

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO ELECTRÓNICO

**TEMA:
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HMI (INTERFAZ HUMANO-
MÁQUINA) MEDIANTE LABVIEW PARA EL MÓDULO DE SENSORES EN
LA TECNOLOGÍA DEL AUTOMOVIL**

**AUTOR:
CRISTIAN DANILO ALBÁN VALLEJO**

**DIRECTOR:
CARLOS ALBERTO CARRANCO QUIÑONEZ**

Quito, noviembre del 2013

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO DEL
TRABAJO DE GRADO**

Yo Cristian Danilo Albán Vallejo autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Cristian Danilo Albán Vallejo
CC: 1719387340

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto, primeramente a dios por haberme dado la fuerza y salud para llegar a cumplir mi objetivo propuesto.

Al esfuerzo de mis padres quienes día a día me guiaron, y así poder superarme y luchar para la vida que me depara un mejor futuro.

A todas las personas que me han ayudado durante este tiempo.

Y muy en especial a Elizabeth que ha estado presente y por todo el apoyo recibido.

AGRADECIMIENTOS

Al director de proyecto, por su paciencia y ayuda.

Agradezco a los docentes de toda mi etapa estudiantil por los conocimientos impartidos en mi formación académica.

ÍNDICE:

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1.....	5
MARCO TEÓRICO	5
1.1 Interfaz HMI.....	5
1.2 Sistema Unitrain.....	5
1.2.1 Interfaz Unitrain-I con instrumentos virtuales (SO4203-2A 1).....	6
1.3 Descripción del Módulo de Sensores en el Automóvil.....	7
1.3.1 Resistencia NTC.....	8
1.3.1.1 Curva característica de la Resistencia NTC.....	10
1.3.2 Resistencia PTC.....	11
1.3.2.1 Curva Característica de la Resistencia PTC.....	12
1.3.3 Sensor de Presión (MAP).....	12
1.3.4 Sensor de Efecto Hall.....	13
1.3.5 Sensor Inductivo.....	15
1.3.5.1 Aplicaciones del Sensor Inductivo.....	16
1.3.6 Interruptor de la Válvula de Aceleración.....	16
1.3.7 Potenciómetro de Mariposa.....	17
1.3.8 Medidor de Flujo de Masa de Aire (MAF).....	18
1.4 Adquisición de datos.....	19
1.4.1 Sistemas de adquisición de datos.....	19
1.4.2 Características de los sistemas de adquisición de datos.....	20
1.4.2.1 Amplitud de la señal de entrada.....	20
1.4.2.2 Frecuencia máxima de la señal.....	20
1.4.2.3 Conversor análogo-digital (ADC).....	21
1.4.2.4 Rango y Resolución del ADC.....	21
1.4.2.5 Muestreo.....	21
1.4.2.6 Filtro Anti-aliasing.....	22
1.4.2.7 Configuración de la señal de entrada al ADC.....	23
1.4.2.8 Fuentes de ruido en el sistema de adquisición.....	23
1.4.3 Especificaciones del sistema de adquisición de datos.....	24
1.5 La tarjeta de adquisición de datos.....	24
1.6 Software Utilizado.....	26
1.6.1 Software Labview.....	26
1.6.2 Measurement and Automation Explorer (MAX).....	28
1.6.2.1 Configuración del dispositivo NI-DAQmx en MAX.....	28
1.7 Instrumentos industriales automotrices similares al HMI diseñado.....	29
1.7.1 Osciloscopio Automotriz.....	29
1.7.2 Escáner Automotriz.....	30
CAPÍTULO 2.....	31
DISEÑO Y DESARROLLO DEL HARDWARE SOFTWARE	31
2.1 Análisis matemático del módulo de sensores en la tecnología del automóvil.....	31
2.1.1 Análisis matemático del sensor NTC.....	31

2.1.1.1 Circuito de acondicionamiento del Sensor NTC.....	33
2.1.2 Análisis matemático del sensor PTC.....	34
2.1.2.1 Circuito de acondicionamiento del Sensor PTC	37
2.1.3 Análisis matemático del sensor de presión	37
2.1.4 Análisis matemático del sensor de efecto hall	40
2.1.4.1 Circuito de acondicionamiento del Sensor de efecto hall	41
2.1.5 Análisis matemático del sensor inductivo.....	42
2.1.5.1 Circuito de acondicionamiento del Sensor inductivo.....	44
2.1.6 Análisis matemático del interruptor de la válvula de mariposa	45
2.1.7 Análisis matemático del potenciómetro de mariposa.....	46
2.1.8 Análisis matemático del medidor de masa de aire	48
2.2 Conexión de los sensores al módulo DAQ USB-6008.	50
2.2.1 Configuración del módulo DAQ USB-6008 hacia Labview	50
2.2.2 Configuración de los Sensores mediante el Asistente de Adquisición de Datos	52
2.2.2.1 Configuración del canal para el sensor NTC	53
2.2.2.2 Configuración del canal para el sensor PTC	54
2.2.2.3 Configuración del Canal para el sensor de presión.....	54
2.2.2.4 Configuración del canal para el sensor de Efecto Hall	55
2.2.2.5 Configuración del canal para el sensor inductivo	55
2.2.2.6 Configuración del canal para el interruptor de la Válvula de Mariposa	56
2.2.2.7 Configuración del canal para el potenciómetro de mariposa	56
2.2.2.8 Configuración del canal para el medidor de masa de aire (MAF)	57
2.3 Diseño y Desarrollo del Programa en Labview	58
2.3.1 Subrutina del programa Principal	59
2.3.2 Subrutina de los sensores de velocidad.....	60
2.3.3 Subrutina de los sensores de presión.....	61
2.3.4 Subrutina de los sensores de aceleración	62
2.3.5 Subrutina de los sensores de temperatura	63
2.3.6 Subrutina de almacenamiento en Excel	63
2.3.7 Subrutina para publicación web	65
2.4 Interfaz desarrollada en Labview	66
2.4.1 Diseño de la Pantalla principal.....	66
2.4.2 Diseño de la pantalla de los sensores de velocidad.....	68
2.4.3 Diseño de la pantalla de los sensores de presión.....	69
2.4.4 Diseño de la pantalla de los sensores de aceleración	70
2.4.5 Diseño de la Pantalla de los sensores de temperatura	71
2.4.6 Diseño de la pantalla para almacenamiento de datos.....	72
2.5 Desarrollo general del hardware	73
2.5.1 Fuentes de Voltaje.....	74
2.5.1.1 Fuentes de alimentación (SO4203-2A y SO4203-2A)	74
2.5.2 Módulo de sensores en el automóvil.....	75
2.5.3 Tarjeta de acondicionamiento	75
2.5.4 Estructura para la Conexión de los Sensores al módulo DAQ USB-6008	75
2.6 Costos del proyecto	76
2.6.1 Costos de desarrollo del hardware.	76
2.6.2 Costo de la elaboración del proyecto escrito.....	77
2.6.3 Costo total del proyecto.	78

CAPÍTULO 3.....	79
PRUEBAS Y RESULTADOS.....	79
3.1 Pruebas de medición de los sensores de velocidad	79
3.1.1 Pruebas del sensor de efecto hall	79
3.1.1.1 Medición del sensor de efecto hall a velocidad baja.....	79
3.1.1.2 Medición del sensor de efecto hall a velocidad media.....	81
3.1.1.3 Medición del sensor de efecto hall a velocidad alta.....	82
3.1.2 Pruebas del sensor inductivo.....	84
3.1.2.1 Medición del sensor inductivo a velocidad baja	84
3.1.3 Medición del sensor inductivo a velocidad Media.....	86
3.1.3.1 Medición del sensor inductivo a velocidad alta	87
3.2 Pruebas de medición de los sensores de presión	89
3.2.1 Pruebas del sensor de presión	89
3.2.2 Prueba del medidor de masa de aire.....	90
3.3 Prueba de medición de los sensores de aceleración	92
3.3.1 Prueba del interruptor de válvula de aceleración	92
3.3.2 Prueba del potenciómetro de válvula de aceleración	92
3.4 Prueba de medición de los sensores de temperatura	94
3.4.1 Prueba del sensor NTC.....	94
3.4.2 Prueba del sensor PTC	96
CONCLUSIONES.....	98
RECOMENDACIONES.....	99
LISTA DE REFERENCIAS	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Interfaz HMI	5
Figura 2 Sistema Unitrain	6
Figura 3 Interfaz Unitrain	7
Figura 4 Módulo Unitrain de Sensores	7
Figura 5 Ubicación de los Sensores en el Vehículo (Sistema de Encendido).....	8
Figura 6 Resistencia NTC, Montada en la caja del termostato	9
Figura 7 Símbolo Resistencia NTC	9
Figura 8 Curva Característica del Sensor NTC.....	10
Figura 9 Resistencia PTC.....	11
Figura 10 Símbolo Resistencia PTC	11
Figura 11 Curva característica de la Resistencia PTC	12
Figura 12 Sensor de Presión	13
Figura 13 Símbolo del Sensor de Presión	13
Figura 14 Sensor de Efecto Hall	14
Figura 15 Estructura y Montaje del sensor hall	14
Figura 16 Símbolo del Sensor de efecto hall	14
Figura 17 Sensor Inductivo	16
Figura 18 Símbolo del Sensor Inductivo	16
Figura 19 Interruptor de la Válvula de Aceleración	17
Figura 20 Símbolo de la válvula de Aceleración	17
Figura 21 Potenciómetro de Mariposa.....	17
Figura 22 Funcionamiento del Potenciómetro de Mariposa	18
Figura 23 Símbolo del potenciómetro de aceleración.....	18
Figura 24 Medidor de Masa de Aire	19
Figura 25 Símbolo del Medidor de masa de Aire	19
Figura 26 Fuentes, medios y transmisión de ruido	24
Figura 27 Tarjeta DAQ USB-6008	25
Figura 28 Panel frontal y diagrama de bloques de Labview.....	27
Figura 29 Icono Measurement and automation MAX	28
Figura 30 Dispositivos que se encuentran conectados a nuestro computador	29
Figura 31 Osciloscopio Automotriz digital.....	30
Figura 32 Escáner automotriz	30
Figura 33 Termistor NTC PN-207037	31
Figura 34 Pines para medir la resistencia del Sensor NTC.....	32
Figura 35 Encendido de la calefacción del Módulo de Sensores.....	32
Figura 36 Curva Característica de la variación de la Resistencia en función de la temperatura.....	33
Figura 37 Circuito de medición de voltaje del sensor NTC.....	33
Figura 38 Sensor PTC en un vehículo	35
Figura 39 Pines de Conexión para medir la Resistencia en el sensor ptc	35
Figura 40 Curva de la variación de Resistencia en función de la Temperatura.....	36
Figura 41 Circuito acondicionador para medir voltaje con el sensor PTC	37
Figura 42 Sensor de presión del módulo de Sensores.....	38
Figura 43 Conexión del Voltímetro en el sensor de presión.....	38
Figura 44 Instalación de la bomba manual al sensor de presión.....	39

Figura 45	Curva de la medición de la Presión en función del Voltaje	39
Figura 46	Sensor de efecto hall.....	40
Figura 47	Conexión del Voltímetro en el sensor efecto hall.....	40
Figura 48	Ubicación del Potenciómetro de control de giro del motor.....	41
Figura 49	Señal obtenida del sensor efecto hall en Labsoft.....	41
Figura 50	Circuito acondicionador del Sensor de efecto hall	42
Figura 51	Sensor Inductivo y Rueda dentada	42
Figura 52	Pines de conexión del sensor inductivo.....	43
Figura 53	Señal obtenida del sensor inductivo en Labsoft a velocidad baja	43
Figura 54	Señal obtenida del sensor inductivo en Labsoft a velocidad alta	44
Figura 55	Circuito acondicionador del Sensor inductivo.....	44
Figura 56	Interruptor de la Válvula de Mariposa.....	45
Figura 57	Pines de conexión del Interruptor de la válvula de mariposa	45
Figura 58	Potenciómetro de mariposa	46
Figura 59	Pines de conexión del potenciómetro de mariposa.....	46
Figura 60	Curva de la medición de Voltaje en función del Angulo de Giro	47
Figura 61	Medidor de masa de aire.....	48
Figura 62	Sistema para medir el flujo de aire	48
Figura 63	Pines de conexión del medidor de masa de aire	49
Figura 64	Curva de medición de Flujo en función del Voltaje.....	49
Figura 65	Instalación de la tarjeta DAQ USB-6008	50
Figura 66	Módulo usb-6008 detectado por nuestra PC	51
Figura 67	Prueba de conexión entre el módulo DAQ USB-6008 y nuestra PC	51
Figura 68	Pines de la Tarjeta DAQ USB-6008.....	52
Figura 69	Configuración de las señales de entrada como voltaje	53
Figura 70	Conexión del sensor NTC	53
Figura 71	Conexión del sensor PTC	54
Figura 72	Diagrama de conexión del sensor de presión	54
Figura 73	Diagrama de conexión del sensor de efecto hall	55
Figura 74	Diagrama de conexión del sensor de efecto inductivo	55
Figura 75	Diagrama de conexión del interruptor de la válvula de mariposa	56
Figura 76	Diagrama de conexión del potenciómetro de mariposa.....	56
Figura 77	Diagrama de conexión del medidor masa de aire.....	57
Figura 78	Diagrama de flujo del programa principal.....	59
Figura 79	Diagrama de flujo de la medición de los sensores de velocidad	60
Figura 80	Diagrama de flujo de la medición de los sensores de aire.....	61
Figura 81	Diagrama de flujo de la medición de los sensores de aceleración.....	62
Figura 82	Diagrama de flujo de la medición de los sensores NTC y PTC	63
Figura 83	Diagrama de flujo de almacenamiento de datos.....	64
Figura 84	Diagrama de flujo para publicación web.....	65
Figura 85	Pantalla principal diseñada para el módulo de sensores del automóvil.....	67
Figura 86	Pantalla de los sensores de velocidad	69
Figura 87	Pantalla de los sensores de Presión.....	70
Figura 88	Pantalla de los sensores de Aceleración	71
Figura 89	Pantalla de los sensores de temperatura	72
Figura 90	Pantalla para generar reportes.....	73
Figura 91	Diagrama de Bloques del Hardware utilizado.....	74

Figura 92 Fuente de Alimentación Unitrain	74
Figura 93 Módulo SO4203-4V	75
Figura 94 Tarjeta de acondicionamiento.....	75
Figura 95 Estructura utilizada para la conexión de la tarjeta 6008 y Labview	76
Figura 96 Señal del sensor de efecto hall en el osciloscopio a velocidad baja	80
Figura 97 Señal y RPM del sensor de efecto hall medidas en Labview a velocidad baja	81
Figura 98 Señal del sensor de efecto hall en el osciloscopio a velocidad media.....	82
Figura 99 Señal y RPM del sensor de efecto hall medidas en Labview a velocidad media.....	82
Figura 100 Señal del sensor de efecto hall en el osciloscopio a velocidad alta.....	83
Figura 101 Señal y RPM del sensor de efecto hall medidas en Labview a velocidad alta	83
Figura 102 Señal del sensor inductivo en el osciloscopio a velocidad baja	85
Figura 103 Señal y RPM del sensor inductivo medidas en Labview a velocidad baja...86	86
Figura 104 Señal del sensor inductivo en el osciloscopio a velocidad media	87
Figura 105 Señal y RPM del sensor inductivo medidas en Labview a velocidad media87	87
Figura 106 Señal del sensor inductivo en el osciloscopio a velocidad alta	88
Figura 107 Señal y RPM del sensor inductivo medidas en Labview a velocidad alta ...88	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resistencia medida en función del tiempo.....	10
Tabla 2 Resistencia medida en función del tiempo.....	12
Tabla 3 Comparación entre requerimientos del sistema y características de la tarjeta a utilizar	25
Tabla 4 Términos de Labview y sus equivalentes convencionales.....	27
Tabla 5 Valores medidos temperatura-Resistencia del sensor NTC.....	32
Tabla 6 Valores de las constantes para la ecuación de temperatura.....	34
Tabla 7 Valores medidos temperatura-resistencia del sensor PTC.....	36
Tabla 8 Valores medidos voltaje-presión del sensor de presión	39
Tabla 9 Valores de voltaje en función del ángulo de giro del potenciómetro de mariposa	47
Tabla 10 Valores medidos voltaje-Flujo de aire	49
Tabla 11 Tabla de configuración de los canales de entrada de los sensores.....	57
Tabla 12 Simbología para los diagramas de flujo.....	58
Tabla 13 Estados del motor dependiendo del número de RPM	60
Tabla 14 Descripción del HMI diseñado	68
Tabla 15 Descripción del HMI diseñado pantalla sensores de velocidad.....	69
Tabla 16 Descripción del HMI diseñado pantalla sensores de Aire	70
Tabla 17 Descripción del HMI diseñado pantalla sensores de Aceleración	71
Tabla 18 Descripción del HMI diseñado pantalla sensores de Temperatura	72
Tabla 19 Descripción del HMI diseñado pantalla almacenamiento de datos	73
Tabla 20 Costo del desarrollo del hardware.....	77
Tabla 21 Costo del proyecto escrito.....	77
Tabla 22 Costo total del proyecto	78
Tabla 23 RPM del sensor de efecto hall medida, calculada y error a velocidad baja.....	80
Tabla 24 RPM del sensor de efecto hall medida, calculada y error a velocidad media..	81
Tabla 25 RPM del sensor de efecto hall medida, calculada y error a velocidad alta.....	83
Tabla 26 RPM del sensor inductivo medida, calculada y error a velocidad baja	85
Tabla 27 RPM del sensor inductivo medida, calculada y error relativo a velocidad media.....	86
Tabla 28 RPM del sensor inductivo medida, calculada y error relativo a velocidad alta	88
Tabla 29 Valores medidos, calculadas y error del sensor de Presión	89
Tabla 30 Valores medidos en Labview y del manómetro.....	90
Tabla 31 Valores calculados y medidos del medidor de masa de aire.....	91
Tabla 32 Valores medidos en Labview y variación de potenciómetro	91
Tabla 33 Voltaje medido en Labview y variación del interruptor	92
Tabla 34 Valores medidos en Labview, calculados y error del potenciómetro	93
Tabla 35 Valores de masa de aire medidos en Labview y variación de potenciómetro	93
Tabla 36 Temperatura medida por la Termocupla y en Labview	94
Tabla 37 Medidas tomadas por la Termocupla y en Labview	95
Tabla 38 Valores medidos, calculados y error del sensor PTC.....	96
Tabla 39 Medidas tomadas por la Termocupla y Labview	96

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Explicación del programa diseñado	103
Anexo 2. Explicación del Hardware utilizado	111
Anexo 3. Hoja de datos de los sensores utilizados:	115
Anexo 4. Siglas utilizadas.....	119

RESUMEN

La automatización industrial se orienta a la utilización de HMI (Interface hombre-máquina) que son factores vitales en la automatización, debido que están diseñados para satisfacer las necesidades de los procesos cada vez más complejos de las máquinas.

Estas interfaces se encargan de presentar datos de sensores que intervienen en estos procesos y son presentados en el panel de operador, a la vez que pueden controlar el proceso a través de la interfaz gráfica de usuario, logrando realizar tanto el control y monitoreo del proceso en una planta industrial.

La parte esencial del proyecto es implementar un sistema HMI para el módulo de sensores en el Automóvil del laboratorio de Electrónica Automotriz, el cual contiene nueve sensores análogos diferente, que son conectados mediante la tarjeta de adquisición de Datos (DAQ USB-6008) hacia un computador con la ayuda del software Labview.

ABSTRACT

Industrial automation is oriented to the use of HMI (Human Machine Interface) that are vital factors in automation, because they are designed to meet the needs of increasingly complex processes of machines.

These interfaces are responsible for presenting data from sensors involved in these processes and are presented on the operator panel, while the process can be controlled through the GUI, managed to obtain both control and process monitoring an industrial plant.

The essential part of the project is to implement a module HMI for sensors in the Automobile Automotive Electronics Lab, which contains nine different analog sensors, which are connected by the data acquisition card (DAQ USB-6008) to a computer with Labview software help.

INTRODUCCIÓN

Justificación y Origen del proyecto

En los laboratorios de la carrera de Ingeniería Electrónica existe el módulo de Sensores en la Tecnología del Automóvil del fabricante Lucas-Nülle, que intervienen en el control automático de un motor de combustión y funciona para las prácticas de la cátedra de Electrónica Automotriz, conectado mediante la Interfaz Unitrain-I al Software Labsoft permitiendo aplicaciones simples ya que debido al número de entradas analógicas solo podemos adquirir las señales hasta de dos sensores, por la cual se desea desarrollar nuevas aplicaciones para la adquisición y visualización de las señales de los ocho sensores que forman parte de este módulo.

El módulo está compuesto por los siguientes sensores:

- Resistencia NTC (Temperatura)
- Resistencia PTC (Temperatura)
- Sensor de Presión (Presión)
- Sensor de efecto Hall (Velocidad)
- Sensor inductivo (Velocidad)
- Interruptor de mariposa (Aceleración)
- Potenciómetro de mariposa (Aceleración)
- Medidor de la masa de aire (Aceleración)
- Sensor de detonación (Vibraciones)

Se implementará el diseño de un sistema completo e integral de visualización y adquisición de señales mediante oscilogramas y herramientas para la presentación de datos utilizando el Software Labview, de los ocho sensores que componen el módulo SO4203-4V mediante el módulo de Adquisición de Datos DAQ USB-6008 fabricado por National Instruments, para realizar el escalamiento a magnitudes físicas las cuales se almacenaran en archivos de formato Excel, para aprovechar los datos obtenidos como herramienta en el análisis de los sensores que componen este módulo, en las clases

dictadas en la cátedra de electrónica automotriz, por la manipulación de los sensores a ser utilizados.

Para culminar se realizará la interface para la presentación de los datos:

- Observar los datos obtenidos.
- Visualizar los datos mediante internet para una conexión remota como se acostumbra la automatización industrial.

Motivación

Este proyecto surge de la necesidad de visualizar las señales adquiridas de los sensores que componen el módulo a ser utilizado y gestionar de manera fácil mediante el Software Labview que al ser una programación gráfica es amigable para los usuarios.

La principal deficiencia actual de la utilización del módulo de electrónica automotriz, es que solo se adquiere y se visualiza en Labsoft las señales de un máximo de dos sensores ya que la interface de adquisición solo posee dos entradas análogas, por lo que el proyecto a ser realizado va a facilitar la comprensión del funcionamiento de los sensores que utilizan los motores de combustión interna mediante la visualización de un sistema completo en donde se pueda manipular los sensores que hacen posible el funcionamiento de control automático de un motor.

Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema HMI (Interfaz Humano-Máquina) mediante Labview para el módulo de Sensores en la tecnología del Automóvil del laboratorio de Electrónica Automotriz.

Objetivos Específicos:

- Ejecutar el análisis del módulo de *Sensores* en la tecnología del Automóvil, para mejorar las aplicaciones que se tienen.
- Realizar las conexiones entre los Sensores pertenecientes al módulo a ser utilizado y la tarjeta de Adquisición de Datos, para transferir los datos hacia el Software a utilizarse.
- Desarrollar la programación del HMI, para observar los datos adquiridos mediante: oscilogramas, presentación y almacenamiento de los datos del módulo de Sensores.
- Efectuar pruebas y análisis de resultados sobre la implementación del proyecto propuesto para el correcto funcionamiento del sistema.

Alcance

El proyecto se centrará en el diseño del sistema HMI utilizando el software Labview, con la finalidad de presentar los datos obtenidos del Módulo de Sensores en el Automóvil (SO4203-4V) del Laboratorio de Electrónica Automotriz que es utilizado en las diferentes prácticas de las materias dictadas, utilizando herramientas visuales de programación de fácil comprensión.

El segundo apartado de este proyecto, es realizar el almacenamiento de datos mediante el software Excel que permitirá el análisis de todos los sensores que intervienen en el proceso de Control automático de un motor de combustión.

Para la presentación de cálculos se utilizará las unidades de medida utilizadas en la automoción de cada sensor que interviene en el funcionamiento de un vehículo, por lo que se ha considerado utilizar:

- Resistencia NTC (Grados Centígrados)
- Resistencia PTC (Grados Centígrados)
- Sensor de presión MAP (Bar y su transformación a kPa)
- Sensor de efecto Hall (Velocidad Angular rpm)

- Sensor inductivo (Velocidad Angular rpm)
- Interruptor de mariposa (Encendido o Apagado)
- Potenciómetro de mariposa (Grados de Apertura)
- Medidor de la masa de Aire (g/s)

El sensor que no se utiliza en el proyecto es el Sensor de Detonación (KS), porque su función es medir las vibraciones que se produce al estar encendido el motor por lo que al no producirse este funcionamiento, es mejor descartarlo ya que al usarlo no va a ser de gran ayuda para el funcionamiento de los sensores que componen el módulo a ser utilizado.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Interfaz HMI

La palabra HMI proviene de las siglas: Human Machine Interface (Interfaz Humano-Maquina), siendo el nombre que tiene cualquier software que permite la visualización y monitoreo de datos en un proceso industrial.

En la actualidad la automatización se encuentra enfocada a la utilización de HMI's que representan la interfaz entre el hombre y un proceso, son partes integrales en la mayoría de los ambientes industriales complejos o geográficamente dispersos, como se muestra en la Figura 1 algunos ejemplos de sistemas de monitoreo utilizados.

Figura 1 Interfaz HMI



Fuente:(National Instruments)

Una interfaz HMI se encarga de:

- Representar procesos
- Manejar procesos
- Emitir avisos
- Archivar, documentar valores del proceso y avisos
- Administrar parámetros de proceso y parámetros de máquina

1.2 Sistema Unitrain

El sistema Unitrain (Figura 2) es un sistema de experimentación y entrenamiento, de alto rendimiento, asistidos por computador, en las tareas de electrotecnia y electrónica.

El sistema integra unidades de aprendizaje, y comprometen el sentido táctil, dentro de un concepto global que vincula la teoría con la práctica, y conduce así a un entorno de estudio altamente efectivo y eficiente gracias la diversidad de los sistemas. Se trata de un sistema modular abierto, que junto a un gran número de cursos multimedia, conforma un laboratorio de alta tecnología, asistido por computador, que permite el ingreso al mundo de la electrotecnia y la electrónica. La interfaz de medición provee las entradas y salidas analógicas y digitales de medición y control, las cuales, al combinarse con una gran cantidad de Instrumentos Virtuales, proporcionan instrumentos de medición de gran precisión, en el laboratorio convencional, solo es realizable empleando un gran número de equipos individuales. El software Labsoft es la plataforma de experimentación abierta que permite el acceso a todos los medios del sistema Unitrain, y que ha sido creada para la ejecución y documentación de experimentos. (Lucas-Nuelle)

Figura 2 Sistema Unitrain



Fuente: (1425_S_Unitrain-pdf)

1.2.1 Interfaz Unitrain-I con instrumentos virtuales (SO4203-2A 1)

Esta interfaz es la unidad central del sistema Unitrain-I (Figura 2.3), provee las entradas, salidas, conmutadores, fuentes y la tecnología de medición necesarios para la experimentación.

Figura 3 Interfaz Unitrain



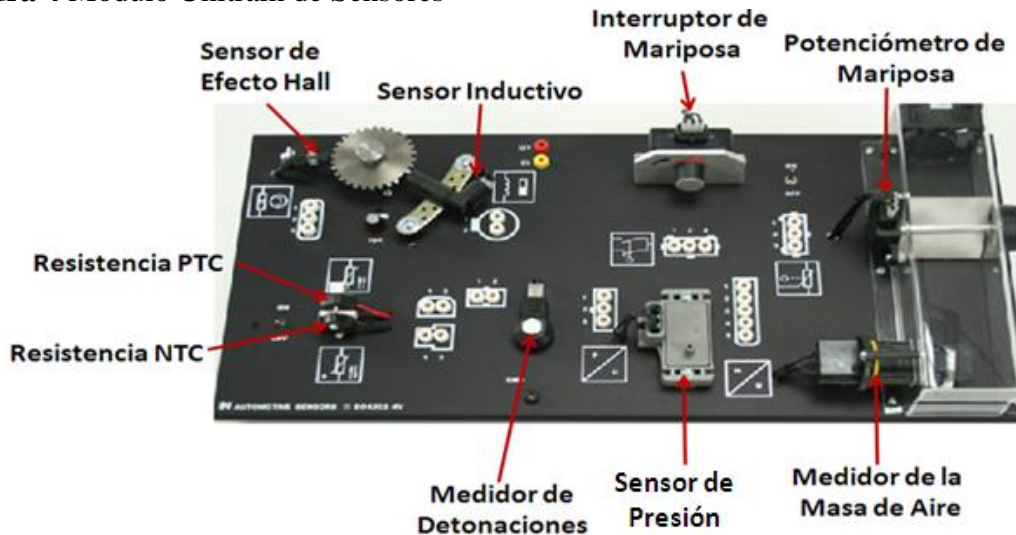
Fuente: (1425_S_Unitrain-pdf)

1.3 Descripción del Módulo de Sensores en el Automóvil

El módulo SO4203-4V "Sensores del automóvil" (Figura 4) contiene 9 sensores diferentes, cada uno de ellos al igual que sus conexiones son de libre acceso. Para los experimentos, los sensores deben estar conectados con las fuentes de tensión y los instrumentos de medición.

Los sensores se emplean siempre que sea necesario transformar una magnitud física o mecánica previamente medida en una señal eléctrica. A partir de esto, una unidad de control puede procesar dicha señal y dado el caso, influenciar o regular a su vez el funcionamiento de los actuadores. (Lucas-Nuelle)

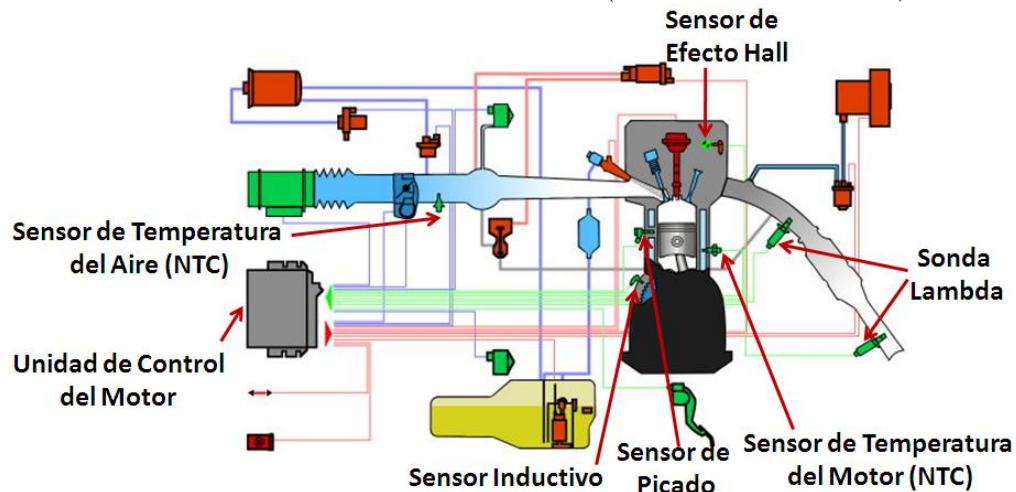
Figura 4 Módulo Unitrain de Sensores



Elaborado por: Cristian Albán

Los sensores detectan: el número de revoluciones, la posición del árbol de levas, la temperatura del refrigerante o la presión negativa del tubo de aspiración que son algunos de los fenómenos que intervienen en el sistema control automático del motor de un automóvil.

Figura 5 Ubicación de los Sensores en el Vehículo (Sistema de Encendido)



Elaborado por: Cristian Albán

Los tipos de señal de los sensores utilizados en este módulo son analógicos y digitales pudiendo necesitar de alimentación externa para su funcionamiento (moduladores) o no necesitar de alimentación externa (generadores), los sensores utilizados en automoción deben ser: fiables, robustos, baratos, ligeros, pequeños y de bajo consumo.

Los parámetros importantes que deben satisfacer los sensores son:

- Precisión
- Resolución.
- Linealidad
- Sensibilidad(Rodríguez, 2007, pág. 19)

1.3.1 Resistencia NTC

Las resistencias NTC presentan cambios en función del calor. Su valor se vuelve cada vez más pequeño si aumenta la temperatura. Por lo tanto, con ellas se obtiene una mejor respuesta de conducción en caliente que en frío.

Figura 6 Resistencia NTC, Montada en la caja del termostato



Fuente: Software Labsoft

El parámetro más importante de un sensor NTC es su valor de resistencia a 20°C, esto es la resistencia de este componente en frío.

Dado que los valores en cuestión dependen de la temperatura, estos no se calculan, sino que se leen directamente de las curvas características que aparecen en las fichas técnicas.

Los termistores NTC disminuyen su valor de resistencia al elevarse la temperatura y mejoran así su conductibilidad. Esto se debe a que, si el calor aumenta se desprenden más electrones de la red cristalina y sirven así a la conducción de corriente.

Figura 7 Símbolo Resistencia NTC



Fuente: Software Labsoft

Las resistencias NTC se utilizan muy frecuentemente en los automóviles para la medición de la temperatura, por ejemplo, en forma de:

- Sensor de la temperatura del refrigerante
- Sensor de la temperatura del aceite
- Sensor de temperatura exterior
- Sensor de temperatura de la salida del acondicionador de aire
- Sensor de la temperatura del combustible

1.3.1.1 Curva característica de la Resistencia NTC

En la Figura 8 se visualiza la curva característica que produce la resistencia NTC, utilizando la tabla 2.1 que muestra los datos de la resistencia con respecto al tiempo que cambia la temperatura, en donde se observa que la resistencia disminuye al aumentar la temperatura.

Tabla 1 Resistencia medida en función del tiempo

Tiempo (s)	Resistencia (Ω)
0	9930
30	7260
60	4250
90	2780
120	2070
150	1670
180	1420
210	1260
240	1150
270	1070
300	1010
330	970

Fuente: Software Labsoft

Figura 8 Curva Característica del Sensor NTC

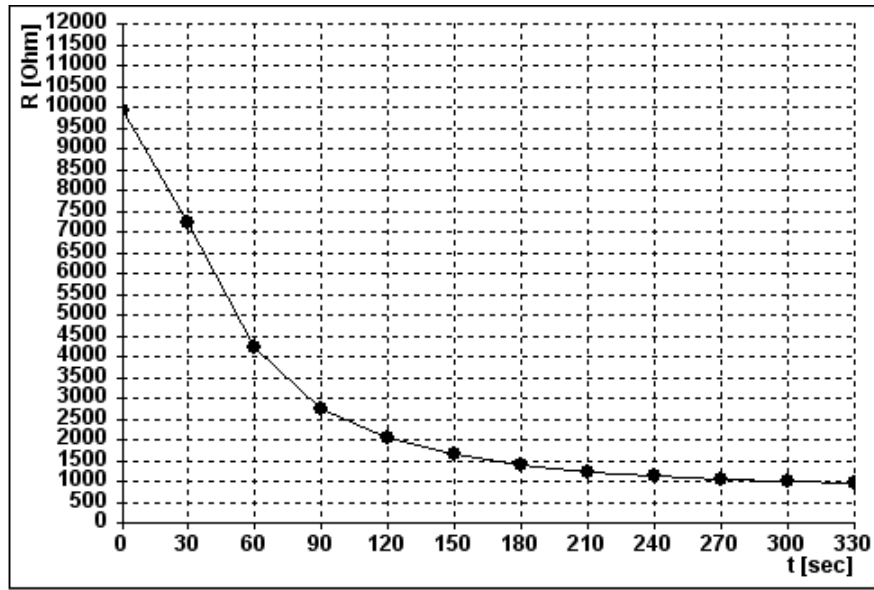


Tabla de valores

Diagrama

Fuente: Software Labsoft

1.3.2 Resistencia PTC

El sensor de temperatura del escape opera según el principio del termo-resistencia PTC, cuyo valor cambia en función de la temperatura. La propiedad del PTC, esto es, ser mejor conductor en temperaturas bajas que en altas.

Figura 9 Resistencia PTC



Fuente: Software Labsoft

Una resistencia PTC es un conductor de corriente, que permite un mayor flujo a temperaturas más bajas que altas. Su resistencia eléctrica se vuelve mayor con el aumento del calor. Este tipo de resistencias posee un coeficiente de temperatura positivo. En principio todos los metales tienen un coeficiente de temperatura positivo y por esta razón son posistores.

Dado que los PTC se calientan por sí mismos cuando se deja fluir una corriente de alta intensidad a través de ellos, la unidad de control del motor sólo permite que circule una mínima corriente de medición. Cuando el sensor PTC se calienta por el gas de escape, se eleva su resistencia.

Figura 10 Símbolo Resistencia PTC



Fuente: Software Labsoft

1.3.2.1 Curva Característica de la Resistencia PTC

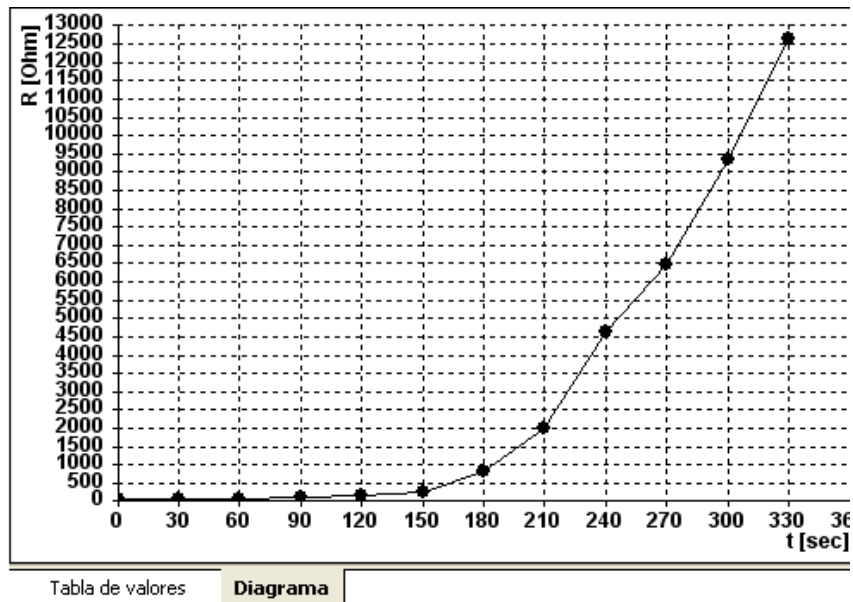
En la figura 2.1 se visualiza la curva característica de la resistencia PTC del cambio de resistencia en función del tiempo en que cambia la temperatura, por lo que se observa claramente que al aumentar la temperatura, la resistencia aumenta.

Tabla 2 Resistencia medida en función del tiempo

Tiempo (s)	Resistencia (Ω)
0	54
30	56
60	68
90	980
120	160
150	246
180	840
210	2000
240	4620
270	6460
300	9370
330	12640

Fuente: Software Labsoft

Figura 11 Curva característica de la Resistencia PTC



Fuente: Software Labsoft

1.3.3 Sensor de Presión (MAP)

El sensor MAP mide la presión del aire en el múltiple de admisión en función de la presión ambiental, la presión de combustible, aceite.

El sensor se encuentra entre la válvula de mariposa y las de admisión. Si la válvula de mariposa está cerrada, se genera una fuerte presión negativa (débil presión absoluta) en el múltiple de admisión por efecto de la succión del pistón que se mueve hacia abajo. Si se abre la válvula de mariposa, puede entrar aire al tubo de succión y la presión negativa desciende (la absoluta sube). La presión absoluta del múltiple de succión es un parámetro que indica la carga del motor.

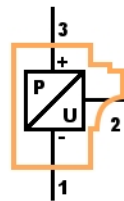
La ECU necesita conocer la presión del múltiple de admisión para calcular la cantidad de cuanto combustible inyectar, cuando encender la chispa de un cilindro y otras funciones.

Figura 12 Sensor de Presión



Fuente:(Rodríguez, 2007, pág. 24)

Figura 13 Símbolo del Sensor de Presión



Fuente: Software Labsoft

1.3.4 Sensor de Efecto Hall

El efecto Hall, consiste en la aparición de un campo eléctrico en un conductor cuando es atravesado por una corriente estando dentro de un campo magnético.

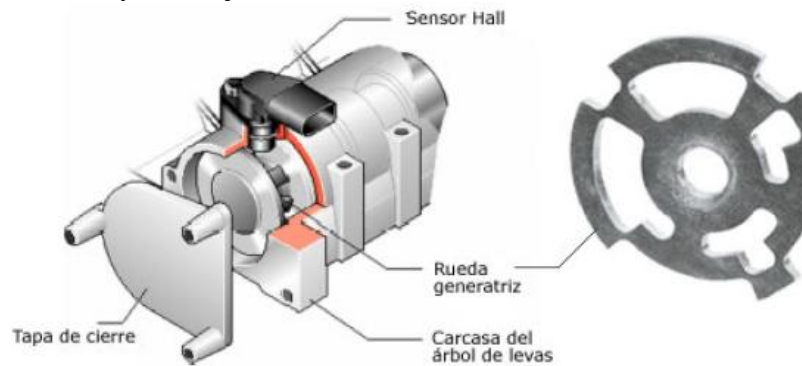
Figura 14 Sensor de Efecto Hall



Fuente:(Rodríguez, 2007, pág. 19)

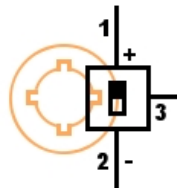
En un vehículo el sensor de efecto hall se coloca en el árbol de levas, donde un disco perforado que gira alrededor del árbol permite hacer llegar al sensor el campo magnético de un imán colocado al otro lado del disco cuando coincide con la trayectoria del flujo magnético del sensor.

Figura 15 Estructura y Montaje del sensor hall



Fuente:(Rodríguez, 2007, pág. 19)

Figura 16 Símbolo del Sensor de efecto hall



Fuente: Software Labsoft

La función principal de este sensor consiste en seguir exactamente el funcionamiento del primer cilindro incluyendo el cálculo inicial de la inyección, la regulación de las detonaciones y la regulación del encendido.

1.3.5 Sensor Inductivo

Los sensores inductivos están ubicados en la rueda fónica del cigüeñal y el cable de señal está apantallado para evitar interferencias debido al ruido magnético, la señal de este sensor tiene una amplitud variable debido a que depende del número de revoluciones del motor, a más revoluciones mayor amplitud y la frecuencia se incrementa. (Rodríguez, 2007, pág. 21)

El sensor inductivo funciona según el principio de inducción, esto significa que en una bobina se forma una tensión tan pronto como ésta se mueva dentro de un campo magnético.

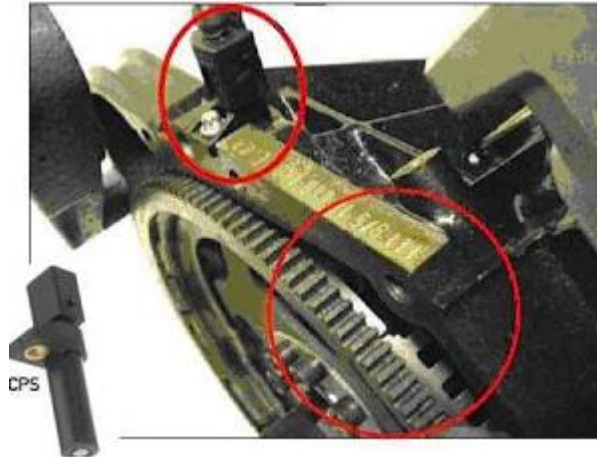
Estas propiedades son aprovechadas por el sensor inductivo. A través de este principio se pueden realizar mediciones libres de contacto y, por tanto, sin desgaste de los componentes, de ángulo, desplazamiento y velocidades.

El sensor de rotación de motor es el que se encarga de informarle a la ECU las RPM motor y la posición del punto muerto superior del pistón número uno. Se trata de un bobinado realizado alrededor de un cilindro de imán permanente que está en contacto con los dientes del volante motor o polea de cigüeñal. En el módulo de sensores tenemos un motor conectado a una rueda que tiene 30 dientes en su periferia, con un diente eliminado, por ende tenemos 29 dientes y un espacio vacío.

Cuando el captor se encuentra con la variación de campo magnético que provoca el paso de los dientes y entre dientes, comienza a comportarse como un generador de tensión generando tensiones alternas que son las que lee la ECU.

Cuando el sensor se encuentra con la interrupción del diente cortado, la ECU sabe que el pistón número uno está por llegar al punto muerto superior, así la ECU tiene el suficiente tiempo para regular el avance de encendido y el momento de inyección del combustible.

Figura 17 Sensor Inductivo



Fuente: Captor de giro inductivo

1.3.5.1 Aplicaciones del Sensor Inductivo

Los sensores inductivos se utilizan para:

- Detectar la velocidad, por ejemplo en el cigüeñal, en la transmisión o como sensor ABS.
- Determinar la posición del cigüeñal.
- Generación de impulsos para iniciar el encendido.

Figura 18 Símbolo del Sensor Inductivo



Fuente: (Software Labsoft)

1.3.6 Interruptor de la Válvula de Aceleración

El interruptor de la válvula de mariposa sirve para determinar la posición de este componente y se fija directamente al eje de la válvula. Las posiciones respectivas del interruptor se transmiten a la unidad de control que gestiona el motor y contribuyen al cálculo del volumen de combustible necesario.

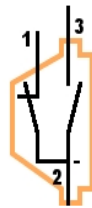
Figura 19 Interruptor de la Válvula de Aceleración



Fuente: Hoja de datos sensor TPS 0 280 122 001

En la caja del interruptor de mariposa se encuentran dos contactores, que se activan a través de un mecanismo de conmutación. Los dos contactos brindan información a la unidad de control de gestión del motor sobre los estados del funcionamiento del motor, esto es, marcha en vacío y carga plena, para garantizar un cálculo exacto del volumen de combustible necesario y del ángulo de avance.

Figura 20 Símbolo de la válvula de Aceleración

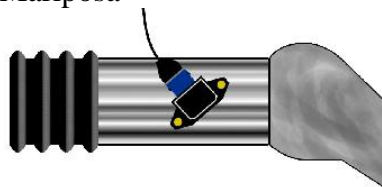


Fuente: Software Labsoft

1.3.7 Potenciómetro de Mariposa

El potenciómetro de mariposa suministra a la unidad de control del motor información sobre la posición de la válvula de mariposa, con la ayuda del potenciómetro, se consigue localizar la posición de la válvula en cuestión. Además, la unidad de control del motor se entera también de la rapidez con que el conductor abre la válvula por medio del pedal del acelerador.

Figura 21 Potenciómetro de Mariposa



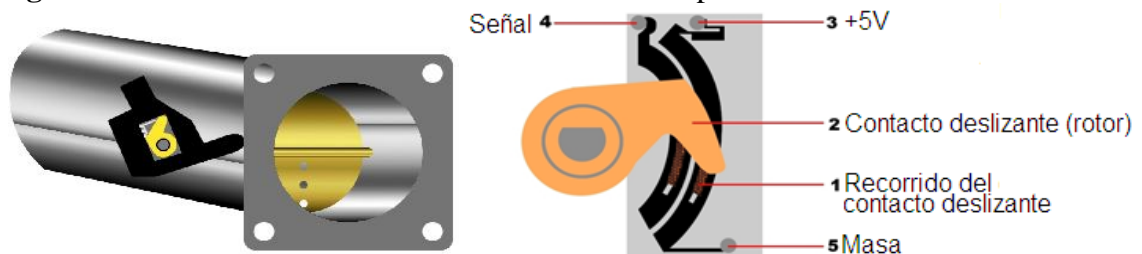
Fuente: Software Labsoft

Un contacto deslizante, denominado "toma", se desplaza a lo largo de un conductor resistente. Esta toma está conectada al eje de la mariposa, de manera que la posición del contacto deslizante cambia de acuerdo con la posición de la válvula.

El voltaje aplicado de 5V, cae completamente a lo largo de la resistencia, por lo que al girar el potenciómetro la caída de tensión varía dependiendo del giro que de.

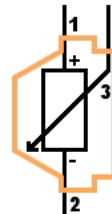
En la práctica, los topes limitan el desplazamiento de la toma, de manera que el verdadero rango de tensión utilizable se encuentra entre 0,7 y 4,3 voltios. Esto sirve para el reconocimiento sencillo de cortocircuitos y cortes de la línea. (Lucas-Nuelle)

Figura 22 Funcionamiento del Potenciómetro de Mariposa



Fuente: Software Labsoft

Figura 23 Símbolo del potenciómetro de aceleración



Fuente: Software Labsoft

1.3.8 Medidor de Flujo de Masa de Aire (MAF)

Un medidor de flujo de aire es un sensor de caudal, que determina la masa de aire circulante por unidad de tiempo. Este caudal másico medido es proporcional a la cantidad de oxígeno contenido y puede, por lo tanto, servir para la regulación de los procesos de inyección, en especial, en los motores de combustión interna. Los medidores de la masa de aire se montan entre el filtro de aire y el cuerpo de aceleración, que es donde puede medir la cantidad de aire fresco que ingresa al motor.

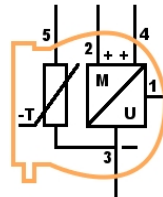
Existen diferentes tipos de sensores de flujo de masa de aire, el sensor de paleta (VAF) y el KarmanVortex pero el más nuevo y el más común es el que lo tenemos en nuestro módulo de sensores del automóvil.

Figura 24 Medidor de Masa de Aire



Fuente: (Zur Wetterwarte)

Figura 25 Símbolo del Medidor de masa de Aire



Fuente: Software Labsoft

El aire aspirado por el motor atraviesa el medidor de la masa de aire. La unidad de control del motor necesita información sobre la masa de aire absorbida para calcular el volumen necesario de inyección.

1.4 Adquisición de datos

La adquisición de datos permite digitalizar una señal analógica medida por un sensor y enviarla a un computador. La forma de implementar un sistema de adquisición depende de las clases de señales a ser obtenidas, de modo que se elija la mejor manera de transportarlos y digitalizarlos.(López, 2012, pág. 20)

1.4.1 Sistemas de adquisición de datos

Los sistemas de adquisición de datos esta basados en un computador, o en un tipo de microprocesador adaptado a un convertor análogo-digital y transfiera sus lecturas a un medio de almacenamiento. La mayoría de instrumentos requieren de un computador que sirve como interfaz, mientras que otros funcionan independientemente y eventualmente transferir datos a un computador a través de un medio de comunicación.

Actualmente es popular que los sistemas de adquisición de datos utilicen una comunicación USB que posee algunas versiones, siendo la versión más actual y rápida la 2.0 que tiene velocidad de transmisión muy alta, esta versión puede transmitir hasta 480Mbps/s siendo útil inclusive para desarrollar aplicaciones sencillas en tiempo real, también tiene la facilidad de energizar el instrumento conectado desde el computador. Por lo que al analizar las características elegimos este tipo de comunicación en el desarrollo de nuestro sistema.

En general un sistema de adquisición de datos debe ser escalable, confiable, y estandarizado de manera que se utilice en varias aplicaciones. (EUM)

1.4.2 Características de los sistemas de adquisición de datos

Las consideraciones que hay q tomar en cuenta para utilizar un sistema de adquisición de datos son las siguientes:

- Amplitud de la señal de entrada
- Frecuencia máxima de la señal
- Tipo de convertor análogo-digital (ADC)
- Rango y resolución
- Muestreo
- Filtro Anti-aliasing
- Configuración de la señal de entrada
- Fuentes de ruido

1.4.2.1 Amplitud de la señal de entrada

Las señales deben estar limitadas entre $\pm 12V$, la señales obtenidas de nuestro módulo de sensores están limitadas a + 5 V. Por lo que las entradas del sistema de adquisición de datos deben estar en la capacidad de recibir estos rangos.

1.4.2.2 Frecuencia máxima de la señal

La señal de entrada de los sensores efecto hall e inductivo puede producir una señal con una frecuencia de varios hercios dependiendo del giro del motor.

1.4.2.3 Conversor análogo-digital (ADC)

Los conversores ADC pueden ser Flash, que tiene un buen rendimiento en cuanto a velocidad pero de alto costo, y puede ser de aproximaciones sucesivas que toma mayor tiempo en la digitalización. En la implementación de nuestro sistema, puede utilizarse cualquiera de los dos tipos de ADC, ya que la alta velocidad de transformación no será imprescindible y la frecuencia de trabajo no será alta se utilizara el conversor del módulo USB 6008.

1.4.2.4 Rango y Resolución del ADC

El rango del ADC debe concordar con los requeridos dentro de nuestro sistema de adquisición, por lo que la entrada debe ser de entre $\pm 5V$ por lo que el dispositivo a utilizar debe admitir un rango entre estas proporciones.

La resolución del dispositivo es determinado por el número de bits de salida del ADC:

$$R = \frac{D}{2^n} \quad (\text{Ec 2.1 Cálculo de la resolución de un conversor})$$

Dónde:

R: Resolución dada en voltios

D: Rango dinámico de la señal en voltios

N: Numero de bits del conversor

La amplitud de entrada del sistema de adquisición de datos está entre $+ 5V$ y $- 5V$, el rango dinámico es $10 V$, y la resolución mínima del dispositivo es de 12 bits, de manera que:

$$R = \frac{10}{2^{n12}} = 2.44 \text{ mV}$$

Lo que quiere decir que el valor mínimo a ser leído es de 2.44mV , por lo que este valor varía de acuerdo al número de bits del ADC.

1.4.2.5 Muestreo

La velocidad de muestreo depende de la frecuencia máxima a ser analizada, por lo que se debe tomar en cuenta el teorema de Shannon-Nyquist de muestreo para evitar el error de “aliasing”. Es decir la frecuencia mínima de muestreo debe ser por lo menos el doble de la frecuencia de Nyquist, que es la frecuencia de interés.

Entonces, la frecuencia máxima a muestrear es de 200Hz, la frecuencia mínima teórica de muestreo debe ser de 400 Hz o muestras por segundo (Samples per second: S/s), pero en la práctica la frecuencia de muestreo sea mínimo de cinco a ocho veces la frecuencia mínima esto es el rango entre 1 kS/s y 1.6 kS/s.

1.4.2.6 Filtro Anti-aliasing

Debido al muestreo de una señal analógica introduce en frecuencia una repetición del espectro centrado en n veces la frecuencia de muestreo ($n=1, 2, 3\dots$), es necesario utilizar un filtro digital pasabajos con una atenuación a nivel de ruido en por lo menos la frecuencia de muestreo doble dos.

Para evitar que las señales parasitas, que tengan frecuencias mayor a la frecuencia de Nyquist, aparezca en el espectro digital por el efecto de Aliasing, se debe poner a la entrada un filtro analógico pasabajos de manera que tenga una adecuación a nivel de ruido de cuantización en la frecuencia de Nyquist.

Al tener señales con escaso ruido provenientes de nuestros sensores, los filtros que se utilizaron son de tipo digitales y se van a configurar mediante las librerías de LabView.

1.4.2.6.1 Filtro Digital

Es un filtro que opera sobre señales digitales. Es una operación matemática que toma una secuencia de números y la modifica produciendo otra secuencia de números con el objetivo de resaltar o atenuar ciertas características.

Los filtros digitales principalmente se aplican en :

- Separación de señales que fueron combinadas (ruido, interferencias provenientes de otros sistemas).
- Recuperación de señales distorsionadas de alguna forma (por ejemplo, al ser transmitidas).
- Síntesis de sonido: creación o modificación de señales para moldear espectros o formas de onda y lograr el efecto auditivo buscado.
- Efectos de audio. (EUM, págs. 3, 4)

Labview cuenta con herramientas destinadas al uso e implementación de filtros digitales en un entorno sencillo, sobre todo por la programación gráfica usando bloques, para lo cual basta con arrastrar los iconos correspondientes e interconectarlos a conveniencia, de esta manera se puede realizar proyectos en donde se tenga una gran flexibilidad de programación y diseño.

1.4.2.7 Configuración de la señal de entrada al ADC

Existen dos opciones para el tipo de señal a adquirir por ejemplo: referida a tierra y diferencial.

Si trabajamos con señales referidas a tierra, existe la posibilidad de tener mediciones erróneas e inclusive causar daños al equipo de adquisición de datos, además la referencia de una señal referida a tierra debe ser conectada a la tierra del sistema común para que no se produzca diferencias de voltaje entre la tierra analógica y la tierra del sistema de adquisición. De existir, esta pudiera no estar en nivel de DC, lo cual da como resultado una medición ruidosa afectando la exactitud del sistema.

Si trabajamos con señales diferenciales hay beneficio en la etapa de amplificación previa por el rechazo de ruido en modo común, además con una configuración correcta de hardware de entrada se puede corregir que no exista saturación en los niveles altos y bajos por diferencia de potencial entre la tierra analógica y la tierra digital sin necesidad de conectarlas directamente y evitando así, lazos de tierra.

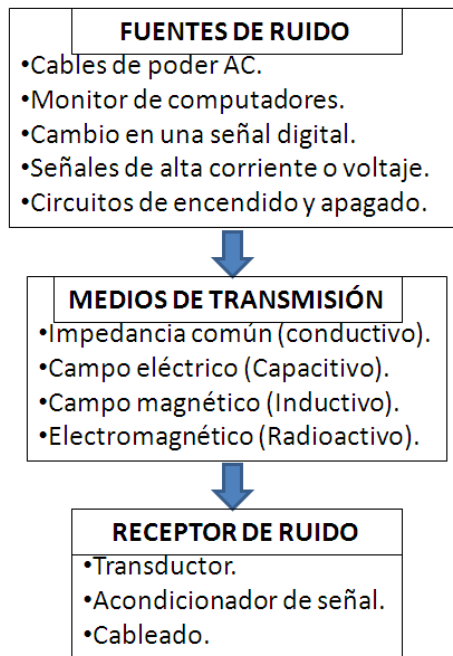
Por lo expuesto y el número de entradas en nuestro sistema implementaremos en modo referenciado a tierra.

1.4.2.8 Fuentes de ruido en el sistema de adquisición

Existen fuentes de ruido inherentes al ambiente.

Es considerable cuando se trabaja con señales menores que 1 V, pero debemos tomar en cuenta que las señales con las que vamos a trabajar en nuestro sistema son voltajes de 5V, en la figura 26 se muestra varias fuentes de ruido, medios y transmisión.

Figura 26 Fuentes, medios y transmisión de ruido



Elaborado por: Cristian Albán

1.4.3 Especificaciones del sistema de adquisición de datos

Para resumir, las características elegidas para nuestro sistema de adquisición de datos son:

- Sistema de adquisición que utilice una interfaz USB.
- El rango de voltaje admitido es de $\pm 5V$ y una resolución mínima de 12 bits.
- El ADC puede ser flash o por aproximaciones sucesivas.
- El sistema de adquisición debe tomar muestras en el rango de 1 kS/s y 1,6 kS/s.
- Enviar los datos a un computador.
- Debe tener ocho canales de entrada analógica con muestreo simultáneo o por multiplexación.
- Debe ser capaz de recibir señales referenciadas con protección.
- Filtro para ruido y componentes parasitas.

1.5 La tarjeta de adquisición de datos

Debido a los requerimientos que se describe en la sección 2.4.3, la mejor solución que cumple con las características para implementar nuestro proyecto es la tarjeta de adquisición de datos (DAQ).

En el mercado existen algunas opciones de DAQs que responden correctamente a las necesidades para nuestro proyecto por lo que se ha elegido la DAQ USB-6008, fabricada por la Nacional Instruments (NI) y totalmente compatible con Labview, el software con el cual realizaremos nuestro HMI.

Figura 27 Tarjeta DAQ USB-6008



Fuente: Tarjeta DAQ USB-6008

En la Tabla 3 se compara los requerimientos del sistema y las características de la tarjeta NI USB-6008.

Tabla 3 Comparación entre requerimientos del sistema y características de la tarjeta a utilizar

REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	CARACTERISTICAS DEL EQUIPO
Sistema de adquisición que utilice una interfaz USB.	Comunicación USB2.0 Full-speed
El rango de voltaje admitido es de $\pm 5V$	Rango máximo de $\pm 10 V$
El ADC puede ser flash o por aproximaciones sucesivas.	ADC por aproximaciones sucesivas
El ADC debe tener una resolución mínima de 12 bits.	Resolución de 12 bits.
El sistema de adquisición debe tomar muestras en el rango de 1KS/S y 1,6KS/S.	Velocidad de muestreo máximo de 10kS/s
Debe tener ocho canales de entrada analógica con muestreo simultáneo o por multiplexación.	8 canales de entrada analógica referenciadas a tierra o 4 diferenciales

Elaborado por: Cristian Albán

El módulo DAQ USB-6008 incluye un completo paquete de software de medida de NI, que consiste en herramientas y drivers para conectar software de instrumentación virtual con hardware para medida y control de NI. El software de medida de NI, construido a partir del driver NI-DAQmx, incluye interfaces intuitivas para programar aplicaciones, herramientas de configuración, asistentes de E/S y herramientas profesionales con las que se puede reducir el tiempo de instalación y configuración del sistema.

1.6 Software Utilizado

Para que el hardware construido funcione se necesita desarrollar el software correspondiente, para lo cual se utilizan los siguientes programas de desarrollo:

- Labview: creación de la interfaz hombre-máquina (HMI)
- Measurement and automation explorer (MAX): software utilizado para configurar dispositivos e instrumentos.
- NI Diadem: Software para administrar, analizar y reportar datos recolectados durante la adquisición de datos y/o generados mediante simulaciones.

1.6.1 Software Labview

Labview constituye un revolucionario sistema de programación gráfica para aplicaciones que involucren adquisición, control, análisis y presentación de datos.

Las ventajas que proporciona el empleo de Labview se resumen en las siguientes:

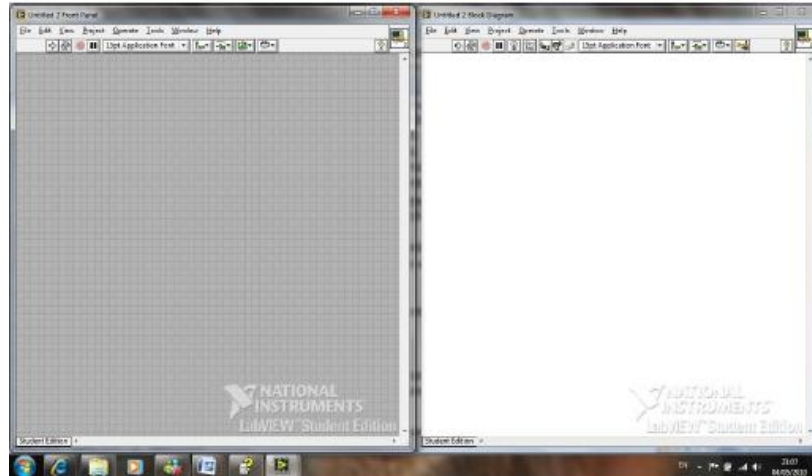
- Se reduce el tiempo de desarrollo de las aplicaciones al menos de 4 a 10 veces, ya que es muy intuitivo y fácil de aprender.
- Dota de gran flexibilidad al sistema, permitiendo cambios y actualizaciones tanto del hardware como del software.
- Da la posibilidad a los usuarios de crear soluciones completas y complejas.
- Con un único sistema de desarrollo se integran las funciones de adquisición, análisis y presentación de datos.
- El sistema está dotado de un compilador gráfico para lograr la máxima velocidad de ejecución posible.
- Tiene la posibilidad de incorporar aplicaciones escritas en otros lenguajes.

Labview emplea la programación gráfica o lenguaje G para crear programas basados en diagramas de bloques, ya que integra cientos de bibliotecas integradas para análisis avanzado y visualización de datos.(UPS, 2011, págs. 1, 2)

En sus inicios este programa estaba orientado a aplicaciones de control de instrumentos electrónicos usadas en el desarrollo de sistemas de instrumentación, lo que se le conoce

como instrumentación virtual, por este motivo los programas creados en Labview se guardan en ficheros llamados VI y con la misma extensión que significa instrumento virtual (Virtual Instruments). También relacionado con este concepto se da nombre a sus dos ventanas principales: un instrumento real tendrá un panel frontal donde estarán sus botones, pantallas, etc. Y una circuitería interna llamada diagrama de bloques.

Figura 28 Panel frontal y diagrama de bloques de Labview



Fuente: Software Labview

En la Tabla 4 se listan algunos términos usados en Labview con sus equivalentes convencionales de programación.

Tabla 4 Términos de Labview y sus equivalentes convencionales

Labview	Lenguaje Convencional
VI	Programa
Función	Función o método
SubVI	Subrutina, subprograma, objeto
Panel frontal	Interfaz de usuario
Diagrama de bloques	Código del programa
G	C, C++, java, Pascal

Elaborado por: Cristian Albán

La versión de Labview usada es la 2012 que tiene la facilidad de levantar en los procesos de sistema un administrador de dispositivos que ayuda con la flexibilidad de los dispositivos periféricos como sistemas de adquisición de datos que sean reconocidos y relacionados con sus controladores de una manera rápida.

El sistema de adquisición de datos que vamos a utilizar es la DAQ USB-6008, fabricada por National Instruments y que se conecta automáticamente con Labview, con la ayuda del software Measurement and Automation Explorer (MAX) compatible con Labview.

1.6.2 Measurement and Automation Explorer (MAX)

El explorador de medición y automatización es una interfaz grafica de usuario proporcionada por National Instruments que permite configurar tanto el hardware como el software usado en los sistemas de adquisición de datos.

Los dispositivos conectados a un computador se comunican mediante el uso de controladores, siendo programas informáticos que permiten a un sistema operativo interactuar con un periférico indicándole que el dispositivo está conectado y listo para ser utilizado.

Los dispositivos DAQ también tienen su controlador, colectivamente referido como NI-DAQmx que es instalado por defecto al instalar Labview, Mediante el Explorador de Medición y Automatización se tiene acceso a todos los dispositivos de National Instruments conectados a un computador.

MAX es usado para configurar y probar el hardware que se conecta y se utiliza antes de acceder al dispositivo desde Labview, generalmente dicho acceso se encuentra en el escritorio de Windows.

Figura 29 Icono Measurement and automation MAX

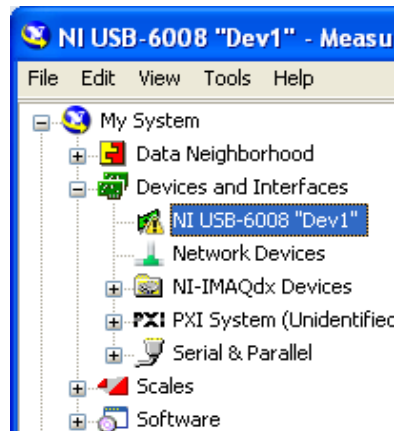


Fuente: Icono de acceso directo creado en Windows.

1.6.2.1 Configuración del dispositivo NI-DAQmx en MAX

Vamos a ver la manera de configurar nuestro dispositivo NI-DAQmx. Por lo que se debe seleccionar MySystem>>Devices and interfaces, bajo este menú se observara los dispositivos físicos simulados que se encuentran conectados al sistema en nuestro caso se observa la tarjeta de adquisición de datos DAQ USB-6008.

Figura 30 Dispositivos que se encuentran conectados a nuestro computador



Fuente: software measurement and automation explorer

1.7 Instrumentos industriales automotrices similares al HMI diseñado

Los instrumentos automotrices disponibles en el mercado principalmente son los osciloscopios y escáner automotrices, cada uno de funcionamiento diferente pero que se los utiliza para la detección de fallos de los vehículos.

1.7.1 Osciloscopio Automotriz

La principal ventaja de un osciloscopio automotriz es la movilidad y puede conectarse a la batería del automóvil, aunque también poseen batería interna para su funcionamiento, dependiendo del modelo y la marca, convirtiéndose en una herramienta de disposición rápida y útil para diagnosticar averías fuera de un taller automotriz ya sea con fallos o para la detección de los mismos.

Las aplicaciones comunes de un osciloscopio automotriz son:

- Visualizar las señales obtenidas del sistema de encendido.
- Visualizar las señales análogas o digitales que generan los sensores y actuadores en un vehículo.
- Visualizar las señales de los sensores y comparar con las gráficas de referencia guardadas en la memoria de los osciloscopios.
- Medir en escala de tiempo pequeñas como las que se producen en los sistemas de control electrónico.

Figura 31 Osciloscopio Automotriz digital



Fuente:(German7644, 2012)

1.7.2 Escáner Automotriz

Al igual que un osciloscopio automotriz la movilidad de un escáner es la principal característica de este instrumento, además permite el diagnóstico de las fallas registradas del funcionamiento de un vehículo.

Las aplicaciones más comunes de un escáner automotriz son:

- Detectar fallos en una gama de sistemas, al cual se puede tener acceso a través de un puerto universal OBD 2 el cual se encuentra usualmente debajo del tablero.
- Captura códigos de fallas pendientes y permanentes.
- Borra memoria de avería y apaga el indicador de falla (Check-engine).
- Monitorea parámetros del control de emisiones.
- Despliega valores de los parámetros referentes al código de falla capturado.
- Interpretación de códigos y datos.
- Reporte escrito del diagnóstico, revisión y controles de mantenimiento.

Figura 32 Escáner automotriz



Fuente:(Kiai Tools, 2013)

CAPÍTULO 2

DISEÑO Y DESARROLLO DEL HARDWARE SOFTWARE

2.1 Análisis matemático del módulo de sensores en la tecnología del automóvil

Para desarrollar el programa, lo primero que se realizó fue tomar las señales provenientes del módulo de sensores por lo que se identificó que los tipos de señales son analógicas y digitales, las mismas que fueron acondicionadas para que puedan ser adquiridas por la tarjeta DAQ USB-6008, para ser procesadas en el programa que se desarrollara mediante el Software Labview.

2.1.1 Análisis matemático del sensor NTC

El funcionamiento de la resistencia NTC es que al cambiar la temperatura la resistencia disminuye y la Unidad de Control detecta este cambio por lo que es utilizado en el control del proceso de funcionamiento del motor, el sensor que se muestra en la figura 33 es el utilizado para medir el cambio de temperatura en el módulo de sensores:

Figura 33 Termistor NTC PN-207037



Fuente: (Dufee, 2009, pág. 1)

La resistencia R de un termistor a la temperatura T puede ser modelado por:

$$R = RR \exp \left[B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{TR} \right) \right] \quad (\text{Ec.3.1})$$

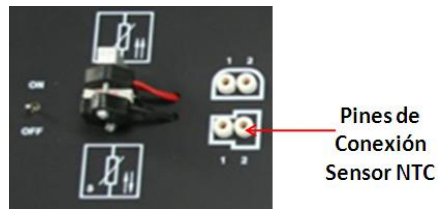
Donde RR es la Resistencia a una temperatura de referencia T_R y B es una constante en donde la RR es de $10 \text{ K}\Omega$ y la TR es de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ y un valor B de 4038 , con la tolerancia de $\pm 10\%$ en la resistencia para el termistor utilizado.

Reordenando la ecuación 3.1 para la temperatura en función del cambio de resistencia se tiene la siguiente ecuación 3.2:

$$T = \left[\frac{1}{TR} + \frac{1}{B} \ln \left(\frac{R}{RR} \right) \right]^{-1} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

Para obtener la curva característica del sensor NTC lo hicimos midiendo el cambio de resistencia mientras varía la temperatura con la ayuda de un óhmetro y una Termocupla tipo K, para verificar el cambio de temperatura.

Figura 34 Pines para medir la resistencia del Sensor NTC



Fuente: Software Labsoft

Para que el sensor detecte el cambio de temperatura hay que encender la calefacción con el interruptor basculante que se encuentra a la izquierda de la resistencia NTC.

Figura 35 Encendido de la calefacción del Módulo de Sensores



Fuente: Software Labsoft

Los datos obtenidos al realizar las mediciones se muestran en la Tabla 5:

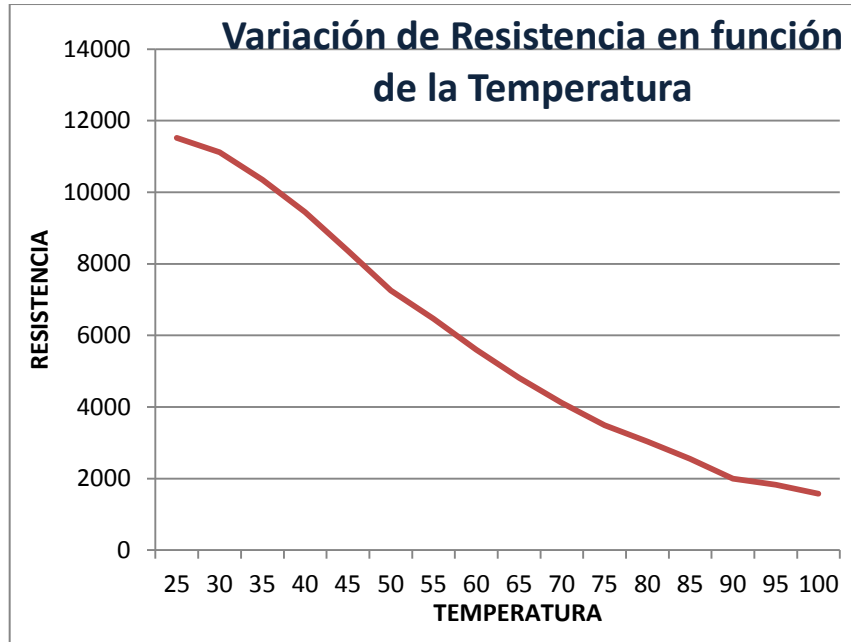
Tabla 5 Valores medidos temperatura-Resistencia del sensor NTC

Temperatura °C	Resistencia Ω
25	11517,3
30	11121,6
35	10351,2
40	9442,66
45	8363,17
50	7257,38
55	6472,69
60	5602,52
65	4815,64
70	4120,82
75	3489,57
80	3032,56
85	2550,35
90	2000,73
95	1827,04
100	1580,46

Elaborado por: Cristian Albán

Con la ayuda de Excel, utilizando los datos anteriores se obtuvo la curva característica del sensor NTC.

Figura 36 Curva Característica de la variación de la Resistencia en función de la temperatura



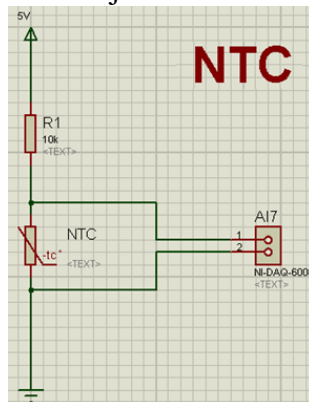
Elaborado por: Cristian Albán

2.1.1.1 Circuito de acondicionamiento del Sensor NTC

Para obtener la ecuación de la temperatura se utilizó la curva característica del sensor NTC (Figura 36).

Ya que en la entrada analógica del módulo DAQ USB-6008 no puede medir resistencias mayores a 1 K Ω , se realizó el acondicionamiento de la señal mediante el diseño del siguiente circuito:

Figura 37 Circuito de medición de voltaje del sensor NTC



Elaborado por: Cristian Albán

En el circuito diseñado se tiene el voltaje de alimentación $V_I=5V$, R_1 es una resistencia de $10\text{ K}\Omega$ y R_{NTC} forman un divisor de voltaje, al variar la resistencia el sensor NTC el voltaje en el sensor NTC varía conforme la temperatura aumenta, por lo que este voltaje es el que ingresa al módulo 6008, siendo la ecuación la siguiente:

$$V = V_I \left(\frac{R}{R_1} + R \right) \quad (\text{Ec.3.3})$$

Lo que se necesita es encontrar el valor de la Resistencia del sensor NTC (R), por lo que se despeja de la ecuación anterior:

$$R = \frac{R_1 * V}{V_I - V} \quad (\text{Ec. 3.4})$$

Para encontrar la ecuación que se utilizara en el sistema HMI para obtener la temperatura medida por el sensor se reemplaza la ecuación 3.4 en la ecuación 3.2 y se tiene en función del voltaje medido por la adquisición de datos del módulo DAQ USB-6008.

$$T = \left[\frac{1}{T_R} + \frac{1}{\beta} \ln \left(R_1 * \frac{V}{R R (V_I - V)} \right) \right]^{-1} \quad (\text{Ec. 3.5})$$

Para la configuración en Labview, los valores de las constantes de la ecuación anterior son:

Tabla 6 Valores de las constantes para la ecuación de temperatura

T_R ($^{\circ}\mathbf{K}$)	298
RR (Ω)	10000
β	4038
R_1 (Ω)	1000
V_I (V)	5 v

Fuente:(Dufee, 2009, pág. 3)

2.1.2 Análisis matemático del sensor PTC

El funcionamiento del sensor PTC es que al cambiar la temperatura la resistencia aumenta y la Unidad de Control detecta este cambio por lo que lo utiliza para controlar el proceso de funcionamiento del motor, el sensor que se muestra en la figura 3.6es utilizado en un vehículo para medir la temperatura:

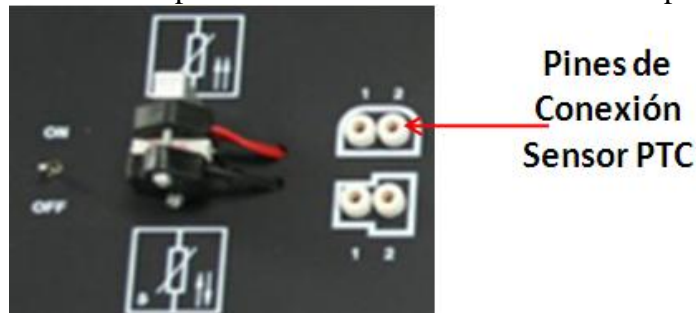
Figura 38 Sensor PTC en un vehículo



Fuente: Sensor PTC

Para obtener la curva característica del sensor a ser utilizado lo hicimos de una manera experimental midiendo la resistencia del sensor mientras aumentábamos la temperatura mediante la ayuda de un óhmetro y una Termocupla tipo K, para comprobar el cambio de temperatura.

Figura 39 Pines de Conexión para medir la Resistencia en el sensor ptc



Fuente: Software Labsoft

Al igual que en el sensor NTC para que nuestro sensor detecte el cambio de temperatura hay que encender la calefacción con el interruptor basculante que se encuentra a la izquierda de la resistencia PTC como se realizo en el sensor anterior.

Los datos obtenidos en la medición del sensor PTC fueron las mostradas en la tabla 7:

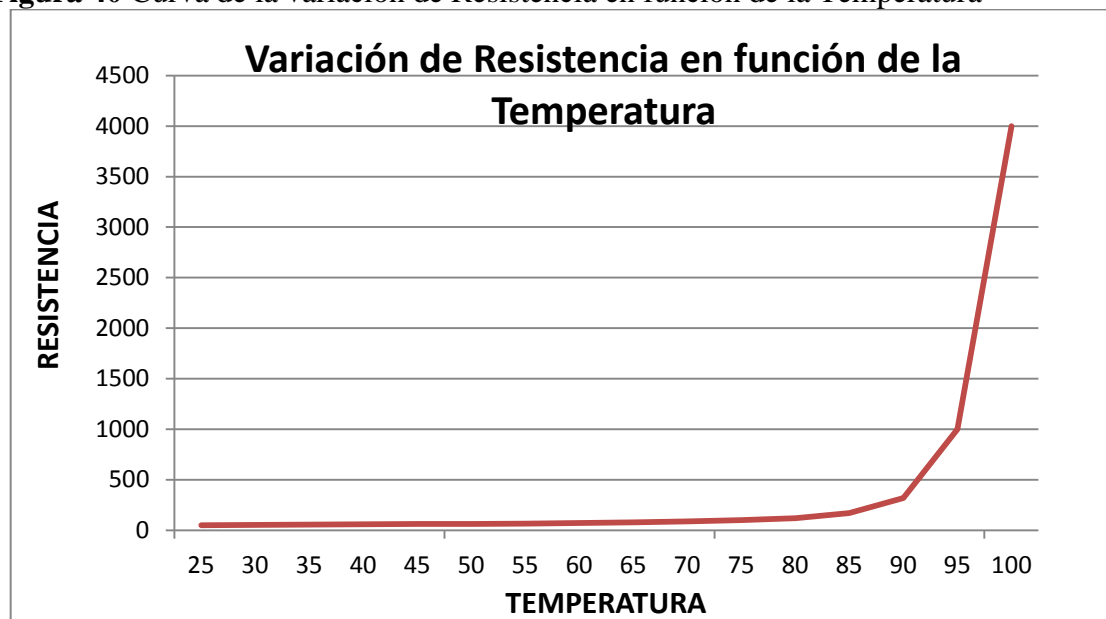
Tabla 7 Valores medidos temperatura-resistencia del sensor PTC

Temperatura °C	Resistencia Ω
25	51
30	53
35	55
40	58
45	61
50	63
55	67
60	73
65	79
70	88
75	100
80	120
85	170
90	320
95	1000
100	4000

Elaborado por: Cristian Albán

Con los datos obtenidos y con la ayuda de Excel obtenemos la curva característica del sensor PTC.

Figura 40 Curva de la variación de Resistencia en función de la Temperatura

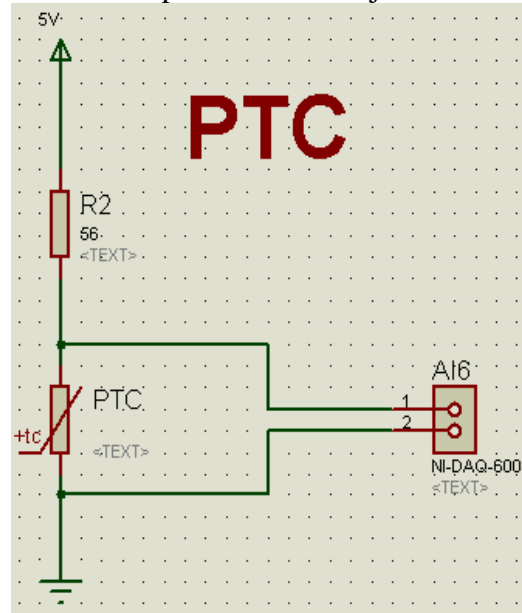


Elaborado por: Cristian Albán

2.1.2.1 Circuito de acondicionamiento del Sensor PTC

Ya que en la entrada analógica del módulo DAQ USB-6008 no puede medir resistencia mayor a 1 K Ω lo que se realizó fue el diseño del siguiente circuito para acondicionar la señal obtenida:

Figura 41 Circuito acondicionador para medir voltaje con el sensor PTC



Elaborado por: Cristian Albán

En el circuito diseñado se tiene el voltaje de alimentación $V_I=5V$, R_2 es una resistencia de 56Ω y R_{ptc} forman un divisor de voltaje, al variar la resistencia el sensor PTC el voltaje en el sensor PTC varía conforme la temperatura aumenta, por lo que este voltaje es el que ingresa al módulo 6008, siendo la ecuación del divisor de voltaje la siguiente:

$$V = V_I \left(\frac{R}{R_2} + R \right) \quad (\text{Ec 3.3})$$

Como necesitamos encontrar el valor de la Resistencia del sensor PTC R debemos despejar de la ecuación anterior:

$$R = \frac{R_1 \cdot V}{V_I - V} \quad (\text{Ec 3.4})$$

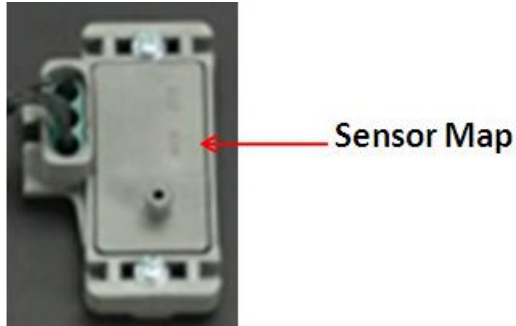
2.1.3 Análisis matemático del sensor de presión

El sensor de presión es el primer sensor micro mecanizado utilizado en un vehículo y está compuesto de un chip de silicio con dos componentes: un transductor de presión y un circuito acondicionador, la membrana tiene cuatro resistencias que varían cuando se someten a una fuerza formando un puente de wheatstone, la señal de salida de dicho

puede estar en el orden de los 100 mV, que al pasar por el circuito acondicionador utilizando un amplificador de ganancia elevada.

La señal que sale del sensor de presión es de tipo analógica en un rango de 0,2 a 4,5 V, el sensor que se muestra en la figura 42 es utilizado en nuestro módulo de sensores.

Figura 42 Sensor de presión del módulo de Sensores



Elaborado por: Cristian Albán

Para la conexión del sensor de presión al variador esta se realiza como se muestra en la siguiente figura:

Figura 43 Conexión del Voltímetro en el sensor de presión

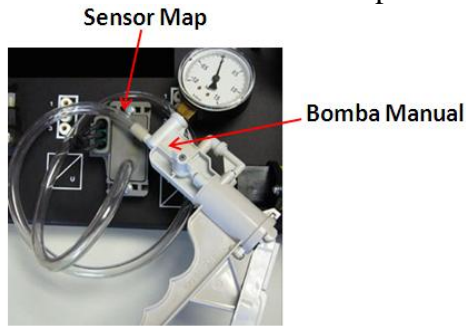
**Pines de conexión
del Sensor Map**



Elaborado por: Cristian Albán

Para variar la presión utilizamos la bomba manual de vacío a la pieza de enchufe del sensor MAP y así medir esta variación.

Figura 44 Instalación de la bomba manual al sensor de presión



Fuente: Software Labsoft

Los datos obtenidos al medir la presión con el voltímetro se muestran en la tabla 8:

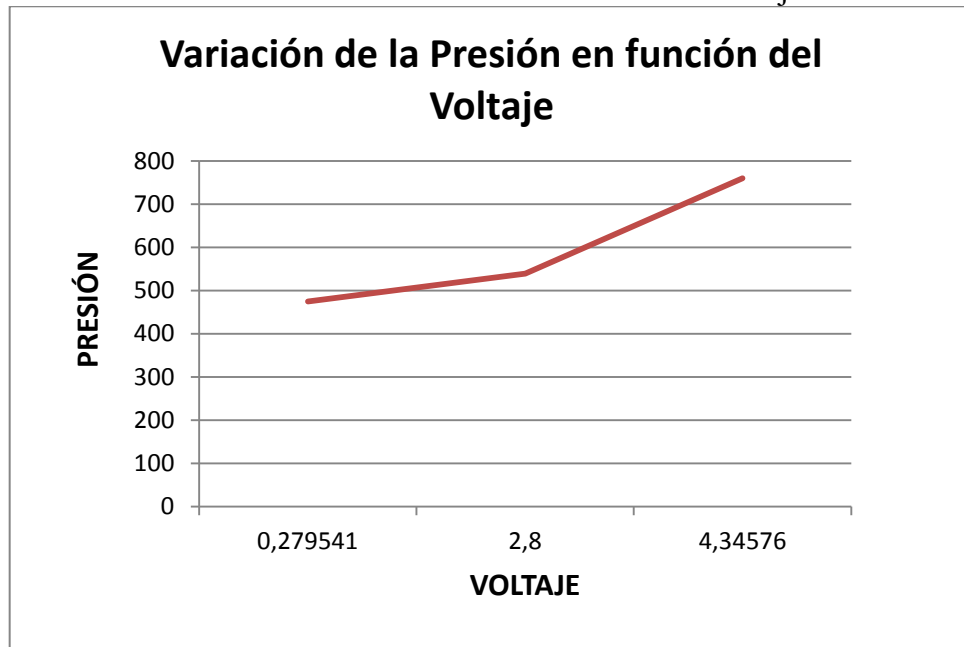
Tabla 8 Valores medidos voltaje-presión del sensor de presión

Voltaje	Presión (mmHg)
0,279541	475
2,8	539
4,34576	760

Elaborado por: Cristian Albán

Las entradas analógicas del módulo DAQ USB-6008 admite un rango de voltaje de 0 a 5 V por lo que no es necesario un circuito de acondicionamiento para el sensor de presión, para obtener la ecuación de la presión en función del voltaje nos basamos en la curva característica que nos da el sensor map (Figura 45).

Figura 45 Curva de la medición de la Presión en función del Voltaje



Elaborado por: Cristian Albán

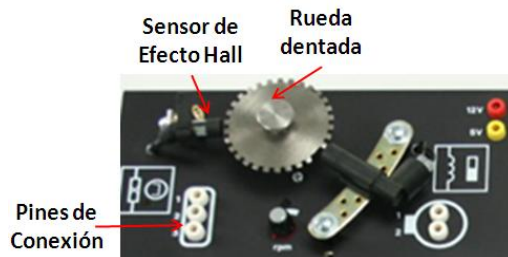
La ecuación obtenida que va a ser utilizada en la programación de Labview es la siguiente:

$$P = 78,5Vin^2 - 171,5Vin + 568$$

2.1.4 Análisis matemático del sensor de efecto hall

El sensor de efecto hall (Figura 46) se encuentra ubicado en el distribuidor, este sensor necesita de alimentación externa para su funcionamiento, utilizaremos este sensor es para contar las revoluciones del motor que tiene nuestro módulo de sensores.

Figura 46 Sensor de efecto hall



Elaborado por: Cristian Albán

Los terminales de este sensor son tres:

- 1 - Masa
- 2 - Alimentación de 5 V
- 3 - Señal

Para obtener la señal que produce el sensor de efecto hall al girar la rueda dentada medimos conectando de la siguiente manera a un osciloscopio:

Figura 47 Conexión del Voltímetro en el sensor efecto hall



Fuente: Software Labsoft

Para controlar la velocidad de giro de la rueda dentada utilizamos el potenciómetro que se encuentra ubicado en nuestro modulo al lado de los sensores hall e inductivo.

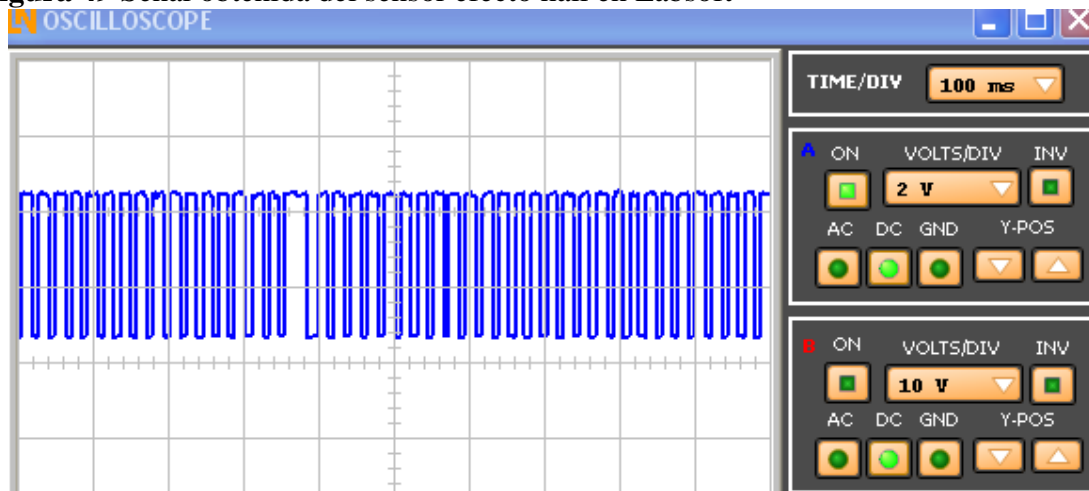
Figura 48 Ubicación del Potenciómetro de control de giro del motor
Potenciómetro para controlar la velocidad de giro



Elaborado por: Cristian Albán

La señal obtenida es de tipo digital y está en el rango de 0.5 a 4.5 V

Figura 49 Señal obtenida del sensor efecto hall en Labsoft

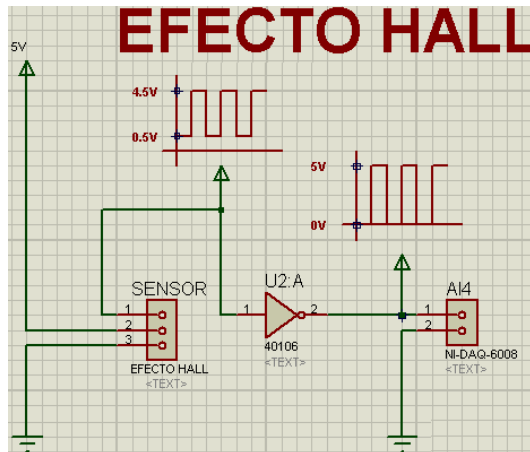


Elaborado por: Cristian Albán

2.1.4.1 Circuito de acondicionamiento del Sensor de efecto hall

En las librerías encontradas en la programación de Labview se necesita que la señal de entrada por el módulo DAQ USB-6008 sea de 0 a 5 V por lo que debemos diseñar un circuito de acondicionamiento para el sensor de efecto hall, por lo que el circuito diseñado es un cruce por cero y se muestra a continuación:

Figura 50 Circuito acondicionador del Sensor de efecto hall



Elaborado por: Cristian Albán

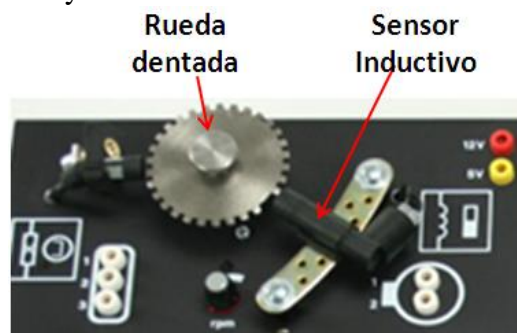
Al tener los pulsos de entrada entre 0.5 y 4.5 V son semi pulsos cuadrados por lo que necesitamos formar pulsos cuadrados y esto se realiza en la compuerta Schmitt trigger CD4016B y la señal que obtenemos son pulsos cuadrados para ingresar al módulo DAQ USB-6008 para la programación en Labview.

2.1.5 Análisis matemático del sensor inductivo

El sensor inductivo genera señales de corriente alterna tantas veces como el número de dientes de la rueda fónica que pasan junto a este sensor, por lo que lo utilizaremos para medir el número de revoluciones que gira el motor utilizado en nuestro módulo de sensores.

En la Figura 51 se puede ver el sensor inductivo y la rueda dentada utilizada para detectar las revoluciones del motor:

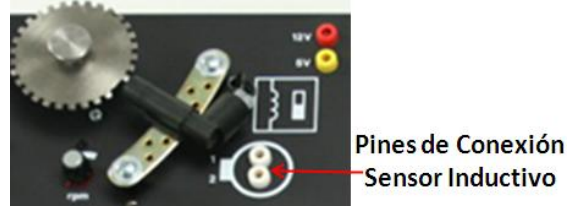
Figura 51 Sensor Inductivo y Rueda dentada



Elaborado por: Cristian Albán

Para obtener la señal que mide el sensor inductivo al girar la rueda dentada medimos conectando en los pines del sensor mostrado en la Figura 52:

Figura 52 Pines de conexión del sensor inductivo

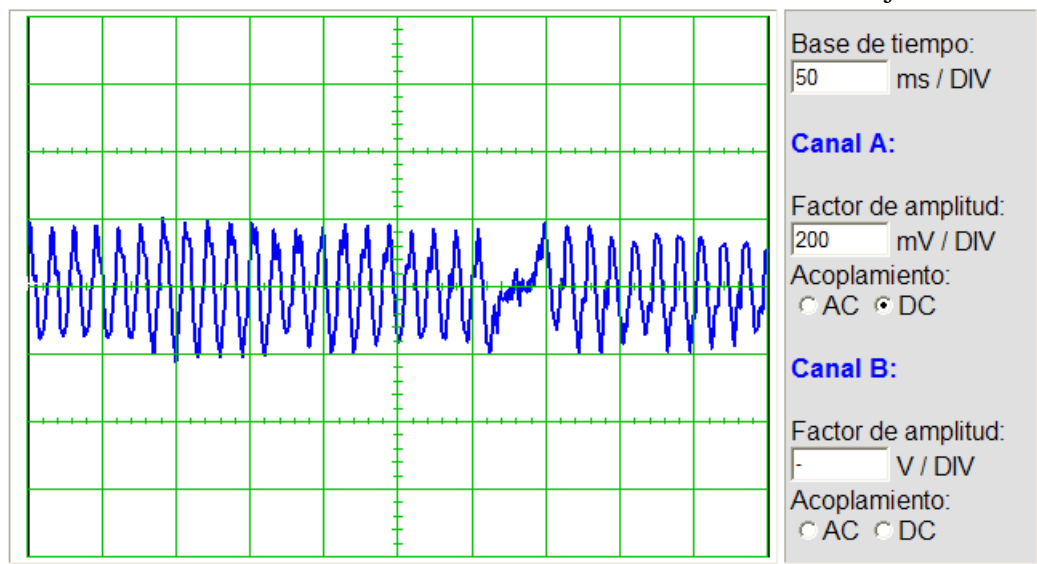


Elaborado por: Cristian Albán

La señal que nos da este sensor es de tipo sinusoidal y es proporcional al número de dientes de la rueda dentada, esta posee 30 dientes con lo cual produce variaciones en amplitud y frecuencia, es por esto que esta señal al ser de tipo alterno y la amplitud varía desde 200 mV a 800mV, debemos convertirla en una señal continua pulsatoria para procesarla mediante el módulo DAQ USB-6008.

En la figura 53 se observa la señal que produce el sensor inductivo a baja velocidad por lo que la amplitud es menor de 400 mV y el número de pulsos es de 28 en 500ms.

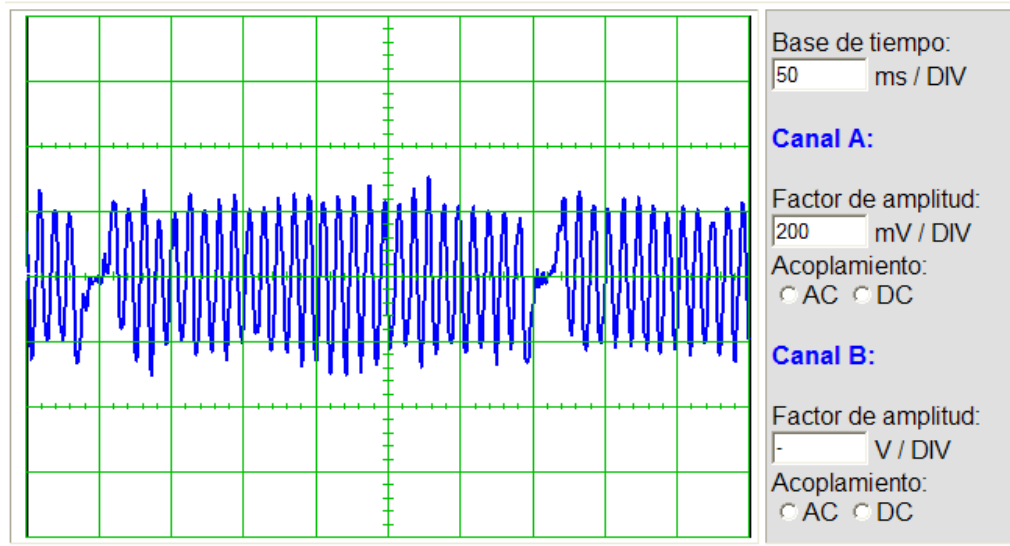
Figura 53 Señal obtenida del sensor inductivo en Labsoft a velocidad baja



Elaborado por: Cristian Albán

En la figura 54 se observa la señal que produce el sensor inductivo a mayor velocidad por lo que la amplitud es mayor de 600 mV y el número de pulsos es de 28 en 300ms.

Figura 54 Señal obtenida del sensor inductivo en Labsoft a velocidad alta

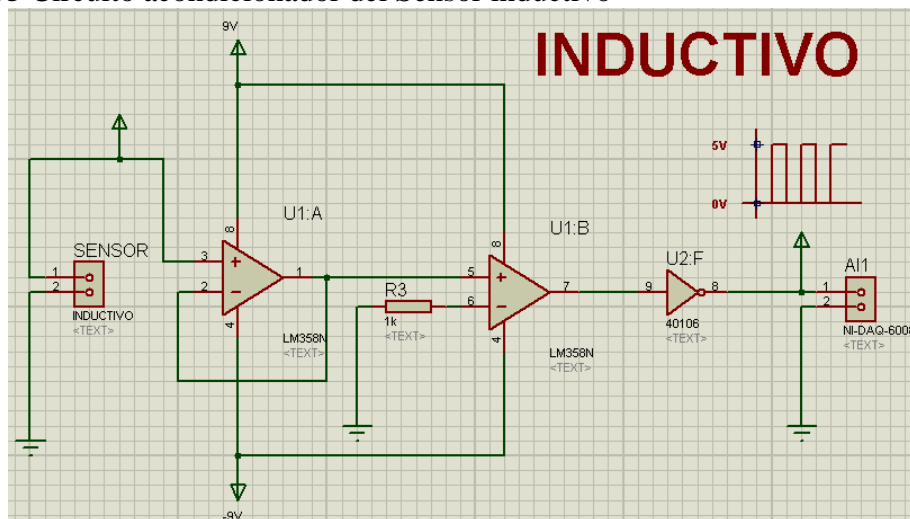


Elaborado por: Cristian Albán

2.1.5.1 Circuito de acondicionamiento del Sensor inductivo

Debido al tipo de señal que ingresa el módulo DAQ USB-6008, se diseñó el circuito para convertir la señal sinusoidal en una onda cuadrada que varié solo en frecuencia

Figura 55 Circuito acondicionador del Sensor inductivo



Elaborado por: Cristian Albán

La señal producida por el sensor inductivo es ingresada a un seguidor de voltaje y luego ingresada a una etapa de amplificación de voltaje no inversora formado por el amplificador LM358, la ganancia de amplificación está dada por la siguiente ecuación:

$$G = \frac{R_{pot}}{R1} + 1$$

Por lo que podemos amplificar el voltaje hasta 5 V, convirtiéndolo en pulsos semi cuadrados, para finalmente pasar a la etapa en donde se forma pulsos cuadrados realizándose en la compuerta Schmitt trigger CD4016B.

2.1.6 Análisis matemático del interruptor de la válvula de mariposa

La señal de este interruptor es de tipo pulsante, ya que el contacto del material flexible utilizado en el interruptor abre o cierra el circuito dependiendo de la abertura que se produzca.

Figura 56 Interruptor de la Válvula de Mariposa



Interruptor de la válvula de mariposa

Elaborado por: Cristian Albán

Para comprobar el voltaje al variar el interruptor de la válvula de la mariposa de aceleración se mide en los pines como se muestran en la Figura 57:

Figura 57 Pines de conexión del Interruptor de la válvula de mariposa



Pines de Conexión del Interruptor de la válvula de mariposa

Elaborado por: Cristian Albán

Las entradas analógicas del módulo DAQ USB-6008 admite un rango de voltaje de 0 a 5 V por lo que no es necesario un circuito de acondicionamiento para el interruptor de la válvula de mariposa.

2.1.7 Análisis matemático del potenciómetro de mariposa

El potenciómetro de mariposa funciona con un voltaje de alimentación de 5V, se puede entender que si un contacto deslizante se encuentra en el tope izquierdo, entonces se mide en la línea de la señal una tensión de 5 V. Si se encuentra en el tope derecho, entonces, se mide 0V. En el centro, correspondientemente, el valor será de 2,5V. Pero los topes limitan el desplazamiento de la toma, de manera que el verdadero rango de tensión utilizable se encuentra entre 0,7 y 4,3 voltios. Lo que sirve para el reconocimiento sencillo de cortocircuitos y cortes de la línea.

Figura 58 Potenciómetro de mariposa

Potenciómetro de Mariposa



Elaborado por: Cristian Albán

Para medir el voltaje del potenciómetro de mariposa se debe variar la rueda ubicada a lado derecho, por lo que se debe conectar el voltímetro en los pines mostrados en la siguiente figura:

Figura 59 Pines de conexión del potenciómetro de mariposa

**Pines de conexión del
Potenciómetro de Mariposa**



Elaborado por: Cristian Albán

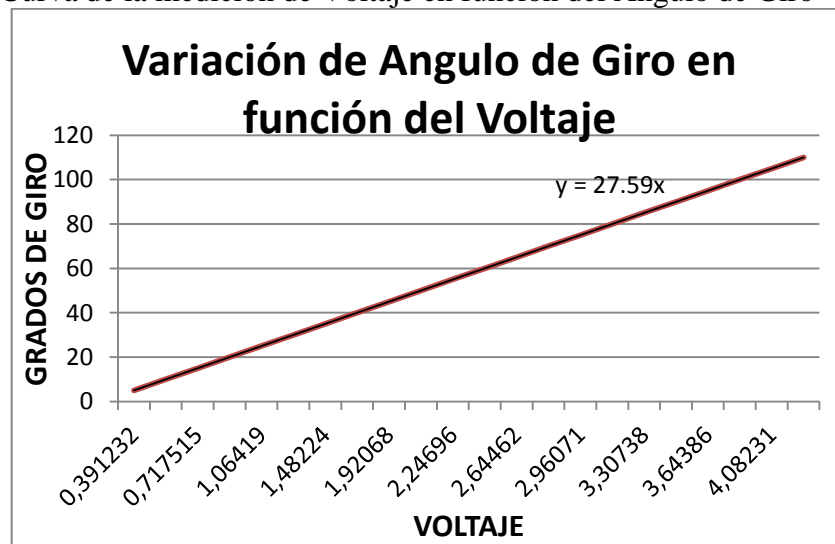
Los datos medidos por un voltímetro se muestran en la tabla 9:

Tabla 9 Valores de voltaje en función del ángulo de giro del potenciómetro de mariposa

Voltaje	Grados de Giro
0,279073	0
0,391232	5
0,584963	10
0,717515	15
0,911245	20
1,06419	25
1,28851	30
1,48224	35
1,71676	40
1,92068	45
2,10422	50
2,24696	55
2,38971	60
2,64462	65
2,80776	70
2,96071	75
3,15444	80
3,30738	85
3,48072	90
3,64386	95
3,89877	100
4,08231	105
4,26584	110

Elaborado por: Cristian Albán

Figura 60 Curva de la medición de Voltaje en función del Angulo de Giro



Elaborado por: Cristian Albán

Las entradas analógicas del módulo DAQ USB-6008 admite un rango de voltaje de 0 a 5 V por lo que no es necesario un circuito de acondicionamiento para el potenciómetro de mariposa, para obtener la ecuación de los datos medidos del ángulo de giro en función del voltaje nos basamos en la curva característica que se obtuvo en la medición del potenciómetro de mariposa (Figura 60).

La ecuación obtenida que va a ser utilizada en la programación de Labview es la siguiente:

$$\text{Grados de Giro} = 27.59 * V_{in}$$

2.1.8 Análisis matemático del medidor de masa de aire

El sensor masa de aire utilizado en nuestro módulo aparte de medir el flujo de aire, contiene un sensor de temperatura (IAT), para medir la temperatura absorbida en el módulo.

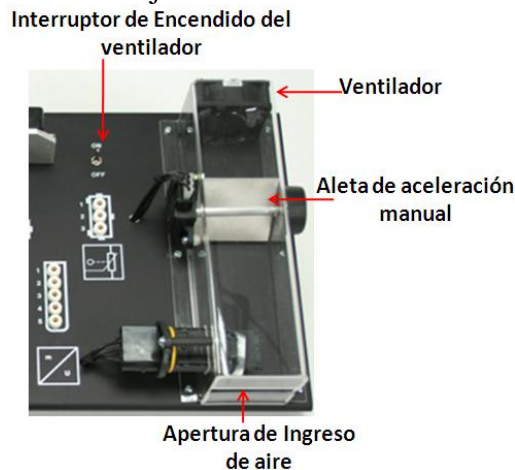
Figura 61 Medidor de masa de aire



Elaborado por: Cristian Albán

El medidor de masa de aire de nuestro módulo, mide el flujo de aire absorbido mediante un ventilador que está al otro extremo, para cuando se mida el flujo de aire el ventilador debe estar funcionando y con la aleta de aceleración regulamos el ingreso de aire.

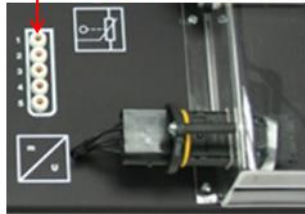
Figura 62 Sistema para medir el flujo de aire



Elaborado por: Cristian Albán

Para obtener el voltaje de medidor de masa de aire conectamos el voltímetro en los pines mostrados de la Figura 63:

Figura 63 Pines de conexión del medidor de masa de aire
Pines de Conexión del Medidor de masa de aire



Elaborado por: Cristian Albán

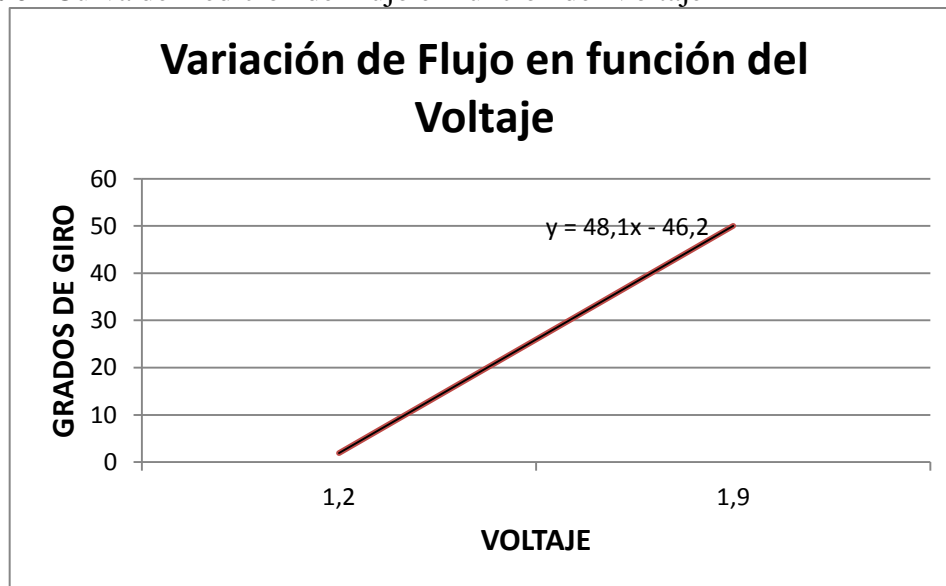
Los datos al medir el flujo de aire mediante la utilización del voltímetro se muestran en la Tabla 10:

Tabla 10 Valores medidos voltaje-Flujo de aire

Voltaje (V)	Flujo (g/seg)
1,2	0
1,9	50

Elaborado por: Cristian Albán

Figura 64 Curva de medición de Flujo en función del Voltaje



Elaborado por: Cristian Albán

El voltaje de entrada del medidor de masa de aire varía desde 1,2 V hasta 1,9 V por lo que no es necesario un circuito de acondicionamiento para este medidor, para obtener la

ecuación de los datos medidos del ángulo de giro en función del voltaje nos basamos en la curva característica que nos da el medidor de masa de aire (Figura 64).

La ecuación obtenida que va a ser utilizada en la programación de Labview es la siguiente:

$$\text{Flujo} = 48,1 \text{ Vin} - 49.2$$

2.2 Conexión de los sensores al módulo DAQ USB-6008.

2.2.1 Configuración del módulo DAQ USB-6008 hacia Labview

Para iniciar a utilizar la tarjeta DAQUSB-6008 se debe configurar el módulo adecuadamente, leyendo las señales del módulo de Sensores.

El Hardware necesario para el manejo es:

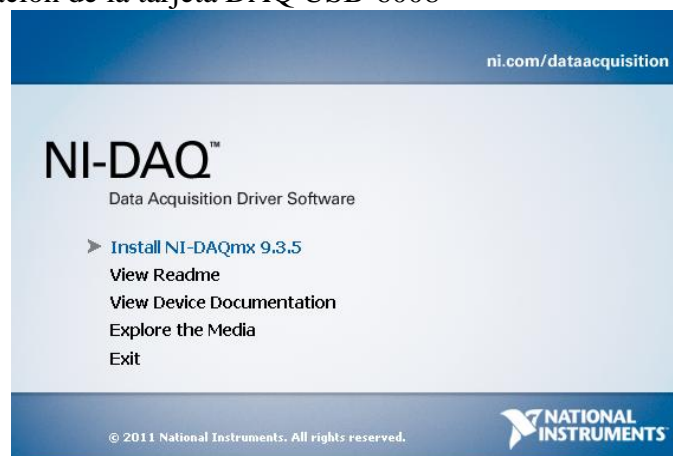
- Tarjeta DAQ USB-6008
- Cable de conexión USB
- Computador con un puerto USB
- Conectar las terminales de tornillo a los terminales de la DAQ

El software necesario para utilizar el Modulo DAQ USB-6008 es:

- Labview
- NI-DAQmx

El módulo DAQ USB-6008 al momento de conectarse al computador necesita que se instale el Software NI-DAQ para que los drivers puedan comunicar de una manera correcta a Labview.

Figura 65 Instalación de la tarjeta DAQ USB-6008



Elaborado por: Cristian Albán

Luego de Instalar los drivers, procedemos a conectar el módulo DAQ USB-6008 para adquirir los datos de los Sensores a ser utilizados.

Mediante la herramienta del NI-DAQ se detecta el módulo DAQ USB-6008 automáticamente como se muestra en la figura 66:

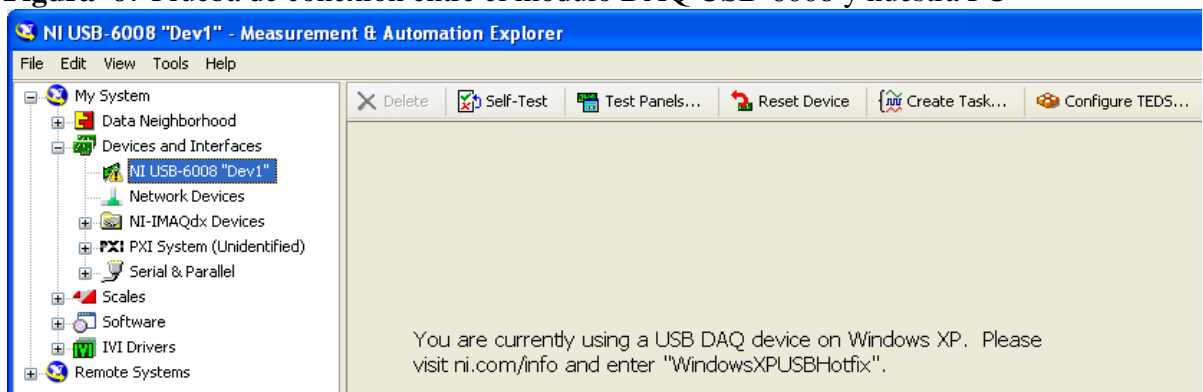
Figura 66 Módulo usb-6008 detectado por nuestra PC



Elaborado por: Cristian Albán

Para la utilización del módulo DAQ USB-6008 mediante la herramienta Medición y Automatización se puede verificar que el módulo a utilizar está conectado a la computadora:

Figura 67 Prueba de conexión entre el módulo DAQ USB-6008 y nuestra PC



Elaborado por: Cristian Albán

Los pines del módulo DAQ USB-6008 se encuentra distribuidas de tal manera que las entradas y Salidas analógicas (AI/AO) se encuentra separadas de las entradas y salidas digitales (DI/DO) como se muestra en la Figura 68.

Figura 68 Pines de la Tarjeta DAQ USB-6008

GND	1	17	PO.0
AI0	2	18	PO.1
AI4	3	19	PO.2
GND	4	20	PO.3
AI1	5	21	PO.4
AI5	6	22	PO.5
GND	7	23	PO.6
AI2	8	24	PO.7
AI6	9	25	P1.0
GND	10	26	P1.1
AI3	11	27	P1.2
AI7	12	28	P1.3
GND	13	29	PFI0
AO0	14	30	+2.5 V
AO1	15	31	+5 V
GND	16	32	GND

Fuente: DAQ Assistant

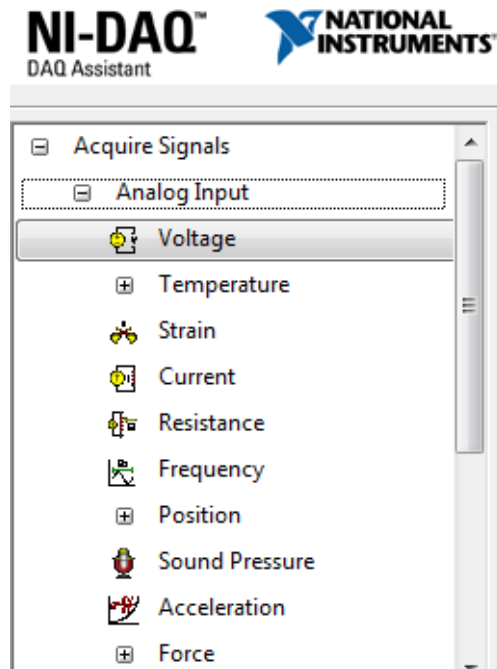
2.2.2 Configuración de los Sensores mediante el Asistente de Adquisición de Datos

Una vez instalado el software del DAQ según las especificaciones del proveedor del programa, se deben configurar los canales mediante la utilización del Asistente de Adquisición de Datos para cada uno de los Sensores.

Al realizar el acondicionamiento de las señales de los sensores utilizados, se configura las entradas del módulo como señales de voltaje como se muestra en la Figura 69 y la configuración de las características de entrada de la siguiente manera:

- Configuración del Canal: RSE (Referenciado a tierra)
- Selección de la escala: Voltios
- Nivel máximo de la entrada de CAD: 5 voltios
- Nivel mínimo de la entrada de CAD: 0 voltios
- Numero de muestras por cada canal analógico: N= 1000 muestras
- Tasa de muestreo: Rate=1 KHz

Figura 69 Configuración de las señales de entrada como voltaje

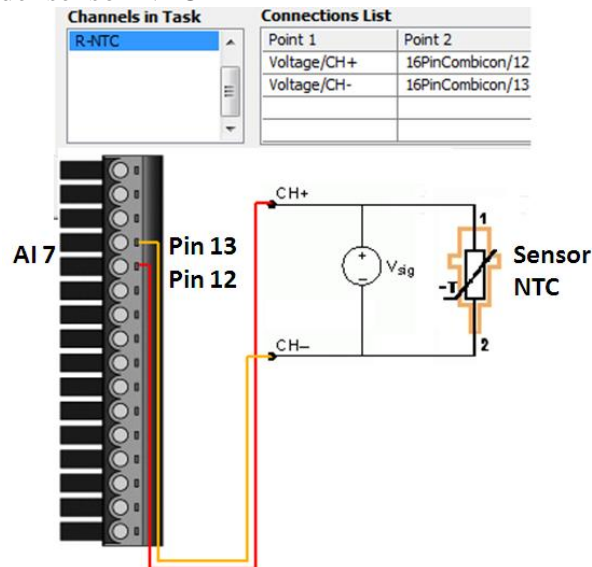


Elaborado por: Cristian Albán

2.2.2.1 Configuración del canal para el sensor NTC

Mediante el asistente de adquisición, configuramos la entrada analógica AI7 (pines 12 y 13) el sensor NTC en el módulo DAQ USB-6008 de la siguiente manera:

Figura 70 Conexión del sensor NTC

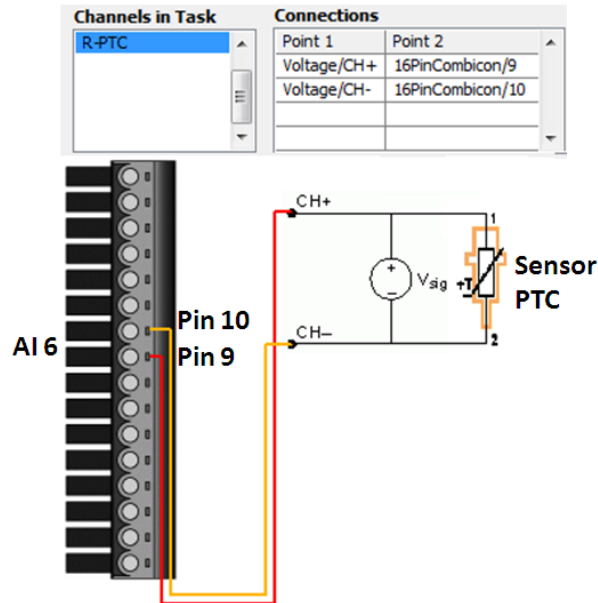


Elaborado por: Cristian Albán

2.2.2.2 Configuración del canal para el sensor PTC

Mediante el asistente de adquisición, configuramos la entrada analógica AI6 (pines 9 y 10) el sensor PTC en el módulo DAQ USB-6008 como se muestra en la Figura:

Figura 71 Conexión del sensor PTC

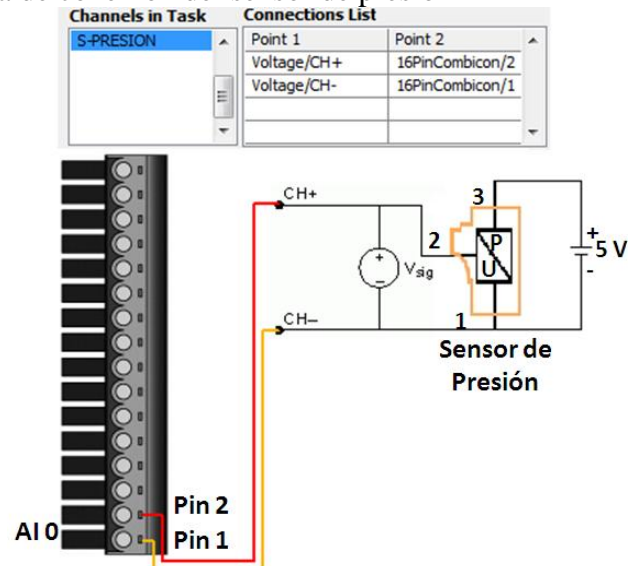


Elaborado por: Cristian Albán

2.2.2.3 Configuración del Canal para el sensor de presión

Mediante el asistente de adquisición, configuramos la entrada analógica AI0 (pines 2 y 1) del sensor de presión en el módulo DAQ USB-6008 como se muestra en la Figura:

Figura 72 Diagrama de conexión del sensor de presión

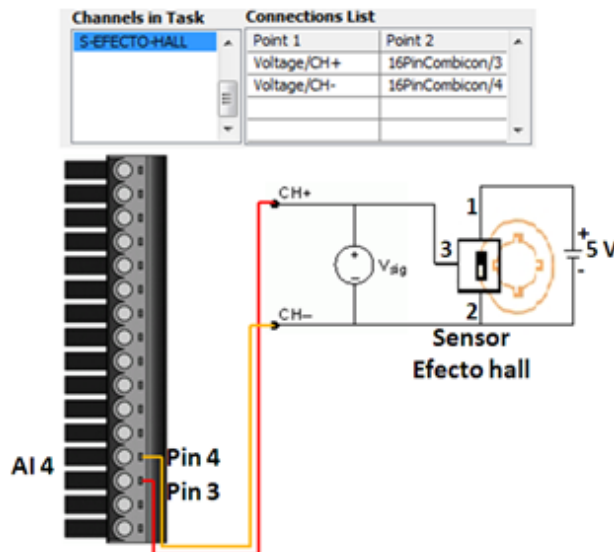


Elaborado por: Cristian Albán

2.2.2.4 Configuración del canal para el sensor de Efecto Hall

Mediante el asistente de adquisición, configuramos la entrada analógica AI4 (pines 3 y 4) del sensor de efecto hall en el módulo DAQ USB-6008 como se muestra en la Figura:

Figura 73 Diagrama de conexión del sensor de efecto hall

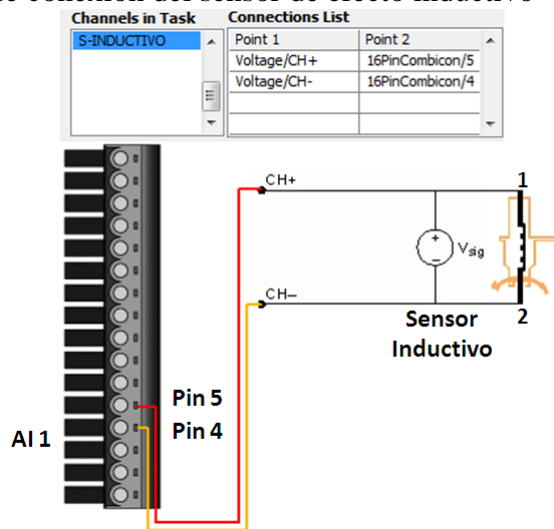


Elaborado por: Cristian Albán

2.2.2.5 Configuración del canal para el sensor inductivo

Mediante el asistente de adquisición, configuramos la entrada analógica AI1 (pines 4 y 5) del sensor inductivo en el módulo DAQ USB-6008 como se muestra en la Figura.

Figura 74 Diagrama de conexión del sensor de efecto inductivo

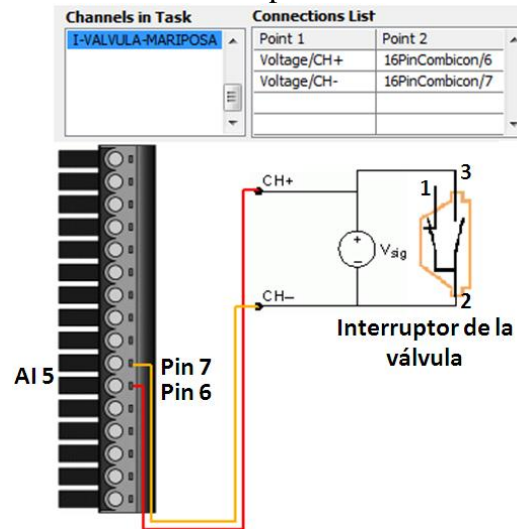


Elaborado por: Cristian Albán

2.2.2.6 Configuración del canal para el interruptor de la Válvula de Mariposa

Mediante el asistente de adquisición, configuramos la entrada analógica AI5 (pines 6 y 7) el interruptor de la válvula de mariposa en el módulo DAQ USB-6008 como se muestra en la Figura:

Figura 75 Diagrama de conexión del interruptor de la válvula de mariposa

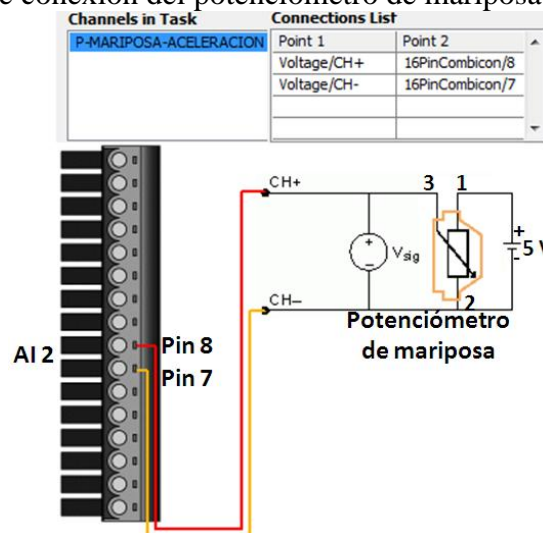


Elaborado por: Cristian Albán

2.2.2.7 Configuración del canal para el potenciómetro de mariposa

Mediante el asistente de adquisición, configuramos la entrada analógica AI2 (pines 8 y 7) el potenciómetro de mariposa en el módulo DAQ USB-6008 como se muestra en la Figura:

Figura 76 Diagrama de conexión del potenciómetro de mariposa

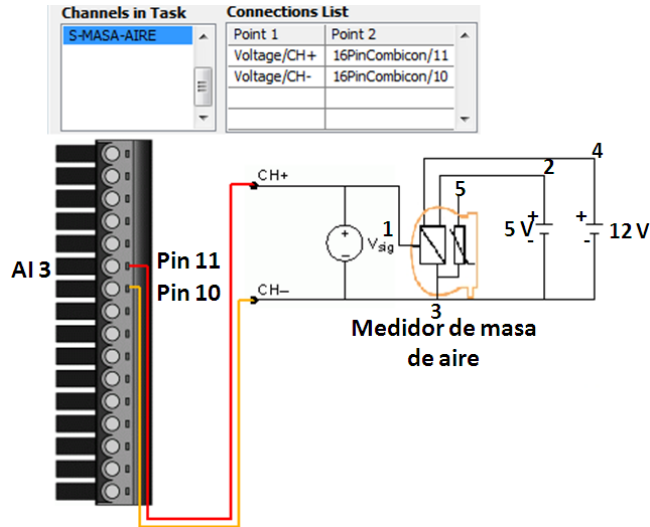


Elaborado por: Cristian Albán

2.2.2.8 Configuración del canal para el medidor de masa de aire (MAF)

Mediante el asistente de adquisición, configuramos la entrada analógica AI3 (pines 11 y 10) el medidor de masa de aire utilizando en el módulo DAQ USB-6008 como se muestra en la Figura:

Figura 77 Diagrama de conexión del medidor masa de aire



Elaborado por: Cristian Albán

A continuación se adjunta la tabla que especifica el canal al cual se conectan los sensores:

Tabla 11 Tabla de configuración de los canales de entrada de los sensores

Sensor	Medición	Rango	Canal (Pines)
Presión	Voltaje	0,7 V - 4,36 V	AI0 (2 y 1)
Inductivo	Voltaje	0-5 V	AI1 (5 Y 4)
Potenciómetro de Mariposa	Voltaje	0,27-4,26 V	AI2 (8 Y 7)
Medidor de masa de aire	Voltaje	1,2 V-2 V	AI3 (11 Y 10)
Efecto hall	Voltaje	0-5 V	AI4 (3 y 4)
Interruptor Válvula	Voltaje	0-5 V	AI5 (6 Y 7)
PTC	Voltaje	0 V- 3V	AI6 (9 y 10)
NTC	Voltaje	3 V – 5V	AI7 (12 y 13)













Elaborado por: Cristian Albán

Para los sensores de presión, potenciómetro de mariposa, medidor de masa de aire los canales de entrada no necesitan conectarse los cables de referencia por lo que al utilizar en el proyecto implementado no se conectara las referencias, mientras que para los otros sensores si se necesitan estar referenciados a gnd.

2.3 Diseño y Desarrollo del Programa en Labview

Para mostrar el desarrollo de cada proceso se utiliza diagramas de flujo que nos ayudaran a representar gráficamente los detalles algorítmicos de los procesos que se debe realizar, para analizar los diagramas de flujo vamos a considerar la siguiente simbología descrita en la siguiente tabla:

Tabla 12 Simbología para los diagramas de flujo

Símbolo	Función
	Proceso
	Proceso alternativo
	Decisión
	Datos
	Proceso predefinido
	Entrada manual
	Conector
	Conector fuera de pagina
	Y
	O
	Extracto
	Combinar

Fuente: Diagramas de flujo de Microsoft office

Para realizar el programa se implementó varias subrutinas como se enumeran a continuación:

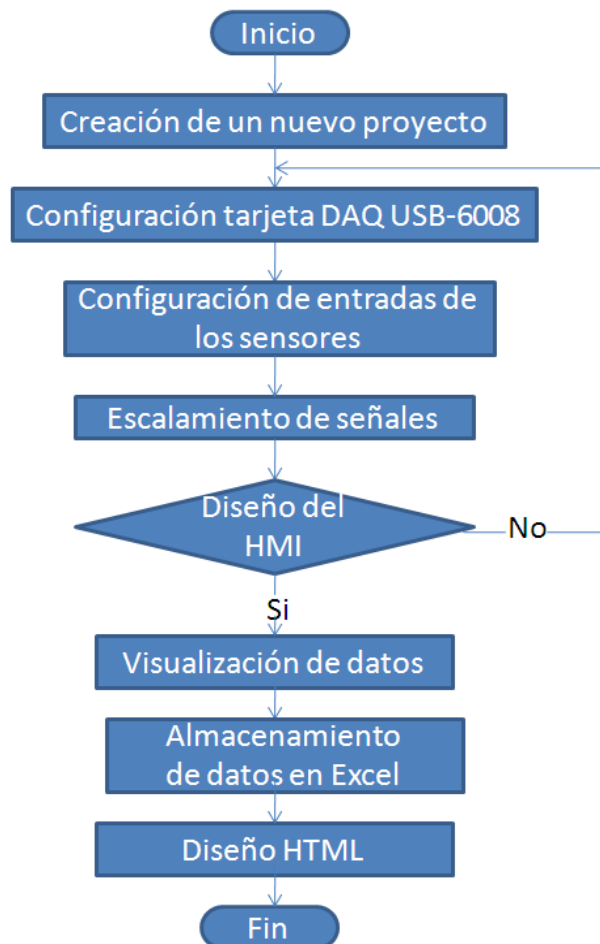
- Subrutina principal
- Subrutina de los sensores de velocidad
- Subrutina de los sensores de presión
- Subrutina de los sensores de aceleración
- Subrutina de los sensores de temperatura
- Subrutina de almacenamiento en Excel
- Subrutina de publicación web

2.3.1 Subrutina del programa Principal

En la pantalla principal se muestra las magnitudes de las señales análogas adquiridas mediante los sensores: NTC, PTC, Efecto Hall, Inductivo, Presión, Masa de aire, Interruptor de mariposa y potenciómetro de mariposa, de los cuales las señales medidas fueron acondicionadas previamente para ser adquiridos por el módulo DAQ USB-6008.

Mediante el siguiente diagrama de flujo se tendrá una idea del funcionamiento del programa principal, ya que muestra de una manera gráfica la estructura secuencial del desarrollo del programa principal para el presente proyecto.

Figura 78 Diagrama de flujo del programa principal



Elaborado por: Cristian Albán

2.3.2 Subrutina de los sensores de velocidad

Como ya configuramos las entradas de los sensores efecto hall e inductivo mediante el DAQ assistance, mediante el bloque Express lo que realizamos es el conteo del número de pulsos que entran por los canales ya configurados y determinar la velocidad en revoluciones por minuto.

En el siguiente bloque presentamos los datos en datos numéricos y también visualizamos los pulsos de entrada de cada sensor para visualizar la adquisición de datos.

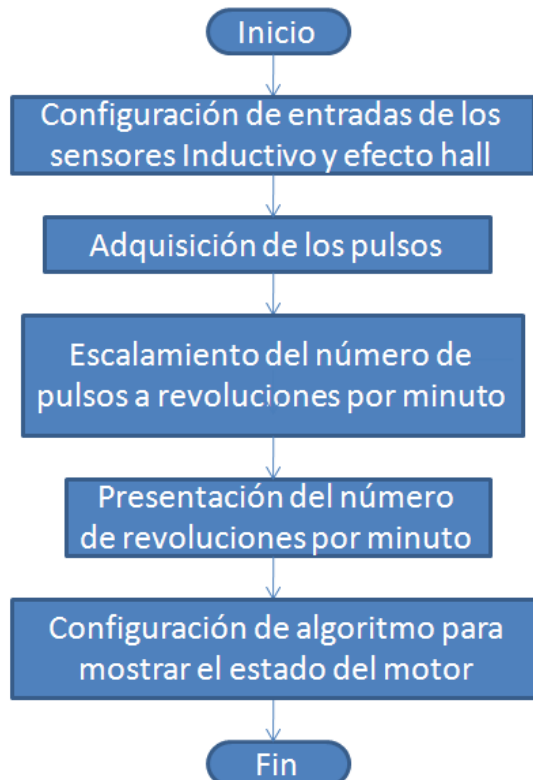
Finalmente realizamos un algoritmo para mostrar el estado del motor de acuerdo al número de revoluciones por minuto para lo cual utilizamos la siguiente tabla:

Tabla 13 Estados del motor dependiendo del número de RPM

Estado del Motor	RPMs
Motor Apagado	Menor que 0
Motor en Ralentí	1-50
Motor en Carga Baja	51-100
Motor en Carga Media	101-150
Motor en Carga Alta	Mayor a 151

Elaborado por: Cristian Albán

Figura 79 Diagrama de flujo de la medición de los sensores de velocidad



Elaborado por: Cristian Albán

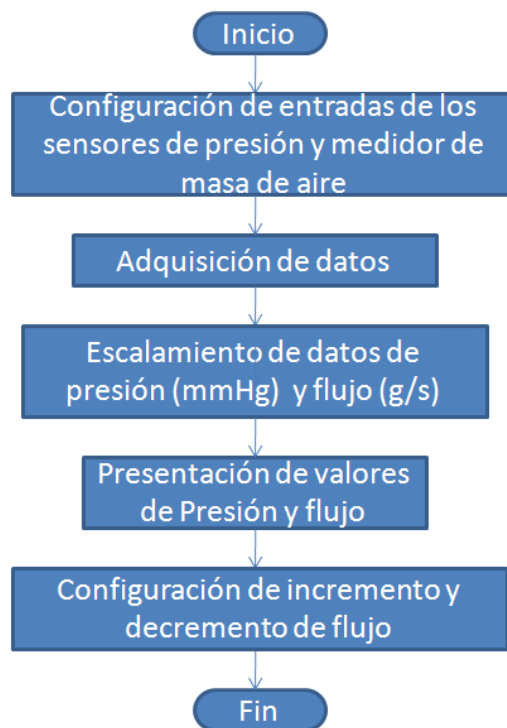
2.3.3 Subrutina de los sensores de presión

Como ya se configuro las entradas de los sensores de presión y el medidor de masa de aire, mediante el DAQ assistance se adquiere los datos al cambiar la presión con ayuda de la válvula de vacío y la variación de la aleta de aceleración, los valores adquiridos corresponden a voltaje por lo que es realizar el escalamiento a unidades de presión (Bar-mmHg) y de flujo de aire (g/s).

En el siguiente bloque se presenta el escalamiento en datos numéricos y también se muestra el voltaje de entrada de cada sensor para visualizar los datos adquiridos.

Finalmente se realiza un algoritmo para mostrar la entrada de la masa del flujo de incremento y decremento del flujo de aire.

Figura 80 Diagrama de flujo de la medición de los sensores de aire



Elaborado por: Cristian Albán

Para el escalamiento del sensor de presión debemos tener en cuenta el valor de la presión atmosférica a la que se encuentra dependiendo la altura:

Como por ejemplo la presión atmosférica a 2800 m de altura la presión es de 539 mmHg, por lo que al variar con la bomba de vacío la presión del sensor MAP se relaciona con el funcionamiento de un motor de inyección con lo siguiente:

Ingreso de Aire: Simular la presión atmosférica a nivel del mar

Absorción de Aire: Sobrepresión

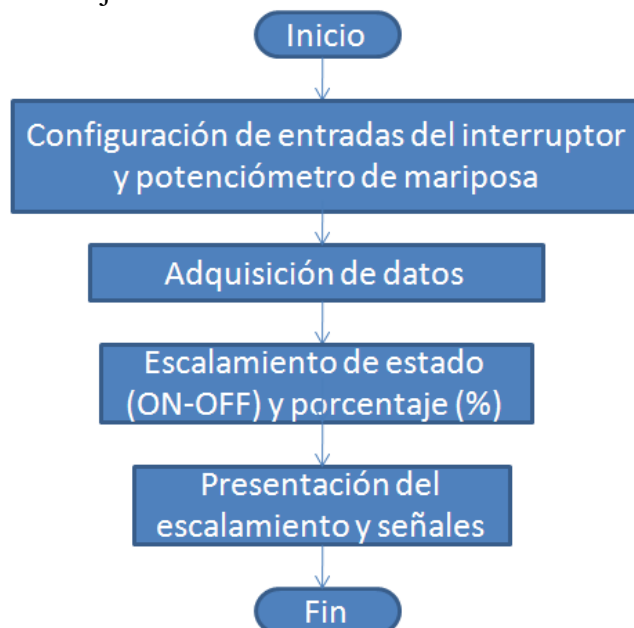
2.3.4 Subrutina de los sensores de aceleración

Ya configuradas las entradas de los sensores interruptor y potenciómetro de mariposa mediante el DAQ assistance, tomamos los datos al variar los elementos que cambian el voltaje medido por estos sensores.

El voltaje adquirido hay que realizar el escalamiento del interruptor (Estado ON-OFF) y el potenciómetro (Porcentaje de aceleración %).

En el siguiente bloque se diseñó la visualización del estado del interruptor y el porcentaje de aceleración así como el voltaje de entrada de cada sensor en oscilogramas, en la Figura 81 se muestra el diagrama de flujo de la subrutina de medición de los sensores de la válvula de aceleración.

Figura 81 Diagrama de flujo de la medición de los sensores de aceleración



Elaborado por: Cristian Albán

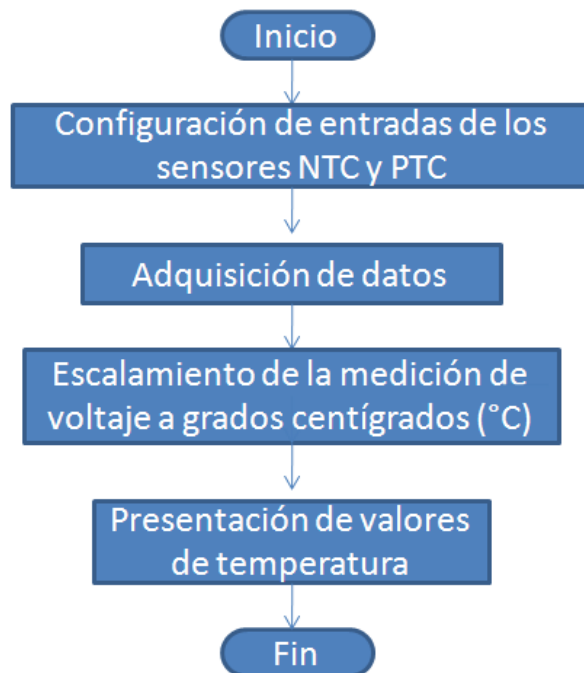
2.3.5 Subrutina de los sensores de temperatura

Como ya configuramos las entradas de los sensores NTC y PTC mediante el DAQ assistance, mediante el cual adquirimos los datos del cambio de temperatura al encender la calefacción, los datos adquiridos corresponden a voltaje por lo que se debe realizar el escalamiento a grados centígrados.

En el siguiente bloque diseñamos la visualización de variables de los sensores adquiridos así como la señal de entrada en oscilogramas.

En la figura 82 se muestra el diagrama de flujo de la subrutina de medición de temperatura del módulo de sensores utilizado.

Figura 82 Diagrama de flujo de la medición de los sensores NTC y PTC



Elaborado por: Cristian Albán

2.3.6 Subrutina de almacenamiento en Excel

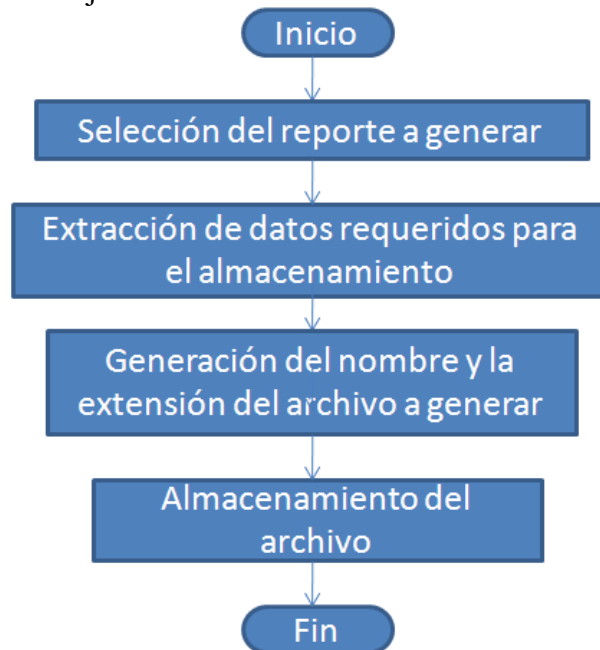
Labview dispone de librerías que permiten la comunicación y almacenamiento de datos adquiridos en una hoja de cálculo, especificando su nombre junto a la extensión *.xls se completa el proceso de creación de un documento en MS excel.

Primeramente se extraen los valores de las magnitudes físicas ya escaladas que van a ser almacenadas, las señales por el escalamiento producen varios tipos de datos por lo que dependiendo de esto se va a guardar varios archivos en formato excel, por lo que se va a guardar los datos en la carpeta creada en el escritorio llamado: DATOS_MEDIDOS_SENSORES y los nombres de los archivos tipo xls son:

- DATOS_FLUJO_INTERRUPTOR Y ANGULO
- DATOS_PRESION_TEMPERATURA
- DATOS_VELOCIDAD

En la figura 83 se muestra el diagrama de flujo de la subrutina de almacenamiento de datos.

Figura 83 Diagrama de flujo de almacenamiento de datos



Elaborado por: Cristian Albán

Se crean los títulos de las columnas, se llenan las filas y columnas, se establece una dirección dinámica que crea archivos asegurándose que siempre tenga un nombre distinto para evitar conflictos.

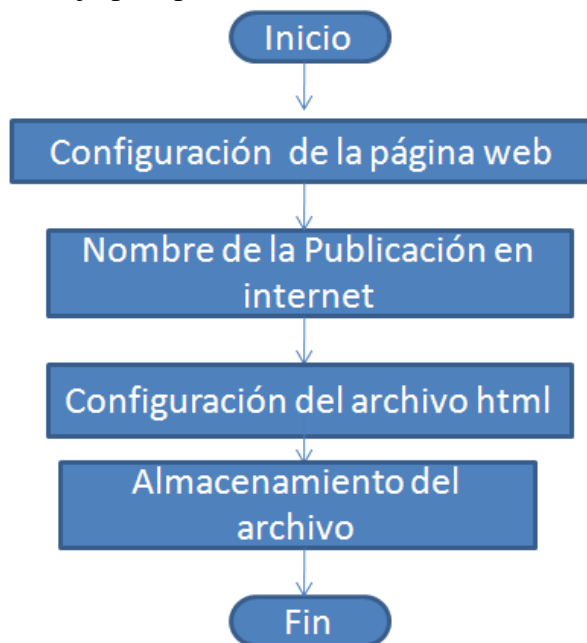
2.3.7 Subrutina para publicación web

Debido a que el uso del internet está ampliamente difundido, se ha querido dotar a la aplicación de accesos vía internet, para poder acceder a la aplicación en tiempo real, pudiendo ejercer control sobre nuestro proceso.

Los archivos correspondientes a la aplicación se están almacenando en nuestro computador en el cual desarrollamos nuestro programa, el cual va actuar como servidor.

En la figura 84 se muestra el diagrama de flujo para el acceso a nuestro programa mediante internet:

Figura 84 Diagrama de flujo para publicación web



Elaborado por: Cristian Albán

La configuración en la que se puede publicar vía web es variada, pudiendo elegir para que el cliente acceda por la web para que pueda tener control sobre la aplicación o solo visualizarla.

Como se puede observar, el proyecto implementado ha quedado publicado en la página http://HMI_modulo_de_Sensores_tecnologia_automovil.html que se puede tener acceso desde cualquier ordenador con acceso a internet que tenga instalado Labview, no obstante, se tiene la posibilidad de desarrollar un Run-time. Que permitirá cargar la aplicación a cada cliente sin la necesidad de que el ordenador tuviese instalado Labview.

2.4 Interfaz desarrollada en Labview

Debido a los objetivos planteados en este proyecto la interfaz gráfica que se desarrolló en el panel frontal con ayuda de la función: tab control se muestra a través de 6 pantallas, las cuales son:

- Pantalla principal
- Pantalla de los sensores de velocidad
- Pantalla de los sensores de presión
- Pantalla de los sensores de aceleración
- Pantalla de los sensores de temperatura
- Pantalla para almacenamiento de datos

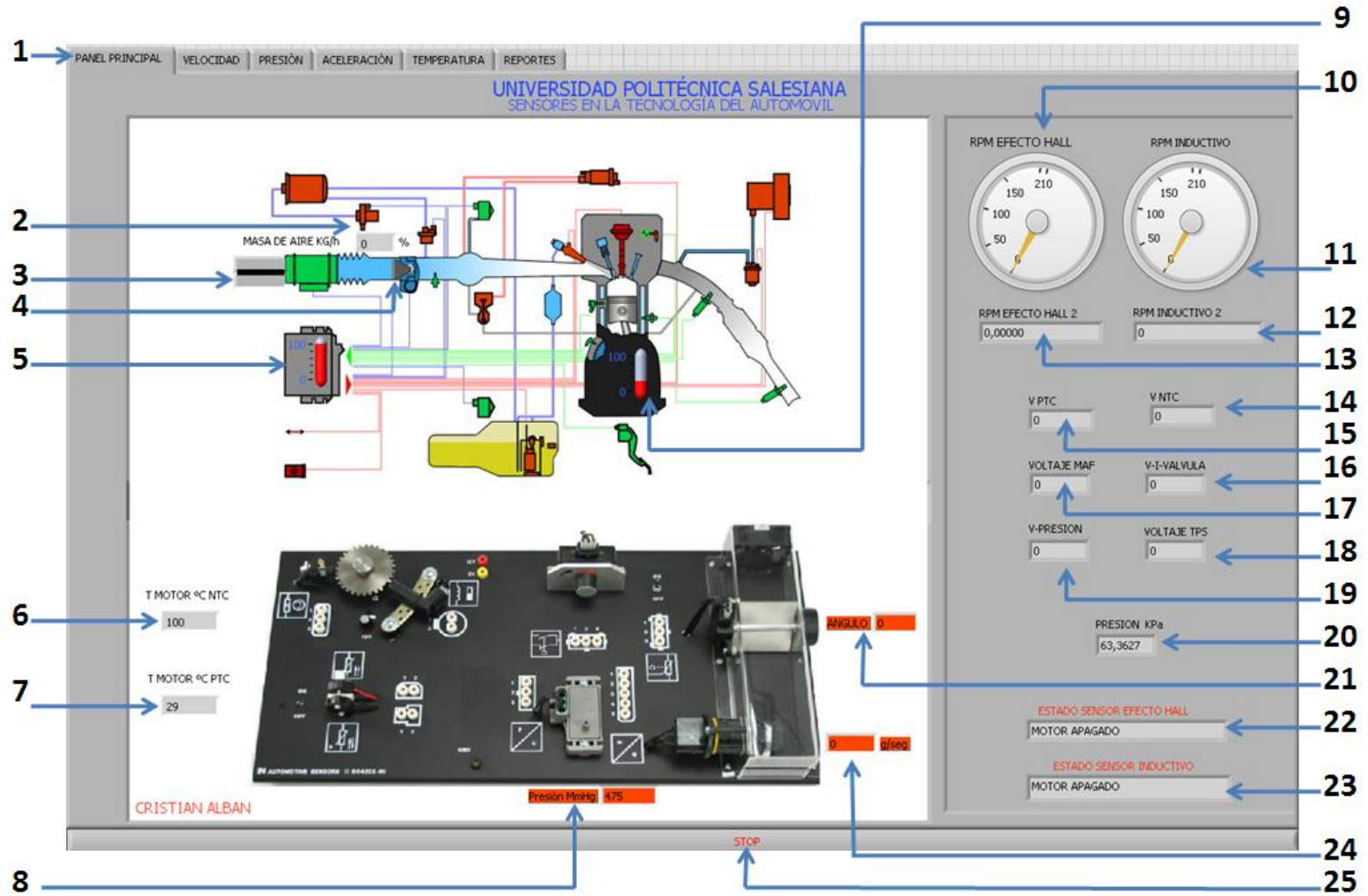
2.4.1 Diseño de la Pantalla principal

En nuestra paleta principal visualizamos las variables de los ocho sensores que utilizamos, mostrando la medición de las señales adquiridas y programadas en el diagrama de bloques de Labview, como son:

- Sensor NTC y PTC en: Grados centígrados (°C)
- Sensor de Presión en: Bares (mmHg)
- Sensor de efecto hall e Inductivo: Revoluciones por minuto (RPM)
- Interruptor de válvula de mariposa: Estado encendido o apagado (ON y OFF)
- Potenciómetro de mariposa en: Porcentaje de Angulo de Giro (%)
- Medidor de masa de aire en: Flujo (g/seg)

El diseño de la pantalla principal se muestra en la figura 85.

Figura 85 Pantalla principal diseñada para el módulo de sensores del automóvil



Elaborado por: Cristian Albán

Tabla 14 Descripción del HMI diseñado

1	Menú de Botones
2	Indicador de Porcentaje de apertura del Potenciómetro Interruptor de Aceleración
3	Animación de la entrada de Aire
4	Animación del interruptor de la válvula de aceleración
5	Temperatura medida por el Sensor NTC
6	Valor de Temperatura medida por el Sensor NTC
7	Valor de Temperatura medida por el Sensor PTC
8	Valor de Presión medida por el Sensor de presión en mmHg
9	Temperatura medida por el Sensor PTC
10	Tacómetro de rpm's medido por el sensor de Efecto hall
11	Tacómetro de rpm's medido por el sensor inductivo
12	Valor de rpm's medido por el sensor inductivo
13	Valor de rpm's medido por el sensor de Efecto hall
14	Valor de Voltaje medida por el Sensor NTC
15	Valor de Voltaje medida por el Sensor PTC
16	Valor de Voltaje del interruptor de la válvula de aceleración
17	Valor de Voltaje medido por el sensor MAF
18	Valor de Voltaje del Potenciómetro de aceleración
19	Valor de Voltaje medido por el sensor de presión
20	Valor de Presión medido por el sensor de presión en Kpa
21	Valor de Angulo de giro medido por el potenciómetro de aceleración
22	Estado del motor con respecto al número de rpm's por el sensor de efecto hall
23	Estado del motor con respecto al número de rpm's por el sensor inductivo
24	Valor de Flujo de aire medido por el sensor de MAF en g/seg
25	Botón Stop

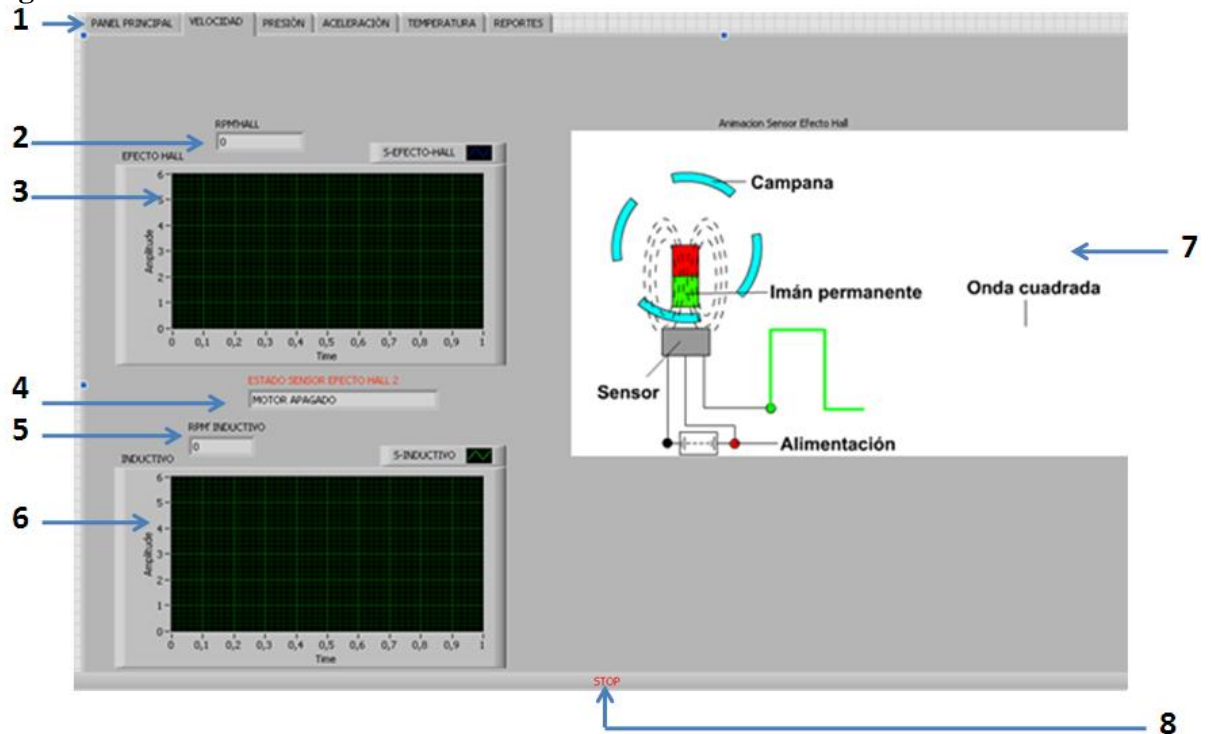
Elaborado por: Cristian Albán

2.4.2 Diseño de la pantalla de los sensores de velocidad

En esta paleta se muestra los oscilogramas de las señales adquiridas de los sensores de efecto hall e inductivo así como el número de revoluciones por minuto (RPM), que miden dichos sensores y el estado del motor debido al número de revoluciones.

También se visualiza una animación del funcionamiento de estos sensores.

Figura 86 Pantalla de los sensores de velocidad



Elaborado por: Cristian Albán

Tabla 15 Descripción del HMI diseñado pantalla sensores de velocidad

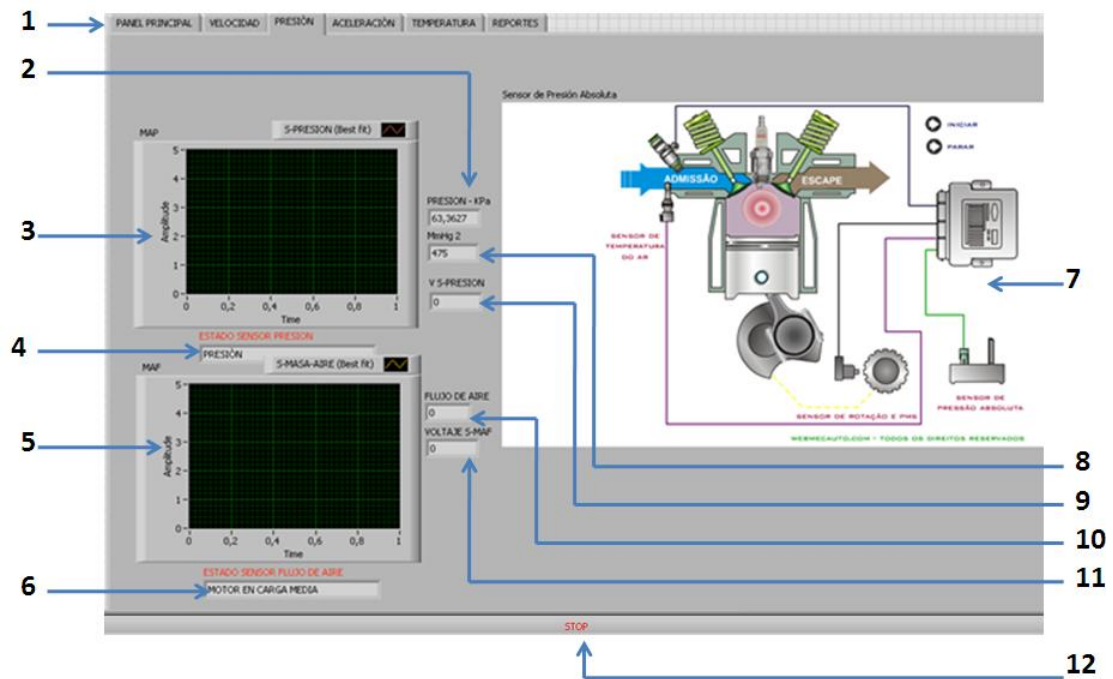
1	Botones de selección
2	Número de rpm's por el sensor de efecto hall
3	Oscilograma del sensor de efecto hall
4	Estado del motor con respecto al número de rpm's de los sensores de velocidad
5	Número de rpm's por el sensor inductivo
6	Oscilograma del sensor inductivo
7	Animación de los sensores de velocidad
8	Botón stop

Elaborado por: Cristian Albán

2.4.3 Diseño de la pantalla de los sensores de presión

En esta paleta se muestra los oscilogramas de las señales adquiridas de los sensores de presión y medidor de masa de aire, así como la magnitud de presión en milímetros de mercurio (mmHg) y el valor de flujo de aire en gramos por segundo (g/s), que miden dichos sensores, también se visualiza una animación del funcionamiento de estos sensores.

Figura 87 Pantalla de los sensores de Presión



Elaborado por: Cristian Albán

Tabla 16 Descripción del HMI diseñado pantalla sensores de Aire

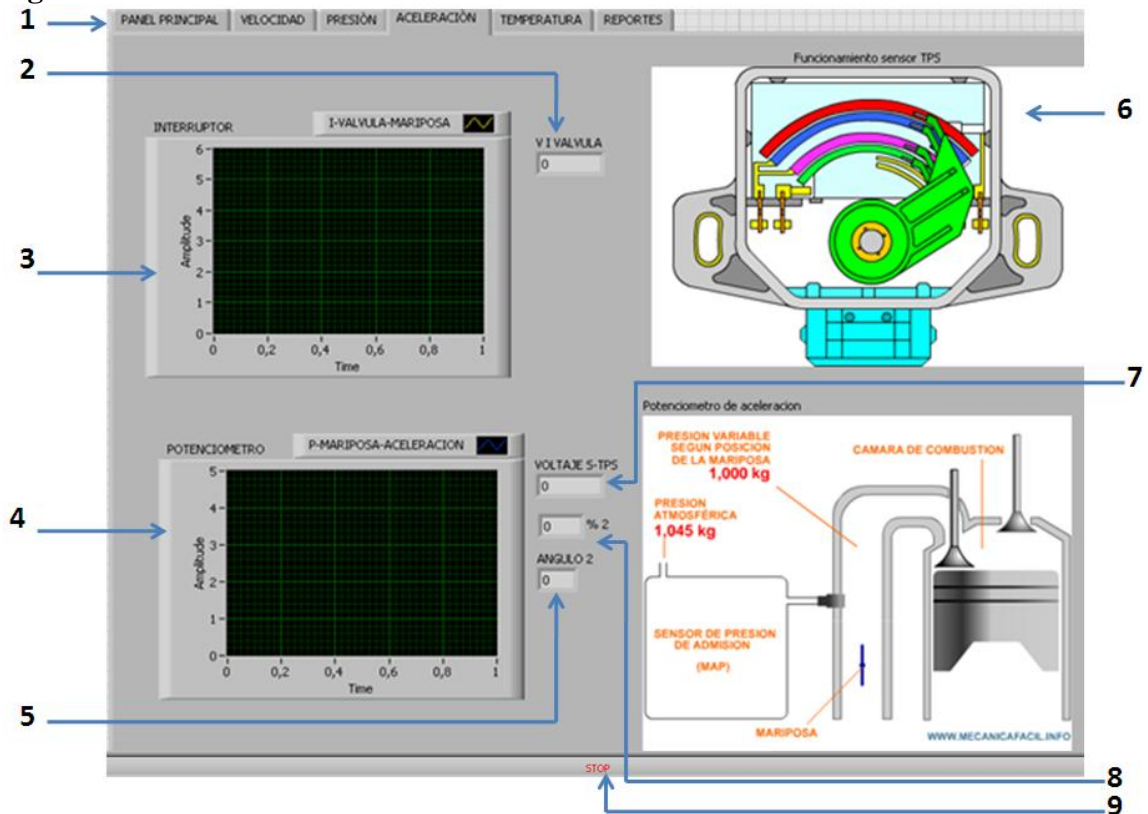
1	Botones de selección
2	Valor de presión medida en kPa
3	Oscilograma del sensor de presión
4	Estado del sensor de presión
5	Oscilograma del sensor de flujo de aire
6	Estado del sensor de flujo de aire
7	Animación del sensor de presión
8	Valor de presión medida en milímetros de mercurio (mmHg)
9	Valor de voltaje medido del sensor de presión
10	Valor de Flujo de aire
11	Valor de voltaje medido del sensor de flujo de aire
12	Botón stop

Elaborado por: Cristian Albán

2.4.4 Diseño de la pantalla de los sensores de aceleración

En esta pantalla se muestran las señales adquiridas del interruptor y potenciómetro de mariposa, así como el estado del interruptor (ON-OFF) y la magnitud del ángulo de giro (Grados) del potenciómetro de mariposa que detectan dichos sensores, también se visualiza una animación del funcionamiento de estos sensores.

Figura 88 Pantalla de los sensores de Aceleración



Elaborado por: Cristian Albán

Tabla 17 Descripción del HMI diseñado pantalla sensores de Aceleración

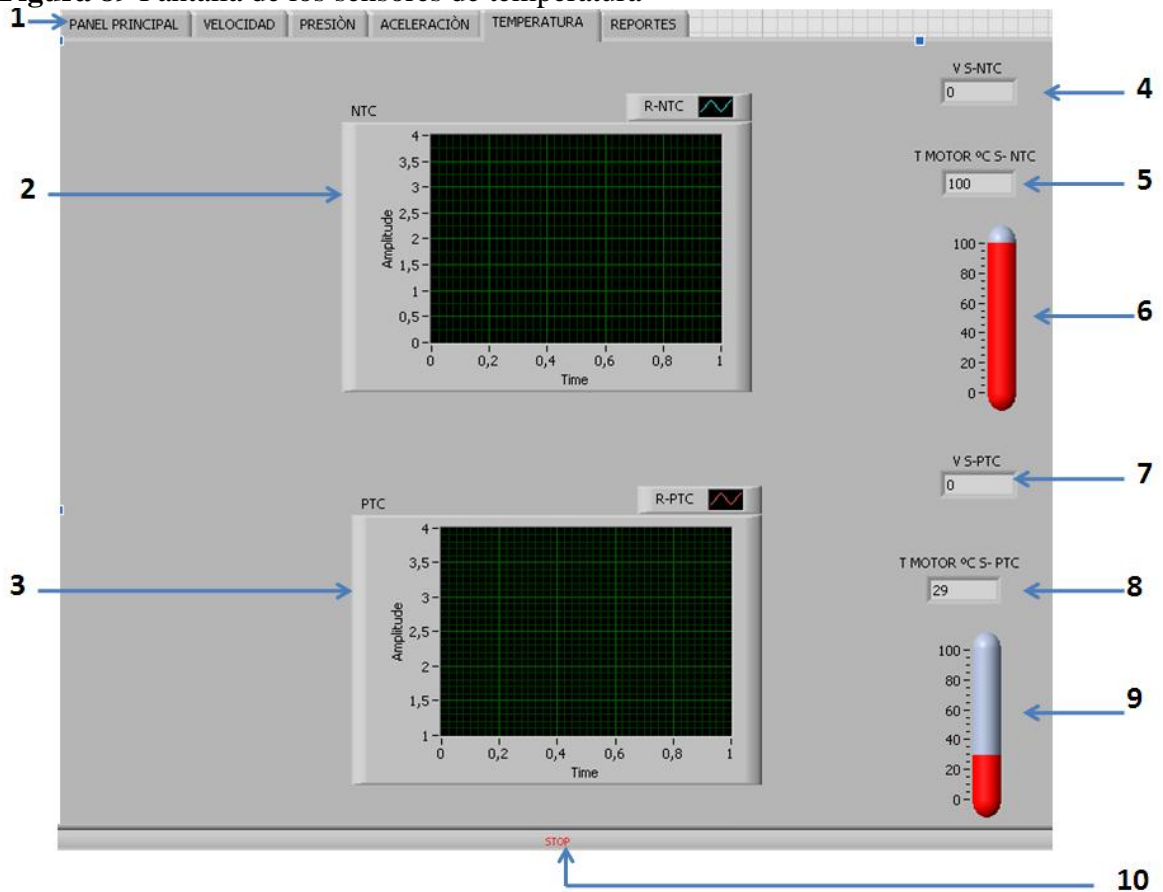
1	Botones de selección
2	Voltaje medido en el interruptor de aceleración
3	Oscilograma del interruptor de válvula de aceleración
4	Oscilograma del potenciómetro de aceleración
5	Valor en grados del ángulo de giro medido por el potenciómetro de aceleración
6	Animación del interruptor de la válvula de aceleración
7	Valor de voltaje medido por el potenciómetro de aceleración
8	Valor en porcentaje del ángulo de giro
9	Botón stop

Elaborado por: Cristian Albán

2.4.5 Diseño de la Pantalla de los sensores de temperatura

En esta pantalla se muestra las señales adquiridas de los sensores NTC y PTC, así como la magnitud de temperatura en grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$), que miden dichos sensores, también se visualiza una animación del funcionamiento de estos sensores.

Figura 89 Pantalla de los sensores de temperatura



Elaborado por: Cristian Albán

Tabla 18 Descripción del HMI diseñado pantalla sensores de Temperatura

1	Botones de selección
2	Oscilograma de la temperatura NTC
3	Oscilograma de la temperatura PTC
4	Valor de voltaje del sensor NTC
5	Valor de Temperatura del sensor NTC (C)
6	Indicador de temperatura del sensor NTC
7	Valor de voltaje del sensor PTC
8	Valor de Temperatura del sensor PTC (C)
9	Indicador de temperatura del sensor PTC
10	Botón stop

Elaborado por: Cristian Albán

2.4.6 Diseño de la pantalla para almacenamiento de datos

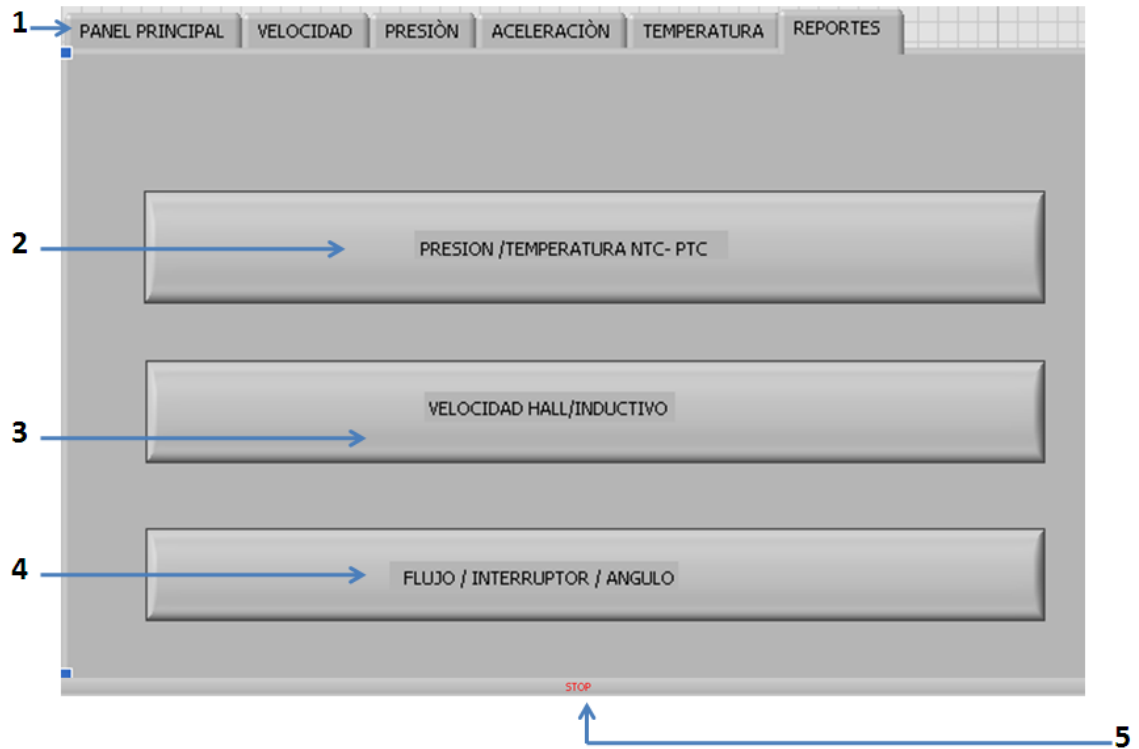
En esta pantalla se muestra un menú implementado para el almacenamiento de datos dependiendo del tipo de variables como son:

- Presión y temperatura
- Velocidad

- Flujo y aceleración

Al pulsar el botón Ok se va a empezar a guardar los datos en un archivo de formato excel creado mediante la herramienta de Labview: writetomeasurement file.

Figura 90 Pantalla para generar reportes



Elaborado por: Cristian Albán

Tabla 19 Descripción del HMI diseñado pantalla almacenamiento de datos

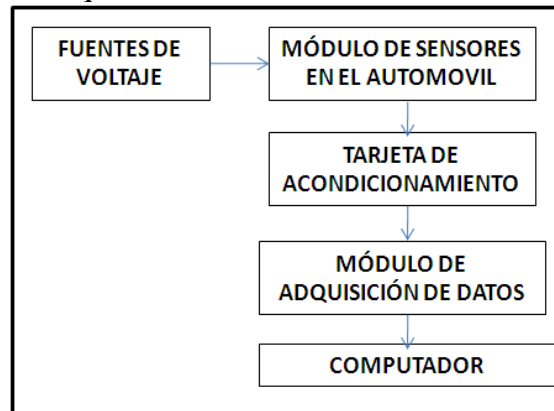
1	Botones de selección
2	Botón para almacenamiento de datos de los sensores de presión y temperatura
3	Botón para almacenamiento de datos de los sensores de velocidad
4	Botón para almacenamiento de datos de los sensores de flujo, y aceleración
5	Botón Stop

Elaborado por: Cristian Albán

2.5 Desarrollo general del hardware

En el siguiente diagrama de bloques se muestran el hardware para el desarrollo del proyecto:

Figura 91 Diagrama de Bloques del Hardware utilizado



Elaborado por: Cristian Albán

2.5.1 Fuentes de Voltaje

Con la finalidad de tener un sistema seguro y confiable para alimentar el módulo de sensores se utiliza las fuentes de voltaje del fabricante Lucas Nülle y la alimentación a los sensores por medio de la fuente del módulo NI USB-6008 (Pin 30).

2.5.1.1 Fuentes de alimentación (SO4203-2A y SO4203-2A)

Estas fuentes de alimentación se emplean para el funcionamiento de todos los elementos del Módulo de Sensores que vamos a utilizar como herramienta principal para nuestro proyecto y el módulo Unitrain, sus funciones principales son: suministrar tensiones alternas variables de más alta potencia, tensiones continuas regulables, y un sistema de corriente trifásica con frecuencia y amplitud variables.

Para generar las funciones de alimentación, se requiere la interfaz Unitrain-I. El ajuste se realiza por medio de los Instrumentos Virtuales (IV)

Figura 92 Fuente de Alimentación Unitrain

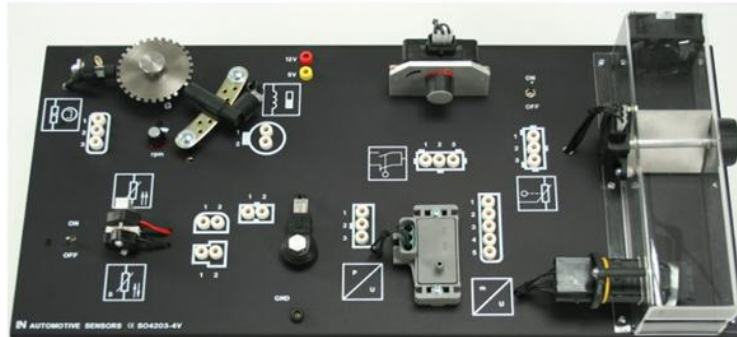


Fuente: (1425_S_Unitrain-pdf)

2.5.2 Módulo de sensores en el automóvil

El módulo SO4203-4V contiene todos los elementos utilizados en nuestro sistema por lo que es la principal herramienta para la adquisición de señales.

Figura 93 Módulo SO4203-4V

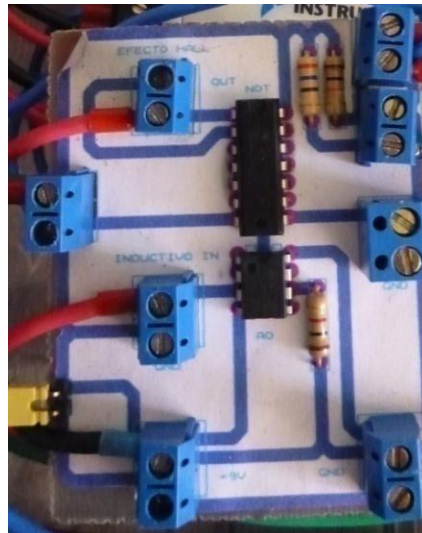


Fuente: Software labsoft

2.5.3 Tarjeta de acondicionamiento

En la tarjeta de acondicionamiento se tiene los conectores por donde ingresan las señales de los sensores NTC, PTC, de efecto Hall e inductivo a los elementos como son amplificadores operacionales, compuerta digital, resistencias y los conectores de salida hacia los canales de entrada del módulo DAQ USB-6008.

Figura 94 Tarjeta de acondicionamiento



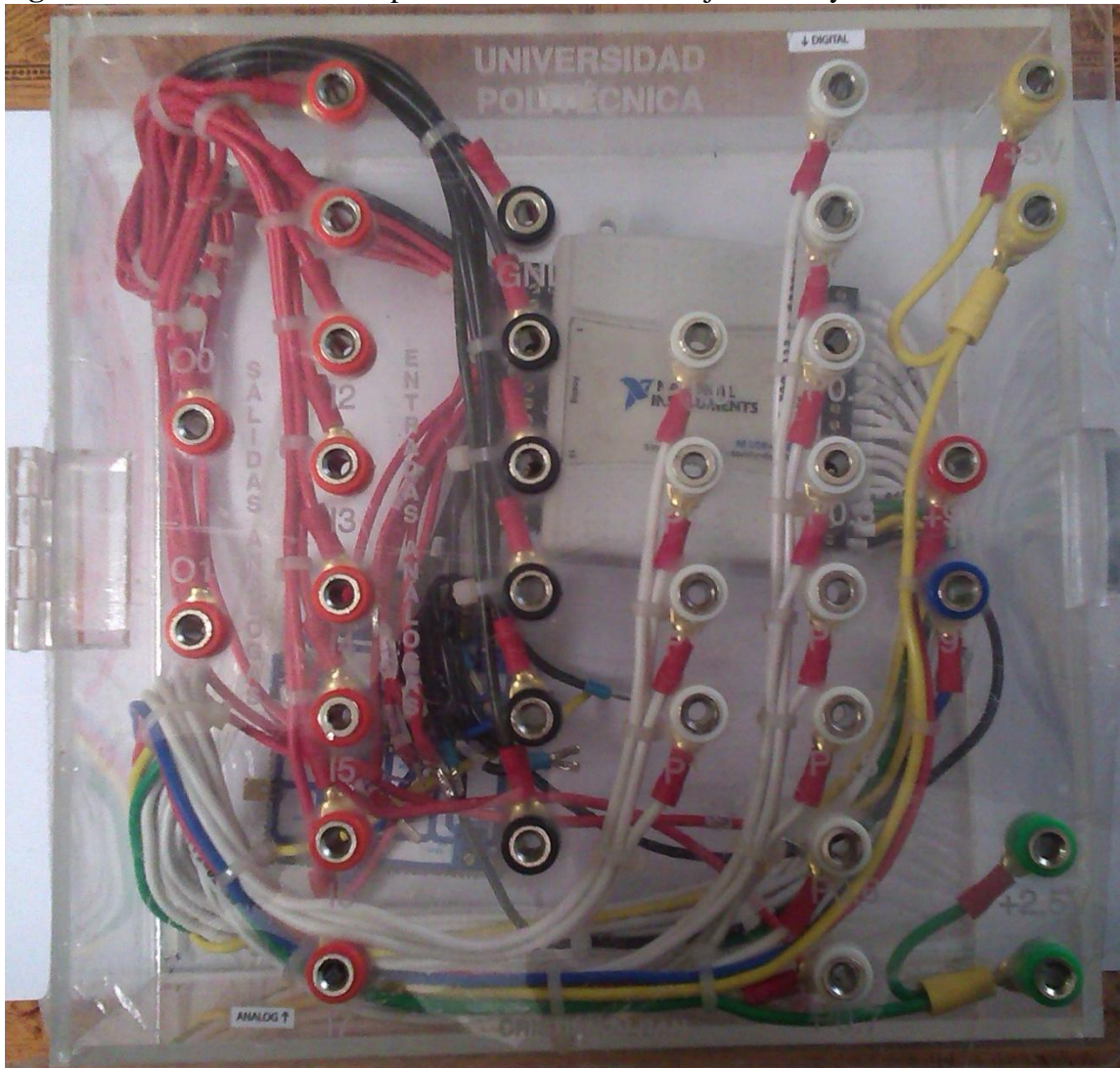
Elaborado por: Cristian Albán

2.5.4 Estructura para la Conexión de los Sensores al módulo DAQ USB-6008

En la estructura construida tenemos los conectores del módulo DAQ USB-6008, también las salidas de voltaje para alimentar nuestro módulo de sensores, ya que la

fuentes de alimentación SO4203-2A y SO4203-2D se utilizan para la alimentación de los componentes del módulo de sensores en la tecnología del automóvil.

Figura 95 Estructura utilizada para la conexión de la tarjeta 6008 y Labview



Elaborado por: Cristian Albán

2.6 Costos del proyecto

2.6.1 Costos de desarrollo del hardware.

En nuestro proyecto los principales elementos utilizados son parte del laboratorio de electrónica automotriz por lo que los costos de desarrollo del hardware del proyecto involucra elementos electrónicos que se utilizó para la adquisición de datos y realizar la implementación del circuito final, así también el detalle del diseño de la placa y la estructura donde se conectan los sensores; estos rubros se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 20 Costo del desarrollo del hardware

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
DAQ USB-6008 incluye cable USB 2.0	1	\$ 279,72	\$ 279,72
LM358	1	\$ 0,60	\$ 0,60
Circuito Integrado 7404	1	\$ 0,80	\$ 0,80
Terminales ojos/protección	45	\$ 0,08	\$ 3,60
Cable flexible # 20 rojo	5	\$ 0,25	\$ 1,25
Cable flexible # 20 negro	5	\$ 0,25	\$ 1,25
Cable flexible # 20 verde	2	\$ 0,25	\$ 0,50
Cable flexible # 20 azul	1	\$ 0,25	\$ 0,25
Jack banana pequeño R/N	24	\$ 0,10	\$ 2,40
Jack banana pequeño blanco	12	\$ 0,13	\$ 1,56
Jack banana pequeño amarillo	2	\$ 0,13	\$ 0,26
Jack banana pequeño Verde	2	\$ 0,13	\$ 0,26
Jack banana pequeño azul	2	\$ 0,13	\$ 0,26
Resistencias 10 K Ω	2	\$ 0,05	\$ 0,10
Resistencias 56 Ω	2	\$ 0,05	\$ 0,10
Resistencia 1K Ω	2	\$ 0,05	\$ 0,10
Borneras 2 pines	8	\$ 0,30	\$ 2,40
Diseño de placa	1	\$ 50,00	\$ 50,00
Diseño estructura para circuitería	1	\$ 35,00	\$ 35,00
		Total	\$ 380,41

Elaborado por: Cristian Albán

2.6.2 Costo de la elaboración del proyecto escrito

En la siguiente tabla se detalla los costos de impresiones, empastados, copias y documentación del trabajo escrito.

Tabla 21 Costo del proyecto escrito

DESCRIPCIÓN	COSTO
Papelería	\$15
Impresiones	\$30
Señalización del módulo de conexión	\$15
Empastado y anillado	\$10
Entrega de documentación	\$10
Total	\$80

Elaborado por: Cristian Albán

2.6.3 Costo total del proyecto.

En la siguiente tabla se detalla el resumen de los rubros anteriores calculados es decir desarrollo del software en Labview para realizar la interfaz HMI, el montaje del hardware y la elaboración del proyecto escrito:

Tabla 22 Costo total del proyecto

DESCRIPCIÓN	COSTO
Desarrollo de hardware	\$ 380,41
Proyecto escrito	\$ 80
Total	\$ 460,41

Elaborado por: Cristian Albán

CAPÍTULO 3

PRUEBAS Y RESULTADOS

3.1 Pruebas de medición de los sensores de velocidad

3.1.1 Pruebas del sensor de efecto hall

El sensor de efecto hall fue sometido a pruebas para observar su comportamiento, siendo uno de los objetivos principales comprobar el funcionamiento correcto del sistema y a la vez comprobar los pulsos que mide al girar la rueda dentada.

El sensor de efecto hall tiene una salida de pulsos por cada diente que gira el motor, por lo que al implementar nuestro programa acondicionamos la señal de entrada para que los pulsos crucen por cero y así poder medir con las herramientas de Labview.

Lo que se realizó fue tomar las imágenes del número de pulsos que produce el sensor de efecto hall en el mismo instante, mediante el uso de un osciloscopio y el programa desarrollado en Labview, para comparar las señales.

Las medidas en el osciloscopio fueron tomadas desde el sensor por lo que el voltaje como se ve varía entre 0,4 V y 4,2 V mientras que en Labview se mide la señal ya acondicionada por lo que el voltaje varía entre 0 y 5 V.

El motor que utilizamos en nuestro módulo de sensores tiene una rueda dentada que proporciona una salida de 29 pulsos, por lo que la velocidad del motor se determina con la siguiente fórmula:

$$RPM = \frac{\text{Frecuencia medida} * 60 \text{ minutos}}{29 \text{ pulsos}}$$

3.1.1.1 Medición del sensor de efecto hall a velocidad baja

Como se visualiza los oscilogramas mostrados con la misma configuración es de 1 segundo, el número de pulsos es 6 para cada uno, por lo que se tiene una semejanza entre estos valores.

La medida de frecuencia en el osciloscopio es de $F= 6,3$ Hz, por lo que se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 23 RPM del sensor de efecto hall medida, calculada y error a velocidad baja

Frecuencia medida Hz	Velocidad calculada (RPM)	Velocidad medida en Labview (RPM)	Error %
6,3	13,03	13,1208	0,69

Elaborado por: Cristian Albán

El error relativo se calculó mediante la siguiente fórmula:

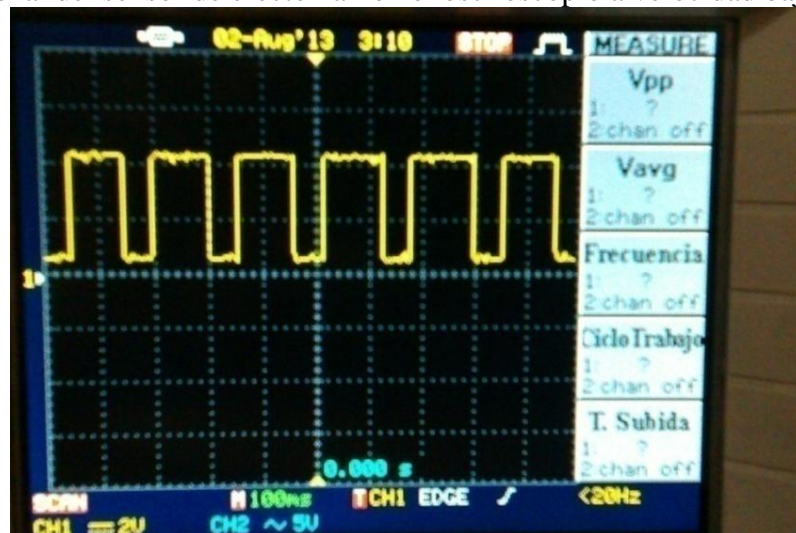
$$\varepsilon(\%) = \frac{|RPMm - RPMc|}{RPMm} * 100\%$$

$$\varepsilon(\%) = \frac{|13,1208 - 13,03|}{13,1208} * 100\%$$

$$\varepsilon(\%) = 0.00692 * 100\%$$

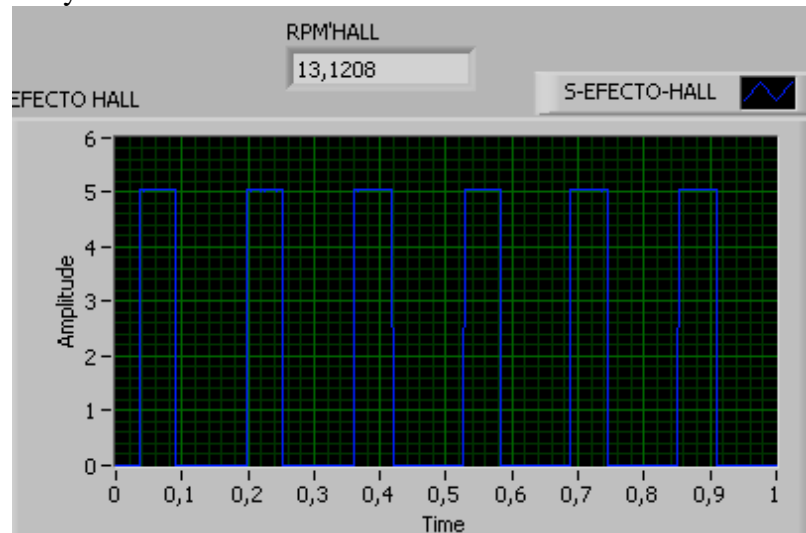
$$\varepsilon(\%) = 0.692 \%$$

Figura 96 Señal del sensor de efecto hall en el osciloscopio a velocidad baja



Elaborado por: Cristian Albán

Figura 97 Señal y RPM del sensor de efecto hall medidas en Labview a velocidad baja



Elaborado por: Cristian Albán

3.1.1.2 Medición del sensor de efecto hall a velocidad media

Como se visualiza los oscilogramas mostrados con la misma configuración es de 1 segundo, el número de pulsos es 33 para cada oscilograma, por lo que se tiene una semejanza entre estos valores.

La medida de frecuencia en el osciloscopio es de $F= 35\text{Hz}$, por lo que se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 24 RPM del sensor de efecto hall medida, calculada y error a velocidad media

Frecuencia medida Hz	Velocidad calculada (RPM)	Velocidad medida en Labview (RPM)	Error %
35,92	72,41	72,7947	2,092

Elaborado por: Cristian Albán

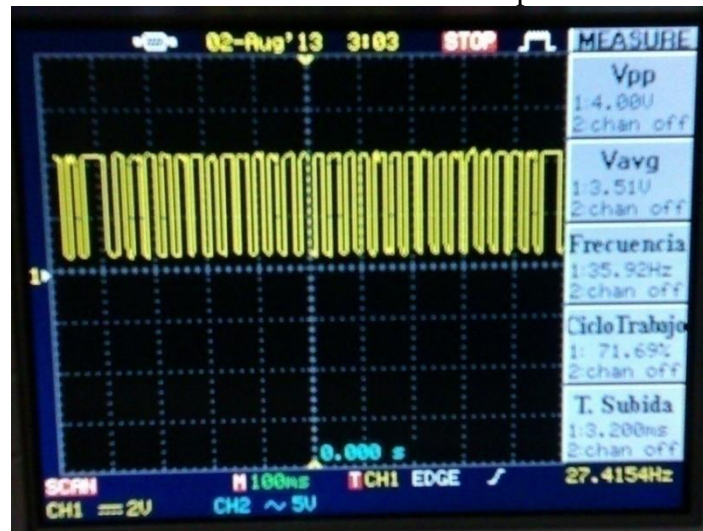
Se calculó el error relativo:

$$\varepsilon(\%) = \frac{|72,794 - 74,317|}{72,794} * 100\%$$

$$\varepsilon(\%) = 0.0209 * 100\%$$

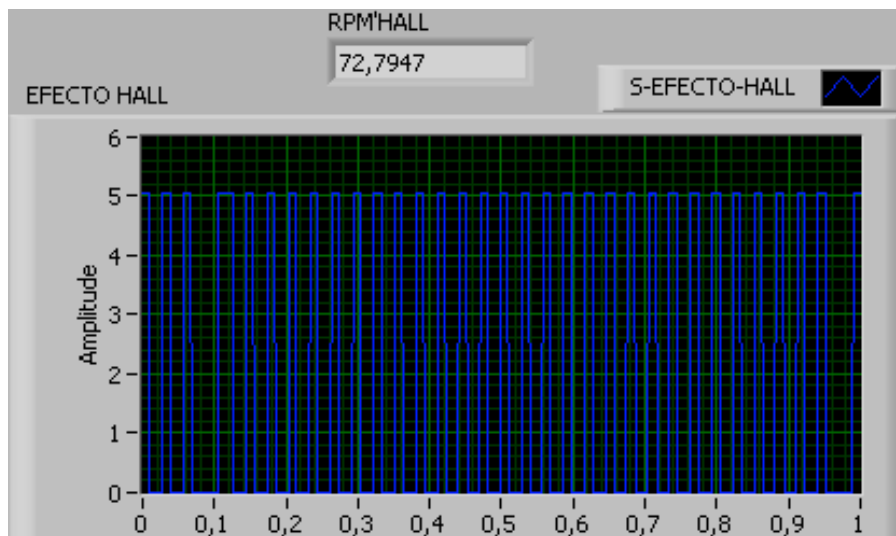
$$\varepsilon(\%) = 2.092 \%$$

Figura 98 Señal del sensor de efecto hall en el osciloscopio a velocidad media



Elaborado por: Cristian Albán

Figura 99 Señal y RPM del sensor de efecto hall medidas en Labview a velocidad media



Elaborado por: Cristian Albán

3.1.1.3 Medición del sensor de efecto hall a velocidad alta

Como se visualiza los oscilogramas mostrados con la misma configuración es de 1 segundo, el número de pulsos es 67 para cada oscilograma, por lo que se tiene semejanza entre estos valores.

La medida de frecuencia en el osciloscopio es de $F = 35\text{Hz}$, por lo que se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 25 RPM del sensor de efecto hall medida, calculada y error a velocidad alta

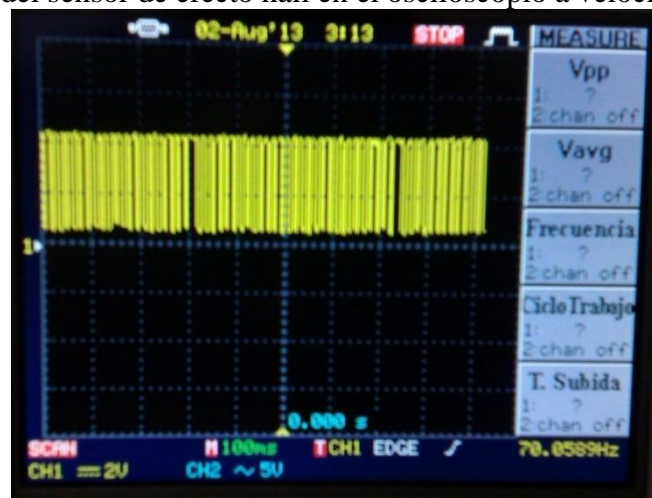
Frecuencia medida Hz	Velocidad calculada (RPM)	Velocidad medida en Labview (RPM)	Error %
70.058	144,947	148,64	2,484

Elaborado por: Cristian Albán

Se calculó el error relativo:

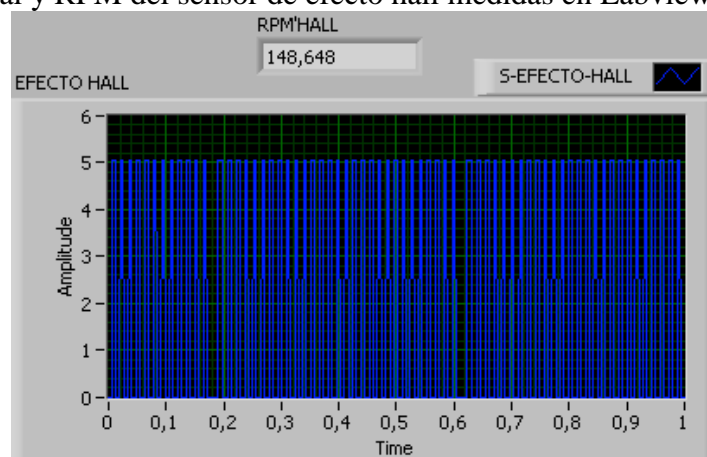
$$\begin{aligned} \varepsilon(\%) &= \frac{|148,64 - 144,947|}{148,64} * 100\% \\ \varepsilon(\%) &= 0.0248 * 100\% \\ \varepsilon(\%) &= 2.484\% \end{aligned}$$

Figura 100 Señal del sensor de efecto hall en el osciloscopio a velocidad alta



Elaborado por: Cristian Albán

Figura 101 Señal y RPM del sensor de efecto hall medidas en Labview a velocidad alta



Elaborado por: Cristian Albán

Como se muestra en las Tablas 23, 24 y 25 al variar la velocidad del motor la frecuencia de salida del sensor varía en una proporción de 29 pulsos por revolución de esta manera

se puede determinar la velocidad de rotación del eje del motor, el error aumenta a medida que la velocidad aumenta.

3.1.2 Pruebas del sensor inductivo

También el sensor inductivo se sometió a pruebas para observar su comportamiento, siendo uno de los objetivos principales comprobar el funcionamiento correcto del sistema y a la vez comprobar los pulsos que mide al girar la rueda dentada.

El sensor inductivo produce una onda sinusoidal que varía en amplitud entre 200 y 800 mV y depende del giro de la rueda dentada, por lo que al implementar nuestro programa acondicionamos la señal de entrada para producir los pulsos de cada diente que tengan un cruce de referencia y así poder medir con las herramientas de Labview.

Lo que se realizó fue tomar las imágenes del número de pulsos que produce el sensor inductivo en el mismo instante, mediante un osciloscopio y el programa desarrollado en Labview, para comparar las señales.

Las medidas tomadas desde la señal acondicionada del sensor en el osciloscopio tienen una amplitud de 0 V y 5 V y varía la frecuencia dependiendo la velocidad del motor utilizado, mientras que en Labview adquirimos la señal mediante el módulo DAQ USB-6008.

Al igual que en el sensor de efecto hall utilizamos la misma rueda dentada que tiene 29 dientes y proporciona una salida de 29 pulsos, por lo que la velocidad calculamos igual que en el sensor de efecto hall:

$$RPM = \frac{Frecuencia\ medida * 60\ minutos}{29\ pulsos}$$

3.1.2.1 Medición del sensor inductivo a velocidad baja

El número de pulsos medidos en el osciloscopio en 10 ms es de 3 y en Labview el número de pulsos medidos es de 26 en 1 s por lo que el número de pulsos calculados en 1 s es de 30, por lo que se tiene una semejanza entre estos valores.

La medida de frecuencia en el osciloscopio es de $F= 27,78 \text{ Hz}$, por lo que se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 26 RPM del sensor inductivo medida, calculada y error a velocidad baja

Frecuencia medida Hz	Velocidad calculada (RPM)	Velocidad medida en Labview (RPM)	Error %
27,78	57,47	61,79	4,32

Elaborado por: Cristian Albán

El error relativo se calculó mediante la siguiente fórmula:

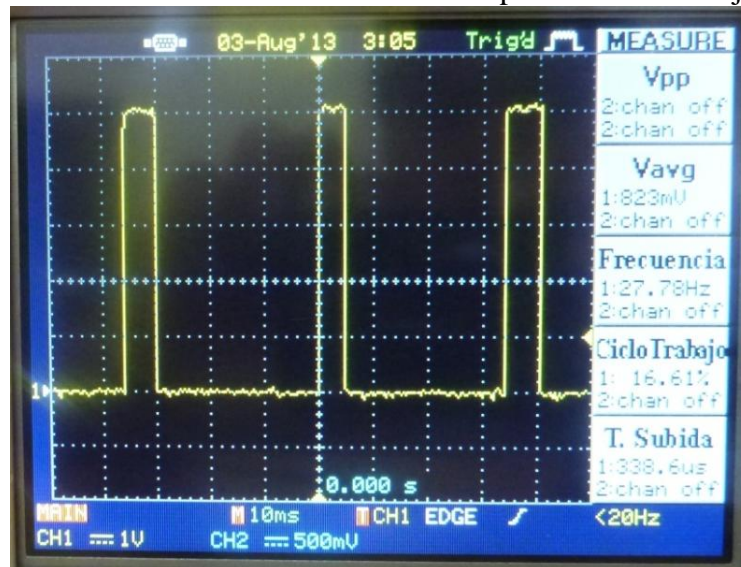
$$\varepsilon(\%) = \frac{|RPMm - RPMc|}{RPMm} * 100\%$$

$$\varepsilon(\%) = \frac{|61,79 - 57,47|}{61,79} * 100\%$$

$$\varepsilon(\%) = 0,0043 * 100\%$$

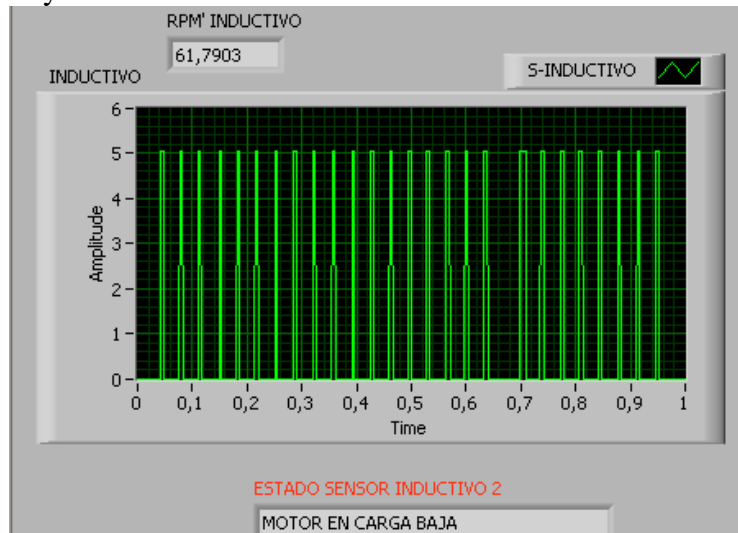
$$\varepsilon(\%) = 4,32 \%$$

Figura 102 Señal del sensor inductivo en el osciloscopio a velocidad baja



Elaborado por: Cristian Albán

Figura 103 Señal y RPM del sensor inductivo medidas en Labview a velocidad baja



Elaborado por: Cristian Albán

3.1.3 Medición del sensor inductivo a velocidad Media

El número de pulsos mostrados en los oscilogramas con la misma configuración es de 1 segundo, el número de pulsos es 70 para cada oscilograma, por lo que se tiene una semejanza entre estos valores.

La medida de frecuencia en el osciloscopio es de $F = 62,45 \text{ Hz}$, por lo que se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 27 RPM del sensor inductivo medida, calculada y error relativo a velocidad media

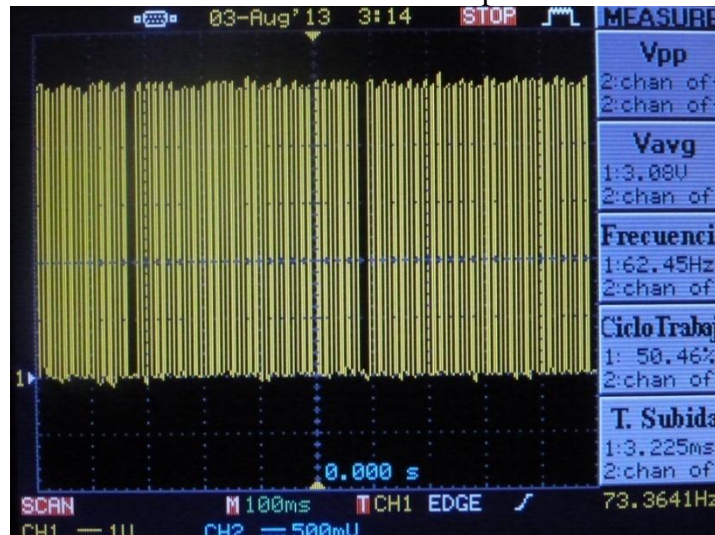
Frecuencia medida Hz	Velocidad calculada (RPM)	Velocidad medida en Labview (RPM)	Error%
62,45	129.2	132,385	2,4

Elaborado por: Cristian Albán

Se calculó el error relativo:

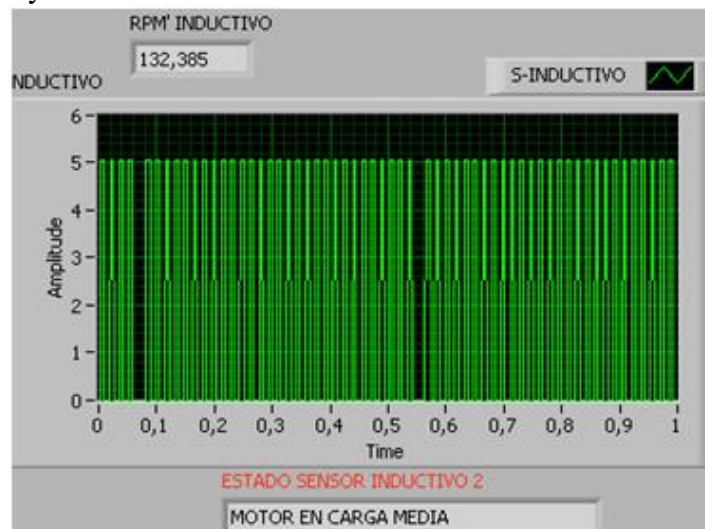
$$\begin{aligned} \varepsilon(\%) &= \frac{|132,385 - 129,2|}{132,385} * 100\% \\ \varepsilon(\%) &= 0,024 * 100\% \\ \varepsilon(\%) &= 2,4\% \end{aligned}$$

Figura 104 Señal del sensor inductivo en el osciloscopio a velocidad media



Elaborado por: Cristian Albán

Figura 105 Señal y RPM del sensor inductivo medidas en Labview a velocidad media



Elaborado por: Cristian Albán

3.1.3.1 Medición del sensor inductivo a velocidad alta

El número de pulsos mostrados en los oscilogramas con la misma configuración es de 1 segundo, el número de pulsos es 80 para cada oscilograma, por lo que se tiene una semejanza entre estos valores.

La medida de frecuencia en el osciloscopio es de $F= 91,275$ Hz, por lo que se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 28 RPM del sensor inductivo medida, calculada y error relativo a velocidad alta

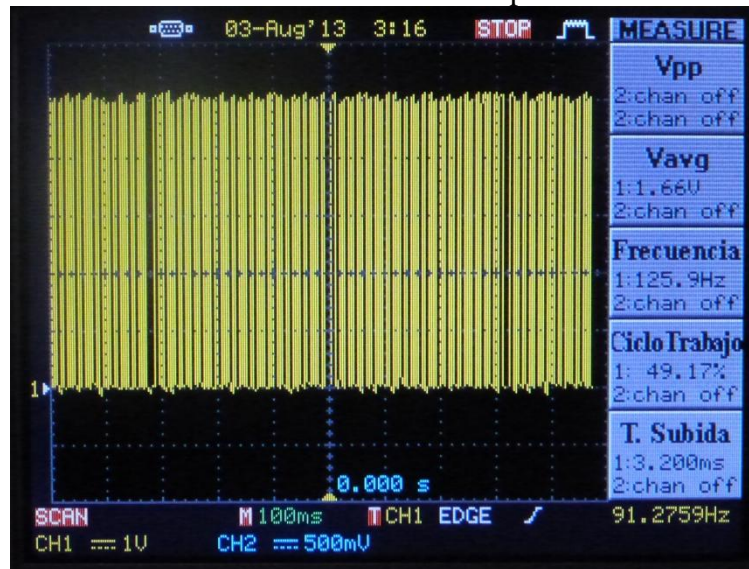
Frecuencia medida Hz	Velocidad calculada (RPM)	Velocidad medida en Labview (RPM)	Error%
91,275	188,844	201,427	2,484

Elaborado por: Cristian Albán

Se calculó el error relativo:

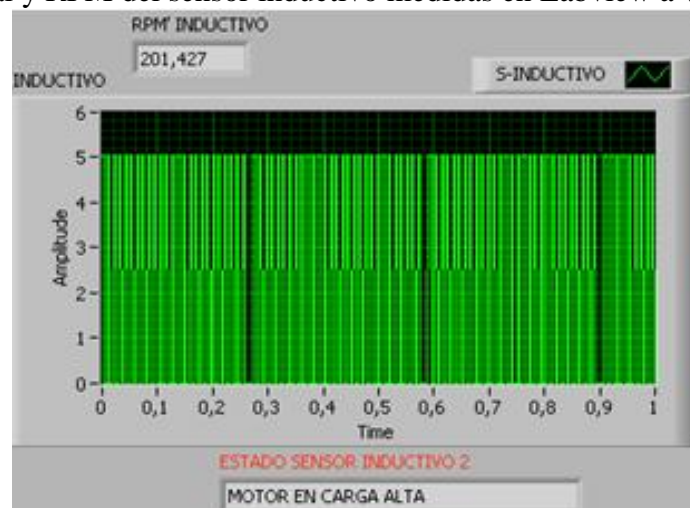
$$\begin{aligned} \varepsilon(\%) &= \frac{|201,427 - 188,844|}{201,427} * 100\% \\ \varepsilon(\%) &= 0,0624 * 100\% \\ \varepsilon(\%) &= 6,246\% \end{aligned}$$

Figura 106 Señal del sensor inductivo en el osciloscopio a velocidad alta



Elaborado por: Cristian Albán

Figura 107 Señal y RPM del sensor inductivo medidas en Labview a velocidad alta



Elaborado por: Cristian Albán

Como se muestra en las Tablas 26, 27 y 28 al variar la velocidad del motor la frecuencia de salida del sensor también varía en una proporción de 29 pulsos por revolución de esta manera se puede determinar la velocidad de rotación del eje del motor, el error aumenta a medida que la velocidad aumenta.

3.2 Pruebas de medición de los sensores de presión

3.2.1 Pruebas del sensor de presión

Con el sensor de presión también realizamos las pruebas de acuerdo a la presión existente, por lo que se debe tomar en cuenta la presión atmosférica a la que nos encontramos dependiendo de la altura.

La presión atmosférica se muestra en la siguiente tabla en varias unidades.

Tabla 29 Presión atmosférica medida en diferentes niveles de altura

Altura (m)	Atm	kPa	Bar	mmHg
-200	1,02	103,8	1,04	778
0	1,00	101,3	1,01	760
200	0,98	98,9	0,99	742
1000	0,89	89,8	0,90	674
2000	0,78	79,5	0,79	596
2800	0,71	71,9	0,72	539

Fuente: (www.sol-arq-com)


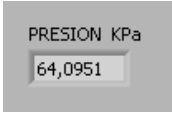




Como utilizamos los sensores que funcionan en los vehículos debemos tener la presión atmosférica medida de acuerdo a la tabla anterior, por lo que la presión medida sin conectar la válvula de vacío nuestra presión inicial debe ser de: $P = 539$ mmHg (milímetros de mercurio) y en Bares la presión es de 71,9 kPa.

Tabla 29 Valores medidos, calculados y error del sensor de Presión

Presión según la hoja de datos (kPa)	Presión medida en Labview (kPa)	Error (%)
65	64,0951	1,41
71,9	71,5013	0,55
101,3	101,294	0.005

Elaborado por: Cristian Albán

Tabla 30 Valores medidos en Labview y del manómetro

Variación de Presión con la bomba de vacío	Presión medida en Labview
	
	
	

Elaborado por: Cristian Albán

3.2.2 Prueba del medidor de masa de aire

El sensor utilizado es el siguiente i2s_PI_LMS_MAF que tiene como características principales:

- Rango de Medición de Flujo de Aire: 0 a 50 g/s y de 0 a 3000 Kg/h.
- El voltaje inicialmente con la polarización de 5V y 12 V que medimos fue de:
- $V_{maf} = 1.2 \text{ v}$

Por lo que el flujo medido por nuestro sistema es de: 13 g/s

En la tabla 4.10 se tiene los valores medidos de flujo de aire mediante nuestro programa desarrollado y también los datos que proporciona la ecuación del medidor de flujo utilizado, por lo que vamos a utilizar para realizar las comparaciones y así calcular el error que se tiene entre los dos sistemas.

Según lo visto el error es mayor al inicio de la variación de la válvula de aceleración por lo que necesita estabilizarse para mejorar la medición ya que este sensor funciona al

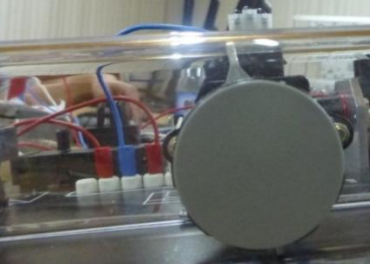
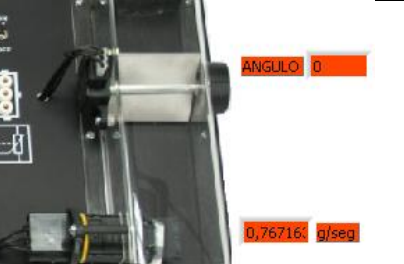
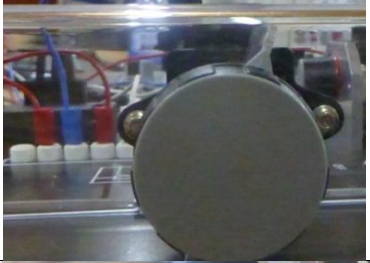
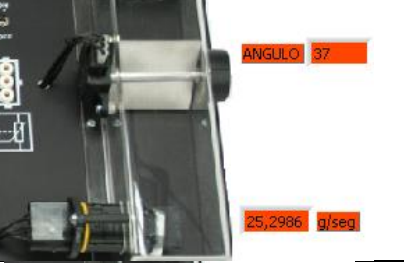

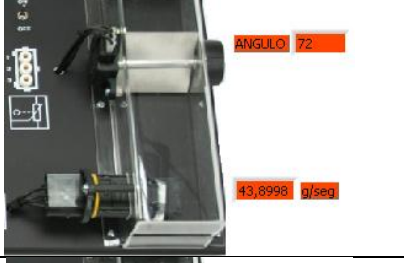
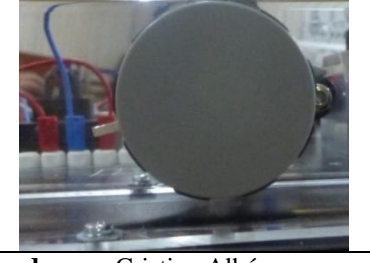
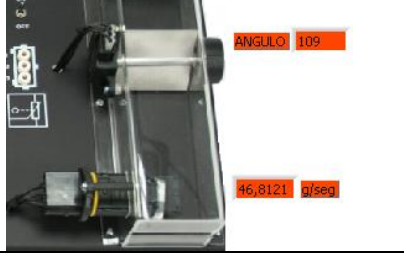
calentarse un hilo y variar sus propiedades físicas para variar el voltaje que va a ser medido.

Tabla 31 Valores calculados y medidos del medidor de masa de aire

Masa de aire según la hoja de datos (g/seg)	Masa de aire medido en Labview (g/seg)	Error (%)
0	0,76	0
13	13,418	3,11
25	25,298	1,17
44	43,8998	0,22
47	46,8121	0,40

Elaborado por: Cristian Albán

Tabla 32 Valores medidos en Labview y variación de potenciómetro

Giro de la válvula de aceleración	Masa de aire medido en Labview
	 ANGULO 0 0,76716 g/seg
	 ANGULO 37 25,2986 g/seg
	 ANGULO 72 43,8998 g/seg
	 ANGULO 109 46,8121 g/seg

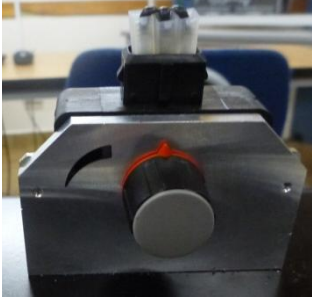
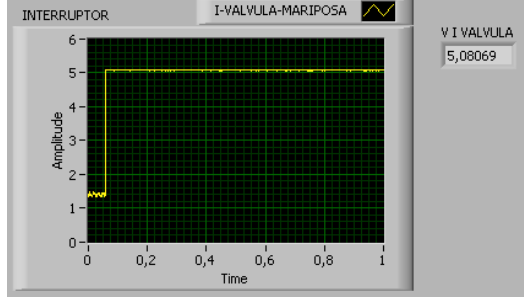
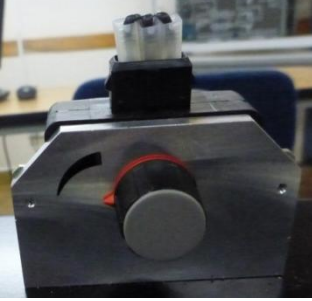
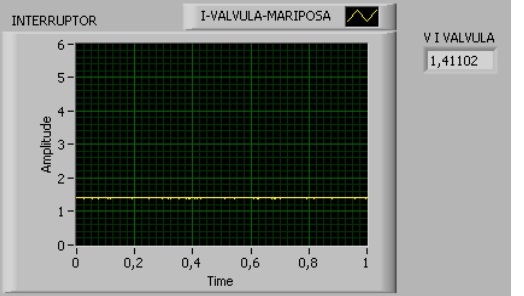
Elaborado por: Cristian Albán

3.3 Prueba de medición de los sensores de aceleración

3.3.1 Prueba del interruptor de válvula de aceleración

Al ser un interruptor lo que se tiene es dos estados como son: encendido y apagado por lo que las pruebas que se realizaron fueron, medir los voltajes y tiempo de respuesta en nuestro programa:

Tabla 33 Voltaje medido en Labview y variación del interruptor

Giro de Interruptor de válvula	Voltaje medido en Labview
	
	

Elaborado por: Cristian Albán

Como se visualiza en la variación del interruptor de la válvula de aceleración, al estar activada se tiene una señal de voltaje de 5 V y al cambiar al otro estado se tiene un voltaje de 1,4 V por lo que al utilizar con lógica digital se tiene un estado bajo o de apagado.

3.3.2 Prueba del potenciómetro de válvula de aceleración

El potenciómetro de aceleración lo que hace es cambiar el voltaje de acuerdo a la posición en la que se ubique la válvula de aceleración por lo que se debe medir es el Angulo de giro de dicho elemento, al comparar el ángulo de giro y la medición en Labview, las cuales van a ser útiles para el cálculo del error al medir el giro de la válvula. Como se visualiza la referencia que tenemos es de 0 grados, al empezar a girar la válvula cambia esta variable al igual que en nuestro programa por lo que al calcular el

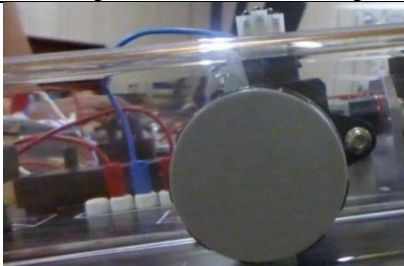
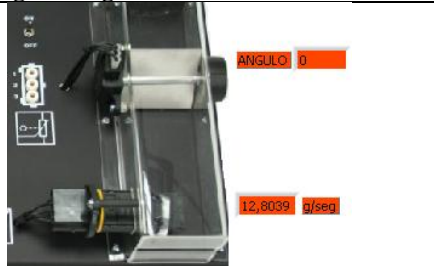
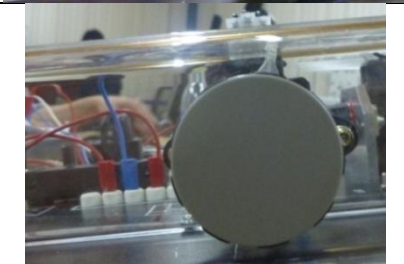
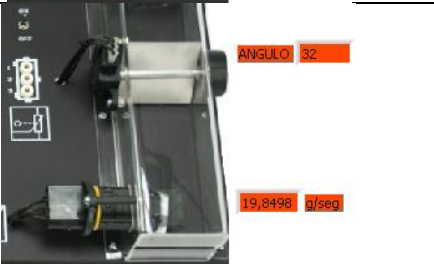
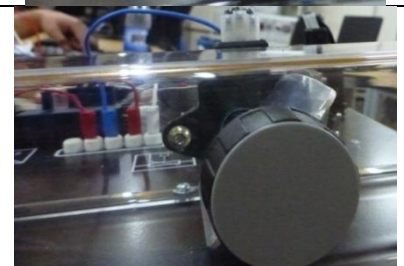
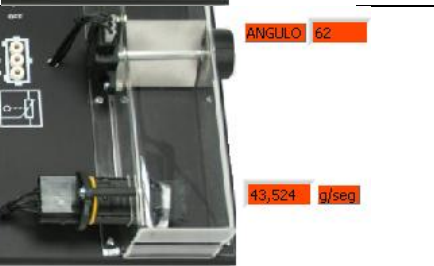
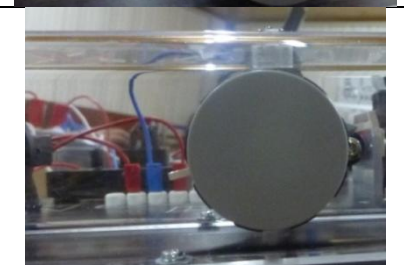
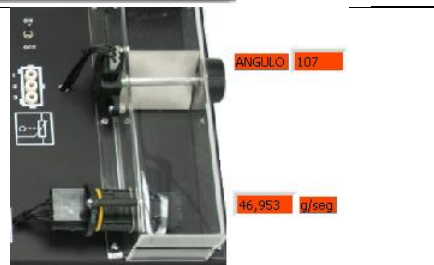
error se visualiza que el error es mayor en la primera mitad y en la mitad es menor, ya que depende de la alimentación de voltaje en el potenciómetro.

Tabla 34 Valores medidos en Labview, calculados y error del potenciómetro

Angulo medido con graduador (Grado)	Angulo medido en Labview (Grado)	Error (%)
0	0	0
30	32	6,25
61	62	1,61
110	107	2,8

Elaborado por: Cristian Albán

Tabla 35 Valores de masa de aire medidos en Labview y variación de potenciómetro

Giro de potenciómetro de mariposa	Angulo de giro medido en Labview
	
	
	
	

Elaborado por: Cristian Albán

3.4 Prueba de medición de los sensores de temperatura

3.4.1 Prueba del sensor NTC

El sensor NTC fue sometido a pruebas para observar su comportamiento, siendo el objetivo principal comprobar el funcionamiento correcto del sistema y a la vez comprobar la linealidad que garantiza el fabricante.

El sensor NTC tiene una salida en ohmios que depende de la variación de temperatura a la que es sometida, por lo que al implementar nuestro programa acondicionamos la señal de entrada cambiándola a voltios por medio de un divisor de voltaje.

En la siguiente Tabla tenemos los valores de medición directa (Termocupla tipo K) y mediante nuestro programa desarrollado, tomando en cuenta que el sensor va a estar midiendo la temperatura ambiente por lo que se debe tener en cuenta para el correcto funcionamiento de nuestro sistema.

Tabla 36 Temperatura medida por la Termocupla y en Labview














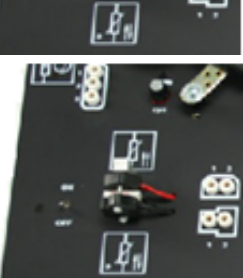
Temperatura medida con una Termocupla tipo K (°C)	Temperatura medida en Labview (°C)	Error relativo %
29	29,0006	0,002
50	49,5001	1,009
60	59,3332	1,123
70	70,333	0,473
80	79,2858	0,9
90	89,2857	0,8
100	100	0
	Promedio error relativo	0,615

Elaborado por: Cristian Albán

Como se muestra en la tabla anterior por la programación utilizada el error relativo que se produce no es muy alto, pero se debe tener diferentes condiciones iniciales como son:

- El módulo de sensores no debe tener un funcionamiento de más de 30 min ya que la temperatura exterior influye sobre nuestro sistema.
- La calefacción que varía la magnitud de temperatura no debe estar encendida.

Tabla 37 Medidas tomadas por la Termocupla y en Labview

Temperatura medida con una Termocupla tipo K (°C)	Temperatura medida en Labview (°C)
	<p>T °C NTC 29,0006</p> 
	<p>T °C NTC 49,5001</p> 
	<p>T °C NTC 59,3332</p> 
	<p>T °C NTC 70,3333</p> 
	<p>T °C NTC 79,2858</p> 
	<p>T °C NTC 89,2857</p> 
	<p>T °C NTC 100</p> 

Elaborado por: Cristian Albán

3.4.2 Prueba del sensor PTC

El sensor PTC también fue medido para comprobar el error que se tiene al medir de una forma directa (Termocupla tipo K) y mediante nuestro programa diseñado (en Labview), por lo que se tomó las medidas con las herramientas mencionadas y con estos datos calculamos el error que se tiene para ver si está en el rango de error que proporciona las hojas de datos.


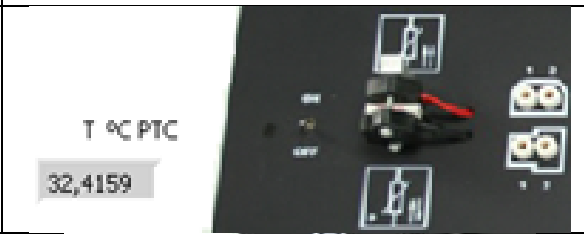


Tabla 38 Valores medidos, calculados y error del sensor PTC

Temperatura medida con una Termocupla tipo K (°C)	Temperatura medida en Labview (°C)	Error relativo %
30	32,4159	7,45
55	51,2489	7,31
70	71,5625	2,18
84	85	1,176
100	100	0
	Promedio error relativo	3,623

Elaborado por: Cristian Albán

El error relativo que se calculó con los datos obtenidos como se visualiza es mayor al inicio hasta que las propiedades físicas del material de ensamblaje, inicia a alterarse es mayor que en la temperatura medida más alta, por lo que también al descender el cambio de temperatura no va a ser igual porque tomara tiempo enfriarse.

Tabla 39 Medidas tomadas por la Termocupla y Labview

Temperatura medida con una Termocupla tipo K (°C)	Temperatura medida en Labview (°C)
	
	

	<p>T. °C PTC</p> <p>71,5625</p>
	<p>T. °C PTC</p> <p>85</p>
	<p>T. °C PTC</p> <p>100</p>

Elaborado por: Cristian Albán

CONCLUSIONES

- Se cumplió con el objetivo “Diseñar, desarrollar e implementar el HMI del módulo de sensores en la tecnología del automóvil mediante el software Labview”.
- El módulo DAQ USB-6008 se configuro mediante Labview por lo que no se puede acceder a las configuraciones internas de este elemento por otro software.
- La programación en el software Labview se lo realizó en forma de una máquina de estado, ya que mediante esta programación se logra tener un control de los elementos anteriores a cada secuencia del programa.
- Debido a que la señal que producen los sensores de efecto hall, inductivo, NTC y PTC no fue posible adquirir la señal de una forma directa por lo que estas señales fueron acondicionadas para adquirir por el módulo DAQ USB-9008.
- El módulo de sensores ayuda al entendimiento de la función que cumplen estos sensores en el funcionamiento de un vehículo, ya que son los encargados del control óptimo de un motor de inyección.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un control del giro del motor, ya que la vibración que existe alteración en la medición de las revoluciones por minuto en el diseño de nuestro programa.
- Para la configuración de los canales de entrada se debe elegir los mejores para no perder información al momento de adquirir las señales por el módulo DAQ USB-6008.
- Conectar las referencias de tierra de las fuentes utilizadas para que funcionen todos los elementos y evitar ruido en las señales adquiridas

LISTA DE REFERENCIAS

Aficionados a la Mecánica. (2012). *Inyeccion gasolina*. Recuperado el 14 de abril de 2013, de MONO JE-TRONIC:
http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion_monopunto.htm

Atom. (11 de 2012). *Mecánica del Automovil*. Recuperado el 2 de agosto del 2013, de Sistema electrico automovil:
<http://mecanicayautomocion.blogspot.com/2009/03/sistema-electrico-automovil.html>

Dufee, C. B. (Noviembre de 2009). *Using LabVIEW to Measure Temperature with a Thermistor*. Recuperado el 10 de Mayo del 2013, de
<http://zeus.phys.uconn.edu/wiki/images/LabViewThermistor.pdf>

EUM. (s.f.). *Introducción a la teoría del Procesamiento Digital de Señales de Audio*. Recuperado el 10 de junio del 2013, de
<http://www.eumus.edu.uy/eme/ensenanza/electivas/dsp/presentaciones/clase10.pdf>

EUM. (2011). *Introducción a los filtros digitales*. Recuperado el 25 de julio del 2013, de
<http://www.eumus.edu.uy/eme/ensenanza/electivas/dsp/presentaciones/clase10.pdf>

German7644. (23 de enero de 2012). *herramientas-para-taller/osciloscopio/*. Recuperado el 24 de Octubre del 2013, de
<http://german7644dotcom.wordpress.com/herramientas-para-taller/osciloscopio/>

Ignacio Moreno Velasco, P. L. (s.f.). *Introducción a la instrumentación virtual*. Recuperado el 4 de junio del 2012, de
http://www.gte.us.es/ASIGN/IE_4T/Programacion%20en%20labview.pdf

Kiai Tools. (2013). *Equss innova 3140 Escáner automotriz universal para OBDII y OBDI*. Recuperado el 25 de octubre del 2013, de
http://kiaitools.com/detalles_Diagnostico-automotriz,121,2,0.htm

López, S. V. (10 de noviembre de 2012). Desarrollo de un sistema para la adquisición de datos climaticos en un invernadero utilizando labview.

Lucas-Nuelle. (s.f.). *Sensores*. Recuperado el 15 de junio del 2012, de <http://es.lucas-nuelle.com/789/apg/2521/Sensores.htm>

Lucas-Nuelle. (16 de 06 de 2009). *teachingfluidmechanics.com/256/Sistema_UniTrain-I/Hardware.html*. Recuperado el 24 de agosto del 2011, de http://teachingfluidmechanics.com/256/Sistema_UniTrain-I/Hardware.html

Lucas-Nuelle. (s.f.). *UniTrain-I*. Recuperado el 15 de junio de 2012, de <http://es.lucas-nuelle.com/791/apg/1425/UniTrain-I.htm>

Mecanica del automovil. (10 de 03 de 2009). Recuperado el 8 de febrero del 2013, de SISTEMA ELECTRICO AUTOMOVIL:
<http://mecanicayautomocion.blogspot.com/2009/03/sistema-electrico-automovil.html>

Mecanica facil. (s.f.). *MECÁNICA*. Recuperado el 3 de agosto de 2013, del 2011:
<http://www.mecanicafacil.info/mecanica.php?id=sensorMap>

National Instruments. (s.f.). *An HMI Architecture for the NI LabVIEW Touch Panel Module*. Recuperado el 14 de julio del 2012, de <http://www.ni.com/white-paper/6121/en/>

National Instruments. (2012). *sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/201986*. Recuperado el 2 de agosto del 2012, de <http://sine.ni.com>

Pallás Areny, R. (2003). *Sensores y Acondicionadores de señal*. Marcombo S.A.

Rodríguez, A. P. (07 de 2007). *Memoria*. Recuperado el 3 de julio del 2012, de <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/4329/1/Memoria.pdf>

Sensores Automovil. (2011). Recuperado el 4 de febrero del 2013, de <http://www.sabelotodo.org/automovil/sensores.html>

Software Labsoft. (1 de Febrero de 2010). Tecnología del Automóvil 6 Sensores en el automovil. Quito, Pichincha, Ecuador.

Test Engine Argentina. (02 de 2007). *Test Engine Argentina*. Recuperado el 3 de mayo del 2013, de http://testengineargentina.blogspot.com/2007_02_01_archive.html

UPS. (2011). *Lenguaje Gráfico de Labview*. Recuperado el 10 de julio de 2013, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/156/3/Capitulo%202.pdf>

www.sol-arq-com. (s.f.). *Presión Atmosférica*. Recuperado el 3 de julio del 2013, de 2012: <http://www.sol-arq.com/index.php/fenomenos-atmosfericos/presion>

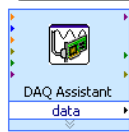
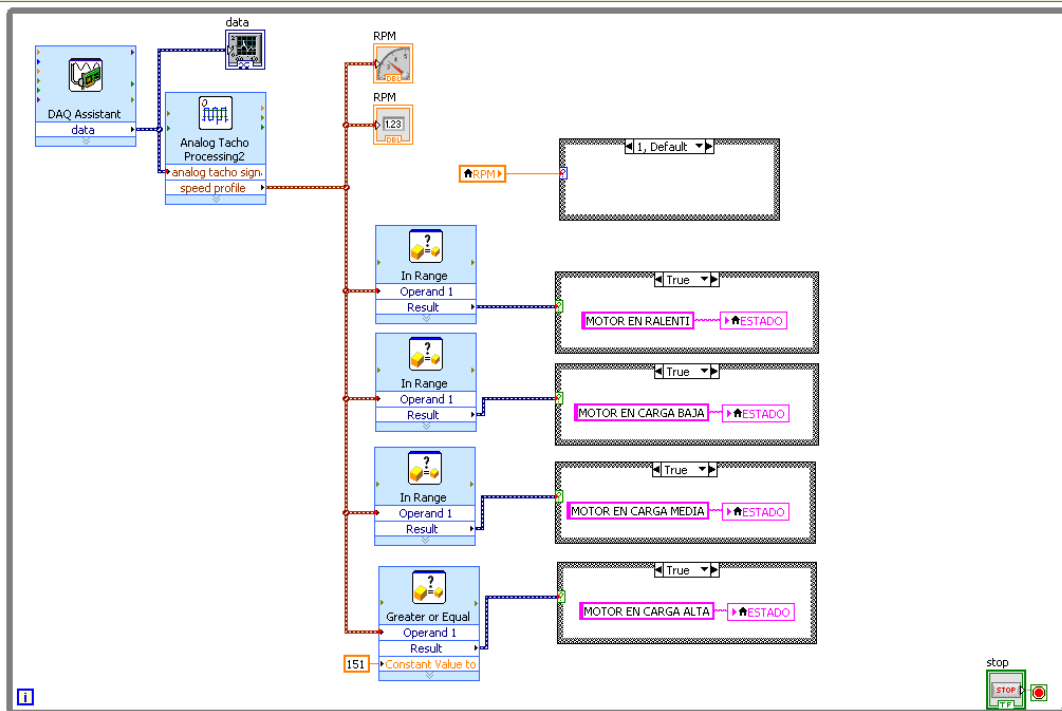
Zur Wetterwarte. (s.f.). *i2s_PI_LMS_MAF.pdf*. Recuperado el 5 de abril del 2013

Anexo 1. Explicación del programa diseñado

Instrumentos Virtuales

La explicación de cómo se desarrolló cada instrumento virtual de Labview la haremos a partir del diagrama de bloques de cada sensor utilizado, desarrollando cada elemento del mismo.

Diagrama de flujo del sensor de efecto hall e inductivo:

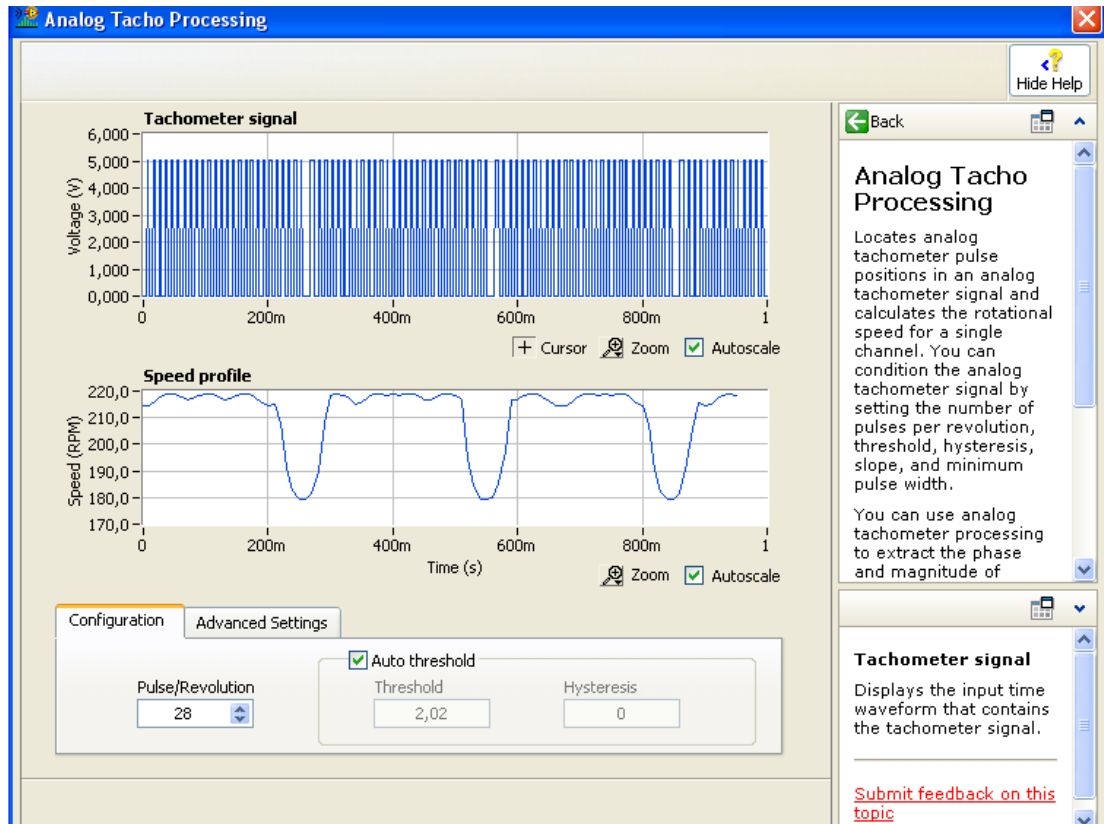


DAQ Assistant Express VI: crea y edita la señal de referencia procedente del NI-DAQmx, configurando el canal de entrada. Mediante este icono configuramos los canales de todos los sensores de nuestro módulo.



Analog Tacho processing express VI: cuenta el número de pulsos de entrada producidos por los dientes al girar el motor. Este icono lo utilizamos en los sensores de efecto hall e inductivo.

La pantalla para configurar el Tacómetro es la siguiente:



En la pantalla tenemos la señal de entrada, mientras que en la segunda el cálculo del número de revoluciones por minuto.

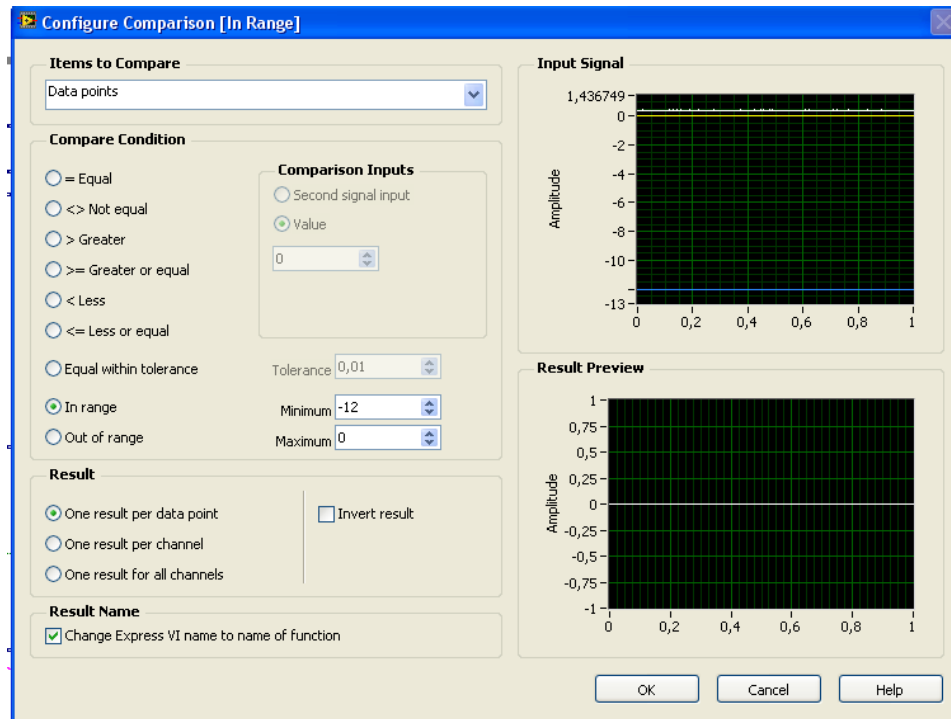
Para obtener el número de revoluciones de nuestro motor debemos configurar el número de pulsos que tiene la rueda dentada por lo que nosotros debemos configurar con un número de 29.



Icono de indicador gráfico: Este indicador lo utilizamos para mostrar la señal de entrada del sensor de efecto hall.



In Range express VI: Compara los elementos de entrada que especifique para determinar si los valores son iguales, mayor que, menor que, y así sucesivamente. En la siguiente pantalla se configura las comparaciones en un rango mínimo y máximo, si es igual y a la salida tenemos una señal de activación.



RPM



Icono de Indicador análogo: es la representación de tipo análogo del icono que se utiliza para ser mostrado en el panel frontal del VI.

RPM



Icono de indicador Numérico: es la representación de tipo numérico del icono utilizado para ser mostrado en el panel frontal del VI.



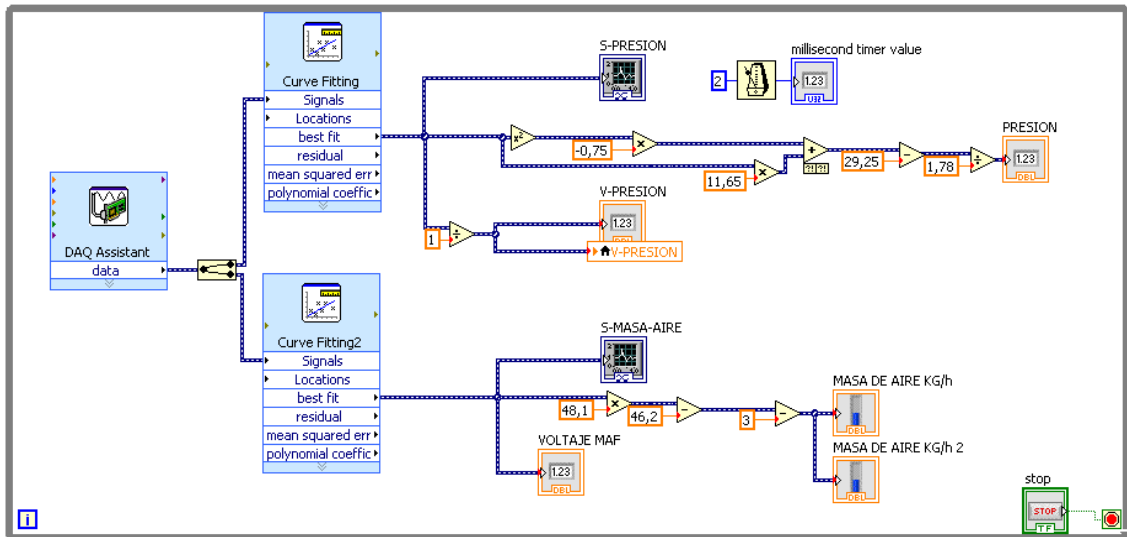
Variable local de Icono indicador: en Labview se pueden crear variables locales y globales para ser utilizados dentro de los programas diseñados.

ESTADO



Icono tipo texto: se utiliza para mostrar las el estado del motor dependiendo del número de revoluciones por minuto en el panel frontal como son: motor apagado, ralentí, motor con carga baja media y alta.

Diagrama de flujo del sensor de de presión y flujo de aire:



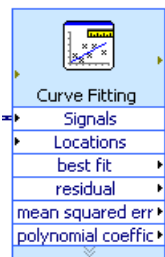
Icono de indicador gráfico: utilizamos para mostrar en el panel frontal la señal de entrada del sensor de presión.



Icono de indicador numérico: utilizamos para mostrar el valor de presión luego del escalonamiento de la señal.



Icono de indicador gráfico: Utilizamos para realizar la animación de paso del flujo de aire que es calculado por el medidor de masa de aire.



Función Curve Fitting: filtra las señales de entrada a través de una linealización polinómica, es decir q la señal + el ruido q entran se aproximas mediante polinomios a una media siendo ese el filtro.

En la siguiente pantalla mostramos la configuración del ajuste de curvas que utilizamos para eliminar el ruido de entrada y evitar que la señal de entrada sea alterada, configuramos que sea de tipo polinomial de orden 6.

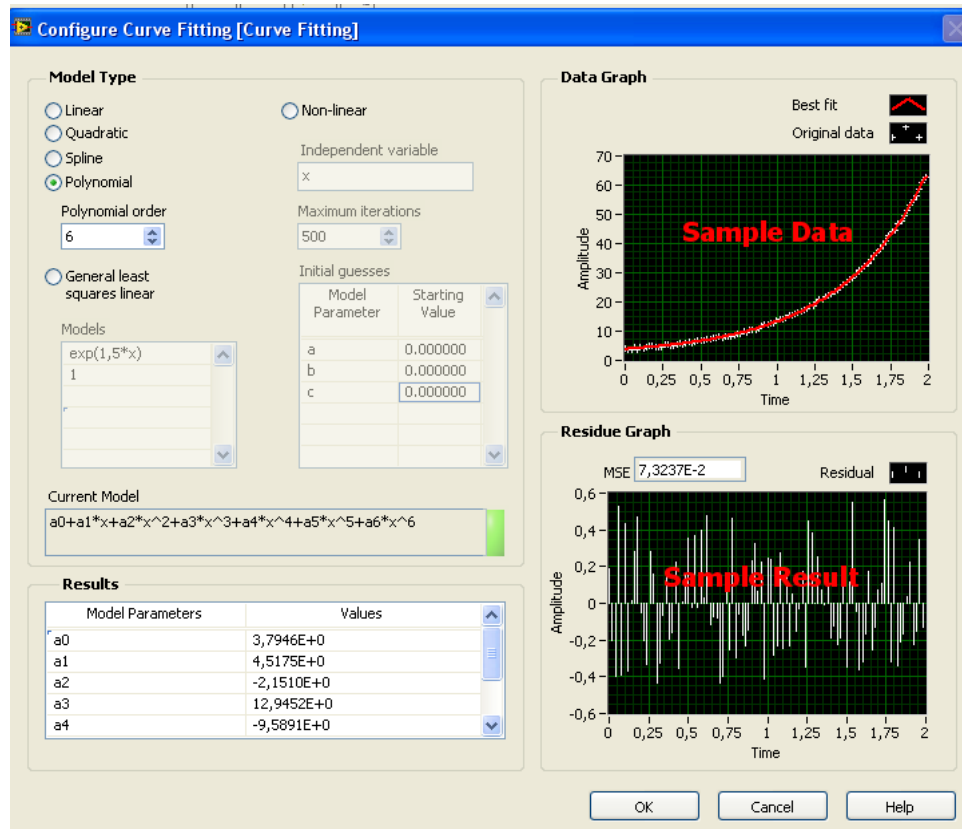
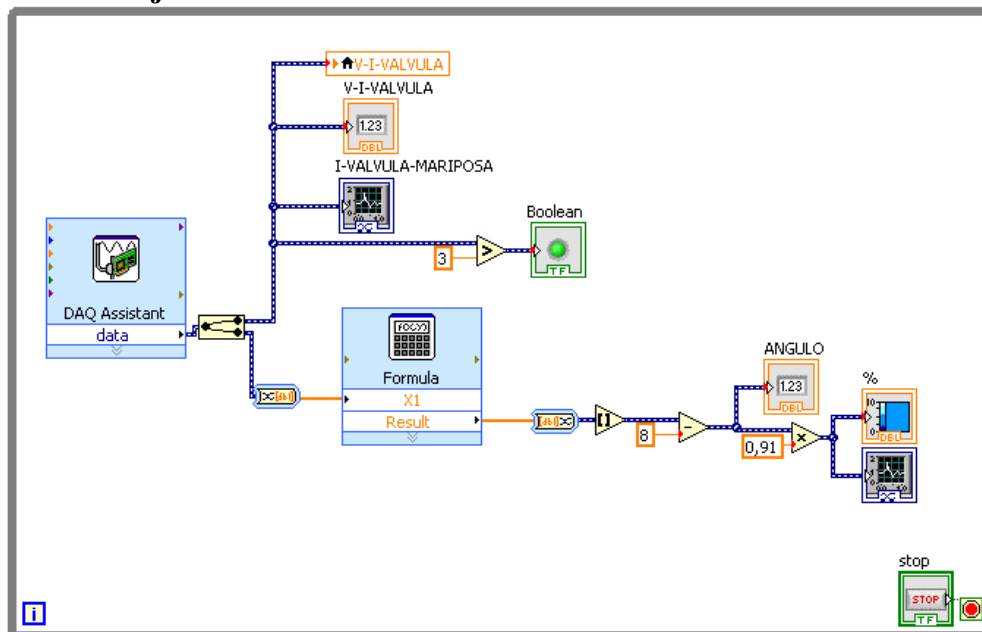
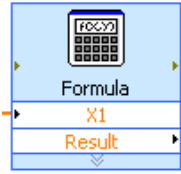
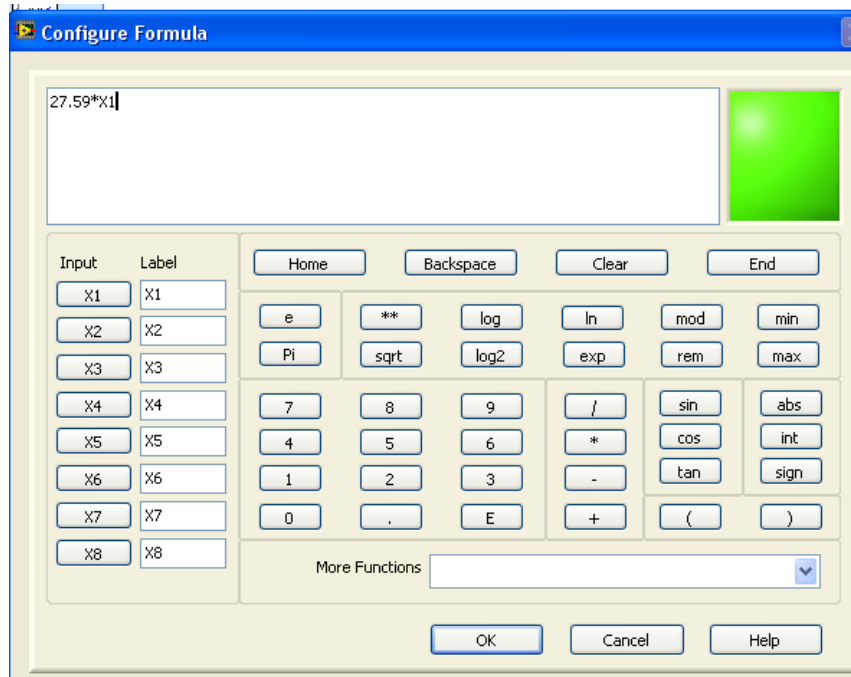


Diagrama de flujo de los sensores de válvula de aceleración:

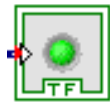




Formula VI: Utiliza una interfaz de calculadora para crear fórmulas matemáticas. Puede utilizar esta VI Express para realizar la mayoría de las funciones matemáticas que una calculadora científica básica puede calcular.



Boolean



Icono de indicador booleano: es la representación de tipo booleano que utilizamos para representar en encendido y apagado del interruptor de válvula.

V-I-VALVULA



Icono de Indicador Numérico: Es utilizado para indicar el voltaje medido por el interruptor de la válvula de aceleración.

I-VALVULA-MARIPOSA

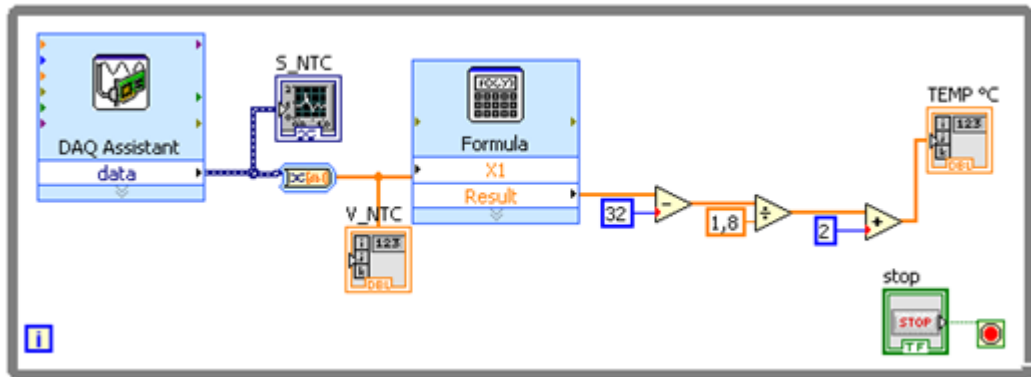


Icono de indicador gráfico: lo utilizamos para mostrar la señal del interruptor de válvula de aceleración.

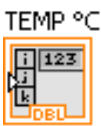


Función Mayor que: si el voltaje de entrada es mayor a 3V se activa, si es menor el interruptor se mantiene apagado.

Diagrama de flujo del sensor NTC:



Icono de indicador numérico: es utilizado para indicar el voltaje medido del sensor NTC.

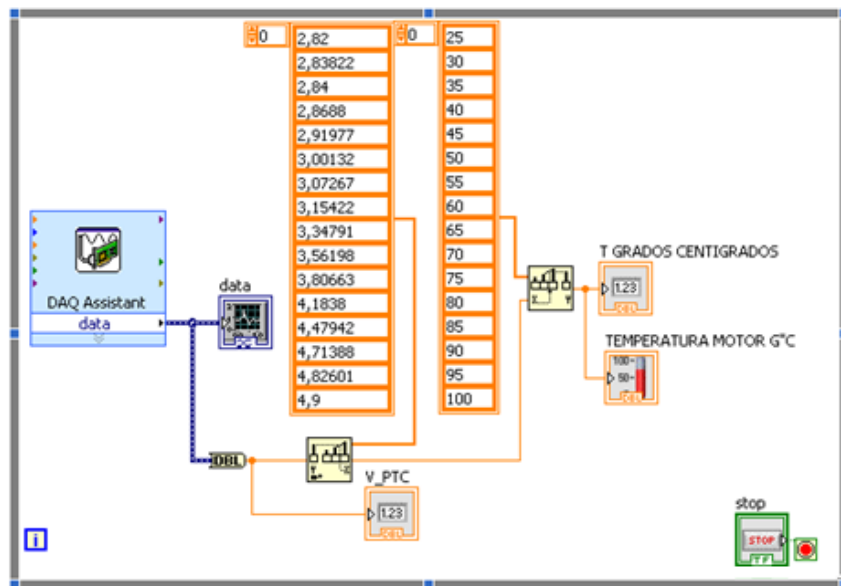


Icono de indicador numérico: es la representación de tipo numérico que utilizamos para mostrar el escalamiento del sensor de temperatura en grados centígrados.



Icono de indicador grafico: es la representación de tipo análogo del icono que se utiliza para visualizar la señal adquirida des sensor NTC.

Diagrama de flujo del sensor PTC



0	2,82	0	25
	2,83822		30
	2,84		35
	2,8688		40
	2,91977		45
	3,00132		50
	3,07267		55
	3,15422		60
	3,34791		65
	3,56198		70
	3,80663		75
	4,1838		80
	4,47942		85
	4,71388		90
	4,82601		95
	4,9		100

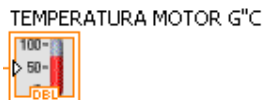
Tabla de voltaje y temperatura: la cual es utilizado para el escalamiento del sensor PTC.



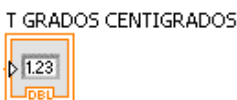
Threshold 1D Array Function: Esta función compara umbral y a los valores de matriz de números o puntos de partida en el índice de inicio hasta que encuentra un par de elementos consecutivos de tal manera que el umbral y es mayor que el valor del primer elemento y menor o igual al valor de la segunda elemento.



Interpolate 1D Array Function: Interpola linealmente un valor decimal y de una serie de números o puntos utilizando un índice fraccionada o valor x.



Indicador Grafico: lo utilizamos visualizar en el panel frontal la variación de temperatura medida por el sensor PTC.



Indicador Numérico: Se utiliza para visualizar la temperatura medida en grados centígrados del sensor PTC.

Funciones matemáticas utilizadas en la programación:



Función matemática resta



Función matemática suma



Función matemática multiplicación



Función matemática división



Función matemática potencia al cuadrado.

Anexo 2. Explicación del Hardware utilizado

Interfaz Unitrain-I con instrumentos virtuales (básico VI)



Equipamiento de la interfaz:

- Procesador de 32 bits con memoria de datos de medición
- Interfaz USB, tasa de transmisión de 12 Mbits/s
- Conexión simultánea de una cantidad libre de unidades de experimentación a través del bus Unitrain-I
- Salida analógica, +/- 10 V, 0,2 A, CC – 1 MHz, a través de enchufes BNC y casquillos de 2 mm
- 2 entradas analógicas de amplificador diferencial, con ancho de banda de 4 MHz, a prueba de tensión de hasta 100 V, velocidad de exploración de 40 mil muestras, 9 rangos de medida, profundidad de memoria 2x 32k, accesibles por medio de enchufes BNC y casquillos de 2 mm
- Salidas de señales digitales de 16 bits, de los cuales, 8 bits van a casquillos de 2 mm, TTL / CMOS, frecuencia de reloj de 0 a 100 kHz, resistentes a tensiones de +/- 15 V
- Entradas de señales digitales de 16 bits, de los cuales, 8 bits van a casquillos de 2 mm, profundidad de memoria de 16 bits x 2k, TTL / CMOS, velocidad de exploración de 0 a 100 kHz, resistentes a tensiones de +/- 15V
- 8 relés de 24 V CC / 1 A, 4 de ellos conectados a casquillos de 2 mm
- Dimensiones: 28 x 19 x 9 cm
- Peso: 1,2 kg

- Fuente de alimentación externa con amplio rango de entrada 100-250 V, 50-60 Hz, 2 salidas de +/- 15 V/0,4 A; 2 x 5 V/1 A

Sensores en el automóvil SO4204-7F 1

Volumen de suministro:



Tablero experimental con sensores reales del automóvil:

- Generador taco métrico inductivo
- Indicador de fases
- Interruptor de válvula de mariposa
- Sensor MAP
- Sensor de golpes
- Sensor térmico NTC y PTC de temperatura
- Modelo con capacidad de funcionamiento de un canal de succión con válvula de mariposa, ventilador, potenciómetro de válvula de mariposa y medidor de masa de aire

Módulo de Adquisición Multifunción (USB NI-6008)



Características Principales:

- 8 Entradas Análogas a 12 o 14 bits
- 2 Salidas Análogas a 12 bits, software-timed
- 12 Entradas/Salidas Digitales
- Contador 32-bit, 5 MHz

Especificaciones detalladas

Entradas Análogas:

Tipo de Convertidor	Aproximación Sucesiva
Entradas Análogas	8 balanceado, 4 diferencial
Resolución de entrada	14 bits diferenciales, 13 bits balanceado
Frecuencia de muestreo	48 kS/s
AI FIFO	512 bytes
Tiempo de resolución	41.67 ns (24 MHz de tiempo base)
Precisión de sincronización	100 ppm de velocidad de muestreo real
Rango de entrada:	
Balanceado	±10 V
Diferencial	±20 V 2, ±10 V, ±5 V, ±4 V, ±2,5 V, V ±2, ±1.25 V, V ±1
Voltaje de trabajo	±10 V
Impedancia de Entrada	144 kΩ
Protección de sobretensión	±35

Salidas análogas:

Salidas Análogas	2
Resolución de Salida	12 bits
Tasa máxima	150 Hz
Rango de Salida	0 a + 5 V
Corriente de Salida	5 mA
Estado de Encendido	0 V
Velocidad de Giro	1 V/μs
Corriente de Circuito	50 mA
Precisión absoluta (sin carga)	7 mV típico, 36.4 mV máximo a escala completa

E/S Digitales:

SALIDAS	8
ENTRADAS	4
Control de Dirección	Cada canal individualmente programable como entrada o salida
Compatibilidad	TTL, LVTTTL, CMOS
Voltaje máximo absoluto varían	0,5 y 5.8 v con respecto a GND
Resistor Pull-Up	4.7 kΩ a 5 V
Estado de Encendido	entrada

En las tablas se describe las características básicas de las entradas y salidas análogas y digitales de la NI USB-6008.

Características de las Entradas y Salidas Analógicas del Módulo ADQ 6008

Entradas Analógicas	Resolución (bits)	Tiempo de muestreo (ks/s)	Rango de voltaje de Entrada (v)
8	12	10	±10 V
Salidas Analógicas	Resolución (bits)	Tiempo de muestreo (S/s)	Rango de voltaje de Salida (v)
2	12	150	5 V

Características de las Entradas y Salidas Digitales del Módulo ADQ 6008

Entradas Digitales	Resolución (bits)	Tiempo de muestreo (ks/s)	Rango de voltaje de Entrada (v)
12	12	48	±10 V
Salidas Digitales	Resolución (bits)	Tiempo de muestreo (ks/s)	Rango de voltaje de Salida (v)
	12	12	5 V

Anexo 3. Hoja de datos de los sensores utilizados:

Potenciómetro de la válvula de mariposa de aceleración:

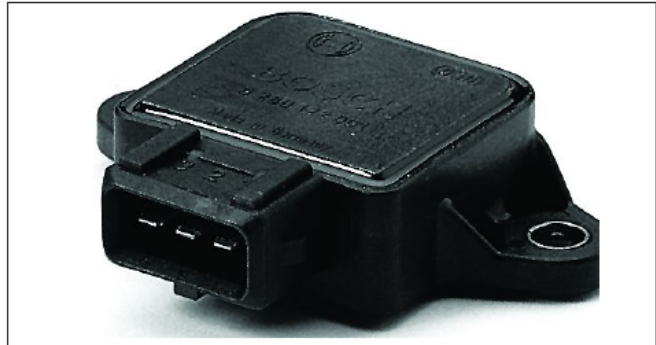
Angle sensor

Measurement of angles up to 88°

Input quantity: φ

Output quantity: R

- Potentiometric angular-position sensors with linear characteristic curve.
- Sturdy design for exacting demands.
- Compact size.



Application

Sensors of this type are used in motor vehicles to record the angle of rotation of the throttle valve. They are exposed to extreme operating conditions, being attached directly to the throttle valve housing by means of an extended throttle valve shaft in the engine compartment. To maintain reliable operation under such conditions, the sensors are resistant to fuels, oils, saline fog and industrial atmospheres.

Design and operation

The throttle-valve angular-position sensor is a potentiometric angular-position sensor with a linear characteristic curve. It is used with fuel-injection engines to convert the angle of rotation of the throttle valve into a proportional voltage ratio. To do so, the rotor with its special wipers connected to the throttle-valve shaft travels along corresponding resistance tracks, with the position of the throttle valve being converted into the above-mentioned voltage ratio. The throttle-valve angular-position sensors have no return spring. The throttle-valve angular-position sensor 0 280 122 001 has one linear characteristic curve. The throttle-valve angular-position sensor 0 280 122 201 has two linear characteristic curves. This permits a particularly high resolution in the angle range 0° 23°.

Explanation of characteristic quantities

U_A Output voltage U_V Supply voltage
 φ Angle of rotation U_{A1} Output-voltage characteristic curve 2 U_{A2} Output-voltage characteristic curve 3

Part number

0 280 122 001

Technical data

Useful electrical angle range	degrees	≤ 86
Useful mechanical angle range	degrees	≤ 86
Angle between internal stops (must not be reached when fitted)	degrees	≥ 95
Direction of rotation		Any
Total resistance (term. 1-2)	kΩ	2 ± 20 %
Wiper protective resistor (wiper in zero position, term. 2-3)	Ω	710 ... 1380
Operating voltage U_V	V	5
Load		Ohmic resistance
Permissible wiper current	μA	≤ 18
Voltage ratio from stop to stop - characteristic curve 1		$0,04 \leq U_A/U_V \leq 0,96$
Slope of nominal characteristic curve	deg ⁻¹	0,00927
Operating temperature		- 40 °C ... + 130 °C
Approximate value for permissible vibration acceleration	m/s ²	≤ 700
Service life (rotary cycles)	Mill.	2

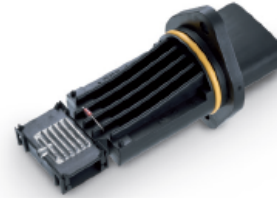
Sensor Flujo de Aire

LMS mass air flow sensor

For emission control and motor management

DESCRIPTION

The LMS mass air flow sensor was specially developed for measuring air volume in connection with emission and motor control in vehicles. Based on the measurement principle of a hot film anemometer, the mass air flow sensor consists of temperature sensors and heaters each arranged in pairs. This arrangement permits bi-directional measurement, which makes backflow and pulsations detectable. The modern semi-conductor hot film technology ensures fast response times as well as reliable, stable measurements over the entire life cycle. Application-specific, electronic calibration of the mass air flow sensor also guarantees high precision and a characteristic curve that is fully attuned to the respective system. Its compact design featuring a flange mount not only permits simple integration in the flow channel (pipe), but also guarantees flexible installation in a wide range of systems. The LMS can also be optionally equipped with a temperature sensor for additional measurement of the media temperature.



FIELDS OF APPLICATION	
<ul style="list-style-type: none"> · Emission and motor control of vehicles · Heating technology · Air conditioning technology · Process control · Gas flow monitoring · Filter monitoring 	
KEY FEATURES	BENEFITS
Semi-conductor hot film measurement element	<ul style="list-style-type: none"> · Fast response time · Reliable, stable measurement over the entire life cycle
Individual electronic calibration	<ul style="list-style-type: none"> · High level of accuracy · Application-specific characteristic curves · Diagnostic options
Integrated temperature sensor	<ul style="list-style-type: none"> · Simultaneous media temperature measurement
Compact and robust design with flange connection	<ul style="list-style-type: none"> · Simple and flexible integration in flow channels (pipes) and a wide variety of systems · Twist-proof installation
Bi-directional flow measurement	<ul style="list-style-type: none"> · Detection of backflows and pulsations

Technical specification LMS mass air flow sensor

Measurement ranges		Accuracy	
Air mass	0 – 50 ... 0 – 3,000 kg/h ¹⁾	Total air mass error	2% of the measurement value (25 °C) ⁴⁾
Temperature	-30 ... 120 °C	Total temperature error	± 1% (25 °C), corresponding to the NTC characteristic curve
Electrical characteristics		Response time (t63)	< 20 msec
Supply voltage	12 V (9 ... 17 V)	Environmental conditions	
Air mass output signal	1 ... 4.85 V, ratiometric to the reference voltage (main flow) 1 ... 0.33 V, ratiometric to the reference voltage (backflow)	Ambient temperature range	-30 ... 120 °C
Temperature output signal	NTC resistance output 2 kΩ (25 °C)	Operating temperature range	-30 ... 85 °C
Reference voltage	5 V ± 0.2 V	Media compatibility	Air ⁵⁾
Overvoltage protection	17 V	ESD (ISO/TR 10605)	4 kV to contacts
Reverse polarity protection	17 V	EMC (ISO 11452-5)	100 V/m (Stripline)
Diagnostic areas (detected sensor error)	< 4% and > 97.5% of the reference voltage		

Sensor inductive:

Inductive rotational-speed sensor

Incremental measurement of rotational speeds and angles.

- Non-contacting and thus wear-free rotational-speed measurement.
- Sturdy design for exacting demands.
- Strong output signal.
- Measurement dependent on specific direction of rotation.



Application

Inductive speed sensors of this type are suitable for a wide range of rotational-speed measurement applications. Depending on design, they measure engine speeds or wheel speeds for ABS systems in a completely non-contacting and wear-free manner and convert the rotational speeds into electrical signals.

Design and operation

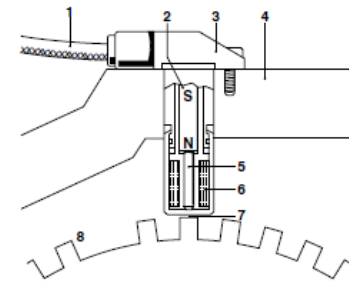
The soft-iron core of the speed sensor is surrounded by a winding and is located directly opposite a rotating trigger wheel with only a narrow air gap in between. The soft-iron core is connected to a permanent magnet, the magnetic field of which extends into the ferromagnetic trigger wheel and is influenced by this. If there is a tooth directly opposite the sensor, this concentrates the magnetic field and thus intensifies the magnetic flux in the coil. A gap, on the other hand, weakens the flux in the coil. These two situations alternate constantly as the ring gear rotates. Changes in magnetic flux occur at the gap-to-tooth transitions (leading tooth edge) and at the tooth-to-gap transitions (trailing tooth edge). In accordance with Faraday's law, these changes induce an AC voltage in the coil. The frequency of this can be used for rotational-speed measurement.

The sensor generates one output pulse per tooth. The pulse amplitude is a function of the air gap, together with the ring's rotational speed, the shape of its teeth, and the materials used in its manufacture. Not only the output-signal amplitude increases with speed, but also its frequency. This means that a minimum rotational speed is required for reliable evaluation of even the smallest voltages. A reference mark on the pulse ring in the form of a large "tooth space" makes it possible not only to perform rotational-speed measurement, but also to determine the pulse ring's position. Since the toothed pulse ring is an important component of the rotational-speed measuring system, exacting technical demands are made upon it to ensure that reliable, precise information is obtained. Pulse-ring specifications are available on request.

Explanation of characteristic quantities

- U_A Output voltage
- n Rotational speed
- s Air gap

Rotational-speed sensor (block diagram)



- 1 Cable
- 2 Permanent magnet
- 3 Sensor housing
- 4 Housing block
- 5 Soft-iron core
- 6 Coil
- 7 Air gap
- 8 Trigger wheel with reference mark

Technical data

Rotational-speed measuring range ¹⁾ n	min^{-1}	$\approx 20 \dots 7000$
Sustained ambient temperature/coil zone	$^{\circ}\text{C}$	$-40 \dots +150$
Max. vibration	m/s^2	1200
Number of turns		4300 ± 10
Winding resistance at 20 $^{\circ}\text{C}^2)$	Ω	$860 \pm 10 \%$
Inductance at 1 kHz	mH	$370 \pm 15 \%$
Degree of protection		IP 67
Output voltage ²⁾ U_A	V	0 ... 200
Signal frequency		1 ... 2500 Hz

Technical data

Cable length with connector	mm	360 ± 15
Sustained ambient temperature/cable zone	$^{\circ}\text{C}$	$-40 \dots +120$

Sensor de efecto Hall:

Hall speed sensor

Digital measurement of rotational speeds

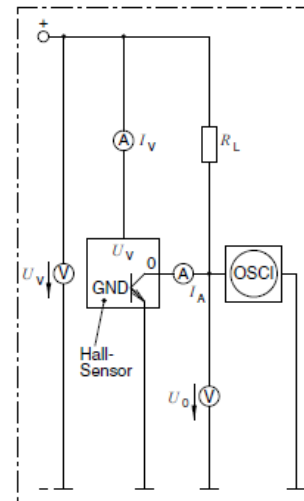
- Precise, reliable digital measurement of rotational speed, angles and distances.
- Non-contacting measurement.
- Hall IC in sensor with open collector output.
- Not susceptible to contamination.
- Resistant to mineral-oil products (fuel, engine oil).
- Transmission of information on sensor signal quality.



Explanation of characteristic quantities

$n_{min.}=0$ Static operation possible. $n_{min.}>0$ Only dynamic operation possible.
 U_V Max. LOW output voltage with
 I_A Output current = 20 mA.
 I_V Supply current for Hall sensor. t_f fall time (trailing signal edge).
 t_r rise time (leading signal edge).

Block diagram



Installation instructions

- Standard installation conditions ensure full sensor operating capacity.
- Route connecting leads in parallel to minimise interference.
- Protect sensor against the destructive effect of static discharge (CMOS elements).

Principle of operation

The principal sensor components are either Hall elements or magnetoresistive elements. Both elements generate a voltage which is governed by the magnetic flux through the measurement element. The voltage is conditioned in the active speed range. In contrast to an inductive sensor, the voltage to be evaluated is not a function of the wheel speed. Wheel speed measurement is therefore possible almost until the wheel is no longer turning. A typical feature of the active speed sensor is the local amplifier, integrated together with the measurement cell in the sensor housing. A two-wire cable provides the control unit link. The speed information is transmitted as a load-independent current. As with the inductive speed sensor, the frequency of the current is proportional to the wheel speed. As opposed to the method of transmission with an inductive speed sensor, inductive disturbance voltages have no influence with this type of transmission employing conditioned digital signals.

Design

Hall sensors consist of a semiconductor wafer with integrated driver circuits (e.g. Schmitt trigger) for signal conditioning, a transistor as output driver and a permanent magnet. These are hermetically sealed in a plastic connector housing. In an active rotational-speed sensor, magnets assume the function of the sensor-ring teeth. The magnets are integrated into a multiple rotor for example and are arranged with alternating polarity around its periphery. The measuring cell of the active rotational-speed sensor is exposed to the constantly changing magnetic field of these magnets. There is thus a constant change in the magnetic flux through the measuring cell as the multiple rotor turns.

Application

Hall speed sensors are suitable for non-contacting and thus wear-free rotational-speed measurement. Thanks to its compact design and low weight, the active rotational-speed sensor can be installed at or in a wheel bearing.

Technical data

Minimum working air gap	0,1 mm
Output current I_A	0 ... 20 mA
Output voltage U_A	0 ... U_V
Output saturation voltage U_s	$\leq 0,5$ V
Switching time t_f^2	≤ 1 μ s
Switching time t_r^3	≤ 15 μ s

Technical data

Minimum trigger-wheel speed	$n_{min.}$	0min ⁻¹
Maximum trigger-wheel speed	$n_{max.}$	4000min ⁻¹
Maximum working air gap		1,8mm
Rated supply voltage	U_N	5V
Supply-voltage range	U_V	4,75 ... 5,25 V ¹⁾
Supply current	I_V	Typically 5.5 mA
Sustained temperature in sensor and transition zone		- 40 ... + 150 °C ¹⁾
Sustained temperature in connector zone		- 40 ... + 130 °C ²⁾

Anexo 4. Siglas utilizadas

SIGLAS	SIGNIFICADO INGLES	SIGNIFICADO ESPAÑOL
AEI		Encendido Electrónico Integrado
ALDL	Assembly Line Diagnostic Link	Conector De Diagnostico En GM
C3I	Computer Controlled Coil	Bobina Controlada Por Computadora
CIS	Continuous Injection System	Sistema De Inyección Continua
CFI	Central Fuel Injection	Sistema De Inyección Central
CPU	Central Processor Unit	Unidad Central De Proceso
CTS	Coolant Temperature Sensor	Sensor De Temperatura Del Refrig.
DIS	Direct Ignition System	Sistema De Ignición Directa
ECA	Electronic Control Assembly	Conjunto De Control Electrónico
ECM	Electronic Control Module	Modulo Electrónico De Control
ECU	Electronic Control Unit	Unidad Electrónica De Control
EGR	Exhaust Gas Recirculation	Recirculación De Gases De Escape
ESA	Electronic Spark Advance	Avance Electrónico De Chispa
ESC	Electronic Spark Control	Control Electrónico De Chispa
EST	Electronic Spark Timing	Punto Electrónico De Chispa
GM	General Motors	General Motors
HC		Hidrocarburos
HEI	High Energy Ignition	Encendido De Alta Energía
IAC	Idle Air Control	Control De Aire De Ralentí
IDI	Integrated Direct Ignition	Ignición Directa Integrada
IN HG		Pulgadas De Mercurio
ISC	Idle Speed Control	Control De Velocidad De Ralentí
Kat		Convertidor Catalítico
KS	Knock Sensor	Sensor De Detonación
MAF	Manifold Air Flow	Flujo De Aire De Admisión
MAP	Manifold Absolute Pressure	Preston Absolute Multiple Admisión
MAT	Manifold Air Temperature	Temperatura Del Aire De Admisión
NTC	Negative Temperature Coefficient	Coefficiente De Temperatura Negativo
O ₂		Oxígeno
PFI	Port Fuel Injection	Inyección Multipunto
PROM	Programmed Read Only Memory	Memoria De Solo Lectura
PSI	POUNDS X INCH ²	Libras Sobre Pulgada Cuadrada
RAM	Random Access Memory	Memoria Programable
SES	Servicie Engine Soon	Luz De Revise El Motor
SFI	Secuential Fuel Injection	Inyección Secuencial De Combustible
SPI	Single Point Injection	Inyección Monopunto
TBI	Throttle Body Injection	Inyección Monopunto (Gm)
TPS	Throttle Position Sensor	Sensor Posición De Mariposa
VIN	Vehicle Identification Number	Numero Identificación Del Vehículo
VSS	Vehicle Speed Sensor	Sensor De Velocidad Del Vehículo
WOT	Wide Open Throttle	Mariposa Totalmente Abierta
RPM		Revolución por minuto
HMI	Human Machine Interface	Interfaz Humano-maquina
NTC	Negative Temperature Coefficient	Coefficiente de temperatura Negativo
PTC	Positive Temperature Coefficient	Coefficiente de temperatura positivo
kPa		Kilo pascal
DAQ	Data Acquisition	Adquisición de datos
USB	Universal Serial Bus	Bus universal serial