

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÓDULO PARA VISUALIZAR POR MEDIO DE TOUCH SCREEN, PC Y DISPOSITIVOS MÓVILES CURVAS CARACTERÍSTICAS DE SENSORES DE TEMPERATURA EN EL RANGO DE 0 A 200 °C, PARA EL LABORATORIO DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA

Cajas Javier. Yanchapaxi Leonardo.

Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.

Resumen: El presente proyecto consiste en el diseño y construcción de un módulo generador de temperatura controlada entre 0 y 200°C, para ilustración de curvas características mostradas en una TFT Touch Screen (LCD gráfico), PC y Dispositivos Móviles utilizando señales de sensores de temperatura PT100 2, 3, 4 hilos, Termistor 1KΩ, 5KΩ, 10KΩ, Termocupla tipo J y K, LM35. El generador está dado por un módulo Peltier, sistema de refrigeración, y una niquelina. Los datos de los sensores de temperatura los adquirimos mediante Matlab – Simulink los mismos que son enviados a la tarjeta STM32F407VG, que por medio del puerto serial de la tarjeta estos datos son visualizados en el HMI de Touch Screen, el HMI de la PC recibe los datos por Red Ethernet, y para dispositivos móviles está dado por comunicación Wifi.

Palabras clave: Generador de temperatura, Sistema de Control, Niquelina, Red Ethernet, Dispositivos móviles, Sistema de Refrigeración.

I. INTRODUCCIÓN

La temperatura es un concepto abstracto, el cual se explica por su efecto en las condiciones del medio ambiente, los objetos y sus propiedades, en general se relaciona con el comportamiento de la materia y en la mayoría de los casos define el estado final de ésta.

Popularmente la temperatura es relacionada a los conceptos de frío y calor. Algo es más caliente si presenta una mayor temperatura, o está más frío si se presenta una disminución en la temperatura. Sin embargo, aunque este concepto es común y aceptable, en la realidad la física define a la temperatura como: “una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica, o

conocida como la energía sensible, que es la energía asociada a los movimientos de las partículas de ese sistema termodinámico”, esto quiere decir que la temperatura es la cuantificación de la actividad molecular de la materia.

La temperatura es una de las variables físicas que se miden con mayor frecuencia. De acuerdo a la tarea de medición a desarrollar, se debe determinar el tipo adecuado de sensor, teniendo en consideración los principales criterios de selección: rango de medición, exactitud requerida, tiempo de respuesta, accesibilidad del objeto a medir, funciones deseadas (memoria, registro de datos, impresión, etc.), teniendo en cuenta que la temperatura puede medirse de numerosas maneras y con una gran variedad de elementos, en este documento se estudiará las características de los sensores de uso más común en instrumentación y control de procesos.

II. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE MÓDULO.

2.1 Especificaciones y Requisitos del Sistema.

El prototipo está diseñado para visualizar las curvas características de sensores de temperatura, con las mismas que se obtendrá las gráficas de las relaciones temperatura – resistencia y temperatura – voltaje (figura 1), para ello la tarjeta STM32F4 se encarga de tomar datos de la variable de temperatura que son enviadas como señal eléctricas con la ayuda de acondicionadores MAX 31865 (RTD), MAX 31855K - MAX31855J

(Termocuplas), Termistores y LM35 son acondicionados directamente con la tarjeta STM32F4, una vez procesada la información se envía todos los datos a través de tres comunicaciones distintas, una por medio de comunicación serial hacia la Touch Screen, otra por red Wifi para un dispositivo móvil y finalmente por red Ethernet a una PC, en donde se generan las curvas deseadas de cada uno de los sensores de temperatura. Para realizar las pruebas hemos diseñado un control de temperatura con rangos de 0 a 200 °C.

La tarjeta STM32F4 recibirá la señal eléctrica de la variable del proceso de temperatura, proveniente de un sensor, ésta tiene la capacidad de controlar la temperatura en el generador en base a un lazo de control, la STM32F4 envía la señal de control a la Niquelina y al Peltier para regular la temperatura en el generador y de este modo mantener la variable constante de acuerdo al valor deseado. Será posible monitorear las variables del proceso en una Touch Screen que tiene un HMI en el cual se puede controlar y visualizar las curvas características de la variable, ver figura 2.

Los sensores utilizados en la obtención de datos para el prototipo de módulo de visualización de curvas características de temperatura son: PT100 2, 3, 4 hilos, Termistor 1KΩ, 5KΩ, 10KΩ, Termocupla tipo J y K, LM35.

Los sensores están acoplados a los acondicionadores para obtener señales estándar de voltaje, las cuales son muy importantes para el módulo ya que a partir de ellas se obtienen las curvas de cada sensor.

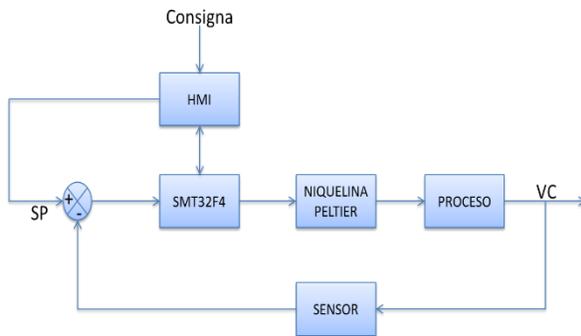


Figura 1: Diagrama de Bloques General.

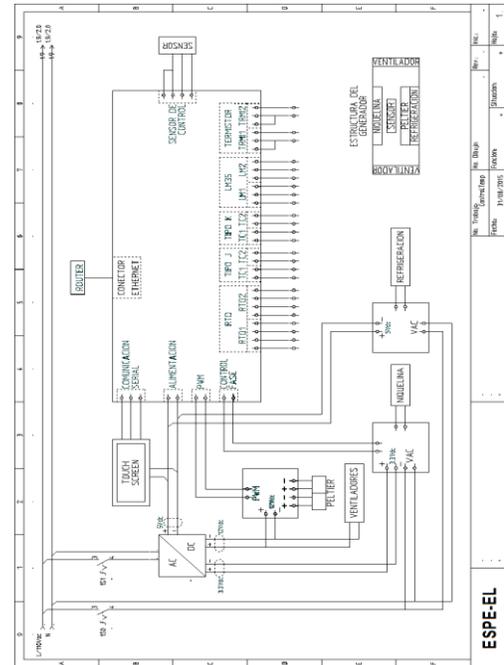


Figura 2: Diagrama Eléctrico.

2.2 SENSORES DE TEMPERATURA USADOS.

Los sensores de temperatura son dispositivos que transforman los cambios de temperatura en cambios en señales eléctricas que son procesados por equipo eléctrico o electrónico.

El sensor de temperatura, típicamente suele estar formado por el elemento sensor, la vaina que lo envuelve y que está rellena de un material muy conductor de la temperatura, para que los cambios se transmitan rápidamente al elemento sensor y del cable al que se conectarán el equipo electrónico.

2.2.1 LM35

La serie LM35 son sensores de tipo semiconductor de precisión de temperatura, cuya tensión de salida es linealmente proporcional a la temperatura en grados Celsius (centígrados).

El LM35 no requiere ninguna calibración externa o recorte para proporcionar una precisión típica de $\pm 1/4 \text{ }^\circ\text{C}$ a la temperatura ambiente y $\pm 3/4 \text{ }^\circ\text{C}$ durante un total intervalo de temperatura de -55 a $150 \text{ }^\circ\text{C}$.

La impedancia de salida del LM35 es baja, lineal y precisa calibración inherente, hacer interfaz con la lectura o circuitos de control especialmente fácil.

El sensor se presenta en diferentes encapsulados, de igual forma que un típico transistor con 3 patas,

dos de ellas para alimentarlo y la tercera nos entrega un valor de tensión proporcional a la temperatura medida por el dispositivo como se muestra en la figura 3.

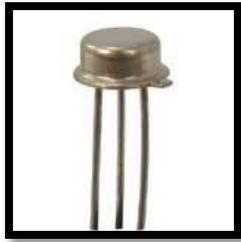


Figura 3: LM35

2.2.2 TERMISTORES.

Los termistores son resistores variables con la temperatura, que están basados en semiconductores. Existen dos tipos de termistores, dependiendo de si su coeficiente de temperatura es negativo o positivo. Si es negativo se denominan NTC, y si es positivo se denominan PTC.

El funcionamiento de un termistor se basa en la variación de la resistencia de un semiconductor con la temperatura, debido a la variación de la concentración de portadores. Para los termistores NTC, al aumentar la temperatura, aumentará también la concentración de portadores, por lo que la resistencia será menor, de ahí que el coeficiente sea negativo. Para los termistores PTC, en el caso de un semiconductor con un dopado muy intenso, éste adquirirá propiedades metálicas, tomando un coeficiente positivo en un margen de temperatura limitado.

Para nuestro propósito se utilizará termistores NTC de 1k Ω , 5k Ω y 10k Ω , los cuales presentan las siguientes características.

Termistor 1K Ω

Aplicado en medición de la temperatura, detección y control, compensación de temperatura en electrónica industrial y de consumo (ver Figura 4).

Rango de temperatura de funcionamiento: -40 °C a +125 °C.

Tolerancia en R25: ± 2 , ± 3 , ± 5 %



Figura 4: Termistor 1Kohms.

Termistor 5K Ω

Se usa en medición de la temperatura, detección y control en aplicaciones industriales, de consumo y telecomunicaciones (ver Figura 5).

Rango de temperatura de funcionamiento: -40 °C a +125 °C.

Tolerancia en R25: ± 1 , ± 2 , ± 3 , ± 5 %



Figura 5: Termistor 5Kohms.

Termistor 10K Ω

El dispositivo consiste en un chip con dos cables de cobre sólido estaño plateados como se observa en la Figura 6. Es aplicado en medición de la temperatura, detección y control, compensación de temperatura en electrónica industrial y de consumo.

Rango de temperatura de funcionamiento: -40 °C a +125 °C.

Tolerancia en R25: ± 2 , ± 3 , ± 5 %



Figura 6: Termistor 10Kohms.

2.2.3 TERMORESISTENCIAS-RTD (PT100).

La termoresistencia trabaja según el principio de que en la medida que varía la temperatura, su resistencia se modifica, y la magnitud de esta modificación puede relacionarse con la variación de temperatura.

Las termoresistencias de uso más común se fabrican de alambres finos soportados por un material aislante y luego encapsulados. El elemento encapsulado se inserta luego dentro de una vaina o tubo metálico cerrado en un extremo que se llena con un polvo aislante y se sella con cemento para impedir que absorba humedad.

El platino encuentra aplicación dentro de un amplio rango de temperaturas y es el material más estable y exacto. En efecto, la relación resistencia-temperatura correspondiente al alambre de platino es tan reproducible que la termoresistencia de

platino se utiliza como estándar internacional de temperatura desde -260°C hasta 630°C.

Para nuestro trabajo usaremos un Pt100 (figura 7) que es un sensor de temperatura, el cual consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia es creciente y se aproxima a la linealidad, siendo esto característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.



Figura 7: PT100.

2.2.4 TERMOCUPLAS.

Las termocuplas son los sensores de temperatura eléctricos más utilizados en la industria. Una termocupla se hace con dos alambres de distinto material unidos en un extremo, que al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño, del orden de los mV (milivoltios) el cual aumenta con la temperatura.

Estos dispositivos suelen ir encapsulados en vainas, para protegerlos de las condiciones extremas en ocasiones del proceso industrial que tratan de ayudar a controlar. Además según la distancia a los aparatos encargados de tratar la pequeña señal eléctrica de estos transductores, también deben utilizarse cables compensados para transportar esta señal sin que la modifique la señal.

Tipo J

Se seleccionó esta termocupla porque se usan principalmente en la industria del plástico, goma (extrusión e inyección) y fundición de metales a bajas temperaturas.

La termocupla J (ver Figura 8), tiene un cable positivo de aleación (hierro), cable negativo de aleación (cobre/níquel) a un rango de temperatura de -180 a 750 °C a un voltaje máximo de 4.2v.

Tolerancia: +/- 0.5°C.



Figura 8: Termocupla Tipo J.

Tipo K

Esta termocupla que se indica en la Figura 9 se usa típicamente en fundición y hornos a temperaturas menores de 1300 °C, por ejemplo fundición de cobre y hornos de tratamientos térmicos de ahí la importancia para la selección de la misma.

Esta termocupla tiene un cable positivo de aleación (níquel/cromo), cable negativo de aleación (níquel/aluminio) a un rango de temperatura de -180 a 1300 °C a un voltaje máximo de 54.8v.

Tolerancia: +/- 0.5°C.



Figura 9: Termocupla Tipo K.

2.3 DISEÑO DEL GENERADOR DE TEMPERATURA.

En la Figura 10 se muestra la estructura del generador de temperatura que está diseñado para alcanzar rangos de 0 a 200 °C, teniendo en cuenta que para rangos menores a la temperatura ambiente utilizamos un módulo Peltier y un sistema de refrigeración, para rangos superiores a la temperatura ambiente necesitamos de una Niquelina de 2200 W, además fue necesario el uso de un disipador de alta potencia que nos ayuda a la disipación del calor que es generado a un lado del Peltier.

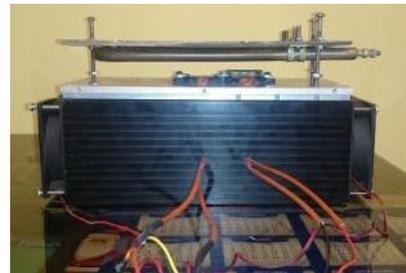


Figura 10: Estructura del Generador.

2.3.1 RESISTENCIA ELÉCTRICA (NIQUELINA).

La resistencia calefactora utilizada en nuestro generador la fabricamos con tubería Incoloy (superaleaciones), que están hechas con base de níquel (ver figura 11), y tienen características que incluyen gran resistencia a la corrosión en ambientes acuosos, excelente fuerza y resistencia a la oxidación en altas temperaturas.

Para el diseño de la Niquelina nos basamos en los siguientes aspectos:

Área del Disipador: $11\text{cm} * 26.5\text{cm} = 291.5\text{cm}^2$

Material de la Resistencia: Tubería Incoloy $\phi \frac{1}{2}$

→ Acero Inoxidable

Para una Resistencia Tubular de $\frac{1}{2}$ pulgada = $20 \frac{W}{\text{cm}}$

Diámetro del Tubo = 12.69mm

Aislante → Óxido de Magnesio



Figura 11: Niquelina

2.3.2 MÓDULO PELTIER (TEC1-12715).

La estructura del módulo termoeléctrico se describe generalmente como elementos semiconductores de tipo n y tipo p intercaladas entre dos placas de cerámica y conectados en serie. Los elementos son, bombas de calor de estado sólido, sin vibraciones, libres de ruido, donde el calor se desplaza de una superficie a otra cuando se aplica una corriente eléctrica directa en él. Si el calor en el lado caliente se disipa al entorno ambiental por un disipador de calor, este conjunto se convierte en una unidad de refrigeración.

El presente proyecto desarrollado ofrece un sistema sin partes móviles, siendo de tamaño pequeño y ligero de peso (ver Figura 12), el módulo termoeléctrico podrá ser utilizado en servicios militares, médicos, industriales, consumidores, laboratorios, electro-óptico y áreas de telecomunicaciones para la refrigeración, calefacción y generación de energía.

Algunas de las características del TEC1-12715 se describen a continuación:

- Variación Temperatura máximas: $< 90\text{ }^\circ\text{C}$
- Variación Temperatura mínima: $< -3.5\text{ }^\circ\text{C}$
- Potencia: 150W
- Tensión Máxima: 15.4V (La alimentación normal es a 12V DC, pero puede llegar hasta 15.4V DC)
- Corriente: 15.6 A



Figura 12. Módulo Peltier (TEC1-12715).

2.3.3 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

El sistema de refrigeración (ver Figura 13) ayuda al módulo Peltier alcanzar temperaturas bajas hasta $0\text{ }^\circ\text{C}$, el mismo que consta de un evaporador que al encontrar un ambiente de baja presión que el fluido refrigerante, pasa del estado líquido para el estado gaseoso, absorbiendo en el proceso calor del ambiente interno del refrigerador.

De tal manera el compresor promueve el bombeo del fluido refrigerante, que al retornar del evaporador en estado gaseoso es succionado y bombeado para el condensador, causando baja presión en el evaporador y alta presión en el condensador, además de elevar aún más la temperatura del gas.

El condensador tiene como principal papel proporcionar la disipación del calor absorbido por el fluido refrigerante a lo largo del sistema de refrigeración. Es en el condensador que el gas recalentado al perder calor por el medio ambiente, pasa del estado gaseoso al estado líquido. En cambio el filtro de secador es un elemento filtrante con material de disecación, con la finalidad de retener impurezas o humedad que pueda haber en el sistema.

El elemento de control tiene como finalidad crear resistencia a la circulación de fluido refrigerante causando una gran diferencia de presión entre condensador y evaporador.



Figura 13: Esquema del Sistema de Refrigeración.

2.3.4 DISIPADOR DE CALOR.

Un disipador es un elemento que se utiliza para bajar la temperatura de algunos componentes electrónicos. Su funcionamiento se basa en la segunda ley de la termodinámica, transfiriendo el calor de la parte caliente que se desea disipar al aire. Este proceso permite aumentar la superficie de contacto con el aire permitiendo una eliminación más rápida del calor excedente.

En la Figura 14, observamos nuestro disipador de alta potencia, para mejores resultados, se decidió adquirir un reemplazo de un disipador de Drive, ya que éste nos brinda las prestaciones adecuadas para la disipación de calor del generador de temperatura y con mayor ayuda hacia el módulo Peltier.

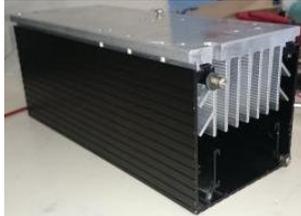


Figura 14: Disipador de Calor.

2.4. PROGRAMACIÓN DEL CONTROL PID.

Para la programación de nuestro Control PID se trabajó en Simulink, un entorno de programación visual, que funciona sobre Matlab.

El subsistema del bloque de control, contiene el diagrama de bloques del control PID como muestra la Figura 15.

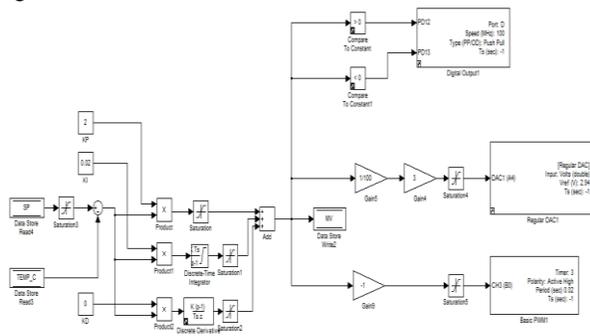


Figura 15: Diagrama de Bloques del Control PID.

La nomenclatura utilizada en el diagrama de bloques es la siguiente:

SP: Este icono Contiene el valor del Set Point.

TEMP_C: Contiene el valor de la temperatura de control.

KP: Es la constante del proporcional.

KI: Es la constante del integral.

KD: Es la constante del derivativo.

ADD: El bloque Suma realiza adición o sustracción de sus entradas. Este bloque puede sumar o restar escalar, vectorial, o entradas de la matriz.

MV: Almacena los datos de la escritura realizada en el proceso.

DAC: Convertidor de digital a analógico (DAC) del bloque para generar señales analógicas.

Los datos del MV hay que enviarlos a un DAC, antes lo dividimos para 100 y multiplicamos por 3 que es el

voltaje y se le agrega una saturación de 2.5 como muestra la Figura 16.

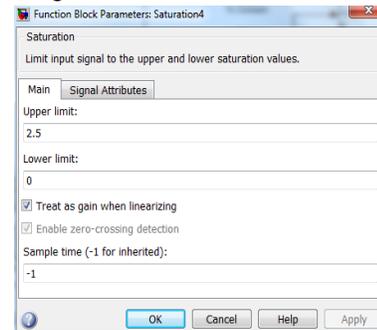


Figura 16: Límite señal de entrada a los valores de saturación superior e inferior.

Basic PWM: Bloque para generar modulación de ancho (PWM) señales de pulso borde alineados realizado para el módulo Peltier.

Compare to Constant (>0, <0): Es para prender dos focos y saber en qué controlador se encuentra el proceso ya sea de la DAC o la tarjeta STM32F407VG.

2.5 ADQUISICIÓN DE SEÑALES DE LOS SENSORES DE TEMPERATURA.

2.5.1 MAX 31865 para RTD.

El MAX31865 es un convertidor de resistencia a valor digital fácil de usar, optimizado para los detectores de temperatura de resistencia de platino (RTD). Una resistencia externa ajusta la sensibilidad para la RTD y un ADC sigma-delta de precisión convierte la relación de la resistencia de RTD a la resistencia de referencia en forma digital.

Los dispositivos de RTD pueden ser conectados en 2, 3 o 4 hilos, configuraciones que utilizan los 4 pines de entrada del terminal. Hay tres configuraciones diferentes de RTD. La tarjeta está adaptada para el tipo de RTD (PT100), se puede utilizar para leer los RTD de 2, 3 o 4 hilos con sólo añadir o sustraer cables de puente entre los terminales de entrada del módulo. En la Figura 17 observamos la conexión para una RTD de 4 hilos.

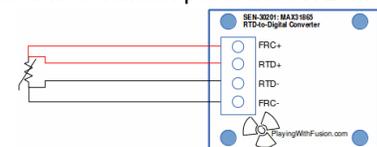


Figura 17: Conexión RTD de 4 Hilos.

Para la conexión de 3 hilos se observa en la Figura 18 como debemos conectarla.

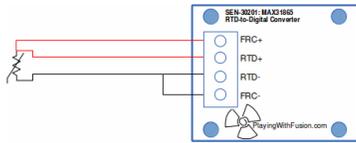


Figura 18: Conexión RTD de 3 Hilos.

Finalmente para una conexión de dos hilos será necesario realizar las conexiones como se muestra en la Figura 19.

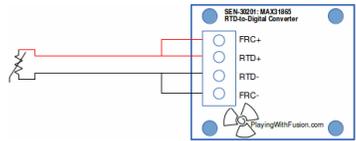


Figura 19: Conexión RTD de 2 Hilos.

2.5.2 MAX31855J - MAX31855K para Termocuplas.

Los MAX31855J - MAX31855K realizan la compensación de junta fría y digitaliza la señal de una termocupla tipo K, J. Los datos se emiten en una forma de 14 bits, SPI. Este convertidor tiene una resolución de 0.25 °C, permite lecturas de hasta +1800 °C y tan bajas como -270 °C, y exhibe una precisión de ± 2 °C para temperaturas que van desde -200 °C a +700 °C para termopares tipo K y J.

El dispositivo incluye hardware de acondicionamiento de señal para convertir la señal del termopar en un voltaje compatible con los canales de entrada del ADC (ver figura 20).

Se tomó en cuenta que la MAX31855 asume una relación lineal entre la temperatura y voltaje. Debido a que todos los termopares exhiben un cierto nivel de no linealidad, aplicar la corrección apropiada para datos de salida del dispositivo.

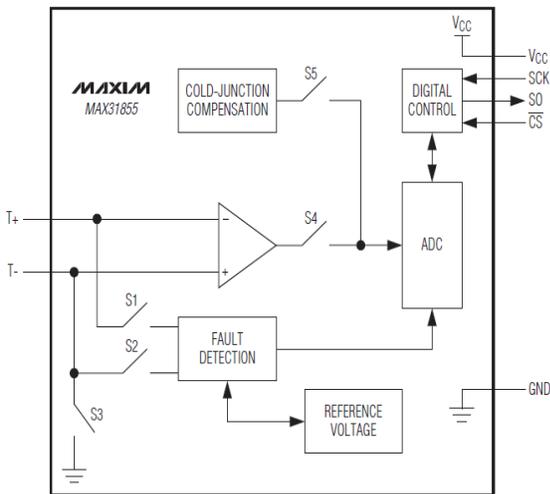


Figura 20: Diagrama de Bloques MAX31855.

2.5.3 MCP6004 para Termistores y LM35.

Se ha seleccionado el Microchip MCP6004 el cual está diseñado específicamente para aplicaciones de propósito general. Esta familia funciona a partir de una única tensión de alimentación tan bajo como 1.8V. El MCP6004 está disponible en los rangos de temperaturas industriales (-40°C a 85°C) y extendidas (-40°C a 125°C), con un rango de potencia de suministro de 1.8V a 6.0V. (Ver Figura 21).

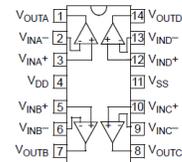


Figura 21: Pines de Conexión MCP6004

2.5.4 Programación para Adquisición de Datos de RTD y Termocuplas.

Para la recolección de datos utilizamos el bloque de la Figura 22.

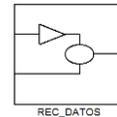


Figura22: Recolección de Datos.

Ingresamos en el bloque de la Figura 22 y se despliega el diagrama de bloque de inicialización y datos de los sensores de temperaturas de la PT100 y Termocuplas (ver Figura 23).

Para el envío y recepción de datos por protocolo SPI se necesita del bloque de inicialización para la tarjeta MAX31865.

El Step es el icono que tiene dos estados 0 y 1; cuando está en 0 realiza la inicialización y cuando está en 1 realiza la recolección de datos.

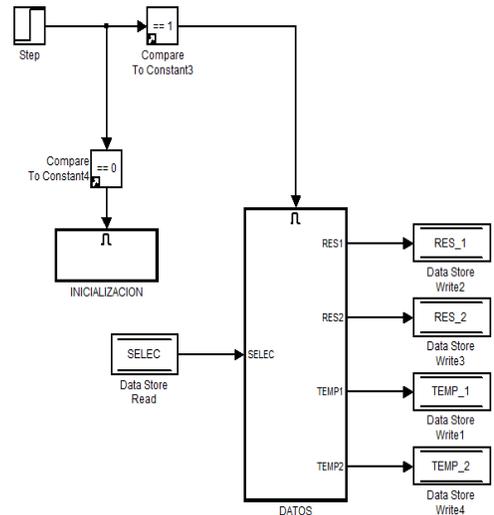


Figura 23: Diagrama de Bloques de la Recolección de Datos (PT100-Termocuplas).

2.5.5 Programación para Adquirir Datos de Termistores y LM35.

Para la adquisición de datos de Termistores y LM35 se debe tener en cuenta que sus salidas son señales analógicas, por lo tanto utilizamos un ADC (Analógico Conversor Digital) y filtros (Discrete FIR Filter), como se muestra en la Figura 24 y Figura 25.

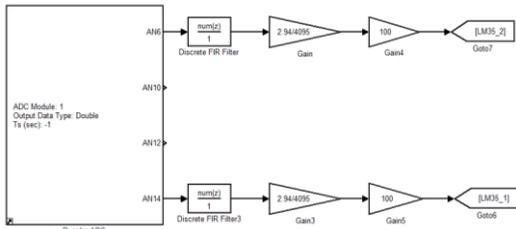


Figura 24: Adquisición de Datos del LM35.

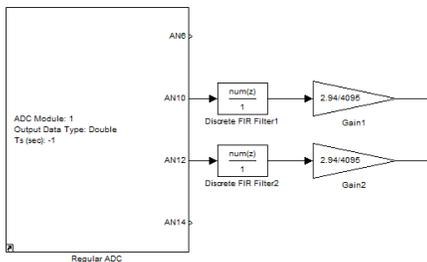


Figura 25: Adquisición de Datos Termistores.

2.6 DISEÑO DE HMI.

En el diseño y programación del HMI se usa Android Studio para Touch Screen y Dispositivos Móviles; y lo referente a la interfaz de la PC fue diseñado y programado en LabVIEW, estos software son de fácil manejo y muy amigables con el usuario.

2.6.1 HMI Touch Screen por Comunicación Serial.

Para el HMI en el dispositivo Touch Screen se realizó la interfaz gráfica en Android Studio (ver figura 26), al igual que la recepción de datos desde la tarjeta de control y transmisión de datos hacia la tarjeta de control. Mientras que los datos recibidos en la Touch Screen son enviados desde la tarjeta STM32F407VG. Figura 27.

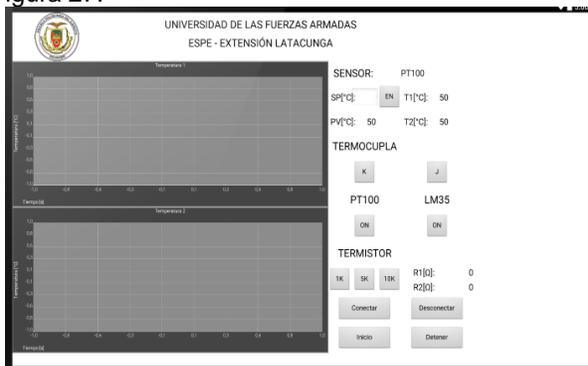


Figura 26: HMI Touch Screen, Interfaz Gráfica.

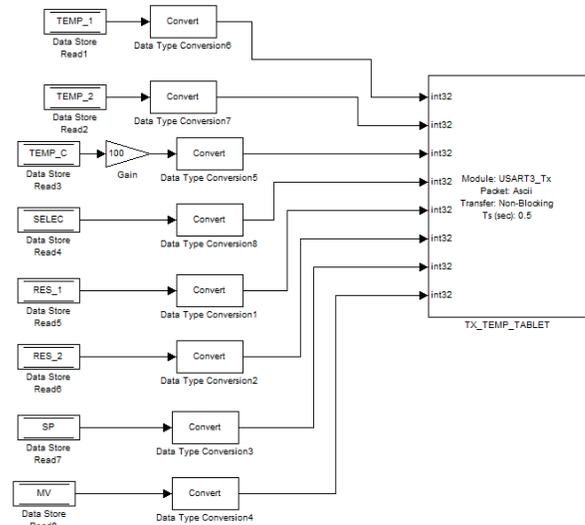


Figura 27: Transmisión STM32F407VG hacia Touch Screen.

2.6.2 HMI Dispositivo Móvil por Red Wifi.

Para el HMI de los dispositivos móviles el programa se basa en la programación del HMI de la Touch Screen, teniendo como diferencia que el dispositivo móvil solo recibirá datos como se muestra en la figura 28.



Figura 28: HMI Dispositivo Móvil.

2.6.3 HMI PC por red Ethernet.

Para este HMI se escogió LabVIEW, teniendo esta la característica de solo recibir datos desde la tarjeta de control (figura 29).

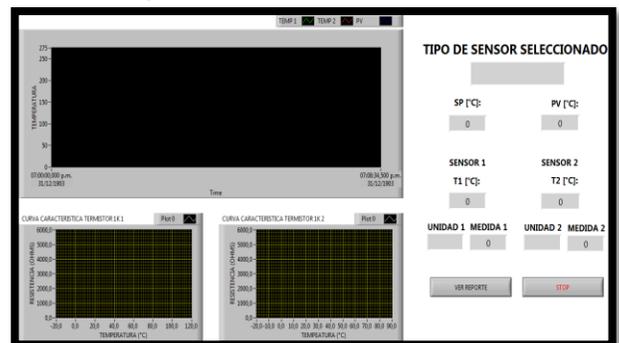


Figura 29: HMI PC por red Ethernet.

III PRUEBAS Y RESULTADOS OBTENIDOS.

Con el análisis del comportamiento práctico de los sensores de temperatura y las pruebas realizadas con el equipo ayudaron a conocer las variaciones en la medida de temperatura entre dos sensores del mismo tipo, estos resultados nos ayudan a comprender el funcionamiento de cada uno de estos elementos, demostrando la diferencia en características y funcionamiento de estos sensores en base a curvas características obtenidas por medio de un generador de temperatura.

3.1 CURVAS CARACTERÍSTICAS LM35.

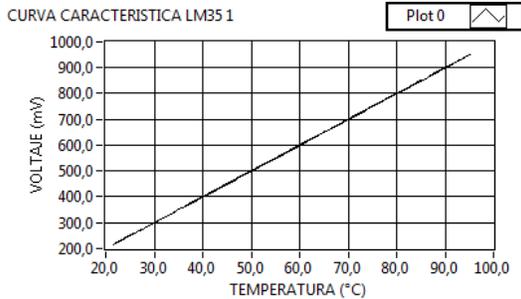


Figura 30: Voltaje-Temperatura LM35-1.

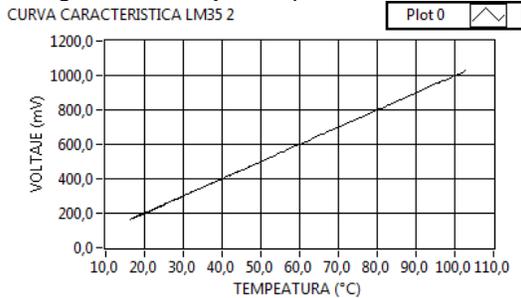


Figura 31: Voltaje-Temperatura LM35-2.

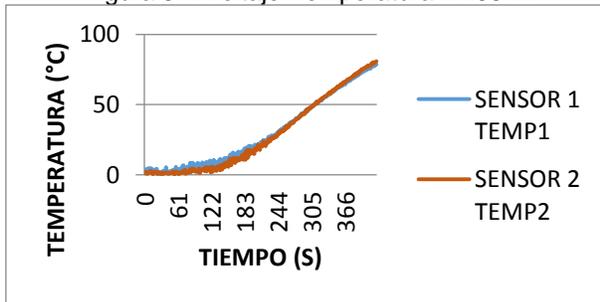


Figura 32: Temperatura-Tiempo

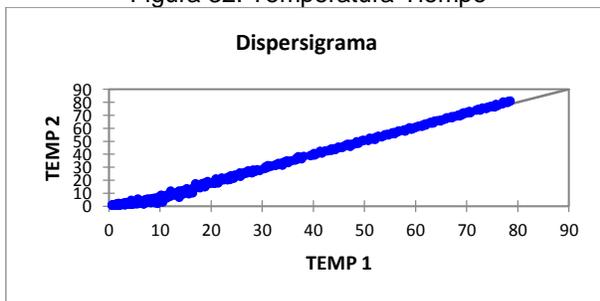


Figura 33: Temperatura 1-Temperatura 2 (LM35-1 y LM35-2).

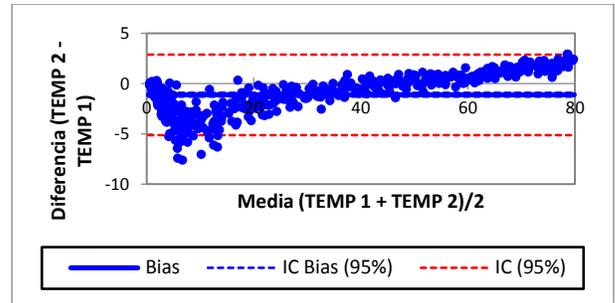


Figura 34: Análisis Bland Altman.

3.2 CURVAS CARACTERÍSTICAS TERMISTOR.

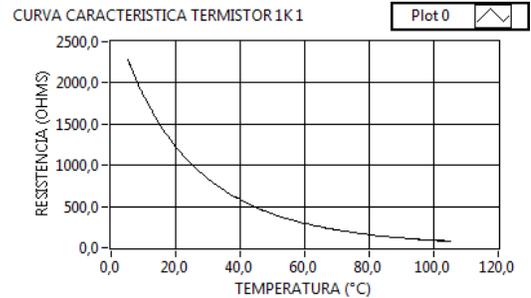


Figura 35: Resistencia-Temperatura Termistor-1.

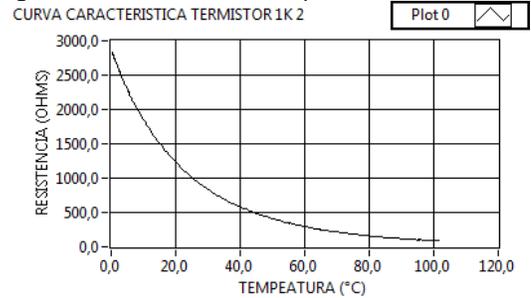


Figura 36: Resistencia-Temperatura Termistor-2.

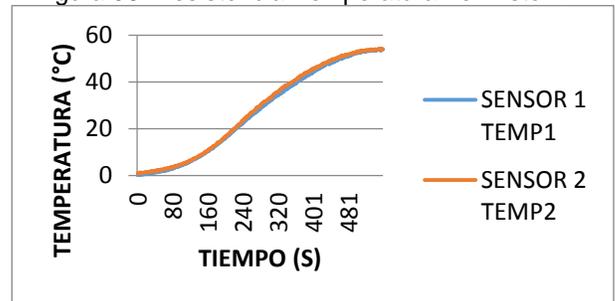


Figura 37: Temperatura-Tiempo

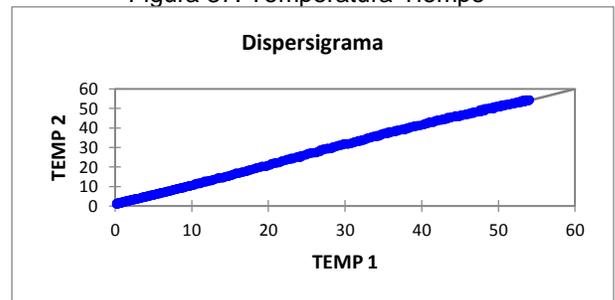


Figura 38: Temperatura 1-Temperatura 2 (Termistor-1 y Termistor-2).

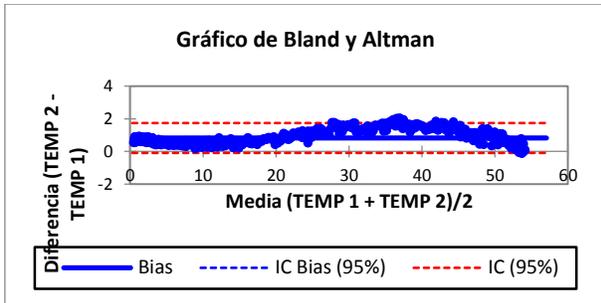


Figura 39: Análisis Bland Altman.

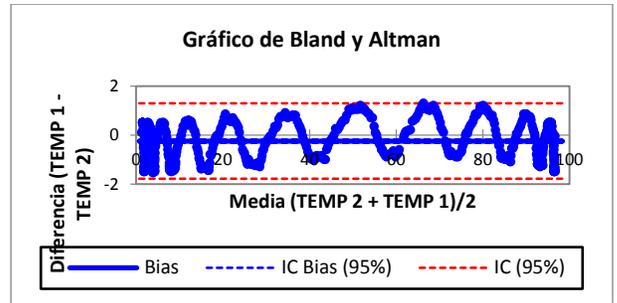


Figura 44: Análisis Bland Altman.

3.3 CURVAS CARACTERÍSTICAS TERMOCUPLA.

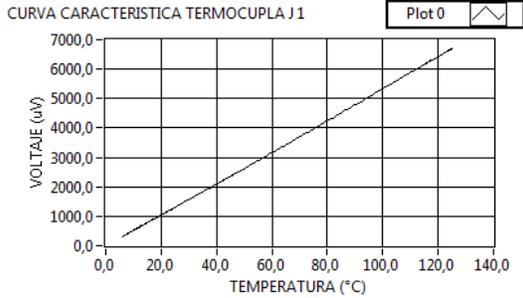


Figura 40: Voltaje-Temperatura Termocupla-1.

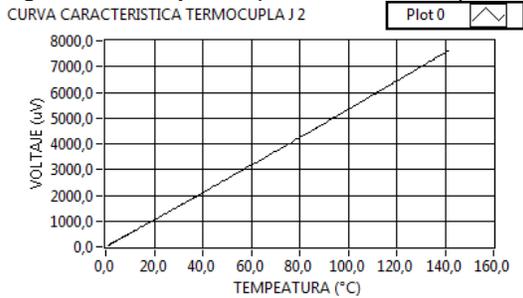


Figura 41: Voltaje-Temperatura Termocupla-2.

3.4 CURVAS CARACTERÍSTICAS PT100.

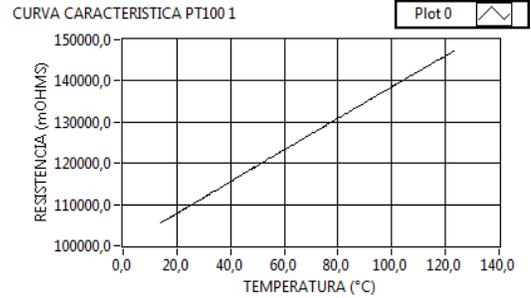


Figura 45: Resistencia-Temperatura PT100-1.

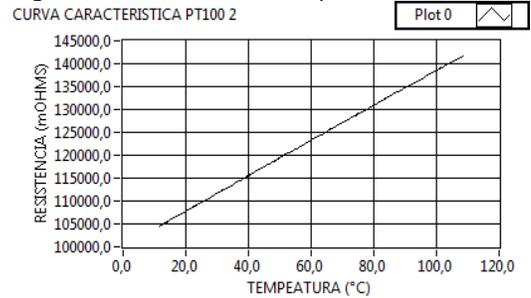


Figura 46: Resistencia-Temperatura PT100-2.

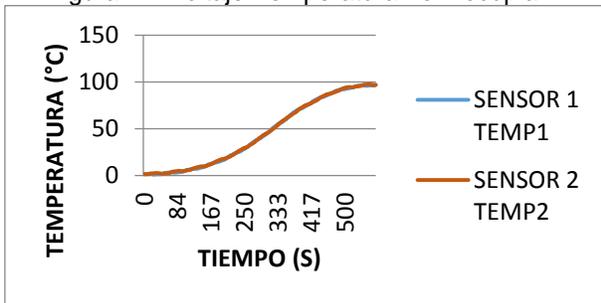


Figura 42: Temperatura-Tiempo

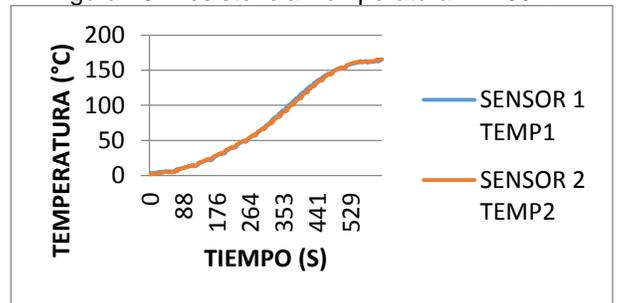


Figura 47: Temperatura-Tiempo

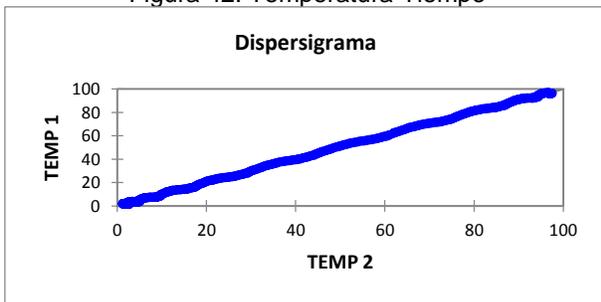


Figura 43: Temperatura 1-Temperatura 2 (Termocupla-1 y Termocupla-2).

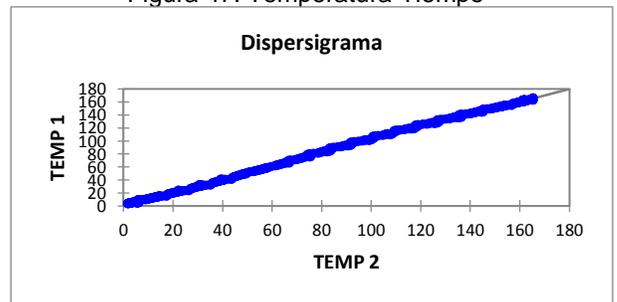


Figura 48: Temperatura 1-Temperatura 2 (PT100-1 y PT100-2).

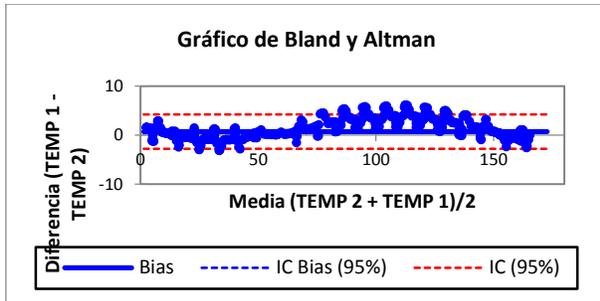


Figura 49: Análisis Bland Altman.

VI. CONCLUSIONES

- Con la implementación del sistema de refrigeración se obtuvo una mayor área de enfriamiento de la que proporciona por sí solo el módulo Peltier, con esto se logró alcanzar temperaturas menores a la ambiente.
- Un proceso de temperatura es un proceso lento, el tiempo en estabilizarse es más prolongado, característica considerada para toma de mediciones, el rango, y los incrementos de temperaturas.
- El control utilizado es parte importante del proyecto, su funcionamiento correcto permite, realizar las mediciones de los sensores de prueba para la obtención de las curvas características en diferentes rangos de temperatura, comprendido entre 0° y 200°C.
- El sistema desarrollado es amigable en lo que se refiere a la adquisición, la forma de graficar los datos de las mediciones, la interface gráfica utiliza dispositivos que evitan realizar procesos complejos.
- El prototipo construido permite ayudar a la detección de daños mínimos o completos entre sensores del mismo tipo, con la ayuda de las curvas características generadas por éste, el reporte final dará a conocer si un sensor está en buenas condiciones o presenta algún defecto para seguir utilizándolo.
- MATLAB y Simulink son una excelente opción para el análisis y simulación de las señales por la facilidad con la que se pueden visualizar los resultados, por la sencillez de las instrucciones y por su variedad en las aplicaciones.
- En cuanto a la programación de la TFT el software Android Studio facilitó la creación del HMI con sus gráficas y cuadros de textos que reciben datos en tiempo real.

- El tiempo de estabilidad del sistema es directamente proporcional a la temperatura deseada o Set Point, es decir, el sistema se tomará más tiempo en estabilizarse cuando controla temperaturas altas.
- Con las curvas características obtenidas en el sistema logramos conocer cuánto los sensores de temperatura a prueba se acercan a la curva característica de un elemento patrón.
- Al realizar la comparación entre dos sensores de temperatura del mismo tipo se tomó en cuenta su exactitud, precisión, resolución, parámetros que ayudan a conocer las variaciones en cada medición y así dar un diagnóstico.
- Mediante el sistema de análisis Bland Altman se calcula la diferencia de medida para los dos sensores de prueba. El gráfico obtenido muestra un diagrama de dispersión de las diferencias representativas frente a las medias de las dos mediciones.
- Se aplicó Bland Altman para el análisis de la Pt 100, donde la media de las variables se representa en el eje horizontal y las diferencias representa en el eje vertical, que mostró la cantidad de diferencia entre las dos medidas.

VII. REFERENCIAS.

- [1] M. VIGLIANO, «Monografías.com,» s.f s.f [En línea]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos16/modulos-peltier/modulos-peltier.shtml>. [Último acceso: 3 Septiembre 2014].
- [2] F. R. J. V. J. G. Y. M. S. A. AGUSTÍN BUNGE, «Heladera Refrigerante Mediante Efecto Peltier Cooler,» San Juan El Precursor, San Isidro, 2005.
- [3] E. A. M. B. L. R. V. ANTONIO GOMEZ ROA., «Control De Temperatura Mediante Un Sistema De Enfriamiento Termoeléctrico Peltier,» de Segundo Congreso Virtual, Microcontroladores y Sus Aplicaciones, México, 2010.
- [4] QUIMINET, «¿Cuál es la función principal de una mufila?,» QUIMINET, 10 Octubre 2011.
- [5] P. GARCÍA, «¿Qué es el control PID?,» Noticias Del Mercado, Septiembre 2013.
- [6] F. M. GARCÍA, «Dpto. Informática y Automática,» ETSI de Informática, UNED, 11 Enero 2007. [En línea]. Available: <http://www.dia.uned.es/~fmorilla/MaterialDidactico/El%20controlador%20PID.pdf>.
- [7] S. D. TEMPERATURA, «medirtemperatura.com,» 13 Octubre 2006. [En línea].

[8] J. QUIROZ, «Uso sensores de temperatura lineal LM35,» Attribution Non-commercial, 2013.

[9] T. INSTRUMENTS, Temperature Sensor Switch, Texas, s.f.

[10] J. GARCIA, «Dos Tipos de Medidores de Temperatura: Termo-resistencias y Termistores,» Departamento de Electrónica, Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, 2000.

[11] ARIAN, «Pt100, su operación, instalación y tablas.,» Control & Instrumentación, 2011.



Javier Cajas. Nació en Saquisilí provincia de Cotopaxi en Ecuador. Sus estudios primarios lo realizó en la escuela fiscal Naciones Unidas, sus estudios secundarios los realizó en el Colegio Vicente León ubicado en la ciudad de Latacunga en donde obtuvo su título de Bachiller en Ciencias Especialización Físico - Matemático 2005.

Actualmente se encuentra finalizando sus estudios de Ingeniería en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la ciudad de Latacunga – Ecuador.



Leonardo Yanchapaxi. Nació en Saquisilí provincia de Cotopaxi en Ecuador. Sus estudios primarios lo realizó en la escuela fiscal Naciones Unidas, sus estudios secundarios los realizó en la Unidad Educativa Particular Hermano Miguel ubicado en la ciudad de Latacunga en donde obtuvo su título de bachiller Técnico en

Electrónica 2004.

Actualmente se encuentra finalizando sus estudios de Ingeniería en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la ciudad de Latacunga – Ecuador.