



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA

Informe técnico de residencia profesional

Nombre del proyecto: Control de presión y temperatura para una cámara de vacío usando una tarjeta DAQ y LabVIEW.

Alumnos:

Pérez Rodríguez Luis Donaldo 12270504

Zenteno Velasco Jorge Alejandro 12270868

Asesor Interno: Ing. León Orozco Vicente

Asesor Externo: Dr. Mendoza Vázquez Sergio

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a enero del 2017

Resumen

Este proyecto trata sobre el desarrollo de un sistema de control de presión y adquisición de datos de presión y temperatura dentro de una cámara de vacío con el objetivo de poder dar y monitorear las condiciones necesarias para que se den los puntos triples de diferentes tipos de sustancias, para el control de presión se utilizó una compresora con un motor de corriente alterna a 127v a la cual se debía poder controlar la velocidad ya que esta es la encargada de introducir presión a la cámara, esto se realizó por medio de un inversor al cual se le varia la frecuencia desde el software de instrumentación (LabVIEW) por medio de una tarjeta de adquisición de datos, dando como resultado el control de la velocidad del motor. También se realizó una interfaz gráfica de monitoreo y control en LabVIEW para poder manipular el parámetro de la presión y poder ver las lecturas que arrojan los sensores que monitorean la cámara de vacío en tiempo real.

Abstract

This project deals with the development of a system of pressure control and acquisition of pressure and temperature data inside a vacuum chamber in order to be able to give and monitor the conditions necessary for the triple points of different types of substances , For the pressure control was used a compressor of alternating current to 127v to which it was possible to be able to control the speed since this one is the one in charge of introducing pressure to the camera, this was done by means of an inverter to which it is varied The frequency from LabVIEW by means of a data acquisition card, resulting in control of the speed of the compressor. A graphical monitoring and control interface was also developed in LabVIEW to manipulate the pressure parameter and to see the readings from the sensors that monitor the vacuum chamber in real time.

Índice

Resumen	2
Abstract	2
Índice	3
Introducción	6
Antecedentes	7
1- Diseño y construcción de una cámara de vacío para obtención de nanopartículas metálicas por deposición física de vapor.	7
2- Diseño y construcción de una cámara para simular condiciones ambientales a 7000 m.s.n.m.	8
3- Diseño y construcción de una cámara de presión controlada para la comprobación de sensores en Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador INAMHI.	9
Justificación	10
¿Porque usar LabVIEW?	10
¿Qué tipos de sensores se utilizan para este proyecto y porque?	10
Objetivos	11
Objetivo general:	11
Objetivos específicos:	11
Caracterización del área en la que se trabajo	12
Problemas resueltos	12
El lenguaje y entorno de programación de LabVIEW:	12
Adquisición de señales del termistor:	12
Incompatibilidad y mal funcionamiento de los sensores de presión: 13	
Bmp180:	13
HL200D:.....	13
Control de velocidad de un motor de CA por variación de frecuencia:	14

Alcances y limitaciones	15
Alcances	15
Limitaciones	15
Marco Teórico	16
LabVIEW ¿Qué es y para qué sirve LabVIEW?	16
Tarjetas de Adquisición de datos (DAQ) ¿En qué consiste un dispositivo DAQ?	16
¿Qué es temperatura?	17
¿Qué es la presión?	18
Tipos de presión	19
Atmosférica:.....	19
Absoluta:	19
Manométrica:	20
¿Qué es un sensor?	20
Sensores de temperatura	22
Sensor termistor	22
Sensor RTD.....	22
Sensor Termopar.....	23
Sensores de presión	23
Sensor de presión absoluta:.....	24
Sensor de presión manometría:.....	24
Sensor de presión de vacío:.....	24
Sensor de presión diferencial:	25
Sensor Bmp180.....	25
Sensor HL200D	25
Sensor MPX5700DP	26
Variador de frecuencia	26
¿Cómo funciona un variador de frecuencia?	26
¿Qué es y cómo funciona un inversor?.....	27

¿Qué es y cómo funciona un transformador?	28
¿Qué es y cómo funciona una compresora?.....	28
¿Qué es y cómo funciona un motor de CA?	29
¿Qué son los puntos triples?.....	31
¿Qué es una cámara de vacío?	31
Plan de actividades	32
Recursos materiales y humanos	33
Procedimiento y descripción de las actividades realizadas	34
Diseño de circuitos y estructuración del software en LabVIEW	35
Diseño de circuitos.....	35
Circuito adaptador de la señal de presión	35
Circuito adaptador de la señal de temperatura.....	36
Circuito para controlar la velocidad de un motor CA.....	37
Tarjeta de acondicionamiento de señales y control	38
Estructuración del software en LabVIEW	39
Programación general del sistema	42
Resultados, graficas, imágenes y prototipos	44
Conclusión	50
Referencias.....	51

Introducción

En el siguiente informe se hablara sobre aspectos relacionados con la elaboración de este proyecto, cuyo objetivo principal es el poder monitorear, dar y controlar las condiciones en las cuales se manifiestan los puntos triples de diferentes tipos de sustancias que se dan a niveles de presión y temperatura exactas, debido a las exigencias de este proyecto, se enfocó en poder obtener estos dos parámetros, para esto se ocuparon dos sensores uno por cada parámetro, que están ubicados dentro de una cámara de vacío la cual es expuesta a diferentes tipos de presiones y temperaturas, en donde el parámetro que se controla en este proyecto únicamente será la presión a través del control de velocidad de un motor de corriente alterna por medio de la variación de su frecuencia con un inversor de por medio.

Antecedentes

1- Diseño y construcción de una cámara de vacío para obtención de nanopartículas metálicas por deposición física de vapor.

Este es un proyecto realizado por Lorena Beltrán Díaz y Cristian Camilo Cortés Aldana en octubre de 2011 en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en Bogotá, Colombia. La ejecución del proyecto se realizó con base en la construcción de una cámara de vacío especial para procesos generadores de nanopartículas en el marco del avance nanotecnológico. Todo esto según el diseño de la misma, la respectiva adquisición de los materiales necesarios, la elaboración, construcción y puesta en funcionamiento de todo el dispositivo. Teniendo en cuenta ciertas condiciones apropiadas (aislación eléctrica y térmica, vacío) para producir la reacción de un material, por medio de altos niveles de energía, forzándolo a pasar de estado sólido a estado gaseoso, generando allí las nanopartículas. Logrando relacionar el material a depositar y el material que va a recibir la deposición ubicados en el mismo espacio del vacío, garantizando la pureza y optimización de todo el proceso de producción de nanopartículas.

2- Diseño y construcción de una cámara para simular condiciones ambientales a 7000 m.s.n.m

Este es un proyecto realizado por Tania Oviedo y Marcelo Fajardo en el año 2010, en la Escuela Politécnica Nacional, Ecuador. Los equipos de telecomunicaciones a utilizarse en la Plataforma de Gran Altitud (PGA) están expuestos a condiciones atmosféricas propias de la altura a la cual operan. Durante su funcionamiento estos equipos tienen que soportar bajas temperaturas y bajas presiones, por lo cual dentro del Convenio Macro de Cooperación FAE-EPN es necesaria la construcción de un equipo que simule dichas condiciones en laboratorio, el mismo que permita evaluar el desempeño de los equipos de telecomunicaciones en tierra antes que estos se eleven a su lugar de operación en el PGA. Este trabajo describe el proceso de diseño y construcción de una cámara de simulación de condiciones ambientales hasta una altura de 7000 m.s.n.m., en el mismo se analizan los parámetros de funcionamiento del equipo, así como los sistemas necesarios para conseguir simular las condiciones planteadas; buscando la mejor alternativa entre las diferentes opciones. Palabras claves: Refrigeración, vacío, refrigerantes, bajas presiones, equipo de refrigeración, termodinámica, plataforma de gran altitud, PGA.

3- Diseño y construcción de una cámara de presión controlada para la comprobación de sensores en Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador INAMHI

Este es un proyecto realizado por Michael Fernando Guevara Castillo y Diego Fernando Ruiz Ortiz en la facultad de ingeniería eléctrica y electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército, en Sangolquí, Ecuador. El presente artículo describe la implementación de una cámara de presión/vacío que genera en su interior, valores presión en el rango de 500 a 150hPa para el laboratorio de meteorología del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador con el objetivo de mejorar el proceso de calibración de sensores barométricos necesario para la correcta medición de presión atmosférica en el campo. Este proceso de medición es fundamental garantizar que los sensores se encuentren en óptimo estado, para evitar que existan mediciones erróneas y por lo tanto, estos errores se transmitan al área de recolección de datos meteorológicos del INAMHI, causando que la información recopilada y procesada sea inconsistente. Para verificar el estado de cada uno de los sensores se requiere crear un ambiente controlado, en donde se mida la respuesta del sensor ante los cambios programados.

Justificación

El proyecto de Control de presión y temperatura para una cámara de vacío usando una tarjeta DAQ y LabVIEW se realizó debido a la necesidad de crear un entorno en condiciones de presiones exactas, donde se puedan desarrollar los puntos triples de diferentes tipos de sustancias, así como el monitoreo de la presión y temperatura dentro de la cámara de vacío para la comprobación del entorno donde se da este fenómeno.

¿Porque usar LabVIEW?

Se decidió utilizar LabVIEW ya que es un software de instrumentación utilizado para el desarrollo de sistemas de control y monitoreo de distintos tipos de aplicaciones y por su gran eficiencia, confiabilidad y flexibilidad para poder trabajar con la gran mayoría de las tarjetas de desarrollo que existen en el mercado, esto sin mencionar que su lenguaje de programación es grafico lo que lo hace sencillo e intuitivo de usar e interpretar.

¿Qué tipos de sensores se utilizan para este proyecto y porque?

En este proyecto se miden dos parámetros dentro de la cámara de vacío para el monitoreo y control de esta, estos parámetros son temperatura y presión. Para el parámetro de temperatura se utilizó un sensor tipo termistor, debido a que este es más exacto, preciso y rápido en sus lecturas en comparación a otros sensores como por ejemplo un LM35, este tipo de sensores suelen utilizarse en industrias debido a su gran eficacia y amplio rango de operación (-50 a 150°C) es por eso que se optó por su implementación, ya que permite obtener

mediciones dentro del rango necesario para el proyecto (10 a 85°C) además de contar con lecturas precisas y rápidas en cuestión a las variaciones de temperatura.

Para la medición de la presión de la cámara, se adquirieron tres sensores diferentes para probar cual se adecuaba más a la necesidad y exigencias del proyecto, estos fueron; un sensor barómetro digital Bmp180, un sensor de presión diferencial analógico lineal HL200D, y un sensor de presión diferencial analógico lineal Mpx5700dp, por algunas cuestiones con los primeros dos sensores las cuales se explicaran detalladamente más adelante en este informe, se determinó que el sensor Mpx5700dp era el indicado para aplicarlo a este proyecto, debido a su eficacia, precisión, tiempo de respuesta y a los rangos de temperatura (0° a 85°C) y presión (0 a 700kPa, 0 a 101.5psi) que este soporta, ya que son parámetros al que será sometido en la cámara de vacío.

Objetivos

Objetivo general:

Controlar la presión y monitorear los parámetros de presión y temperatura dentro de una cámara de vacío.

Objetivos específicos:

- Diseñar y construir un inversor de CD a CA.
- Programar el control de la velocidad de un motor de CA para la presión de la cámara de vacío a través de un variador de frecuencia.
- Programar un sistema de monitoreo de temperatura para la cámara de vacío.
- Programar un sistema de monitoreo de presión para la cámara de vacío.
- Diseñar y construir los circuitos acondicionadores para los sensores.
- Diseñar el entorno grafico de control y monitoreo en LabVIEW.

Caracterización del área en la que se trabajo

Este proyecto de residencia profesional se llevó a cabo en el laboratorio de Física en la Universidad autónoma de Chiapas en la facultad de ciencias en física y matemáticas. El enfoque de nuestro proyecto fue el crear la programación y el acondicionamiento electrónico de una cámara de vacío para dar y monitorear las condiciones en las que surgen los puntos triples de diferentes tipos de sustancias.

Problemas resueltos

- **El lenguaje y entorno de programación de LabVIEW:** El lenguaje de programación de LabVIEW es gráfico y a pesar de que su lógica es igual a la de lenguajes de programación basado en texto, es un entorno diferente con algunas funciones que no se conocían, debido a esto fue necesario estudiar, aprender, manipular y familiarizarse con el entorno de esta plataforma, para así poder hacer toda la programación que el proyecto requería.
- **Adquisición de señales del termistor:** Debido a que este sensor de temperatura no es un sensor lineal, ya que varía su resistencia en función a la temperatura a la que se le someta, donde su rango de operación es de -50° a 150°C , debía ser caracterizado a través de una formula insertada en su programación, esta fórmula puede encontrarse en la hoja de especificaciones de los diferentes fabricantes, debido a la poca información de este termistor, se tuvo que caracterizar a prueba y error y a diferentes temperaturas tomando como referencia las lecturas de un LM35, un termómetro de mercurio y uno de alcohol, para asegurarse de que las lecturas fueran las correctas a altas medias y bajas temperaturas.

- **Incompatibilidad y mal funcionamiento de los sensores de presión:**

Como ya se había mencionado en algunas páginas anteriores, para la adquisición de este parámetro se probaron 3 sensores de diferente modelo; Un sensor digital Bmp180, un sensor analógico HL200D, y por ultimo un MPX5700DP, a continuación se explicara detalladamente las cuestiones que impidieron la implementación de los primeros dos sensores y por qué no se utilizaron;

- Bmp180: Es un sensor digital de presión barométrica y temperatura que gracias a su bajo costo, precisión y eficiencia, es uno de los sensores digitales más usados para el desarrollo de múltiples proyectos. Debido a que la tarjeta de adquisición de datos con la que se trabajó contaba con entradas y salidas digitales se optó por trabajar con este sensor, sin embargo, el problema surgió cuando se intentó realizar las lecturas del sensor con la DAQ ya que la tarjeta era incompatible con el protocolo de comunicación que utiliza el sensor (I²C) debido a esto fue imposible poder comunicarlo y trabajar con él.
- HL200D: Es un sensor de presión diferencial el cual obtiene sus medidas tomando como referencia la presión del ambiente y comparándola con la presión de donde esté instalado, este es un sensor lineal que en base a la presión da una salida de voltaje, una de las causas que impidieron su implementación fue su pequeño tamaño que lo hacía frágil y poco manipulable, además de que fue diseñado especialmente para montaje superficial, sin embargo esos no fueron las principales causas para su implementación, ya que el verdadero motivo fue que sus

medidas de presión eran poco precisas y con márgenes de errores grandes para las exigencias de este proyecto.

Al final se implementó el sensor de presión diferencial MPX5700dp que cumplía con las exigencias del proyecto, gracias a su rango de operación de temperatura (0° a 85°) y presión (0 a 700kPa, 0 a 101.5Psi) no se generó ningún tipo de inconvenientes en su funcionamiento, conexión y programación.

- **Control de velocidad de un motor de CA por variación de frecuencia:** Debido a la precisión de la presión que se necesita tener dentro de la cámara se debía buscar la manera de poder controlar la velocidad del motor de una manera exacta, debido a esto se aplicó la técnica de variación de frecuencia ya que es exacta, precisa y mejor que las técnicas convencionales de control de potencia, como por ejemplo, el método de triacs o resistencias, debido a esto se diseñó y construyó un inversor, a este se le varia la frecuencia a través del software de instrumentación con un PWM a través de la DAQ, dando como resultado la variación de velocidad del motor en función a la frecuencia variada previamente en el inversor.

Alcances y limitaciones

Alcances

Este proyecto tiene como alcance el poder utilizar la cámara de vacío que se realizó en esta residencia profesional con la confianza, seguridad y certeza para estudiar los puntos triples de diferentes tipos de sustancias, gracias a que se logró crear exitosamente el medio de presión que se requería dentro de la cámara de vacío, así como el monitoreo de la temperatura y presión de esta, sin mencionar que este proyecto también tiene como alcance el poder estudiar a futuro el comportamiento de distintos tipos de materiales bajo condiciones de presión poco habituales.

Limitaciones

La principal limitaciones de este proyecto es la ausencia de temperatura en el medio que es vital para el cumplir el objetivo de este proyecto, donde influyeron factores económicos, de tiempo y de planeación al inicio de este.

Marco Teórico

LabVIEW ¿Qué es y para qué sirve LabVIEW?

LabVIEW es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan C o BASIC. Sin embargo, LabVIEW se diferencia de dichos programas estos lenguajes de programación se basan en líneas de texto para crear el código fuente del programa, mientras que LabVIEW emplea la programación gráfica o lenguaje G para crear programas basados en diagramas de bloques.

Este software de instrumentación tiene su mayor aplicación en sistemas de medición, como monitoreo de procesos y aplicaciones de control, un ejemplo de esto pueden ser sistemas de monitoreo en transportación, laboratorios para clases en universidades, procesos de control industrial, es utilizado en procesamiento digital de señales, procesamiento en tiempo real de aplicaciones biomédicas, manipulación de imágenes y audio, automatización, diseño de filtros digitales, generación de señales, entre otras, etc.

Tarjetas de Adquisición de datos (DAQ) ¿En qué consiste un dispositivo DAQ?

Las tarjetas de adquisición de datos (hardware) actúan como la interfaz entre una computadora y señales físicas, es decir, la información recaudada por el sensor se pasa al DAQ, el cual se encarga de transformar los códigos del mundo real a los códigos digitales, como si se tratara de un intérprete que traduce de un lenguaje a otro, con el fin de que el sistema digital (es decir, cualquier computadora o dispositivo electrónico) sea capaz de comprender los signos del analógico.

Las tarjetas de adquisición de datos consisten en tres partes principales: por un lado está el circuito de acondicionamiento de señales, después está el convertidor analógico-digital (ADC por sus siglas en inglés) y, finalmente, el bus del ordenador.

¿A qué se refiere con adquisición de datos?

La adquisición de datos es comúnmente conocida con las siglas DAQ por su significado en inglés, el cual es “data acquisition”, el cual se refiere al proceso de medir con una computadora un fenómeno físico o eléctrico. Un sistema DAQ se conforma de 3 elementos principales: el sensor, las tarjetas de adquisición de datos (hardware) y una computadora (software programable).

Gracias a su conexión con una computadora se pueden obtener muchos beneficios y aprovechar el rendimiento que esta tiene, tal como la potencia del procesador, la visualización y la conectividad ofreciendo soluciones más confiables, accesibles y rentables en comparación con otros equipos.

¿Qué es temperatura?

La Temperatura es una magnitud que mide el nivel térmico o el calor que un cuerpo posee. Toda sustancia en determinado estado de agregación (sólido, líquido o gas), está constituida por moléculas que se encuentran en continuo movimiento. La suma de las energías de todas las moléculas del cuerpo se conoce como energía térmica; y la temperatura es la medida de esa energía promedio.

También la temperatura se define como una propiedad que fija el sentido del flujo de calor, ya que éste pasa siempre del cuerpo que posee temperatura más alta al que la presenta más baja. Cualitativamente, un cuerpo caliente tiene mayor temperatura

que uno frío; cuantitativamente, se suele medir la temperatura aprovechando el hecho de que la mayoría de los cuerpos se dilatan al calentarse.

La temperatura se mide con un aparato de precisión llamado termómetro, el cual se basa del volumen de una masa fija de fluido, que suele ser mercurio o alcohol. Estos elementos bajan o suben en una escala graduada cuando la temperatura disminuye o aumenta, respectivamente.

¿Qué es la presión?

La presión es una magnitud física que mide la proyección de la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie, y sirve para caracterizar cómo se aplica una determinada fuerza resultante sobre una línea. En el Sistema Internacional de Unidades la presión se mide en una unidad derivada que se denomina pascal (Pa) que es equivalente a una fuerza total de un newton (N) actuando uniformemente en un metro cuadrado (m^2). En el Sistema Inglés la presión se mide en libra por pulgada cuadrada (pound per square inch o psi) que es equivalente a una fuerza total de una libra actuando en una pulgada cuadrada.

Tipos de presión

Atmosférica: se denomina de esta forma a la presión que la atmósfera ejerce sobre aquellos cuerpos que se encuentren dentro de la misma o bien, sobre la superficie terrestre, de allí su nombre. Se debe tener en cuenta que la atmósfera es aquella capa gaseosa que rodea a todo el planeta Tierra y que está compuesta por oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono y argón, entre otros gases. Tras un experimento realizado por el científico Evangelista Torricelli en el que se valió de un tubo con mercurio se concluyó que la atmósfera ejerce una presión de 1 atm sobre todos aquellos cuerpos que se encuentren sobre la superficie de nuestro planeta.

Dentro de la presión atmosférica se identifican dos variantes: la absoluta y la relativa. Esta última es la que se mide tomando al 0 de presión como si se tratara del valor inicial de 1 atm y esto se mide por medio de aparatos cuya medida es en hidráulica o en mecánica.

En la presión absoluta la hidrostática es calculada o se debe comprimir algún gas para poder obtener una estimación de la misma y debe ser tenida en cuenta que en ambos casos se encuentran a una presión inicial de una atmósfera, motivo por el que al incremento de la presión debe sumársele necesariamente dicha presión inicial. Para medir esta presión, existe un instrumento específico, denominado barómetro, que consiste en un tubo cerrado, que contiene un líquido que, de acuerdo a la presión, compensa el peso de la atmósfera.

La medida de la presión atmosférica se denomina Hectopascal, que se abrevia Pa, aunque también se utilizan otras, como las pulgadas o los milímetros de mercurio.

Absoluta: se le llama de esta forma a aquella presión que, en relación al cero absoluto, es soportada. Para que exista esta presión es necesario que la misma sea superior a la atmosférica. De todas

maneras, se habla de “depresión” cuando la presión absoluta se encuentra por debajo de la atmosférica, por lo que cuando es superior se habla de “sobrepresión”, por lo que en ambos casos se está hablando de presiones relativas.

Manométrica: se denomina de esta manera a aquella presión que resulta de la diferencia que se establece entre la absoluta y la atmosférica. Se debe tener en cuenta que, mientras que la presión absoluta es aquella que debe ser medida en relación a un vacío perfecto, la que se mide en relación a la atmosférica es la que se denomina manométrica.

Con respecto a la presión absoluta, el vacío corresponde a cero, por lo que todos sus valores serán siempre positivos, mientras que, si dieran negativos, se trataría de una “tracción de presión”, fenómeno imposible de desarrollarse en cualquier sustancia líquida. Para medir la diferencia que existe entre la presión absoluta y la atmosférica se utiliza el manómetro, instrumento que funciona de forma equivalente al barómetro.

¿Qué es un sensor?

Un sensor es un dispositivo eléctrico y/o mecánico que convierte magnitudes físicas (luz, magnetismo, presión, etc.) en valores medibles de dicha magnitud. Esto se realiza en tres fases:

- Un fenómeno físico a ser medido es captado por un sensor, y muestra en su salida una señal eléctrica dependiente del valor de la variable física.
- La señal eléctrica es modificada por un sistema de acondicionamiento de señal, cuya salida es un voltaje.

- El sensor dispone de una circuitería que transforma y/o amplifica la tensión de salida, la cuál pasa a un conversor A/D, conectado a un PC. El convertidor A/D transforma la señal de tensión continua en una señal discreta.

Características principales de un sensor:

- Rango: valores máximos y mínimos para las variables de entrada y salida de un sensor.
- Exactitud: la desviación de la lectura de un sistema de medida respecto a una entrada conocida. El mayor error esperado entre las señales medida e ideal.
- Repetitividad: la capacidad de reproducir una lectura con una precisión dada.
- Reproducibilidad: tiene el mismo sentido que la repetitividad excepto que se utiliza cuando se toman medidas distintas bajo condiciones diferentes.
- Resolución: la cantidad de medida más pequeña que se pueda detectar.
- Error: es la diferencia entre el valor medido y el valor real.
- No linealidades: la desviación de la medida de su valor real, supuesto que la respuesta del sensor es lineal. No-linealidades típicas: saturación, zona muerta e histéresis.
- Sensibilidad: es la razón de cambio de la salida frente a cambios en la entrada: $s = \partial V / \partial x$

- **Excitación:** es la cantidad de corriente o voltaje requerida para el funcionamiento del sensor.
- **Estabilidad:** es una medida de la posibilidad de un sensor de mostrar la misma salida en un rango en que la entrada permanece constante.

Sensores de temperatura

Sensor termistor

El termistor está basado en que el comportamiento de la resistencia de los semiconductores es variable en función de la temperatura.

Existen los termistores tipo NTC y los termistores tipo PTC. En los primeros, al aumentar la temperatura, disminuye la resistencia. En los PTC, al aumentar la temperatura, aumenta la resistencia.

El principal dificultad de los termistores es que no son lineales según la temperatura por lo que es necesario aplicar fórmulas complejas para determinar la temperatura según la corriente que circula y son complicados de calibrar.

Sensor RTD (*resistance temperature detector*)

Un RTD es un sensor de temperatura basado en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura.

Los metales empleados normalmente como RTD son platino, cobre, níquel y molibdeno.

De entre los anteriores, los sensores de platino son los más comunes por tener mejor linealidad, rapidez y mayor margen de temperatura.

Sensor Termopar

El termopar, también llamado termocupla y que recibe este nombre por estar formado por dos metales, es un instrumento de medida cuyo principio de funcionamiento es el efecto termoeléctrico.

Un material termoeléctrico permite transformar directamente el calor en electricidad, o bien generar frío cuando se le aplica una corriente eléctrica.

El termopar genera una tensión que está en función de la temperatura que se está aplicando al sensor. Midiendo con un voltímetro la tensión generada, conoceremos la temperatura.

Los termopares tienen un amplio rango de medida, son económicos y están muy extendidos en la industria. El principal inconveniente estriba en su precisión, que es pequeña en comparación con sensores tipo termistores.

Sensores de presión

Los sensores de presión o transductores de presión son elementos que transforman la magnitud física de presión fuerza por unidad de superficie en otra magnitud eléctrica que será la que emplearemos en los equipos de automatización o adquisición estándar.

La mayoría de los sensores de presión son pizorresistivos de silicio sensibles a la presión. Proporcionan una variación de tensión directamente proporcional a la presión que se les aplica, El sensor consta de un diafragma monolítico de silicio para medir el esfuerzo y una fina película con una red de resistencias integradas en el circuito puente.

Los sensores de presión se pueden clasificar en términos de rangos de presión que miden y el tipo de presión que se mide. En términos de tipo de presión, sensores de presión se pueden dividir en cuatro categorías:

Sensor de presión absoluta:

Este sensor mide la presión en relación con vacío perfecto presión (0 PSI de presión). La presión atmosférica, es 14.7 PSI en el nivel del mar, con referencia al vacío.

Sensor de presión manometría:

Este sensor se utiliza en diferentes aplicaciones, ya que puede ser calibrado para medir la presión con respecto a una determinada presión atmosférica en un lugar determinado. Un indicador de presión de los neumáticos es un ejemplo de la indicación del manómetro. Cuando el indicador de presión de los neumáticos marca una lectura de 0 PSI, hay realmente 14.7 PSI (libras por pulgada cuadrada) en el neumático.

Sensor de presión de vacío:

Este sensor se utiliza para medir la presión inferior a la presión atmosférica en un lugar determinado. Puede referirse a un sensor de vacío como uno que se hace referencia a cualquiera de la presión atmosférica (es decir, medir la presión negativa de calibre) o en la relación con vacío absoluto.

Sensor de presión diferencial:

Este sensor mide la diferencia entre dos o más presiones, por ejemplo midiendo la caída de presión a través de un filtro, la presión diferencial también se utiliza para medir el flujo o nivel de recipientes a presión.

Sensor Bmp180

Este es un sensor de bajo costo capaz de leer la presión barométrica de 300 a 1100hPa (hectopascales) y la temperatura de -40° a +85°c, mediante cálculos matemáticos, gracias a que puede leer la presión barométrica es capaz de poder medir la altura en función a este parámetro, este es un sensor digital que utiliza un protocolo de comunicación I2c y es compatible con cualquier tarjeta de desarrollo compatible con este protocolo de comunicación.

Sensor HL200D

El HL200D es un sensor de presión diferencial con respecto a la presión del ambiente donde esté instalado, Utiliza tecnología de estado sólido tipo MEMS (microelectromecanismo). Es de alta confiabilidad, ideal para equipos médicos, equipos pesados y aplicaciones industriales generales, su rango de operación es de 0 a 200kPa (Kilopascales) y de -40° a 125°c.

Utilizados como dispositivos integrados OEM (Original Equipment Manufacturer o en español fabricantes de equipos originales) o de manera autónoma sensores para prueba de medida. Los sensores de presión OEM o sensores de presión de bajo costo, están pensados para su integración e implementación en grandes series. Son sensores básicos sin mayor protección ni electrónica asociada, cuya finalidad es abaratar costos en los diseños de gran consumo, sus principales características son su Bajo costo, Amplio rango de temperatura, facilidad de uso y fácil de instalar en equipos OEM

Sensor MPX5700DP

El MPX5700DP es un sensor monolítico de silicio que mide presión de aire, diseñados para una gran variedad de aplicaciones, pero especialmente aquellas que emplean microprocesadores o microcontroladores con entradas A/D, su rango de operación es de 0 a 700kPa y de 0° a 85°C. Provee una salida de voltaje análogo de nivel alto que es proporcional a la presión aplicada. Este es un sensor de presión diferencial piezorresistivo, es un transductor de última generación con una amplia gama de aplicaciones. Debido a que entrega una salida analógica se recomienda ser utilizado con un microcontrolador o tarjeta de desarrollo con ADC.

Variador de frecuencia

Los variadores de frecuencia son sistema utilizados para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna. Un variador de frecuencia son vertientes de un variador de velocidad, ya que llevan un control de frecuencia de alimentación, la cual se suministra por un motor.

Otra forma en que son conocidos los variadores de frecuencia son como drivers ya sea de frecuencia ajustable de CA (Corriente alterna), VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia), micro drivers o inversores; esto depende en gran parte del voltaje que se maneje.

¿Cómo funciona un variador de frecuencia?

Se alimenta al equipo con un voltaje de corriente alterna (CA), el equipo primero convierte la CA en corriente directa (CD), por medio de un puente rectificador (diodos o SCR's), este voltaje es filtrado por un banco de capacitores interno, con el fin de suavizar el voltaje

rectificado y reducir la emisión de variaciones en la señal; posteriormente en la etapa de inversión, la cual está compuesta por transistores bipolares de puerta aislada (IGBT), que encienden y apagan en determinada secuencia (enviando pulsos) para generar una forma de onda cuadrada de voltaje de CD (corriente directa) a un frecuencia constante y su valor promedio tiene la forma de onda senoidal de la frecuencia que se aplica al motor.

El proceso de conmutación de los transistores es llamado PWM "Pulse Width Modulation" Modulación por ancho de pulso.

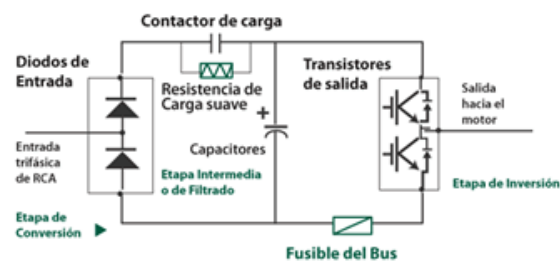


Figura 1 (Variador de frecuencia)

¿Qué es y cómo funciona un inversor?

La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador. Los inversores se utilizan en una gran variedad de aplicaciones, desde pequeñas fuentes de alimentación para computadoras, hasta aplicaciones industriales para controlar alta potencia. Los inversores también se utilizan para convertir la corriente continua generada por los paneles solares fotovoltaicos, acumuladores o baterías, etc., en corriente alterna y de esta manera poder ser inyectados en la red eléctrica o usados en instalaciones eléctricas aisladas.

¿Qué es y cómo funciona un transformador?

Se denomina transformador a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño y tamaño, entre otros factores.

El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética. Está constituido por dos bobinas de material conductor, devanadas sobre un núcleo cerrado de material ferromagnético, pero aisladas entre sí eléctricamente. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo. El núcleo, generalmente, es fabricado bien sea de hierro o de láminas apiladas de acero eléctrico, aleación apropiada para optimizar el flujo magnético. Las bobinas o devanados se denominan primario y secundario según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente. También existen transformadores con más devanados; en este caso, puede existir un devanado "terciario", de menor tensión que el secundario.

Ecuación primaria del transformador

$$V_P = I_P R_1 + \frac{L_1 \Delta I_P}{\Delta t} - M \frac{\Delta I_S}{\Delta t}$$

Ecuación 1

Ecuación secundaria del transformador

$$M \frac{\Delta I_P}{\Delta t} = I_S R_2 + \frac{L_2 \Delta I_S}{\Delta t}$$

Ecuación 2

¿Qué es y cómo funciona una compresora?

Un compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tales como gases y vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido, en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

Al igual que las bombas, los compresores también desplazan fluidos, pero a diferencia de las primeras que son máquinas hidráulicas, éstos son máquinas térmicas, ya que su fluido de trabajo es compresible, sufre un cambio apreciable de densidad y, generalmente, también de temperatura; a diferencia de los ventiladores y los sopladores, los cuales impulsan fluidos compresibles, pero no aumentan su presión, densidad o temperatura de manera considerable.

¿Qué es y cómo funciona un motor de CA?

Se denomina motor de corriente alterna a aquellos motores eléctricos que funcionan con este tipo de alimentación eléctrica. Un motor es una máquina motriz, esto es, un aparato que convierte una forma determinada de energía en energía mecánica de rotación o par. Un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos.

Un generador eléctrico, por otra parte, transforma energía mecánica de rotación en energía eléctrica y se le puede llamar una máquina generatriz de fem (fuerza eléctrica motriz). Las dos formas básicas son el generador de corriente continua y el generador de corriente alterna, este último más correctamente llamado alternador.

Todos los generadores necesitan una máquina motriz (motor) de algún tipo para producir la fuerza de rotación, por medio de la cual un conductor puede cortar las líneas de fuerza magnéticas y producir una fem. La máquina más simple de los motores y generadores es el alternador.

Velocidad del motor AC

Como en el rotor los polos son fijos y en estator la polaridad de los campos varía (está alimentado por corriente alterna), los polos fijos del rotor, siguen las variaciones de polaridad de los devanados del estator. Habrá efectos de atracción y repulsión de campos magnéticos que causará la rotación del rotor. Como el voltaje de alimentación del estator es periódica, entonces el movimiento del rotor (rotación) sigue esta variación periódica del voltaje de alimentación y como consecuencia la velocidad de rotación es constante.

La velocidad del motor AC está dada por la fórmula,

$$Ns = (60) \left(\frac{f}{p}\right) \quad \text{donde:}$$

Ecuación 3

- Ns = velocidad del motor en rpm (revoluciones por minuto)
 - f = frecuencia de la alimentación en Hertz (Hz)
 - p = número de pares de polos del motor.
- Importante:
- Mientras más polos tenga un motor, menor es su velocidad de rotación (ver la fórmula)
 - Si el rotor por tener una carga muy grande, no puede seguir las variaciones del estator, causará que el motor deje de girar.
 - La velocidad de giro del motor AC depende exclusivamente de la frecuencia del voltaje que alimenta el motor.

¿Qué son los puntos triples?

En física y química los puntos triples son el cambio de estado que se da en una sustancia cuando esta se somete a presiones y temperaturas poco habituales, para que dicho fenómeno se desarrolle es necesario tener estos parámetros en niveles muy precisos, teniendo en cuenta que estos valores deben ser cambiados dependiendo del tipo de sustancia al que se le quiera aplicar, el estudio de este fenómeno se lleva a cabo en ambientes creados y controlados por el hombre para poder ser estudiados e investigados, ya que es imposible encontrar algunos valores de temperatura y presión en un ambiente natural para estudiar ciertos tipos de sustancias.

¿Qué es una cámara de vacío?

Una cámara de vacío es un recipiente de paredes rígidas del que se extrae el aire y otros gases mediante una bomba de vacío. La baja presión resultante, comúnmente llamada vacío, permite a los investigadores llevar a cabo experimentos físicos o probar dispositivos mecánicos que deben operar, por ejemplo, en el espacio exterior. Cámaras de aluminio permiten controlar que el campo magnético interior salga fuera del vacío. Por el contrario, las cámaras hechas de mu-metal evitan que los campos externos penetren en el vacío. Fue construido por Atte ven Ricke.

Las cámaras suelen tener varias puertas, cubiertas con bridas de vacío, para permitir que los instrumentos o las ventanas puedan ser instalados en las paredes de la cámara. En las aplicaciones de mediano a bajo vacío, éstas son selladas con juntas tóricas de caucho. En aplicaciones de mayor vacío, las bridas poseen duros filos de acero soldados en ellas, que cortan una junta de cobre cuando la brida es atornillada.

Plan de actividades

A continuación de muestran las etapas y actividades programadas para el logro de este proyecto

Actividad	Semana															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Investigación para manipulación del LabView y tarjeta DAQ	X	X	X													
Acondicionamiento de señal de los sensores				X	X	X										
Adquisición de señales con LabView					X	X										
Diseño y construcción del inversor aplicado a un motor CA							X	X	X	X	X	X	X	X		
Etapas de pruebas													X	X		
Realización de reporte del proyecto															X	X

Recursos materiales y humanos

A continuación se muestra en una tabla donde se puede observar con detalle los materiales e instrumentos utilizados para la realización de este proyecto:

Tabal 1

Instrumentos
Multímetro
Kit para soldadura (Cautín, estaño y grasa)
Osciloscopio
Fuente de alimentación
Computadora
Desarmadores
Pinzas
DAQ NI USB-6003
Impresora
Taladro
Plancha
Arduino uno (para prueba de sensores)
Segueta
Prensa mecánica

Tabla 2

Materiales
Sensor de temperatura (termistor)
Sensor de presión Mpx5700dp
Capacitores (varios)
Resistencias (Varias)
LabView Software
Alambre para puentes (cables)
Placas de cobre para tarjetas
Lijas
Cloruro férrico
Regulares de voltaje
Transistores (varios)
Transformador de 12v a 10amp
FlipFlop
Leds
Potenciómetro de 100k
Diodos
Protoboards
Terminales (culcas)
Manguera
Jeringa
Compresora con motor de CA
Hojas PCB

Recursos Humanos:

Dos residentes de ingeniería electrónica

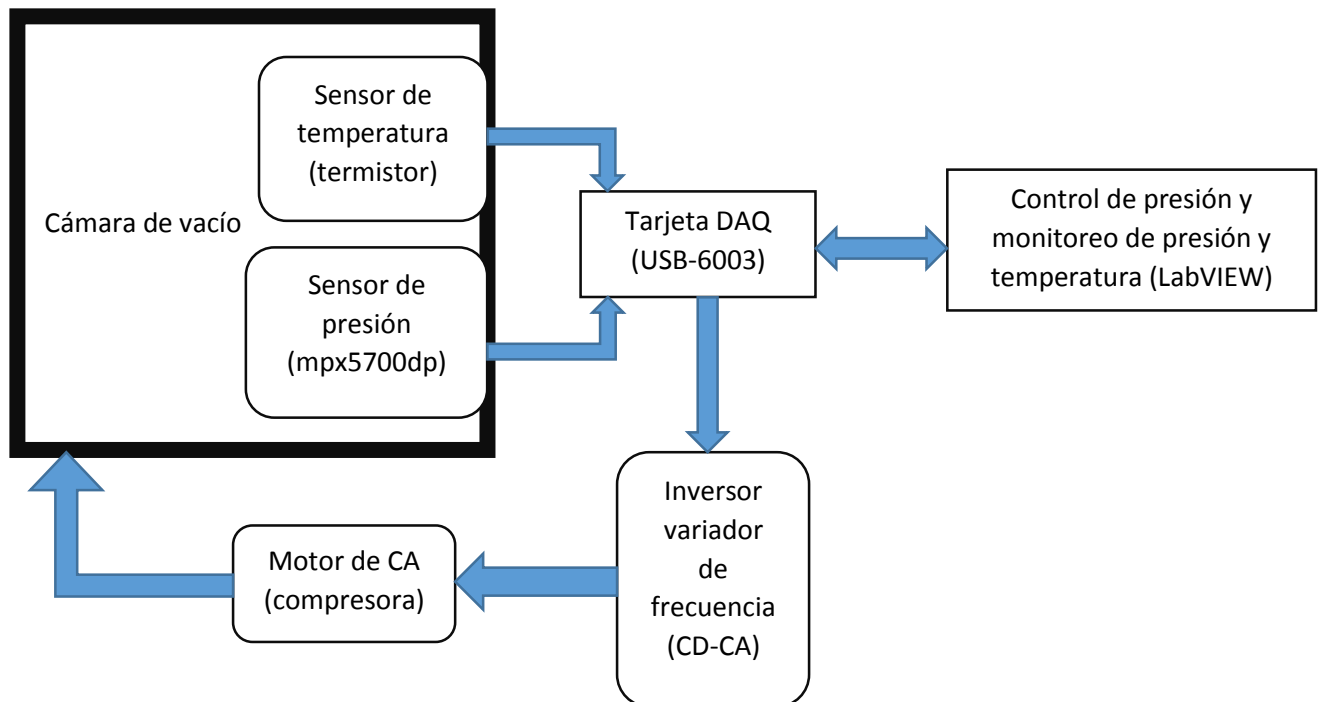
Asesor interno: Ing. Vicente León Orozco

Asesor externo: Dr. Sergio Mendoza Vázquez

Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

Diagrama a bloques del sistema

El proyecto sigue un procedimiento que se representa en el siguiente diagrama a bloques.



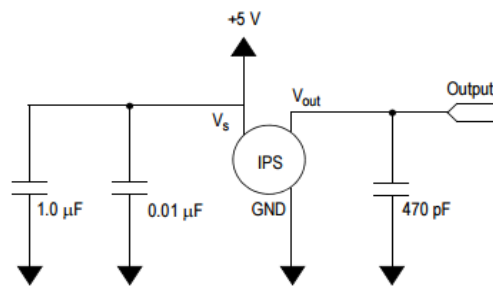
Diseño de circuitos y estructuración del software en LabVIEW

Diseño de circuitos

Las señales que son adquiridas mediante los sensores deben ser acopladas y luego ser enviadas hacia la tarjeta de adquisición de datos DAQ USB 6003, por lo tanto a continuación se describe como están diseñados cada uno de los circuitos que componen la tarjeta de acoplamiento de señales.

Circuito adaptador de la señal de presión

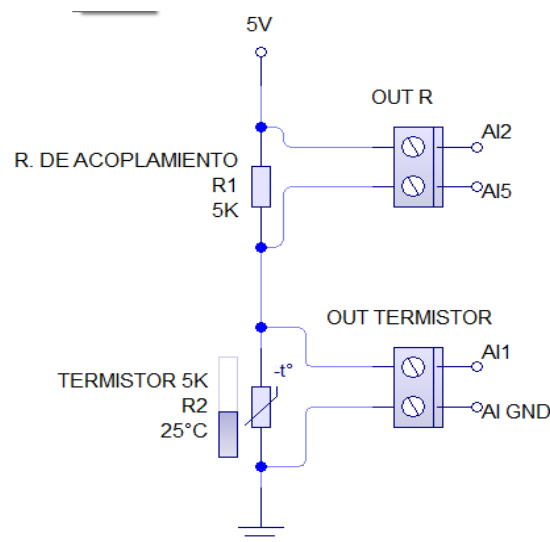
El sensor mpx5700dp entrega una señal que varía de 0 a 5 voltios en función de la presión. El circuito (figura 2) está configurado en desacoplamiento de la fuente de alimentación recomendado y un filtrado de salida para su buen funcionamiento.



(Figura 2) circuito acoplador del sensor de presión modelo MPX5700DP.

Circuito adaptador de la señal de temperatura

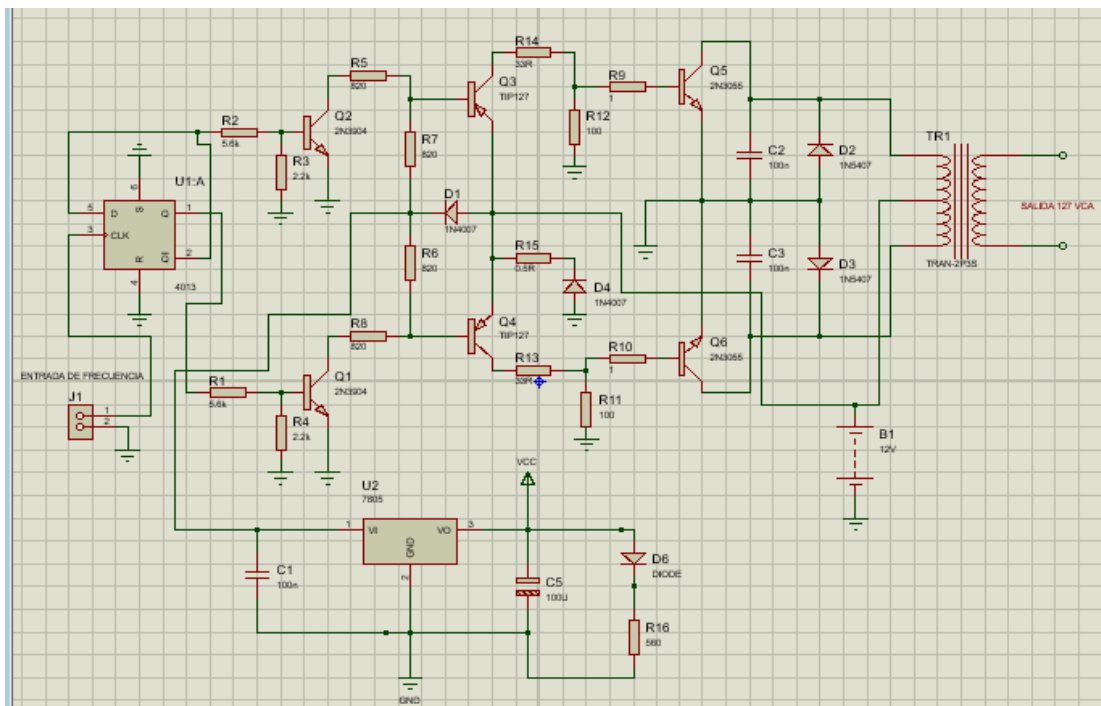
Los sensores NTC (Negative Temperature Coefficient) entregan una señal de resistencia que tiende a bajar a medida que la temperatura se incrementa de manera que estos valores se expresan como una variación de voltaje, por lo tanto, el circuito que se observan en la (figura 3) permite obtener dichas señales que varían de 0 a 5 voltios, la resistencia de acoplamiento se conectaron a las entradas analógicas AI2 y AI5 de la tarjeta, esta tendrá como objetivo calcular la corriente que circula por el circuito, con la formula $I = \frac{V}{R}$, con la corriente definida la salida del termistor se conecta a las entradas analógicas AI1 y AI GND.



(Figura 3) Circuito acoplador para el sensor NTC

Circuito para controlar la velocidad de un motor CA.

Para controlar la velocidad de un motor de CA se realizó un circuito (figura 4) inversor variador de frecuencia donde la energía cc es convertida en una señal quasi-senoidal, el cual está compuesto por un flip flop CD4013 el cual se va encargar de generar la frecuencia de salida de 127 VCA que se obtendrá del transformador, la frecuencia que será enviada al flip flop se generara desde una salida analógica AO1 (analogic Output 1) de la tarjeta DAQ , los demás componentes que constituyen el inversor serán nombrados en el siguiente apartado.



La señal cuadrada generada por la tarjeta DAQ, entra al 4013 por el pin 3 o reloj. En los pines 1 y 2 se generan ondas cuadradas inversas. Es decir: cuando el pin 1 está en (0) o estado bajo, el pin 2 está en (1) o estado alto y viceversa, los pines 4, 6 y 7 van conectado a tierra (GND). El circuito integrado CD4013 esta alimentado mediante un regulador LM7805 que va conectado al pin 14 (Vcc).

Tarjeta de acondicionamiento de señales y control

En la figura (5 y 6) se plasma cada uno de los circuitos impresos que se mencionaron en los puntos anteriores.

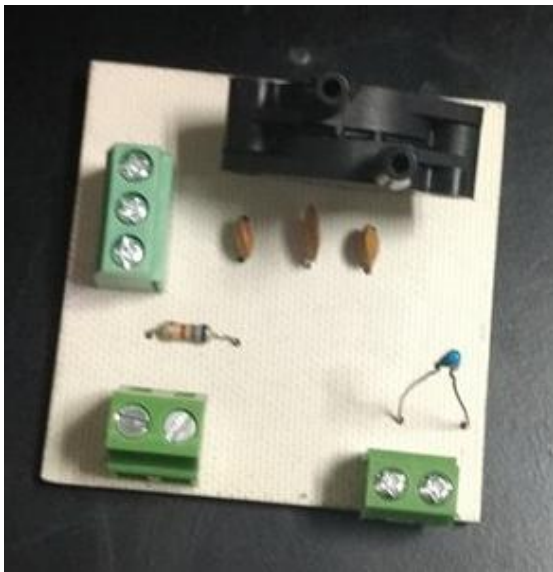


Figura 5

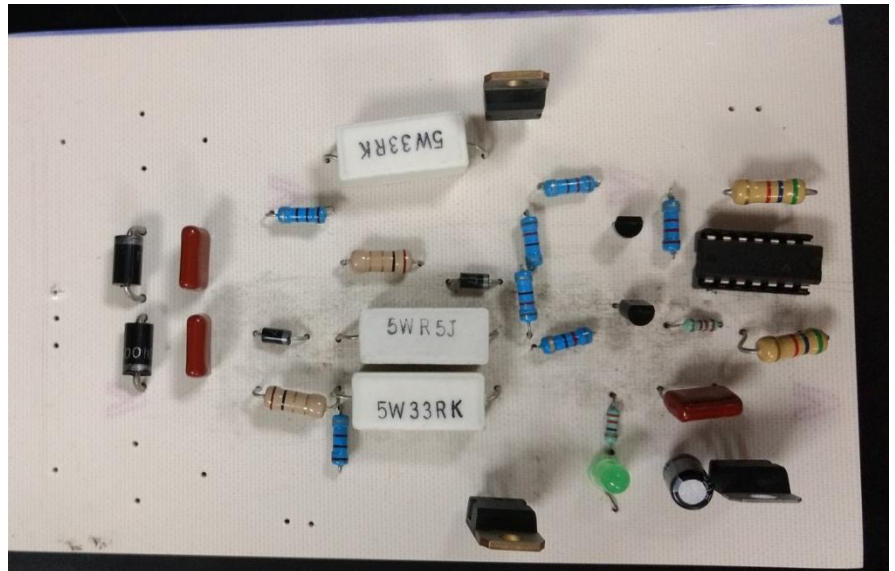


Figura 6

La tarjeta de circuito impreso PCB (Printed Circuit Board) de acondicionamiento de señales está constituida por un sensor de temperatura tipo termistor, sensor de presión MPX5700DP, capacitores, resistencias y terminales block, la tarjeta se alimenta con 5 voltios que son los genera la tarjeta DAQ.

La tarjeta del circuito inversor está constituida por resistencias, capacitores, diodos, transistores (dos 2N3904, dos TIP125, dos 2N3055 para la etapa de potencia), un flip flop CD4013 y un transformador con capacidad en el primario de 127 Vca y secundario de 12 Vca + 12Vca con tap central, el circuito se alimenta con una fuente de 12 voltios a 7 o 10 amperios.

Estructuración del software en LabVIEW

Programación de sensor de presión: Se configura la NI-DAQmx en el apartado de DAQ Assistant para el ingreso de la señal que envía el sensor a la entrada analógica, la variable que se obtiene de la salida del sensor de presión, manda una cantidad que no corresponde al parámetro de presión que en realidad se quiere medir en ese momento, se tiene que hacer una conversión con la ecuación dada por el proveedor del dispositivo, ecuación que al estar bien aplicada da un valor real de la presión en Kilo pascales (Kpa).

$$V_{out} = V_s * (0.0012858 * P + 0.04)$$

$$V_s = 5v$$

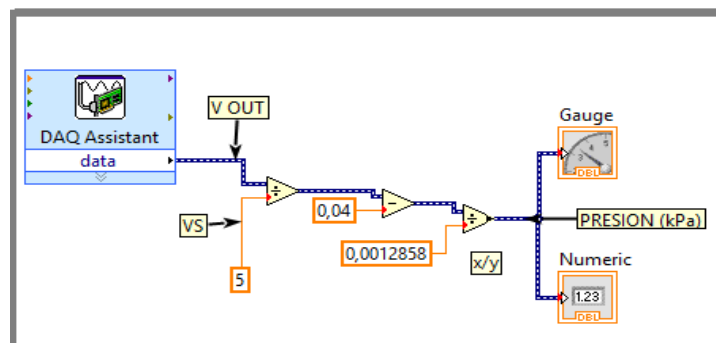
Ecuación 4

En esta ecuación solo se despeja “P” para poder obtener la presión diferencial correspondiente:

$$P = \frac{\frac{V_{out}}{V_s} - 0.04}{0.0012858}$$

Ecuación 5

Una vez obtenida la ecuación despejada, se aplicó en la programación del diagrama a bloques como se muestra en la (figura 7) y se conectó la salida del sensor en la entrada analógica AI0 de la tarjeta DAQ.



(Figura 7) Programación del sensor de presión

Programación de sensor de temperatura

Para la medición de temperatura en el programa, primero se configuro el NI DAQmx en el apartado DAQ assistant, donde se utilizaron dos entradas analógicas , la primera para adquirir el voltaje que se encuentra en el termistor (R) y la segunda para adquirir el voltaje que se encuentra resistencia de acoplamiento (Ro) esta tendrá como función calcular la corriente que pasa a través del circuito (figura 3) con la formula $I = VRo/Ro$, teniendo la corriente se calcula la resistencia en el termistor, con la formula $Rt = Vt/I$, el fin de este arreglo es poder obtener la resistencia en el termistor, utilizar la siguiente formula y aplicarla en el diagrama a bloques de LabVIEW como se muestra en la figura 7.

$$T(^{\circ}K) = \left(\frac{1}{\frac{1}{T_0} + \frac{1}{B} * \ln\left(\frac{R}{R_0}\right)} \right)$$

Ecuación 6

Donde:

T = Temperatura en grados kelvin

To = Temperatura nominal de 25 °C en grados kelvin (K=298.15)

B = Coeficiente del termistor (3950)

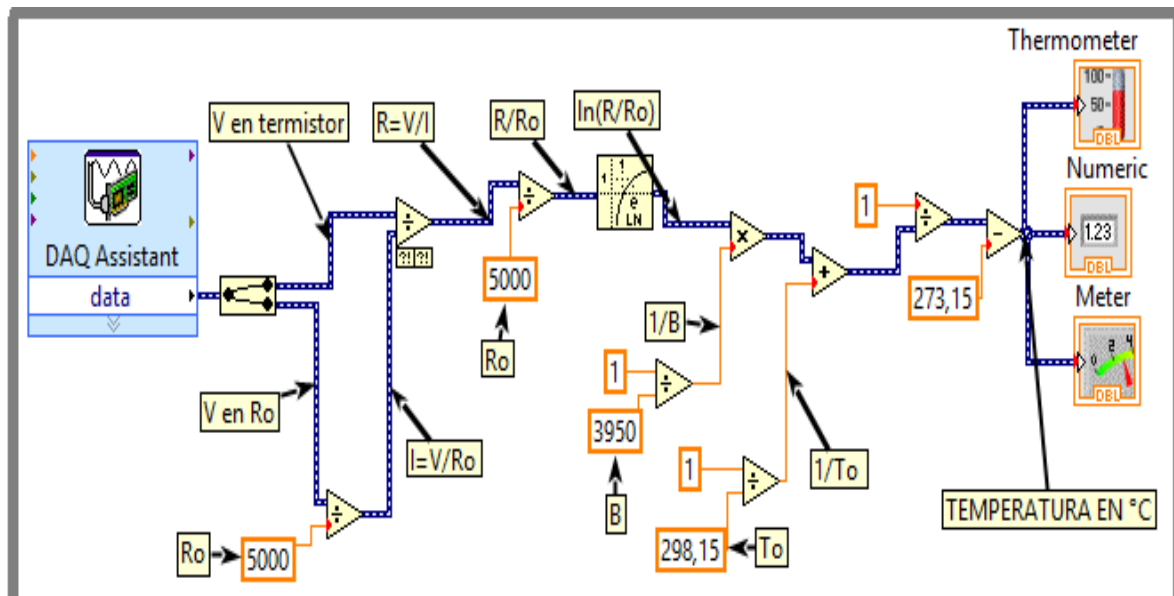
Ro = Resistencia nominal del NTC (por lo tanto a 25 °C, su valor seria 5KΩ “resistencia de acoplamiento”)

R= Resistencia medida del termistor para obtener (T (°K))

Para convertir los grados kelvin en grados centígrados se utilizó la siguiente ecuación.

$$T(^{\circ}C) = \left(\frac{1}{\frac{1}{T_0} + \frac{1}{B} * \ln\left(\frac{R}{R_0}\right)} \right) - 273.15$$

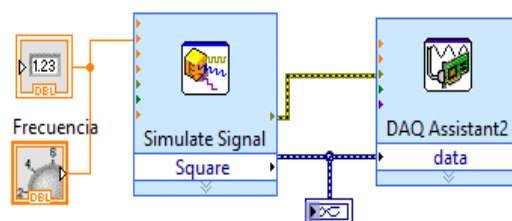
Ecuación 7



(Figura 8) Programación del sensor de temperatura.

Programación del control de frecuencia

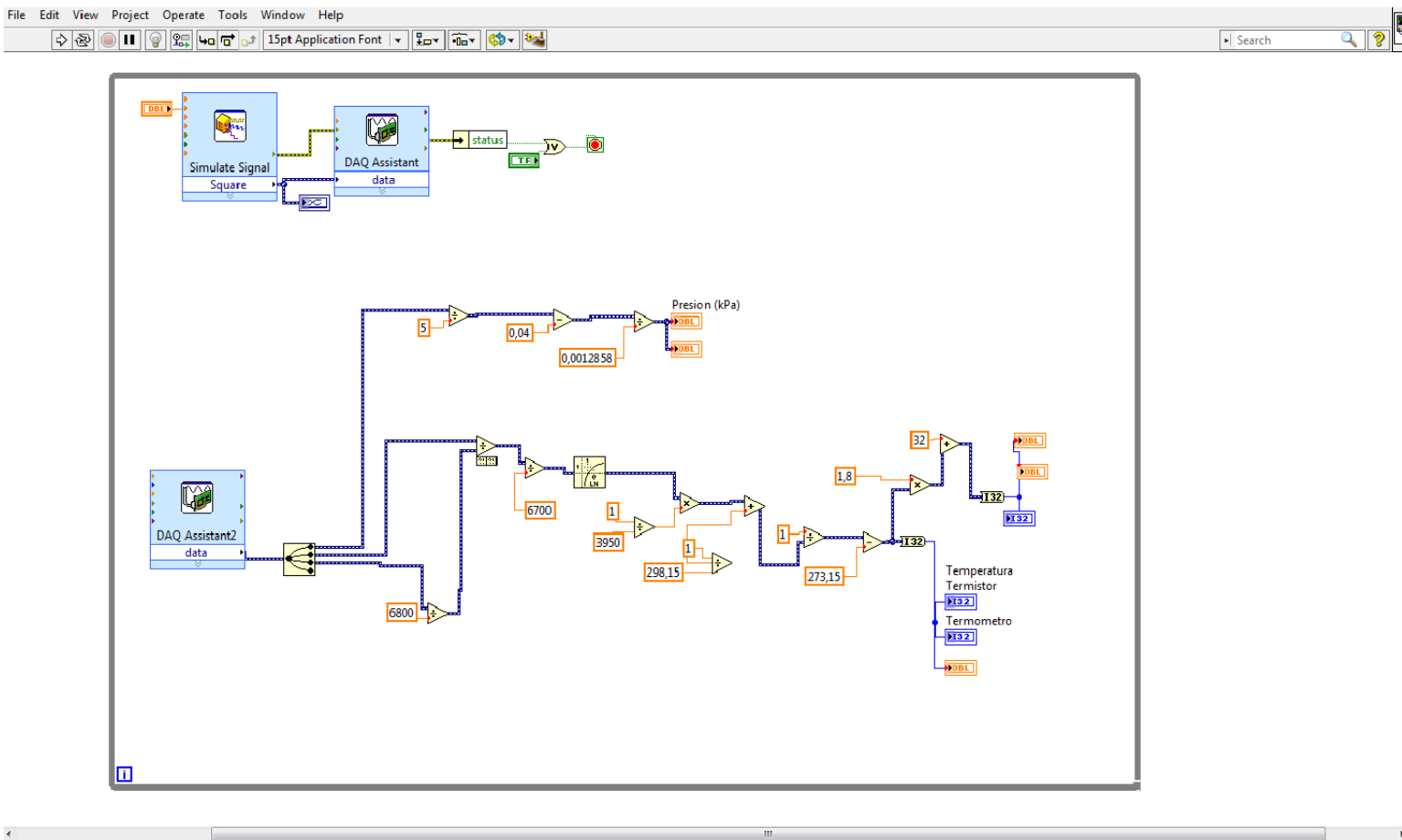
Para el control de frecuencia que va hacia el inversor se configuro una salida analógica en el DAQ Assistant la cual será la AO1 en la cual se generó una señal de voltaje con un bloque llamado “simulate signal” el cual se configuro con una señal tipo cuadrada, una amplitud de 2.5 v y un offset de 2.5 para que la amplitud de nuestra señal sea de 5 voltios, con un indicar tipo dial se podrá dar la frecuencia deseada por el usuario, una vez teniendo los elementos indicados se procede a programar como se muestra en la figura 9



(Figura 9) Programación del control de frecuencia

Programación general del sistema

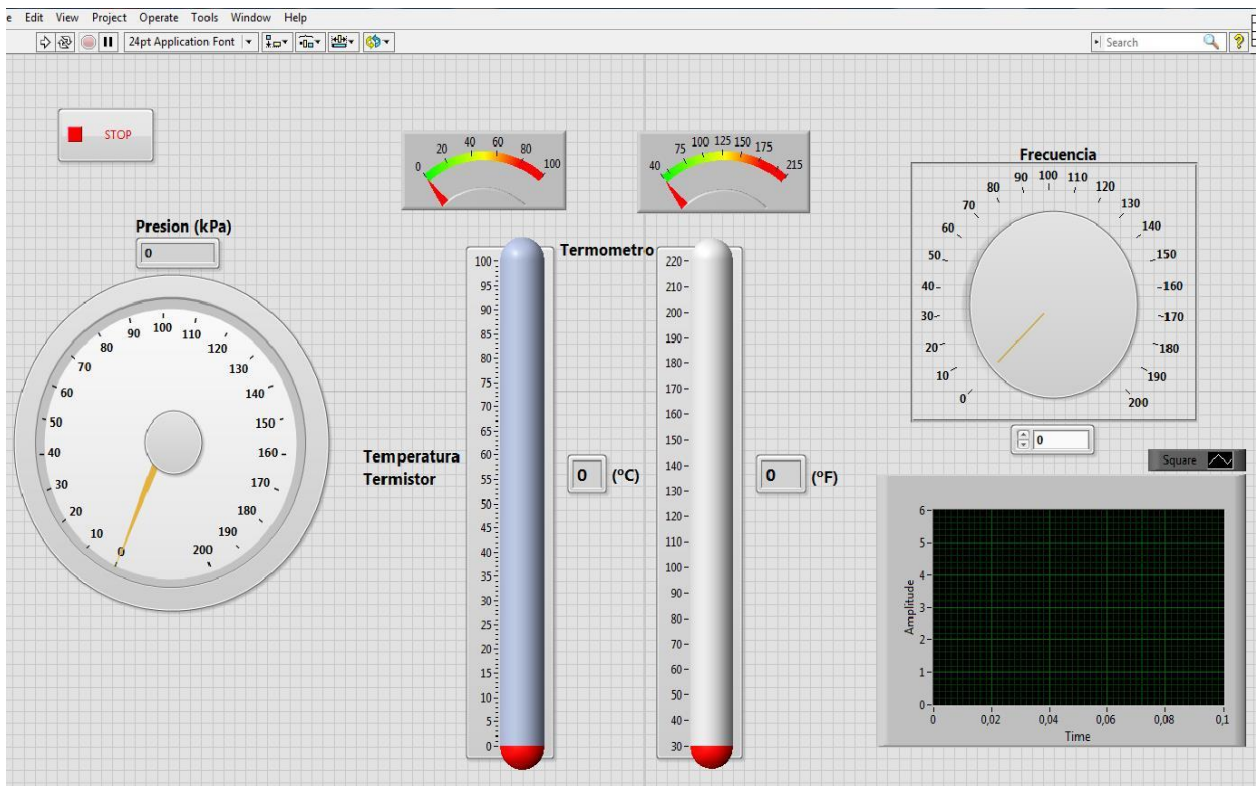
En la figura 10 se puede observar la programación de ambos sensores y el control de frecuencia que con anterioridad se explicó y monstro de manera individual. Cabe mencionar que para poder adquirir las señales de estos sensores y controlar la frecuencia de manera simultánea, deben ser programados en un mismo bloque tal y como se muestra a continuación:



(Figura 10) Programación general del sistema

Interfaz gráfica de control y monitoreo en LabVIEW

Para visualizar el valor de las variables en el instante en que se toman muestras, se emplean indicadores numéricos y gráficos (instrumentos virtuales). Los elementos están distribuidos en un panel frontal (figura 11), y puede ser modificado tanto su apariencia como su formato y precisión. En el monitoreo de presión se utiliza un indicador llamado gauge con una escala de 0 a 200 kPa (kilopascales), el monitoreo de temperatura con indicadores tipo meter y termómetro ya que se obtienen medidas en grados Celsius con una escala de 0 a 100 °C y Fahrenheit con una escala de 30 a 220 °F, en el control de frecuencia se tiene un rango de 0 a 200 Hertz (Hz) y una gráfica indicadora para ver el comportamiento de la señal enviada al inversor.



(Figura 11) panel frontal del sistema en LabVIEW

Resultados, graficas, imágenes y prototipos

Prueba del sensor de temperatura termistor en arduino:

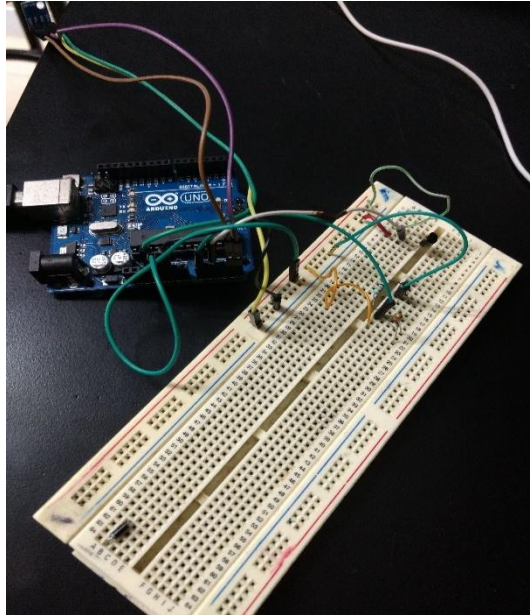


Figura 12

Prueba del sensor de presión Mpx5700dp en protoboard

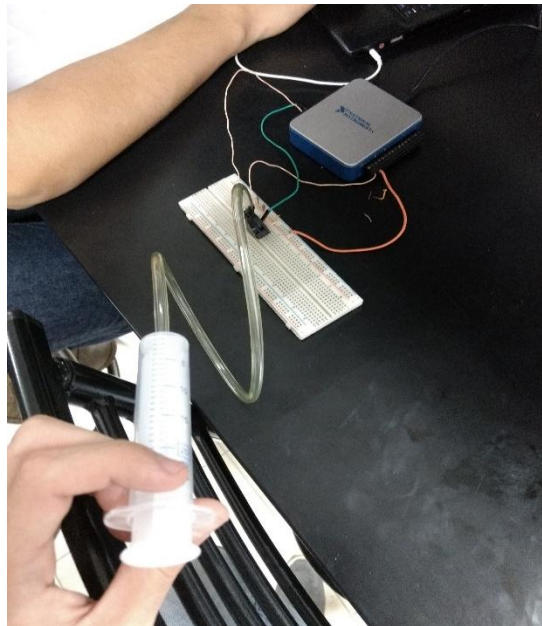


Figura 13

Montaje del inversor en protoboard para realización de pruebas

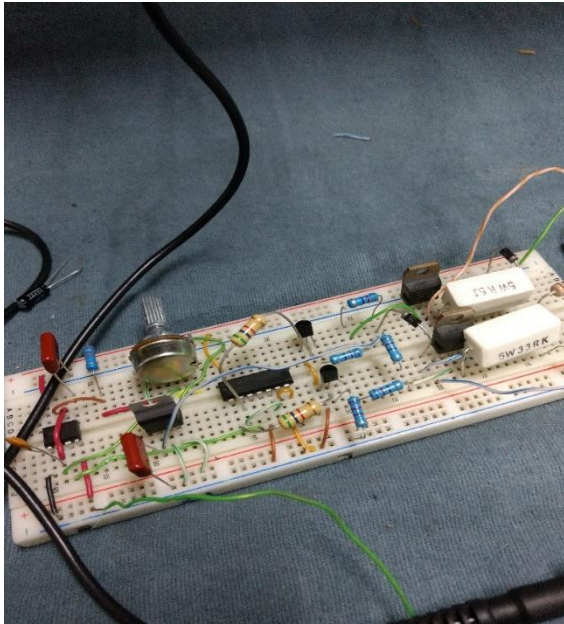


Figura 14

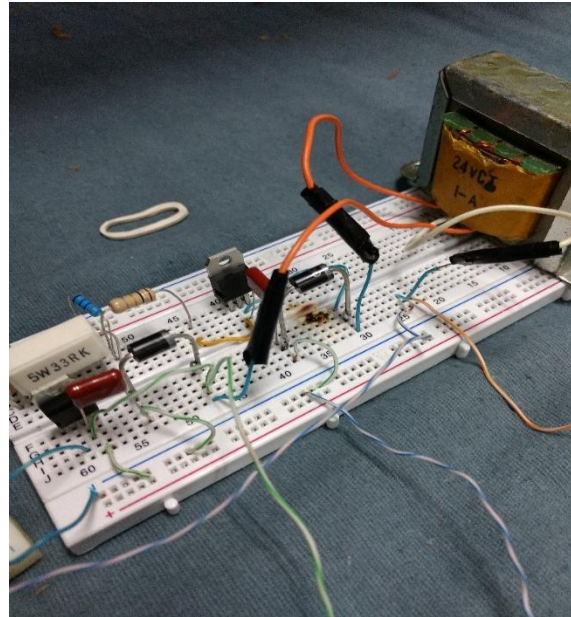


Figura 15

Realización de pruebas para la variación de frecuencia, con la tarjeta DAQ y el inversor montado en protoboard

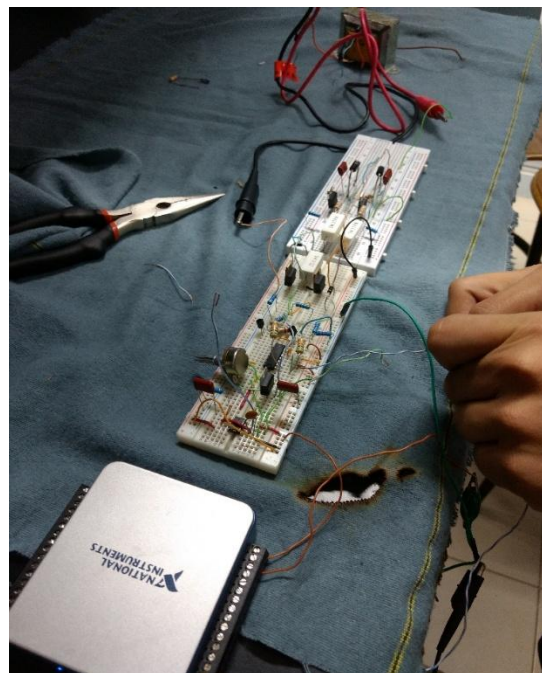


Figura 16

Elaboración de la placa del inversor

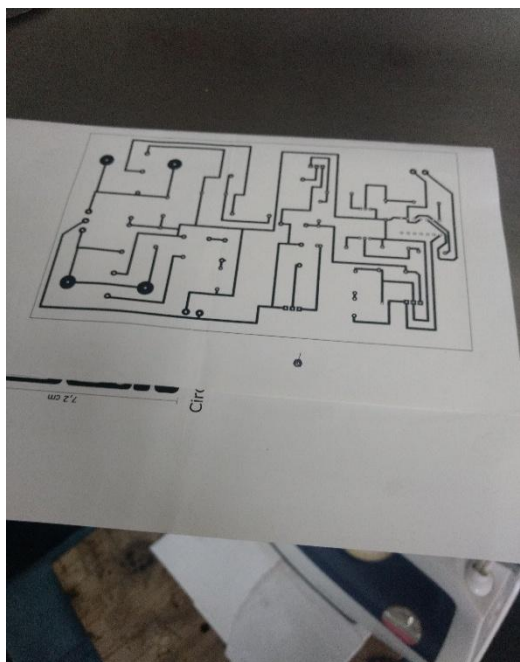


Figura 17

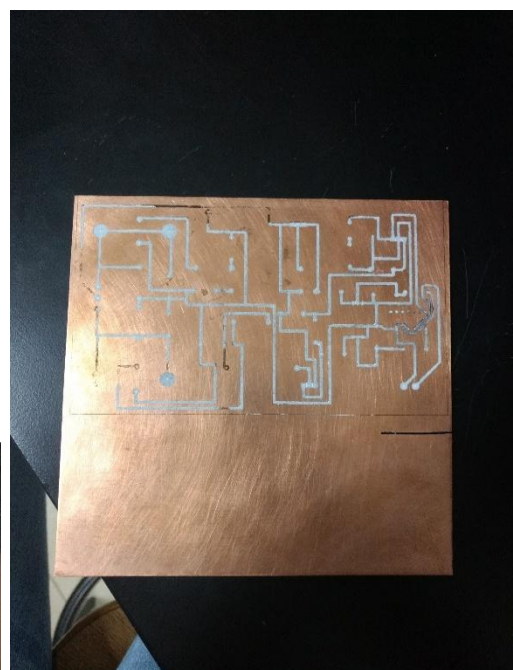


Figura 18

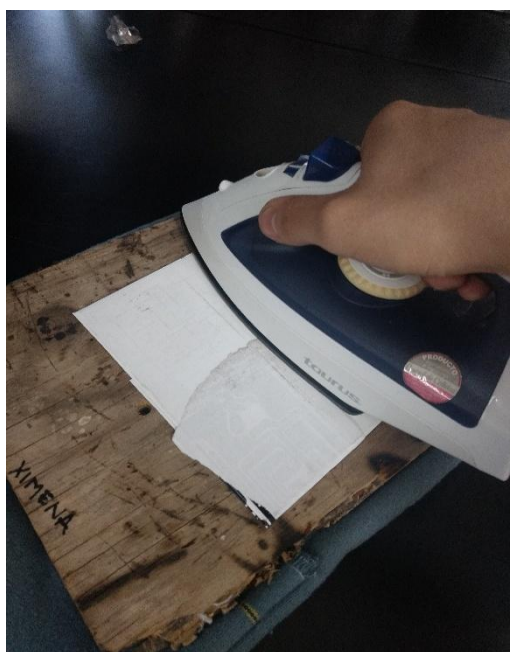


Figura 19

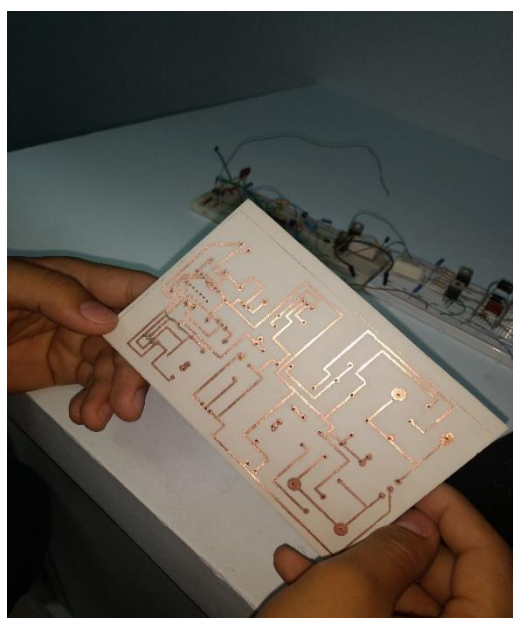


Figura 20

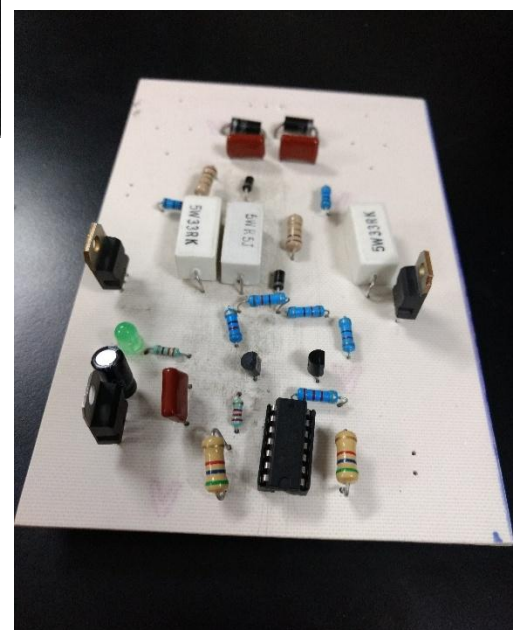


Figura 21

Elaboración de la placa para los sensores



Figura 22

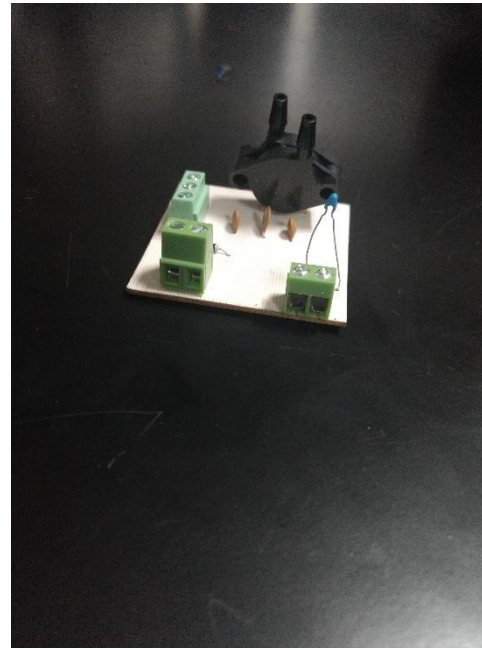


Figura 23

Prueba de los sensores montados en la placa

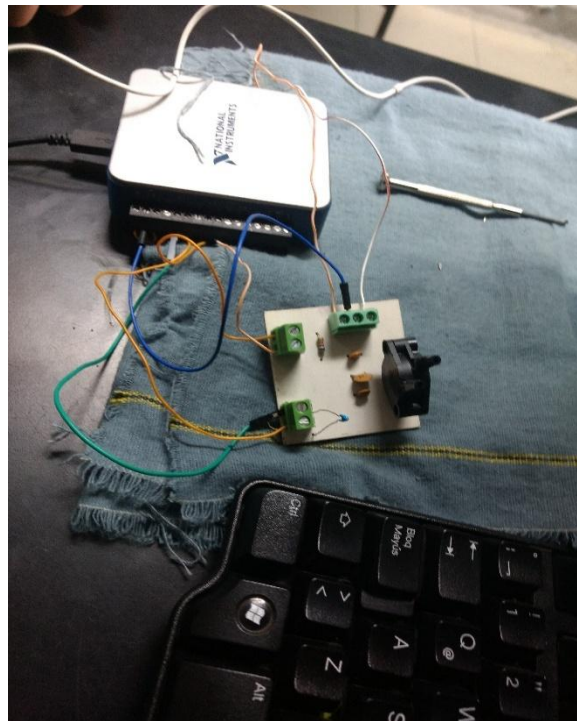


Figura 24

Programación de todo el sistema en LabVIEW

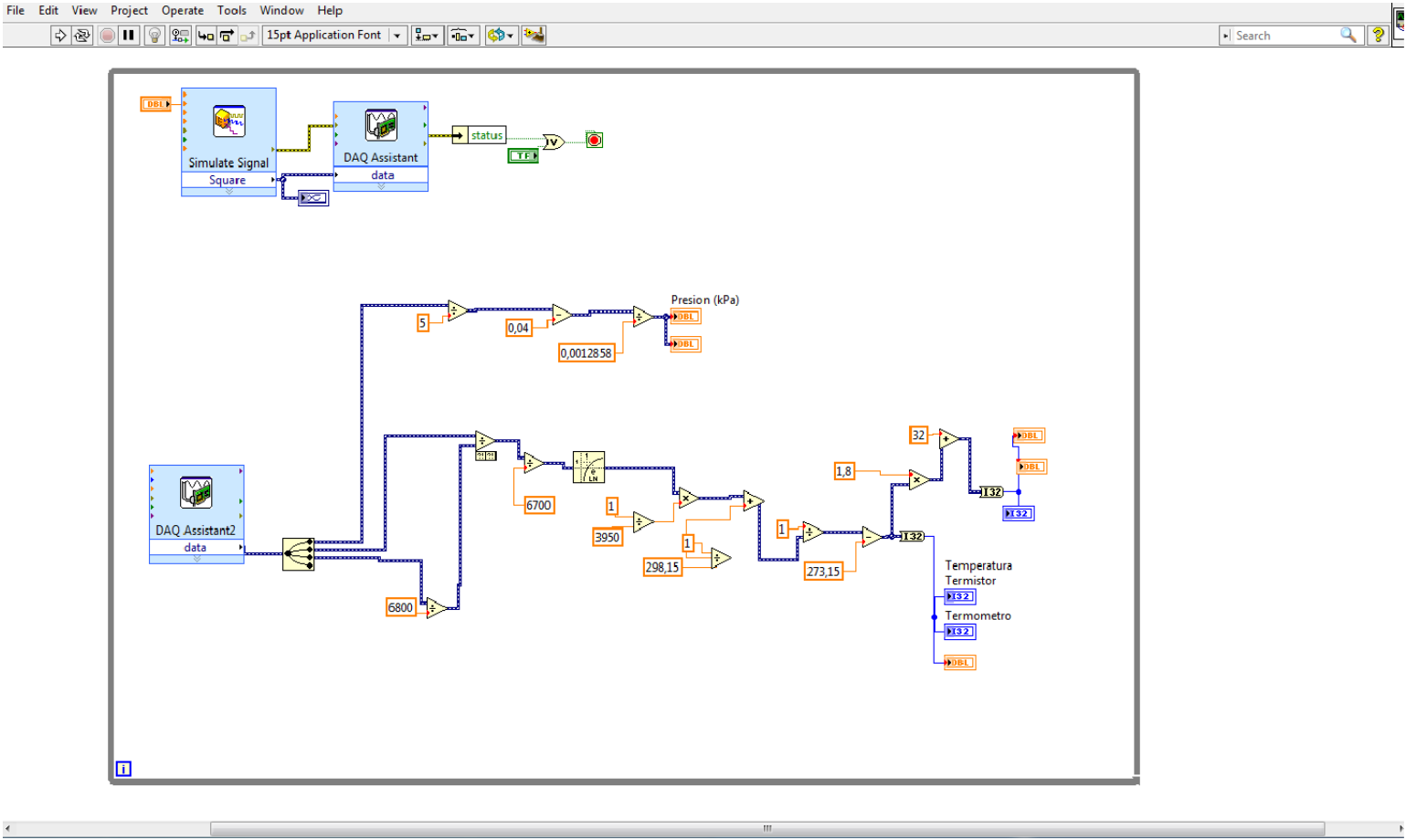


Figura 25

Interfaz gráfica de monitoreo de parámetros y control de presión en LabVIEW

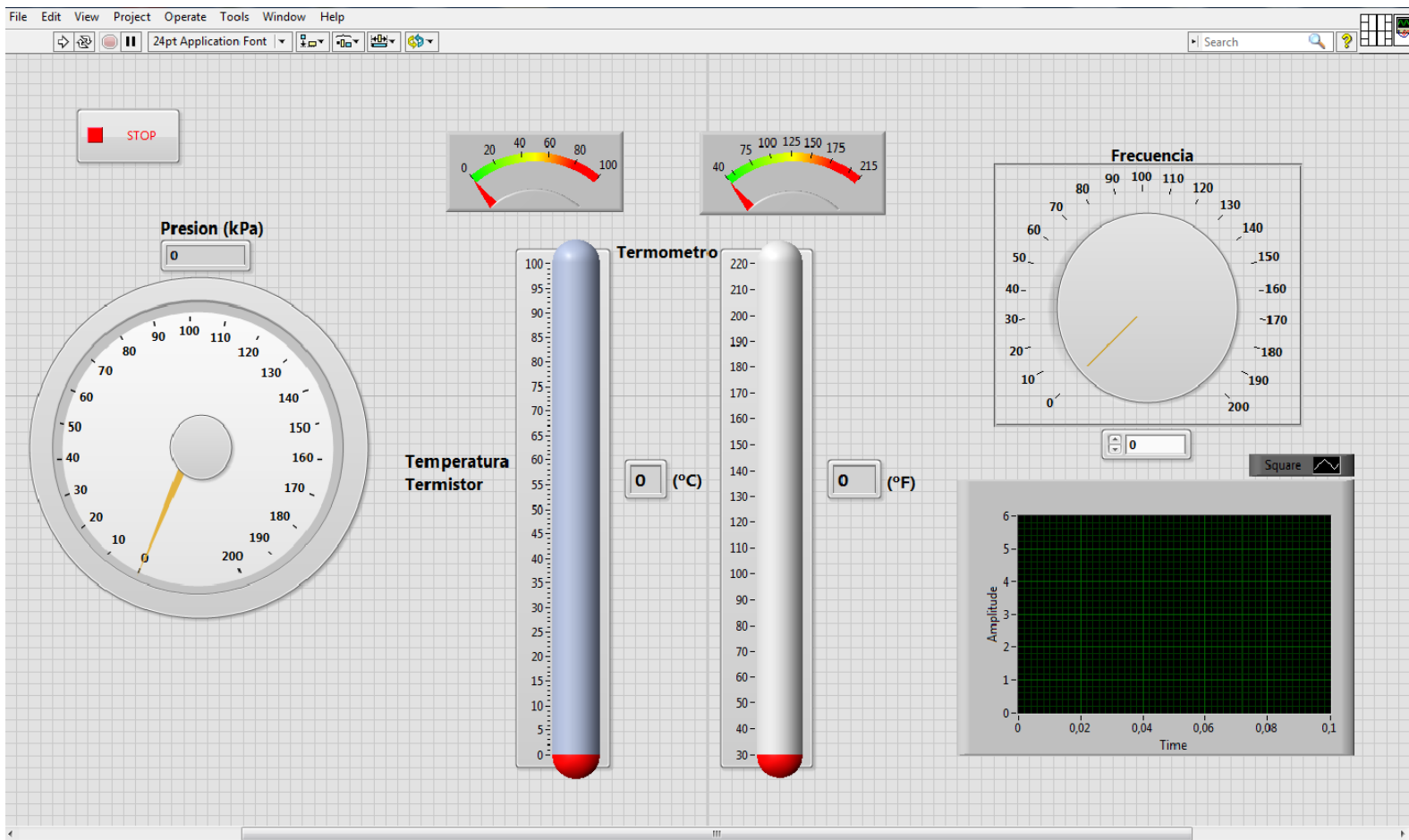


Figura 26

Conclusión

Al final de este proyecto se logró crear una interfaz gráfica de monitoreo para las condiciones dentro de la cámara de vacío tanto de presión y temperatura así como también el control de la presión por medio de la variación de la frecuencia del inversor que va conectado al motor dando como resultado un control remoto eficaz de la velocidad de este, se logró cumplir con todos los objetivos establecidos al inicio de este proyecto, debido a que se cumplen las condiciones de presión y el monitoreo de los parámetros requeridos para que se den los puntos triples de diferentes tipos de sustancias y todo dentro del tiempo establecido, cabe mencionar que no se pudo realizar el control de la temperatura dentro de la cámara de vacío debido a que la institución no contaba con la solvencia económica para poder financiar esta etapa del proyecto.

Referencias

- Ovédo, T. and Fajardo, M. (2009). *Diseño y construcción de una cámara para simular condiciones ambientales a 7000 m.s.n.m..* [online] Available at: <http://file:///C:/Users/Jorge%20Zenteno/Downloads/188-929-1-PB.pdf> [Accessed 10 Dec. 2016].
- Beltrán Díaz, L. and Cortés Aldana, C. (2013). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA DE VACÍO PARA OBTENCIÓN DE NANOPARTÍCULAS METÁLICAS POR DEPOSICIÓN FÍSICA DE VAPOR..* [online] Available at: <http://www.udistrital.edu.co:8080/documents/138588/3158368/ARTICULO+CIENTIFICO.pdf> [Accessed 10 Dec. 2016].
- Guevara Castillo, M. and Ruiz Ortiz, D. (2014). *Diseño y construcción de una cámara de presión controlada para la comprobación de sensores.* [online] Available at: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6513/1/AC-EAC-ESPE-047076.pdf> [Accessed 10 Dec. 2016].
- Sandralabview.blogspot.mx. (2011). [online] Available at: <http://sandralabview.blogspot.mx/2008/06/definicin.html> [Accessed 10 Dec. 2016].
- Conceptodefinicion.de. (2009). *¿Qué es Temperatura? - Su Definición, Concepto y Significado.* [online] Available at: <http://conceptodefinicion.de/temperatura/> [Accessed 10 Dec. 2016].
- Es.wikipedia.org. (2009). *Motor de corriente alterna.* [online] Available at: https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_alterna [Accessed 10 Dec. 2016].
- Anon, (n.d.). [online] Available at: <http://www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf> [Accessed 10 Dec. 2016].
- Villalobos, F. (2010). *Citar un sitio web - Cite This For Me.* [online] Murata.com. Available at: <http://www.murata.com/~media/webrenewal/support/library/catalog/products/thermistor/ntc/r44e.ashx> [Accessed 10 Dec. 2016].
- Ice.uaz.edu.mx. (2011). *Citar un sitio web - Cite This For Me.* [online] Available at: http://ice.uaz.edu.mx/c/document_library/get_file?uuid=16eaf7c5-e1e6-44c2-a4c6-16f542e08032&groupId=54327 [Accessed 10 Dec. 2016].
- Quiminet.com. (2014). *Usos y aplicaciones de las bombas de vacío | QuimiNet.com.* [online] Available at: <http://www.quiminet.com/articulos/usos-y-aplicaciones-de-las-bombas-de-vacio-2655428.htm> [Accessed 10 Dec. 2016].
- Es.wikipedia.org. (2012). *Cámara de vacío.* [online] Available at: https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1mara_de_vac%C3%ADo [Accessed 10 Dec. 2016].

Es.wikipedia.org. (2012). Transformador. [online] Available at: <https://es.wikipedia.org/wiki/Transformador> [Accessed 8 Dec. 2016].

Es.wikipedia.org. (2013). Inversor (electrónica). [online] Available at: [https://es.wikipedia.org/wiki/Inversor_\(electr%C3%B3nica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Inversor_(electr%C3%B3nica)) [Accessed 8 Dec. 2016].

Marketizer.com, Q. (2012). ¿Qué es un variador de frecuencia y cómo es que funciona? | QuimiNet.com. [online] Quiminet.com. Available at: <https://www.quiminet.com/articulos/que-es-un-variador-de-frecuencia-y-como-es-que-funciona-60877.htm> [Accessed 8 Dec. 2016].

Tme.eu. (2010). MPX5700DP NXP (FREESCALE) - Sensor: de presión | TME - Elektroniiikka komponentit. [online] Available at: <http://www.tme.eu/es/details/mpx5700dp/sensores-de-presion/nxp-freescale/> [Accessed 8 Dec. 2016].

Ni.com. (n.d.). Aprenda LabVIEW: Introducción a programación gráfica en NI LabVIEW - National Instruments. [online] Available at: <https://www.ni.com/getting-started/labview-basics/esa/> [Accessed 10 Dec. 2016].

Definista, (n.d.). ¿Qué es Presión? - Su Definición, Concepto y Significado. [online] Conceptodefinicion.de. Available at: <http://conceptodefinicion.de/presion/> [Accessed 10 Dec. 2016].

Es.wikipedia.org. (n.d.). Temperatura. [online] Available at: <https://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura> [Accessed 10 Dec. 2016].

Es.wikipedia.org. (n.d.). Sensor. [online] Available at: <https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor> [Accessed 10 Dec. 2016].