



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE PRUEBAS MEDIANTE LABVIEW PARA LA  
MEDICIÓN DE PARÁMETROS EN CALENTADORES SOLARES”**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del título de

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

Presentado por:

**CRISTIAN GEOVANNY TOALOMBO NINABANDA**

**GLADYS JANNETH URQUIZO BUENAÑO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2013**

## AGRADECIMIENTO

*A Dios por brindarme salud y fuerza para lograr mis objetivos planteados.*

*A mis padres, hermanos por todo el cariño que me brindaron y la paciencia que me tuvieron durante éste difícil camino.*

*A Wilson Tamami amigo incondicional que siempre estuvo apoyándome cuando más lo necesitaba a quien de todo corazón le deseo muchos éxitos.*

*A mis tíos Rocío y Gonzalo que fueron como mis padres durante este trayecto y me brindaron todo lo necesario.*

*A las personas que me han acompañado en mis triunfos y derrotas Sofía, Liliana, Mónica. Y al Dr. Celso Recalde por brindarnos apoyo para trabajar en el área de investigación.*

**Cristian.**

*A toda mi familia por su apoyo incondicional que me brindaron en esta etapa de la vida en especial a mis padres.*

*Al cuerpo docente de la ESPOCH que pacientemente transmite su sabiduría a los estudiantes del país.*

*A mis amigas y amigos que hicieron de mi etapa como estudiante algo único e inolvidable, y a toda aquella persona con la cual tuve el inmenso honor de compartir experiencia inolvidable, les expreso mi más profunda gratitud plasmada aquí en estas hojas, pero sobre todo, en mi corazón.*

**Janneth.**

## DEDICATORIA

*A las personas más importantes de mi vida mis padres Guillermo y Transitó por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la confianza por la preocupación constante que me brindaron lo que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por haberme brindado su amor.*

*A mis hermanos quienes estuvieron en mi mente en cada momento que esto les sea como un ejemplo de motivación, humildad y superación.*

***Cristian.***

*Este trabajo está dedicado a aquella personita que con su sonrisa me ha inspirado y me ha dado aliento para lograr esta meta: mi brujita preciosa.*

*Por la profunda confianza y la paciencia hacia mi persona, le dedico a mi familia, en cuyo calor he podido conocer el verdadero sentido de la vida, a pesar de altibajos que la vida tiene; ya que han sido ellos, la razón para imponerme nuevos y ambiciosos retos pero, sobre todo, han sido y serán la fuente del valor para alcanzarlos.*

***Janneth.***

**FIRMAS RESPONSABLES Y NOTA**

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Iván Menes <b>DECANO FACULTAD INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA</b>	.....	.....
Ing. Paul Romero <b>DIRECTOR DE LA ESCUELA ING. ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES INDUSTRIALES</b>	.....	.....
Ing. Diego Barba <b>DIRECTOR DE TESIS</b>	.....	.....
Dr. Celso Recalde <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	.....	.....
Tlgo. Carlos Rodríguez <b>DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN</b>	.....	.....

**NOTA DE LA TESIS:** .....

## **RESPONSABILIDAD DEL AUTOR**

“Yo, Cristian Geovanny Toalombo Ninabanda junto con Gladys Janneth Urquizo Buenaño, somos los responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y, el patrimonio intelectual de la misma pertenecen a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”.

-----  
Cristian Toalombo Ninabanda

-----  
Janneth Urquizo Buenaño

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>AI.NUM</b>	Entrada analógica por el número de Puerto específico de la DAQ
<b>AO.NUM</b>	Salida analógica por el número de Puerto específico de la DAQ
<b>A/D</b>	Analógico/Digital
<b>C</b>	Capacitancia
<b>DAQ</b>	Data Acquisition (Tarjeta de Adquisición de Datos)
<b>DB/BD</b>	Data Base / Base de Datos
<b>DgB</b>	Diagrama de Bloques
<b>GND</b>	Tierra
<b>HMI</b>	Human Machine Interface (Interfaz Humano Maquina)
<b>HO</b>	Nivel de agua inferior
<b>HS</b>	Nivel de agua superior
<b>IMAX</b>	Corriente máxima
<b>IMIN</b>	Corriente mínimo
<b>IRED</b>	Señal Infrarroja
<b>I/O ó E/S</b>	Int/Out (Entrada/Salida)
<b>I2C</b>	Inter Integrated Circuits
<b>LED</b>	Light Emite Diode (Diodo emisor de luz)
<b>M&amp;AE</b>	Measurement & Automation Explorer
<b>NI</b>	National Instrument
<b>PT100</b>	Platino con una resistencia de 100 Ohm
<b>P0.0</b>	Entrada o salida digital por el Puerto configurado de la DAQ
<b>SPI</b>	Serial Peripheral Interface
<b>SQL</b>	Structured Query Language
<b>TRAFO</b>	Transformador
<b>USB</b>	Universal Serial Bus
<b>V</b>	Voltaje

<b>VCA/AC</b>	Voltaje de Corriente Alterna
<b>VCC</b>	Voltaje positivo de polarización
<b>VCD/DC</b>	Voltaje de corriente Directa o continua
<b>VI</b>	Virtual Instrument (Instrumento Virtual)
<b>VIN</b>	Voltaje de entrada
<b>VMAX</b>	Voltaje máximo
<b>VMIN</b>	Voltaje mínimo
<b>VOUT</b>	Voltaje de salida
<b>VRMS</b>	Voltaje efectivo o real
<b>W</b>	Potencia
<b>XBEE</b>	Módulo de Transmisión Inalámbrica
<b><math>\Delta V</math></b>	Variación de voltaje
<b><math>^{\circ}\text{C}</math></b>	Unidad de medida de temperatura en Grados centígrados
<b><math>\Omega</math></b>	Ohm Unidad de medida de una resistencia eléctrica

# INDICE GENERAL

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

FIRMAS RESPONSABLES Y NOTA

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ANEXOS

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL.....	- 21 -
1.1. Antecedentes .....	- 21 -
1.2. Justificación.....	- 22 -
1.3. Objetivos .....	- 23 -
1.3.1. Objetivo general.....	- 23 -
1.3.2. Objetivos específicos.....	- 23 -
1.4. Hipótesis.....	- 24 -

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO.....	- 25 -
2.1. Introducción .....	- 25 -
2.2. Calentadores Solares.....	- 26 -
2.3. Conceptos generales .....	- 27 -
2.4. Arquitectura del Calentador Solar .....	- 28 -
2.4.1. Colector .....	- 28 -
2.4.1.1. Tipos de Colector.....	- 29 -



2.4.1.1.1.	Captador solar plano .....	- 29 -
2.4.1.1.2.	Panel de Tubos de vacío .....	- 30 -
2.4.1.1.3.	Especificación del tubo de vacío.....	- 31 -
2.4.2.	Termo-tanque o Contenedor .....	- 31 -
2.4.3.	Estructura base .....	- 32 -
2.5.	Funcionamiento del Calentador Solar.....	- 32 -
2.6.	Variables Medibles en los Calentadores Solares .....	- 33 -
2.6.1.	Temperatura .....	- 33 -
2.6.2.	Presión.....	- 33 -
2.6.3.	Nivel de agua.....	- 34 -
2.7.	Dispositivos de Medida (Sensor).....	- 34 -
2.7.1.	Termocupla .....	- 35 -
2.7.1.1.	Tipos de termocuplas .....	- 36 -
2.7.1.2.	Curva característica de las termocuplas .....	- 36 -
2.7.1.3.	Aplicaciones de los termopares: .....	- 37 -
2.7.1.4.	Compensación de cero.....	- 37 -
2.7.1.5.	Cable compensado .....	- 38 -
2.7.1.6.	Linealización: .....	- 39 -
2.8.	AD595.....	- 40 -
2.8.1.	Aspectos importantes del AD595.....	- 40 -
2.9.	LM35 .....	- 41 -
2.10.	Transmisor de Presión EBC .....	- 41 -
2.11.	Medición del Nivel de Agua .....	- 42 -
2.11.1.	Sensor Ultrasónico HC-SR05 .....	- 43 -
2.11.2.	Funcionamiento del sensor Ultrasónico .....	- 43 -
2.12.	Arduino Uno .....	- 44 -
2.13.	Tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ).....	- 45 -
2.13.1.	DAQ NI 6009 USB .....	- 46 -
2.13.1.1.	Generales: .....	- 46 -
2.13.1.2.	Entrada Analógica.....	- 47 -

2.13.1.3.	Salida Analógica.....	- 47 -
2.13.1.4.	E/S Digital .....	- 48 -
2.13.1.5.	Contadores/Temporizadores .....	- 48 -
2.13.1.6.	Asignación de pines Analógicos .....	- 49 -
2.13.1.7.	Asignación de pines Digitales .....	- 49 -
2.14.	Software necesario para el sistema .....	- 50 -
2.14.1.	Labview .....	- 50 -
2.14.1.1.	Características .....	- 51 -
2.14.2.	Access.....	- 51 -
2.14.2.1.	Característica.....	- 52 -

### CAPÍTULO III

	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE .....	- 53 -
3.1.	Selección de una fuente de Alimentación adecuada .....	- 53 -
3.1.1.	Transformador .....	- 54 -
3.1.1.1.	Características de los transformadores. ....	- 54 -
3.1.1.2.	Relación de Bobinado con el voltaje .....	- 54 -
3.1.1.3.	Relación de bobinado con la corriente .....	- 55 -
3.1.1.4.	Relación con Resistencia .....	- 55 -
3.1.2.	Rectificador .....	- 56 -
3.1.2.1.	Clasificación de rectificadores de voltaje.....	- 56 -
3.1.2.2.	Rectificador Puente.....	- 56 -
3.1.3.	Filtro .....	- 57 -
3.1.4.	Regulador .....	- 58 -
3.1.4.1.	Regulador Fijo Positivo.....	- 59 -
3.1.4.2.	Regulador de Voltaje Negativo .....	- 60 -
3.1.4.3.	Regulador de voltaje variable .....	- 60 -
3.1.5.	Diagrama Esquemático de la Fuente .....	- 61 -
3.2.	Diseño e Implementación del Circuito Acondicionador para Termocuplas.....	- 63 -
3.3.	Ubicación de los Sensores de Temperatura en los Tubos del Calentador .....	- 65 -
3.4.	Sistema LM35 para medir la temperatura dentro del tanque.....	- 67 -

3.4.1.	Procedimiento para incorporación de los sensores en la barra de silicona .....	- 68 -
3.5.	Diagrama de conexión del sensor de Presión .....	- 68 -
3.6.	Ubicación del Sensor de Nivel de Agua.....	- 69 -
3.7.	Montaje del Calentador Solar .....	- 70 -
3.8.	Implementación general del módulo de pruebas.....	- 71 -
3.8.1.	Cableado de la DAQ NI6009 .....	- 72 -
3.8.2.	Cableado general del módulo .....	- 72 -

## CAPÍTULO IV

	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE .....	- 74 -
4.1.	Panel Frontal .....	- 74 -
4.2.	Diagrama de Bloques .....	- 75 -
4.3.	Conexión Labview - DAQ NI6009 .....	- 76 -
4.3.1.	Pasos para verificar la presencia de la DAQ NI6009 .....	- 76 -
4.3.2.	Herramientas principales utilizadas para comunicación Labview – DAQ NI6009 -	- 77 -
4.3.2.1.	Daq assistant .....	- 77 -
4.3.2.2.	Filter .....	- 77 -
4.3.2.3.	Waveform chart .....	- 78 -
4.3.3.	Configuración de Entradas Analógicas para adquisición de Datos .....	- 78 -
4.3.3.1.	Pasos a seguir para configuración de E/S.....	- 78 -
4.4.	Conexión Labview - Arduino .....	- 80 -
4.4.1.	Pasos para instalar el Toolkit para Arduino .....	- 81 -
4.4.2.	Herramientas Principales Utilizadas para la Comunicación Labview – Arduino..	- 83 -
4.4.2.1.	Init.vi.....	- 83 -
4.4.2.2.	Analog read pin.vi .....	- 83 -
4.4.2.3.	Close.vi .....	- 84 -
4.4.3.	Diseño de software para medición del nivel de agua .....	- 84 -
4.4.3.1.	Parte 1 .....	- 84 -
4.4.3.2.	Parte 2 .....	- 88 -
4.4.3.3.	Parte 3 .....	- 89 -
4.5.	Conexión Labview - Access.....	- 90 -

4.5.1.	Herramientas de Labview Utilizadas para la Conexión con la Base de Datos.....	- 90 -
4.5.1.1.	DB tools open connection.vi .....	- 90 -
4.5.1.2.	DB tools insert data.vi .....	- 90 -
4.5.1.3.	DB tools select data.vi.....	- 91 -
4.5.1.4.	DB tools close connection.vi .....	- 91 -
4.5.1.5.	AD595 TermK.vi.....	- 91 -
4.5.2.	Pasos para la Conexión Labview - Access 2010.....	- 92 -
4.5.3.	Adquisición de Datos.....	- 94 -
4.5.4.	Almacenamiento de Datos.....	- 95 -
4.5.4.1.	Descripción de las partes .....	- 95 -
4.5.5.	Visualización de Datos.....	- 96 -
4.5.5.1.	Descripción de las partes .....	- 97 -
4.6.	Linealización de la Señal del AD595 .....	- 98 -
4.7.	Descripción general de sistema de control HMI. ....	- 101 -
4.7.1.	Panel de monitoreo de datos.....	- 101 -
4.7.1.1.	Sistema LM 35 .....	- 102 -
4.7.1.2.	Termocuplas.....	- 102 -
4.7.1.3.	Botones de Control .....	- 102 -
4.7.1.4.	Nivel de agua.....	- 102 -
4.7.1.5.	Presión.....	- 103 -
4.7.2.	Panel de visualización de datos.....	- 103 -
4.7.2.1.	Datos máximos y mínimos .....	- 103 -
4.7.2.2.	Valores promedio.....	- 103 -

## CAPÍTULO V

	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	- 104 -
5.1.	Metodología de investigación utilizada .....	- 105 -
5.1.1.	Método Deductivo .....	- 105 -
5.1.2.	Fases del método deductivo .....	- 105 -
5.1.3.	Caracterización de la hipótesis.....	- 106 -
5.2.	Evaluación y Comparación de resultados .....	- 107 -

5.2.1.	Evaluación de las Termocuplas .....	- 107 -
5.2.1.1.	Sistema de Termocuplas vs SPER 800024 .....	- 108 -
5.2.1.2.	Sistema de Termocuplas vs HANNA .....	- 108 -
5.2.1.3.	HANNA vs SPER 800024 .....	- 109 -
5.2.1.4.	Porcentaje de error del sistema .....	- 110 -
5.2.2.	Evaluación de los LM35 .....	- 110 -
5.2.2.1.	Sistema LM35 vs SPER 800024 .....	- 111 -
5.2.2.2.	Porcentaje de error .....	- 112 -
5.2.3.	Evaluación del medidor del nivel de agua .....	- 113 -
5.2.3.1.	Sistema de ecuaciones para establecer rangos de medida .....	- 113 -
5.2.3.2.	Resultado .....	- 114 -
5.2.4.	Evaluación de resultado de la presión .....	- 115 -
5.2.4.1.	Resultados .....	- 116 -
5.3.	Resultado Final de Indicadores .....	- 117 -
5.3.1.	Interpretación final del Análisis .....	- 118 -
5.4.	Comprobación de hipótesis .....	- 118 -

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

ABSTRACT

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura II-1 Calentador solar con tubos de vacío</i> .....	- 28 -
<i>Figura II-2 Calentador Solar Plano</i> .....	- 29 -
<i>Figura II-3 Composición de los tubos de vacío</i> .....	- 30 -
<i>Figura II-4 Partes del tubo de Vacío</i> .....	- 30 -
<i>Figura II-5 Termo-tanque</i> .....	- 31 -
<i>Figura II-6 Funcionamiento del calentador solar</i> .....	- 33 -
<i>Figura II-7 Diagrama eléctrico de una termocupla tipo J</i> .....	- 35 -
<i>Figura II-8 Curva característica de termocuplas</i> .....	- 37 -
<i>Figura II-9 Compensación de cero</i> .....	- 38 -
<i>Figura II-10 Configuración con cable compensado</i> .....	- 39 -
<i>Figura II-11 AD595</i> .....	- 40 -
<i>Figura II-12 Diseño interno del AD595</i> .....	- 41 -
<i>Figura II-13 Diseño eléctrico de un LM35</i> .....	- 41 -
<i>Figura II-14 Transmisor de presión</i> .....	- 42 -
<i>Figura II-15 Sensor Ultrasónico</i> .....	- 43 -
<i>Figura II-16 Diagrama de tiempos de un ultrasónico</i> .....	- 44 -
<i>Figura II-17 Tarjeta Arduino UNO</i> .....	- 45 -
<i>Figura II-18 Etapa para adquisición de datos</i> .....	- 46 -
<i>Figura II-19 DAQ NI-6009</i> .....	- 46 -
<i>Figura II-20 Logo Labview</i> .....	- 51 -
<i>Figura II-21 Logo Access</i> .....	- 52 -
<i>Figura III-1 Partes de una fuente de voltaje</i> .....	- 54 -
<i>Figura III-2 Transformador con relación de voltaje</i> .....	- 54 -
<i>Figura III-3 Trafo. con relación de resistencia</i> .....	- 55 -
<i>Figura III-4 Rectificador de Voltaje</i> .....	- 56 -
<i>Figura III-5 Tipos de encapsulamiento del rectificador puente</i> .....	- 57 -
<i>Figura III-6 Filtro de voltaje</i> .....	- 57 -
<i>Figura III-7 Señal de salida después del filtro</i> .....	- 57 -
<i>Figura III-8 Conexión básica de un regulador de voltaje</i> .....	- 59 -
<i>Figura III-9 Fuente de voltaje simétrica con reguladores fijos</i> .....	- 60 -
<i>Figura III-10 Diseño de fuente de voltaje en PROTEUS</i> .....	- 61 -
<i>Figura III-11 Diseño de la placa de la fuente de voltaje</i> .....	- 62 -
<i>Figura III-12 Fuente de voltaje terminada</i> .....	- 62 -
<i>Figura III-13 Diseño de circuito de acondicionamiento en PROTEUS</i> .....	- 63 -
<i>Figura III-14 Diseño de la palca del circuito de acondicionamiento</i> .....	- 64 -
<i>Figura III-15 Circuito de acondicionamiento implementado</i> .....	- 64 -
<i>Figura III-16 Termocupla utilizado en la medición</i> .....	- 65 -
<i>Figura III-17 Anillo de aluminio utilizado en el tubo</i> .....	- 66 -
<i>Figura III-18 Grupo de elementos utilizados para la medición de temperatura</i> .....	- 66 -
<i>Figura III-19 Tubo de vacío con termocuplas ubicadas</i> .....	- 67 -
<i>Figura III-20 Puntos de ubicación de los sensores LM35 y puertos de conexión con Arduino</i> .....	- 67 -

<i>Figura III-21 Diagrama eléctrico del transmisor de presión</i> .....	- 69 -
<i>Figura III-22 Ubicación y conexión del sensor de nivel de agua</i> .....	- 70 -
<i>Figura III-23 Implementación del módulo general</i> .....	- 71 -
<i>Figura III-24 Conexión de la DAQ parte analógica y digital</i> .....	- 72 -
<i>Figura III-25 Módulo de pruebas implementado</i> .....	- 73 -
<i>Figura IV-1 Panel Frontal de Labview</i> .....	- 75 -
<i>Figura IV-2 Diagrama de Bloques de Labview</i> .....	- 76 -
<i>Figura IV-3 Interfaz de adquisición de datos</i> .....	- 77 -
<i>Figura IV-4 Diagrama de filtro</i> .....	- 78 -
<i>Figura IV-5 Diagrama e indicador de Waveform Chart</i> .....	- 78 -
<i>Figura IV-6 Búsqueda de DAQ Assist</i> .....	- 79 -
<i>Figura IV-7 Configuración para Adquirir o Generar señales con DAQ NI6009</i> .....	- 79 -
<i>Figura IV-8 Numero de puertos a utilizar</i> .....	- 79 -
<i>Figura IV-9 Guía de conexión del sensor en el puerto configurado</i> .....	- 80 -
<i>Figura IV-10 Firmware para programación del Arduino</i> .....	- 82 -
<i>Figura IV-11 Indicador de conexión Arduino a la PC</i> .....	- 82 -
<i>Figura IV-12 VIs de Arduino en Labview</i> .....	- 83 -
<i>Figura IV-13 Init.vi Arduino</i> .....	- 83 -
<i>Figura IV-14 Analog read.vi Arduino</i> .....	- 83 -
<i>Figura IV-15 Close.vi Arduino</i> .....	- 84 -
<i>Figura IV-16 Búsqueda Arduino example</i> .....	- 84 -
<i>Figura IV-17 Diagrama de bloques de Arduino read</i> .....	- 85 -
<i>Figura IV-18 Configuración de las entradas</i> .....	- 85 -
<i>Figura IV-19 Asignación de las entradas Trigger y Echo</i> .....	- 86 -
<i>Figura IV-20 SubVI final para ultrasónico</i> .....	- 86 -
<i>Figura IV-21 Asignación de entradas al bloque Ultrasonic sensor</i> .....	- 87 -
<i>Figura IV-22 Icono de la paleta Ultrasonic sensor</i> .....	- 87 -
<i>Figura IV-23 Paleta de funciones de Labview</i> .....	- 88 -
<i>Figura IV-24 Agregar a la paleta Arduino el nuevo VI</i> .....	- 88 -
<i>Figura IV-25 VI para lectura de distancia con HC-SR05</i> .....	- 89 -
<i>Figura IV-26 Open Connection.vi</i> .....	- 90 -
<i>Figura IV-27 Insert Data.vi</i> .....	- 91 -
<i>Figura IV-28 Select Data.vi</i> .....	- 91 -
<i>Figura IV-29 Close connection.vi</i> .....	- 91 -
<i>Figura IV-30 AD595 Term K.vi</i> .....	- 92 -
<i>Figura IV-31 Selección de Create Data Link</i> .....	- 92 -
<i>Figura IV-32 Selección de proveedor</i> .....	- 92 -
<i>Figura IV-33 Búsqueda del archivo en Access</i> .....	- 93 -
<i>Figura IV-34 Prueba conexión con los datos</i> .....	- 93 -
<i>Figura IV-35 Nombre del archivo con formato .udl</i> .....	- 93 -
<i>Figura IV-36 Archivo udl creado</i> .....	- 94 -
<i>Figura IV-37 Utilización de herramientas de adquisición</i> .....	- 94 -
<i>Figura IV-38 Partes del programa de almacenamiento</i> .....	- 95 -
<i>Figura IV-39 Partes del Programa de visualización</i> .....	- 97 -

<i>Figura IV-40 Grafica Temperatura vs Señal no Lineal.....</i>	<i>- 100 -</i>
<i>Figura IV-41 Grafica Temperatura vs Señal Lineal.....</i>	<i>- 100 -</i>
<i>Figura IV-42 Sistema Lineal vs No Lineal.....</i>	<i>- 101 -</i>
<i>Figura V-1 (a). HANNA HI 935005 (b). SPER 800024 (c). Sistema de termocuplas .....</i>	<i>- 107 -</i>
<i>Figura V-2 Lectura de temperatura Sistema vs SPER.....</i>	<i>- 108 -</i>
<i>Figura V-3 Lectura de temperatura Sistema vs HANNA.....</i>	<i>- 109 -</i>
<i>Figura V-4 Lectura de temperatura SPER vs HANNA .....</i>	<i>- 109 -</i>
<i>Figura V-5 Porcentaje de error del sistema de termocuplas.....</i>	<i>- 110 -</i>
<i>Figura V-6 Equipos de medida Water Heater y Sistema LM35 .....</i>	<i>- 111 -</i>
<i>Figura V-7 Curva de respuesta del sistema LM35 vs SPER.....</i>	<i>- 112 -</i>
<i>Figura V-8 Error del Sistema LM35 .....</i>	<i>- 112 -</i>
<i>Figura V-9 Resultado de nivel de agua.....</i>	<i>- 113 -</i>
<i>Figura V-11 Nivel de agua vs Distancia.....</i>	<i>- 115 -</i>
<i>Figura V-10 Señal del transmisor de presión .....</i>	<i>- 116 -</i>
<i>Figura V-12 Efectividad de medición del sistema.....</i>	<i>- 119 -</i>



## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla II-I Características de las termocuplas</i>	- 36 -
<i>Tabla II-II Datos generales de la DAQ NI6009</i>	- 47 -
<i>Tabla II-III Especificación de las Entradas Analógicas</i>	- 47 -
<i>Tabla II-IV Especificación de Salidas Analógicas</i>	- 47 -
<i>Tabla II-V Especificación de las I/O Digitales</i>	- 48 -
<i>Tabla II-VI Especificación del contador de NI6009</i>	- 48 -
<i>Tabla II-VII Indicador de pines Analógicos</i>	- 49 -
<i>Tabla II-VIII Asignación de pines Analógicos</i>	- 50 -
<i>Tabla III-I Numeración de los reguladores de voltaje</i>	- 59 -
<i>Tabla IV-I Error de los sistemas Lineal y No lineal</i>	- 98 -
<i>Tabla V-I Valores de entrada para la Ec. de la recta</i>	- 114 -
<i>Tabla V-III Nivel de agua de acuerdo a la distancia</i>	- 114 -
<i>Tabla V-II Señal del transmisor de presión</i>	- 116 -
<i>Tabla V-IV Resultado Final</i>	- 117 -

# ÍNDICE DE ANEXOS

## **Anexo 1**

Código Fuente LIFA\_Base para comunicación entre Arduino y Labview.

## **Anexo 2**

Código fuente de la nueva pestaña Ultrasonic.cpp para lectura de la distancia.

## **Anexo 3**

Código fuente de la nueva pestaña Ultrasonic.h para conexión con labview.

## **Anexo 4**

Cableado general de los sensores con el módulo.

## **Anexo 5**

HMI: Panel de monitoreo y visualización de datos.

## **Anexo 6**

Tabla de valores del Sistema LM35 y valor promedio de error.

## **Anexo 7**

Sistema Termocupla vs SPER 800024.

## **Anexo 8**

Sistema termocupla vs HANNA 935005.

## **Anexo 9**

Instalación del Calentador Solar.

## **Anexo 10**

Manual de usuario para poner en funcionamiento el módulo.

## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo denominado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE PRUEBAS MEDIANTE LABVIEW PARA MEDICIÓN DE PARÁMETROS EN CALENTADORES SOLARES”, se pretende identificar la tecnología de los calentadores que ofrece el mejor rendimiento en el proceso de calentar agua para uso sanitario en la ciudad de Riobamba.

Se ha considerado el calentador solar de agua con tecnología de tubos de vacío dentro de este análisis debido a que cuenta con una protección externa muy eficaz en contra de factores incidentes en este proceso como es el viento, en la ciudad la mayoría de calentadores instalados son de tecnología con tubos de vacío.

Es por ello que se hace indispensable conocer el comportamiento del calentador solar con tubos de vacío. Este análisis permitirá, de acuerdo al entorno, elegir la inclinación angular de los tubos con dirección al norte expuesto al sol durante el día y determinar pérdidas de energías caloríficas durante la noche.

Para alcanzar los objetivos propuestos se realizarán mediciones de parámetros tales como: nivel de agua, temperatura de entrada y salida del agua y la presión existente en el colector de acuerdo a la elevación de temperatura ya que este es un factor muy importante para la variación de presión. Estas mediciones serán realizadas en diferentes puntos del equipo para ello se ubicarán sensores eléctricos que permitan medir magnitudes físicas incidentes en el calentador solar, siendo la medición más importante de este trabajo la temperatura para ellos se utilizará termocoplas para tubo de vacío y sensores lineales LM35 para el Termo-tanque.

Este documento consta de 5 capítulos distribuidos de la siguiente manera:

En el Capítulo I tenemos el Marco Referencial donde se expone la importancia del presente trabajo y una breve reseña evolutiva de la aplicación de energías alternativas; así como también se definen los objetivos a alcanzarse junto a una propuesta hipotética inicial.

En el Capítulo II se desarrolla la conceptualización teórica necesaria para la comprensión de las distintas terminologías utilizadas en el desarrollo de este trabajo las mismas que servirán para realizar el posterior diseño de los escenarios e interpretación de resultados.

En el Capítulo III denominado Diseño e implementación del Hardware se desarrolla el modulo didáctico con todas las partes tales como: fuente de alimentación, etapa de acondicionamiento para termocuplas, medio físico de conexión de tarjetas para adquisición de datos; estos permitirán un funcionamiento muy eficaz.

En el Capítulo IV denominado Diseño e implementación del Software se desarrolla los programas de almacenamiento, visualización y procesamiento de datos almacenados en Access, además también el diseño de la Interfaz gráfica indicando el trabajo del calentador solar.

Finalmente en el Capítulo V se realiza medición de parámetros con otros dispositivos para determinar el rango de error del módulo para posteriormente con los datos obtenidos en el capítulo anterior y su respectiva interpretación realizar un análisis. A través de la comparación de estos resultados se llegará definir la posición exacta a la que se debe instalar el calentador.

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO REFERENCIAL**

### **1.1. Antecedentes**

El agua caliente se obtiene a través de la combustión de algunos líquidos derivados de petróleo, tales como gasolina, Queroseno, Diésel, Gas LP, etc. los mismos que contaminan el aire a gran escala, actualmente solo el 15% de la población a nivel mundial utiliza calentadores solares u otras fuentes de energía renovables.

La degradación de recursos naturales cada vez es más notoria, siendo el más importante el impacto en el agua, que en uno de sus múltiples usos es utilizada para la generación de energía eléctrica en centrales Hidroeléctricas.

Al utilizar los recursos naturales para el calentamiento de agua se está perjudicando a nuestro planeta, por lo que el uso de la energía solar es una excelente alternativa para este objetivo.

Utilizando este sistema para el calentamiento de agua se disminuyen los requerimientos de consumo de energía eléctrica, constituyéndose a su vez en una alternativa para mantener los recursos naturales y colaborar con el medio ambiente.

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se han realizado investigaciones sobre el aprovechamiento de la Energía Solar en proyectos como “La estandarización de sistemas de calentamiento de agua con la energía solar en Riobamba”.

## **1.2. Justificación**

El módulo que se va a desarrollar proporcionará la medición de los parámetros más relevantes en los calentadores Solares, permitiendo analizar el trabajo de estos equipos, para una posterior elección del equipo más eficiente.

En la actualidad en nuestro país no existen normas para los calentadores solares, ni laboratorios destinados a este fin, por lo que la implementación de este proyecto permitirá obtener datos sobre el funcionamiento y comportamiento de estos equipos de acuerdo a la ubicación y situación climatológica de nuestra Ciudad.

Con una elección adecuada de un calentador solar eficiente se aprovechará al máximo la radiación solar existente en nuestra ciudad, y su instalación disminuirá los requerimientos de energía eléctrica y los gastos económicos que estos representan.

Al utilizar energía inagotable para el calentamiento de agua se está ayudando a la conservación del medio ambiente, puesto que reemplaza el uso de recursos naturales que actualmente se emplean para este objetivo.

Para este proyecto es necesario los conocimientos sobre electrónica por lo que como estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales y apoyo del Área de Energías Alternativas de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH hemos visto necesaria la implementación del módulo de pruebas. En el presente proyecto se aplicarán los conocimientos adquiridos durante la carrera los mismos como: Electrónica, Control, Instrumentación Virtual, Sensores y Actuadores, Estadística, Automatización Industrial, Herramientas Eda y otras.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Diseñar e implementar un Módulo de pruebas mediante Labview para la medición de parámetros en los calentadores Solares.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Investigar y seleccionar dispositivos de medición eficientes.
- Diseñar el Circuito de acondicionamiento de señales.
- Implementar el sistema de adquisición de Datos y el procesamiento de señales.
- Diseñar la interface de visualización basado en Labview.
- Implementar una base de Datos que almacene los resultados del sistema, para su posterior análisis.

#### **1.4. Hipótesis**

El módulo de pruebas permitirá medir los parámetros de temperatura, presión, nivel de agua en los calentadores solares con un error máximo del 10%.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Introducción**

En el presente capítulo se detalla los conceptos básicos que describen las diferentes tecnologías de los calentadores solares que intervienen en este trabajo, como son los de tubos al vacío y plano. También los diferentes tipos de sensores para medir diferentes fenómenos físicos y DAQ para adquisición de datos y medio de conexión físico de los sensores con la PC para posteriormente almacenar los datos leídos.

Principalmente se conceptualiza los aspectos generales de los sensores, calentadores solares, DAQ y otros dispositivos electrónicos, sus características y funcionamiento necesarios para facilitar el trabajo de los mismos así como sus modos de conexión eléctrica en diferentes ambientes.

Se hace también una introducción al software a utilizar para este estudio tales como labview 2011 y Access.

## **2.2. Calentadores Solares**

Un calentador solar es un aparato que utiliza el calor del sol (energía solar) para calentar alguna sustancia, como puede ser agua, aceite, salmuera, glicol o incluso aire. Su uso más común es para calentar agua para uso en albercas o servicios sanitarios (duchas, lavado de ropa o trastes etc.) tanto en ambientes domésticos como hoteles. Son sencillos y resistentes, pueden tener una vida útil de hasta 20 años sin mayor mantenimiento.

En muchos climas un calentador solar puede disminuir el consumo energético utilizado para calentar agua. Tal disminución puede llegar a ser de hasta 50% - 75% o inclusive 100% si se sustituye completamente, eliminando el consumo de gas o electricidad. Aunque muchos países en vías de desarrollo cuentan con climas muy propicios para el uso de estos sistemas, su uso no está extendido debido al costo inicial de la instalación. En varios países desarrollados las normativas estatales obligan a utilizar estos sistemas en viviendas de nueva construcción.

Los calentadores tienen una elevada eficiencia para captar la energía solar. Dependiendo de la tecnología y materiales implementados, pueden llegar a alcanzar eficiencias del 70% u 80%.

El calentador solar de agua constituye uno de los equipos más eficientes en el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía. En la actualidad se fabrican equipos con más de 60 % de

eficiencia. Tradicionalmente se han utilizado calentadores solares para calentar agua, con diseños especiales para países templados y no para el clima tropical. Un calentador diseñado específicamente para trabajar en el trópico puede ser mucho más sencillo, económico y de alta eficiencia.

### **2.3. Conceptos generales**

Cuando la radiación solar es absorbida por un cuerpo se transforma en calor, o sea, éste se calienta. Un cuerpo caliente se enfría cuando le transfiere calor a otro cuerpo por contacto (por conducción), o por un fluido (aire, agua, etc.) en movimiento que lo rodea (por convección), y por la emisión al exterior (por irradiación).

Para que un cuerpo se mantenga caliente debe aislarse térmicamente, o sea, disminuir con un aislante las zonas de pérdidas de calor. Existen numerosos materiales aislantes: el concreto (los bloques), la arcilla (los ladrillos), el asbesto, el corcho, la madera, el serrín de madera (llamado popularmente aserrín), la poliespuma (poliestireno), el poliuretano y otros. También existen materiales muy buenos conductores del calor como el cobre, el aluminio, el acero y la mayoría de los metales.

El vacío también aísla muy bien, pero es bueno saber que tanto el aire como el agua pueden constituir buenos aislantes si se encuentran en reposo; o sea, si no existen corrientes de convección, porque su transferencia de calor por conducción es muy poca.

Pero el aislante que se use en la parte superior de un calentador solar debe dejar pasar la radiación solar, además de tener la propiedad de servir como aislamiento térmico, o sea, ser transparente (en rigor, casi transparente, ya que en la práctica un cuerpo totalmente transparente no existe).

El vidrio es un material con propiedades especiales, casi transparente a la radiación solar tanto visible como infrarroja, y sin embargo es opaco a la radiación infrarroja lejana que emite el cuerpo calentado; o sea, actúa como una trampa de calor, produciendo el llamado efecto invernadero. También muchos plásticos poseen propiedades ópticas adecuadas para su uso en equipos solares y con alta resistencia a los rayos ultravioletas.

## 2.4. Arquitectura del Calentador Solar

Generalmente el Calentador Solar consta de tres partes:

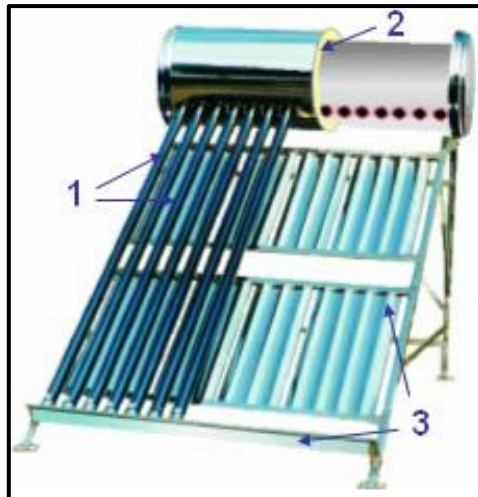


Figura II-1 Calentador solar con tubos de vacío

Fuente: (Infosolar, 2012)

### 2.4.1. Colector

Un **colector solar**, también llamado **captador solar**, es cualquier dispositivo diseñado para recoger la energía radiada por el sol y convertirla en energía térmica. Es el componente que se encarga de transferir la energía solar al agua.

El colector suele estar contenido en una caja con paredes externas resistentes a la intemperie y con paredes internas dotadas de aislamiento térmico. La parte superior lleva uno o varios vidrios o

materiales transparentes capaces de dejar pasar la luz y proteger de la intemperie, utilizados para generar efecto invernadero dentro el colector.

#### **2.4.1.1. Tipos de Colector**

En el mercado existen dos tipos de calentadores solares que actualmente se utilizan para calentar agua de uso sanitario, el más utilizado en la Región Sierra es el de tubos de vacío por su gran desempeño y almacenamiento de energía ante el viento lluvia y otras situaciones climatológicas.

##### **2.4.1.1.1. Captador solar plano**

También llamado colector solar plano o panel solar térmico, consistente en una caja plana de material muy especial que contiene internamente tubos de cobre por el cual circula el fluido que se calienta a su paso por el panel para luego ser almacenado en el termo tanque. El agua fría ingresa por la parte inferior del panel mientras que la salida se encuentra en la parte superior, este último va conectado al contenedor. Existen varios tipos de calentadores planos los cuales son:



**Figura II-2 Calentador Solar Plano**

Fuente: (Infosolar, 2012)

- Captador plano protegido: con un vidrio que limita las pérdidas de calor.
- Captador plano no protegido: sistema más económico y de bajo rendimiento, utilizado esencialmente para climatización de piscinas.

### 2.4.1.1.2. Panel de Tubos de vacío

El colector utiliza tubos de vidrio al vacío. Dentro de los tubos se encuentran los conductos del colector. El vacío previene los fenómenos de conducción y convección, aumentando la eficiencia pero también el costo, estos paneles son más utilizados en zonas frías.

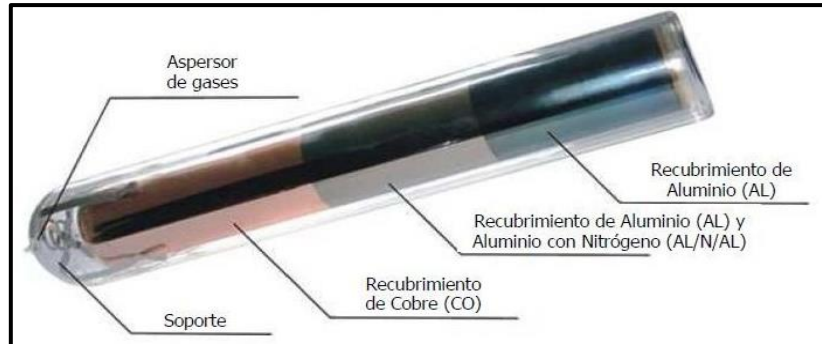


Figura II-3 Composición de los tubos de vacío

Fuente: (Sunnergy, 2012)

El tubo de vacío se compone de un tubo interior, tubo exterior, capa selectiva de absorción y capa de inducción. El tubo interior se utiliza para almacenar agua. La pared externa del tubo interior tiene la capa selectiva de absorción. El espacio entre el tubo interior y exterior es el espacio al vacío. En la parte inferior del tubo exterior hay una capa de inducción, que puede ser usada para absorber el aire remanente.

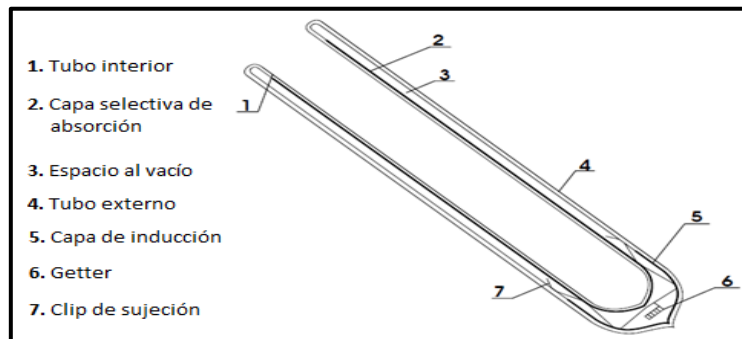


Figura II-4 Partes del tubo de Vacío

Fuente: (Sunnergy, 2012)

La capa selectiva de absorción transforma la energía solar en energía calorífica, y el vacío entre los 2 tubos es el aislamiento para impedir la pérdida de energía calorífica. La capa de inducción puede absorber el aire que se filtra de la atmósfera a los tubos de vacío en el momento de fabricación.

#### **2.4.1.1.3. Especificación del tubo de vacío**

- ✓ El tubo de vacío tiene dimensiones estándar de fabricación. Los cuales son muy indispensables para su funcionamiento.
- ✓ El tubo interior y el externo tienen un vidrio de 2mm de espesor.
- ✓ El espacio del vacío entre los dos tubos es de 7mm.
- ✓ Existen tubos de 180 cm y 150 cm.
- ✓ Los materiales utilizados para el recubrimiento y absorción del calor están en la Figura II-3.

#### **2.4.2. Termo-tanque o Contenedor**

Es el recipiente de almacenamiento del fluido. Se conecta con la entrada y la salida del colector. Durante el día, el agua recircula una y otra vez entre el colector y el contenedor. Después de un tiempo y dependiendo de las dimensiones de los componentes, el agua se calentará para su uso posterior. La energía capturada en el colector se guarda en el tanque en forma de agua caliente. En el momento de requerir agua, se extrae del tanque y se rellena con agua fría.



**Figura II-5 Termo-tanque**

Fuente: (Infosolar, 2012)

El tanque está aislado térmicamente para evitar pérdidas y mantener caliente el agua por más tiempo. El material de la parte externa es un metal anticorrosivo, el interior en un metal antioxidante y la parte intermedia de entre los dos metales se encuentra material esponjoso que evita la pérdida de calor del agua. En un sistema doméstico, el contenedor suele incorporar un calentador eléctrico de apoyo, que se activará en caso de no alcanzar la temperatura deseada.

### **2.4.3. Estructura base**

Piezas metálicas que permiten la ubicación, orientación e inclinación del calentador solar para un funcionamiento óptimo, el material de la estructura generalmente son de aluminio para facilidad de manejo y reducción de peso al momento de armar. La inclinación de la base viene diseñada de acuerdo a la necesidad del usuario, no existe una norma estándar para fabricación con una inclinación dada.

## **2.5. Funcionamiento del Calentador Solar**

El funcionamiento de los calentadores solares está basado en el efecto termosifón<sup>1</sup> sumándose a este el intercambio de calor por convección<sup>2</sup>. Los tubos de vacío absorben los rayos del sol y convierten dichos rayos en energía calorífica, calentando el agua dentro de los tubos. Mientras la temperatura del agua se eleva, la densidad se modifica, el agua caliente en los tubos asciende al termo-tanque sin la necesidad de algún tipo de bombeo y el agua fría dentro del tanque baja a los tubos. Manteniendo el ciclo natural de esta manera, el agua en el tanque se calentará.

---

<sup>1</sup> Termosifón.- Fenómeno que se producen en los fluidos cuando se calientan.

<sup>2</sup> Convección.- Transporte de calor por medio del movimiento del fluido.



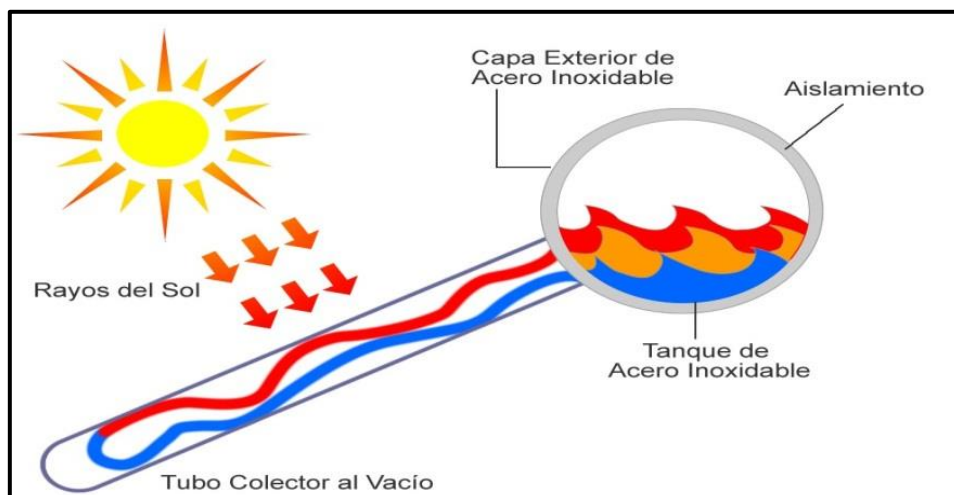


Figura II-6 Funcionamiento del calentador solar

Fuente: (Energías Alternativas, 2012)

## 2.6. Variables Medibles en los Calentadores Solares

Dentro de estos equipos existen variables de mucha importancia que son muy necesarias medir para verificar el funcionamiento eficaz de acuerdo a las condiciones climáticas donde se encuentre instalado. A continuación se presenta estas variables (GENOVA, 2007).

### 2.6.1. Temperatura

La **temperatura** es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente, tibio o frío que puede ser medida con un termómetro, termocupla u otro dispositivo que permita medir esta magnitud. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica.

### 2.6.2. Presión

La Fuerza que ejerce un líquido (en este caso el agua) en un objeto, o en otro líquido en direcciones perpendiculares a ella, esta variable puede ser medida con un manómetro.

### **2.6.3. Nivel de agua**

Magnitud que permite medir la altura a la q se encuentra el agua dentro de un determinado recipiente. Para medir estas variables se puede utilizar sensores que permitan medir una distancia tales como: Sensor ultrasónico, Sharp, sensores de proximidad, etc.

## **2.7. Dispositivos de Medida (Sensor)**

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una Tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

Un sensor se diferencia de un transductor<sup>3</sup> en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra.

Áreas de aplicación de los sensores: Industria automotriz, robótica, industria aeroespacial, medicina, industria de manufactura, etc.

---

<sup>3</sup> Transductor.- es un dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada, en otra diferente a la salida.

Los sensores pueden estar conectados a un computador para obtener ventajas como son el acceso a una base de datos, la toma de valores desde el sensor, etc.

### 2.7.1. Termocupla

Un termopar (también llamado termocupla) es un transductor formado por la unión de dos metales distintos que produce un voltaje muy pequeño en orden de mili-voltios y esto varía de acuerdo a la temperatura (efecto Seebeck), que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado "punto caliente" o unión caliente o de medida y el otro denominado "punto frío" o unión fría o de referencia.

En Instrumentación industrial, los termopares son ampliamente usados como sensores de temperatura. Son económicos, intercambiables, tienen conectores estándar y son capaces de medir un amplio rango de temperaturas.

Por ejemplo, una termocupla "tipo J" está hecha con un alambre de hierro y otro de constantán (aleación de cobre y nickel) Al colocar la unión de estos metales a 750 °C, debe aparecer en los extremos 42.2 milivolts.

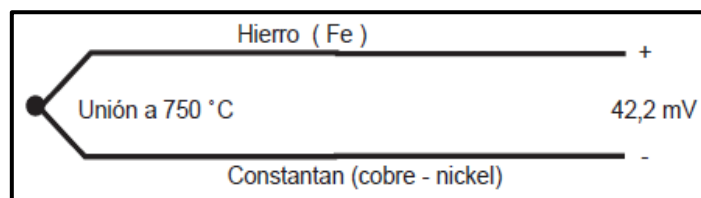


Figura II-7 Diagrama eléctrico de una termocupla tipo J

Fuente: (PALLAS, 2003)

Generalmente las termocuplas industriales vienen protegidas es decir encapsuladas dentro de un tubo de acero u otro material, en un extremo está la unión y en el otro el terminal eléctrico de los cables.

### 2.7.1.1. Tipos de termocuplas

Actualmente existe una infinidad de termocuplas que son utilizadas para distintas aplicaciones de acuerdo al tipo de aplicación en el cual se va a utilizar.

Tabla II-I Características de las termocuplas

TIPO	RANGO MIN	RANGO MAX	MATERIAL	Max Volts(mv)
Tipo J	-180 °C	+ 750 °C	(Fe - CuNi)	42.4
Tipo T	-250 °C	+ 350 °C	(Cu - CuNi)	20.8
Tipo K	-180 °C	+ 1200 °C	(NiCr - Ni)	54.8
Tipo S	-40 °C	+ 1600 °C	(Pt 10% Rh - Pt)	18.68
Tipo R	0 °C	+ 1600 °C	(Pt 13% Rh - Pt)	21.09
Tipo B	600 °C	+ 1700 °C	(Pt 30% Rh - Pt 6% Rh)	13.814

Las termocuplas tipo J se usan principalmente en la industria del plástico, goma y fundición de metales a bajas temperatura. La termocupla tipo K se usa típicamente en fundición y hornos a temperaturas menores de 1300 °C. Mientras que otros tipos de termocuplas se utilizan en industria siderúrgica a excepción del tipo T que antes eran usadas en la industria de alimentos pero en la actualidad han sido reemplazadas en esta aplicación por los Pt-100.

### 2.7.1.2. Curva característica de las termocuplas

Los pares más usados tienen tabulaciones de su salida en mili voltios para el rango de temperaturas en los que es conveniente aplicarlos, hay que fijarse con qué temperatura de referencia han sido hechas las tablas en general se considera la junta fría a 0°C.

En la Figura siguiente se grafican las **FEM** producidas por distintas termocuplas respecto de las mismas a 0°C como temperatura de referencia.

La sensibilidad de las termocuplas no es constante, depende de la temperatura, es decir no son lineales.

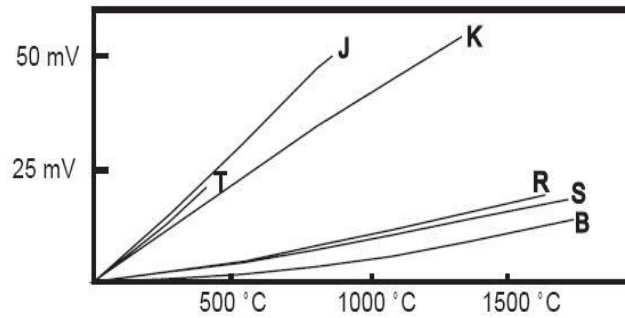


Figura II-8 Curva característica de termocuplas

Fuente: (PALLAS, 2003)

### 2.7.1.3. Aplicaciones de los termopares:

Las termocuplas tipo J se utilizan generalmente en las industrias de plástico, goma y fundición de metales a bajas temperaturas.

La termocupla K se usa típicamente en fundición y hornos a temperaturas menores de 1300 °C, por ejemplo fundición de cobre y hornos de tratamientos térmicos.

Las termocuplas R, S, B se usan casi exclusivamente en la industria siderúrgica (fundición de acero)

Finalmente las tipos T eran usadas hace algún tiempo en la industria de alimentos, pero han sido desplazadas en esta aplicación por los Pt100.

### 2.7.1.4. Compensación de cero

El principal inconveniente en las termocuplas es la necesidad de la compensación de cero. Esto se debe a que en algún punto se debe empalmar el cable de la termocupla con otro material conductor de cobre. En este punto se producirá dos nuevas termocuplas con el cobre como metal para ambas, generando cada una un voltaje proporcional a la temperatura del ambiente en el punto de empalme. La manera como se encuentra conectada la termocupla se la puede apreciar en la Figura II-9.

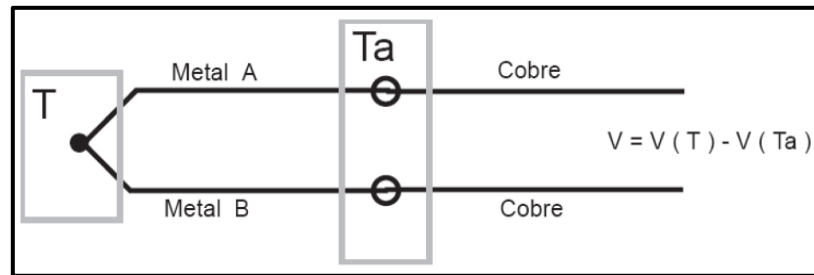


Figura II-9 Compensación de cero

Fuente: (PALLAS, 2003)

Antiguamente este problema se solucionaba colocando los empalmes en un baño de hielo a cero grados para que genere cero voltaje ( $Ta = 0$  y luego  $V(Ta) = 0$ ). Actualmente todos los instrumentos modernos miden la temperatura en ese punto y la suma para crear la compensación y obtener así la temperatura real.

El punto de empalme (llamado “unión o juntura de referencia”) es siempre a la entrada del instrumento pues ahí se conectan los terminales del sensor de temperatura, de modo que es necesario llegar con el cable de la termocupla hasta el mismo instrumento.

#### **2.7.1.5. Cable compensado**

Cuando el instrumento está muy retirado del lugar de medición, no siempre es posible llegar con el mismo cable de la termocupla al instrumento. Esto ocurre especialmente cuando se están usando termocuplas R, S o B hechas con aleaciones de muy alto precio. La solución de este problema es usar los llamados “Cables compensados” para hacer la extensión del cable o si es posible conseguir cables del mismo tipo que la termocupla y así evitar en lo posible generar termocuplas parasitas en el empalme.

Los cables de extensión al tener propiedades eléctricas similares a las del termopar soportan temperaturas altas o iguales a la de la termocupla.

- Conductores tipo J para termocuplas tipo J.
- Conductores tipo K para termocuplas tipo K.
- Conductores tipo T para termocuplas tipo T.
- Conductores tipo E para termocuplas tipo E, etc.

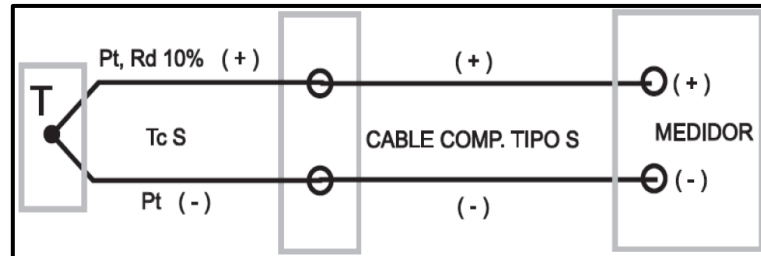


Figura II-10 Configuración con cable compensado

Fuente: (PALLAS, 2003)

Los cables de extensión tienen polaridad de conexión (+) y (-) que al conectarse con la termocupla se debe respetar. Un error típico es conectar al revés en cable con la termocupla y en el instrumento.

Es importante que estos dos cables compensados sean para el tipo de termocupla que se está usando y además estén conectados con la polaridad correcta (+) con (+) t (-) con (-). De otra forma será imposible obtener una medición sin error.

#### **2.7.1.6. Linealización:**

El voltaje de salida en dependencia de la temperatura de una termocupla no es lineal, es decir que es deber del diseñador mediante dispositivos electrónicos o software diseñar un circuito que permita obtener a su salida una señal lineal. En este caso se realiza mediante un dispositivo electrónico **AD595**.

## 2.8. AD595

El amplificador de termocupla AD595 es un amplificador de instrumentación para termocuplas tipo K. Este circuito integrado, tiene compensación<sup>4</sup> de punta fría para el termopar<sup>5</sup>, es decir, realiza una compensación de temperatura en la juntura de la termocupla y tiene una salida con proporción lineal de  $10\text{mv}/^{\circ}\text{C}$ .

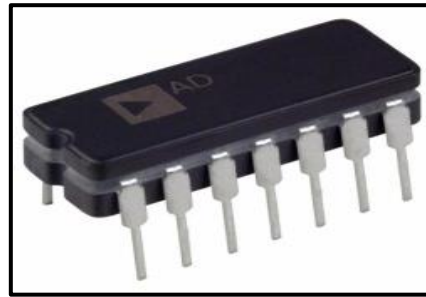


Figura II-11 AD595

Fuente: (Devices, 2010)

Cuando se conecta la termocupla, este circuito integrado realiza la compensación, tomando como referencia la temperatura ambiente, es decir al medir el voltaje en su salida existirá un valor en mili-voltios, proporcional a la temperatura del lugar donde se encuentre.

### 2.8.1. Aspectos importantes del AD595

- Salida lineal de voltaje:  $10\text{mv}/^{\circ}\text{C}$ .
- Amplio rango de alimentación:  $+5\text{V}$ ,  $\pm 15\text{V}$ .
- Bajo consumo de potencia:  $< 1\text{mW}$ .

---

<sup>4</sup> Compensación.- Anulación o igualación de los efectos de una cosas con acción contraria.

<sup>5</sup> Termopar.- Llamado también termocupla, es un transductor formado por la unión de dos metales distintos que produce un voltaje.



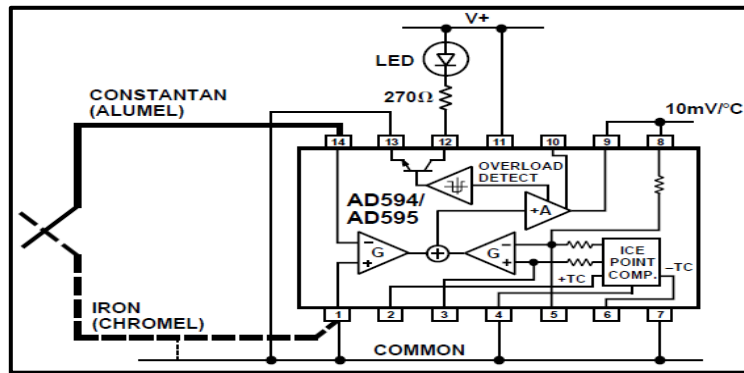


Figura II-12 Diseño interno del AD595

Fuente: [http: \(Devices, 2010\)](http://(Devices, 2010))

## 2.9. LM35

Sensor de temperatura electrónica con salida lineal.

El rango de trabajo de este dispositivo es de  $-50^{\circ}\text{C}$  a  $150^{\circ}\text{C}$  con voltaje de  $-50\text{ mV}$  a  $1500\text{ mV}$  con variación de  $10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ .

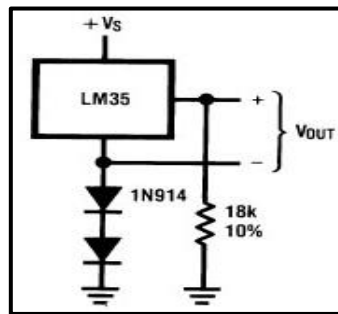


Figura II-13 Diseño eléctrico de un LM35

Fuente: (Texas Instrument, 2011)

## 2.10. Transmisor de Presión EBC

Todos los transductores y transmisores de presión, convierten una presión aplicada en una señal eléctrica. Esta señal se envía a las computadoras, medidores digitales de panel u otros dispositivos

del PLC (controladores programables lógicos) que interpretan esta señal eléctrica y la utilizan para mostrar, registrar y/o cambiar la presión en el sistema que se está monitoreando.

Lo que hace que estos transmisores de presión sean muy utilizados, es que la salida siempre es lineal. La salida es directamente proporcional a la presión aplicada, los transmisores de presión EBC son dispositivos de rango fijo y se describen en parte por el rango de presión y el tipo de salida; por ejemplo, un transmisor con un rango de 0-100 PSI y 4-20 mA de salida, debe producir una salida de 4 mA a presión 0 y 20 mA a 100 PSI. Como la salida del transmisor es lineal, directamente se relaciona con la presión aplicada. Como 4-20 mA es consistente, el medidor puede programarse para que muestre cualquiera de las unidades deseadas.



Figura II-14 Transmisor de presión

Fuente: (China Suppliers)

## 2.11. Medición del Nivel de Agua

El nivel de agua es uno de los parámetros más relevantes que existe en los calentadores solares, ya que solo con la existencia de un nivel adecuado se puede continuar con la medición de temperaturas en distintos puntos y así ver la eficiencia del dispositivo. Para llevar a cabo este propósito se utilizó un sensor SHARP 2Y0A02<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Sensor Sharp.- Sensor de distancia con poca posibilidad de medir con exactitud.

### 2.11.1. Sensor Ultrasónico HC-SR05

Se trata de un sensor medidor de distancia que tiene un alcance entre 1,7cm y 400 cm, es decir mide la longitud a la que se encuentra un objeto que se interpuso con el envío de la señal ultrasónica.

SRF05 cuenta con un nuevo modo de trabajo que emplea un solo pin para controlar el sensor y hacer la lectura de la medida. Lo que se hace es mandar un impulso para iniciar la lectura y luego poner el pin en modo entrada. Después basta con leer la longitud del pulso devuelto por el sensor, que es proporcional a la distancia medida por el sensor. El sensor SRF05 incluye un breve retardo después del pulso de eco para dar a los controladores más lentos como Basic Stamp y Picaxe<sup>7</sup> el tiempo necesario para ejecutar sus pulsos en los comandos.

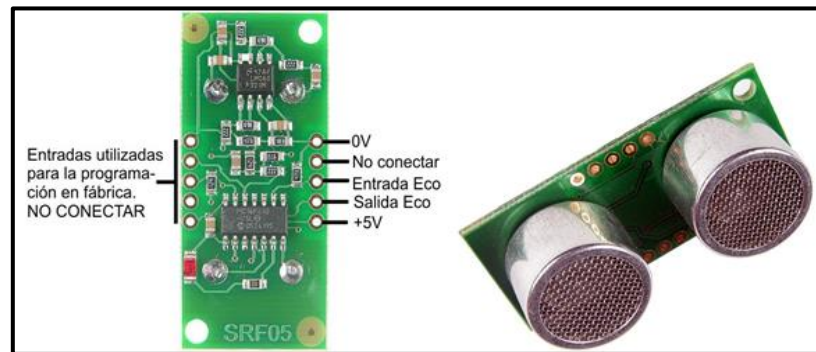


Figura II-15 Sensor Ultrasónico

Fuente: (SuperRobotica, 2012-2013)

### 2.11.2. Funcionamiento del sensor Ultrasónico

El valor de la distancia consigue midiéndolo el tiempo que tarda en rebotar un haz de ultrasonidos sobre la superficie de un objeto, generalmente consta de dos capsulas ultrasónicas que trabajan a una velocidad de 40Khz una para el disparo del TRIGGER y otra para recibir el ECO.

---

<sup>7</sup> Basic Stamp, Picaxe

Sistemas de micro-controladores basados sobre un rango establecido por el PIC

Este dispositivo de detección de proximidad tiene un funcionamiento similar a los de infrarrojo en el sentido de que puede ser detectada la cercanía de un objeto por su influencia sobre la transmisión y recepción de una señal propagada.

El SRF05 proporciona un pulso de eco proporcional a la distancia. Si el ancho del pulso se mide en  $\mu\text{S}$ , el resultado se debe dividir entre 58 para saber el equivalente en centímetros, y entre 148 para saber el equivalente en pulgadas.

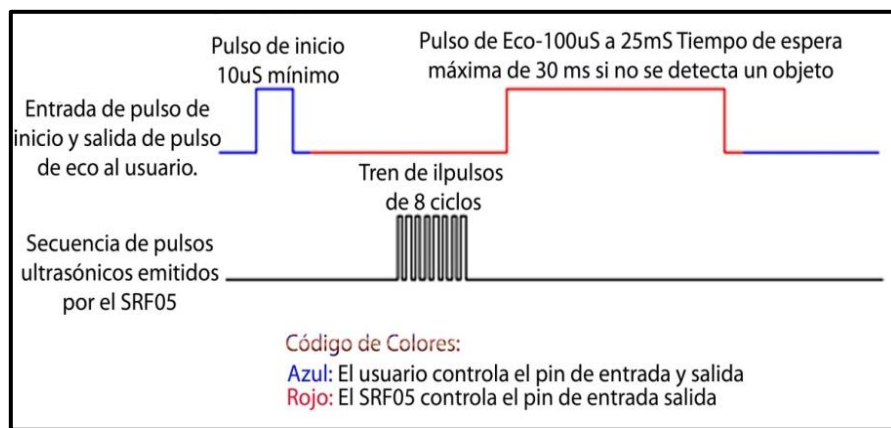


Figura II-16 Diagrama de tiempos de un ultrasonido

Fuente: (SuperRobotica, 2012-2013)

## 2.12. Arduino Uno

El Arduino es una tarjeta que se puede utilizar como micro-controlador y también como una tarjeta de adquisición de datos ya que es compatible con Labview y su propio software de programación llamada Arduino, existen varios modelos de estas tarjetas pero para esta aplicación vamos a utilizar el uno. Para utilizar como interfaz de comunicación debemos descargar las librerías que se encuentran en la página de National Instrument e instalar para posteriormente configurar el código fuente que permite la conexión con Labview.

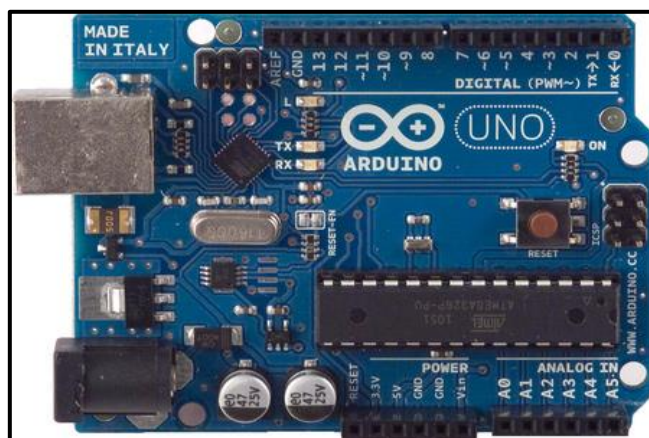


Figura II-17 Tarjeta Arduino UNO

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

### 2.13. Tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ)

La tarjeta de adquisición de datos (DAQ) convierte el voltaje que recibe en sus entradas desde un sensor, a un valor digital (Visible o entendible para la visión humana), que puede ser de 11, 12, 14 o 16 bits dependiendo de la tarjeta que se utilice. Otro parámetro importante es la velocidad de conversión, las cuales se dan en muestras (Samples<sup>8</sup>) por segundo (S/s). Sin embargo, para aplicaciones de medición de temperatura, no se requieren velocidades elevadas, ya que el cambio de temperatura es lento.

En la figura siguiente se describe el proceso de adquisición de datos, en el que se puede distinguir claramente los pasos que sigue la señal enviada por el sensor hasta llegar al computador. Primero, el sensor registra el fenómeno físico (temperatura, presión, etc.) que se está analizando y emite una señal eléctrica de salida correspondiente ya sea analógica o digital; luego esta señal es interpretada por el módulo de adquisición que digitaliza la señal para enviarla al computador, donde se visualizan, analizan y almacenan según se requiera.

---

<sup>8</sup> Samples.- Muestras realizadas para convertir una señal analógica en digital.

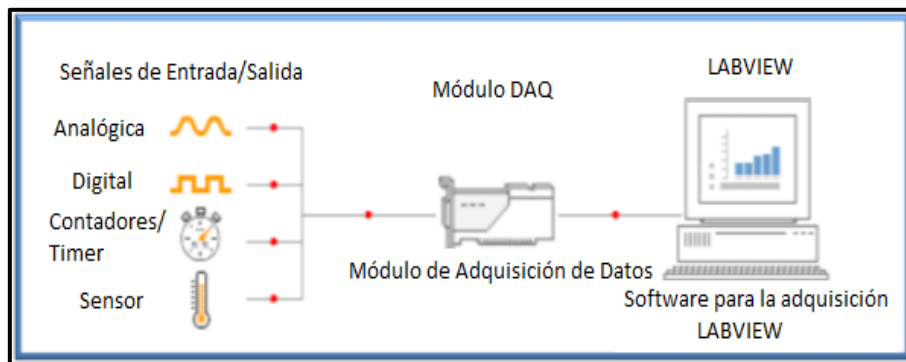


Figura II-18 Etapa para adquisición de datos

### 2.13.1. DAQ NI 6009 USB

En este proyecto se utiliza una tarjeta de National Instrument de multifunción por USB de 14 bits a 48 KS/s, por su fácil manejo, alta confiabilidad en mediciones complejas y por las características relevantes que presenta sobre otras tarjetas el NI 6009 es utilizado en la mayoría de aplicaciones.



Figura II-19 DAQ NI-6009

Fuente: <http://latam.ni.com/>

Características de este dispositivo son:

#### 2.13.1.1. Generales:

Especificación de los datos generales de la DAQ como que sistemas operativos soporta y el medio de conexión.

**Tabla II-II Datos generales de la DAQ NI6009**

Producto	USB-6009
Familia de Productos	DAQ Multifunción
Formato Físico	USB
Número de Parte	779026-01
Sistema Operativo/Objetivo	Windows , Linux , Mac OS , Pocket PC
Familia de Productos	DAQ Serie B
Tipos de Medida	Voltaje
Tipo de Aislamiento	None
Compatibilidad con RoHS	Sí
Potencia USB	Energizado por Bus

### **2.13.1.2. Entrada Analógica**

Indicación de los parámetros de trabajo en la recepción de datos por los puertos analógicos.

**Tabla II-III Especificación de las Entradas Analógicas**

Resolución	14 bits
Velocidad de Muestreo	48 kS/s
Rendimiento (Todos los Canales)	48 kS/s
Máx. Voltaje de Entrada Analógica	10 V
Rango de Voltaje Máximo	-10 V , 10 V
Precisión Máxima del Rango de Voltaje	7.73 mV
Rango de Voltaje Mínimo	-1 V , 1 V
Mínima Precisión del Rango de Voltaje	1.53 Mv
Número de Rangos	8
Muestreo Simultáneo	No
Memoria Interna	512

### **2.13.1.3. Salida Analógica**

Indicación de los parámetros de trabajo en la transmisión de datos por los puertos analógicos.

**Tabla II-IV Especificación de Salidas Analógicas**

Resolución	12 bits
Máx. Voltaje de Entrada Analógica	5 V
Rango de Voltaje Máximo	0 V , 5 V
Precisión Máxima del Rango de Voltaje	7 mV
Rango de Voltaje Mínimo	0 V , 5 V

Mínima Precisión del Rango de Voltaje	7 mV
Razón de Actualización	150 S/s
Capacidad de Corriente Simple	5 mA
Capacidad de Corriente Total	10 mA

#### 2.13.1.4. E/S Digital

Información de los canales de E/S de los puertos digitales.

**Tabla II-V Especificación de las I/O Digitales**

Canales Bidireccionales	12
Temporización	Software
Niveles Lógicos	TTL
Entrada de Flujo de Corriente	Sinking , Sourcing
Salida de Flujo de Corriente	Sinking , Sourcing
Filtros de Entrada Programables	No
¿Soporta Estados de Encendido Programables?	No
Capacidad de Corriente Simple	8.5 mA
Capacidad de Corriente Total	102 mA
Temporizador Watchdog	No
¿Soporta Protocolo de Sincronización para E/S?	No
¿Soporta E/S de Patrones?	No
Máximo Rango de Entrada	0 V , 5 V
Máximo Rango de Salida	0 V , 5 V

#### 2.13.1.5. Contadores/Temporizadores

Información del canal Temporizador/Contador que posee la DAQ.

**Tabla II-VI Especificación del contador de NI6009**

Número de Contadores/Temporizadores	1
Operaciones a Búfer	No
Eliminación de Rebotes	No
Sincronización GPS	No
Rango Máximo	0 V , 5 V
Frecuencia Máxima de la Fuente	5 MHz
Generación de Pulso	No
Resolución	32 bits
Estabilidad de Tiempo	50 ppm

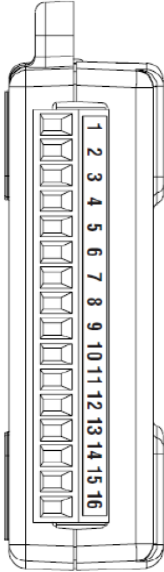


Niveles Lógicos	TTL
-----------------	-----

### 2.13.1.6. Asignación de pines Analógicos

La DAQ cuenta con puertos de entradas y salidas analógicas que permiten un medio de conexión con el sensor que proporcionan señales eléctricas analógicas con rango de señales eléctricas acondicionadas para conectar a la DAQ y evitar inconvenientes, por el cual es importante conocer estos puertos.

Tabla II-VII Indicador de pines Analógicos

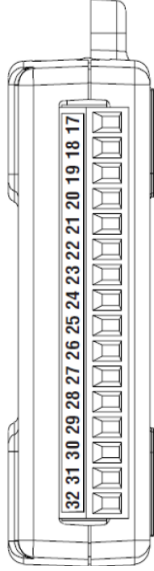
Modulo	Terminal	Nombre	Descripción
	1	GND	Tierra
	2	AI 0	Entrada analógica 0
	3	AI 4	Entrada analógica 4
	4	GND	Tierra
	5	AI 1	Entrada analógica 1
	6	AI 5	Entrada analógica 5
	7	GND	Tierra
	8	AI 2	Entrada analógica 2
	9	AI 6	Entrada analógica 6
	10	GND	Tierra
	11	AI 3	Entrada analógica 3
	12	AI 7	Entrada analógica 7
	13	GND	Tierra
	14	AO 0	Salida analógica 0
	15	AO 1	Salida analógica 1
	16	GND	Tierra

### 2.13.1.7. Asignación de pines Digitales

Los puertos de E/S digitales cuentan con voltajes de salida que puede servir como alimentación para algún dispositivo que no suministre mucha corriente como por ejemplo enviar una señal a un transistor y llevarlo al estado de saturación. Por lo tanto es indispensable conocer cuáles son estos

pinos los que se puede utilizar como entradas o salidas para activar ciertos circuitos eléctricos de potencia por medio de algún dispositivo electrónico.

Tabla II-VIII Asignación de pines Analógicos

Modulo	Terminal	Nombre	Descripción
	17	P0.0	Puerto 0 Línea 0
	18	P0.1	Puerto 0 Línea 1
	19	P0.2	Puerto 0 Línea 2
	20	P0.3	Puerto 0 Línea 3
	21	P0.4	Puerto 0 Línea 4
	22	P0.5	Puerto 0 Línea 5
	23	P0.6	Puerto 0 Línea 6
	24	P0.7	Puerto 0 Línea 7
	25	P1.0	Puerto 1 Línea 0
	26	P1.1	Puerto 1 Línea 1
	27	P1.2	Puerto 1 Línea 2
	28	P1.3	Puerto 1 Línea 3
	29	PFI 0	Entrada Trigger
	30	2,5V	Voltaje de referencia
	31	5V	Fuente auxiliar
	32	GND	Tierra

## 2.14. Software necesario para el sistema

### 2.14.1. Labview

**Labview** (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico. Recomendado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real y embebido, pues acelera la productividad.

Los programas desarrollados con Labview se llaman Instrumentos Virtuales, o VIs, y su origen provenía del control de instrumentos, aunque hoy en día se ha expandido ampliamente no sólo al

control de todo tipo de electrónica (Instrumentación electrónica) sino también a su programación embebida, comunicaciones, matemáticas, etc.



Figura II-20 Logo Labview

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>

#### **2.14.1.1. Características**

Su principal característica es la facilidad de uso, válido para programadores profesionales como para personas con pocos conocimientos en programación pueden hacer programas relativamente complejos, imposibles para ellos de hacer con lenguajes tradicionales. Los programas en Labview son llamados instrumentos virtuales (VI). Pueden crearse programas de miles de VI (equivalente a millones de páginas de código texto) para aplicaciones complejas, programas de automatizaciones de decenas de miles de puntos de entradas/salidas.

#### **2.14.2. Access**

**Microsoft Access.** Es un S.G.B.D<sup>9</sup> incluido en el paquete de programas de Microsoft Office. Es igualmente un gestor de datos que recopila información relativa a un asunto o propósito particular, como el seguimiento de pedidos de clientes o el mantenimiento de una colección de música.

---

<sup>9</sup> **SGBD.**- Sistema de Gestión de Base de Datos, es una agrupación de programas que sirve para definir, construir y manipular una base de datos.



**Figura II-21 Logo Access**

Fuente: (Microsoft Corporation, 2010)

### **2.14.2.1. Característica**

Permite administrar mucha información en un único archivo de BD/DB

- Contiene tablas, formularios e informes.
- Es usado para crear soluciones de B.D.
- Permite crear una solución en VBA<sup>10</sup>, y manipular datos y controles.
- Permite crear formularios para insertar y modificar datos fácilmente.
- Es compatible con MY SQL.
- Exporta e importa información desde y hacia varios formatos.

---

<sup>10</sup> **VBA.**- Visual Basic for Applications, es un elemento de programación diseñado para utilizarse con su paquete de software de Microsoft Office.

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE**

#### **3.1. Selección de una fuente de Alimentación adecuada**

Una fuente es un dispositivo que convierte la tensión alterna de la red de suministro, en una o varias tensiones, prácticamente continuas, que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conecta (ordenador, televisor, impresora, radio, etc.).

Una fuente de voltaje generalmente consta de cuatro etapas:

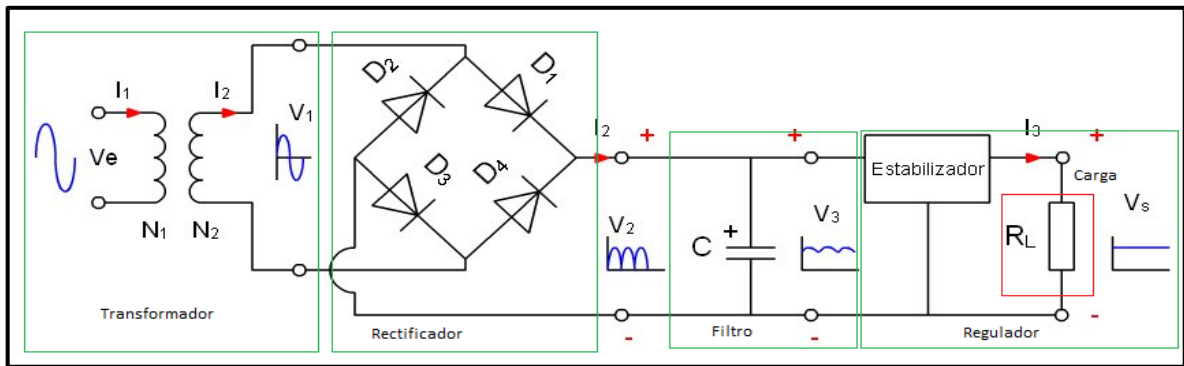


Figura III-1 Partes de una fuente de voltaje

### 3.1.1. Transformador

Existen dos tipos de transformadores de corriente y voltaje. Estos dispositivos están encargados de subir o bajar el voltaje o corriente dependiendo de la relación de vueltas en los bobinados del primario y secundario.

#### 3.1.1.1. Características de los transformadores.

- La forma de onda de salida es la misma que el de la entrada.
- La frecuencia de entrada es igual a la salida.
- No existe contacto físico entre el primario y el secundario.

#### 3.1.1.2. Relación de Bobinado con el voltaje

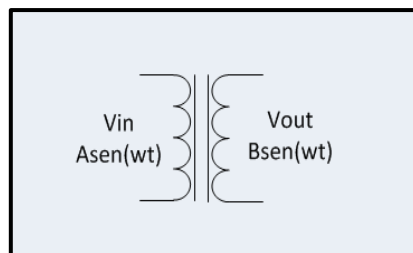


Figura III-2 Transformador con relación de voltaje

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$V2 = \frac{n1}{n2} * V1$$

$n1 > n2$  = transformador elevador.

$n2 > n1$  = transformador reductor.

### 3.1.1.3. Relación de bobinado<sup>11</sup> con la corriente

$$\frac{n1}{n2} = \frac{I1}{I2}$$

$$I2 = \frac{n1}{n2} * I1$$

$n1 > n2$  = transformador reductor presenta corriente alta.

$n2 > n1$  = transformador elevador presenta corriente baja.

### 3.1.1.4. Relación con Resistencia

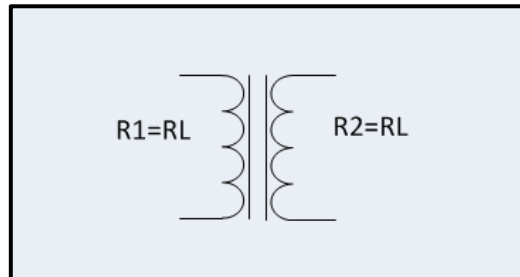


Figura III-3 Transformador con relación de resistencia

$$\frac{R1}{R2} = \frac{V1/I1}{V2/I2} = \frac{V1}{V2} * \frac{I2}{I1} \rightarrow \left(\frac{n1}{n2}\right)^2 = \alpha^2$$

$$R1 = \alpha^2 * R2$$

---

<sup>11</sup> **Bobinado**.- Envoltura de alambre de cobre sobre un núcleo de hierro.

### 3.1.2. Rectificador

Todos los dispositivos electrónicos funcionan con voltajes DC a diferencia de motores o aparatos eléctricos que necesitan el suministro de voltajes AC. Un rectificador convierte una señal de AC en una señal de DC.

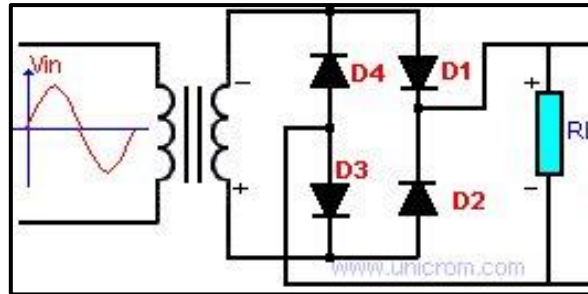


Figura III-4 Rectificador de Voltaje

Fuente: (SUÁREZ, 2004) (Reguladores lineales, 2010)

#### 3.1.2.1. Clasificación de rectificadores de voltaje

Existen varios tipos de rectificadores:

- Rectificador de media onda.
- Rectificador de onda completa con Tap Central.
- Rectificador Puente.
- Rectificador Trifásico.

En el desarrollo de este módulo se ve necesario la utilización de los rectificadores por lo tanto nos centraremos en el estudio de un rectificador Puente.

#### 3.1.2.2. Rectificador Puente

Presenta a su salida una señal similar a la que presenta un rectificador de onda completa con Tap Central con una diferencia que el primero está conformada por cuatro diodos.



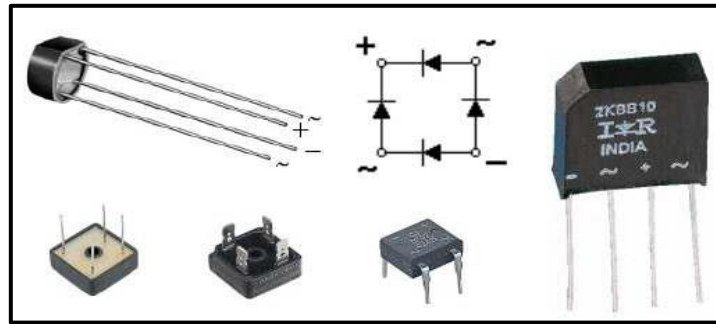


Figura III-5 Tipos de encapsamiento del rectificador puente

Fuente: (SUÁREZ, 2004)

### 3.1.3. Filtro

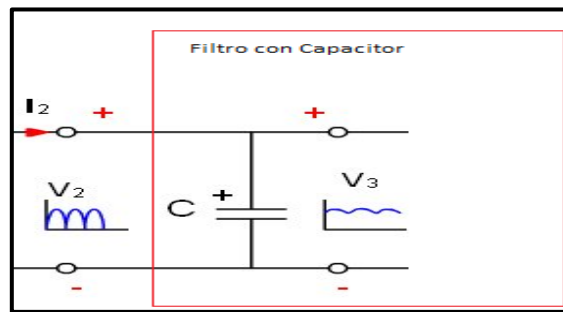


Figura III-6 Filtro de voltaje

Una vez que la señal es rectificadora, obtenemos una forma de onda que no es totalmente continua, como se indica en la figura la señal de salida de color negro, para poder eliminar la ondulación, y dejar la señal lo más continua posible, se debe filtrar la señal utilizando capacitores.

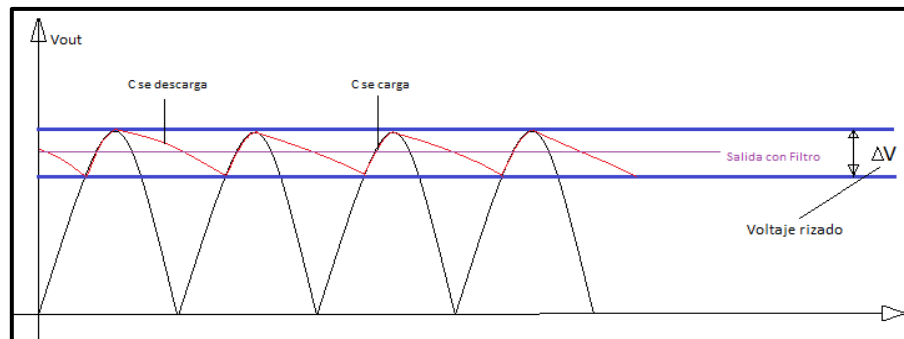


Figura III-7 Señal de salida después del filtro

Para calcular el valor del capacitor se tiene una pequeña ecuación que se presenta a continuación:

$$C = \frac{Q}{V_{max} - V_{min}} = \frac{I_{max} * T}{V_{max} - V_{min}}$$

Dónde:

- **Vmax** = Valor máximo de la tensión de entrada que equivale al valor pico del secundario del transformador.
- **Vmin** = Tensión mínima que queremos que tenga la tensión de entrada y que determina el rizado de la fuente.
- **I<sub>max</sub>** = Intensidad máxima en el secundario.
- **T** = Periodo de la señal de red.
- **C** = Capacitancia en faradios.

#### 3.1.4. Regulador

La salida filtrada presenta una pequeña ondulación, para eliminar esta ondulación y controlar la tensión para que esta no cambie ante variaciones de corriente en la carga, utilizamos un regulador de tensión.

Todo dispositivo electrónico siempre debe poseer su parte esencial para su funcionamiento es decir una fuente de voltaje. Es por esto que al momento de realizar un circuito electrónico se debe diseñar una fuente de alimentación.

Existen dos tipos de reguladores:

- Regulador Fijo.
- Regulador Variable.

### 3.1.4.1. Regulador Fijo Positivo

En la mayoría de las aplicaciones se requiere una tensión fija y estable de un determinado valor. La línea de reguladores ideales para este tipo de necesidades es la conocida como LM78XX. Las primeras letras y dos números corresponden a la denominación, mientras que las dos últimas XX deben ser reemplazadas por la tensión de salida requerida.

Las tensiones disponibles se observan en la siguiente tabla.

Tabla III-I Numeración de los reguladores de voltaje

Numeración	Tensión de salida (Positiva)	Numeración	Tensión de salida (Negativa)
LM7805	5 Voltios	LM7905	-5 Voltios
LM7806	6 Voltios	LM7906	-6 Voltios
LM7808	8 Voltios	LM7908	-8 Voltios
LM7809	9 Voltios	LM7909	-9 Voltios
LM7812	12 Voltios	LM7912	-12 Voltios
LM7815	15 Voltios	LM7915	-15 Voltios
LM7818	18 Voltios	LM7918	-18 Voltios
LM7824	24 Voltios	LM7924	-24 Voltios
LM7830	30 Voltios	LM7930	-30 Voltios

Un regulador de voltaje fijo generalmente consta de tres pines que indican Entrada, Tierra y Salida, a su entrada siempre debe tener un voltaje mayor que a la salida requerida.

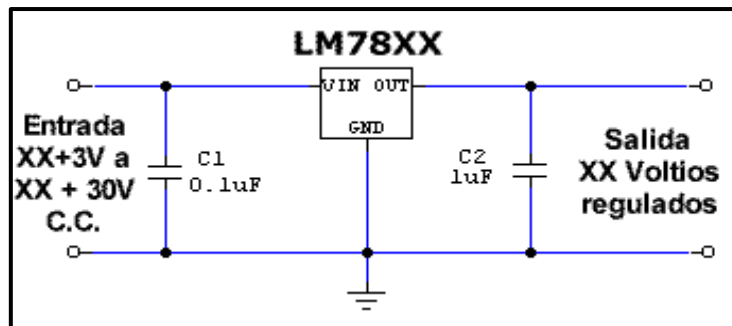


Figura III-8 Conexión básica de un regulador de voltaje

Fuente: (Reguladores lineales, 2010)

### 3.1.4.2. Regulador de Voltaje Negativo

Generalmente se utiliza voltaje positivo con respecto a su masa, pero en algunas aplicaciones es muy indispensable un voltaje negativo con respecto a su masa, en el mercado existen integrados ya configurados para este fin con serie LM79XX donde las X son reemplazadas similares a la de un regulador de voltaje positivo.

Finalmente con estos dos tipos de reguladores se puede obtener una fuente de voltaje simétrica.

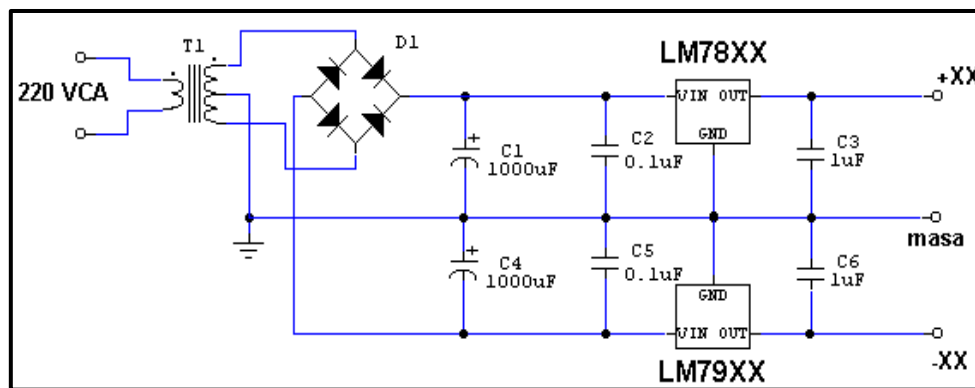


Figura III-9 Fuente de voltaje simétrica con reguladores fijos

Fuente: (Reguladores lineales, 2010)

### 3.1.4.3. Regulador de voltaje variable

En algunas prácticas de laboratorio es muy indispensable disponer de una fuente de poder regulable tanto positivo como negativo con los integrados LM317 (Positivo) y LM337 (Negativo).

Un LM317 es capaz de poseer un rechazo alto de rizado y provee voltaje desde 1.25 V a 25 V.

Un LM337 regulador de voltaje negativo provee voltaje desde -1.25 V a -25 V.

Con las indicaciones ya presentadas para el diseño de una fuente a continuación se indica el diseño de la misma con reguladores de voltajes positivos y negativos.

### 3.1.5. Diagrama Esquemático de la Fuente

La figura siguiente indica el diseño electrónico de la fuente simétrica con voltajes fijos y variables positivo y negativo, la simulación está realizada en un software llamada PROTEUS versión 7.9. La fuente de voltaje diseñada posee a su salida voltaje positivo y negativo, es decir un voltaje variable negativo de 0 V a -15 V, un voltaje positivo variable de 0 V a +15 V, un voltaje fijo negativo de -5 V y un voltaje fijo positivo de +5 V, para la implementación del mismo se utilizó reguladores de voltaje que a continuación de menciona.

- **LM317:** Regulador de voltaje positivo variable, su rango de operación es de +1,5 a +15 Voltios.
- **LM337:** Regulador de voltaje negativo variable, su rango de operación es de -1,5 a -15 Voltios.
- **7805:** Regulador de voltaje fijo positivo, a su salida entrega un voltaje de +5V.
- **7905:** Regulador de voltaje fijo negativo, a su salida entrega un voltaje de -5V.

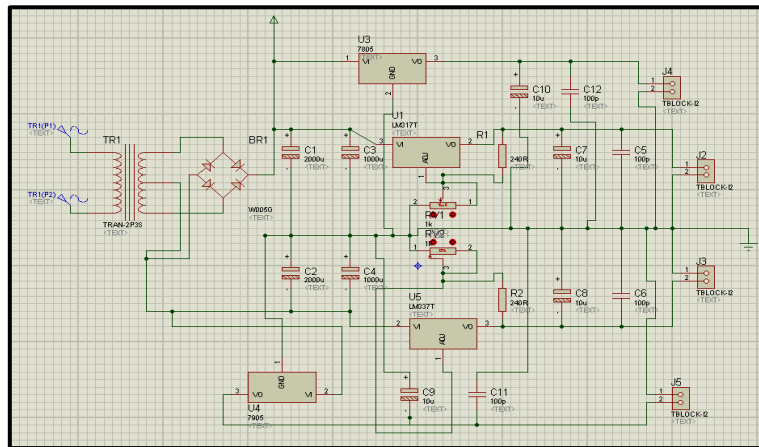


Figura III-10 Diseño de fuente de voltaje en PROTEUS

En la imagen siguiente se puede ver el diseño de las pistas para montaje de los elementos electrónicos en la plaqueta.

Para llevar a cabo este propósito se debe lavar la placa con un ácido que existe en el mercado para este propósito.

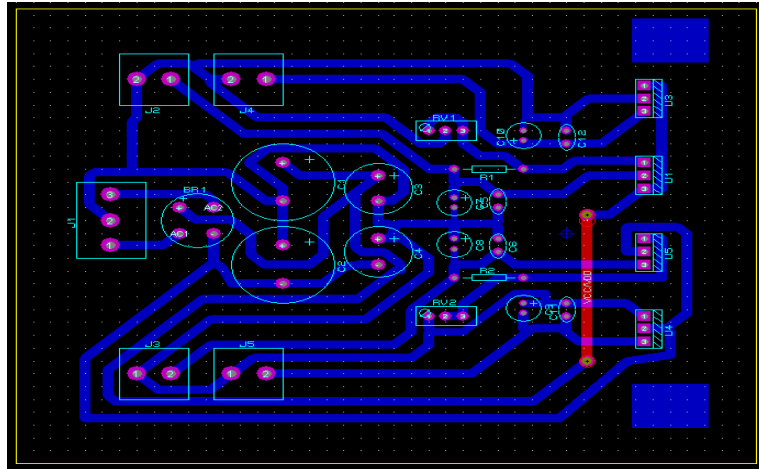


Figura III-11 Diseño de la placa de la fuente de voltaje

Finalmente la fuente de voltaje esta lista para poder utilizar en distintas aplicaciones de acuerdo a los voltajes requeridos.

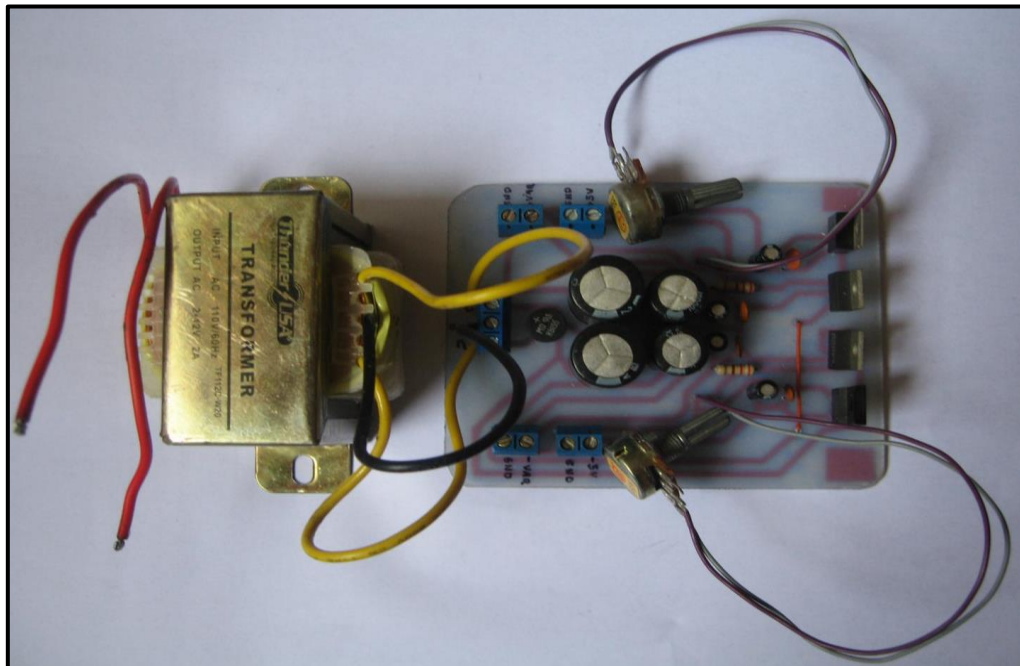


Figura III-12 Fuente de voltaje terminada

### 3.2. Diseño e Implementación del Circuito Acondicionador para Termocuplas

Para le medición de la temperatura en los calentadores solares se utilizó termocuplas y a continuación de detalla todas las características que generalmente intervienen en estos dispositivos tales como: linealidad, tipos de termocuplas, usos típicos, etc.

Anteriormente se hablaba que la señal de una termocupla generalmente no es lineal por lo tanto se requiere de algún tipo de chip electrónicos que permitan realizar este propósito.

En nuestro proyecto la necesidad de tener una señal lineal fue muy indispensable ya que se debía realizar comparaciones con otros dispositivos de medida de temperaturas y la diferencia tenía que ser mínima. Entonces se vio la necesidad de utilizar un AD595 para acondicionar la señal ya que este dispositivo tiene la capacidad de linealizar la señal y compensar un punto frio.

En la figura siguiente se indica el diseño electrónico de cuatro AD595 para el mismo número de termocuplas y con Led que indicará si existe algún tipo de daño en los sensores de temperatura o conocida también como transductores.

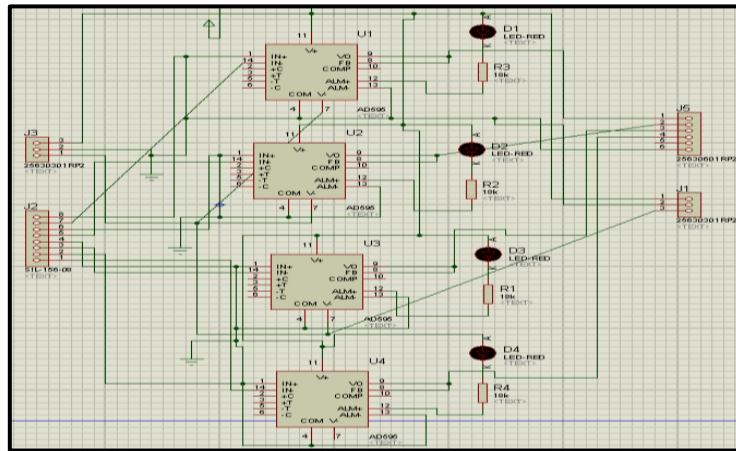


Figura III-13 Diseño de circuito de acondicionamiento en PROTEUS

Al igual que la fuente también se vio la necesidad de diseñar pistas para montaje de los AD595 y así evitar el cruce de cables al estar armada el circuito en un protoboard, ya este puede generar alguna avería de los elementos.

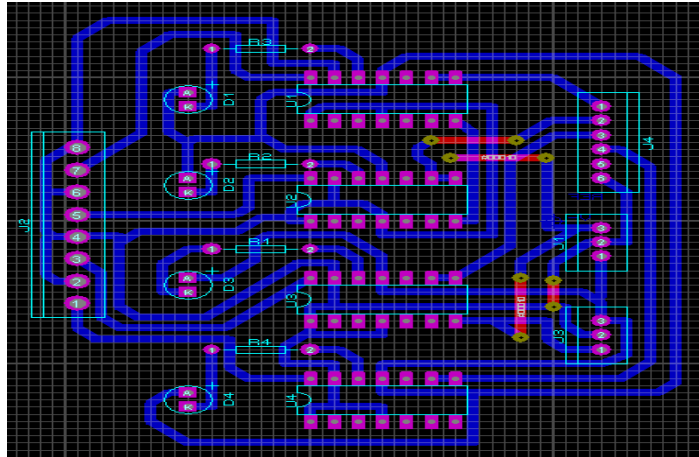


Figura III-14 Diseño de la placa del circuito de acondicionamiento

Finalmente esta plaqueta está lista para cumplir con su respectiva labor y facilitar la conexión de los sensores y presentar una señal lineal a su salida, ya que con esto será más fácil la lectura de la temperatura presente en diferentes elementos que se desee medir y presentar en LABVIEW a través de una tarjeta de adquisición de datos (DAQ NI6009).

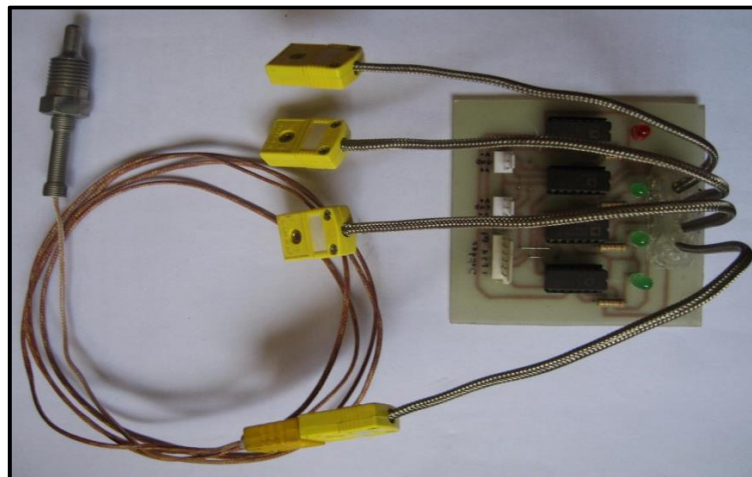


Figura III-15 Circuito de acondicionamiento implementado



### 3.3. Ubicación de los Sensores de Temperatura en los Tubos del Calentador

Los sensores a utilizar en la medición de la variable temperatura del agua en el interior de los tubos son TERMOCUPLAS TIPO K. La elección de este tipo de termocupla se ha realizado teniendo en cuenta su alta eficiencia y flexibilidad, además de que la parte del sensor (punto sensible de medición) tiene un diámetro inferior a 03 milímetros, su presencia dentro del tubo a la vez que no ocupa mucha área, no va a afectar de manera considerable el trabajo interno que cumple el tubo en el calentador solar.

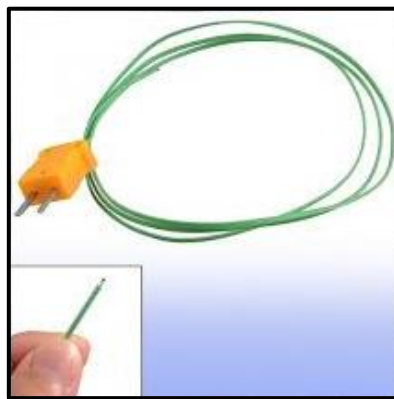


Figura III-16 Termocupla utilizado en la medición

Fuente: (PALLAS, 2003)

Como podemos observar en la **Figura III-16** el punto sensible de medición de la termocupla es bastante pequeño, cumpliendo con el propósito de no perturbar el flujo del agua dentro del tubo, mientras que el cable por el cual el sensor envía la señal eléctrica medida de acuerdo a la variación de la temperatura del agua al exterior es de material flexible; por lo tanto es necesario utilizar algún método que permita mantener los terminales de las termocupla de manera fija en la posición deseada. Es de vital importancia tener en cuenta el material a utilizarse para este objetivo, puesto que algunos elementos a más de perturbar el flujo del agua, por la composición

química del material mismo que lo constituya puede influir en el proceso del calentamiento del agua dentro del tubo, arrojando datos alterados y lejos de la realidad del calentador solar.

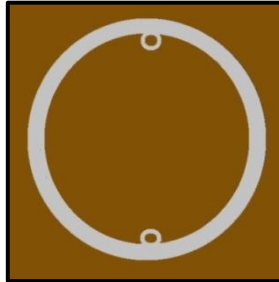


Figura III-17 Anillo de aluminio utilizado en el tubo

Para mantener fijo las termocupas se ha creado anillos de aluminio cuyo diámetro exterior corresponde al diámetro del interior del tubo, con un ancho de 3mm, logrando así colocar los sensores en posiciones fijas y exactas de acuerdo a los requerimientos.

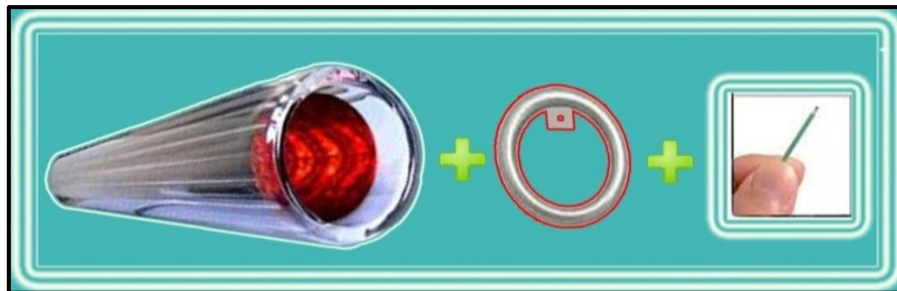


Figura III-18 Grupo de elementos utilizados para la medición de temperatura

Estos anillos se ubicarán en tres posiciones diferentes:

- El primero en la parte más profunda del tubo a una distancia de 160 cm.
- El segundo se colocará 0,80 cm del tubo, es decir en la parte media del tubo.
- El tercero y el cuarto se colocará en la entrada del tubo es decir casi en la unión entre el tanque y el tubo a 5 cm aproximadamente dentro de la salida, uno en la parte superior y otro en la parte inferior.

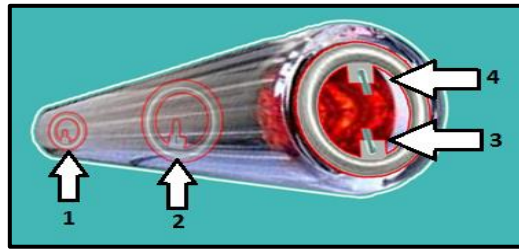


Figura III-19 Tubo de vacío con termocuplas ubicadas

Se debe tener en consideración que la longitud total del tubo es de 180cm, esta longitud es medida en la parte externa, del cual aproximadamente 10cm de la parte inferior del tubo no se toman en consideración porque en ella se encuentra el clip de sujeción para permitir un área de vacío constante en todo el tubo.

El procedimiento de medición se puede realizar en cualquiera de los 20 tubos con los que consta el calentador solar ya que poseen las mismas características, tanto interna como externamente.

### 3.4. Sistema LM35 para medir la temperatura dentro del tanque.

Para la medición de temperatura dentro del tanque se utilizará sensores lm35, los mismos que deben ser ubicados en posiciones estratégicas dentro del tanque de almacenamiento de agua.

Un calentador de agua Instamatic posee un diámetro externo de 55cm y un diámetro interno de 45cm, se ubicarán un total de 5 sensores a una distancia de separación 8,75cm, dejando una distancia de separación de 5cm en la parte inferior del tanque y 5cm en la parte superior.

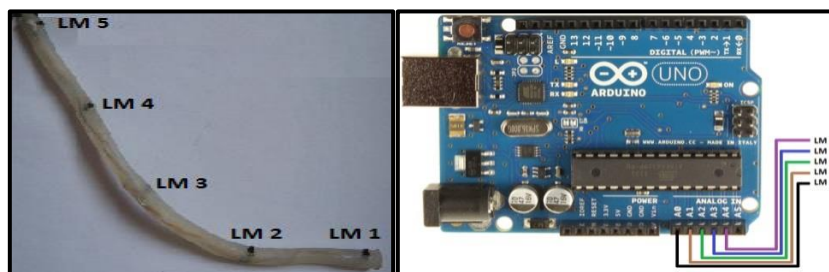


Figura III-20 Puntos de ubicación de los sensores LM35 y puertos de conexión con Arduino

Se crea una barra de silicona con un diámetro de 1.2 cm de ancho y una longitud de 45cm, el mismo que atravesará el tanque interno del colector desde el lugar que nos proporcionara la señal de temperatura y la misma que es recibida por un Arduino.

Para ello utilizaremos una silicona inerte y estable para altas temperatura, lo que hace útil en gran variedad de aplicaciones industriales.

#### **3.4.1. Procedimiento para incorporación de los sensores en la barra de silicona**

1. Primeramente soldamos cables en los pines de polarización en los 5 sensores, un cable para VCC y otro cable para GND, y una para cada salida, en total tendremos 7 cables se salida desde la barra de silicona, los mismos que ingresarán a la respectiva placa dentro del módulo.
2. Fabricamos el molde para la barra con papel manila o cartulina dejando un orificio pequeño al costado para los sensores ya que estos quedaran libres para permanecer en contacto con el agua y poder medir la temperatura.
3. El siguiente paso es colocar la silicona líquida dentro del molde en primera instancia en la parte inferior del molde asegurándonos que los cables no queden fuera de la barra y se fijen en el centro de la misma.
4. Finalmente se obtiene la barra de silicona que contiene a los sensores de temperatura para el interior del tanque.

#### **3.5. Diagrama de conexión del sensor de Presión**

El sensor a utilizar es de dos hilos es decir nos proporciona corriente, para poder utilizar la DAQ-NI6009 debemos convertir esta señal en una de voltaje. Para ellos utilizamos una resistencia de carga (RL), para calcular el valor de la resistencia utilizamos la siguiente ecuación:

$$R_L = (V_s - 8V)/0,02A$$

De acuerdo a la ecuación determinamos el valor de la resistencia de 500  $\Omega$ , por lo tanto de acuerdo a los valores obtenidos podremos determinar el sistema de ecuación que pueda compensar la pérdida proporcionada por la tolerancia de la resistencia.

Podemos concluir que el valor de la resistencia de carga depende en general del voltaje de alimentación conectada al sensor.

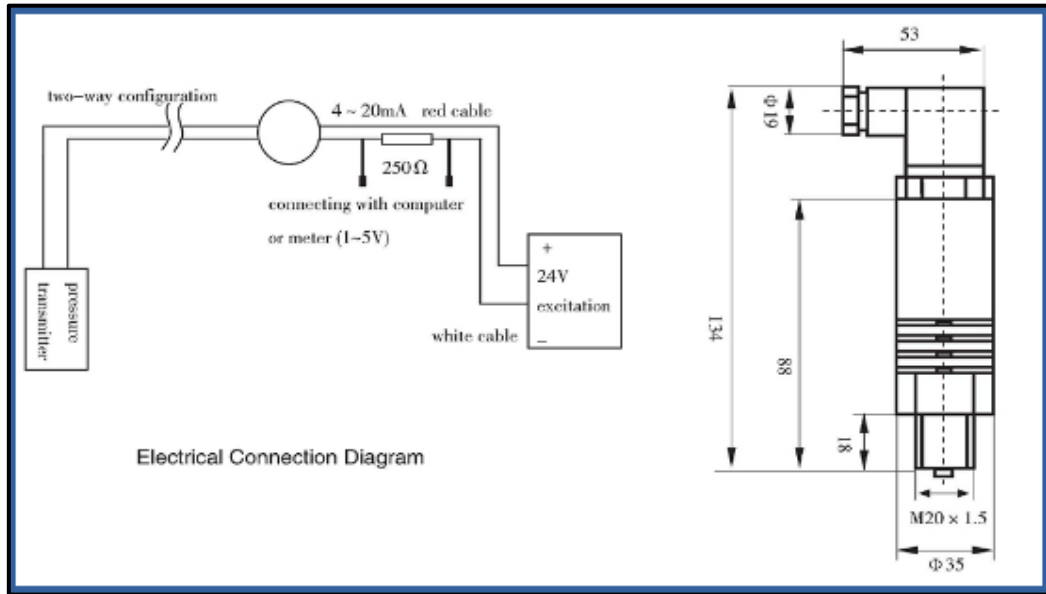


Figura III-21 Diagrama eléctrico del transmisor de presión

Fuente: (China Suppliers)

### 3.6. Ubicación del Sensor de Nivel de Agua

Para realizar la medición del nivel de agua utilizamos un sensor ultrasónico HC-SR05 controlado por un Arduino y un tubo de 1 pulgada conectado en una de las entradas que contiene el calentador en la parte inferior utilizando reducciones para evitar realizar un agujero en el termo tanque y perdidas de energía calorífica del agua.

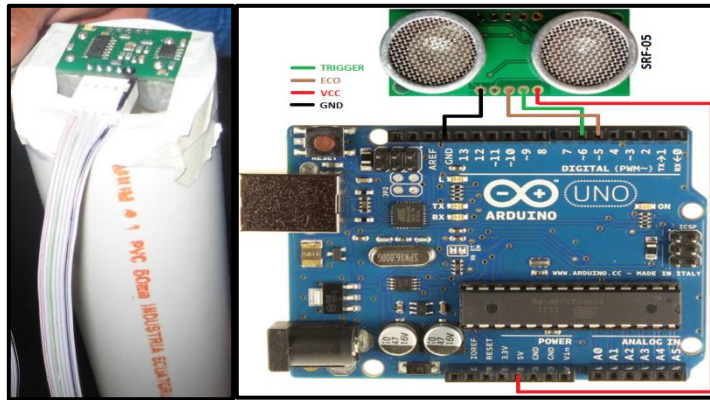


Figura III-22 Ubicación y conexión del sensor de nivel de agua

El agua al igual que en el tanque seguirá subiendo de nivel por el tubo a la misma altura en todo el calentador, entonces este permitirá que la onda ultrasónica enviada por el sensor rebote en el agua y detecte a que distancia se encuentra y así determinar el nivel que contiene.

### 3.7. Montaje del Calentador Solar

Después de haber ubicado los sensores de temperatura en uno de los tubos el cual es uno de los parámetros más relevantes en la toma de datos procedemos a montar la estructura de soporte para el Termo tanque y los tubos. Para llevar a cabo este procedimiento es muy necesario seguir las siguientes recomendaciones:

1. Montar la estructura de aluminio utilizando herramientas que permitan ejercer fuerza sobre los tornillos y tener una base bastante firme para soportar el peso del termo tanque y los tubos.
2. Utilizar Shampoo o agua con detergente y aplicar en la parte externa del tubo justo en la unión con el Termo tanque para evitar romper por la fricción existente entre materiales secos.

3. Ejercer una presión bastante leve en el tubo con dirección hacia la parte interna del termo tanque.
4. No olvidar colocar los empaques en cada tubo.
5. Finalmente ajustar los tornillos contra la estructura metálica para brindar seguridad, estos tornillos vienen en el termo tanque.
6. Realizar la conexión respectiva de tubería de agua a la red de alimentación.
7. Instalar la tubería para la salida del agua si requiere utilizar el agua.

### 3.8. Implementación general del módulo de pruebas

El módulo de pruebas internamente posee una fuente de alimentación para el circuito de acondicionamiento y otros dispositivos que requieren alimentar con una corriente alta, también posee cableados desde la parte del sensor hasta las placas y cada uno de los cables tiene su respectivo color y función.

Los sensores ubicados en el calentador están conectados a extremo del módulo donde se encuentra los conectores para cada uno de los dispositivos como sensores y actuadores.

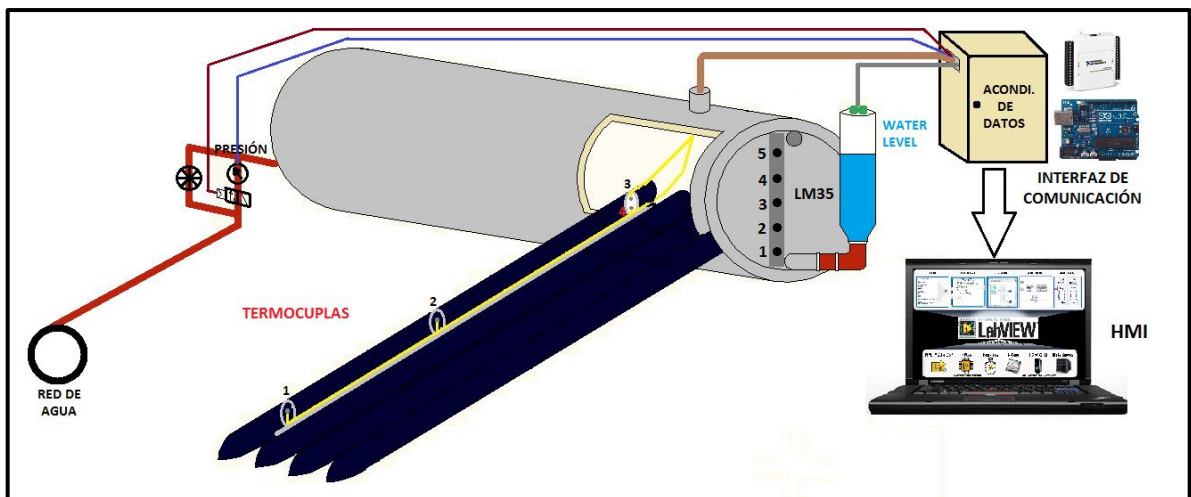


Figura III-23 Implementación del módulo general

### 3.8.1. Cableado de la DAQ NI6009

La DAQ tiene un cableado para adquisición de señales de las termocupas en los puertos analógicos tales como: AI 1, AI 2, AI 4 y AI 5 para los cuatro transductores.

La parte del puerto digital esta cableado para conectar un sensor de caudal de agua, una salida y una entrada para comandar o controlar la activación y desactivación de la electroválvula que controlara el flujo de agua hacia el calentador solar dependiendo del nivel de agua que se encuentre en ella.

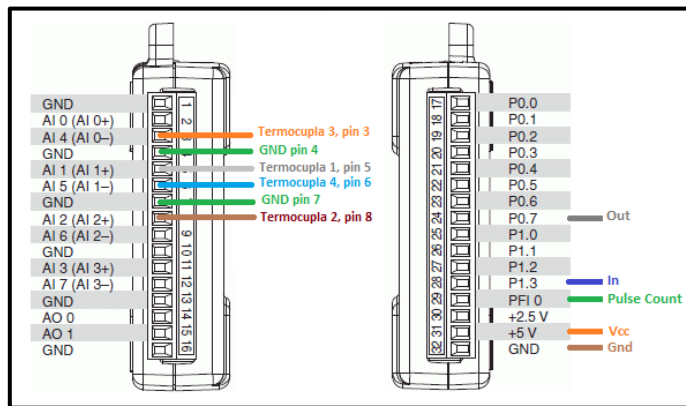


Figura III-24 Conexión de la DAQ parte analógica y digital

### 3.8.2. Cableado general del módulo

Este módulo posee una tarjeta donde está ubicado los principales componentes para adquisición de datos los mismos que se encuentran interconectados con la parte exterior donde se conectan los sensores, por lo tanto es necesario indicar el diagrama de conexión general de los cables con cada punto o pin del Arduino y la DAQ identificado por su color.

Es importante tener una sola tierra en todo el circuito para que las señales no sean muy inestables y tener un solo punto de referencia por lo tanto procedemos a interconectar la tierra de la fuente con la del Arduino y la DAQ, ver **Anexo 4**.



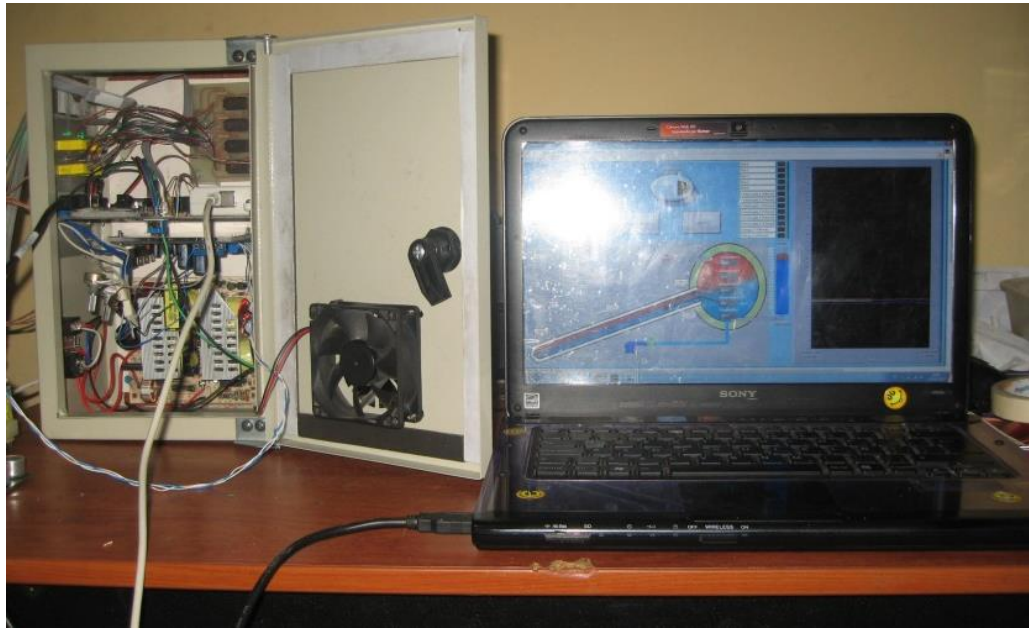


Figura III-25 Módulo de pruebas implementado

## **CAPÍTULO IV**

### **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE**

El diseño del software o también llamada HMI (Human Machine Interface) en todo sistema de control es muy indispensable porque permite tener acceso a la planta de forma virtual supervisar de manera eficaz el funcionamiento de los actuadores; en este proyecto el HMI se diseña para observar la variación de magnitudes físicas: temperatura, presión, y nivel de agua existente en el calentador solar para posteriormente realizar su respectivo análisis.

#### **4.1. Panel Frontal**

El panel frontal proporciona una interfaz gráfica, siendo el medio que permite interactuar al hombre con la planta donde están ubicados los actuadores (motores, válvulas, cilindros, etc.) de

una manera muy sencilla minimizando riesgos de accidentes. El diseño de un HMI para el control de un proceso industrial es muy indispensable ya que proporciona ejecución de tareas en secuencias establecidas con un 100% de exactitud al momento de su evaluación.

En esta ventana se indica botones de control e indicadores. Los controles sirven para introducir o comandar una ejecución de un proceso mientras que los indicadores sirven para visualizar resultados producidos, ya sean datos adquiridos o resultados de alguna operación.

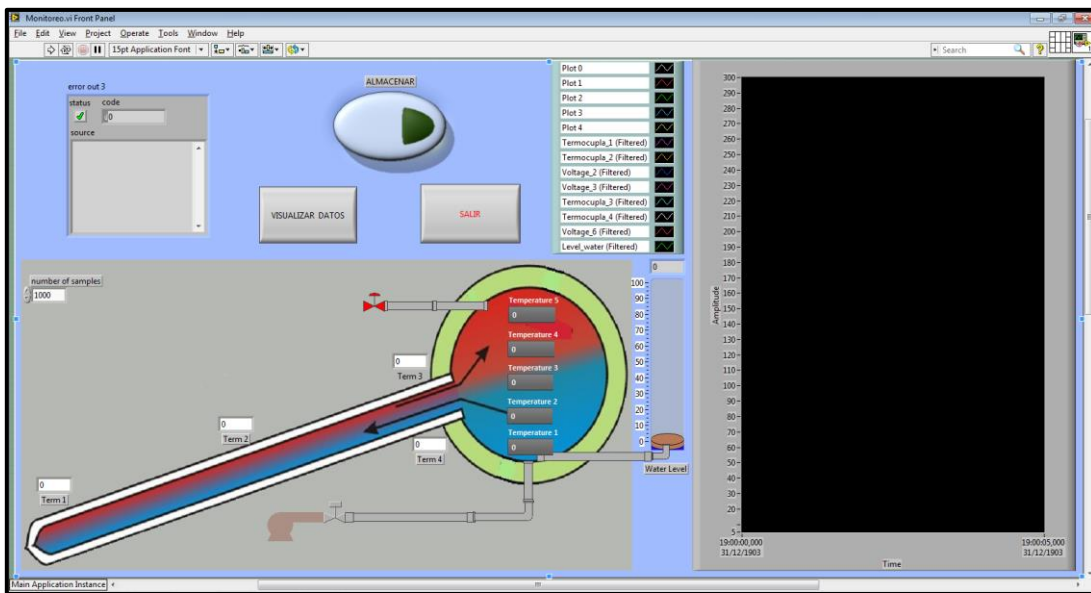


Figura IV-1 Panel Frontal de Labview

## 4.2. Diagrama de Bloques

El diagrama de bloques constituye el código fuente del VI. En el diagrama de bloques es donde se realiza la implementación del programa del VI para controlar o realizar cualquier proceso de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal. El diagrama de bloques incluye funciones y estructuras integradas en las librerías que incorpora Labview. En el lenguaje G las funciones y las estructuras son nodos elementales. Son análogas a los operadores o librerías de funciones de los lenguajes convencionales.

Los controles e indicadores que se colocaron previamente en el Panel Frontal, se materializan en el diagrama de bloques mediante los terminales tanto como indicadores y controles de entrada.

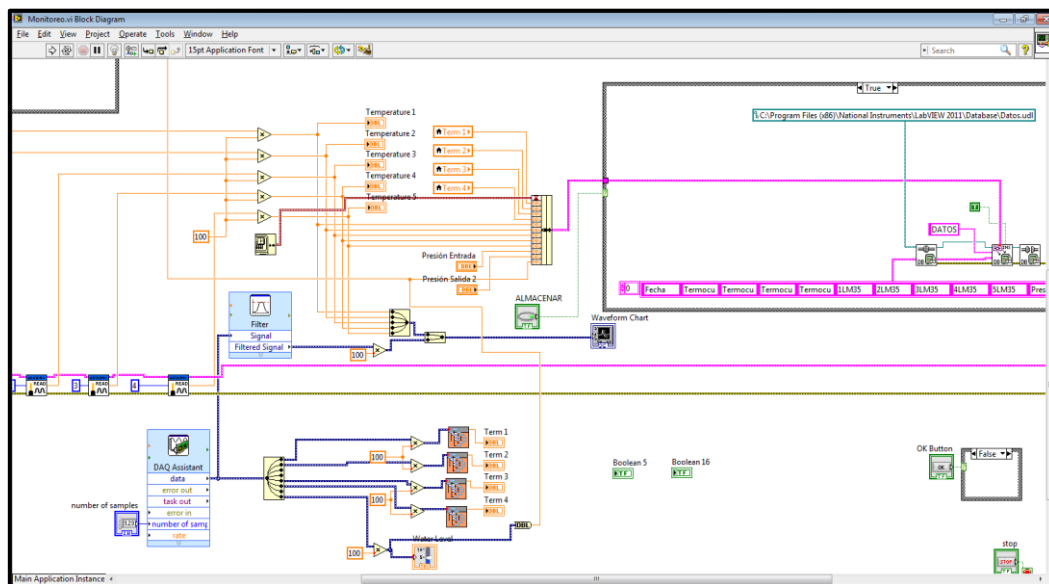


Figura IV-2 Diagrama de Bloques de Labview

### 4.3. Conexión Labview - DAQ NI6009

Inicialmente para establecer la configuración de conexión del dispositivo debemos conectar por medio del cable USB el equipo. Después de haber conectado a la PC podemos verificar la conexión con el software **Measurement & Automation Explorer** que se instala junto a Labview en el momento de instalación.

#### 4.3.1. Pasos para verificar la presencia de la DAQ NI6009

1. Abrimos el software Measurement & Automation Explorer.
2. Clic en Devices and Interface.
3. Clic en Test Panels.

Para mayor información revisar los Anexos.

#### 4.3.2. Herramientas principales utilizadas para comunicación Labview – DAQ NI6009

Es necesario conocer las principales herramientas que posee labview para extraer datos a través de cualquier tipo de DAQ, a continuación una breve descripción de estos:

##### 4.3.2.1. *Daq assistant*

Crea, edita y ejecuta tareas utilizando NI-DAQmx. Si coloca el VI Express en el diagrama de bloques, el Asistente DAQ lanza para crear una nueva tarea. Después de crear una tarea, puede hacer doble clic en el DAQ Assistant Express VI para editar. Para la medición o generación continua, podemos colcar un bucle while en todo el DAQ Assistant Express VI.

Usando el DAQ Assistant Express VI crea una tarea accesible sólo para el VI Express. Para hacer la tarea global accesible desde cualquier aplicación, debe convertir el VI Express para una tarea NI-DAQmx guardado en MAX.

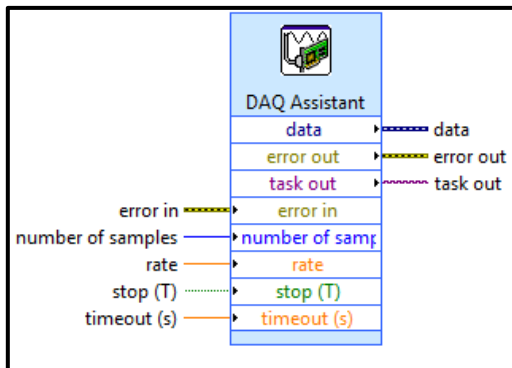


Figura IV-3 Interfaz de adquisición de datos

##### 4.3.2.2. *Filter*

Es una herramienta que nos permite obtener los diferentes tipos de filtros (Pasa Alto, Pasa Bajo, Pasa Banda, Rechaza Banda, etc.) existentes para aplicar en alguna señal de acuerdo a la necesidad del usuario.

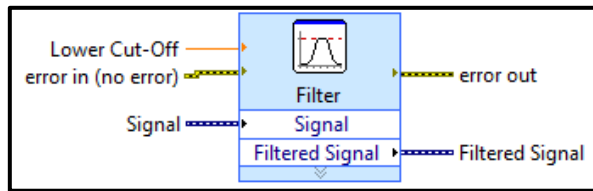


Figura IV-4 Diagrama de filtro

#### 4.3.2.3. *Waveform chart*

Permite visualizar la señal adquirida en forma gráfico (Líneas), Indica la relación Voltaje vs Tiempo.

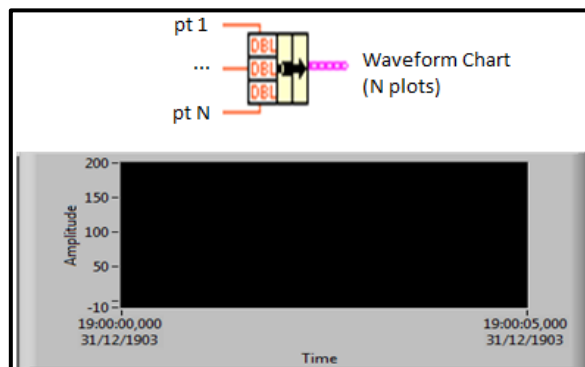


Figura IV-5 Diagrama e indicador de Waveform Chart

#### 4.3.3. **Configuración de Entradas Analógicas para adquisición de Datos**

Para definir E/S analógicas o digitales es necesario realizar desde labview en el Panel de Diagrama de Bloques con la herramienta DAQ Assist, el cual permite configurar los puertos que posee la DAQ NI 6009.

##### 4.3.3.1. *Pasos a seguir para configuración de E/S*

Los pasos a seguir son muy sencillos a continuación una breve descripción:

1. Desde el Diagrama de Bloques dando Clic derecho buscamos la herramienta **DAQ ASSIST**.

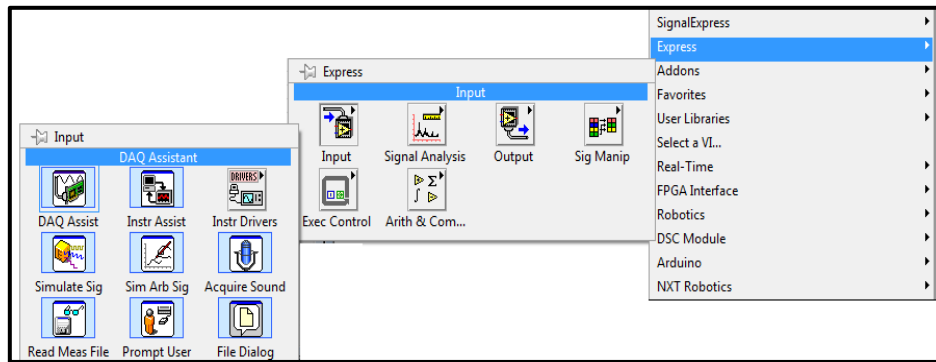


Figura IV-6 Búsqueda de DAQ Assist

2. Escogemos la opción de acuerdo al tipo de señal que desea ingresar (A/D) o a su vez generar (A/D).

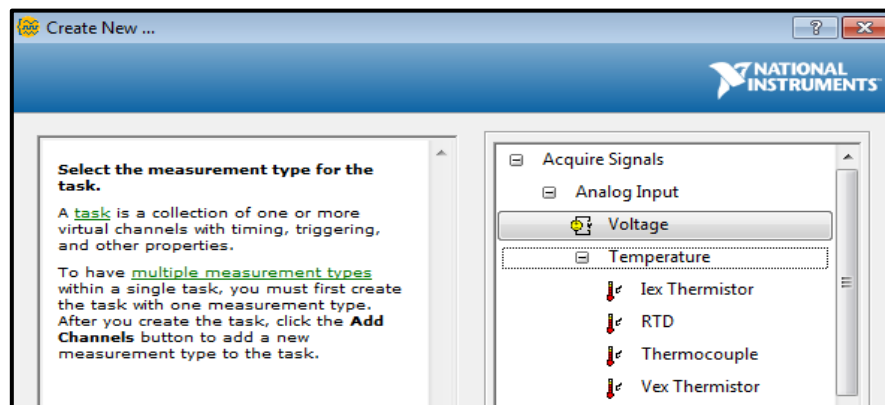


Figura IV-7 Configuración para Adquirir o Generar señales con DAQ NI6009

3. Seleccionamos los puertos a utilizar y Clic en **Finish**.

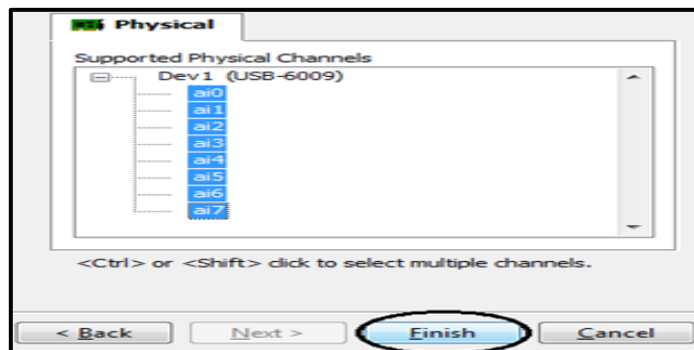


Figura IV-8 Numero de puertos a utilizar

4. Revisamos el diagrama de conexión para evitar inconvenientes y finalmente Clic en OK y estamos listos para importar o exportar datos.

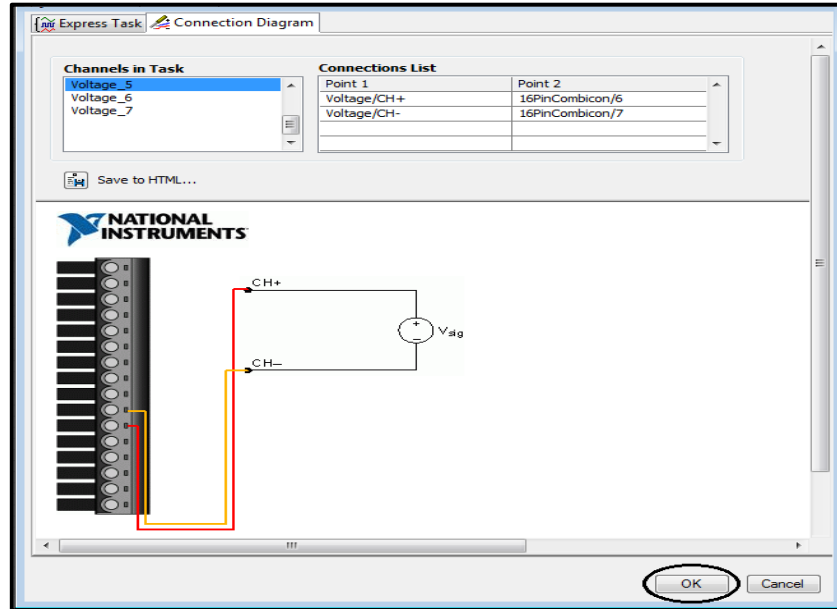


Figura IV-9 Guía de conexión del sensor en el puerto configurado

#### 4.4. Conexión Labview - Arduino

Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un micro-controlador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

Consta de 14 entradas digitales configurables entrada i/o salidas que operan a 5 voltios. Cada pin puede proporcionar o recibir como máximo 40 mA. Los pines 3, 5, 6, 8, 10 y 11 pueden proporcionar una salida PWM (Pulse Width Modulation).

Labview tiene la capacidad de comunicarse con algún tipo de hardware que permite interactuar con el medio físico ya sea controlando actuadores o recibiendo datos de provenientes de cambios físicos obtenidos a través de transductores.



**Interface for Arduino Toolkit** le ayuda a establecer interfaz fácilmente con la tarjeta Arduino usando Labview. Con esta herramienta se puede controlar y adquirir datos desde el Arduino. Una vez que la información está en Labview, se puede analizar usando los cientos de bibliotecas integradas en ella.

El Arduino actúa como un motor de E/S que se conecta con el VI de Labview a través de una conexión serial. Esto le ayuda a mover información rápidamente desde pines Arduino a Labview sin ajustar la comunicación, la sincronización o incluso una sola línea de código C. Al usar Open, Read/Write, Close en Labview, se puede tener acceso a las señales digitales, analógicas, moduladas por ancho de pulso, I2C y SPI del Arduino.

El Arduino debe estar conectado a la PC con Labview a través de un enlace USB, serial, Bluetooth o XBee. Este juego de herramientas no hace posible una operación autónoma.

A partir de la versión 2009 de Labview, National Instruments ofrece la posibilidad de integrar al Arduino a su ambiente de trabajo, lo cual nos pueda ayudar en muchos aspectos, claro está sin llegar a las grandes capacidades de las DAQ propias de National Instruments.

#### **4.4.1. Pasos para instalar el Toolkit para Arduino**

1. Descargar y/o tener instalado Labview 2009 o posterior.
2. Contar con el IDE y el Arduino ([www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)).
3. Descargar de la página de National Instrument el toolkit para (<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/209835>)
4. Instalar el toolkit en la PC.
5. Programar el Arduino con el Firmware desarrollado por National Instrument mediante el IDE de Arduino, generalmente este archivo se encuentra en la siguiente dirección:

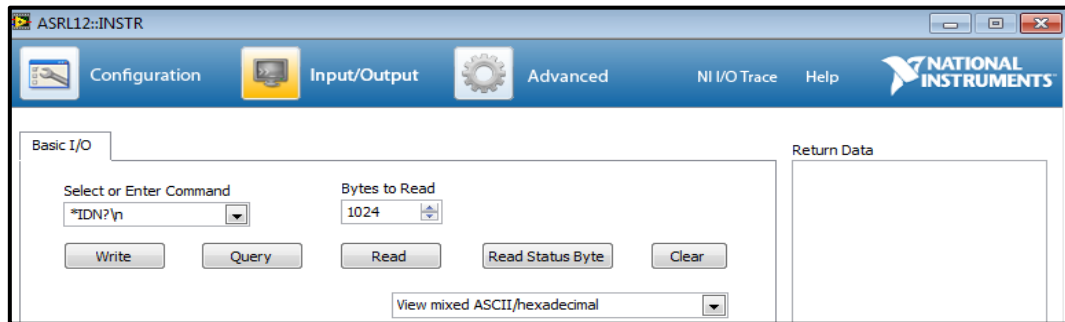
C:\Program Files (x86)\National Instruments\LabVIEW 2011\vi.lib\LabVIEW Interface for Arduino\Firmware\(LIFA\_Base).



**Figura IV-10 Firmware para programación del Arduino**

6. Después de abrir el archivo se debe cargar en el Arduino.
7. Posteriormente para que exista conexión con Labview se debe tener el NI-VISA instalado.
8. Por ultimo comprobamos el puerto a la que está conectado el Arduino.

Ejecutar el software MEASUREMENT & AUTOMATION que sirve para comprobar los pines de I/O digitales y analógicas de tarjetas de adquisición de datos como DAQ y otros.



**Figura IV-11 Indicador de conexión Arduino a la PC**

9. Después de realizar los pasos anteriores verificamos si están habilitados los VI de Arduino en el panel de Diagrama de Bloques para programar y realizar los instrumentos virtuales.

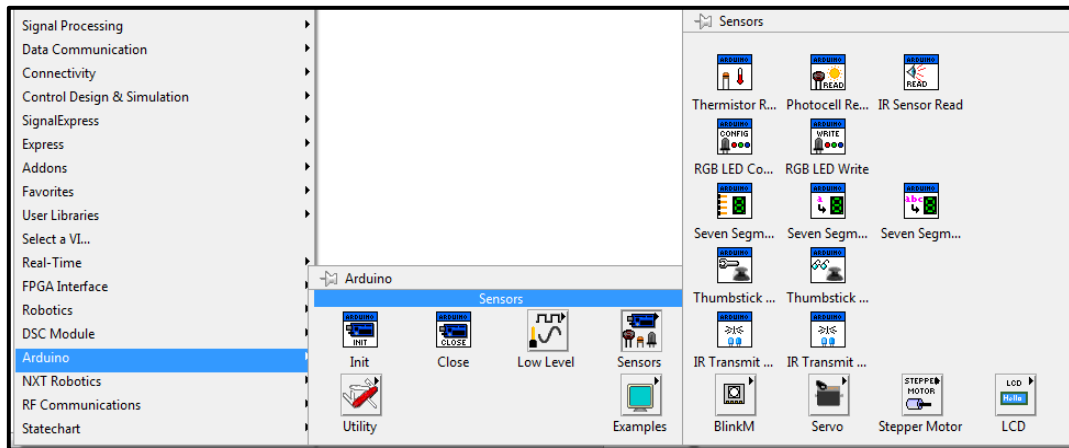


Figura IV-12 VIs de Arduino en Labview

#### 4.4.2. Herramientas Principales Utilizadas para la Comunicación Labview – Arduino

National Instrument ha desarrollado herramientas que permiten comunicación entre estos dos principales equipos virtuales, a continuación una breve descripción:

##### 4.4.2.1. *Init.vi*

Cuando ejecutamos el programa inicializa una conexión entre la interfaz de labview y Arduino por medio de un puerto asignado para la comunicación.

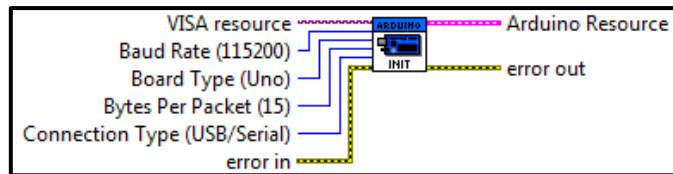


Figura IV-13 Init.vi Arduino

##### 4.4.2.2. *Analog read pin.vi*

Lee un valor de voltaje existente sobre uno de los pines analógicos del Arduino.

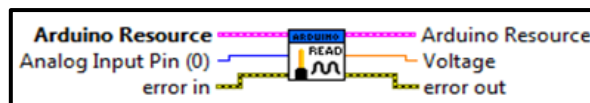


Figura IV-14 Analog read.vi Arduino

#### 4.4.2.3. Close.vi

Cierra la conexión activa hacia el Arduino y evita que internamente se encuentre ejecutando.



Figura IV-15 Close.vi Arduino

#### 4.4.3. Diseño de software para medición del nivel de agua

Para la medición del nivel de agua vamos a utilizar el sensor ultrasónico HC-SR05 configurado como HC-SR04, para ellos vamos a desarrollar un bloque para agregar a la paleta de funciones Arduino. Este proceso consta de tres partes fundamentales.

##### 4.4.3.1. Parte 1

1. Primer nos familiarizaremos con la paleta de funciones de Arduino. Para esto cree un nuevo VI vaya al diagrama de bloques, y teniendo activado en el menú **Help** la opción “**Show Context Help**”, oprima botón derecho y navegue dentro de la paleta Arduino.
2. Una vez vistos todos los bloques y funciones disponibles, pasaremos a seleccionar un ejemplo, el cual nos servirá de base para trabajar. Vaya a **Help >> Find Example >> Search** y coloque Arduino como opción de búsqueda. Seleccione el primer ejemplo **Arduino Analog Read Pin.vi**.

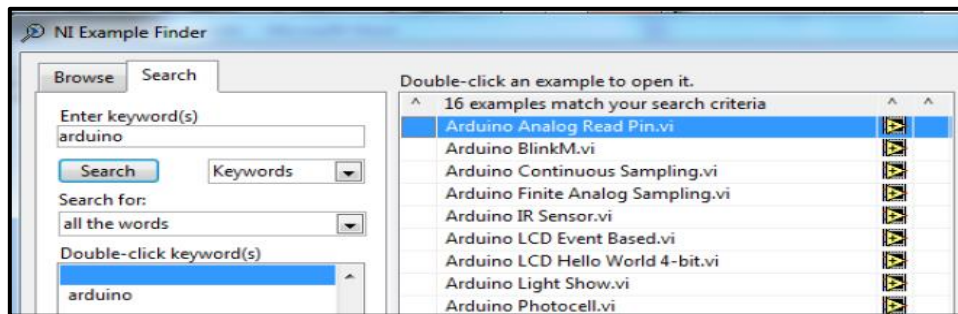


Figura IV-16 Búsqueda Arduino example

3. Dentro de este ejemplo abra el diagrama de bloques (**Ctrl+T**), a continuación de doble click sobre el bloque **Arduino Read** que se encuentra dentro del ciclo while. Le aparecerá otra ventana, vaya al diagrama de bloques (DB) de la ventana que le apareció y copie todo el sistema, y péguelo en el DB nuevo que creamos al inicio (debe estar en blanco).

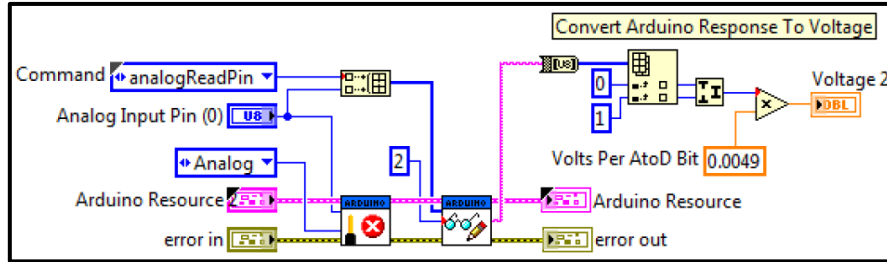


Figura IV-17 Diagrama de bloques de Arduino read

4. Elimine la entrada **Command [analogReadPin**, y reemplazela por una constante, (**create – constant**), haga click derecho sobre la constante y seleccione **display format**, busque la opción Hexadecimal y de aceptar. Coloque 34 como valor para la constante hexadecimal.
5. Cambie el Nombre **Analog Input Pin** por **TRIGGER Pin**. Y en el Array al cual va el **Trigger Pin** conectado, agregue una entrada más (Ponga el cursor sobre el objeto cuando aparezca puntos azules arrastre hacia abajo).

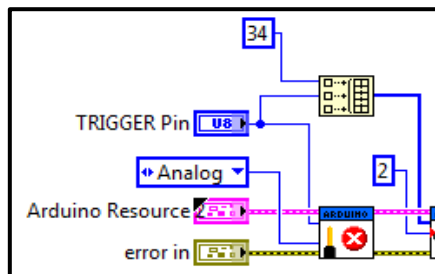


Figura IV-18 Configuración de las entradas

6. Copie el bloque **Trigger Pin**, y el nuevo conéctelo solamente a la tercera entrada del array que acabamos de crear, cámbiele el nombre y póngale **ECHO Pin**. Luego en el bloque que dice **Analog** seleccione **Digital**.

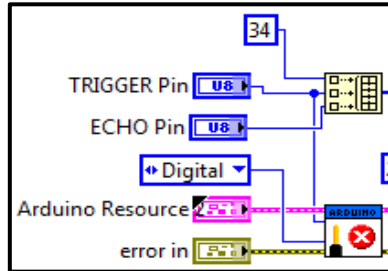


Figura IV-19 Asignación de las entradas Trigger y Echo

7. La constante que tiene valor de 2 que va hacia el bloque con los lentes, cámbiele el valor a 1. Por último elimine todos los bloques que conectan con el bloque U8 (String To Byte Array). Y de la salida de este último cree un Indicator. Llámelo Distancia en CM.

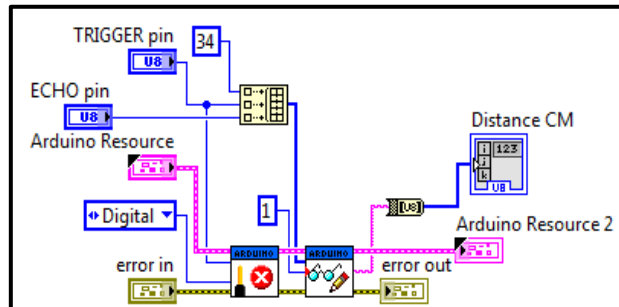


Figura IV-20 SubVI final para ultrasónico

8. Vaya al Panel Frontal, y en la sección superior derecha deben aparecer dos cuadros, uno con un dibujo igual al logo de LABVIEW y uno con unos cuadrados. Detenga el mouse encima del primer cuadrado, le debe aparecer la herramienta de alambrado, apriete encima y luego apriete en el cuadro **Arduino Resource** que se encuentra abajo a la izquierda.

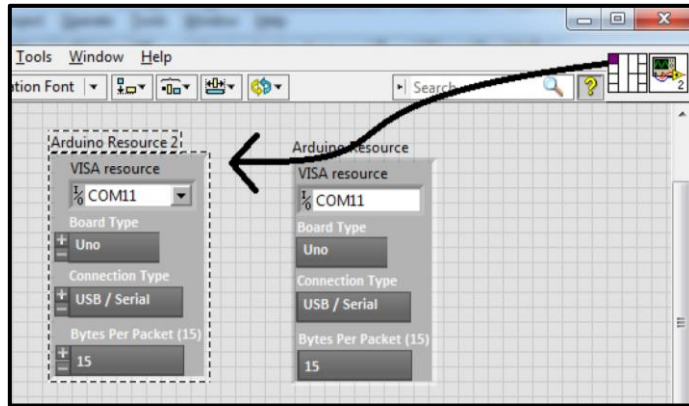


Figura IV-21 Asignación de entradas al bloque Ultrasonic sensor

9. De la misma forma agregue las terminales Trigger<sup>12</sup> Pin, Echo<sup>13</sup> Pin y Error in para el lado izquierdo, y luego proceda con el lado derecho, Arduino Resource, Distancia en cm y Error Out.



Figura IV-22 Icono de la paleta Ultrasonic sensor

10. Si desea puede también hacer doble click en la imagen que se encuentra al lado de las terminales y hacer un dibujo alusivo al bloque como el que tenemos.
11. Grabe este VI, como Ultrasonic Sensor u otro y cierre las dos pantallas (frontal y de bloques).

<sup>12</sup> Trigger.- Pin de salida de pulsos que envía el sensor ultrasónico para medir cierta distancia.

<sup>13</sup> Echo.- Pin por donde recibe la señal del pulso midiendo el tiempo de tardo para entregar la distancia a la que se encuentra cierto objeto.

#### 4.4.3.2. Parte 2

1. Ahora agregaremos el nuevo bloque a nuestra paleta Arduino. Para esto seleccione en Tools (menú superior), **Advance > Edit Palette Set**. Y seleccione de la barra de funciones que le apareció la paleta Arduino.

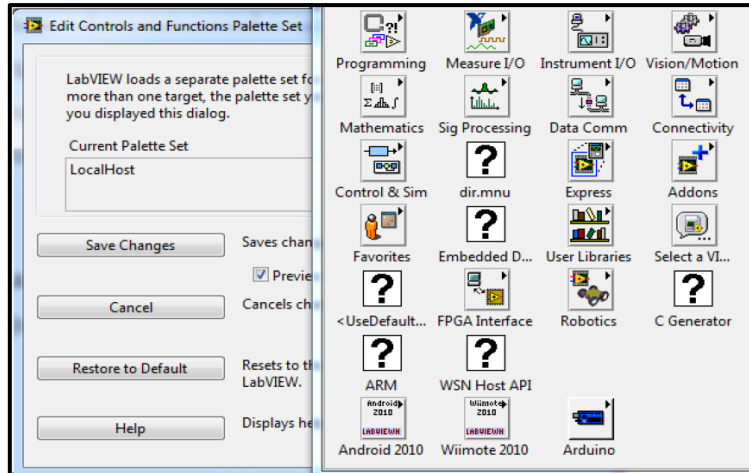


Figura IV-23 Paleta de funciones de Labview

2. Luego de Arduino, seleccione **Sensor** y apriete botón derecho en un punto vacío de la ventana. A continuación ponga **Insert** y luego **VI(s)**.



Figura IV-24 Agregar a la paleta Arduino el nuevo VI



3. En la ventana que le aparece, busque donde grabo el bloque que creamos en la parte 1. Le debe aparecer ahora en la paleta **Sensors** del Arduino. Y procederemos a utilizarlo en la parte 3 del laboratorio.

#### 4.4.3.3. Parte 3

1. Cierre todas las pantallas de LABVIEW abiertas y cree un nuevo VI. Repita el punto 2 de la **Parte 1** para buscar el ejemplo **Analog Read Pin example**.
2. Copie del diagrama de bloques todos los bloques, excepto el dibujo de la parte inferior y las indicaciones que salen en palabras.
3. Elimine el bloque **Arduino Read** y los conectores **Analog Read Pin** y **Voltage**. Reemplácelo por el bloque que acabamos de crear en la parte anterior, busque en la paleta de funciones de Arduino y conecte las conexiones a los cables que quedaron sueltos.
4. Cree dos nuevos controles para el **Trigger Pin** y el **Echo Pin**, y un indicador para la **Distancia** en cm. Por último vaya a Execution Control en la paleta **Express**, e inserte el bloque **Time Delay** dentro del ciclo While. Coloque como tiempo de delay 0.500.

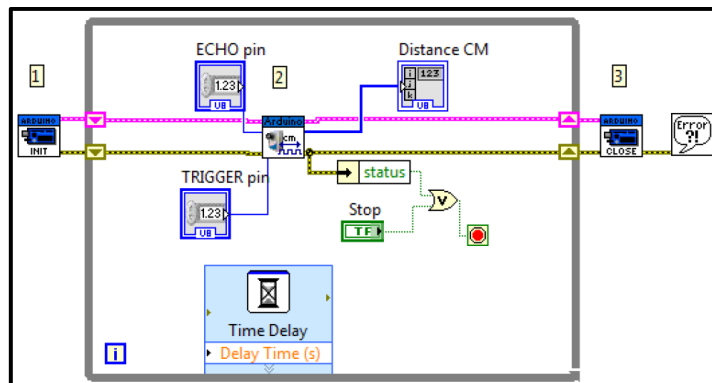


Figura IV-25 VI para lectura de distancia con HC-SR05

## 4.5. Conexión Labview - Access

Labview posee herramientas poderosas que permiten crear un tipo de conexión con software que facilitan el almacenamiento de datos, es decir permite crear una base de datos dentro de labview o a su vez permite la conexión entre una base de datos del equipo con Labview.

Puede enviar y recibir o leer datos desde dicha base de Datos que puede ser SQL, ACCESS entre las más conocidas.

En el presente trabajo se presenta la conexión entre Labview – Access 2010, para lo cual dentro de labview en la programación en el diagrama de bloques existen herramientas que permiten realizar este objetivo, las mismas que son presentadas a continuación:

### 4.5.1. Herramientas de Labview Utilizadas para la Conexión con la Base de Datos

Labview cuenta con herramientas muy potentes que permite realizar cualquier tipo de aplicación, se detalla a continuación los bloques de conexión con la Base de Datos.

#### 4.5.1.1. DB TOOLS OPEN CONNECTION.VI

Abre una conexión de base de datos utilizando la información de conexión, que por lo general es el Data Source Name.

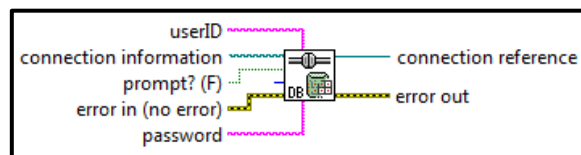


Figura IV-26 Open Connection.vi

#### 4.5.1.2. DB TOOLS INSERT DATA.VI

Después de haber establecido la conexión con esta herramienta permite insertar datos en la tabla seleccionada.

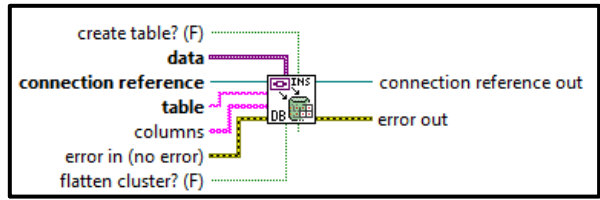


Figura IV-27 Insert Data.vi

#### 4.5.1.3. DB TOOLS SELECT DATA.VI

Selecciona datos desde la entrada **table** en la base de datos identificado por **connection reference** utilizando las columnas proporcionada en el vector **columns** y envía los datos por la salida **data** de acuerdo a la necesidad del usuario.

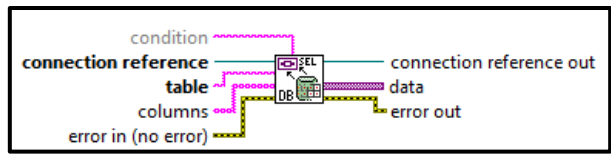


Figura IV-28 Select Data.vi

#### 4.5.1.4. DB TOOLS CLOSE CONNECTION.VI

Cierra una conexión de base de datos mediante la destrucción de sus referencias de conexión asociadas.

Después de haber hecho todas las operaciones respectivas es necesario cerrar la base de datos con esta herramienta para evitar inconvenientes.

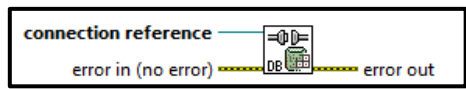


Figura IV-29 Close connection.vi

#### 4.5.1.5. AD595 TermK.vi

Un SUBVI que fue creado para linealizar la señal del AD595 conectado a una termocupla tipo K siguiendo los pasos de la parte de “Diseño para la medición de nivel de agua”.

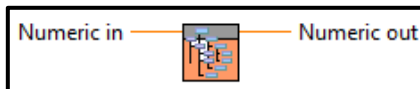


Figura IV-30 AD595 Term K.vi

#### 4.5.2. Pasos para la Conexión Labview - Access 2010

Antes o después de realizar el programa en Labview se debe crear una base de datos en Access, para que exista comunicación entre estos dos software hay que trabajar en el Panel Frontal de Labview y seguir los siguientes pasos:

1. Clic en **TOOLS**.
2. Luego seleccionamos la opción **CREATE DATA LINK**.

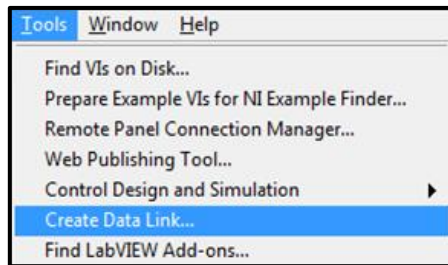


Figura IV-31 Selección de Create Data Link

3. Se debe elegir la opción Microsoft Jet 4 y aceptar.

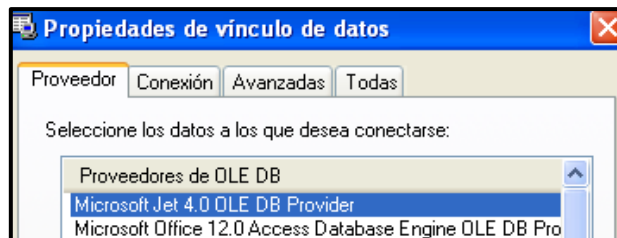


Figura IV-32 Selección de proveedor

4. Cargar la Base de Datos especificando la dirección en el que se encuentra.

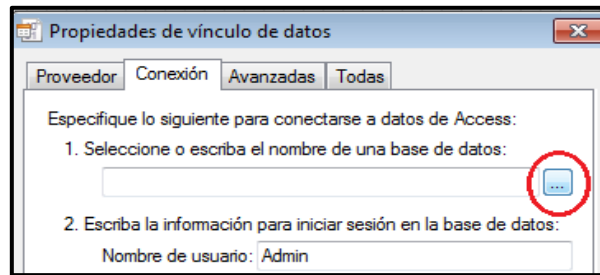


Figura IV-33 Búsqueda del archivo en Access

5. Probar la conexión y Aceptar.

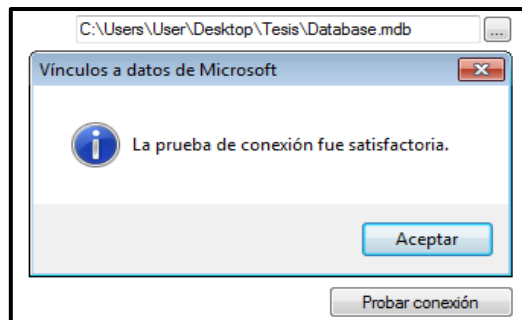


Figura IV-34 Prueba conexión con los datos

6. El paso cinco enviará al siguiente cuadro de dialogo. Este paso permite crear un archivo con formato **.udl** el mismo que debe tener el nombre de la tabla a la cual deseamos acceder en Access.

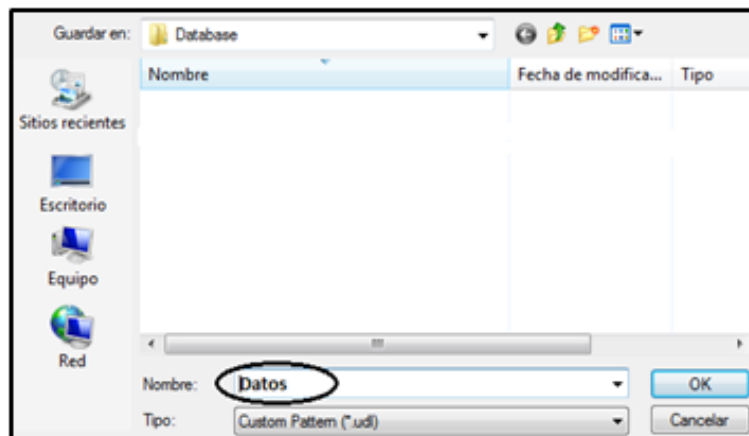


Figura IV-35 Nombre del archivo con formato .udl

7. Clic en OK y nos aparecerá el siguiente mensaje indicando que la creación del archivo fue satisfactorio.

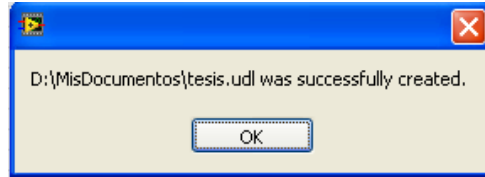


Figura IV-36 Archivo udl creado

### 4.5.3. Adquisición de Datos

Después de haber hecho la configuración de la Tarjeta de adquisición de datos y conectado los respectivos transductores a los puertos debemos ejecutar el software de control para poder visualizar los datos de los fenómenos físicos que estamos midiendo.

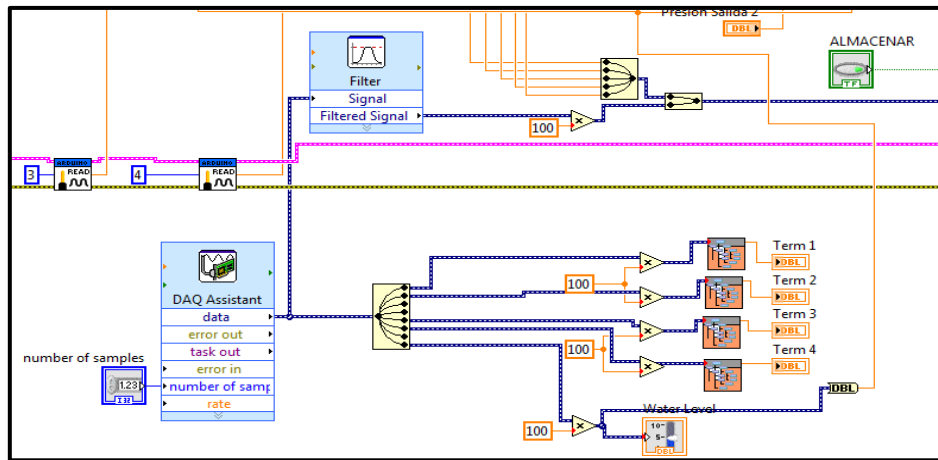


Figura IV-37 Utilización de herramientas de adquisición

Para realizar utilizamos la herramienta DAQ ASSISTANT en el caso de utilizar una DAQ pero en el caso de utilizar un Arduino escogemos otra herramienta de acuerdo a la magnitud a medir el cual debemos configurarlo de acuerdo a los requerimientos del usuario tal como se indicó anteriormente.

#### 4.5.4. Almacenamiento de Datos

Los datos adquiridos a través de la DAQ NI6009 y el Arduino Uno deben ser almacenados en Access, para este proceso primeramente hay que crear o realizar el programa en Labview con las herramientas necesarias que nos proporciona el Panel Frontal y el Diagrama de Bloques.

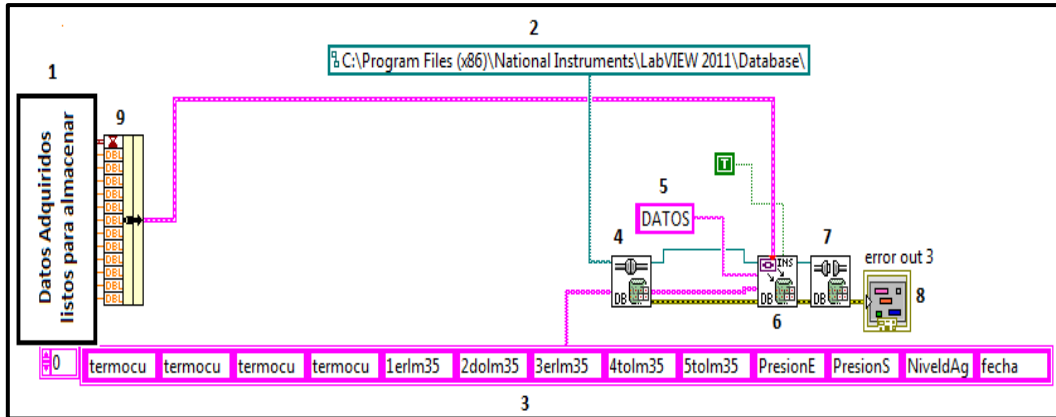


Figura IV-38 Partes del programa de almacenamiento

La imagen indica las partes con las que cuenta el software para el almacenamiento de datos en Access.

##### 4.5.4.1. Descripción de las partes

A continuación una breve descripción del programa de almacenamiento:

- 1. Datos Adquiridos:** Este bloque contiene las señales adquiridas de todos los sensores eléctricos (Temperatura, Presión, Nivel de agua) del cual está compuesto el módulo de pruebas.
- 2. Path o ruta del archivo .udl:** Esta herramienta nos permite colocar la dirección donde está ubicada el archivo .udl para establecer comunicación con la tabla de la Base de Datos y almacenar.

3. **Vector con nombre de las columnas de la Tabla:** Un valor constante tipo Array(Vector), contiene el nombre de las columnas que posee la Tabla creada en Access, nos permitirá almacenar valores ordenadamente de acuerdo al orden de los sensores establecido en las entradas de la DAQ NI6009 y el Arduino Uno.
4. **DB open conecction:** Abre la conexión entre Labview y Access.
5. **Nombre de la Tabla creada en Access:** Valor constante tipo String(Cadena), es indispensable tener este valor para que la herramienta INSERT DATA.VI conozca la tabla en el cual va almacenar los valores adquiridos.
6. **DB insert data:** Después de establecer la conexión esta herramienta permite almacenar datos.
7. **Close conecction:** Cierra una conexión de base de datos mediante la destrucción de sus referencias de conexión asociadas.
8. **Error:** indica la existencia de algún tipo de error que existe durante la ejecución del programa.
9. **Budle:** Agrupa valores individuales y a su salida entrega valor tipo Cluster para ingresar al bloque de almacenamiento.

#### 4.5.5. Visualización de Datos

Los datos almacenados es indispensable visualizar para realizar los respectivos análisis de acuerdo al propósito de almacenamiento, para el cual igual que el proceso de almacenamiento es necesario crear un programa con las herramientas proporcionadas por Labview.



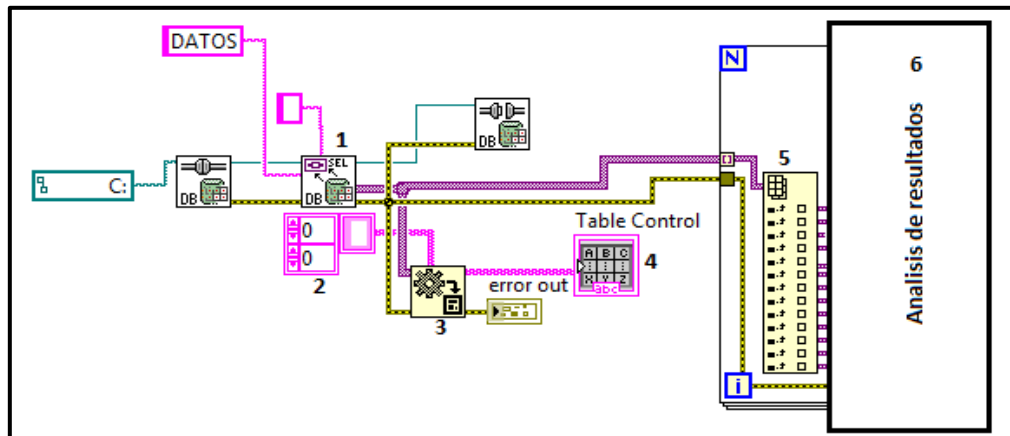


Figura IV-39 Partes del Programa de visualización

#### 4.5.5.1. Descripción de las partes

A continuación una breve descripción de los componentes más importantes del programa de visualización de datos, existen algunas partes que son las mismas que en el programa de almacenamiento por lo tanto no es necesario detallar.

1. **DB select data:** permite seleccionar la tabla desde Access y obtener los valores guardados en el para algún propósito.
2. **Constante tipo Array:** es necesario colocar una constante de este tipo porque necesitamos obtener datos en una tabla (Matriz).
3. **Variant to data:** permite obtener datos entendibles para labview partiendo de datos variantes.
4. **Table Control:** Visualizador de datos generales almacenados en Access.
5. **Index Array:** Permite obtener subarrays de N elementos y posteriormente trabajar con datos individuales.
6. **Análisis de resultados:** En esta etapa se encuentra todos los procedimientos ejecutados (Calculo de Promedios, Valor máximo y mínimo) partiendo de los valores almacenados.

#### 4.6. Linealización de la Señal del AD595

Para verificar la precisión del sistema implementado en relación a la temperatura con la señal proporcionada por el AD595 se precede a verificar la señal de salida de este último con relación a la temperatura que debemos visualizar. Como se puede apreciar en la tabla encontramos valores que proporcionan el AD595 y los errores del sistema Lineal y no Lineal con referencia a cierto rango de temperatura.

Tabla IV-I Error de los sistemas Lineal y No lineal

Grados	AD595 Out	Sistema no Lineal		Lineal	Sistema Lineal	
		Error	Error(%) No lineal		Error	Error(%) Lineal
-200	-145,4	54,6	27,30%	-200	0	0,00%
-180	-137	43	23,89%	-181,8	1,8	1,00%
-160	-126,9	33,1	20,69%	-160	0	0,00%
-140	-115,2	24,8	17,71%	-141,1	1,1	0,79%
-120	-102,1	17,9	14,92%	-120	0	0,00%
-100	-87,6	12,4	12,40%	-100,79	0,79	0,79%
-80	-71,9	8,1	10,13%	-80	0	0,00%
-60	-55,2	4,8	8,00%	-60,58	0,58	0,97%
-40	-37,5	2,5	6,25%	-39,99	0,01	0,02%
-20	-18,9	1,1	5,50%	-20,14	0,14	0,70%
-10	-9,4	0,6	6,00%	-9,97	0,03	0,30%
0	0,27	0,27	0,00%	0	0	0,00%
10	10,1	0,1	1,00%	10,1	0,1	1,00%
20	20	0	0,00%	20	0	0,00%
25	25	0	0,00%	25	0	0,00%
30	30	0	0,00%	30	0	0,00%
40	40,1	0,1	0,25%	40,1	0,1	0,25%
50	50,3	0,3	0,60%	50,3	0,3	0,60%
60	60,5	0,5	0,83%	60,5	0,5	0,83%
80	81	1	1,25%	80,35	0,35	0,44%
100	101,5	1,5	1,50%	100,75	0,75	0,75%
120	121,9	1,9	1,58%	120,9	0,9	0,75%
140	142	2	1,43%	141	1	0,71%
160	162	2	1,25%	161	1	0,63%
180	181,7	1,7	0,94%	180,7	0,7	0,39%
200	201,5	1,5	0,75%	201,5	1,5	0,75%
220	221,3	1,3	0,59%	221,3	1,3	0,59%
260	261,4	1,4	0,54%	261,4	1,4	0,54%
280	281,7	1,7	0,61%	280	0	0,00%
300	302,2	2,2	0,73%	300	0	0,00%

320	322,7	2,7	0,84%	319,9	0,1	0,03%
340	343,4	3,4	1,00%	339,9	0,1	0,03%
360	364,1	4,1	1,14%	360	0	0,00%
380	384,9	4,9	1,29%	380	0	0,00%
400	405,7	5,7	1,43%	399,9	0,1	0,03%
420	426,6	6,6	1,57%	419,9	0,1	0,02%
440	447,6	7,6	1,73%	440	0	0,00%
460	468,6	8,6	1,87%	460	0	0,00%
480	489,6	9,6	2,00%	479,9	0,1	0,02%
500	510,7	10,7	2,14%	499,97	0,03	0,01%
520	531,8	11,8	2,27%	519,9	0,1	0,02%
540	552,9	12,9	2,39%	539,9	0,1	0,02%
560	574	14	2,50%	559	1	0,18%
580	595	15	2,59%	579	1	0,17%
600	616,1	16,1	2,68%	599	1	0,17%
620	637,1	17,1	2,76%	619,9	0,1	0,02%
640	658,1	18,1	2,83%	639,9	0,1	0,02%
660	679	19	2,88%	660	0	0,00%
680	699,8	19,8	2,91%	680	0	0,00%
700	720,6	20,6	2,94%	700	0	0,00%
720	741,3	21,3	2,96%	719,9	0,1	0,01%
740	761,9	21,9	2,96%	739,9	0,1	0,01%
760	782,5	22,5	2,96%	759,9	0,1	0,01%
780	802,9	22,9	2,94%	780	0	0,00%
800	823,2	23,2	2,90%	800	0	0,00%
820	843,4	23,4	2,85%	820	0	0,00%
840	863,6	23,6	2,81%	840,2	0,2	0,02%
860	883,6	23,6	2,74%	860,13	0,13	0,02%
880	903,5	23,5	2,67%	880	0	0,00%
900	923,3	23,3	2,59%	899,4	0,6	0,07%
920	943	23	2,50%	919,9	0,1	0,01%
940	962,6	22,6	2,40%	940	0	0,00%
960	982,1	22,1	2,30%	959,9	0,1	0,01%
980	1001,5	21,5	2,19%	979,9	0,1	0,01%
1000	1020,9	20,9	2,09%	999,9	0,1	0,01%

La salida directa del AD595 en relación con la temperatura se puede observar en la Figura IV-40, a la vez decir que no es totalmente lineal existe un error máximo de 27% entre la salida y la temperatura real a medir. A lo largo de la trayectoria de la curva se indica la variación que existe entre los dos señales (Temperatura y AD595 no lineal) y los errores en porcentajes menores pero para obtener resultados reales es necesario eliminar al máximo el porcentaje de error, para el cual podemos aplicar diferentes métodos, en nuestro caso está linealizado mediante software, mismo

que permite obtener resultados más cercanos a la temperatura real al que se encuentra sometido el punto de medida de la termocupla. En la Figura IV-40 se puede observar el sistema no lineal y en la Figura IV-41 el sistema linealizado.

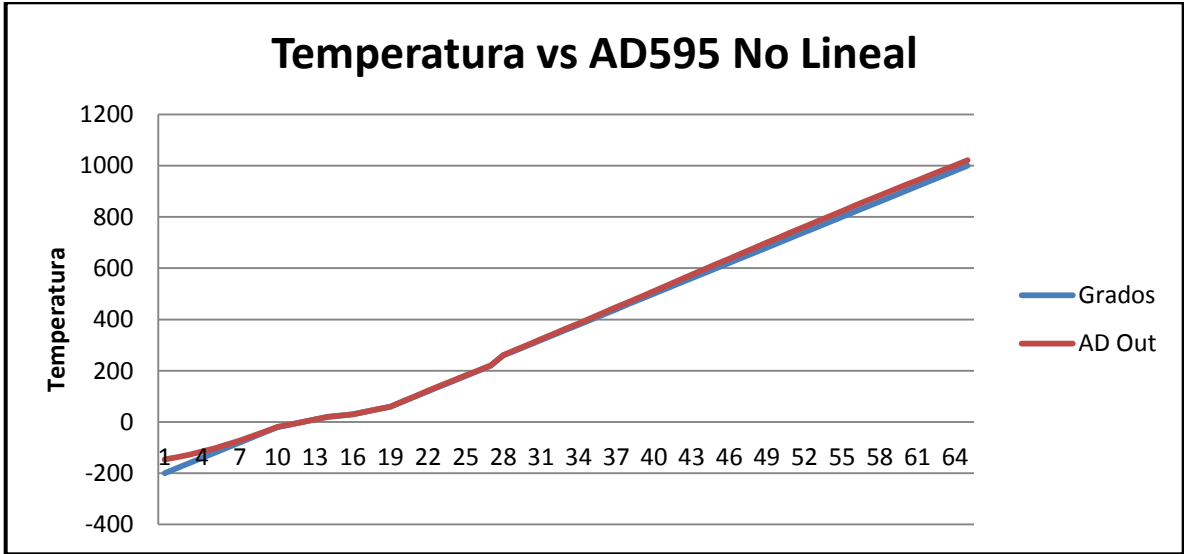


Figura IV-40 Grafica Temperatura vs Señal no Lineal

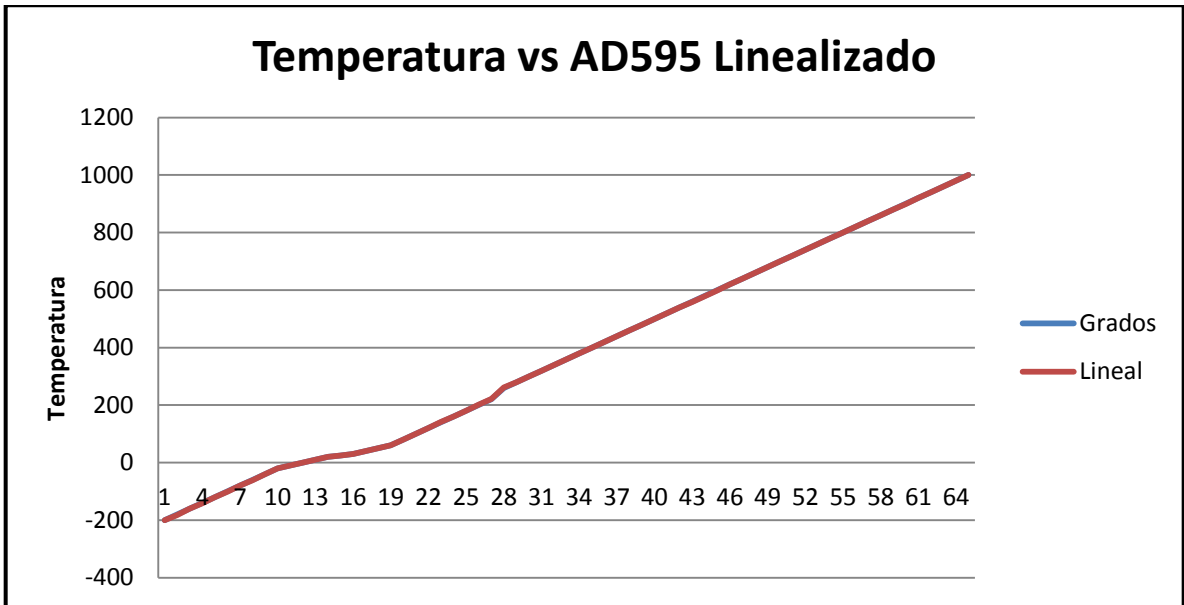


Figura IV-41 Grafica Temperatura vs Señal Lineal

A continuación podemos observar el rango de error entre dos sistemas importantes, ya era previsto que errores de valores mayores estarían en sistemas no lineales, en la Figura IV-42 se puede afirmar lo expuesto.

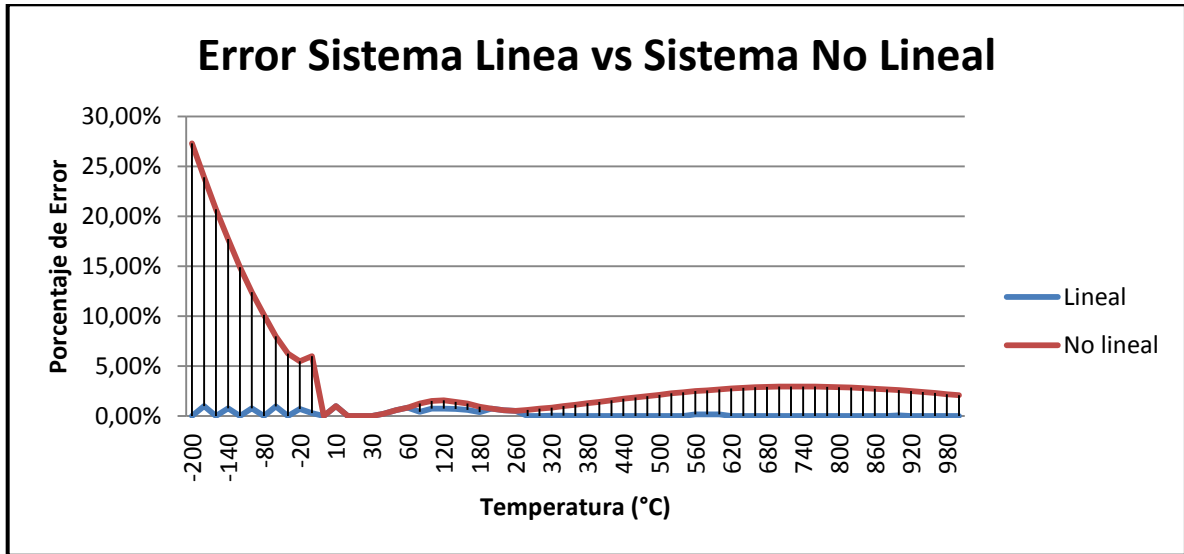


Figura IV-42 Sistema Lineal vs No Lineal

## 4.7. Descripción general de sistema de control HMI.

### 4.7.1. Panel de monitoreo de datos

El sistema de control o monitoreo tiene varios indicadores numéricos y gráficos que muestran los valores que nos proporcionan los diferentes sensores (termocuplas, ultrasonido, LM35 y transmisor de presión) ubicados en el calentador solar, estas señales son tomadas como entrada para las tarjetas de adquisición de datos (DAQ) y representadas en forma digital y de fácil interpretación para la visión humana. Tenemos dos tipos de pantallas una como monitoreo y otra como indicador de datos almacenados en la base de datos diseñado en Access, por lo tanto el visualizador se encuentra entrelazado por medio de un botón para poder acceder al mismo durante o no se encuentre en ejecución el programa principal del HMI, ver Anexo 5 A.

#### **4.7.1.1. Sistema LM 35**

Se encuentra compuesta por 5 sensores lineales de temperatura ubicada en diferentes puntos del tanque a una distancia previamente establecida para la separación de las mismas y mejor apreciaciones de los valores de temperatura de agua.

#### **4.7.1.2. Termocuplas**

Consta de 4 sensores igual a la anterior para medir la misma magnitud física es decir temperatura con la diferencia que este no presenta una señal de salida lineal, por la tanto se utilizó un chip electrónico capaz de realizar esta función. Están ubicadas dentro del tubo de vacío permanentemente en contacto con el agua.

#### **4.7.1.3. Botones de Control**

Consta de tres botones principales:

- **Stop:** Finaliza el todo el proceso del sistema.
- **Visualizar:** Abre una nueva ventana donde indica los valores extraídos desde la base de datos.
- **Almacenar:** Este botón cuando esta pulsado permite almacenar los valores presentes en una base de datos para luego visualizar si el usuario así lo requiere.

#### **4.7.1.4. Nivel de agua**

El sensor de distancia está ubicado sobre un tubo de 2 pulgadas que está conectado a una de las entradas que tiene el termo-tanque. Los valores que se presenta de acuerdo al nivel de agua esta presentada en porcentajes realizando ecuaciones matemáticas que permitan presentan valores de acuerdo a las normas de diseño de un HMI.

#### **4.7.1.5. Presión**

Este sensor es un transmisor de presión un dispositivo industrial que está ubicado en la parte donde ingresa el agua fría para medir la presión existente de acuerdo al nivel de agua y temperatura existente en el termo-tanque.

#### **4.7.2. Panel de visualización de datos**

En el panel de visualización de datos tenemos tres partes importantes, **Anexo 5 B**:

##### **4.7.2.1. Datos máximos y mínimos**

Indica el máximo y el mínimo valor almacenado en la Base de Datos alcanzado por cada sensor ubicado en el calentador solar.

##### **4.7.2.2. Valores promedio**

Presenta el un valor promedio de todos los datos almacenados por cada sensor.

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

En el presente capítulo se pretende realizar un análisis técnico de los datos recolectados y expuestos anteriormente. Para eso, primeramente, se explicara la metodología de investigación utilizada así como los instrumentos que permitan validar la hipótesis.

Existen diferentes instrumentos de medida que pueden referenciar el rendimiento del equipo implementado, cada uno de ellos basados en distintos parámetros, y por ende aplicables de acuerdo al tipo de magnitud física. Sin embargo existen instrumentos que pueden ser comunes entre si y pueden ser aplicables a cualquier escenario, determinando así las potencialidades de la misma.



Cada uno de los parámetros a medir mantiene ciertos valores límites recomendados por los organismos especializados en el diseño de equipos para garantizar una exitosa, segura y confiable lectura de datos. A partir de estos valores puede existir una cierta tolerancia alrededor de los mismos, lo cual se revisara a través del análisis respectivo.

## **5.1. Metodología de investigación utilizada**

En este sistema se ha utilizado el método deductivo ya que a partir de conceptos generales se ha llegado a una suposición que después de la experimentación a través de la implementación del sistema y los datos obtenidos de las mediciones se llegara a comprobar la suposición planteada.

Por esto es necesario conocer un poco más acerca del método deductivo el cual se explica a continuación.

### **5.1.1. Método Deductivo**

En el método deductivo, se suele decir que se pasa de lo general a lo particular, de forma que partiendo de unos enunciados de carácter universal y utilizando instrumentos científicos, se infieren enunciados particulares, pudiendo ser axiomático-deductivo, cuando las premisas de partida están constituidas por axiomas, es decir, proposiciones no demostrables, o hipotéticos-deductivo, si las premisas de partida son hipótesis contrastables.

Este método obliga al investigador a combinar la reflexión racional o momento racional, o sea, una relación entre un criterio hipotético con la razón, con la observación de la realidad.

### **5.1.2. Fases del método deductivo**

Las siguientes son las fases en las cuales se desarrolla el método deductivo, y se seguido en el desarrollo de la presente investigación:

- **Observación.-** Se ha realizado un análisis previo en el cual se pudo verificar la viabilidad del presente trabajo de investigación, debido a que en la actualidad es muy necesaria aprovechar energías naturales renovables.
- **Planteamiento de hipótesis.-** En base a la observación y la experiencia, se emitió un criterio hipotético que determina un error mínimo en la medición de datos con el equipo implementado.
- **Deducciones de conclusiones a partir de conocimientos previos.-** los conocimientos previos adquiridos por la experiencia de los proponentes de la investigación y los estudios realizados con anterioridad, han influido para emitirse una propuesta hipotética y una metodología para lograr afirmar el resultado.
- **Verificación.-** tras seguir un adecuado marco metodológico, se procede a la comparación de los resultados estadísticos obtenidos en los escenarios de prueba con la finalidad de comprobar el criterio hipotético.

El método deductivo es influenciado por principio y teorías ya aceptadas con anterioridad por la comunidad científica y las utiliza para inferir una situación particular del tema de estudio. Sin embargo no profundiza en sus causas. Esta particularidad, hace que el método deductivo sea el adecuado en el tratamiento del presente tema de investigación.

### **5.1.3. Caracterización de la hipótesis**

La hipótesis planteada al inicio de la presente investigación fue:

Hi: El módulo de pruebas permitirá Medir los parámetros de temperatura, presión, nivel de agua en los calentadores solares con un error máximo del 10%.

Como se puede apreciar, esta es una hipótesis que determina la precisión al momento de realizar cierta medición al igual que cualquier equipo de medida diseñado para este propósito.

## 5.2. Evaluación y Comparación de resultados

En esta sección del capítulo para verificar el funcionamiento del equipo implementado se procederá a realizar comparaciones de resultados obtenidos con el sistema y otros equipos.

### 5.2.1. Evaluación de las Termocuplas

Para verificar la precisión al momento de medir la temperatura se ha realizado pruebas con dos equipos altamente sofisticado para la medición de temperatura como:

- Hanna hi 935005 K-Thermocouple Thermometer (**Figura V-1 (a)**)
- Sper scientific 800024 4 Channel Datalogging Thermometer (**Figura V-1 (b)**)

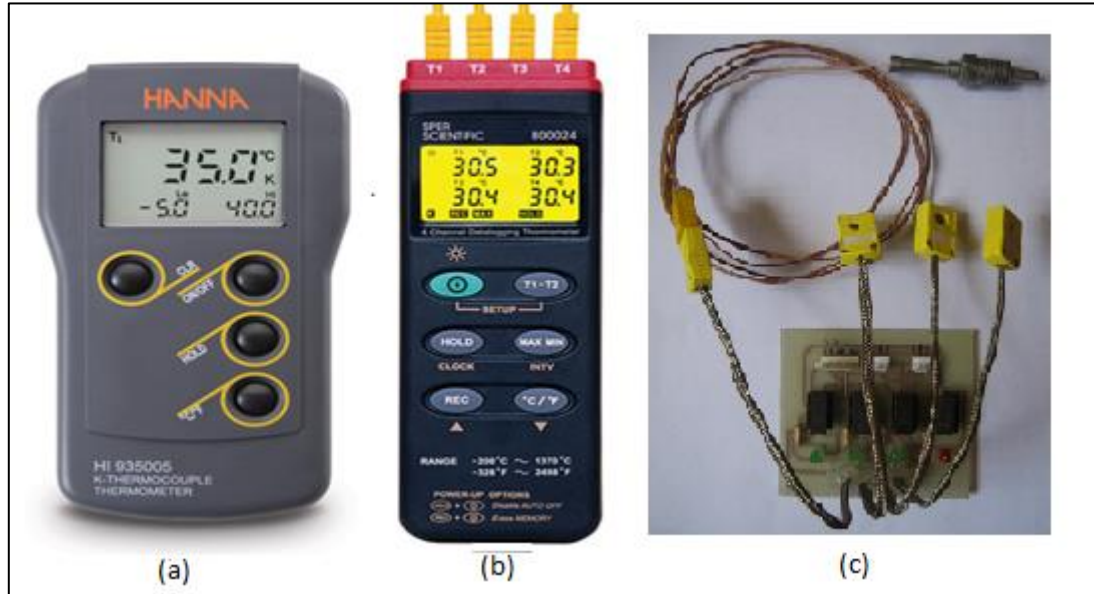


Figura V-1 (a). HANNA HI 935005 (b). SPER 800024 (c). Sistema de termocuplas

El sistema posee cuatro puertos de conexión para el mismo número de termocuplas por lo tanto es necesario realizar la comparación de cada uno de las entradas con el Equipo.

### 5.2.1.1. Sistema de Termocuplas vs SPER 800024

El equipo SPER 800024 es un termómetro que permite que posee cuatro entradas para termocuplas, este equipo es muy sofisticado ya que cuenta con un sistema de monitoreo el mismo que permite almacenar datos a través del software que viene consigo conectado por medio de RS232. Este software puede ser instalado solamente en sistema operativo XP pero nosotros necesitamos trabajar en Windows 7 por lo tanto al equipo solo lo utilizamos para comparar resultados de temperatura con nuestro sistema implementado.

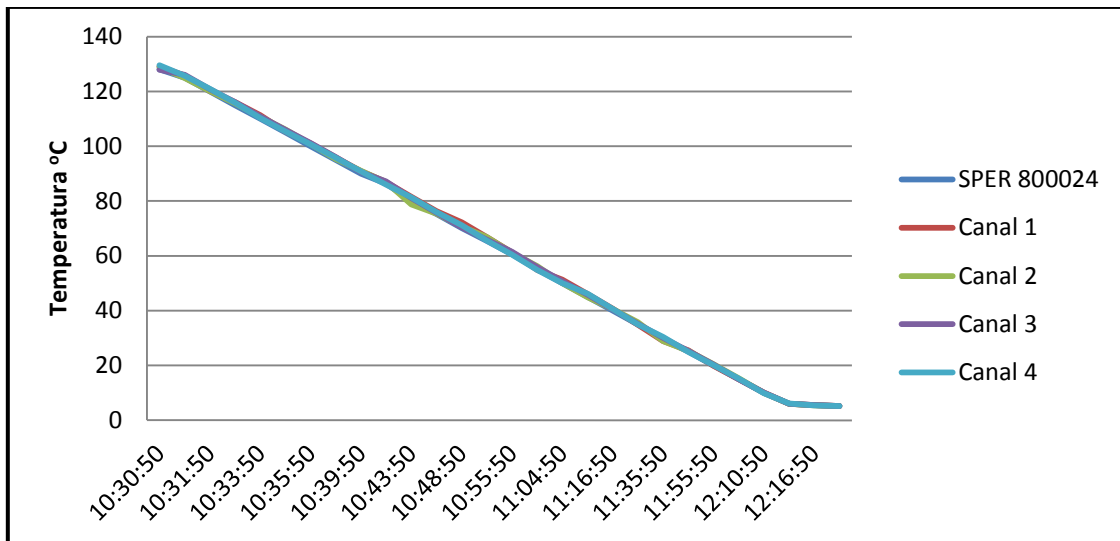


Figura V-2 Lectura de temperatura Sistema vs SPER

### 5.2.1.2. Sistema de Termocuplas vs HANNA

Al igual que el primer equipo este también es un termómetro digital con la única diferencia que este solo tiene una entrada y tampoco tiene software que permita realizar monitoreo y almacenamiento de datos.

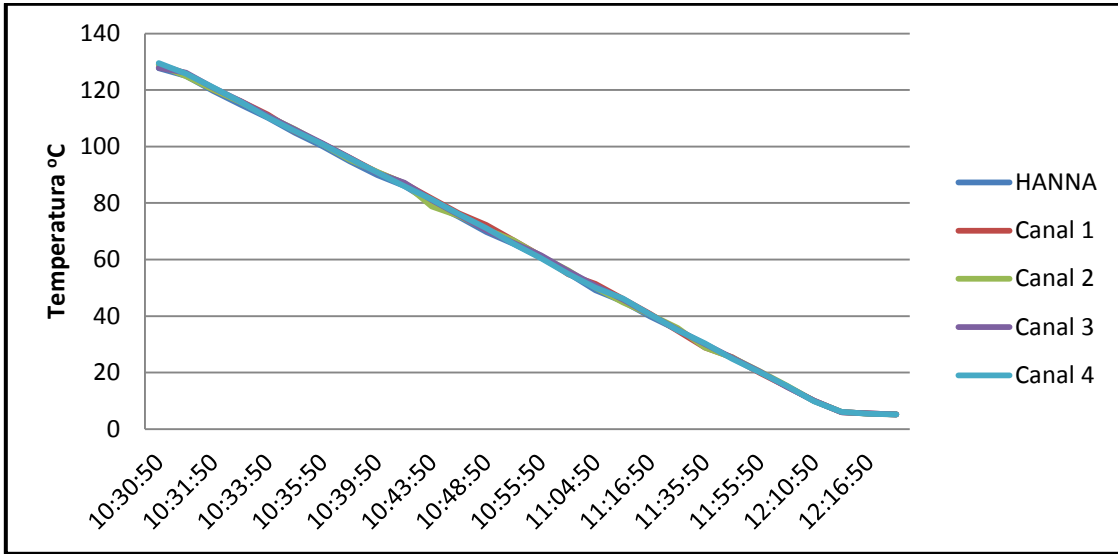


Figura V-3 Lectura de temperatura Sistema vs HANNA

**5.2.1.3. HANNA vs SPER 800024**

La medición entre estos dos equipos se realizó con el objetivo de determinar el equipo principal de referencia para comparar los valores obtenidos con el sistema y así determinar los posibles errores que se pueden generar en ciertos rangos.

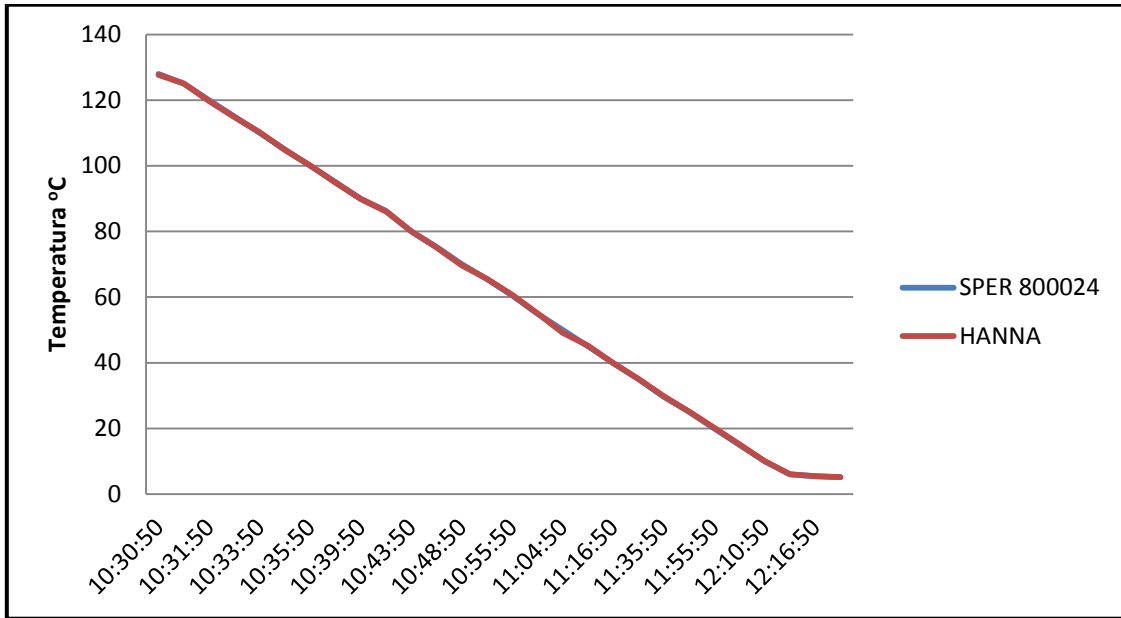


Figura V-4 Lectura de temperatura SPER vs HANNA

#### 5.2.1.4. Porcentaje de error del sistema

Durante la evaluación entre los equipos **HANNA** vs **SPER** se llegó a determinar los valores de errores y el que menos rango de error nos proporciona es el equipo SPER 800024 tal como se indica en el **Anexo 7** el valor promedio es menor en comparación con el otro equipo por lo tanto es tomado como referencia para comparar los valores obtenidos con el sistema.

Después de realizar las comparaciones con cada los valores de cada puerto se procede a obtener un valor promedio de error entre diferentes valores de temperatura y como se observa el máximo valor de error es de 1.8% por lo tanto el sistema para medición de temperatura con termocuplas está en perfectas condiciones con mínimos valores de error.

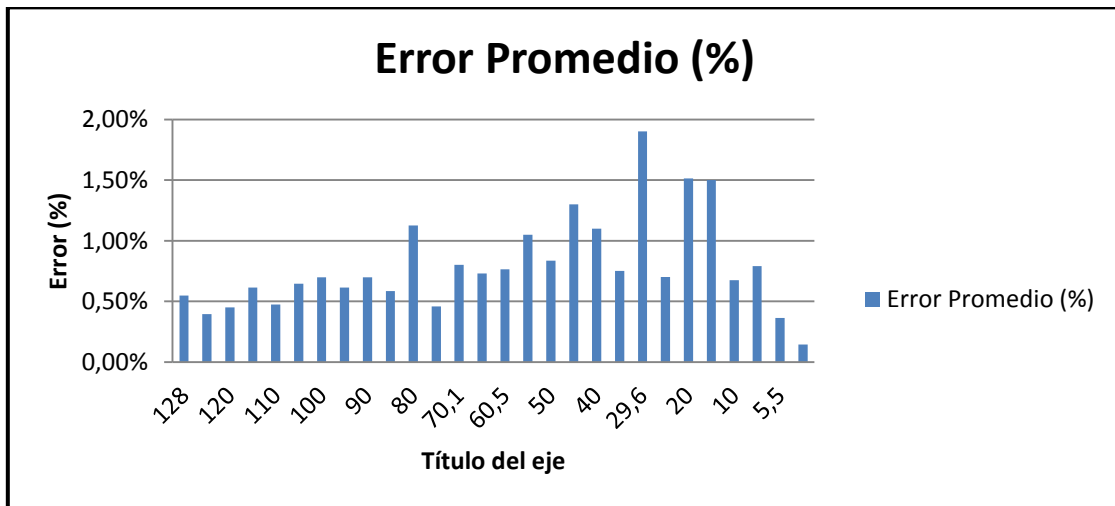


Figura V-5 Porcentaje de error del sistema de termocuplas

#### 5.2.2. Evaluación de los LM35

AL igual que las termocuplas estos dispositivos son sensores de temperatura por lo tanto deben ser comparados los valores que estos proporcionan teniendo como referencia el equipo anteriormente utilizado y otro propio del Calentador Solar.

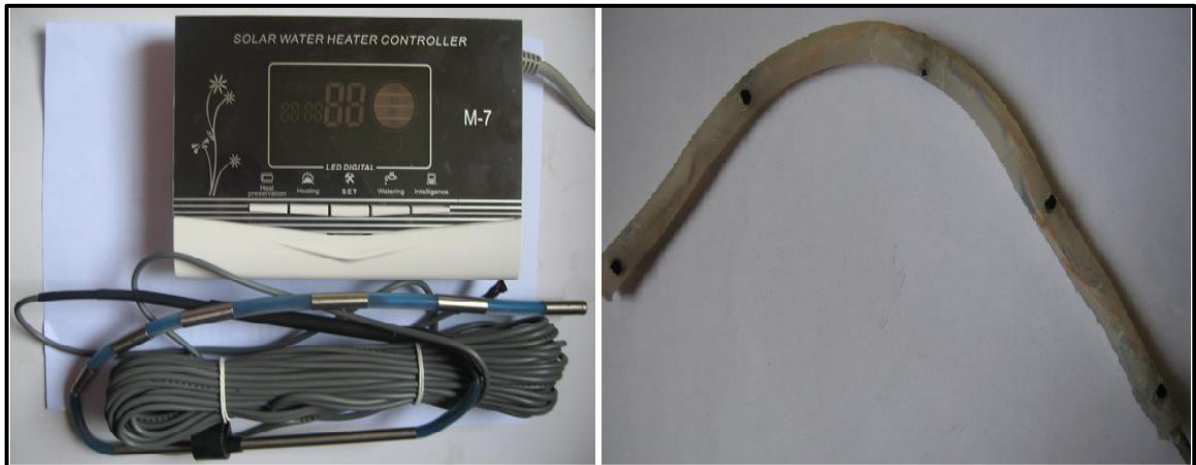


Figura V-6 Equipos de medida Water Heater y Sistema LM35

El procedimiento seguido es similar a la anterior; primeramente se tomó datos de sumergiendo a los sensores al agua con diferentes valores de temperatura para posteriormente sacar un valor promedio de entre los cinco LM35 introducidos en la barra y obtener en porcentajes el error existente en la lectura de datos. Como se indica en la tabla también se utilizó el equipo que viene incluido en los calentadores solares, pero el equipo de referencia sigue siendo el SPER 800024 el mismo que proporciona un mínimo porcentaje de error durante la medida.

#### **5.2.2.1. Sistema LM35 vs SPER 800024**

A continuación podemos observar las curvas de cada puerto del LM35 con referencia al equipo anterior, en la mayor parte de la trayectoria las curvas siguen el mismo camino que la señal del SPER indicando con esto la existencia de un mínimo porcentaje de error 1,01% tal como indica en el Anexo 6.

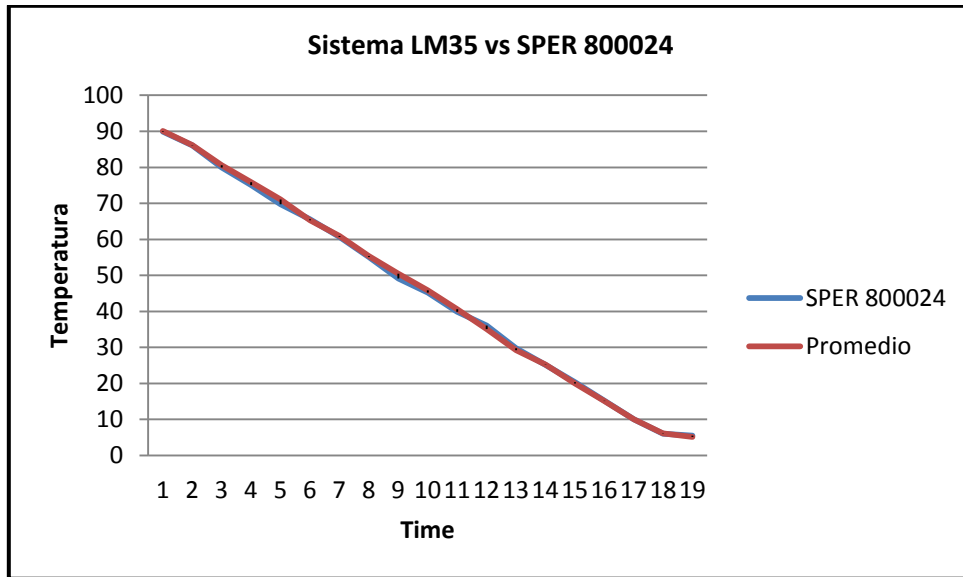


Figura V-7 Curva de respuesta del sistema LM35 vs SPER

### 5.2.2.2. Porcentaje de error

El resultado obtenido durante la medición y la comparación de datos son muy favorables ya que proporciona porcentajes de error mínimo, el máximo valor de error obtenido en este sistema es de 3.1% el mismo que puede ser verificado en la tabla del Anexo 6.

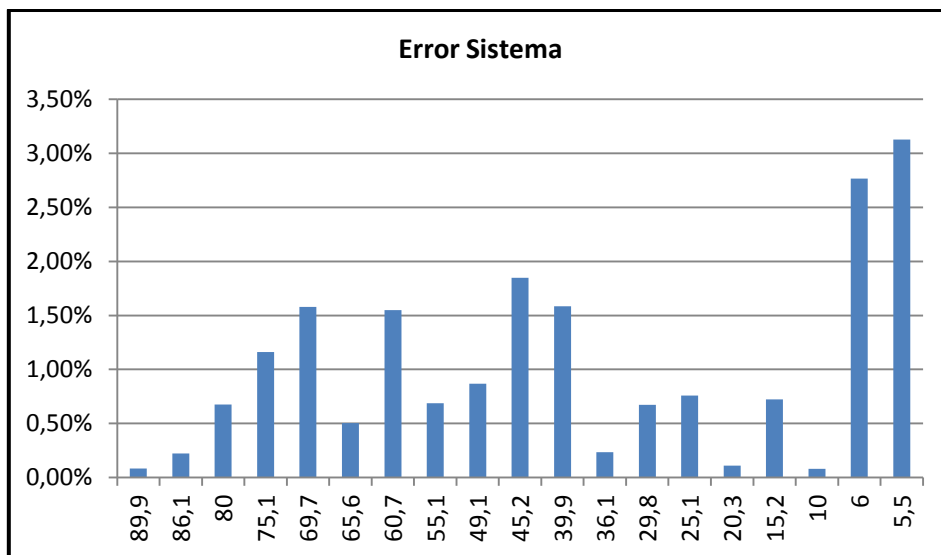


Figura V-8 Error del Sistema LM35



### 5.2.3. Evaluación del medidor del nivel de agua.

Para verificar la precisión de la altura del nivel de agua primero debemos establecer una ecuación de la recta para indicar el 100% del nivel en el tanque y otros porcentajes menores de acuerdo a la altura que se encuentre tomando como punto cero o máxima distancia que emite el sensor (45 cm) a la parte inferior interno del Termo tanque.

#### 5.2.3.1. Sistema de ecuaciones para establecer rangos de medida

Hs= Nivel superior (100 % de agua)

Ho= Nivel inferior (0 % de agua)

Dmax= Distancia máximo (50 cm)

Dmin= Distancia mínimo (5 cm)

Hmax= Altura máxima del tanque (45 cm)

De acuerdo a los valores anteriores para obtener el nivel exacto del agua en el tanque debemos realizar una ecuación de la recta y visualizar este valor en indicador en el HMI del sistema. Este sistema lo realizaremos mediante software (Labview) para que sea más preciso y evitar perdida de datos o inestabilidad.

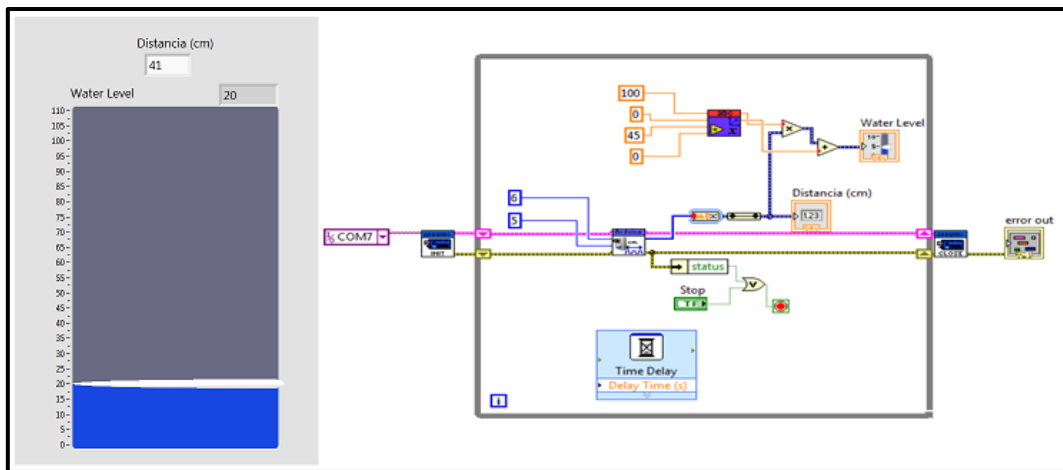


Figura V-9 Resultado de nivel de agua

El resultado del nivel de agua es inversamente proporcional a la distancia es decir a mayor distancia menor nivel de agua y a menor distancia mayor será el nivel.

Es importante recordar que para este propósito se utiliza un sensor electrónico por la tanto es muy indispensable no tener en contacto con el agua para evitar alguna avería, esto lleva a la conclusión que el sensor debe estar ubicado varios centímetros más arriba del nivel máximo a la que llega el agua en el tanque.

El sensor estará ubicado 5cm más alto del nivel máximo de agua en el termo tanque, esto conlleva a nuevos datos; es decir que 5cm será 100% y 50cm a 0% de nivel de agua. Mediante software desarrollamos la ecuación de la recta para establecer estos valores y obtener el nivel adecuado en el indicador.

**Tabla V-I Valores de entrada para la Ec. de la recta**

Eje X		Eje Y	
X1	X2	Y1	Y2
50	5	0	100

### **5.2.3.2. Resultado**

En la tabla se indica los valores del nivel de agua de acuerdo a la distancia real existente entre el agua y el sensor ultrasónico. Con esto podemos determinar que el error existente en la medición del nivel es totalmente nulo ya que la distancia obtenida con el ultrasónico es proporcional cm a cm con el tiempo que tarda en recibir una señal el PIN ECHO<sup>14</sup>.

**Tabla V-II Nivel de agua de acuerdo a la distancia**

Medición distancia (cm)		
Distancia Sensor	Distancia Real	Nivel Agua

---

<sup>14</sup> PIN ECHO.- Puerto de entrada de la señal de rebote del sensor ultrasonido.

5	0	100
10	5	88,88
15	10	77,77
20	15	66,66
25	20	55,55
30	25	44,44
35	30	33,33
40	35	22,22
45	40	11,11
50	45	0

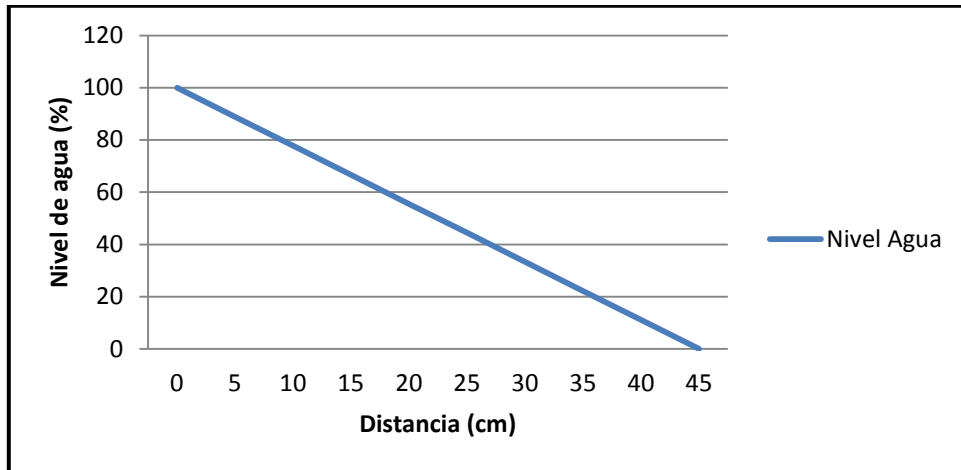


Figura V-10 Nivel de agua vs Distancia

#### 5.2.4. Evaluación de resultado de la presión

Para este propósito utilizamos un transmisor de presión de dos hilos es decir un sensor analógico de corriente, para la adquisición de esta señal debemos convertir en voltaje utilizando la ley de Ohm teniendo una resistencia como carga.

La resistencia utilizada es de  $500\Omega$  con una tolerancia de 1% es decir que el error existente en la medición de este parámetro será de este porcentaje ya que se utiliza un potenciómetro de precisión para evitar mayor pérdida de datos.

Posteriormente mediante software compensamos este valor mediante un sistema de ecuaciones que permita sumar un valor de acuerdo a la señal que nos proporciona permitiendo visualizar muy confiables.

### 5.2.4.1. Resultados

Tabla V-III Señal del transmisor de presión

mA	V	PSI
4	2	0
4,01	2,005	1,88
4,02	2,01	3,75
4,03	2,015	5,64
4,04	2,02	7,52
4,05	2,025	9,4
4,06	2,03	11,28
4,07	2,035	13,16
4,08	2,04	15,04
4,09	2,045	16,92
4,1	2,05	18,8
4,11	2,055	20,68
4,12	2,06	22,56
4,13	2,065	24,44
4,14	2,07	26,32
4,15	2,075	28,2
4,16	2,08	30,08
4,17	2,085	31,96
4,18	2,09	33,84
4,19	2,095	35,72
4,2	2,1	37,6

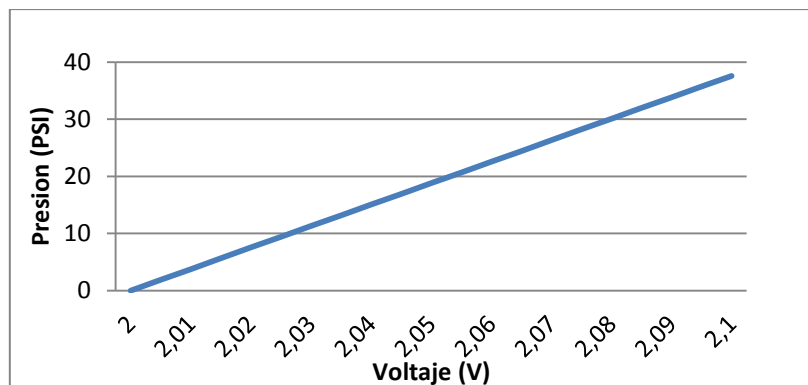


Figura V-11 Señal del transmisor de presión

### 5.3. Resultado Final de Indicadores

En la Tabla, se exponen los resultados finales para cada parámetro con los respectivos equipos comparados, valores totales sobre el 100%, donde el máximo valor de error representa la comparación realizada con el equipo Water Heater y el que mayor confiabilidad proporciona es el equipo SPER 800024 que tiene mejor un error muy bajo para las termocuplas: 0,79 y para los LM35: 1,01.

Para determinar el valor final debemos tomar en cuenta también a los errores que existen en cada uno de los equipos de medición y establecer un promedio general para determinar el valor final de error existente en el módulo en la medición de los diferentes parámetros.

- SPER 800024<sup>15</sup> tiene un error promedio de 0.5% de error en la medición de temperatura.
- El sensor de presión tiene un error máximo de 0.5% de error.
- Los sensores de temperatura LM35<sup>16</sup> de la misma manera tiene un error máximo de 0.5%
- Error máximo del sensor HC-SR05<sup>17</sup> para el nivel de agua.

Tabla V-IV Resultado Final

	Presión	Termopar vs SPER 800024	LM 35 vs SPER 800024	Water Level (Ultrasónico)
<b>Error referencial (%)</b>	0,05	0,79	1,01	0
<b>Error del equipo (%)</b>	0,5	0,5	0,25	0,25
<b>Error total</b>	0,5	1,29	1,26	0,25

---

<sup>15</sup> SPER 800024:

[http://66.240.201.216/scart/public/database/repository/other/Instruction\\_Manuals/800024-i.pdf](http://66.240.201.216/scart/public/database/repository/other/Instruction_Manuals/800024-i.pdf)

<sup>16</sup> Error del sensor LM35: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>

<sup>17</sup> Sensor Ultrasónico: [http://personales.upv.es/mmartind/La\\_tesis.pdf](http://personales.upv.es/mmartind/La_tesis.pdf)

### **5.3.1. Interpretación final del Análisis**

Aunque en todas las comparaciones realizadas con todos los equipos proporcionan indicadores de calidad dentro de los valores permitidos para que se pueda dar una óptima medición o toma de datos, existe una en particular que sobresale por su efectiva gestión en la medición, el cual es un recurso muy indispensable tomado con referencia en todas las actividades de medida de temperatura.

Antes que nada, es notable que el equipo SPER 800024 presenta alta efectividad en cuanto a la velocidad de transmisión y almacenamiento de datos mediante un software propio del dispositivo.

A esto se le deberá añadir la ventaja de visualización, puerto de comunicación y manipulación del equipo para conexión con la PC utilizando sistema operativo XP.

## **5.4. Comprobación de hipótesis**

La hipótesis planteada es:

**Hi:** El módulo de pruebas permitirá Medir los parámetros de temperatura, presión, nivel de agua en los calentadores solares con un error máximo del 10%.

La hipótesis descrita anteriormente es de tipo descriptiva, este tipo de hipótesis solamente tiene una variable que en este caso es la efectividad, donde se está asegurando que los errores son menores al 10%. Para la comprobación de una hipótesis descriptiva se hace uso de la Estadística Descriptiva, la misma que es un conjunto de procedimientos que tienen por objeto presentar masas de datos por medio de tablas, gráficos y/o medidas de resumen<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> Estadística Descriptiva

Así dentro de la estadística descriptiva se hace uso del promedio y de la diferencia de porcentajes. Se aplicó el promedio a las mediciones realizadas a los sensores de temperatura tales como las termocuplas y LM35 sensor de distancia para determinar el nivel de agua y un manómetro para la presión, estos valores se los presenta en los **Anexo 6, Anexo 7, Anexo 8** y la Tabla V-II, posteriormente se procede a transformar estos datos a valores porcentuales con el fin de determinar el mínimo error existente en las mediciones de parámetros en calentadores solares.

De acuerdo con esto en la Tabla V-IV, se presenta los resultados finales de efectividad dentro del valor máximo de error permitido con cada dispositivo utilizado en el estudio.

En la Figura V-12, se puede ver claramente que el equipo que proporciona menor error con nuestro módulo implementado es el SPER 800024 mientras que el HANNA y WATER HEATER (WH) proporcionan mayor error.

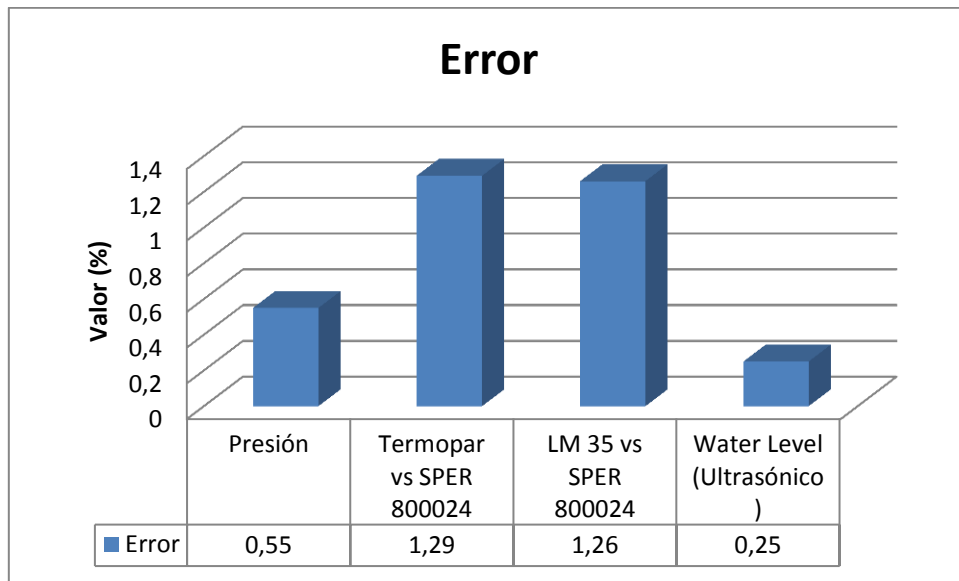


Figura V-12 Efectividad de medición del sistema

**Conclusión:** Considerando el análisis ya descrito, se ha llegado a una evaluación final, donde el uso del prototipo implementado para la medición de parámetros en los calentadores solares presenta valores muy efectivos y confiables. Valores que superan el 98% de efectividad y que han sido determinados después del análisis minucioso de cada indicador involucrado dentro de esta investigación. Por lo tanto la Hi planteada es verdadera.



## CONCLUSIONES

Luego de una investigación realizada podemos concluir que, en nuestro medio tenemos energías renovables muy útiles que son capaces de generar diferentes energías que se puede utilizar para ciertos propósitos sin llegar a contaminar el medio ambiente como actualmente se lo viene haciendo a gran escala.

Se ha comprobado que la energía solar es la más adecuada para generar electricidad a través de celdas o paneles solares y para el proceso de calentamiento del agua para uso doméstico a través de colectores solares, esta energía es la más adecuada e inagotable el mismo que se encuentra en todos los lugares con pocas variaciones.

Para medir los parámetros de los calentadores solares se utilizaron equipos electrónicos muy precisos en la transmisión de datos, logrando perdida de datos muy insignificantes durante la medición.

La señal de presión obtenida en el calentador no son muy elevadas, es más podemos decir que la presión existente solo es la fuerza del agua combinada con la temperatura a la que se encuentra y generando vapor de agua para que este dato pueda variar.

El diseño de la base de datos se puede realizar en diferentes software pero se debe tener en cuenta que estos datos no son muy confidenciales por lo tanto se puede realizar en programas propias del sistema y fáciles de manejar.

## RECOMENDACIONES

Es necesario investigar perfectamente las características de los dispositivos que van a intervenir en el proceso de medición de los parámetros de acuerdo a la necesidad del diseñador, ya que en nuestro caso, para implementar el modulo se utilizó varios sensores perfectamente seleccionado por la efectividad que proporcionan, dentro y fuera del líquido que estamos midiendo.

Para el análisis estadístico de los datos almacenados y relacionarlo con los valores de la radiación solar es muy importante instalar este sensor (Piranómetro) en el mismo lugar donde se encuentra el calentador solar, porque existe una variación muy relevante de acuerdo al material del piso porque este afecta al valor de salida de manera directa o indirecta.

Para la adquisición de datos y el procesamiento de señales es muy indispensable utilizar tarjetas electrónicas compatibles con el software a utilizar para este fin, caso contrario tendremos problemas en la lectura y transmisión de datos.

Para el diseño de la base de datos debemos tener en cuenta la facilidad de manejo e instalación del software en el computador que se va realizar la medición para evitar inconvenientes de conexión y lectura de estos datos cuando sea necesario cambiar de PC.

Antes de poner en marcha el modulo verifique la instalación física del sistema eléctrico y electrónico para así evitar daños en los equipos y alterar la información transmitida por los sensores.

## RESUMEN

La implementación del módulo de pruebas para medición y monitoreo de parámetros incidentes en calentadores solares, en la Escuela de Ingeniería en Electrónica, Control y Redes Industriales, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Usando el método de investigación deductivo se consideraron criterios para la medición de los parámetros: Nivel de Agua, Presión y Temperatura propuestos por el estándar internacional Normas ISO/DIS 9459-2, que contiene los métodos de ensayo en exteriores para predicción de Rendimiento de Calentadores. Mientras que con el método experimental se realizaron ambientes de prueba que permitieron establecer la precisión de medida, escogiendo un determinado equipo como punto de referencia, para esto se utilizó las herramientas software: Labview 2011 y Access 2012 y como Hardware 2 Calentadores Solares, una PC y sensores electrónicos.

Los resultados obtenidos determinaron que el módulo implementado ofrece un error máximo de 1.5% en la medición de: Nivel de Agua, Presión y Temperatura, ofreciendo datos muy confiables

Se puede concluir que estos datos obtenidos con el módulo permiten orientar exactamente el calentador, aprovechando al máximo la energía solar en el proceso de calentar el agua en la ciudad de Riobamba, mientras que para el resto del país se deben realizar pruebas de acuerdo a la radiación solar propia existente en cada Ciudad.

Se recomienda ubicar el equipo con dirección al norte y con un ángulo de inclinación no mayor a los 20°C en la ciudad de Riobamba, ya que a esta posición logra trabajar al máximo los tubos de vacío y no permite el estancamiento de agua en la parte inferior del mismo.

## **ABSTRACT**

The implementation of test module for measuring and monitoring of incidents parameters in solar heaters, School of Electronics Engineering, Industrial Networking and Control, Polytechnic School of Chimborazo.

Using deductive research method it was considered criteria for measuring parameters: water level, pressure and temperature proposed by the international standard norm ISO / DIS 9459-2, which contains the outdoor test methods to predict Solar Heaters Performance. Through the experimental method were performed test environments to establish the precision of measurement, choosing specific equipment as a reference point, for this it was used software tools: Labview 2011 and Access 2012 as Hardware, 2 Solar Heaters, a PC and electrical sensor.

The result determined that the implemented module offers a maximum error in measuring 1.5: Water level, pressure and temperature, providing very reliable data.

It can be concluded that the data obtained with the module allow exactly guide the solar heater, maximizing solar energy in the process of heating the water in Riobamba, while for the rest of the country should be tested according to the own solar radiation in each city.

In Riobamba it is recommended to place the equipment to the North direction with an angle of inclination no greater than  $20^{\circ}$  C, since this position the vacuum tubes work the maximum and does not allow the stagnation of water in the bottom of the same.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **COUGHLIN, F y DRISCOLL, F.**, Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales., 5ta ed., México DF-Mexico., Prentice Hall., 1999., pp. 222-233.
2. **GENOVA, G.**, Energia Solar Termica Normas UNE., Madrid-España., AENOR., 2007., pp. 127-141.
3. **LAJARA, J y PELEGRI, J.**, Labview Entorno Grafico de Programación., 2da ed., Barcelona-España., Marcombo., 2011., pp. 341-382.
4. **PALLAS, A.**, Sensores y Acondicionadores de Señal., 4ta ed., Barcelona-España., Marcombo., 2003., pp. 314-327.
5. **SUÁREZ, M.**, Fuentes de Alimentación., 2a ed., México DF-Mexico., Limusa., 2004., pp. 87-93.

## INTERNET

### 6. ACCESS LABVIEW DATABASE

<http://cifpn1sjd2.wordpress.com/2011/02/15/leer-y-escribir-en-una-tabla-de-una-base-de-datos-de-access-con-labview-2010/>

[http://www.youtube.com/watch?v=3Cl9o\\_2eLow](http://www.youtube.com/watch?v=3Cl9o_2eLow)

2013-06-21

#### **7. ACONDICIONADOR DE SEÑAL DE TERMOCUPLA TIPO K AD595**

[http://www.analog.com/static/importedfiles/application\\_notes/AN-369.pdf](http://www.analog.com/static/importedfiles/application_notes/AN-369.pdf)

2013-05-28

#### **8. CALENTADOR SOLAR DE AGUA**

[http://es.wikipedia.org/wiki/Calentador\\_solar](http://es.wikipedia.org/wiki/Calentador_solar)

2013-03-11

#### **9. COMUNICACIÓN ARDUINO Labview**

<http://www.roboticaludica.com/arduino-daq-labview/>

<http://www.ni.com/trylabview/>

2013-04-03

#### **10. ENTRADAS ANALOGICAS Y DIGITALES DAQ NI-6009**

<http://designandmechatronics.blogspot.com/2013/03/daq-6009-labview-entradas-analogas-y.html>

2013-04-14

#### **11. INSTALACION DE LOS CALENTADORES SOLARES**

<http://www.terra.org/categorias/articulos/guia-practica-de-una-instalacion-de-energia-solar-termica>

2013-03-20

## **12. MANUAL DATALOGGER**

[http://66.240.201.216/scart/public/database/repository/other/Instruction\\_Manuals/800024-i.pdf](http://66.240.201.216/scart/public/database/repository/other/Instruction_Manuals/800024-i.pdf)

2013-09-15

## **13. TRANSMISORES DE PRESIÓN**

<http://www.flexilatina.com/transmisores-de-presion.html>

[http://hb-sais.en.made-in-](http://hb-sais.en.made-in-china.com/productimage/dbMJqChcMKYI-2f1j00FBsThpMRZZgW/China-Pressure-Transmitter-HB2126-.html)

[china.com/productimage/dbMJqChcMKYI-](http://hb-sais.en.made-in-china.com/productimage/dbMJqChcMKYI-2f1j00FBsThpMRZZgW/China-Pressure-Transmitter-HB2126-.html)

[2f1j00FBsThpMRZZgW/China-Pressure-Transmitter-HB2126-.html](http://hb-sais.en.made-in-china.com/productimage/dbMJqChcMKYI-2f1j00FBsThpMRZZgW/China-Pressure-Transmitter-HB2126-.html)

2013-08-27

## **14. ULTRASONIDO HC-SR05, ARDUINO UNO Y LABVIEW**

[http://dl.dropboxusercontent.com/u/8067369/LabVIEWInterfac.p](http://dl.dropboxusercontent.com/u/8067369/LabVIEWInterfac.pdf)  
[dehttp://personales.upv.es/mmartind/La\\_tesis.pdf](http://personales.upv.es/mmartind/La_tesis.pdf)

2013-04-12

**ANEXOS**



## Anexo 1

Código Fuente LIFA\_Base para comunicación entre Arduino y Labview.

```
**
** LVIFA_Firmware - Provides Functions For Interfacing With The Arduino
Uno
**
** Written By:      Sam Kristoff - National Instruments
** Written On:     November 2010
** Last Updated:   Dec 2011 - Kevin Fort - National Instruments
**
** This File May Be Modified And Re-Distributed Freely. Original File
Content
** Written By Sam Kristoff And Available At www.ni.com/arduino.
**
*****
*****#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include "Ultrasonic.h"
/*****
** Optionally Include And Configure Stepper Support
*****/
*****/
#ifdef STEPPER_SUPPORT
// Stepper Modifications
#include "AFMotor.h"
#include "AccelStepper.h"
// Adafruit shield
AF_Stepper motor1(200, 1);
AF_Stepper motor2(200, 2);

// you can change these to DOUBLE or INTERLEAVE or MICROSTEP
// wrappers for the first motor
void forwardstep1() {
    motor1.onestep(FORWARD, SINGLE);
}
void backwardstep1() {
    motor1.onestep(BACKWARD, SINGLE);
}
// wrappers for the second motor
void forwardstep2() {
    motor2.onestep(FORWARD, SINGLE);
}
void backwardstep2() {
    motor2.onestep(BACKWARD, SINGLE);
}

AccelStepper steppers[8]; //Create array of 8 stepper objects
```

```

#endif

// Variables

unsigned int retVal;
int sevenSegmentPins[8];
int currentMode;
unsigned int freq;
unsigned long duration;
int i2cReadTimeouts = 0;
char spiBytesToSend = 0;
char spiBytesSent = 0;
char spiCSPin = 0;
char spiWordSize = 0;
Servo *servos;
byte customChar[8];
LiquidCrystal lcd(0,0,0,0,0,0,0);
// Sets the mode of the Arduino (Reserved For Future Use)

void setMode(int mode)
{
    currentMode = mode;
}

// Checks for new commands from LabVIEW and processes them if any exists.
int checkForCommand(void)
{
    #ifndef STEPPER_SUPPORT
        // Call run function as fast as possible to keep motors turning
        for (int i=0; i<8; i++){
            steppers[i].run();
        }
    #endif

    int bufferBytes = Serial.available();

    if(bufferBytes >= COMMANDLENGTH)
    {
        // New Command Ready, Process It
        // Build Command From Serial Buffer
        for(int i=0; i<COMMANDLENGTH; i++)
        {
            currentCommand[i] = Serial.read();
        }
        processCommand(currentCommand);
        return 1;
    }
    else
    {
        return 0;
    }
}

// Processes a given command
void processCommand(unsigned char command[])

```

```

{
  Ultrasonic ultrasonic( command[2], command[3] ); // Ultrasonic Sensor
  // Determine Command
  if(command[0] == 0xFF && checksum_Test(command) == 0)
  {
    switch(command[1])
    {
/*****
***** LIFA Maintenance Commands
*****
*****/
      case 0x00:    // Sync Packet
        Serial.print("sync");
        Serial.flush();
        break;
      case 0x01:    // Flush Serial Buffer
        Serial.flush();
        break;

/*****
***** Low Level - Digital I/O Commands
*****
*****/
      case 0x02:    // Set Pin As Input Or Output
        pinMode(command[2], command[3]);
        Serial.write('0');
        break;
      case 0x03:    // Write Digital Pin
        digitalWrite(command[2], command[3]);
        Serial.write('0');
        break;
      case 0x04:    // Write Digital Port 0
        writeDigitalPort(command);
        Serial.write('0');
        break;
      case 0x05:    //Tone
        freq = ( (command[3]<<8) + command[4]);
        duration=(command[8]+                               (command[7]<<8)+
(command[6]<<16)+(command[5]<<24));

        if(freq > 0)
        {
          tone(command[2], freq, duration);
        }
        else
        {
          noTone(command[2]);
        }
        Serial.write('0');
        break;
      case 0x06:    // Read Digital Pin
        retVal = digitalRead(command[2]);
        Serial.write(retVal);
        break;

```

```

case 0x07:    // Digital Read Port
  retVal = 0x0000;
  for(int i=0; i <=13; i++)
  {
    if(digitalRead(i))
    {
      retVal += (1<<i);
    }
  }
  Serial.write( (retVal & 0xFF));
  Serial.write( (retVal >> 8));
  break;
/*****
***** Low Level - Analog Commands
*****
*****/
case 0x08:    // Read Analog Pin
  retVal = analogRead(command[2]);
  Serial.write( (retVal >> 8));
  Serial.write( (retVal & 0xFF));
  break;
case 0x09:    // Analog Read Port
  analogReadPort();
  break;

/*****
***** Low Level - PWM Commands
*****
*****/
case 0x0A:    // PWM Write Pin
  analogWrite(command[2], command[3]);
  Serial.write('0');
  break;
case 0x0B:    // PWM Write 3 Pins
  analogWrite(command[2], command[5]);
  analogWrite(command[3], command[6]);
  analogWrite(command[4], command[7]);
  Serial.write('0');
  break;

/*****
***** Sensor Specific Commands
*****
*****/
case 0x0C:    // Configure Seven Segment Display
  sevenSegment_Config(command);
  Serial.write('0');
  break;
case 0x0D:    // Write To Seven Segment Display
  sevenSegment_Write(command);
  Serial.write('0');
  break;

```

```

/*****
***** I2C
*****
*****/
case 0x0E: // Initialize I2C
    Wire.begin();
    Serial.write('0');
    break;
case 0x0F: // Send I2C Data
    Wire.beginTransmission(command[3]);
    for(int i=0; i<command[2]; i++)
    {
        #if defined(ARDUINO) && ARDUINO >= 100
            Wire.write(command[i+4]);
        #else
            Wire.send(command[i+4]);
        #endif
    }
    Wire.endTransmission();
    Serial.write('0');
    break;
case 0x10: // I2C Read
    i2cReadTimeouts = 0;
    Wire.requestFrom(command[3], command[2]);
    while(Wire.available() < command[2])
    {
        i2cReadTimeouts++;
        if(i2cReadTimeouts > 100)
        {
            return;
        }
        else
        {
            delay(1);
        }
    }

    for(int i=0; i<command[2]; i++)
    {
        #if defined(ARDUINO) && ARDUINO >= 100
            Serial.write(Wire.read());
        #else
            Serial.write(Wire.receive());
        #endif
    }
    break;

/*****
***** SPI
*****/

```

```

*****
*****/
case 0x11:    // SPI Init
    SPI.begin();
    Serial.write('0');
    break;
case 0x12:    // SPI Set Bit Order (MSB LSB)
    if(command[2] == 0)
    {
        SPI.setBitOrder(LSBFIRST);
    }
    else
    {
        SPI.setBitOrder(MSBFIRST);
    }
    Serial.write('0');
    break;
case 0x13:    // SPI Set Clock Divider
    spi_setClockDivider(command[2]);
    Serial.write('0');
    break;
case 0x14:    // SPI Set Data Mode
    switch(command[2])
    {
    case 0:
        SPI.setDataMode(SPI_MODE0);
        break;
    case 1:
        SPI.setDataMode(SPI_MODE1);
        break;
    case 2:
        SPI.setDataMode(SPI_MODE2);
        break;
    case 3:
        SPI.setDataMode(SPI_MODE3);
        break;
    default:
        break;
    }
    Serial.write('0');
    break;
case 0x15:    // SPI Send / Receive
    spi_sendReceive(command);
    break;
case 0x16:    // SPI Close
    SPI.end();
    Serial.write('0');
    break;

/*****
***** Servos
*****
*****/
case 0x17:    // Set Num Servos

```

```

    free(servos);
    servos = (Servo*) malloc(command[2]*sizeof(Servo));
    for(int i=0; i<command[2]; i++)
    {
        servos[i] = Servo();
    }
    if(servos == 0)
    {
        Serial.write('1');
    }
    else
    {
        Serial.write('0');
    }
    break;
case 0x18: // Configure Servo
    servos[command[2]].attach(command[3]);
    Serial.write('0');
    break;
case 0x19: // Servo Write
    servos[command[2]].write(command[3]);
    Serial.write('0');
    break;
case 0x1A: // Servo Read Angle
    Serial.write(servos[command[2]].read());
    break;
case 0x1B: // Servo Write uS Pulse
    servos[command[2]].writeMicroseconds(          (command[3]          +
(command[4]<<8)) );
    Serial.write('0');
    break;
case 0x1C: // Servo Read uS Pulse
    retVal = servos[command[2]].readMicroseconds();
    Serial.write ((retVal & 0xFF));
    Serial.write( (retVal >> 8));
    break;
case 0x1D: // Servo Detach
    servos[command[2]].detach();
    Serial.write('0');
    break;

/*****
*****LCD
*****
*****/
case 0x1E: // LCD Init
    lcd.init(command[2],          command[3],          command[4],          command[5],
command[6], command[7], command[8], command[9], command[10], command[11],
command[12], command[13]);

    Serial.write('0');
    break;
case 0x1F: // LCD Set Size
    lcd.begin(command[2], command[3]);

```

```
    Serial.write('0');
    break;
case 0x20: // LCD Set Cursor Mode
    if(command[2] == 0)
    {
        lcd.noCursor();
    }
    else
    {
        lcd.cursor();
    }
    if(command[3] == 0)
    {
        lcd.noBlink();
    }
    else
    {
        lcd.blink();
    }
    Serial.write('0');
    break;
case 0x21: // LCD Clear
    lcd.clear();
    Serial.write('0');
    break;
case 0x22: // LCD Set Cursor Position
    lcd.setCursor(command[2], command[3]);
    Serial.write('0');
    break;
case 0x23: // LCD Print
    lcd_print(command);
    break;
case 0x24: // LCD Display Power
    if(command[2] == 0)
    {
        lcd.noDisplay();
    }
    else
    {
        lcd.display();
    }
    Serial.write('0');
    break;
case 0x25: // LCD Scroll
    if(command[2] == 0)
    {
        lcd.scrollDisplayLeft();
    }
    else
    {
        lcd.scrollDisplayRight();
    }
    Serial.write('0');
    break;
```



```

case 0x26: // LCD Autoscroll
  if(command[2] == 0)
  {
    lcd.noAutoscroll();
  }
  else
  {
    lcd.autoscroll();
  }
  Serial.write('0');
  break;
case 0x27: // LCD Print Direction
  if(command[2] == 0)
  {
    lcd.rightToLeft();
  }
  else
  {
    lcd.leftToRight();
  }
  Serial.write('0');
  break;
case 0x28: // LCD Create Custom Char
  for(int i=0; i<8; i++)
  {
    customChar[i] = command[i+3];
  }
  lcd.createChar(command[2], customChar);

  Serial.write('0');
  break;
case 0x29: // LCD Print Custom Char
  lcd.write(command[2]);
  Serial.write('0');
  break;

/*****
***** Continuous Aquisition
*****
*****/
case 0x2A: // Continuous Aquisition Mode On
  acqMode=1;
  contAcqPin=command[2];
  contAcqSpeed=(command[3])+(command[4]<<8);
  acquisitionPeriod=1/contAcqSpeed;
  iterationsFlt =.08/acquisitionPeriod;
  iterations=(int)iterationsFlt;
  if(iterations<1)
  {
    iterations=1;
  }
  delayTime= acquisitionPeriod;
  if(delayTime<0)
  {

```

```

        delayTime=0;
    }
    break;
case 0x2B: // Continuous Aquisition Mode Off
    acqMode=0;
    break;
case 0x2C: // Return Firmware Revision
    Serial.write(byte(FIRMWARE_MAJOR));
    Serial.write(byte(FIRMWARE_MINOR));
    break;
case 0x2D: // Perform Finite Aquisition
    Serial.write('0');

finiteAcquisition(command[2], (command[3])+(command[4]<<8), command[5]+(com
mand[6]<<8));
    break;

/*****
***** Stepper
*****
*****/
#ifdef STEPPER_SUPPORT
    case 0x30: // Configure Stepper
        if (command[2] == 5){ // Support AFMotor Shield
            switch (command[3]){
                case 0:
                    steppers[command[3]] = AccelStepper(forwardstep1,
backwardstep1);
                    break;
                case 1:
                    steppers[command[3]] = AccelStepper(forwardstep2,
backwardstep2);
                    break;
                default:
                    break;
            }
        }
        else if(command[2]==6) { // All other stepper
configurations
            steppers[command[3]] = AccelStepper(1,
command[4],command[5],command[6],command[7]);
        }
        else{
            steppers[command[3]] = AccelStepper(command[2],
command[4],command[5],command[6],command[7]);
        }
        Serial.write('0');
        break;
case 0x31: // Stepper Write
    AccelStepper_Write(command);
    Serial.write('0');
    break;
case 0x32: // Stepper Detach
    steppers[command[2]].disableOutputs();

```

```

        Serial.write('0');
        break;
    case 0x33: // Stepper steps to go
        retVal = 0;
        for(int i=0; i<8; i++){
            retVal += steppers[i].distanceToGo();
        }
        Serial.write( (retVal & 0xFF) );
        Serial.write( (retVal >> 8) );

        break;

#endif

    case 0x34: // Ultrasonic Sensor

        Serial.write( ultrasonic.Ranging(CM) );
        break;

/*****
***** Unknown Packet
*****
*****/
    default: // Default Case
        Serial.flush();
        break;
    }
}
else{
    // Checksum Failed, Flush Serial Buffer
    Serial.flush();
}
}

/*****
***** Functions
*****
*****/

// Writes Values To Digital Port (DIO 0-13). Pins Must Be Configured As
Outputs Before Being Written To
void writeDigitalPort(unsigned char command[])
{
    digitalWrite(13, (( command[2] >> 5) & 0x01) );
    digitalWrite(12, (( command[2] >> 4) & 0x01) );
    digitalWrite(11, (( command[2] >> 3) & 0x01) );
    digitalWrite(10, (( command[2] >> 2) & 0x01) );
    digitalWrite(9, (( command[2] >> 1) & 0x01) );
    digitalWrite(8, (command[2] & 0x01) );
    digitalWrite(7, (( command[3] >> 7) & 0x01) );
    digitalWrite(6, (( command[3] >> 6) & 0x01) );
    digitalWrite(5, (( command[3] >> 5) & 0x01) );
    digitalWrite(4, (( command[3] >> 4) & 0x01) );
    digitalWrite(3, (( command[3] >> 3) & 0x01) );
}

```

```

digitalWrite(2, (( command[3] >> 2) & 0x01) );
digitalWrite(1, (( command[3] >> 1) & 0x01) );
digitalWrite(0, (command[3] & 0x01) );
}

// Reads all 6 analog input ports, builds 8 byte packet, send via RS232.
void analogReadPort()
{
    // Read Each Analog Pin
    int pin0 = analogRead(0);
    int pin1 = analogRead(1);
    int pin2 = analogRead(2);
    int pin3 = analogRead(3);
    int pin4 = analogRead(4);
    int pin5 = analogRead(5);

    //Build 8-Byte Packet From 60 Bits of Data Read
    char output0 = (pin0 & 0xFF);
    char output1 = ( ((pin1 << 2) & 0xFC) | ( (pin0 >> 8) & 0x03) );
    char output2 = ( ((pin2 << 4) & 0xF0) | ( (pin1 >> 6) & 0x0F) );
    char output3 = ( ((pin3 << 6) & 0xC0) | ( (pin2 >> 4) & 0x3F) );
    char output4 = ( (pin3 >> 2) & 0xFF);
    char output5 = (pin4 & 0xFF);
    char output6 = ( ((pin5 << 2) & 0xFC) | ( (pin4 >> 8) & 0x03) );
    char output7 = ( (pin5 >> 6) & 0x0F );

    // Write Bytes To Serial Port
    Serial.print(output0);
    Serial.print(output1);
    Serial.print(output2);
    Serial.print(output3);
    Serial.print(output4);
    Serial.print(output5);
    Serial.print(output6);
    Serial.print(output7);
}

// Configure digital I/O pins to use for seven segment display
void sevenSegment_Config(unsigned char command[])
{
    // Configure pins as outputs and store in sevenSegmentPins array for
    use in sevenSegment_Write
    for(int i=2; i<10; i++)
    {
        pinMode(command[i], OUTPUT);
        sevenSegmentPins[(i-1)] = command[i];
    }
}

//      Write values to sevenSegment display.      Must first use
sevenSegment_Configure
void sevenSegment_Write(unsigned char command[])
{
    for(int i=1; i<9; i++)

```

```

    {
        digitalWrite(sevenSegmentPins[(i-1)], command[i]);
    }
}

// Set the SPI Clock Divisor
void spi_setClockDivider(unsigned char divider)
{
    switch(divider)
    {
        case 0:
            SPI.setClockDivider(SPI_CLOCK_DIV2);
            break;
        case 1:
            SPI.setClockDivider(SPI_CLOCK_DIV4);
            break;
        case 2:
            SPI.setClockDivider(SPI_CLOCK_DIV8);
            break;
        case 3:
            SPI.setClockDivider(SPI_CLOCK_DIV16);
            break;
        case 4:
            SPI.setClockDivider(SPI_CLOCK_DIV32);
            break;
        case 5:
            SPI.setClockDivider(SPI_CLOCK_DIV64);
            break;
        case 6:
            SPI.setClockDivider(SPI_CLOCK_DIV128);
            break;
        default:
            SPI.setClockDivider(SPI_CLOCK_DIV4);
            break;
    }
}

void spi_sendReceive(unsigned char command[])
{
    if(command[2] == 1) //Check to see if this is the first of a
series of SPI packets
    {
        spiBytesSent = 0;
        spiCSPin = command[3];
        spiWordSize = command[4];

        // Send First Packet's 8 Data Bytes
        for(int i=0; i<command[5]; i++)
        {
            // If this is the start of a new word toggle CS LOW
            if( (spiBytesSent == 0) || (spiBytesSent % spiWordSize == 0) )
            {
                digitalWrite(spiCSPin, LOW);
            }
        }
    }
}

```

```

        // Send SPI Byte
        Serial.print(SPI.transfer(command[i+6]));
        spiBytesSent++;

        // If word is complete set CS High
        if(spiBytesSent % spiWordSize == 0)
        {
            digitalWrite(spiCSPin, HIGH);
        }
    }
}
else
{
    // SPI Data Packet - Send SPI Bytes
    for(int i=0; i<command[3]; i++)
    {
        // If this is the start of a new word toggle CS LOW
        if( (spiBytesSent == 0) || (spiBytesSent % spiWordSize == 0) )
        {
            digitalWrite(spiCSPin, LOW);
        }
        // Send SPI Byte
        Serial.write(SPI.transfer(command[i+4]));
        spiBytesSent++;

        // If word is complete set CS High
        if(spiBytesSent % spiWordSize == 0)
        {
            digitalWrite(spiCSPin, HIGH);
        }
    }
}

// Synchronizes with LabVIEW and sends info about the board and firmware
(Unimplemented)
void syncLV()
{
    Serial.begin(DEFAULTBAUDRATE);
    i2cReadTimeouts = 0;
    spiBytesSent = 0;
    spiBytesToSend = 0;
    Serial.flush();
}

// Compute Packet Checksum
unsigned char checksum_Compute(unsigned char command[])
{
    unsigned char checksum;
    for (int i=0; i<(COMMANDLENGTH-1); i++)
    {
        checksum += command[i];
    }
    return checksum;
}

```

```

}

// Compute Packet Checksum And Test Against Included Checksum
int checksum_Test(unsigned char command[])
{
    unsigned char checksum = checksum_Compute(command);
    if(checksum == command[COMMANLENGTH-1])
    {
        return 0;
    }
    else
    {
        return 1;
    }
}

// Stepper Functions
#ifdef STEPPER_SUPPORT
void AccelStepper_Write(unsigned char command[]){
    int steps = 0;
    int step_speed = 0;
    int acceleration = 0;

    //Number of steps & speed are a 16 bit values, split for data
transfer. Reassemble 2 bytes to an int 16
    steps = (int)(command[5] << 8) + command[6];
    step_speed = (int)(command[2] << 8) + command[3];
    acceleration = (int)(command[7] << 8) + command[8];

    steppers[command[4]].setMaxSpeed(step_speed);

    if (acceleration == 0){
        //Workaround AccelStepper bug that requires negative speed for
negative step direction
        if (steps < 0) step_speed = -step_speed;
        steppers[command[4]].setSpeed(step_speed);
        steppers[command[4]].move(steps);
    }
    else {
        steppers[command[4]].setAcceleration(acceleration);
        steppers[command[4]].move(steps);
    }
}
#endif

void sampleContinously()
{
    for(int i=0; i<iterations; i++)
    {
        retVal = analogRead(contAcqPin);
        if(contAcqSpeed>1000) //delay Microseconds is only accurate for
values less than 16383

```

```

    {
        Serial.write( (retVal >> 2));
        delayMicroseconds(delayTime*1000000); //Delay for necessary amount
of time to achieve desired sample rate
    }
    else
    {
        Serial.write( (retVal & 0xFF) );
        Serial.write( (retVal >> 8));
        delay(delayTime*1000);
    }
}
}
}
void finiteAcquisition(int analogPin, float acquisitionSpeed, int
numberOfSamples)
{
    //want to exit this loop every 8ms
    acquisitionPeriod=1/acquisitionSpeed;

    for(int i=0; i<numberOfSamples; i++)
    {
        retVal = analogRead(analogPin);

        if(acquisitionSpeed>1000)
        {
            Serial.write( (retVal >> 2));
            delayMicroseconds(acquisitionPeriod*1000000);
        }
        else
        {
            Serial.write( (retVal & 0xFF) );
            Serial.write( (retVal >> 8));
            delay(acquisitionPeriod*1000);
        }
    }
}

void lcd_print(unsigned char command[])
{
    if(command[2] != 0)
    {
        // Base Specified By User
        int base = 0;
        switch(command[2])
        {
            case 0x01: // BIN
                base = BIN;
                break;
            case 0x02: // DEC
                base = DEC;
                break;
            case 0x03: // OCT
                base = OCT;
                break;
        }
    }
}

```



```
    case 0x04: // HEX
        base = HEX;
        break;
    default:
        break;
}
for(int i=0; i<command[3]; i++)
{
    lcd.print(command[i+4], base);
}
}
else
{
    for(int i=0; i<command[3]; i++)
    {
        lcd.print((char)command[i+4]);
    }
}
Serial.write('0');
}
```

## Anexo 2

Código fuente de la nueva pestaña Ultrasonic.cpp para lectura de la distancia.

```
#if ARDUINO >= 100
#include "Arduino.h"
#else
#include "WProgram.h"
#endif
#include "Ultrasonic.h"

Ultrasonic::Ultrasonic(int TP, int EP)
{
    pinMode(TP,OUTPUT);
    pinMode(EP,INPUT);
    Trig_pin=TP;
    Echo_pin=EP;
    Time_out=3000; // 30ms 5 metros // 3ms 50cm
}
Ultrasonic::Ultrasonic(int TP, int EP, long TO)
{
    pinMode(TP,OUTPUT);
    pinMode(EP,INPUT);
    Trig_pin=TP;
    Echo_pin=EP;
    Time_out=TO;
}
long Ultrasonic::Timing()
{
    digitalWrite(Trig_pin, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(Trig_pin, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(Trig_pin, LOW);
    duration = pulseIn(Echo_pin,HIGH,Time_out);
    if ( duration == 0 ) {duration = Time_out;}
    return duration;
}
long Ultrasonic::Ranging(int sys)
{
    Timing();
    if (sys) {
        distacne_cm = duration /29 / 2 ;
        return distacne_cm;
    } else {
        distance_inc = duration / 74 / 2;
        return distance_inc; }
}
```

## Anexo 3

Código fuente de la nueva pestaña Ultrasonic.h.

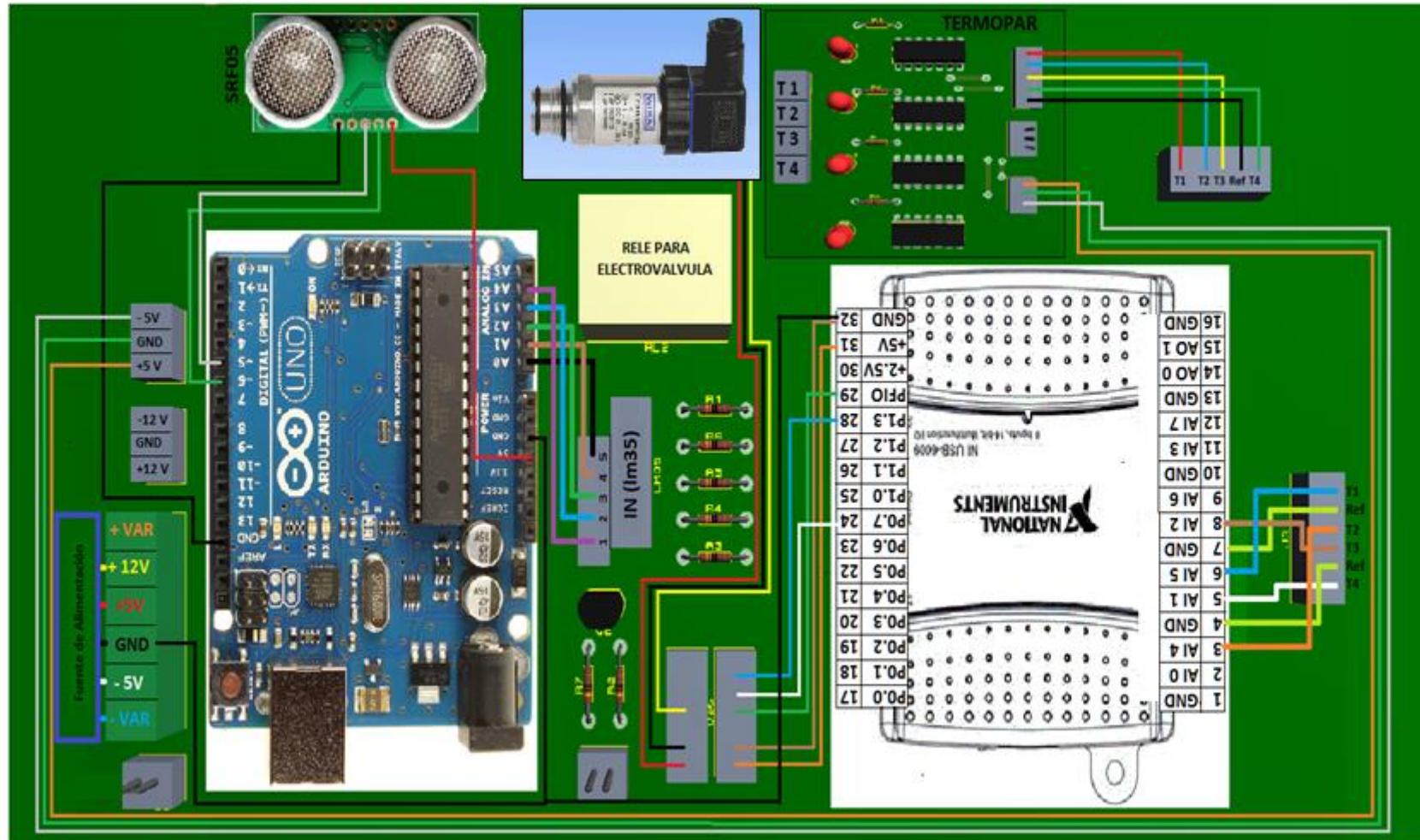
```
#define Ultrasonic_h
#if ARDUINO >= 100
#include "Arduino.h"
#else
#include "WProgram.h"
#endif
#define CM 1
#define INC 0

class Ultrasonic
{
public:
    Ultrasonic(int TP, int EP);
    Ultrasonic(int TP, int EP, long TO);
    long Timing();
    long Ranging(int sys);

private:
    int Trig_pin;
    int Echo_pin;
    long Time_out;
    long duration,distacne_cm,distance_inc;
};
```

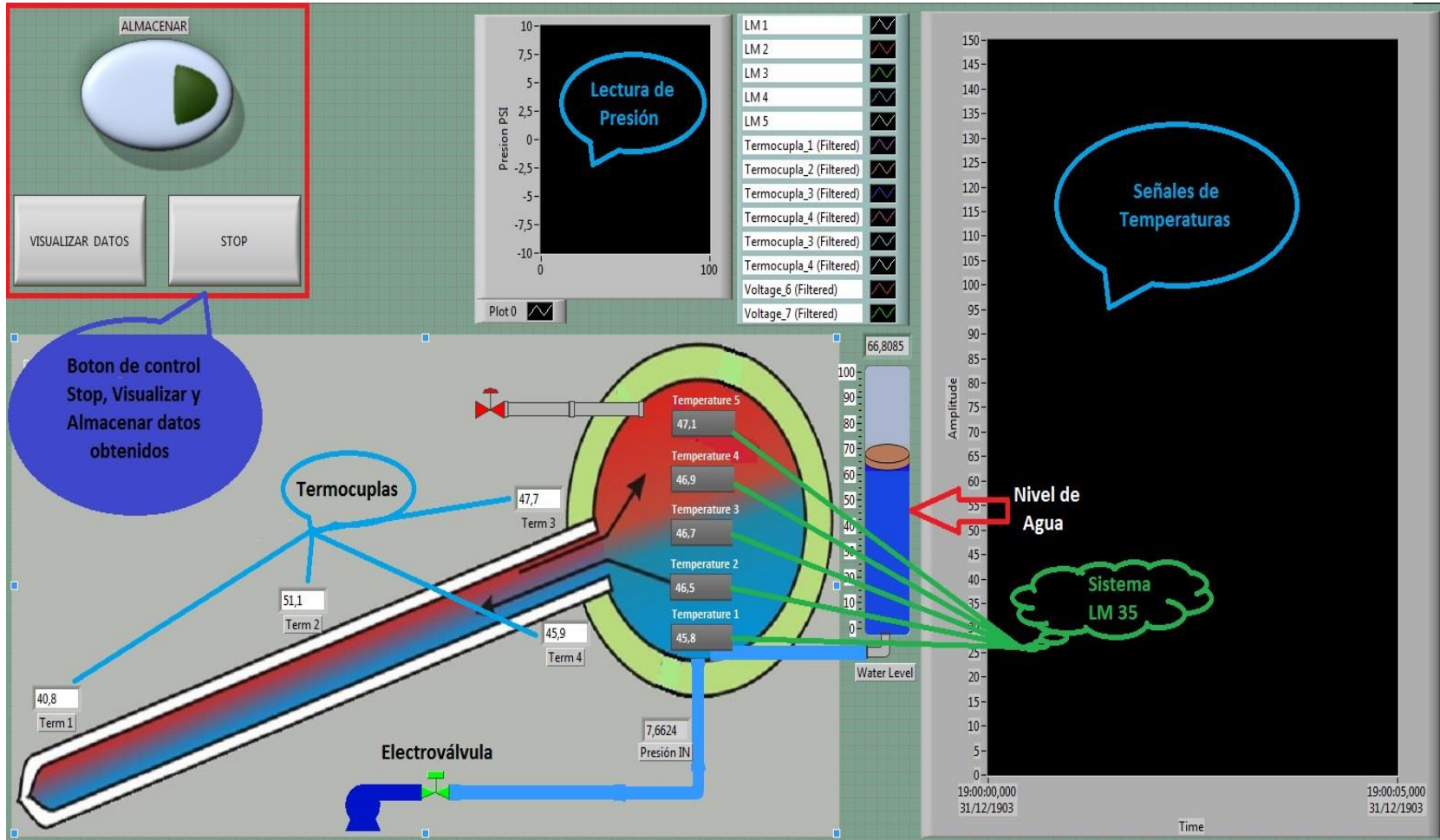
## Anexo 4

Cableado interno general de los Sensores con las tarjetas del Módulo



# Anexo 5

## A. Monitoreo de Datos Medidos



B. Panel de Visualización de Datos

## ENERGIAS ALTERNATIVAS ESPOCH

### DATOS MEDIDOS EN CALENTADOR SOLAR

SALIR

MAX AND MIN DATA

Datos máximos  
y mínimos

Max data	-28,4695	-7,895	61,6263	58,1638	59,29	59,29	250,88	60,27	58,8	0	0	-2
	TERMP 1	TERMP 2	TERMP 3	TERMP 4	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	PRESION IN	PRESION OUT	LEVEL WATER
Min data	-32,5502	-8,91473	60,6083	56,381	58,8	58,8	245	59,78	58,31	0	0	-2

Datos Promedio

PROMEDIO

	TP 1	TP 2	TP 3	TP 4	LM 1	LM 2	LM 3	LM 4	LM 5	P. IN	P. OUT	WATER LEVEL
Average Data	-30,7479	-8,53233	61,2127	57,0814	59,1063	58,8613	247,879	59,9025	58,6163	0	0	-2

FECHA	TERMP 1	TERMP 2	TERMP 3	TERMP 4	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	PRESION IN	PRESION OUT	LEVEL WATER
20/09/2013 9:37:41	-30,9179429	-8,91473452	61,117285429	57,3997644680	59,29	58,8	246,47	59,78	58,8	0	0	-2
20/09/2013 9:37:43	-32,5502410	-8,65980072	61,371795959	56,6356905986	58,8	58,8	245,49	59,78	58,8	0	0	-2
20/09/2013 9:37:46	-30,6458932	-8,65980072	61,117285429	57,9091470476	58,8	58,8	245	59,78	58,31	0	0	-2
20/09/2013 9:37:48	-31,4620422	-8,91473452	61,626306489	56,8903818884	58,8	58,8	245,49	60,27	58,8	0	0	-2
20/09/2013 9:37:58	-30,6458932	-8,14993312	61,626306489	56,6356905986	59,29	59,29	250,88	60,27	58,8	0	0	-2
20/09/2013 9:37:58	-30,6458932	-8,65980072	60,862774900	56,3809993088	59,29	58,8	249,9	59,78	58,31	0	0	-2
20/09/2013 9:37:58	-30,6458932	-7,894999321	61,371795959	56,6356905986	59,29	58,8	249,9	59,78	58,31	0	0	-2
20/09/2013 9:37:59	-28,4694956	-8,404866924	60,608264370	58,1638383374	59,29	58,8	249,9	59,78	58,8	0	0	-2

Datos extraídos desde Access

## Anexo 6

Tabla de valores del Sistema LM35 y valor promedio de error.

Equipo 1 (°C)	Equipo 2 (°C)	Sistema de LM35 (°C)					Resultado del Sistema LM35		(%) ERROR	
HEATER WATER	SPER 800024	LM 1	LM 2	LM 3	LM 4	LM 5	Promedio	Error	HW vs LM	SPER vs LM
90	89,9	88,93	89,01	90,57	91,03	90,83	90,074	0,074	0,08%	0,08%
86	86,1	86,9	86,9	85,2	85,98	85,98	86,192	0,192	0,22%	0,22%
80	80	81,6	78,8	81,1	79,3	81,9	80,54	0,54	0,67%	0,67%
75	75,1	76,3	75,4	75,7	75,98	75,98	75,872	0,872	1,16%	1,16%
70	69,7	72,2	71,7	69,3	71,15	71,15	71,1	1,1	1,57%	1,58%
65	65,6	65,8	64,82	65,95	65,54	64,54	65,33	0,33	0,51%	0,50%
60	60,7	59,2	62,1	61,5	60,45	61,45	60,94	0,94	1,57%	1,55%
55	55,1	56,84	56,17	55,32	53,88	54,68	55,378	0,378	0,69%	0,69%
50	49,1	51,35	50,08	50,68	50,01	50,01	50,426	0,426	0,85%	0,87%
45	45,2	46,07	44,89	45,84	46,19	46,19	45,836	0,836	1,86%	1,85%
40	39,9	40,91	39,57	41,5	39,59	41,59	40,632	0,632	1,58%	1,58%
35	36,1	34,8	35,65	35,25	34,97	34,75	35,084	0,084	0,24%	0,23%
29	29,8	27,98	27,89	29,2	30,28	30,65	29,2	0,2	0,69%	0,67%
25	25,1	25,5	25,31	25,24	24,95	24,95	25,19	0,19	0,76%	0,76%
20	20,3	19,92	20,83	19,35	19,88	20,13	20,022	0,022	0,11%	0,11%
15	15,2	15,15	15,88	14,96	14,28	15,28	15,11	0,11	0,73%	0,72%
10	10	10,1	9,96	10,12	9,89	9,89	9,992	0,008	0,08%	0,08%
6	6	6,01	6,27	5,87	6,09	6,59	6,166	0,166	2,77%	2,77%
5	5,5	6,51	4,46	5,52	4,89	4,48	5,172	0,172	3,44%	3,13%
								Promedio	1,03%	1,01%

## Anexo 7

Sistema Termocupa vs SPER 800024

Equipo 1 (°C)	Sistema (°C)				Error Sistema con referencia al Equipo 1				(% Error del sistema con referencia al Equipo 1				Promedio (%)		
	Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4			
SPER 800024															
125	125,87	124,87	126,1	125,75	0	0,13	1,1	0,75	0,00%	0,10%	0,88%	0,60%	0,40%		
120	120,15	120,1	120,83	120,93	0,3	0,1	0,83	0,93	0,25%	0,08%	0,69%	0,78%	0,45%		
115	116,1	115,67	116,09	115,87	0,2	0,67	1,09	0,87	0,17%	0,58%	0,95%	0,76%	0,62%		
110	111,33	110,76	110,89	110,24	0,2	0,76	0,89	0,24	0,18%	0,69%	0,81%	0,22%	0,48%		
105	105,33	106,1	105,98	105,43	0,2	1,1	0,98	0,43	0,19%	1,05%	0,93%	0,41%	0,65%		
100	101,01	100,78	101,15	100,76	0,1	0,78	1,15	0,76	0,10%	0,78%	1,15%	0,76%	0,70%		
95	95,96	95,3	96	95,83	0,2	0,3	1	0,83	0,21%	0,32%	1,05%	0,87%	0,61%		
90	90,93	91,01	90,57	90,83	0,1	1,01	0,57	0,83	0,11%	1,12%	0,63%	0,92%	0,70%		
86,3	86,9	86,9	87,2	85,98	0,2	0,6	0,9	0,32	0,23%	0,70%	1,04%	0,37%	0,59%		
80	81,6	78,8	81,1	81,3	0	1,2	1,1	1,3	0,00%	1,50%	1,37%	1,63%	1,13%		
75,3	76,3	75,4	75,7	75,98	0,2	0,1	0,4	0,68	0,27%	0,13%	0,53%	0,90%	0,46%		
70,1	72,2	70,7	70,3	71,15	0,4	0,6	0,2	1,05	0,57%	0,86%	0,29%	1,50%	0,80%		
65,5	66,8	66,82	65,95	65,54	0,1	1,32	0,45	0,04	0,15%	2,02%	0,69%	0,06%	0,73%		
60,5	61,2	61,1	61,5	60,45	0,2	0,6	1	0,05	0,33%	0,99%	1,65%	0,08%	0,76%		
55	54,84	56,17	55,92	54,88	0,1	1,17	0,92	0,12	0,18%	2,13%	1,67%	0,22%	1,05%		
50	51,35	50,08	50,68	50,01	0,9	0,08	0,68	0,01	1,80%	0,16%	1,36%	0,02%	0,83%		
45	46,07	44,89	45,84	46,19	0,2	0,11	0,84	1,19	0,44%	0,24%	1,87%	2,64%	1,30%		
40	40,71	40,57	40,5	40,59	0,1	0,57	0,5	0,59	0,25%	1,43%	1,25%	1,48%	1,10%		
35	34,8	35,75	35,15	34,95	0,1	0,75	0,15	0,05	0,29%	2,14%	0,43%	0,14%	0,75%		
29,6	28,9	28,85	30,1	30,4	0,2	0,75	0,5	0,8	0,68%	2,53%	1,69%	2,70%	1,90%		
25	25,5	25,31	25,24	24,95	0,1	0,31	0,24	0,05	0,40%	1,24%	0,96%	0,20%	0,70%		
20	19,89	20,53	20,35	20,13	0,2	0,53	0,35	0,13	1,00%	2,65%	1,75%	0,65%	1,51%		
15	15,01	15,38	14,96	15,28	0,2	0,38	0,04	0,28	1,33%	2,53%	0,27%	1,87%	1,50%		
10	10,1	9,96	10,12	9,89	0	0,04	0,12	0,11	0,00%	0,40%	1,20%	1,10%	0,67%		
6	6,01	6,07	5,97	6,09	0	0,07	0,03	0,09	0,00%	1,17%	0,50%	1,50%	0,79%		
5,5	5,51	5,46	5,52	5,48	0	0,04	0,02	0,02	0,00%	0,73%	0,36%	0,36%	0,36%		
5,2	5,22	5,21	5,19	5,18	0,01	0,01	-0,01	0,02	0,19%	0,19%	-0,19%	0,38%	0,14%		
														<b>Promedio</b>	<b>0,79%</b>



## Anexo 8

Sistema termocupla vs HANNA 935005

Equipo 2 (°C)	Sistema (°C)				Error Sistema con referencia al Equipo 2				(% )Error del sistema con referencia al Equipo 2				Promedio (%)	
	HANNA	Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 1	Canal 2	Canal 3		Canal 4
127,7	129,1	128,8	127,87	129,57	1,4	1,1	0,17	1,87	1,10%	0,86%	0,13%	1,46%	0,89%	
125	125,87	124,87	126,1	125,75	0,87	0,13	1,1	0,75	0,70%	0,10%	0,88%	0,60%	0,57%	
119,7	120,15	120,1	120,83	120,93	0,45	0,4	1,13	1,23	0,38%	0,33%	0,94%	1,03%	0,67%	
114,8	116,1	115,67	116,09	115,87	1,3	0,87	1,29	1,07	1,13%	0,76%	1,12%	0,93%	0,99%	
110,2	111,33	110,76	110,89	110,24	1,13	0,56	0,69	0,04	1,03%	0,51%	0,63%	0,04%	0,55%	
104,8	105,33	106,1	105,98	105,43	0,53	1,3	1,18	0,63	0,51%	1,24%	1,13%	0,60%	0,87%	
100,1	101,01	100,78	101,15	100,76	0,91	0,68	1,05	0,66	0,91%	0,68%	1,05%	0,66%	0,82%	
94,8	95,96	95,3	96	95,83	1,16	0,5	1,2	1,03	1,22%	0,53%	1,27%	1,09%	1,03%	
89,9	90,93	91,01	90,57	90,83	1,03	1,11	0,67	0,93	1,15%	1,23%	0,75%	1,03%	1,04%	
86,1	86,9	86,9	87,2	85,98	0,8	0,8	1,1	0,12	0,93%	0,93%	1,28%	0,14%	0,82%	
80	81,6	78,8	81,1	81,3	1,6	1,2	1,1	1,3	2,00%	1,50%	1,37%	1,63%	1,63%	
75,1	76,3	75,4	75,7	75,98	1,2	0,3	0,6	0,88	1,60%	0,40%	0,80%	1,17%	0,99%	
69,7	72,2	70,7	70,3	71,15	2,5	1	0,6	1,45	3,59%	1,43%	0,86%	2,08%	1,99%	
65,6	66,8	66,82	65,95	65,54	1,2	1,22	0,35	0,06	1,83%	1,86%	0,53%	0,09%	1,08%	
60,7	61,2	61,1	61,5	60,45	0,5	0,4	0,8	0,25	0,82%	0,66%	1,32%	0,41%	0,80%	
55,1	54,84	56,17	55,92	54,88	0,26	1,07	0,82	0,22	0,47%	1,94%	1,49%	0,40%	1,08%	
49,1	51,35	50,08	50,68	50,01	2,25	0,98	1,58	0,91	4,58%	2,00%	3,22%	1,85%	2,91%	
45,2	46,07	44,89	45,84	46,19	0,87	0,31	0,64	0,99	1,92%	0,69%	1,42%	2,19%	1,55%	
39,9	40,71	40,57	40,5	40,59	0,81	0,67	0,6	0,69	2,03%	1,68%	1,50%	1,73%	1,74%	
35,1	34,8	35,75	35,15	34,95	0,3	0,65	0,05	0,15	0,85%	1,85%	0,14%	0,43%	0,82%	
29,8	28,9	28,85	30,1	30,4	0,9	0,95	0,3	0,6	3,02%	3,19%	1,01%	2,01%	2,31%	
25,1	25,5	25,31	25,24	24,95	0,4	0,21	0,14	0,15	1,59%	0,84%	0,56%	0,60%	0,90%	
20,2	19,89	20,53	20,35	20,13	0,31	0,33	0,15	0,07	1,53%	1,63%	0,74%	0,35%	1,06%	
15,2	15,01	15,38	14,96	15,28	0,19	0,18	0,24	0,08	1,25%	1,18%	1,58%	0,53%	1,13%	
10	10,1	9,96	10,12	9,89	0,1	0,04	0,12	0,11	1,00%	0,40%	1,20%	1,10%	0,92%	
6	6,01	6,07	5,97	6,09	0,01	0,07	0,03	0,09	0,17%	1,17%	0,50%	1,50%	0,83%	
5,5	5,51	5,46	5,52	5,48	0,01	0,04	0,02	0,02	0,18%	0,73%	0,36%	0,36%	0,41%	
5,21	5,22	5,21	5,19	5,18	0,01	0	0,02	0,03	0,19%	0,00%	0,38%	0,58%	0,29%	
													Promedio	1,10%

## Anexo 9

### Instalación del Calentador Solar





# ANEXO 10

## MANUAL DE USUARIO

### Introducción

El módulo de pruebas para medición de parámetros de calentadores solare cuenta con varias partes muy importantes de conocerlas antes de utilizar, como son: manera de conectar el sensor del nivel de agua, el transmisor de presión, las termocuplas y los sensores LM35 cuentan con conectores estándares que solo se conectan en una dirección es decir difícil de equivocarnos al momento de instalar.

Las tarjetas para adquisición de datos tienen una numeración en cada una de sus puertos de entrada y salida por lo tanto es indispensable detallar que tipo de señal y que sensores están conectados a esos pines y evitar equivocaciones o averías de los puertos de la tarjeta o del mismo sensor instalado a ese pin.

La alimentación de las placas adicionales diseñadas tiene límites de voltaje aplicable a ella, tenemos una tarjeta de acondicionamiento o linealización de las señales de termocuplas el cual está alimentada con una fuente simétrica de  $-5V$  GND  $+5V$  proporcionando una medida de temperatura negativa de hasta  $-250^{\circ}C$  y  $+450^{\circ}C$  se puede aplicar una alimentación máxima de  $\pm 10V$  debido a que las entradas analógicas de la DAQ NI-6009 y Arduino Uno permiten un voltaje máximo de  $\pm 10V$  en la entrada de los puertos.

La interconexión de los cables internamente en el módulo esta realizado cada sensor y cada entrada/salida de los puertos con cables de diferentes colores para evitar una mala conexión y daño de uno de los instrumentos de medida.

### Alimentación del módulo

Para conectar una fuente de alimentación al módulo es preciso tomar en cuenta los siguientes puntos:

1. Conectar los cables USB de la DAQ NI-6009 y Arduino UNO al computador donde vamos a realizar el monitoreo.
2. Revisar que todos los sensores estén perfectamente conectados al módulo.

3. Revisar que las protecciones de las extensiones de las termocuplas no estén rotas o desgastadas caso contrario tendremos datos erróneos, si es así recubrir con algún material aislante.
4. Conectar el cable de poder al módulo y posteriormente a la red de 120 AC.
5. Finalmente colocar el interruptor en posición encendido y ejecutar el programa en la PC para empezar a monitorear al calentador solar.

**Tabla de asignación para las entradas en el puerto analógico/digital de la DAQ NI-6009**

<b>Puerto/Pin</b>	<b>Color del cable</b>	<b>Tipo sensor</b>
AI.1	Blanco	Termocupla 1
AI.2	Marrón	Termocupla 2
AI.4	Naranja	Termocupla 3
AI.5	Azul	Termocupla 4
GND	Amarillo	Referencia
P0.7	Blanco	Activación relé
P1.3	Azul	Entrada desactivación
AI.3	Gris	Transmisor de presión

**Tabla de asignación para las entradas del Arduino uno analógico/digital.**

<b>Puerto/Pin</b>	<b>Color del cable</b>	<b>Tipo sensor</b>
A0	Negro	LM35
A1	Marrón	LM35
A2	Verde	LM35
A3	Azul	LM35
A4	Violeta	LM35
D5	Gris	Trigger ultrasonido
D6	Verde	Echo ultrasonido
Vcc (5V)	Rojo	Vcc ultrasonido
GND	Negro	Tierra ultrasonido

Para la conexión de la electroválvula utilizamos un relé el mismo que es activado por medio de una señal enviada por la DAQ NI-6009 dependiendo de la información que reciba del sensor de nivel agua si está por encima o por debajo del nivel deseado por el usuario.

**Tabla de asignación de los colores de los cables para los voltajes y la señal de la placa de acondicionamiento.**

<b>Tipo de señal</b>	<b>Color del cable</b>	<b>Tipo sensor</b>
+24 V	Naranja	Fuente
+12 V	Amarillo	Fuente
+5 V	Rojo	Fuente
GND	Negro	Fuente
-5 V	Blanco	Fuente
-12 V	Azul	Fuente
Termocupla 1	Rojo	Placa acondicionamiento
Termocupla 2	Azul	Placa acondicionamiento
Termocupla 3	Amarillo	Placa acondicionamiento
Termocupla 4	Verde	Placa acondicionamiento
Referencia	Negro	Placa acondicionamiento

**Solución de indicadores de error en el HMI**

Generalmente uno de los mensajes de error que suele aparecer al momento de ejecutar el programa de monitoreo puede ser porque no está conectado uno de las tarjetas de adquisición de datos. Para evitar esto debemos revisar en la PC en administrador de dispositivos si lograron ser reconocidos.

Otro error en común suele pasar porque los puertos de comunicación fueron cambiados en el programa y la PC tenga asignada otra numeración, el programa tiene asignada los puertos en forma de constante eso quiere decir que si cambiamos de PC debemos revisar a que puerto se conectó cada tarjeta de adquisición.

Como último error a aparecer puede ser porque existió una pequeña desestabilización en la señal de transmisión por la tarjeta Arduino Uno provocando que los datos leídos sean visualizados como nulos en el HMI, para solucionar eso debemos seguir los siguientes pasos.

- Presionar el botón STOP en el programa de monitoreo en la PC.
- Apagar el interruptor de alimentación del módulo o desconectar el cable de poder.
- Desconectar todos los cables USB del puerto de la PC.
- Cierre todos los programas de labview que se encuentren abiertas en la PC.

- Vuelva a conectar los cables USB de la tarjeta a la PC.
- Abra los programas de monitoreo y datos.
- Encienda el interruptor del módulo si ya está conectado el cable de poder para alimentación de las placas.
- Por ultimo ponga en ejecución el programa en Labview. Si aún no reconoce la tarjeta y ve que los datos no son los correctos vuelva a realizar los pasos anteriores.

### **Montaje del calentador Solar**

Después de haber ubicado los sensores de temperatura en uno de los tubos el cual es uno de los parámetros más relevantes en la toma de datos procedemos a montar la estructura de soporte para el Termo tanque y los tubos. Para llevar a cabo este procedimiento es muy necesario seguir las siguientes recomendaciones:

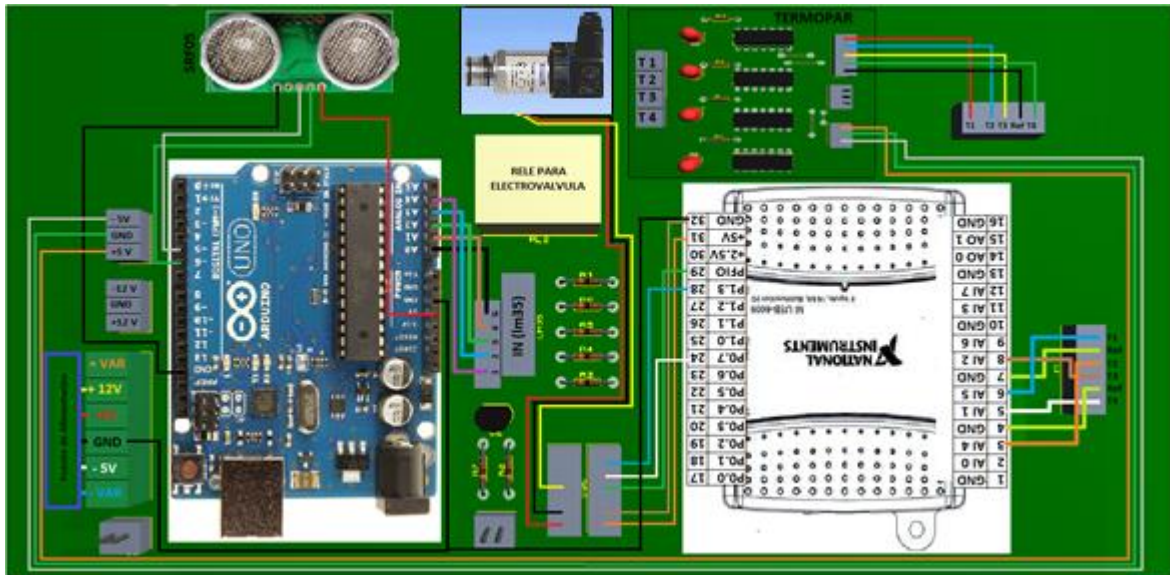
1. Montar la estructura de aluminio utilizando herramientas que permitan ejercer fuerza sobre los tornillos y tener una base bastante firme para soportar el peso del termo tanque y los tubos.
2. Utilizar Shampoo o agua con detergente y aplicar en la parte externa del tubo justo en la unión con el Termo tanque para evitar romper por la fricción existente entre materiales secos.
3. Ejercer una presión bastante leve en el tubo con dirección hacia la parte interna del termo tanque.
4. No olvidar colocar los empaques en cada tubo.
5. Finalmente ajustar los tornillos contra la estructura metálica para brindar seguridad, estos tornillos vienen en el termo tanque.
6. Realizar la conexión respectiva de tubería de agua a la red de alimentación.
7. Instalar la tubería para la salida del agua si requiere utilizar el agua.

### **NOTA:**

El módulo de pruebas tiene conectores de termocupla que posee en la parte superior Led luminoso el mismo que indica si está o no conectado el sensor.

- Estado ON = No conectado el sensor.

- Estado OFF = Conectado el sensor.



#### Recomendaciones:

Es muy necesario que el operador de este módulo tenga conocimiento básico sobre electrónica o primeramente leer el documento. Lo necesario para el manejo de este equipo se encuentra en el Capítulo III y Capítulo IV Diseño e implementación tanto del Hardware como del software.