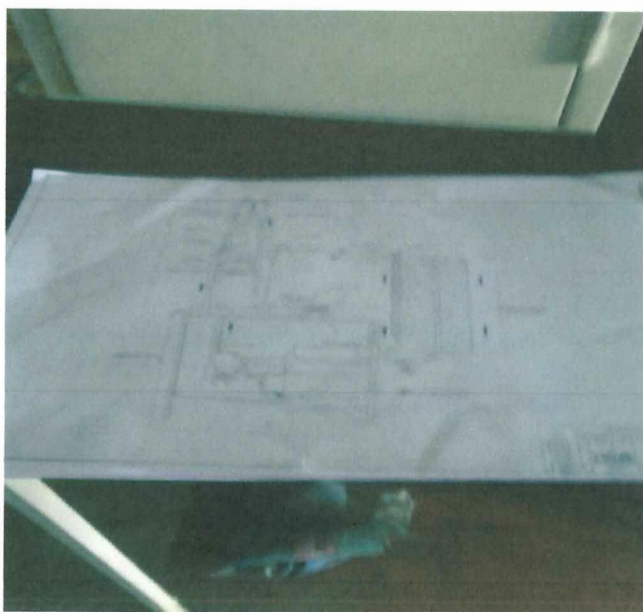
Al módulo didáctico se le aplicara mantenimientos preventivos de una vez por mes como mínimo en los aspectos que se detalla a continuación:

Revisar los planos de diseño del módulo

1. Revisar los planos de diseño del módulo Didáctico (este documento incluye siete laminas con detalles sobre todos los componentes del Módulo Didáctico) para realizar los mantenimientos y consultas.

FIGURA 3.37

PLANOS MÓDULO DIDÁCTICO



Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

2. Mantener el modulo didáctico libre de polvo, líquidos e impurezas que puedan afectar circuitos eléctricos, electrónicos y estéticos.
3. Purgar la bomba de succión y drenar toda el agua del depósito de impulsión, para evitar contaminación del líquido.

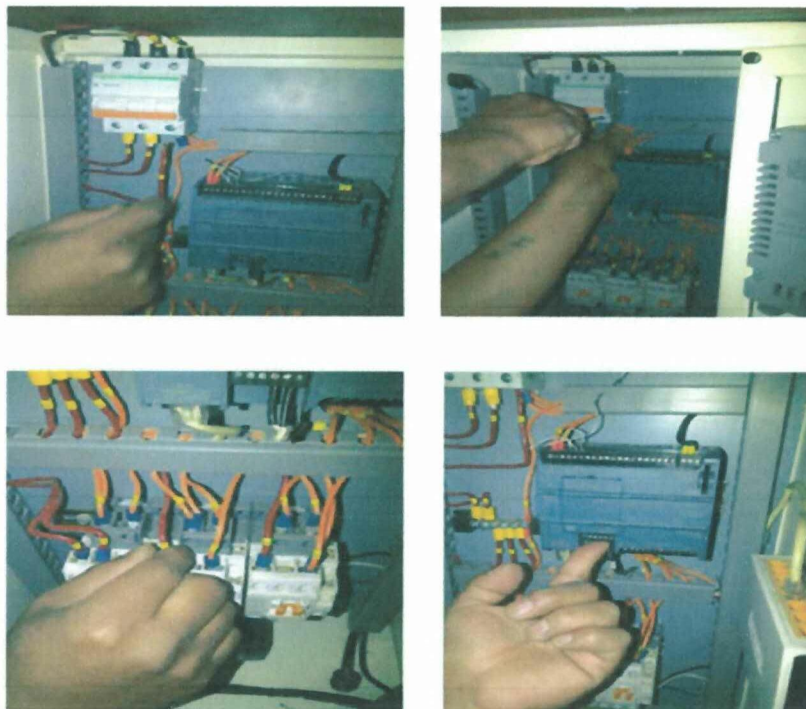
FIGURA 3.38
MANTENIMIENTO BOMBA DE SUCCIÓN



Fuente: Investigación e Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

4. Revisar contactos y ajustarlos, evitemos los cortocircuitos que pueden afectar a los equipos, los mismos que son muy sensibles a cambios de voltaje.

FIGURA 3.39
REVISAR CONTACTOS DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

5. Las reservas de agua cilindro y cubo deben estar limpios, se recomienda lavar con un detergente suave, especialmente el cilindro que es de acrílico material muy delicado.

FIGURA 3.40
LAVAR LAS RESERVAS



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

6. Para esto se colocó en la tubería uniones universales para desmontar las reservas y efectuar el lavado correspondiente.

FIGURA 3.41
DESMONTAJE DE LAS RESERVAS



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmasa Marcelo

7. Recordemos que el agua al tercer día empozada en un recipiente a temperatura ambiente (15 grados), crecen bacterias, algas y otros animales unicelulares.
8. Limpiar con un paño limpio y suave la pantalla del Touch Panel.

FIGURA 3.42

DESMONTAJE DE LAS RESERVAS



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Maldonado Marco/ Tigmaasa Marcelo

Tomar en consideración los aspectos señalados anteriormente, mismos que de no cumplirse impedirán que el Banco de Pruebas de Nivel y Temperatura no funcione con normalidad y tengamos resultados no deseados, tales como lecturas erróneas o fallos en los equipos.

La aplicación que se le dé al mismo será responsabilidad de las personas que realicen las prácticas ya que este será utilizado para los fines mencionados, tomando en cuenta que se puede ampliar más variables como medición de caudal, presión, velocidad, etc.

3.15 CONCLUSIONES

- El HMI en el Touch Panel permite visualizar los cambios de temperatura y nivel de agua, con los datos procesados en el lenguaje de programación Totally Integrated Automation (TIA) y cargados al PLC S7-1200, integrando los dispositivos como aplicación de un sistema automatizado.
- Con la ayuda del protocolo PROFINET y un switch se logró conectar el Controlador Lógico Programable (PLC), el panel táctil y una computadora, esta conexión permite monitorear en línea las entradas y salidas del Controlador Lógico Programable (PLC) y además programar el Controlador Lógico Programable (PLC) y el panel de manera directa.
- Se realizó la programación de un control On/Off con histéresis para realizar las prácticas en el módulo didáctico y monitorear la temperatura y el nivel de agua, el mismo que ayudo a determinar la respuesta de salida de sensor.
- Se realizaron las pruebas de funcionamiento del módulo implementado lo que permitió comprobar la respuesta del mismo en diferentes valores de set point.
- El Módulo Didáctico diseñado y construido es de fácil operación y manejo permitiendo que los estudiantes utilicen adecuadamente los dispositivos electromecánicos y a la vez contribuir con la formación del futuro Ingeniero Electromecánico por lo que estos conocimientos serán indispensables para el desempeño profesional.

3.16 RECOMENDACIONES

Entre las recomendaciones principales podemos anotar las siguientes:

- ✓ Para que la termocupla cense la temperatura del agua se debe setear a partir de los 17 litros en adelante hasta los 25 litros en rango máximo que se realizó la programación por tiempo y volumen del líquido, en rangos inferiores la termocupla sensa el vapor del agua.
- ✓ El agua debe mantenerse limpia para poder realizar el proceso, caso contrario el sensor de nivel medirá lecturas erróneas.
- ✓ Se estableció realizar las mediciones hasta 25 litros porque el sensor de nivel no puede sensar lecturas pequeñas, debido a que este es para fines didácticos, además se tomando en cuenta el aspecto económico.
- ✓ Para el buen funcionamiento de la bomba en el tanque de reserva capacidad 40 litros se debe tener almacenado como mínimo un 70% de agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- [1] CORRALES, Luis. “Manual de Instrumentación Industrial”, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, 2007, Pág. N° 3 ,15, 21, 23, 24, 25,

- [2] CREUS, Antonio. “Instrumentación Industrial”, Editorial Alfa Omega, Sexta Edición, Colombia, 1998, Pág. N° 193, 194, 210 – 488

- [3] PEÑA, Joan. “Introducción a los Automatas Programables”, Editorial UOC, Aragón, Primera Edición. 2003. Pág. N° 101,102

- [4] PORRAS, Alejandro. “Automatas Programables”, Editorial McGrawHill, España, 1990, Pág. N° 10

- [5] ROCA, Alfred. “Control de Procesos”, Editorial Alfa Omega, Segunda Edición, México , 2002, Pág. N° 6, 663, 668

- [6] SIEMENS, AG. “Simatic HMI Panels”, España, Noviembre 2011, Pág. N° 13

- [7] SMITH, Carlos. “Control Automático de Procesos”, Editorial Limusa, México, 1991, Pág. N° 19

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- [8] COMESAÑA, Pablo. “Instalador de Máquinas y Equipos Industriales”, Editorial Pontevedra, 2004.
- [9] HICKS, P. “Formulas en Ingeniería Mecánica” Editorial McGRAW-HILL, edición 2005
- [10] KARLINS David, “Manual del Ingeniero Industrial”, Editorial McGRAW-HILL, edición 2005.
- [11] MARKS. “Manual del Ingeniero Mecánico, Editorial McGRAW-HILL, Ciudad México, edición 2002
- [12] MCGRAW HILL, “Microsoft Visual Basic 6.0 Manual del Programador”, Tercera Edición, Madrid – España, 2001
- [13] MENDIBURU, Henry “Automatización Medio Ambiental”, INDECOPI, Perú, 2003
- [14] SIEMENS SIMATIC, “S7-1200 Easy Book”, Noviembre 2011
- [15] SIEMENS SIMATIC, “S7 Controlador Programable S7-1200 Manual del Sistema”, Noviembre 2009

WEB GRAFIA CITADA

- [16] En: <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX6675.pdf>.
- [17] En: http://www.dea.icae.upcomillas.es/romano/ie_4/sol_jun03.pdf.
- [18] En: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD620.pdf.
- [19] En: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf>.
- [20] En: http://antares.itmorelia.edu.mx/~talfaro/Materias/Instrumentacion_Virtual/acondicionamientodesenal.pdf.

ANEXOS

ANEXO A: ENCUESTA PARA DOCENTES

ANEXO B: ENCUESTA PARA ESTUDIANTES

ANEXO C: TABLA PARA CALCULO VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

ANEXO D: INFRAESTRUCTURA MODULO DIDÁCTICO

ANEXO E: ESTACIÓN DE TRABAJO

ANEXO F: TABLERO DE CONTROL

ANEXO G: SISTEMA HIDRÁULICO DE SALIDA

ANEXO H: SISTEMA HIDRÁULICO DE ENTRADA

ANEXO I: ESQUEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA

ANEXO J: ESQUEMA ELÉCTRICO DE CONTROL

ANEXO A:

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
Ingeniería Electromecánica

ENCUESTA PARA DOCENTES

Estimado docente, su colaboración en contestar las preguntas, apegadas a su realidad, nos permitirá obtener datos exactos e importantes para el desarrollo de nuestra propuesta. El cual consiste en el **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE TEMPERATURA Y NIVEL DE AGUA, UTILIZANDO UN PLC S7-1200 Y UN TOUCH PANEL, PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**.

Lea cuidadosamente y elija las respuestas con una X de acuerdo a su criterio.

1.- ¿CON QUÉ FRECUENCIA UTILIZA EL LABORATORIO PARA REALIZAR PRÁCTICAS CON LOS ESTUDIANTES?

SIEMPRE ()

RARA VEZ ()

A VECES ()

NUNCA ()

2.- ¿CREE USTED QUE LOS MÓDULOS EXISTENTES EN EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA, CUMPLEN LOS REQUERIMIENTOS BÁSICOS PARA REALIZAR PRÁCTICAS?

SI ()

NO ()

¿Por qué?.....
.....
.....

3.- ¿CREE USTED QUE LA EXPLICACIÓN TEÓRICA ES SUFICIENTE PARA OBTENER RESULTADOS ACEPTABLES EN EL CAMPO LABORAL?

SI ()

NO ()

¿Por qué?.....
.....
.....

4.- ¿CONSIDERA IMPORTANTE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO PARA REALIZAR MONITOREO DE VARIABLES ANALÓGICAS?

SI ()

NO ()

¿Por qué?.....
.....
.....

5.- ¿ESTA DE ACUERDO QUE AL IMPLEMENTAR Y REALIZAR PRACTICAS EN LOS MÓDULOS DIDÁCTICOS DEL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA, EL APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES MEJORARA Y A LA VEZ SERAÁMAS FACIL ADAPTARSE AL CAMPO PROFESIONAL?

SI ()

NO ()

¿Por qué?.....

GRACIAS POR SU APORTE

ANEXO C:

Apéndice IV

Valores percentiles (χ^2_p) para la distribución ji-cuadrado con ν grados de libertad (área en sombra = p)



ν	$\chi^2_{.995}$	$\chi^2_{.99}$	$\chi^2_{.975}$	$\chi^2_{.95}$	$\chi^2_{.9}$	$\chi^2_{.85}$	$\chi^2_{.8}$	$\chi^2_{.75}$	$\chi^2_{.7}$	$\chi^2_{.65}$	$\chi^2_{.6}$	$\chi^2_{.55}$	$\chi^2_{.5}$	$\chi^2_{.45}$	$\chi^2_{.4}$	$\chi^2_{.35}$	$\chi^2_{.3}$	$\chi^2_{.25}$	$\chi^2_{.2}$	$\chi^2_{.15}$	$\chi^2_{.1}$	$\chi^2_{.05}$	$\chi^2_{.025}$	$\chi^2_{.01}$	$\chi^2_{.005}$	
1	7.88	6.63	5.02	3.84	2.71	1.32	.455	.302	.2158	.0039	.0010	.0002	.0000													
2	10.6	9.21	7.38	5.99	4.61	2.77	1.39	.575	.211	.103	.0506	.0201	.0100													
3	12.8	11.3	9.35	7.81	6.25	4.11	2.37	1.21	.584	.352	.216	.115	.072													
4	14.9	13.3	11.1	9.49	7.78	5.39	3.36	1.92	1.06	.711	.484	.297	.207													
5	16.7	15.1	12.8	11.1	9.24	6.63	4.35	2.67	1.61	1.15	.831	.554	.412													
6	18.5	16.8	14.4	12.6	10.6	7.84	5.35	3.45	2.20	1.64	1.24	.872	.676													
7	20.3	18.5	16.0	14.1	12.0	9.04	6.35	4.25	2.83	2.17	1.69	1.24	.989													
8	22.0	20.1	17.5	15.5	13.4	10.2	7.34	5.07	3.49	2.73	2.19	1.65	1.34													
9	23.6	21.7	19.0	16.9	14.7	11.4	8.34	5.90	4.17	3.33	2.70	2.09	1.73													
10	25.2	23.2	20.5	18.3	16.0	12.5	9.34	6.74	4.87	3.94	3.25	2.56	2.16													
11	26.8	24.7	21.9	19.7	17.3	13.7	10.3	7.58	5.58	4.57	3.82	3.05	2.60													
12	28.3	26.2	23.3	21.0	18.5	14.8	11.3	8.44	6.30	5.23	4.40	3.57	3.07													
13	29.8	27.7	24.7	22.4	19.8	16.0	12.3	9.30	7.04	5.89	5.01	4.11	3.57													
14	31.3	29.1	26.1	23.7	21.1	17.1	13.3	10.2	7.79	6.57	5.63	4.66	4.07													
15	32.8	30.6	27.5	25.0	22.3	18.2	14.3	11.0	8.55	7.26	6.26	5.23	4.60													
16	34.3	32.0	28.8	26.3	23.5	19.4	15.3	11.9	9.31	7.96	6.91	5.81	5.14													
17	35.7	33.4	30.2	27.6	24.8	20.5	16.3	12.8	10.1	8.67	7.56	6.41	5.70													
18	37.2	34.8	31.5	28.9	26.0	21.6	17.3	13.7	10.9	9.39	8.23	7.01	6.26													
19	38.6	36.2	32.9	30.1	27.2	22.7	18.3	14.6	11.7	10.1	8.91	7.63	6.84													
20	40.0	37.6	34.2	31.4	28.4	23.8	19.3	15.5	12.4	10.9	9.59	8.26	7.43													
21	41.4	38.9	35.5	32.7	29.6	24.9	20.3	16.3	13.2	11.6	10.3	8.90	8.03													
22	42.8	40.3	36.8	33.9	30.8	26.0	21.3	17.2	14.0	12.3	11.0	9.54	8.64													
23	44.2	41.6	38.1	35.2	32.0	27.1	22.3	18.1	14.8	13.1	11.7	10.2	9.26													
24	45.6	43.0	39.4	36.4	33.2	28.2	23.3	19.0	15.7	13.8	12.4	10.9	9.89													
25	46.9	44.3	40.6	37.7	34.4	29.3	24.2	19.9	16.5	14.6	13.1	11.5	10.5													
26	48.3	45.6	41.9	38.9	35.6	30.4	25.3	20.8	17.3	15.4	13.8	12.2	11.2													
27	49.6	47.0	43.2	40.1	36.7	31.5	26.3	21.7	18.1	16.2	14.6	12.9	11.8													
28	51.0	48.3	44.5	41.3	37.9	32.6	27.3	22.7	18.9	16.9	15.3	13.6	12.5													
29	52.3	49.6	45.7	42.6	39.1	33.7	28.3	23.6	19.8	17.7	16.0	14.3	13.1													
30	53.7	50.9	47.0	43.8	40.3	34.8	29.3	24.5	20.6	18.5	16.8	15.0	13.8													
40	66.8	63.7	59.3	55.8	51.8	45.6	39.3	33.7	29.1	26.5	24.4	22.2	20.7													
50	79.5	76.2	71.4	67.5	63.2	56.3	49.3	42.9	37.7	34.8	32.4	29.7	28.0													
60	92.0	88.4	83.3	79.1	74.4	67.0	59.3	52.3	46.5	43.2	40.5	37.5	35.5													
70	104.2	100.4	95.0	90.5	85.5	77.6	69.3	61.7	55.3	51.7	48.8	45.4	43.3													
80	116.3	112.3	106.6	101.9	96.6	88.1	79.3	71.1	64.3	60.4	57.2	53.5	51.2													
90	128.3	124.1	118.1	113.1	107.6	98.6	89.3	80.6	73.3	69.1	65.6	61.8	59.2													
100	140.2	135.8	129.6	124.3	118.5	109.1	99.3	90.1	82.4	77.9	74.2	70.1	67.3													

Fuente: Catherine M. Thompson, Table of percentage points of the χ^2 distribution, Biometrika, Vol. 32 (1941), con autorización del autor y del editor.