



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“REPOTENCIACIÓN DE UN BANCO DINAMOMÉTRICO
DIDÁCTICO CON LA INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA DE
INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL ELABORADO EN LABVIEW”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTORES: DAVID GERMAN MUÑOZ VALLE

BLANCA LORENA PILLA TITE

DIRECTOR: Ing. EDUARDO FRANCISCO GARCÍA CABEZAS

Riobamba – Ecuador

2021

©2021, David German Muñoz Valle, Blanca Lorena Pilla Tite

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, David German Muñoz Valle y Blanca Lorena Pilla Tite, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, 13 de abril de 2021



David German Muñoz Valle
C.I. 180454393-0



Blanca Lorena Pilla Tite
C.I. 180461649-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto Técnico “**REPOTENCIACIÓN DE UN BANCO DINAMOMÉTRICO DIDÁCTICO CON LA INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL ELABORADO EN LABVIEW**”, realizado por: **DAVID GERMAN MUÑOZ VALLE Y BLANCA LORENA PILLA TITE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumplen con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Homero Almendáriz Puente		
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	<u>2021-04-13</u>
Ing. Eduardo Francisco García Cabezas		
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	<u>2021-04-13</u>
Ing. Carlos Oswaldo Álvarez Pacheco		
MIEMBRO DE TRIBUNAL	_____	<u>2021-04-13</u>

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación es dedicado principalmente a Dios y a mi Madre **MARÍA ELENA VALLE**, por haberme guiado por el camino del bien, quien con su consejo me ha enseñado a crecer como persona, por el cariño y apoyo que me brindo en todo momento de su vida, lo cual fue fundamental para llegar a cumplir esta meta, además con quien compartí inolvidables momentos de los cuales quedaron las mejores anécdotas y experiencias de mi vida. A mi hermano Marco Muñoz quien con su ejemplo ha sabido enseñarme que con esfuerzo y dedicación todo meta se puede alcanzar.

David

A mis Padres y a mis hermanos que son el mejor apoyo que Dios me ha dado, gracias por brindarme su apoyo moral y espiritual, por estar siempre apoyándome en cada obstáculo que se presentó en mi vida , en especial a mi hermano Wilson Pilla aunque no se encuentre con nosotros le agradezco por brindarnos su esfuerzo, dedicación y los valores que nos dejó a mis hermanos y a mí, a mi hijo Joseph Yumbillo el motor de mi vida la razón de mi alegría y a amigas por el cariño las palabras de motivación a todos ustedes les dedico este trabajo de titulación.

Lorena

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradezco a Dios por haberme guiado e iluminado en cada peldaño de mi vida y por haberme colmado con su bendición para poder alcanzar esta meta.

A mi hermosa madre, por el gran amor y devoción, por el apoyo ilimitado e incondicional que siempre me ha dado, por tener siempre la fortaleza de salir adelante sin importar los obstáculos, por haberme formado como hombre de bien, y por ser la mujer que me dio la vida y me enseñó a vivirla... no hay palabras ni acciones en este mundo para agradecerle y para mostrarle el gran amor y respeto que le tengo, a pesar de que no en este físicamente a mi lado.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en particular a la Escuela de Ingeniería Industrial por habernos acogido y formado como profesionales, a todos los docentes que compartieron sus conocimientos con nosotros, en especial a los ingenieros Eduardo García y Carlos Álvarez, quienes supieron guiarnos en el desarrollo de este proyecto de titulación.

También agradecemos a la Carrera de Ingeniería Automotriz por confiar en nosotros y darnos la apertura para la realización de este proyecto de titulación.

David

Le agradezco Dios por haberme guiado a lo largo de mi vida estudiantil y por haberme colmado con su bendición para poder alcanzar esta meta. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en particular a la Escuela de Ingeniería Industrial por habernos acogido y formado como profesionales, a todos los docentes que compartieron sus conocimientos con nosotros, en especial a los ingenieros Eduardo García y Carlos Álvarez, quienes supieron guiarme en el desarrollo de este proyecto de titulación. Y de forma muy particular agradezco a mi familia ya que fueron un pilar fundamental para hacer posible esta meta.

Lorena

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvi
ÍNDICE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY	xix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Planteamiento y análisis del problema	3
1.3 Formulación del problema.....	3
1.4 Justificación.....	3
1.5 Objetivos.....	4
1.5.1 <i>Objetivo General</i>	4
1.5.2 <i>Objetivos Específicos</i>	4
CAPÍTULO II	
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	6
2.1 Banco dinamométrico.....	6
2.1.1 <i>Clasificación de bancos dinamométricos</i>	6
2.1.1.1 <i>Banco dinamométrico chasis (Medición de potencia y torque)</i>	7
2.1.1.2 <i>Banco dinamométrico (Acoplado al eje)</i>	7
2.1.2 <i>Componentes de un Banco de pruebas</i>	8
2.1.2.1 <i>Tipos de frenos dinamométricos</i>	9
2.1.2.2 <i>Sistema de refrigeración del freno.</i>	11
2.1.2.3 <i>Cimentación</i>	12
2.1.2.4 <i>Bancada</i>	12
2.1.2.5 <i>Transmisión</i>	13
2.1.2.6 <i>Balanza dinamométrica</i>	14
2.1.2.7 <i>Panel de control</i>	14
2.2 Motores de combustión interna.....	14
2.2.1 <i>Tipos de motores de combustión interna</i>	14
2.2.2 <i>Sistema de refrigeración del motor</i>	15

2.2.3	<i>Sistema de evacuación de gases de escape</i>	15
2.3	Parámetros de funcionamiento de los motores de combustión interna	15
2.3.1	<i>Torque</i>	15
2.3.2	<i>Potencia</i>	16
2.3.2.1	<i>Potencia Efectiva</i>	17
2.3.3	<i>Consumo Específico de Combustible</i>	18
2.3.4	<i>Curvas características de un motor de combustión interna</i>	19
2.4	Vibraciones en motores de combustión interna	20
2.5	Tipos de mantenimiento de maquinas	20
2.6	Señales	21
2.6.1	<i>Señales Analógicos</i>	21
2.6.2	<i>Señales digitales</i>	21
2.7	Circuitos electrónicos	22
2.7.1	<i>Elemento de un circuito eléctrico</i>	22
2.8	Conceptos básicos aplicados en el sistema de adquisición de datos	23
2.8.1	<i>Sensores</i>	23
2.8.1.1	<i>Tipos de sensores</i>	23
2.8.1.2	<i>Sensores de detección de proximidad</i>	23
2.8.1.3	<i>Sensor de velocidad rotacional</i>	24
2.8.1.4	<i>Sensores Medidores de Flujo de combustible</i>	25
2.8.1.5	<i>Sensores ambientales</i>	26
2.8.1.6	<i>Sensores de temperatura</i>	27
2.9	Instrumentos tradicionales vs virtuales	28
2.9.1	<i>Instrumentos tradicionales</i>	28
2.9.2	<i>Instrumentos virtuales</i>	28
2.9.3	<i>Tarjeta de adquisición de datos NI-USB DAQ 6009</i>	29
2.9.3.1	<i>Arquitectura de la tarjeta de adquisición de datos</i>	31
2.9.3.2	<i>Diferencia entre las tarjetas NI-USB DAQ 6008 y 6009</i>	31
CAPÍTULO III		
3	MARCO METODOLÓGICO	32
3.1	Situación inicial	32
3.1.1	<i>Inspección del estado técnico del banco dinamométrico</i>	33
3.1.1.1	<i>Banco dinamométrico Borgi&Savri S.R.L.</i>	33
3.1.1.2	<i>Sistema de alimentación de combustible</i>	33
3.1.2	<i>Sistema de refrigeración del banco</i>	36
3.1.2.1	<i>Cisterna</i>	36

3.1.2.2	<i>Bomba de agua</i>	37
3.1.2.3	<i>Dosificador o ablandador de agua</i>	37
3.1.2.4	<i>Cañerías del sistema de refrigeración</i>	38
3.1.3	<i>Balanza dinamométrica</i>	38
3.1.4	<i>Freno dinamométrico</i>	39
3.1.4.1	<i>Rotor</i>	39
3.1.4.2	<i>Estator</i>	39
3.1.4.3	<i>Cañerías de la cámara de refrigeración</i>	40
3.1.5	<i>Sistema de alimentación de arranque</i>	40
3.1.5.1	<i>Motor trifásico y Palanca de accionamiento</i>	40
3.1.6	<i>Sensor de revoluciones</i>	41
3.1.7	<i>Panel de control</i>	41
3.1.7.1	<i>Elementos del panel</i>	42
3.1.7.2	<i>Componentes de control de cargas</i>	43
3.1.8	<i>Tarjeta de adquisición</i>	43
3.1.9	<i>Motor de combustión interna Suzuki F8A</i>	44
3.1.10	<i>Estado técnico del banco dinamométrico</i>	45
3.2	<i>Consolidación general del sistema esperado</i>	46
3.3	<i>Fase de selección</i>	47
3.3.1	<i>Componentes del sistema de instrumentación virtual</i>	47
3.3.1.1	<i>Selección del gestor del sistema de control</i>	48
3.3.1.2	<i>Sensor LM35</i>	52
3.3.1.3	<i>Bomba de líquido o combustible</i>	53
3.3.1.4	<i>Electroválvulas</i>	53
3.3.1.5	<i>Módulo de relé</i>	54
3.3.1.6	<i>Sensor de ambiente</i>	55
3.3.1.7	<i>Sensor de Medidor de Flujo</i>	56
3.3.1.8	<i>Sensor de medición a distancia Sharp GP2Y0A21YK</i>	57
3.3.1.9	<i>Sensor CMP</i>	57
3.3.2	<i>Selección de componentes del Software</i>	59
3.3.2.1	<i>Software LabVIEW</i>	59
3.3.2.2	<i>Software de Arduino</i>	60
3.4	<i>Rehabilitación y Diseño del sistema de instrumentación virtual</i>	61
3.4.1	<i>Acondicionamiento del sistema e instalación de los componentes</i>	61
3.3.2.3	<i>Acondicionamiento del área del banco</i>	61
3.3.2.4	<i>Conexión de un motor</i>	63
3.3.2.5	<i>Instalación de accesorios para el sistema de refrigeración del motor</i>	68

3.4.2	<i>Conexión y montaje de los circuitos del sistema de instrumentación virtual</i>	69
3.4.2.1	<i>Componentes del sistema instrumental</i>	70
3.4.2.2	<i>Conexión y Montaje del sensor de temperatura</i>	70
3.4.2.3	<i>Conexión y montaje del sensor del sensor de medidor de flujo de combustible</i>	71
3.4.2.4	<i>Conexión y montaje del sensor infrarrojo Sharp con la tarjeta DAQ 6009</i>	73
3.4.2.5	<i>Conexión y ubicación del sensor para la medición de RPM</i>	74
3.4.2.6	<i>Conexión y montaje del sensor Ambiental</i>	75
3.4.2.7	<i>Conexión del control de cargas</i>	76
3.4.2.8	<i>Acondicionamiento general del circuito de control</i>	77
3.5	Programación en Labview	79
3.5.1	Panel frontal	81
3.5.2	Diagrama de bloques	82
3.5.3	Desarrollo de la programación en labview	82
3.5.3.1	<i>Programación</i>	85
3.5.3.3	<i>Programación de temperatura de tanque de enfriamiento de motor</i>	90
3.5.3.4	<i>Programación del sensor de Revoluciones</i>	90
3.5.3.5	<i>Programación de consumo específico de combustible</i>	91
3.5.3.6	<i>Programación del control de carga</i>	92
3.5.3.7	<i>Programación para lectura de parámetros ambientales</i>	93
3.5.3.8	<i>Programación para almacenamiento de la adquisición de datos</i>	94
3.5.3.9	<i>Programación para graficas</i>	95
3.5.3.10	<i>Programación para reiniciar contadores e indicadores</i>	96
CAPÍTULO IV		
4.	RESULTADOS	98
4.1	Análisis De Resultados Obtenidos De La Instrumentación Virtual	98
4.1.1	Pruebas y medición del equipo para la obtención datos	98
4.1.1.1	<i>Datos de la medición del Par de motor</i>	98
4.1.1.2	<i>Calculo de la potencia efectiva corregida</i>	100
4.1.1.3	<i>Datos de la medición Consumo específico de combustible</i>	104
4.1.1.4	<i>Comparación de las curvas características manuales y virtuales del motor</i>	106
CONCLUSIONES		109
RECOMENDACIONES		110
GLOSARIO		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Medidas del eje de transmisión	14
Tabla 2-2:	Clasificación de los sensores	23
Tabla 3-2:	Instrumentos tradicionales vs virtuales.....	29
Tabla 4-2:	Diferencia entre las tarjetas NI-USB DAQ 6008 y 6009	31
Tabla 1-3:	Características del banco dinamométrico	33
Tabla 2-3:	Características motor Suzuki F8A.....	44
Tabla 3-3:	Estados de los elementos y partes del banco	45
Tabla 3-3:	(Continua) Estados de los elementos y partes del banco.....	46
Tabla 4-3:	Tarjeta NI USB 6009 y sus elementos.....	48
Tabla 5-3:	Entradas y salidas digitales.....	49
Tabla 6-3:	Entradas y salidas analógicas	50
Tabla 6-3:	(Continua) Entradas y salidas analógicas	50
Tabla 7-3:	Características de un sensor LM35.....	52
Tabla 8-3:	Características técnicas de una bomba de líquido	53
Tabla 9-3:	Características técnicas de una bomba de líquido.....	54
Tabla 10-3:	Módulo de relé.....	55
Tabla 11-3:	Características técnicas del sensor ambiental.....	55
Tabla 12-3:	Especificación del sensor de flujo	56
Tabla 13-3:	Conexión de sensor CMP	58
Tabla 14-3:	Acondicionamiento del Área del banco dinamométrico	61
Tabla 14-3:	(Continua 1) Acondicionamiento del Área del banco dinamométrico	62
Tabla 14-3:	(Continua 2) Acondicionamiento del Área del banco dinamométrico	63
Tabla 15-3:	Características del motor Chevrolet AVEO 1.6.....	64
Tabla 16-3:	Acoplamiento de un motor en un dinamómetro	65
Tabla 16-3:	(Continua 1) Acoplamiento de un motor en un dinamómetro	66
Tabla 16-3:	(Continua 2) Acoplamiento de un motor en un dinamómetro	67
Tabla 17-3:	Elementos del sistema de refrigeración	68
Tabla 18-3:	Componentes de la instrumentación virtual	70
Tabla 19-3:	Datos experimentales sensor Sharp.....	88
Tabla 1-4:	Toma de datos Experimentales Carga	98
Tabla 2-4:	Calculo del torque datos experimentales	99
Tabla 3-4:	Datos experimentales para la potencia efectiva.....	101

Tabla 4-4:	Datos experimentales para la potencia efectiva corregida.....	102
Tabla 5-4:	Datos experimentales del consumo específico de combustible	104
Tabla 6-4:	Datos experimentales de la instrumentación virtual.	107
Tabla 6-4:	(Continua) Datos experimentales de la instrumentación virtual.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Banco dinamométrico FA 200/SP.....	6
Figura 2-2:	Banco dinamométrico BN-NET.....	7
Figura 3-2:	Banco dinamométrico conectado.....	7
Figura 4-2:	Componentes de un banco dinamométrico.....	8
Figura 5-2:	Freno de Prony.....	9
Figura 6-2:	Banco dinamométrico con freno hidráulico.....	10
Figura 7-2:	Freno de Eléctrico.....	10
Figura 8-2:	Freno dinamométrico con corrientes parásitas.....	11
Figura 9-2:	Flujo de agua del sistema de refrigeración del banco.....	12
Figura 10-2:	Cimentación de Banco dinamométrico.....	12
Figura 11-2:	Bancada y soportes.....	13
Figura 12-2:	Eje de transmisión.....	13
Figura 13-2:	Torque.....	16
Figura 14-2:	Diagrama de la medición de la potencia efectiva.....	17
Figura 16-2:	Curva del consumo de combustible en función a la velocidad.....	18
Figura 15-2:	Curvas características de un motor.....	19
Figura 17-2:	Señal Analógica.....	21
Figura 18-2:	Señal digital.....	22
Figura 19-2:	Circuito electrónico.....	22
Figura 20-2:	Sensor de revolución del cigüeñal.....	24
Figura 21-2:	Esquema efecto hall.....	25
Figura 22-2:	Diagrama típico del sistema de combustible de un motor.....	26
Figura 23-2:	Variedad de Termopar.....	27
Figura 24-2:	Tarjeta NI-USB DAQ 6009.....	30
Figura 25-2:	Sistema de adquisición de datos.....	30
Figura 26-2:	Arquitectura de la tarjeta DAQ.....	31
Figura 2-3:	Sistema de alimentación de combustible.....	34
Figura 3-3:	Tanque de combustible.....	35
Figura 4-3:	Filtro de gasolina.....	35
Figura 5-3:	Probeta de nivel.....	36
Figura 6-3:	Válvula direccional.....	36
Figura 7-3:	Cisterna.....	37
Figura 8 -3:	Motor eléctrico y bomba de agua.....	37
Figura 9 -3:	Dosificador de agua.....	38

Figura 10-3:	Cañería del sistema de refrigeración.....	38
Figura 11-3:	Balanza dinamométrica.....	39
Figura 12-3:	Comprobación del rotor	39
Figura 13-3:	Comprobación del estator	40
Figura 14-3:	Cañerías del freno.....	40
Figura 15-3:	Palanca de accionamiento y motor trifásico.....	41
Figura 16-3:	Sensor efecto hall	41
Figura 17-3:	Panel de control.....	41
Figura 18-3:	Fuente de alimentación.....	42
Figura 19-3:	Termocuplas	42
Figura 20-3:	Indicadores de temperatura	43
Figura 21-3:	Contador de RPM.....	43
Figura 22-3:	Panel de control de cargas del freno.....	43
Figura 23-3:	Tarjeta de adquisición	44
Figura 24-3:	Motor Suzuki F8A.....	44
Figura 25-3:	Consolidación del sistema del sistema de instrumentación virtual	47
Figura 26-3:	Entradas/salidas digitales, +5V y tierra del borne17 al 32	49
Figura 27-3:	Entradas/salidas analógicas y borne 1al 16	51
Figura 28-3:	Arduino nano	51
Figura 29-3:	Partes de Arduino nano	52
Figura 30-3:	Sensor encapsulado LM35	52
Figura 31-3:	Bomba de gasolina Aveo	53
Figura 32-3:	Electroválvula	54
Figura 33-3:	Sensor de flujo	56
Figura 34-3:	Sensor infrarrojo Sharp	57
Figura 35-3:	Sensor CMP	58
Figura 36-3:	Software Labview	59
Figura 37-3:	Herramienta Measurement & Automation.....	60
Figura 38-3:	Arquitectura de la tarjeta Arduino	60
Figura 39-3:	Motor Chevrolet AVEO 1.6.....	65
Figura 40-3:	Sistema de control de llenado del tanque.....	68
Figura 41-3:	Tanque de refrigeración del motor.....	69
Figura 42-3:	Conexión del sensor de temperatura LM35	71
Figura 43-3:	Ubicación del sensor LM35	71
Figura 44-3:	Conexión del sensor de flujo de combustible	72
Figura 45-3:	Ubicación del sensor de flujo.....	72

Figura 46-3:	Conexión del sensor de distancia para la carga.....	73
Figura 47-3:	Ubicación del sensor infrarrojo.....	73
Figura 48-3:	Conexión del sensor de CMP de revoluciones.....	74
Figura 49-3:	Ubicación del sensor CMP.....	74
Figura 50-3:	Conexión del sensor ambiental.	75
Figura 51-3:	Ubicación del sensor ambiental	75
Figura 52-3:	Circuito de potencia para el control de carga del freno	76
Figura 53-3:	Fuente regulable.....	77
Figura 54-3:	Diseño de la tarjeta impresa.....	78
Figura 55-3:	Diseño de la tarjeta impresa.....	78
Figura 56-3:	Destino final del circuito de control.....	79
Figura 57-3:	Diagrama lógico de operación del sistema de control	80
Figura 58-3:	Interfaz LABVIEW.....	81
Figura 59-3:	Panel frontal	81
Figura 60-3:	Diagrama de bloques.....	82
Figura 61-3:	Software Labview 2017	83
Figura 62-3:	Panel frontal principal del instrumento virtual.....	83
Figura 63-3:	Programa principal de control y monitoreo	84
Figura 64-3:	Comprobación de la tarjeta NI USB 6009 con Measurement & Automation...85	
Figura 65-3:	DAQ Assistant para configurar los datos de salida/entrada.....	86
Figura 66-3:	DAQ Assistant para configurar los datos de salida y entrada.....	86
Figura 67-3:	a) DAQ Assistant Split signal. b) Bloque	87
Figura 68-3:	Programación de la señal de carga.....	88
Figura 69-3:	Obtención del valor de torque.....	89
Figura 70-3:	Programación de la señal de temperatura del tanque del motor.....	90
Figura 71-3:	Programación de la señal del sensor de RPM	91
Figura 72-3:	Programación cálculo de potencia	91
Figura 73-3:	Programación del sensor para el consumo específico de combustible.....	92
Figura 74-3:	Programación del circuito de potencia para el control de carga	92
Figura 75-3:	Programación sensor ambiental en Arduino.	93
Figura 76-3:	Programación para la lectura de parámetros ambientales	94
Figura 77-3:	Programación para almacenamiento de datos	94
Figura 79-3:	Programación graficas característica, torque, potencia y consumo específico. ..96	
Figura 80-3:	Programación para reiniciar valores de cada prueba.....	96
Figura 81-3:	Mensaje de aviso en la ejecución de la interfaz.	97
Figura 1-4:	Gráficos de la instrumentación virtual.	108

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Curva de ajuste de Peso (kg) sensor sharp	89
Gráfico 1-4:	Torque del motor AVEO 1.6. Datos Manual	99
Grafico 2-4:	Torque del motor AVEO 1.6. Datos virtuales.....	100
Grafico 3-4:	Potencia corregida del motor AVEO 1.6. Manual.....	103
Grafico 4-4:	Potencia corregida del motor AVEO 1.6. Datos virtuales.....	103
Grafico 5-4:	Consumo especifico del motor AVEO 1.6	105
Grafico 6-4:	Consumo especifico del motor AVEO 1.6. Datos virtuales.....	105
Grafico 7-4:	Curvas características del motor AVEO 1.6.....	106

ÍNDICE ANEXOS

ANEXO A: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

ANEXO B: PLAN DE MANTENIMIENTO DEL BANCO DINAMOMÉTRICO

ANEXO C: SEÑALIZACIÓN DEL ÁREA DEL BANCO DINAMOMÉTRICO.

ANEXO D: COSTOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.

ANEXO E: ESTACIÓN METEOROLÓGICA PROMEDIOS MENSUALES DE PRESIÓN
ATMOSFÉRICA EN RIOBAMBA

ANEXO F: ESTACIÓN METEOROLÓGICA PROMEDIOS MENSUALES DE LA
TEMPERATURA AMBIENTE EN RIOBAMBA

RESUMEN

El presente proyecto fue dirigido al laboratorio de motores de combustión interna de la Carrera de Automotriz, tuvo como objetivo repotenciar un banco dinamométrico con la integración de un sistema de instrumentación virtual, la inserción de este instrumento permitió determinar los diferentes parámetros de funcionamiento de un motor de combustión interna a gasolina como: temperatura de trabajo, RPM, potencia, par de motor y consumo específico de combustible. Mediante un estudio preliminar de campo se determinó que se encontraba inhabilitado el taller desde el 2016 y con un análisis técnico se determinaron las causas que impedían que el banco de pruebas pueda estar operando, como son: instalación eléctrica inhabilitada, panel de control del freno desconectados, fuente de alimentación defectuosa, instrumentación analógica de medida deficiente, motor de banco en mal estado, y sistema de consumo de combustible deficientes. Finalizado el estudio se rehabilito el equipo y sus componentes, además se readecuó el área y se colocaron una serie de sensores en los puntos requeridos para realizar el análisis. Con el software LabVIEW se desarrolló la programación necesaria para controlar y monitorear las diferentes señales de cada sensor y actuadores; el hardware utilizado para el control y procesamiento fue a través de la tarjeta DAQ NI USB 6009 y ARDUINO, a fin de garantizar la adquisición y la visualización de la información, y el mando en tiempo real. Se concluye que la instrumentación virtual es flexible para el desarrollo del conocimiento automotriz, porque permitió controlar y monitorear el procesamiento de los datos de desempeño con estabilidad y seguridad de un motor Chevrolet AVEO 1.6, obteniendo como resultados de las pruebas un consumo mínimo de combustible de 100 g/CV*h, con un torque máximo de 5,0 kg-m, y una potencia máxima de 42 CV.

Palabras claves: <INTERFAZ VIRTUAL>, <DESARROLLO>, <BANCO DINAMOMÉTRICO>, <MONITOREO>, <CONTROL>, <LABVIEW (SOFTWARE)>, <TARJETA DE ADQUISICIÓN>



31-05-2021

1191-DBRA-UTP-2021

SUMMARY

The present project was directed to the internal combustion engine laboratory of the Automotive Career, its objective was to repower a dynamometric bench with the integration of a virtual instrumentation system, the insertion of this instrument allowed to determine the different operating parameters of a gasoline internal combustion engine such as working temperature, RPM, power, engine torque, and specific fuel consumption. Through a preliminary field study, it was determined that the workshop had been disabled since 2016 and with technical analysis, the causes that prevented the test bench from operating were determined, such as disabled electrical installation, disconnected brake control panel, defective power supply, deficient analog measurement instrumentation, bench engine in poor condition, and deficient fuel consumption system. Once the study was completed, the equipment and its components were rehabilitated, the area was readjusted and a series of sensors were placed at the points required to perform the analysis. With LabVIEW software, the necessary programming was developed to control and monitor the different signals of each sensor and actuators; the hardware used for the control and processing was through the DAQ NI USB 6009 and ARDUINO card, to guarantee the acquisition and visualization of the information and the command in real-time. It is concluded that the virtual instrumentation is flexible for the development of automotive knowledge, because it allowed to control and monitor the processing of performance data with stability and safety of a Chevrolet AVEO 1.6 engine, obtaining as test results a minimum fuel consumption of 100 g/CV*h, with a maximum torque of 5.0 kg-m, and a maximum power of 42 hp.

Keywords: <VIRTUAL INTERFACE>, <DEVELOPMENT>, <DYNAMOMETRIC BANK>, <MONITORING>, <CONTROL>, <LABVIEW (SOFTWARE)>, <ACQUISITION CARD>.

INTRODUCCIÓN

El avance de la tecnología ha propiciado, la aparición de nuevos sistemas capaces de dar solución a problemas de monitoreo y control, estos son los llamados sistemas de instrumentación virtual, estas herramientas están enfocados a los instrumentos encargados de medir señales, registrar datos y decidir las acciones de control, evidentemente, se requiere de una etapa de actuación, que conforma la interfaz entre la computadora y el sistema a controlar, por tanto esta etapa implica drivers de potencia o transductores de señal especiales. En la actualidad el uso de instrumentos estándares como: osciloscopios, multímetros, registradores de datos, entre otros, presentan muchas limitantes definidas por el fabricante, como el rango de operación, la resolución, la precisión, etc. Por esta razón los sistemas basados en hardware y software pueden efectuar las mismas tareas que los instrumentos tradicionales y sobretodo sin muchas limitantes (TAROT GÁLVEZ, 2017).

En el laboratorio de “Motores de Combustión Interna”, se encuentra el banco pruebas dinamométrico, dicho equipo es utilizado por los estudiantes con el objetivo de conocer los diferentes parámetros de funcionamiento de cualquier motor de combustión interna. (Balladares Pico, et al, 2016)

El banco dinamométrico es un equipo destinado a la medición de la potencia de motores de combustión interna a diferentes velocidades. Además, son maquinarias utilizadas para la medición de ciertos parámetros con el objetivo principal de mejorar la potencia, disminuir el consumo de combustible y por tanto atenuar el impacto ambiental. (Chancusig Sarzosa, et al, 2013)

La lectura de los datos en algunos bancos dinamométricos se los hace de forma manual y con equipos analógicos de poca precisión, por tal razón es necesario repotenciar este banco, con la integración de sistemas de instrumentación virtual, es decir, que se busca obtener dispositivos para registrar diferentes variables físicas, empleando técnicas de implementación híbrida hardware y software. Aplicando estos principios se logran instrumentos de medida muy flexibles, que facilitan el análisis y la presentación de resultados y que permiten reconfigurar sus parámetros de funcionamiento, haciéndolos a la medida para diferentes aplicaciones. (Tarot Gálvez, 2019)

Con base en lo expuesto anteriormente, se pretende integrar al banco dinamométrico sistemas de instrumentación virtual que reúnan las características antes mencionadas, y que además brinde una interfaz amigable y práctica.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

Todo motor debe ser sometido a diferentes pruebas de funcionamiento para mejorar su rendimiento, tomando en cuenta las ventajas y desventajas que producen estas modificaciones en los equipos. Cada alteración que se realice sobre cualquier componente del motor de combustión interna debe ser analizada correctamente.

Como cualquier otra tecnología los bancos dinamométricos surgen mediante la necesidad de cuantificar la potencia que genera la máquina, dichos bancos eran caros y poco exactos en sus mediciones, al comienzo los bancos dinamométricos realmente no fueron creados para realizar pruebas a los vehículos, si no, eran máquinas adaptadas para realizar dicha función. Con las primeras máquinas a vapor se buscaba nuevos métodos más simples de probar y optimizar los sistemas. El principio empleado es disipar de manera controlada la potencia que produce en un motor para poder cuantificarla. (Villalva, et al, 2016)

Conforme pasaban los años estos bancos van adquiriendo mayor exactitud, mediante los procesos de investigación y desarrollo de nuevas tecnologías éste sistema juega un papel fundamental permitiendo a los investigadores cuantificar los beneficios de las nuevas ideas y modificaciones en los motores, impulsando así el progreso y desarrollo de los mismos, por tal motivo los fabricantes de vehículos se fueron interesando en esta máquina porque permite realizar mediciones de parámetros importantes como la eficiencia, consumo específico de combustible, rendimiento volumétrico, entre otros.

En el presente trabajo se seleccionará un diseño adecuado para la visualización de los datos digitales en una interfaz virtual, el cual permitirá procesar, analizar e interpretar los resultados obtenidos, los estudiantes podrán analizar el desempeño de los motores que serán evaluados en este equipo. Como resultado se obtendrá un sistema confiable y garantizado para el desarrollo y mejoramiento del desempeño de los estudiantes.

El objetivo de este proyecto es repotenciar en banco de pruebas con la inserción de instrumentos capaz de medir los parámetros característicos de operación de los motores de combustión interna, como el par al freno, consumo de combustible, a diferentes velocidades y porcentaje de carga, con el fin de determinar sus curvas características.

1.2 Planteamiento y análisis del problema

El banco dinamométrico no se encontraba en operación desde el 2016 debido a varios factores como: instalación eléctrica inadecuada, fuente de alimentación dañada, sistema de medición de consumo de combustible deficiente, sensor de revoluciones obsoleto, sistema de control de cargas quemado, motor de pruebas defectuoso, instrumentos de medida obsoletos, sensor de temperatura obsoleto, panel de control obsoleto, elementos que conforman el banco dinamométrico se encontraban en mal estado y el sistema de refrigeración es deficiente, este último sistema es indispensable para el funcionamiento del banco porque los frenos dinamométricos generan calor por la resistencia al movimiento, por lo que produce que la temperatura no esté dentro de los parámetros adecuados necesarios para la prueba. Además, con una análisis preliminar se determinó que el control y medición de cada factor del motor de combustión se basaba en la toma de datos de forma manual, conllevando a una inexactitud en la medida de las magnitudes de funcionamiento, mayor tiempo utilizado en cada ensayo, alto consumo de combustible y entre otras variantes que afectaban la estabilidad de la toma de información y la seguridad del entorno

Mediante la investigación realizada se conoció el funcionamiento el banco dinamométrico y sus partes, por lo que se realizará la repotenciación del banco dinamométrico para medir parámetros (cálculo de la potencia, torque y consumo específico de combustible) de funcionamiento de un motor de combustión interna y automatización de sus instrumentos de medida con el fin de minimizar el margen de error de lectura. Por tal motivo es necesario utilizar una serie de sensores que serán colocados estratégicamente en aquellos lugares donde la persona desea realizar el análisis con fiabilidad y puedan ser usados en la interfaz virtual (Labview), para su posterior visualización.

1.3 Formulación del problema.

¿La integración de un sistema de instrumentación virtual permitirá al banco dinamométrico optimizar la toma de parámetros funcionales de un motor de combustión interna?

1.4 Justificación

Con la aplicación de la instrumentación virtual se mejoran el nivel la de control y monitoreo de los parámetros de funcionamiento de cualquier motor de combustión interna, además de brindar

una mayor exactitud en la medición de cada magnitud. Las acciones tomadas se fundamentaran en un análisis del funcionamiento de los bancos dinamométricos, dado que es necesario conocer lo teórico para impartirlo en la práctica.

Actualmente el banco de pruebas no se encontraba operativo, lo cual ha generado un desperdicio de una herramienta muy útil para el progreso automotriz. De continuar así se perderá un equipo muy importante para el desarrollo científico. Cabe indicar que la toma de la información se lo realiza de forma manual, lo cual incurría en la utilización de mayor tiempo solo para el registro de los datos en una prueba. El presente trabajo de titulación tiene como finalidad repotenciar un banco dinamométrico, mediante la integración de una instrumentación virtual elaborado en LabVIEW, el sistema contara con tarjetas procesadoras de señales como DAQ NI USB 6009 y Arduino, estos hardware permiten la comunicación con una serie de sensores, para la obtención de los parámetros de funcionamiento de un motor como: temperatura de trabajo, par de motor, potencia efectiva y consumo específico de gasolina.

Generalmente los beneficios que se obtendrán con la inserción de la instrumentación virtual serán: mayor control y monitorea de las condiciones de funcionamiento, menor margen de error de la lectura y registro de los datos, menor tiempo en la utilización del banco de pruebas por parte de los estudiantes, y esencialmente mejora el conocimiento en el campo automotriz.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Repotenciar el banco dinamométrico didáctico con la integración de un sistema de instrumentación virtual elaborado en Labview.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Analizar la situación actual del banco dinamométrico y los sistemas que lo conforman, para tener una idea clara de las variables que deben considerarse en el sistema de instrumentación virtual.
- Seleccionar los sensores y acondicionamientos más adecuados para efectuar la adquisición y transmisión de las señales eléctricas obtenidas de la medición de variables del banco de pruebas a través de una tarjeta de adquisición de datos.

- Diseñar una interfaz gráfica de alto nivel para el control, supervisión y monitoreo de los parámetros de potencia, torque, consumo específico de combustible y temperatura empleando LabVIEW.
- Efectuar las respectivas pruebas de funcionamiento del banco dinamómetro para validación del sistema de instrumentación virtual.
- Elaborar un manual de usuario del equipo y del instrumento virtual.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Banco dinamométrico

El banco dinamométrico es un dispositivo que sirve para mejorar la potencia generada por la máquina, dicho banco puede acoplarse de manera directa a cualquier motor a través de su sistema de transmisión, para su respectiva prueba de funcionamiento permitiendo así la medición de ciertos parámetros (consumo específico de combustible, revoluciones por minuto y potencia efectiva, torque).



Figura 1-2. Banco dinamométrico FA 200/SP

Realizado por: Muñoz, D; Pilla, L.2019

El banco dinamométrico consta de un freno de corriente Foucault (electromagnético de corrientes parásitas), este tipo de frenos son apropiados para medir la potencia, cuyo sistema está compuesto por un rotor que gira accionado por el eje del motor y un estator fijo.

La función del banco es determinar la potencia y el par a través del régimen de giro del motor.

2.1.1 Clasificación de bancos dinamométricos

Clasificación según su aplicación, atendiendo a diferentes características del dinamómetro

2.1.1.1 Banco dinamométrico chasis (Medición de potencia y torque)

La medición de la potencia y torque en este banco se lo realiza a través del eje de transmisión de giro de las ruedas del vehículo.



Figura 2-2. Banco dinamométrico BN-NET

Fuente: (rymesince1982)

El procedimiento de la medición del torque y potencia en este tipo de bancos se lo realiza en una plataforma donde se coloca las ruedas de cualquier vehículo sobre unos rodillos móviles, para iniciar con la medición se debe asegurar al vehículo para posteriormente encenderlo y se acelera de forma tal de que las ruedas puedan mover los rodillos, y luego por medio de una transmisión se lleva la potencia hasta el freno dinamométrico. Luego a través de varios sensores ubicados en diferentes partes de los vehículos se obtienen los datos necesarios de sus parámetros

2.1.1.2 Banco dinamométrico (Acoplado al eje)

En este tipo de bancos el ensayo se lo realiza conectado directamente al eje de salida del motor para evitar las pérdidas debido a las transmisiones.



Figura 3-2. Banco dinamométrico conectado directamente al eje del motor

Fuente: (docplayer, 2018)

En estos bancos de pruebas se monta el motor en sobre una base capaces de resistir y disipar las vibraciones, dichas bases pueden ser universales o diseñadas para un solo tipo de motor. La potencia ejercida en el eje de transmisión es transmitida hasta el freno dinamométrico mediante un acoplamiento flexible.

Los motores que son conectados a este tipo de sistema de pruebas se los debe proveerlos de un sistema de refrigeración, de escape, de control en motores de inyección electrónica, de combustible, de encendido y carga, entre otros.

2.1.2 Componentes de un Banco de pruebas

Un banco de pruebas puede medir varios parámetros de funcionamiento de un motor de combustión interna, cuya medición está en función al régimen de giro, por lo tanto, para este ensayo es necesario que se disponga de un freno dinamométrico para generar una carga al motor. La carga ejercida debe ser variable con el fin de probar su funcionamiento. En la siguiente figura 4-2 se muestra las diferentes partes de un banco de pruebas.

- Refrigeración
- Motor
- Soporte del motor
- Eje de transmisión
- Frenos dinamométricos
- Bancada
- Conducción de Agua
- Puesto de Control y toma datos
- Balanza dinamométrica

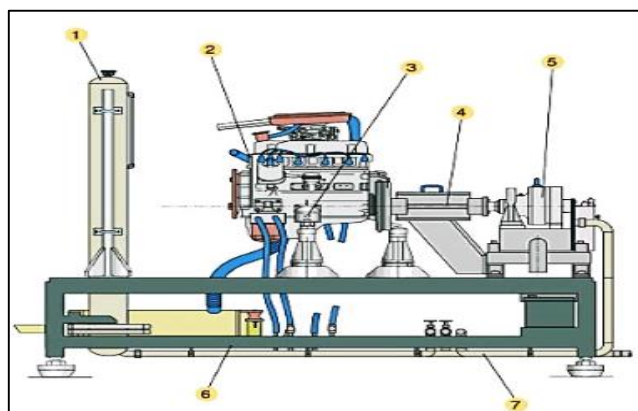


Figura 4-2. Componentes de un banco dinamométrico

Fuente: (dspace.ups, 2016)

2.1.2.1 Tipos de frenos dinamométricos

Los frenos dinamométricos son aquellos que se encargan de crear la "carga" al motor. Existen varios tipos de freno, los más comunes son:

- Frenos de fricción
- Frenos hidráulicos
- Frenos eléctricos: corriente continua, de corriente alterna, corrientes de Foucault.

Frenos de Fricción

El Freno dinamométrico de fricción está compuesto por un disco móvil, unido al eje motor, sobre este elemento se deslizan dos placas rígidas a través de un fuelle de una válvula de aire para medir la carga. Uno de los primeros frenos de fricción utilizados es el de Prony para calcular el par de motor.

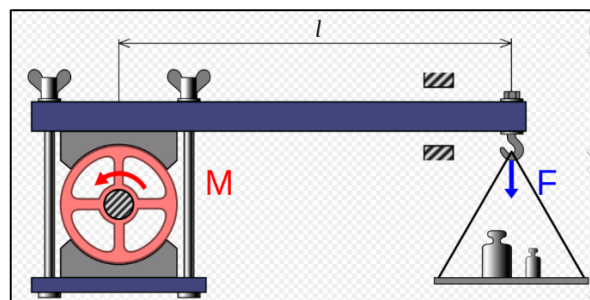


Figura 5-2. Freno de Prony

Fuente: (Grupo Faros, 2018)

Frenos Hidráulicos

Freno Hidráulico o también denominado freno Froude está compuesto por un rotor y una carcasa llena de agua que actúa como refrigerante y elemento frenante, su funcionamiento se basa en medir la presión mediante un manómetro analógico, cuya función es mantener la presión del agua dentro de los límites, ya que la mínima variación de presión provoca la distorsión en las medidas.

La función principal de este tipo de frenos es absorber la energía ejercida por la contrapresión del agua existente en el sistema. Los cambios de carga se consiguen variando la cantidad de agua. En la figura 6-2 se indica un banco dinamométrico con freno hidráulico.

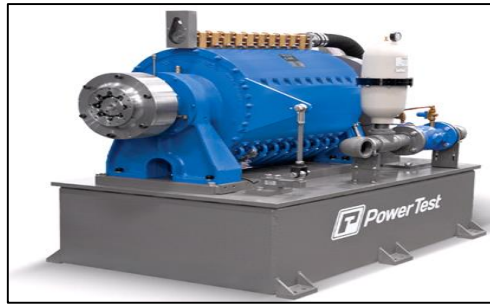


Figura 6-2. Banco dinamométrico con freno hidráulico.

Fuente: (Alvarez, 2017)

Frenos eléctricos de corrientes parásitas (Foucault).

Es un dispositivo que se encarga de transformar la potencia absorbida desde el motor mediante el accionamiento eléctrico, dicho freno genera corrientes parásitas (foucault) en el rotor y estator. Su funcionamiento consiste en acoplar al eje del motor un disco con alta permeabilidad magnética, el cual gira dentro de un campo electromagnético variable de corriente continua, el mismo permite simular las diferentes condiciones de carga a las que están expuestas los motores.

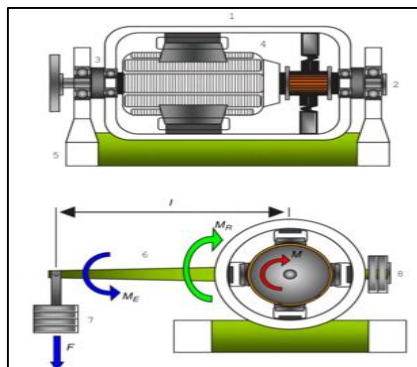


Figura 7-2. Freno de Eléctrico

Fuente: (González Calleja, 2011)

La corriente producida puede ser disipada en forma de calor, una de las ventajas de este sistema de freno, es que se puede aprovecharse la energía generada, ya que la potencia del motor no se pierde en un sistema de refrigeración.

La corriente de Foucault es un fenómeno eléctrico que se genera cuando un conductor atraviesa un campo magnético. Esta corriente al circular crean electroimanes que se oponen al efecto del campo magnético aplicado, cabe indicar que mientras más grande sea el campo magnético, también lo será la corriente opositora. Cabe indicar que este sistema produce pérdidas de energía que se disipará en forma de calor. (Ballester, 2011)

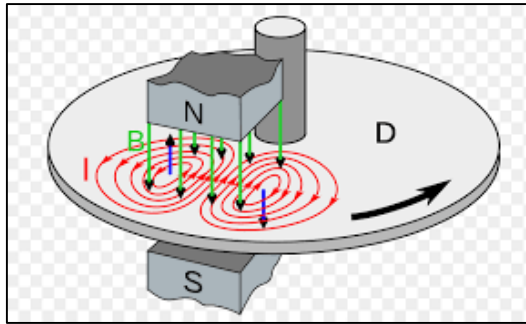


Figura 8-2. Freno dinamoeléctrico con corrientes parásitas

Fuente: (Freenpng.es, 2018)

Su principio de funcionamiento se basa en la creación de corrientes parásitas que circulan por un rotor que gira en un campo magnético, producido por un electroimán anular y que constituye el estator del freno.

Su principio de funcionamiento se basa en la creación de corrientes parásitas a través de un rotor que gira en un campo magnético. Cuya corriente se manifiesta en forma de calor y es eliminada por el flujo constante de agua.

El par frenante es regulado variando la excitación de la bobina de estator, con resolución prácticamente infinita, y con una elevada velocidad de respuesta. Como en cualquier freno dinamoeléctrico, el estator es basculante sobre dos rodamientos y transmite, en consecuencia, íntegramente el par motor a una célula de carga extensométrica (Tecner Ingeniería S.A, 2011).

2.1.2.2 Sistema de refrigeración del freno.

El sistema de refrigeración es indispensable en este tipo de banco dinamoeléctrico, debido a que la potencia disipada por el freno genera calor por la resistencia al movimiento que genera las corrientes de parásitas. Este calor debe ser disipado mediante un abastecimiento continuo de agua.

Este sistema consta de varios elementos como la adecuación de una cisterna conjuntamente con una bomba de succión, además el agua debe pasar por el ablandador o descalcificadora cuya función es reducir en lo mínimo los minerales que contiene el agua y así evitar la corrosión en las tuberías y demás partes del freno.

Es importante mencionar que el agua debe estar a una presión determinada caso contrario el par resistente variara y la medida a obtener no será la adecuada, esta presión es controlada por un presostato el cual nos indicará mediante una lámpara de alarma si no posee la suficiente presión. (Villava Valencia, et al, 2016)

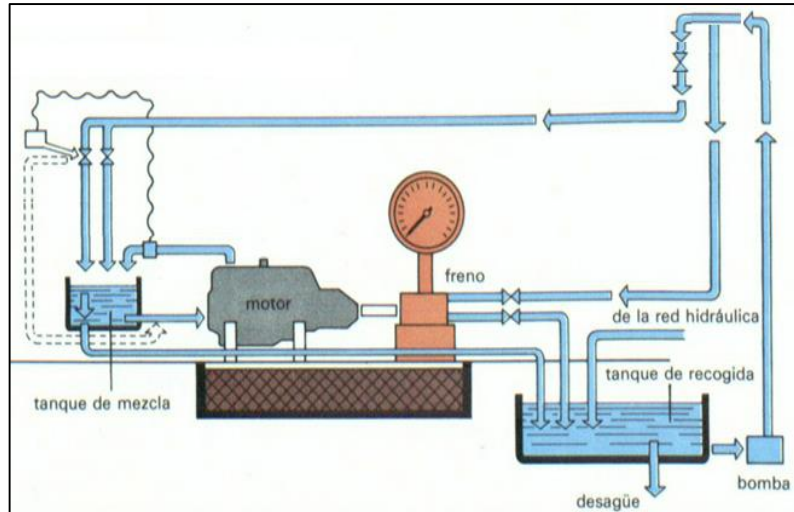


Figura 9-2: Flujo de agua del sistema de refrigeración del banco

Realizado por: Muñoz, D. & Pilla, L. (2020)

2.1.2.3 Cimentación

La parte más importante de un banco dinamométrico es la cimentación porque permite absorber las vibraciones generadas por el equipo al momento de su funcionamiento, es decir, se encarga de minimizar los esfuerzos ejercidos por el freno. (González, 2015)

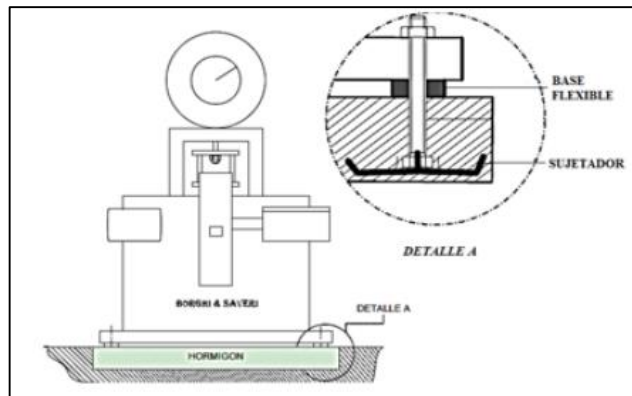


Figura 10-2. Cimentación de Banco dinamométrico

Fuente: (Borgi & Saveri S.R.L)

2.1.2.4 Bancada

Sirve como soporte para los distintos motores de combustión interna permitiendo el montaje, la fijación y la alineación del motor, para realizar el análisis de una manera segura en la figura 7-2 se muestra la banca y soportes con las que dispone el banco de pruebas. (Avalos, et al, 2018)

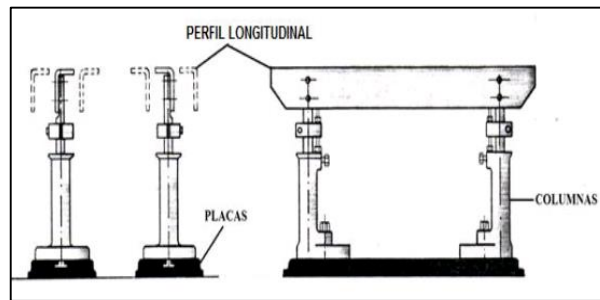


Figura 11-2: Bancada y soportes

Fuente: (Borgi & Saveri S.R.L)

En este tipo de banco de pruebas puede anclar al freno motores a diésel o gasolina con peso límite de 1300kg.

2.1.2.5 Transmisión

El sistema de transmisión permite la unión entre el freno dinamométrico y el motor de prueba, mediante un amortiguador axial flexible que absorbe los movimientos y vibraciones del equipo.

Para enlazar el banco con el motor es necesario un árbol del cardán, donde se conecta el freno con un acoplamiento flexible con ayuda de una base metálica al volante del motor de combustión interna. (Maruez, et al, 2011)



Figura 12-2. Eje de transmisión

Fuente: (Borgi & Saveri S.R.L)

Partes de la transmisión:

Acoplamiento metálico del freno al cardán, Punta de centro, Acoplamiento flexible, Acoplamiento metálico que conecta el eje al motor de prueba

Tabla 1-2: Medidas del eje de transmisión

Tipo de freno	A	H	B	E	C	S	X	D	N	B°	Peso	MT	Giro Max
											Kg	Kgm	RPM
FA 200 SP	120	101,5	75 – H7	2,5	200	288	448	8	8	1°	14,8	60	8000

Fuente: (Borgi & Saveri S.R.L)

Realizado por: Muñoz, D., Pilla, L. (2020)

2.1.2.6 Balanza dinamométrica

Es el dispositivo que permite medir la fuerza ejercida por el freno dinamométrico, que se produce por acción de las corrientes parasitas. Al aumentar las condiciones de carga, en el banco dinamométrico, nos permite medir los parámetros de funcionamiento de un motor de combustión interna y relacionarlos con la realidad.

2.1.2.7 Panel de control

Consiste de una serie de instrumentos, donde indican la temperatura, revoluciones, amperaje de carga, encendido del banco, encendido del motor, acelerador del motor.

2.2 Motores de combustión interna

Los motores de combustión interna están constituidos por un conjunto de elementos mecánicos que mediante movimientos alternativos permiten obtener energía mecánica a partir de la energía calorífica que brinda el combustible al ser quemado dentro de la cámara de combustión por acción de una chispa eléctrica. (Erazo López, 2014)

El consumo específico de combustible depende del rendimiento térmico de la combustión y del rendimiento volumétrico. El primero, está relacionado con la compresión y el segundo empeora a medida que aumenta el régimen, por lo que incrementa el consumo.

El consumo de combustible en un motor incrementa con la velocidad, en un régimen de un cuadrado. Cabe indicar que el consumo de combustible no es constante en los regímenes de rotación del cigüeñal y que, al funcionar el motor a bajas velocidades y cargas parciales, su rendimiento será menor. (Palomo, et al, 2012)

2.2.1 Tipos de motores de combustión interna

Motor ciclo Otto. Este motor es de cuatro tiempos, porque necesita de cuatro ciclos para completar su fase: admisión, compresión, explosión y escape. Este tipo de motores son los más utilizados,

sin embargo el rendimiento de este motor es tan solo el 25% como energía mecánica y el 75% se disipa en calor. (Balladares, et al, 2016)

Motor Diésel. Este tipo de motor tiene una similitud al de ciclo Otto, su diferencia está en que el proceso de combustión se realiza a volumen constante, no así el de ciclo Otto que realiza a presión constante. El rendimiento de este motor es superior a los de gasolina teniendo una eficiencia del 40%, sin embargo su desventajas es que son relativamente pesados. La mayor parte de motores a diésel son de cuatro tiempos. (Balladares, et al, 2016)

2.2.2 Sistema de refrigeración del motor

Es el ciclo de refrigeración, permite que trabaje el motor a una temperatura optima de funcionamiento, cuando el motor se encuentra a altas velocidades los componentes en movimiento y las explosiones generadas en la cámara de combustión tiene como consecuencia el aumento de temperatura, esto conlleva a un sobre calentamiento. (TMMBRUMMER, 2019)

2.2.3 Sistema de evacuación de gases de escape

Estos gases son liberados a la atmosfera, tras pasar por un silenciador. En caso de efectuar pruebas de torque y potencia.

2.3 Parámetros de funcionamiento de los motores de combustión interna

Los parámetros de funcionamiento de los motores de combustión interna, que son medidos en un banco dinamométrico son: torque, potencia, temperatura, consumo específico de combustible, revoluciones por minuto a la que gira el motor.

2.3.1 Torque

El torque es conocido como la fuerza de empuje producida por el motor en el eje, para medir el torque es necesario utilizar el freno dinamométrico, la cual permite girar hasta su máxima capacidad, esta a su vez se encuentra conectado mediante un eje, a un freno o balanza que lo frena en forma gradual.

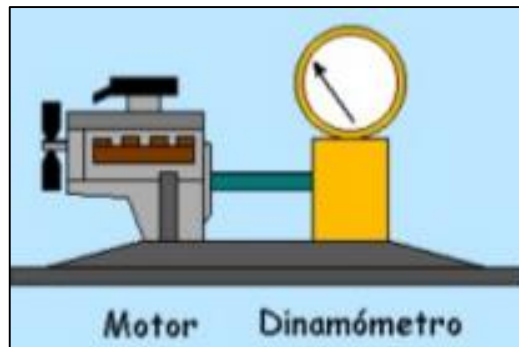


Figura 13-2: Torque

Fuente: (Z, 2014)

Esta magnitud se lo puede representar en unidades Kgf-m. (Medida utilizada para vehículos Europeos y asiáticos) (Eraso, 2011).

$$M= P * L \text{ (1)}$$

$$M = \text{toque del motor (kgf-m)}$$

$$P=\text{Carga (kgf)}$$

$$L= \text{longitud del brazo (m)}$$

$$0,716=\text{Constante del freno dinamométrico (m)}$$

$$M=P*0,716 \text{ [kgf-m]}$$

2.3.2 *Potencia*

Es la rapidez con la que trabaja un motor en un determinado tiempo, es decir, entre más rápido realice el trabajo la potencia desarrollada será mayor. Por lo tanto, se considera como la capacidad que entrega un motor en toda su fase de revoluciones, cuando más potencia exista mayor será el desplazamiento. La potencia es el producto entre el torque y las revoluciones que se generan. (Castillo, et al, 2017).

Un tipo de potencia que nos sera util para nuestro estudio es la potencia efectiva o potencia de freno, que se desarrolla en el inerior del cilindro. Para la medicion de este tipo de potencia se considera la siguiente figura.

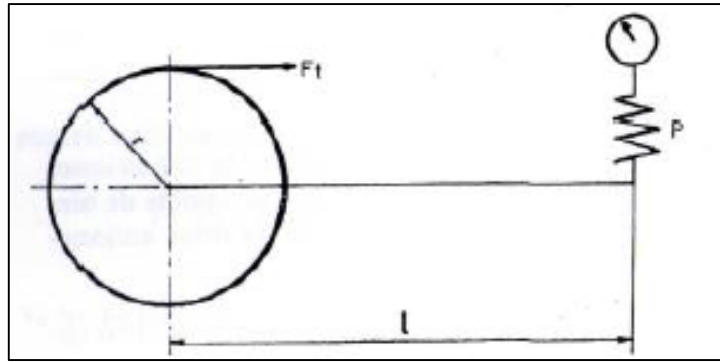


Figura 14-2: Diagrama de la medición de la potencia efectiva

Fuente: (Jaitia, et al, 2013)

2.3.2.1 Potencia Efectiva

Es la fuerza de explosión aplicada en la biela y transmitida por ésta al codo del cigüeñal para hacerle girar, conocida como "par motor". Así pues, el par motor es un esfuerzo de giro. Si tomamos la rueda en un punto que cumpla con el recorrido de $2\pi r$. Entonces el trabajo de la fuerza tangencial (F_t) será:

$$W_t = 2\pi r * F_t \quad (2)$$

Donde se considera que F_t es el par de motor o torque desarrollador por el motor, o así mismo momento resistente ($P * l$) que genera el banco dinamométrico. Entonces se lo puede definir de la siguiente forma.

$$W_e = 2\pi r * P * l \quad (3)$$

Por lo tanto la potencia efectiva estará dado de la siguiente manera:

$$N_e = \frac{2\pi * P * l * n}{76.6}$$

$$N_e = \frac{P * l * n}{716.2} \quad (4)$$

Donde P es la carga en kgf, l está en metros, n es el número de revoluciones del motor (RPM) y la potencia en CV. Además, $P * l$ es el torque (M).

$$N_e = \frac{M * n}{716.2} \quad (5)$$

2.3.3 Consumo Específico de Combustible

Es la cantidad de combustible que requiere un motor para desarrollar su potencia en determinado tiempo, es la relación entre la masa de combustible consumida y la potencia entregada por la unidad de tiempo.

El consumo de combustible depende de muchos factores, pero principalmente del rendimiento térmico y del volumétrico.

Los valores medios de consumo específico son: (Palomo, et al, 2012)

Motores Otto: 280 a 320 g/kW.h

Motores Diésel: 180 a 280 g/kW.h

El consumo de combustible incrementa con el aumento de las revoluciones de un motor, ya que debe vencer la resistencia aerodinámica con el cuadrado de la velocidad. La siguiente figura muestra el consumo en función a la velocidad.



Figura 16-2: Curva del consumo de combustible en función a la velocidad

Fuente: (EcoEf, 2011)

Medida de consumo de combustible. (Jaitia, et al, 2013)

$$Ct = \frac{3600Vf}{t} \left[\frac{cm^3}{h} \right]$$

$$C_t = 3.6 \frac{(V_f * \rho_b)}{t} \left[\frac{Kg}{h} \right] \quad (6)$$

Medida del consumo específico de combustible. (Jaitia, et al, 2013)

$$C_s = \frac{C_t}{N_e} \quad (7)$$

$$C_s = 3.6 \frac{(V_f * \rho_b)}{t * N_e} \left[\frac{Kg}{CV * h} \right] \quad (8)$$

Donde C_s es el consumo específico, V_f es el volumen del combustible consumido [cm³], ρ_b es el peso específico del combustible de 0,865 [g/cm³], t es el tiempo [horas] transcurrido de la prueba, N_e potencia corregida.

2.3.4 Curvas características de un motor de combustión interna

Una forma de indicar las prestaciones, emisiones o parámetros de funcionamiento de un motor de combustión interna ciclo Otto, son los gráficos bidimensionales, con el fin de proporcionar la información de: Torque, Potencia, Consumo de Combustible (Maurat & Galarza, 2017).

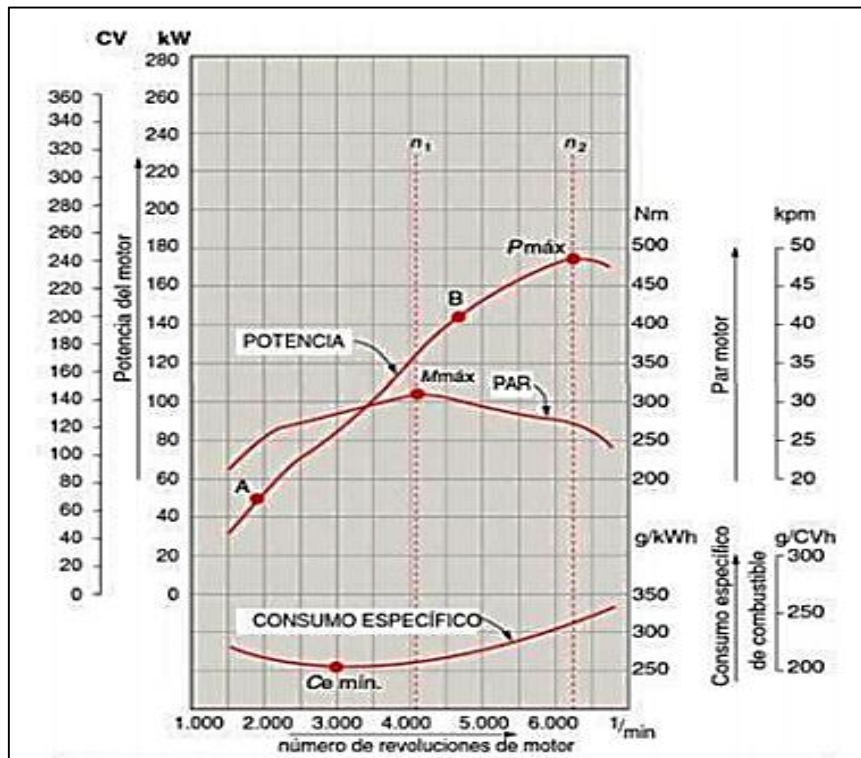


Figura 15-2: Curvas características de un motor

Fuente: (Eraso, 2011), (Nuñez, 2014)

Para obtener este tipo de gráfica, se somete al motor a una aceleración constante, hasta obtener todo el rango de revoluciones que puede alcanzar.

2.4 Vibraciones en motores de combustión interna

Cuando nos referimos a vibraciones principalmente, estamos hablando de un desplazamiento periódico ondulatorio; esto quiere decir que este desplazamiento se repetirá numerosas veces en un intervalo de tiempo. Las vibraciones tienen la posibilidad de ser medidas y caracterizadas mediante la oscilación o por movimientos alternantes.

Para lograr examinar las vibraciones en un motor de combustión interna, debemos considerar que el motor está compuesto de diversos elementos entre los primordiales sería los pistones, bielas y el cigüeñal, los mismos que no poseen el mismo desplazamiento, o sea los pistones poseen un desplazamiento rectilíneo y el cigüeñal tiene un desplazamiento circular, por lo que este sistema pudiera ser una de las principales que producen las vibraciones ya que mediante las bielas se combinan 2 tipos de movimientos. (Balladares, et al, 2016)

Una de las principales causas para generación de vibraciones en motores de combustión interna, está relacionado con las irregularidades en el momento torsor a la salida del cigüeñal, también por desbalance de fuerzas en el mecanismo de la biela.

Las vibraciones es uno de los factores que afecta en gran medida la adquisición de los datos de carga porque afecta al mecanismo de la balanza dinamométrica.

2.5 Tipos de mantenimiento de maquinas

Se define a los tipos de mantenimiento como un conjunto de operaciones y de trabajos que se hacen sobre una máquina, para mantener su buen estado de uso y de funcionamiento. También se lo puede definir como una disciplina cuya finalidad es mantener al equipo en un estado de operación. (Barreno, et al, 2015).

Cuando se tiene un equipo industrial es importante que se encuentre en perfecto estado, ya que son una parte fundamental de cualquier proceso. Para esto es imprescindible una buena gestión de mantenimiento.

A continuación se explica los tipos de mantenimiento más sobresalientes dentro la industria: (Termo-Watt SL, 2020)

Mantenimiento correctivo. Este tipo de mantenimiento se lo realiza cuando un elemento de una maquina ha llegado al final de su vida útil o cuando se ha generado una falla en el componente. Es decir, cuando se ha producido un error en el equipo por el uso o por el desgaste de sus elementos

Mantenimiento predictivo. Este tipo de mantenimiento se lo realiza de acuerdo a una planificación. Es decir, de acuerdo al análisis de la vida útil o el estado de los componentes del equipo.

Mantenimiento preventivo. Este tipo de mantenimiento se basa en una continua revisión, con el objeto de anticiparse a la falla del o los componentes. Es decir, que se considera las vulnerabilidades del equipo y sus materiales.

2.6 Señales

Es la variación de la magnitud que permite transferir la información generada por un circuito electrónico, la señal eléctrica representa la cantidad física en el transcurso del tiempo.

2.6.1 Señales Analógicas.

Son aquellos voltajes continuos que varían en función del tiempo, es decir que pueden tener diferentes valores dentro de cierto rango.



Figura 17-2: Señal Analógica

Fuente: (Oviedo, 2015)

2.6.2 Señales digitales

Son aquellos voltajes discretos que varían en función al tiempo, es decir, no continuos que pueden tomar ciertos valores definidos, dicha señal es una onda cuadrada (pulsos) en dominio del tiempo.

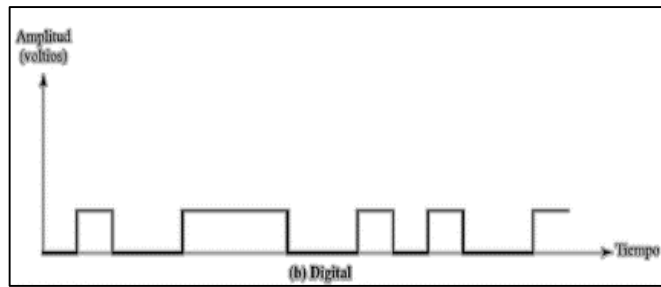


Figura 18-2: Señal digital

Fuente: (Jamj2000, 2014)

2.7 Circuitos electrónicos

Son dispositivos electrónicos que están constituidos por un material semiconductor, materiales activos y pasivos, cuyo funcionamiento depende del flujo de electrones para la generación, transmisión, recepción, almacenamiento de información, la cual utiliza elementos conductores, elementos receptores, elementos de maniobra y control, como elementos de protección. (VIQUIMOS, 2016).

2.7.1 Elemento de un circuito eléctrico.

Un circuito eléctrico está compuesto por un conjunto de elementos electrónicos como bobinas, condensadores, transformadores, generadores, entre otros, conectados entre sí, permitiendo generar, transformar y utilizar la energía eléctrica, transformando en otro tipo de energía (Gómez, 1990 pág. 101)

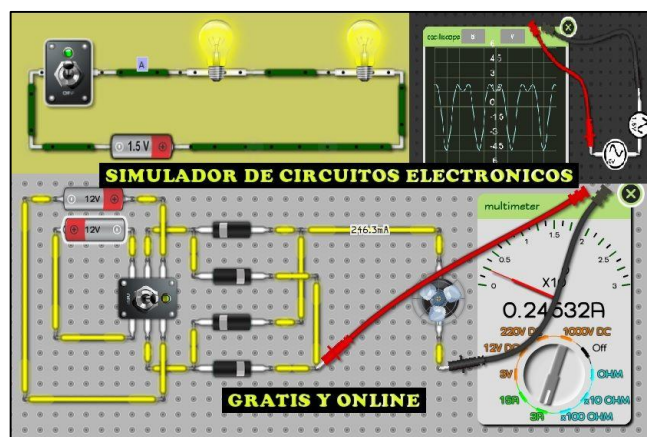


Figura 19-2: Circuito electrónico

Fuente: (Aareatecnologia)

2.8 Conceptos básicos aplicados en el sistema de adquisición de datos

2.8.1 Sensores

Es un dispositivo que recepta señales emitidas por cualquier tipo de materiales, transformando en señal eléctrica.

2.8.1.1 Tipos de sensores

Los sensores se clasifican según el parámetro de variable: resistencia, capacidad, inductancia, agregando luego los sensores generadores de tensión, carga o corriente, encontrando así diferentes tipos de sensores, según el tipo de variable que se pueda medir o detectar.

Tabla 2-2: Clasificación de los sensores

Criterio	Clases	Ejemplos
Aporte de energía	Modulares Generadores	Analógica Digitales
Salida de señales	Analógicas Digitales	Potenciómetro Codificador de posición
Modo de operación	De flexión De Comparación	Acelerómetro de deflexión Servo acelerómetro

Fuente: (Pallás, 2003 pág. 7)

Realizado por: Pilla, L; Muñoz, D.2020

2.8.1.2 Sensores de detección de proximidad

Estos tipos de sensores permiten una conexión eléctricamente aislada entre dos circuitos que operan a distintos voltajes, están constituidos por una señal emisora y una receptora, cuyo circuito de control activado una luz infrarroja interrumpida o bloqueada por algún objeto envía una señal de voltaje. (Salas Garzon, 2015).

Tipos de sensor de detección de proximidad

Sensores de proximidad foto eléctricos

Estos sensores responden a un cambio de intensidad de luz preestablecida. La variación de esta luz permite detectar la presencia del objeto. Alguna de las aplicaciones que se puede aplicar en la industria es para detectar el paso de algún objeto, medir la altura, para comprobar su tamaño, detectar colores, en otras cosas. (Pozo Pérez , 2018 págs. 17-26)

Sensores de proximidad capacitivos

Estos sensores son capaces de generar un campo electrostático y detectar la aproximación de objetos en función a la variación de dicho campo. Este tipo de sensor está formado por una sonda capacitiva, un oscilador, un rectificador de onda y un circuito de salida (Pozo Pérez , 2018 págs. 17-26)

Sensores de proximidad inductivos

Estos sensores están diseñados para detectar objetos metálicos. Su funcionamiento se basa en la detección de la presencia o movimiento de un objeto metálico utilizando un campo magnético. Este sensor está formado por un bobinado, un oscilador, un rectificador de onda y un circuito de salida. (Pozo Pérez , 2018 págs. 17-26). La corriente que circula por este tipo de sensor se la denomina Foucault.

Sensores de proximidad ultrasónicos

Estos sensores basan su funcionamiento en ultrasonidos utilizando frecuencias sonoras a partir de 40kHz., superiores al sonido audible por el oído humano (16 Hz a 20 kHz) para detectar objetos. Estos señores se pueden clasificar atendiendo tanto a la disposición de sus elementos emisor y receptor, al igual que los sensores fotoeléctricos, como a la técnica de detección implementada.

2.8.1.3 Sensor de velocidad rotacional

Es un dispositivo giroscópico que mide la velocidad angular, es decir mide el espacio recorrido por unidad de tiempo (RPM), este tipo de sensores envían una señal en forma de onda como una frecuencia proporcional a la velocidad de un vehículo, esto detecta la rapidez de giro del vehículo alrededor de su eje vertical. (mecanicavirtual.org, 2014).

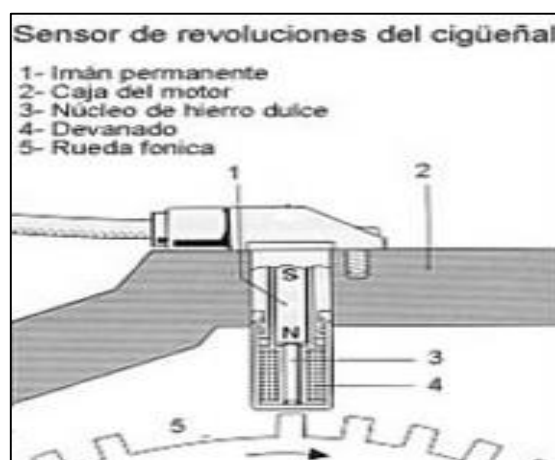


Figura 20-2: Sensor de revolución del cigüeñal

Fuente: (mecanicavirtual.org, 2014)

Dentro de los sensores de rotación podemos encontrar los sensores "inductivos" y los "magnetostáticos" (efecto Hall).

Sensores inductivos

Se utiliza para medir las velocidades de rotación o detectar su posición a una determinada distancia sin tener contacto con el objeto metálico conductor, en su interior se encuentra una bobina que crea un campo magnético generada por el propio sensor.

Sensores efecto Hall

Consisten en la formación de un campo magnético ejercida por líneas de fuerzas, producida por el desplazamiento de cargas positivas y negativas en el interior de un conductor en sentidos opuesto, formando componentes perpendiculares al movimiento de las cargas, consta de un elemento conductor o semiconductor y un imán, por el cual circula corriente.

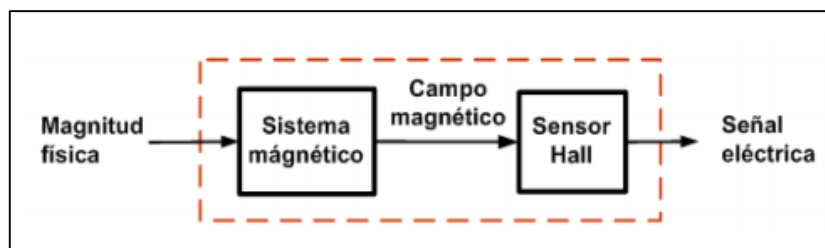


Figura 21-2: Esquema efecto hall

Fuente: (Morducca, 2015 pág. 2)

Este tipo de sensor determina la proximidad de un objeto mediante el uso de un imán permanente acoplado a dicho objetivo, al aproximar el imán se genera un voltaje de hall, al momento que el imán es alejada no existe ningún efecto hall, por tanto cambia de estado alto a un estado bajo en la salida del sensor y determina si el objeto está cerca o no (Ramírez, et al, 2014 pág. 172).

2.8.1.4 Sensores Medidores de Flujo de combustible

Son instrumentos que sirven para medir y comprender el comportamiento del nivel de caudal de un fluido o gas, la ley de Faraday establece que al pasar un fluido por el campo magnético produce una fuerza electromotriz directamente proporcional a la velocidad del fluido.

Estos sensores se encargan de medir el consumo volumétrico de cualquier fluido, es decir, la cantidad de líquido por unidad de tiempo.

Estos sensores tiene una amplia aplicación para medir el flujo de combustible en: (Navixy, 2018)

- Vehículos automotores
- Equipos con motor
- Tanques de combustible estacionarios
- Tanques de combustible

Sistema de combustible de un motor

Para poder comprender de mejor forma los medidores de flujo es importante conocer los dispositivos del sistema de combustible.

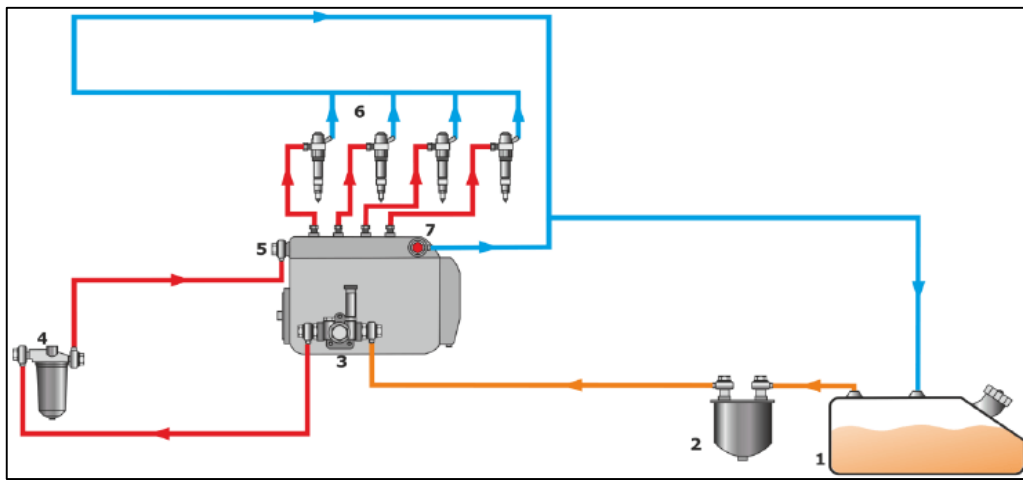


Figura 22-2: Diagrama típico del sistema de combustible de un motor.

Fuente: (Navixy, 2018)

1. Tanque de combustible
2. Filtro de combustible
3. Bomba de combustible de baja presión (también conocida como bomba inyectora)
4. Filtro fino
5. Bomba de combustible de alta presión (el conjunto es un gran rectángulo gris con todas las proyecciones. También se llama bomba de combustible)
6. Inyectores de combustible
7. Válvula de descarga

2.8.1.5 Sensores ambientales

Es sensores son utilizados en la industria, porque permiten recolectar información de partículas que se encuentran suspendidas en el aire, este dispositivo puede monitorear la humedad y temperatura en condiciones ambientales, además al ser compactos no requieren de instalación externa y se puede instalar de manera rápida. (IOTSENS Gimeno Iot division, 2020)

Beneficios de los sensores ambientales: (Tecnología Humanizada, 2019)

- Permite la medición de variables como la temperatura, la humedad y las partículas en suspensión.
- Se utiliza para controlar las condiciones del aire en diferentes entornos y determinar su calidad.
- Los sensores de temperatura se basan en un principio de sensor de silicio de temperatura de banda prohibida.
- Utiliza un polímetro con dieléctrico, que absorbe o desabsorbe agua en función de la humedad ambiental.
- Mide la humedad por medio de un condensador interno.

2.8.1.6 Sensores de temperatura

Estos dispositivos son utilizados en la industria porque permiten detectar los cambios de temperatura, mediante una serie de elementos electromagnéticos, que envían una señal para medir los cambios de temperatura. (Castillo, y otros, 2017).

Clasificación de este tipo de sensores

Los sensores se clasifican según el material por el cual conforma y su principio de funcionamiento, los instrumentos de medición de temperatura más utilizados en las industrias son:

Termopar: Es un dispositivo que actúa como un transductor de temperatura, el cual convierte la magnitud física en una señal eléctrica, Este sensor se encuentra constituido por dos alambres metálicos diferentes que unidos desarrollan una diferencia de potencia eléctrica (López Valesco, y otros, 2015).



Figura 23-2: Variedad de Termopar

Fuente: (López Valesco, y otros, 2015)

Resistencia (RTD): Este tipo de sensor aprovecha el cambio de temperatura del objeto. Los termistores se basan en el cambio de resistencia en un semiconductor de cerámica; la resistencia cae en forma no lineal con el aumento en la temperatura. (OMEGA spectris company, 2018)

Biometalicos: Estos sensores aprovechan la diferencia en la tasa de dilatación térmica entre diferentes metales. Comúnmente estos sensores no son muy sensibles para detección del cambio de temperatura como los termopares o RTD. (OMEGA spectris company, 2018)

Por dilatación de fluido: Un típico sensor de este tipo son los termómetros domésticos que utilizan el mercurio y los de líquido orgánico. Los sensores de dilatación de fluido no requieren energía eléctrica, no plantean riesgos de explosión y son estables incluso después de ciclos repetidos. (OMEGA spectris company, 2018)

2.9 Instrumentos tradicionales vs virtuales

2.9.1 Instrumentos tradicionales

El proceso de medición de cualquier magnitud física necesariamente se lo realizan mediante la utilización de un instrumento físico. Estos instrumentos usualmente contribuyen en la medición de cualquier valor que no puede ser medido por las facultades sensoriales de las personas.

Los sistemas de instrumentación están ampliamente categorizados tanto en sistemas de medida como de control. Usualmente los sistemas de medida se los puede realizar mediante la aplicación de un transductor. En cambio, los de control se encargan de establecer ciertos parámetros para que un proceso se mantenga estable. (Tarot, 2004)

Los instrumentos indicadores en este caso serían:

- Los amperímetros de corriente directa
- Multímetros
- Termo instrumentos
- Medidores de factor de potencia, etc.

2.9.2 Instrumentos virtuales

La industria instrumentista ha sufrido importantes cambios, debido al gran avance tecnológico tanto en hardware como software. En este sentido la compañía National Instruments, Hewlett Packard, Tektronix, han introducido en el mercado sus nuevas herramientas virtuales. El término virtual hace referencia a la programación de instrumentos mediante el uso de computadoras personales.

Un instrumento virtual se lo define como un nivel de software y hardware añadido a un computador de tal modo que los usuarios puedan interactuar mediante el lenguaje maquina como si fuese un instrumento electrónico tradicional. (Tarot, 2004). El primero que sirve para el procesamiento y visualización de las diferentes señales y el segundo que se constituye por una tarje de adquisición de datos.

Tabla 3-2: Instrumentos tradicionales vs virtuales

INSTRUMENTO TRADICIONAL	INSTRUMENTO VIRTUAL
Definido por el fabricante	Definido por el usuario
Funcionalidad específico, con conectividad limitada	Funcionalidad ilimitada, orientado a aplicaciones, conectividad amplia.
Hardware es la clave	Software es la clave
Alto costo/ función	Bajo costo / función, variedad de funciones, reusable
Arquitectura cerrada	Arquitectura abierta
Lenta incorporación de nuevas tecnologías	Rápida incorporación de nuevas tecnologías, gracias a la computadora personal
Bajas economías de escala, alto costo de mantenimiento	Altas economías de escala, bajos costos de mantenimiento

Fuente: (Tarot, 2004)

Al analizar los instrumentos encontramos que los virtuales tienen mayor ventaja, a diferencia de los tradicionales.

La instrumentación virtual es un área de la industria en la que se busca generar dispositivos que permitan registrar diferentes variables físicas, mediante la aplicación técnicas híbridas de hardware y software. Con la aplicación de estos sistemas se logra una instrumentación flexible, que facilitan el análisis y la presentación de los parámetros de funcionamiento.

Se debe dejar en claro que la instrumentación virtual no solo se basa en la adquisición de las señales electrónicas, sino que también involucra la interfaz hombre-máquina, el análisis y el procesamiento las rutinas de almacenamiento de datos y la comunicación con otros equipos. (Tarot, 2004)

2.9.3 Tarjeta de adquisición de datos NI-USB DAQ 6009

Con la evolución de la tecnología y los nuevos avances de National Instruments, género que el software y hardware de los diferentes elementos electrónicos mejoren la forma en como registrar, adquirir las diferentes señales analógicas y digitales. Como es la tarjeta NI USB-6009 de la National Instruments, que fue diseñado para adquirir las señales y voltajes de las líneas. Los elementos primarios por la que está constituido esta tarjeta son los transductores de corriente y

los transformadores reductores de voltaje que se encargan de adquirir las diferentes señales, en valores estandarizados que ingresan a la NI-DAQ USB 6009. (Muso Chango, y otros, 2005).



Figura 24-2: Tarjeta NI-USB DAQ 6009

Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015)

La tarjeta de adquisición de datos permite medir variables y transformarlas a formatos digitales o análogos, esta información es enviada e inmediatamente procesada por un ordenador, este proceso requiere de un interfaz que envíe y reciba señales entre el mundo real y el computador.



Figura 25-2: Sistema de adquisición de datos

Fuente: (Moreno Velasco, et al, 2016)

Pasos que se debe considerar para el proceso de adquisición de datos.

- Un sensor/transductor permite medir cualquier variable, detectar y convierte las variables físicas a una señal analógica de voltaje o corriente eléctrica.
- Amplificación de señal de voltaje o corriente, si la señal proviene de un sensor débil, se requiere un amplificador de voltaje y se debe aplicar algún método para filtrar los ruidos eléctricos.
- Traducción de señal analógica al lenguaje propio del computador: lenguaje digital. Este proceso se conoce técnicamente como conversión ANÁLOGO/DIGITAL (A/D).
- La adquisición de datos en forma digital, podrán ser almacenados en la memoria del micro y llevados luego a pantalla o a otro periférico del computador (Pineda Rosero, 2012).

2.9.3.1 Arquitectura de la tarjeta de adquisición de datos.

La tarjeta de adquisición de datos consta de cuatro módulos principales.

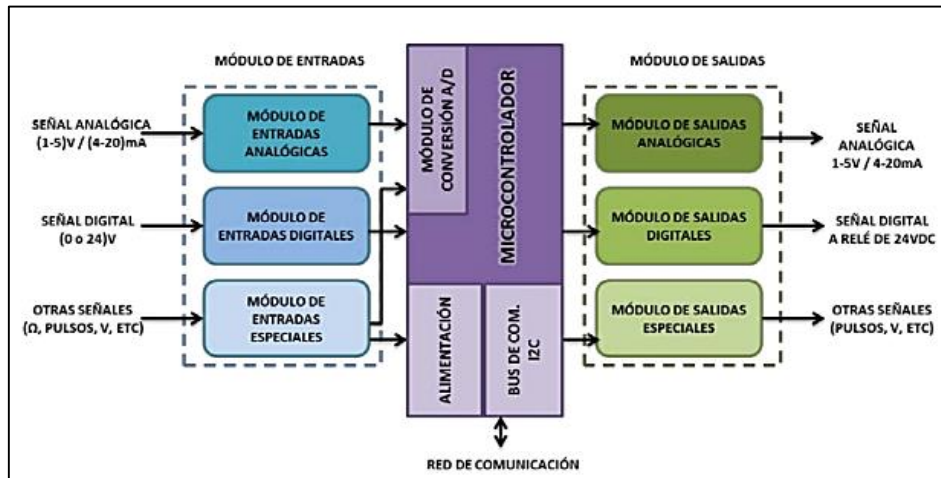


Figura 26-2: Arquitectura de la tarjeta DAQ

Fuente: (Oviedo, y otros, 2014)

2.9.3.2 Diferencia entre las tarjetas NI-USB DAQ 6008 y 6009

En la **Tabla 4-2**. Se realiza un análisis de diferencia entre las tarjetas NI- USB DAQ 6008 y 6009 de la National Instruments.

Tabla 4-2: Diferencia entre las tarjetas NI-USB DAQ 6008 y 6009

Características	USB DAQ 6008	USB DAQ 6009
Resolución de las entradas analógicas	12 Bits en modo diferencial, 11 bits para modo de nodo simple	14 Bits en modo diferencial, 13 bits para modo de nodo simple
Máximo frecuencia de muestreo en las entradas analógicas Canal individual	10kS/s	48kS/s
Máximo frecuencia de muestreo en las entradas analógicas Múltiples canales (total*)	10kS/s	42kS/s
Configuración DIO	Colector abierto	Colector abierto o control activo
Pueden ser dependiendo del sistema		

Fuente: (Carreño Jaimes, y otros, 2009)

Realizado por: Pilla, L; Muñoz, D.2020

CAPÍTULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

El presente estudio tiene como finalidad la optimización de la obtención de los parámetros de funcionamiento de un motor de combustión interna a gasolina, mediante la inserción de un sistema de instrumentación virtual elaborado en LABVIEW. La inserción de los recursos tecnológicos implica una inversión económica, que resulta ser de bajo costo mediante el uso de dispositivos electrónicos disponibles en el mercado local.

El método aplicado en el presente trabajo de titulación se basa en una investigación teórica experimental para su realización, y se describe en la siguiente figura.

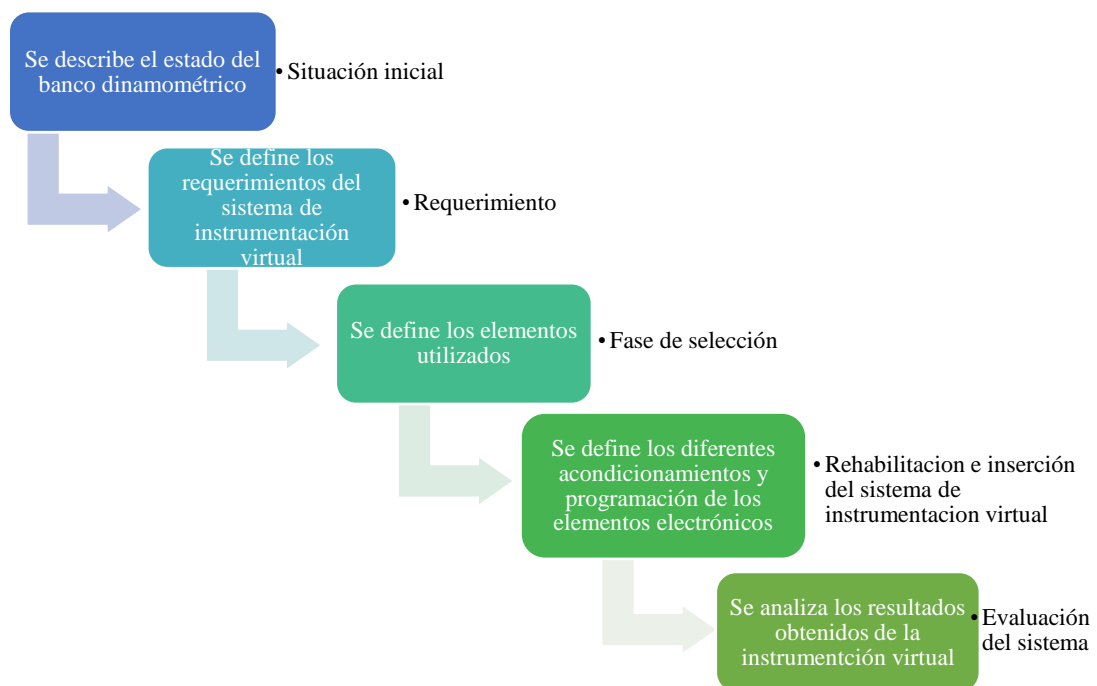


Figura 1-3: Metodología utilizada en el desarrollo del proyecto

Fuente: Muñoz, D; Pilla, L.,2020

3.1 Situación inicial

Con la finalidad de optimizar la obtención de los parámetros de funcionamiento de un motor de combustión interna, se realiza un análisis del área del banco dinamómetro como del motor a

utilizar, con la finalidad determinar qué elementos del sistema necesitan una solución correctiva o una preventiva.

3.1.1 Inspección del estado técnico del banco dinamométrico

3.1.1.1 Banco dinamométrico Borgi&Savri S.R.L

El banco dinamométrico presentaba una serie de anomalías, entre las cuales uno de las indispensables fue el sistema de alimentación eléctrica, que no se encontraba habilitada. El suministro es indispensable para que funcionen los diferentes componentes del banco como es el panel de control de cargas, bomba de agua para el sistema de refrigeración entre otras.

Posteriormente se procedió a identificar los principales problemas, como los diferentes reacondicionamientos de los elementos del sistema que conforman el banco dinamométrico con el fin de efectuar el respectivo mantenimiento.

Características del banco dinamométrico

El banco dinamométrico marca Borgi&Savri S.R.L, fue diseñado para comprobar la potencia y el rendimiento real de un motor de combustión interna, con el fin de analizar la efectividad de los diferentes parámetros de funcionamiento (Consumo específico de combustible, torque y potencia), mediante la aplicación de un instrumento virtual.

Las características del banco dinamométrico se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1-3: Características del banco dinamométrico

MARCA	Borgi&Saveri S.R.L
MODELO	FA 200SP
FRENO	Hidráulico
REFRIGERACIÓN	Por agua
TIPO DE ACEITE	Aceite hidráulico de máquina

Realizado por: Pilla, L; Muñoz, D. 2019

3.1.1.2 Sistema de alimentación de combustible.

El sistema de alimentación de combustible se encontraba en el banco dinamométrico no era muy eficaz al momento de obtener las medidas reales del consumo de combustible, se presentaba una dificultad para obtener la medida antes de la bomba de inyección, sobre todo cuando se realiza las

pruebas a diferentes velocidades y condiciones de trabajo. El actual sistema de alimentación de combustible del banco dinamométrico contiene las siguientes partes:

- Tanque de combustible
- Filtro de combustible
- Válvula direccional
- Probeta de nivel
- Manguera de alimentación.
- Circuito de luz LED.



Figura 2-3: Sistema de alimentación de combustible

Realizado por: Muñoz, D, Pilla, L.2020

Cabe indicar que el sistema de alimentación de combustible trabaja a gravedad, por lo cual el sistema no contiene una presión constante en el flujo de combustible. A un más sistema era menos preciso cuando se realizaba pruebas a distintos tiempos y velocidades.

Tanque de combustible

En el actual tanque de combustible se observó una fuga, debido al deterioro producido por la presencia de óxido que se desprendía de las paredes del tanque de combustible, provocando la obstrucción del paso de la gasolina por el sistema de alimentación hacia el motor. Sobre todo no cuenta con un sistema que permita determinar el nivel de gasolina en el tanque.



Figura 3-3: Tanque de combustible

Realizado por: Pilla, L; Muñoz, D.2020

Filtro de Combustible

El filtro de combustible se encontró deteriorado y con una fisura por donde se filtraba la gasolina obteniendo así pérdidas, al encontrarse el filtro en malas condiciones deja pasar suciedad, residuos, a la bomba de inyección y a las válvulas del motor, lo cual puede producir daños severos, o en otros casos obstruye el paso de gasolina, estas impurezas en el sistema inducen a la abrasión, rozaduras e incluso roturas de piezas.



Figura 4-3: Filtro de gasolina

Realizado por: Pilla, L; Muñoz, D.2020

Probeta de nivel

En la probeta existe una acumulación de sedimentos en su interior, por lo que dificultaba tomar las lecturas del nivel de gasolina en que se encontraba, las medidas del consumo de combustible era inexacta, porque solo cuenta con divisiones de 50, 100 y 150 mililitros. Además, el problema era mayor al momento de realizar las pruebas a distintos tiempos y velocidades, por lo cual la medida del consumo se aleja de las posibilidades de cuantificación. Por su parte la probeta contenía un sistema de avisos por cada división, mediante la utilización de luces led en las secciones de menor diámetro. Que al encontrarse un cambio en la intensidad de luz en cada sección se determinaba el tiempo de consumo. Del mismo modo el sistema instalado en proyectos anteriores era erróneo porque no permitía que la prueba dure más tiempo y sobretodo no se encontraba habilitado actualmente.



Figura 5-3: Probeta de nivel

Realizado por: Pilla, L; Muñoz, D.2020

El sistema de alimentación

El sistema de alimentación contaba con una válvula de paso y una válvula direccional, del mismo modo que el resto de los elementos se encontraban deteriorados por el tiempo, lo más habitual que se presenta en estos elementos fueron las fugas por el desgaste del empaque, o por la sedimentación de elementos corrosivos, entre otros.



Figura 6-3: Válvula direccional

Realizado por: Pilla, L; Muñoz, D.2020

3.1.2 Sistema de refrigeración del banco.

3.1.2.1 Cisterna

La cisterna es un elemento indispensable del banco dinamométrico porque necesita de una alimentación continua de agua tratada, es decir, agua donde se ha eliminado metales pesados o corrosivos. En la parte externa del taller de motores de combustión interna se encuentra la cisterna por donde se suministraba el agua para la refrigeración del banco. Además se observó la acumulación de basura en el interior de la cisterna y en las paredes se encontraban sucias.



Figura 7-3: Cisterna

Realizado por: Pilla, L; Muñoz, D.2020

3.1.2.2 Bomba de agua

Al realizar las pruebas de encendido, tanto el motor eléctrico conectado a la banda se encuentra funcionando correctamente. En este punto solo es necesario realizar un mantenimiento preventivo.



Figura 8 -3: Motor eléctrico y bomba de agua

Realizado por: Pilla, L; Muñoz, D.2020

3.1.2.3 Dosificador o ablandador de agua

El equipo se encuentra funcionando correctamente, solamente se debe efectuar un mantenimiento preventivo, además el agua que circula por las tuberías de este sistema, contienen minerales que podrían taponarlas con el tiempo. El dosificador contiene los siguientes elementos.

- Filtro de agua
- Ablandador de agua
- Cañerías
- Palancas de mandos



Figura 9 -3: Dosificador de agua

Realizado por: Pilla, L; Muñoz, D.2020

3.1.2.4 *Cañerías del sistema de refrigeración*

Se realizó la inspección respectiva en las dos cañerías verificando si existían pérdidas de fluido tanto entrada como salida y se comprobó que no existían fugas, también se encontró dentro de los canales del sistema de tuberías acumulación de tierra, basura e incluso el estancamiento de agua ya que no tiene un desfogue cuando ingresa el agua en días de invierno.

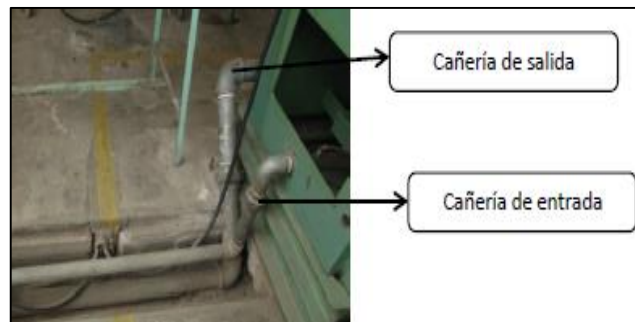


Figura 10-3: Cañería del sistema de refrigeración

Realizado por: Pilla, L; Muñoz, D.2020

3.1.3 *Balanza dinamométrica.*

Se verificó el estado de la balanza dinamométrica, cuyos mecanismos se encuentran en excelente estado, solo fue necesario realizar un ajuste en la aguja. Es necesario que la balanza se encuentre encerrada para obtener un valor real de carga de fuerza, que se genera al momento de accionar el

freno en el motor. La obtención de la mediana en este mecanismo es de forma visual, por lo cual no es exacto porque depende de los sentidos del ser humano.



Figura 11-3: Balanza dinamométrica

Realizado por: Pilla, L; Muñoz, D.2020

3.1.4 Freno dinamométrico

3.1.4.1 Rotor.

Siempre que se acople un motor al eje del freno dinamométrico es necesario efectuar una prueba de reglaje con la ayuda de un reloj comparador, este elemento nos permite verificar que el eje de transmisión se encuentra correctamente alineado.



Figura 12-3. Comprobación del rotor

Realizado por: Pilla, L; Muñoz, D.2020

3.1.4.2 Estator.

Con ayuda del multímetro se procedió a la verificación de la bobina del estator, efectuando una prueba de continuidad de la misma, y obteniendo un valor de 09.0. Lo cual nos indica que la bobina está en buen estado.

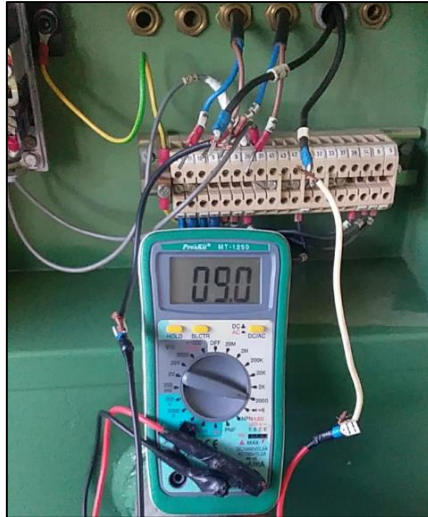


Figura 13-3: Comprobación del estator

Realizado por: Pilla, L; Muñoz, D.2020

3.1.4.3 Cañerías de la cámara de refrigeración

El sistema de enfriamiento del freno contiene unas cañerías por donde se desfoga el agua utilizada, como el líquido que circula es agua se determinó mediante una inspección que no se encontraban en buenas condiciones, por la acumulación de polvo, oxidación. Se pudo verificar que no existían fugas. Este elemento es necesario tenerlo en excelentes condiciones con una limpieza.



Figura 14-3: Cañerías del freno

Realizado por: Pilla, L; Muñoz, D.2020

3.1.5 Sistema de alimentación de arranque

3.1.5.1 Motor trifásico y Palanca de accionamiento.

El actual banco dinamométrico dependía de un motor trifásico el cual se encuentra en excelentes condiciones, al accionar mediante a presión manual con una palanca hacia el eje de transmisión permitía generar un movimiento al motor, en forma arranque para accionar el encendido del motor de combustión interna. Para la posterior rehabilitación no son necesarios estos elementos.



Figura 15–3: Palanca de accionamiento y motor trifásico

Realizado por: Muñoz, D; Pilla, L. 2020

3.1.6 *Sensor de revoluciones*

El banco dinamométrico contaba con un sensor de revoluciones de efecto hall ubicado en el eje de freno junto a una rueda dentada de 60 dientes. Su función era determinar el número de revoluciones o la velocidad generada por el motor en cada prueba. El sensor actualmente no se encontraba en funcionamiento por lo que fue necesario remplazarlo.



Figura 16–3: Sensor efecto hall

Realizado por: Muñoz, D; Pilla, L., 2020

3.1.7 *Panel de control.*

El panel de control se encuentra formado por una fuente de alimentación a 220 AC, por indicadores, medidores de temperatura, amperímetro y mandos, que permitían al estudiante controlar tanto al banco como al motor de pruebas en condiciones reales, el dispositivo no se encuentra en funcionamiento por varios factores como: La alimentación eléctrica no se encuentra habilitada en la misma área, el cableado eléctrico se encuentra deteriorado y los elementos están obsoletos.



Figura 17–3: Panel de control

Realizado por: Pilla, L; Muñoz, D.2020

3.1.7.1 Elementos del panel

Fuente de alimentación: Se utilizaba una fuente de corriente continua de 0 a 12 Voltios, el cual permitía excitar la bobina del freno de corrientes parásitas. A partir de la transformación de la red de corriente alterna a continua mediante un transformador y un rectificador controlado por diodos. Actualmente este elemento no se encuentra en condiciones adecuadas para su utilización, además de ser una tecnología primitiva y robusta.



Figura 18–3: Fuente de alimentación

Realizado por: Muñoz, D; Pilla, L, 2020

Termocuplas: El panel cuenta con un conjunto de termocuplas que no cumplían ningún tipo de funcionamiento, el cual se encontraban acumuladas y algunos cables se encontraban desconectados. Y al formar parte del mismo panel están obsoletas.

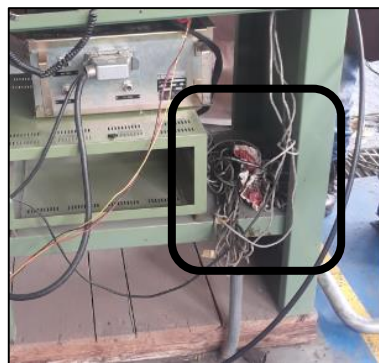


Figura 19–3: Termocuplas

Realizado por: Muñoz, D; Pilla, L, 2020

Indicadores del panel analógico

Temperatura. Se verifico el funcionamiento de cada sensor de temperatura y se observó que no emitía ninguna lectura al indicador de temperatura, ya que estos sensores se encontraban dañados.



Figura 20-3: Indicadores de temperatura

Realizado por: Muñoz, D; Pilla, L.,2020

Contador de revoluciones: El medidor depende de la fuente y del sensor de efecto hall los cuales no están funcionando, por lo cual al formar parte del sistema actual no es necesario la instrumentación virtual.



Figura. 21-3: Contador de RPM

Realizado por: Pilla, L; Muñoz, D.2020

3.1.7.2 Componentes de control de cargas

Los componentes mando del panel de control de cargas de la fuerza del freno dinamométrico no se encuentran operando, así como la fuente de alimentación esta defectuosa.



Figura. 22-3: Panel de control de cargas del freno

Realizado por: Pilla, L; Muñoz, D.2020

3.1.8 Tarjeta de adquisición

El sistema instalado anteriormente contaba con una tarjeta de adquisición de datos de la marca de National Instrument Ni-USB DAQ 6009, la cual se verifico y se determinó un defecto primordial en el dispositivo. El dispositivo se encontraba en corto circuito en algunas partes internas de sus entradas y salidas analógicas y digitales. Además, al conectarlo a la computadora, no se detectaron los controladores del hardware de la tarjeta.

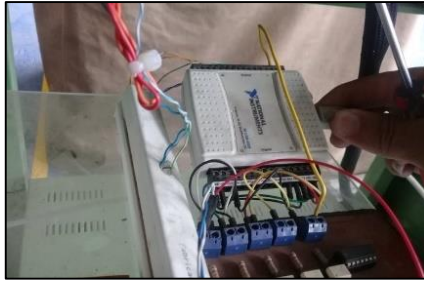


Figura 23–3: Tarjeta de adquisición

Realizado por: Muñoz, D; Pilla, L. 2020

3.1.9 Motor de combustión interna Suzuki F8A

El actual motor de combustión interna que se encontraba acoplado al banco dinamométrico, es un motor Marca Suzuki F8A, el cual carecía de varios elementos necesarios para su funcionamiento.



Figura 24–3: Motor Suzuki F8A

Realizado por: Muñoz, D; Pilla, L. 2020

En condiciones normales este tipo de motor trabaja con las siguientes características.

Tabla 2-3: Características motor Suzuki F8A

DETALLE	CARACTERÍSTICAS
Año	1994-1998
Potencia	22Kw
Desplazamiento	0.797L
Torsión	48 Nm
Modo	4 tiempos, refrigeración por agua, en línea, SOHC, carburador
Velocidad de rotación neta:	500 RPM
Par máximo	48N.m (3000 rpm ~ 4000 rpm)
Relación de compresión	8,7
Velocidad de ralentí	900+-50 RPM

Fuente: (R&D Company, 2020)

3.1.10 Estado técnico del banco dinamométrico

A continuación, se procederá a realizar el respectivo análisis de los elementos y el estado en que se encontraba el banco dinamométrico.

Tabla 3-3: Estados de los elementos y partes del banco

ELEMENTO/PARTE	ESTADO	ACCIONES
Sistema de alimentación eléctrica del banco	Malo	Nueva instalación
Sistema de alimentación de combustible	Malo	Reemplazar
Tanque de combustible	Malo	Seleccionar y reemplazar
Filtro de gasolina	Malo	Seleccionar y reemplazar
Probeta de nivel	Malo	Se elimina
Bomba de agua	Buena	Mantenimiento preventivo
Cisterna	Bueno	Limpiar
Dosificador de agua o ablandador de agua	Bueno	Mantenimiento preventivo
Cañería del sistema de refrigeración	Bueno	Limpiar
Balanza dinamométrica	Regular	Limpiar y calibrar
Rotor	Bueno	Limpiar y calibrar
Estator	Bueno	-
Motor trifásico	Bueno	Se elimina
Bandas	Bueno	Se elimina
Cañería de la cámara de refrigeración	Bueno	Limpiar
Palanca de accionamiento	Balo	Se elimina
Motor de arranque trifásico	Bueno	Se elimina
Bandas	Bueno	Se elimina
Sensores de revolución	Malo	Reemplazar
Fuente de alimentación	Malo	Se elimina

Realizado por: Muñoz, D; Pilla, L. 2020

Tabla 3-3: (Continua) Estados de los elementos y partes del banco

ELEMENTO/PARTE	ESTADO	ACCIONES
Termocuplas	Malo	Se elimina
Panel de control	Malo	Se elimina
Dosificador de agua o ablandador de agua	Bueno	Mantenimiento preventivo
Tarjeta de adquisición	Malo	Se elimina y reemplaza

Realizado por: Valle, D; Pilla, L. 2020

Definición de requerimientos

El objetivo del presente trabajo es realizar un estudio técnico para la repotenciación de un banco dinamométrico didáctico con la integración de un sistema de instrumentación virtual.

Para el desarrollo se han establecido los siguientes requerimientos:

- Nueva instalación eléctrica para la alimentación del banco dinamométrico.
- Acoplamiento de un motor de combustión interna con inyección y arranque automático.
- Un sistema de control y monitoreo de los parámetros de funcionamiento de un motor de combustión interna.
- Implementación de una electroválvula para el control de llenado del tanque de enfriamiento.
- Implementación de un sensor de temperatura para el tanque enfriamiento.
- Implementación de un sensor ambiental para determinar las características (temperatura del ambiente y humedad) del entorno en donde se realizan las diferentes pruebas del banco.
- Implementación de un sensor infrarrojo para determinar la mida de la carga aplicada en motor.
- Implementación de un sensor de flujo para medir el consumo específico del combustible.
- Implementación de un sistema electrónico, para el control de las cargas del freno dinamométrico.
- Implementar el sistema de instrumentación virtual en LABVIEW para medir y visualizar las diferentes curvas características de potencia, torque y consumo específico de combustible.
- Desarrollo de un manual de usuario del equipo y del instrumento virtual.

3.2 Consolidación general del sistema esperado

Según los requerimientos planteados en los ítems anteriores, se realizó un diagrama de la consolidación general del funcionamiento del sistema de control y monitoreo aplicado en la instrumentación virtual.



Figura 25–3: Consolidación del sistema del sistema de instrumentación virtual

Realizado por: Muñoz, D; Pilla, L. 2020

El sistema debe seguir las siguientes especificaciones:

- La señal captada por los sensor es procesada y trasmitada a una tarje de adquisición de datos de manera alámbrica.
- La central debe visualizar los parámetros de torque, potencia, temperatura y consumo específico, además consta de dos botones para la activación de la electroválvula y un botón auxiliar para el arranque del motor.
- Los datos recibidos son procesados para analizar las diferentes curvas de funcionamiento.

3.3 Fase de selección

Mediante el análisis de la situación actual del banco dinamométrico se estableció parámetros para el sistema de instrumentación virtual. Los cuales se determinan los componentes necesarios para la adquisición y el control del sistema.

3.3.1 Componentes del sistema de instrumentación virtual

A continuación, se realizó un análisis de la elección de las tarjetas que servirán para la adquisición, control y monitoreo de los diferentes parámetros de funcionamiento. En el proyecto se define la tarjeta Ni-USB 6009 y Arduino nano como elementos primordiales para la instrumentación virtual, los cuales se utilizaran para realizar mediciones y controlar las condiciones de trabajo, mediante la interpretación de las señales que entregan los diferentes sensores y componentes hacia

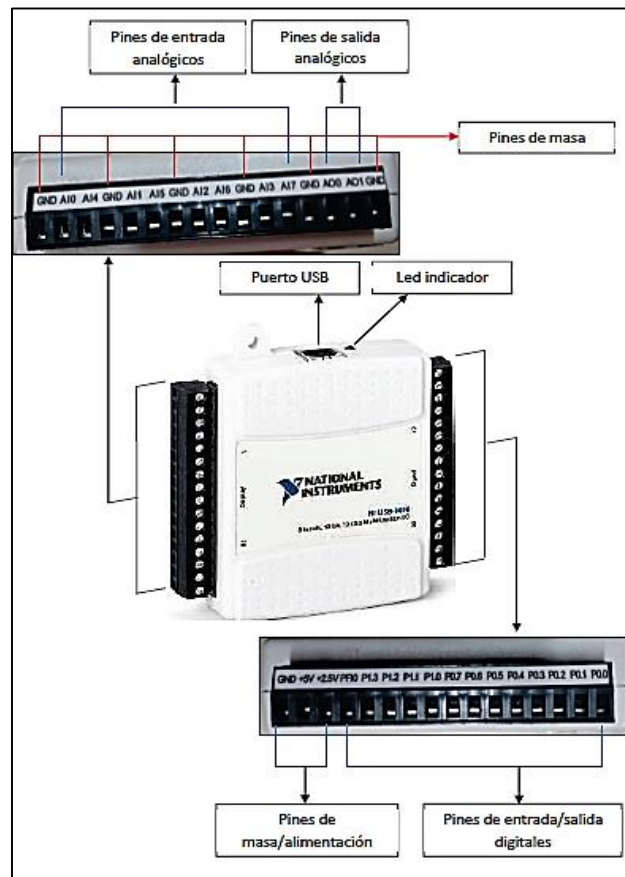
un computador. Cuya interacción permitirá visualizar, registrar, monitorear y controlar mediante una interfaz gráfica.

3.3.1.1 Selección del gestor del sistema de control

Tarjeta de adquirente NI USB 6009

El NI USB-6009 es un dispositivo multifuncional que tiene E/S analógicas como digitales, son los utilizados en las industrias, debido a su costo y disponibilidad en el mercado.

Tabla 4-3: Tarjeta NI USB 6009 y sus elementos



Fuente: (Echeverría Yáñez, 2015)

Realizado por: Muñoz, D; Pilla, L. 2020

La tarjeta DAQ se encuentra compuesta por 3 elementos:

- El elemento principal la DAQ (Tarjeta de adquisición de datos NI USB - 6009)
- Existe dos grupos de borneras:
 - Digitales
 - Analógicos

Entradas y salidas digitales.

Corresponde al grupo de borneras tiene varias entradas y salidas digitales, a continuación, se procederá a identificar las entradas y salidas digitales de la tarjeta.

Tabla 5-3: Entradas y salidas digitales

Entradas y salidas digitales	Descripción
Entradas	12
Salidas	12
Canales bidireccionales	12
Canales de entrada única	0
Canales de salida única	0
Niveles lógicos	TTL
Capacidad de corriente simple	8,5 m A
Capacidad de corriente simple	102 m A
Máximo rango de entrada	0V – 5V
Máximo rango de salida	0V – 5V

Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015)

Realizado por: Pilla, L; Muñoz, D.2020

Las entradas y salidas digitales se encuentran en los puertos del 17 al 32 como se puede apreciar en la siguiente figura:

32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17
GND	+5V	+2.5V	PF10	P1.3	P1.2	P1.1	P1.0	P0.7	P0.6	P0.5	P0.4	P0.3	P0.2	P0.1	P0.0

Figura 26–3: Entradas/salidas digitales, +5V y tierra del borne 17 al 32

Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015)

Entradas y salidas analógicas.

Las entradas y salidas analógicas a diferencia de las digitales se encuentran en puertos separados.

Tabla 6-3: Entradas y salidas analógicas

Entradas analógicas	2	Salidas digitales	2
Canales de un solo terminal	8	Número de canales	12
Canales diferenciales	4	Resolución	Bits
Resolución	14 bits	Rango de voltaje máximo	0V. 5V
Rango de voltaje máximo	-10 ,+ 10 V	Precisión	7 m V
Precisión	7,73 m V	Rango de voltaje máximo	0V - 5V

Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015)

Realizado por: Pilla, L; Muñoz, D. 2019

Tabla 6-3: (Continúa) Entradas y salidas analógicas

Rango de voltaje mínimo	-1, + 1 V	Precisión	7 m V
Precisión	1,53 m V	Razón de actualización	150 S/ s
Números de rango	8	Capacidad de corriente simple	5 m A
Muestreo simultaneo	No	Capacidad de corriente total	10 m A
Memoria interna	552 B		

Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015)

Realizado por: Pilla, L; Muñoz, D. 2019

Las entradas y salidas analógicas se encuentran en los puertos del 1 al 16 como se muestra continuación.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
GND	+AI0-	GND	+AI1-	GND	+AI2-	GND	+AI3-	GND	+AI3-	GND	AO0	AO1	GND		
GND	AI0	AI4	GND	AI1	AI5	GND	AI2	AI6	GND	AI3	AI7	GND	AO0	AO1	GND

Figura 27-3: Entradas/salidas analógicas y borne 1 al 16

Realizado por: (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015)

Tarjeta Arduino nano

Arduino es un hardware libre y del mundo maker. Con su software se pueden crear múltiples proyectos donde el límite es nuestra imaginación. Arduino Nano es una placa pequeña, completa y compatible con la placa de pruebas basada en el ATmega328 (Arduino Nano 3.x). Funciona con un cable USB Mini-B en lugar de uno estándar. (Isaac, 2020)

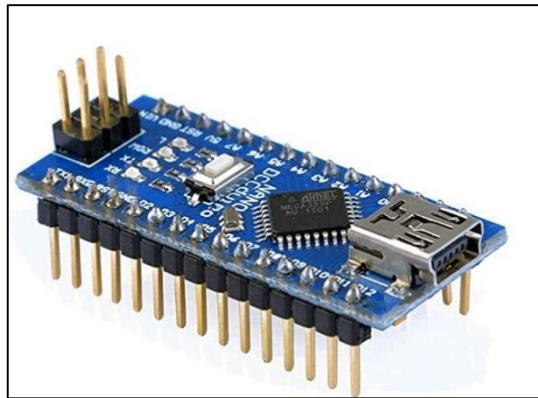


Figura 28-3: Arduino nano

Fuente: (Isaac, 2020)

Características técnicas son:

- Es una placa microcontroladora pequeña, flexible y de fácil uso.
- Trabaja a una frecuencia de 16 Mhz.
- La memoria se compone de 16 KB o 32 KB flash
- Tiene una tensión de alimentación de 5v, pero la tensión de entrada puede variar de 7 a 12v.
- Posee 14 pines digitales, 8 analógicos, 2 pines de reinicio y 6 pines de potencia (Vcc y GND)
- Su consumo de energía es de 19mA.
- El tamaño de la PCB es de 18x45mm con un peso de solo 7 gramos.

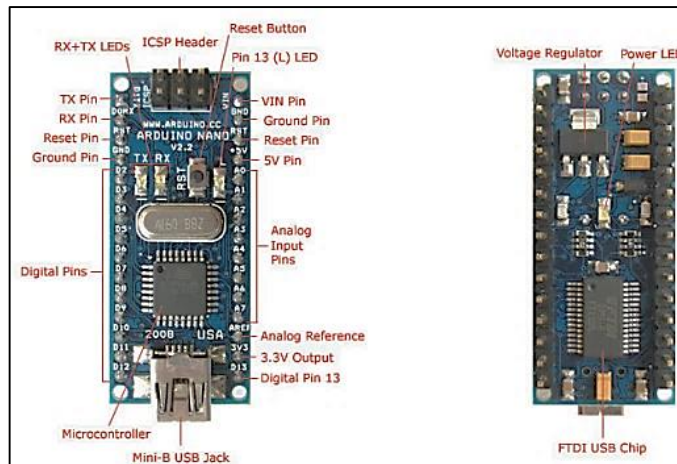


Figura 29-3: Partes de Arduino nano

Fuente: (Compel S. A, 2018)

3.3.1.2 Sensor LM35

Es un sensor que contiene un circuito electrónico que mide la temperatura. El tipo de señal que se adquiere de este sensor es analógica. Es un sensor encapsulado tipo sonda de acero inoxidable. Contiene tres cables uno pas GND, el otro VCC y el ultimo para señal.



Figura 30-3: Sensor encapsulado LM35

Fuente: (Votesen, 2020)

Tabla 7-3: Características de un sensor LM35

Características	Detalle Técnico
Rango de alimentación	DC3.0V a 5.0
Temperatura de funcionamiento	-50 ° C + 125 ° C
Modo de transmisión de datos	9-12 resolución ajustable
Salida conduce:	Rojo (VDD), Amarillo (DATA), negro (GND)
Única Longitud del Cable:	100 cm
Precisión en el rango de-10 ° C a + 85 ° C y iexcl; & Agrave; 0.6 ° C	

Fuente: (Votesen, 2020)

Realizado por: Muñoz, D; Pilla, L. 2020

3.3.1.3 Bomba de líquido o combustible

Es una bomba de líquido que se encarga de convertir la energía mecánica en energía hidráulica, funciona mediante una diferencia de presión entre dos puntos ya sea por succión, compresión, vacío, empuje entre otros se utiliza especialmente para bombeo y extracción y se caracteriza por tener un buen rendimiento (Conde Pérez, 2017).



Figura 31-3: Bomba de gasolina Aveo

Fuente: (Automotive Electronics, 2020)

Tabla 8-3: Características técnicas de una bomba de líquido

Características	Detalles Técnicos
Marca	AVICAR USA
Presión	3 Bares
Flujo / Caudal	110 L/h
Flujo Máximo	155 L/h
Aplicación	Aveo Family 1.5, Aveo Activo 1.4, 1.6, Optra 1.8, Chevy Taxi.

Fuente: (Automotive Electronics, 2020)

Realizado por: Pilla, L; Muñoz, D. 2020

3.3.1.4 Electroválvulas

También conocido como válvula solenoide, son aquellas que permiten controlar la abertura y cierre del paso del fluido al ser alimentada por una corriente eléctrica.



Figura 32-3: Electroválvula

Fuente: (MegaRobot, 2020)

Tabla 9-3: Características técnicas de una bomba de líquido

Características	Detalle Técnico
Material	Metal Y Plástico (De Alta Calidad Y Larga Vida)
Voltaje	12v Dc
Presión	0.02 – 0.8 Mpa
Tiempo De Respuesta (Apertura)	≤ 0.15 S
Tiempo De Respuesta (Cerrado)	≤ 0.3 S
Accionamiento	Normalmente Cerrado
Tiempo De Trabajo	Máximo 5 Horas A La Vez
Adecuado Para Fluidos De Baja Viscosidad Y Agua	


Fuente: (MegaRobot, 2020)

Realizado por: Pilla, L; Muñoz, D. 2020

3.3.1.5 Módulo de relé

El módulo es capaz de manejar cargas de hasta 250V/10A. Cada canal posee aislamiento eléctrico por medio de un optoacoplador y un led indicador de estado. Su diseño facilita el trabajo con Arduino, DAQ USB 6009, al igual que con muchos otros sistemas como Raspberry Pi, ESP8266 (NodeMCU y Wemos), Teensy y Pic. Este módulo Relay activa la salida normalmente abierta (NO: Normally Open) al recibir un «0» lógico (0 Voltios) y desactiva la salida con un «1» lógico (5 voltios). Para la programación. (AV Electronics, 2020)

Tabla 10-3: Módulo de relé

	Características	Detalle Técnico
		Voltaje de Operación
	Señal de Control	TTL (3.3V o 5V).
	Modelo Relay	SRD-05VDC-SL-C
	Capacidad máx	10A/250VAC, 10A/30VDC
	Corriente máx	10A (NO), 5A (NC)
	Tiempo de acción	10 ms / 5 ms
	Entradas Optoacopladas	

Fuente: (AV Electronics, 2020) , (Automotive Electronics, 2020)

Realizado por: Muñoz, D; Pilla, L. 2020

3.3.1.6 Sensor de ambiente

Este tipo de sensor tiene una alta fiabilidad y estabilidad debido a su señal digital calibrada. El sensor DHT11 permite medir la temperatura y humedad ambiental. (Del Valle , 2020)

Los pines de la versión sin PCB del DHT11 son:

- VCC: alimentación
- I/O: transmisión de datos
- NC: no conecta, pin al aire
- GND: conexión a tierra

Características técnicas

A continuación en la siguiente tabla se presenta un resumen de las características más importante.

Tabla 11-3: Características técnicas del sensor ambiental

MODELO	DHT11
Alimentación	de 3,5 V a 5 V
Consumo	2,5 mA
Señal de salida	Digital
Temperatura	
Rango	de 0°C a 50°C
Precisión	a 25°C ± 2°C
Resolución	1°C (8-bit)
Humedad	
Rango	de 20% RH a 90% RH
Precisión	entre 0°C y 50°C ± 5% RH

Fuente: (Del Valle , 2020)

Realizado por: Muñoz, D; Pilla, L. 2020

3.3.1.7 Sensor de Medidor de Flujo

Es un instrumento que sirve para medir y comprender el comportamiento del nivel de caudal de un fluido o gas, la ley de Faraday establece que al pasar un fluido por el campo magnético produce una fuerza electromotriz directamente proporcional a la velocidad del fluido.

El sensor de flujo incluye una carcasa de plástico, rotor/engranaje ovalado y un sensor de efecto hall, placa electrónica PCB. Su velocidad cambia con un caudal diferente. Entonces el rotor magnético hace reacción al sensor Hall, el sensor de efecto hall emite la señal de pulso correspondiente. (Aliexpress, 20)



Figura 33-3: Sensor de flujo

Fuente: (Aliexpress, 2020)

Tabla 12-3: Especificación del sensor de flujo

Característica	Detalles Técnicos
Función	Sensor, control de caudal
Tamaño de la rosca	entrada rápida OD13mm
Caudal	5-600 l/H
Pulso de flujo	F (Hz) = 2,5 ML/P
Corriente máxima de funcionamiento	15 mA (DC 5 V)
Tensión de funcionamiento	3,5 V ~ 12 V
Capacidad de carga	10 mA (DC 5 V)
De temperatura de trabajo	-25 grados centígrados a + 70 grados centígrados
Temperatura de los líquidos	70
Precisión	+/-1%
Conexión de cables: cable amarillo	salida de pulso de señal NPN; Rojo: VCC; Negro: GND

Fuente: (Aliexpress, 2020)

Realizado por: Muñoz, D; Pilla, L. 2020

3.3.1.8 Sensor de medición a distancia Sharp GP2Y0A21YK

Este sensor permite una conexión eléctricamente aislada entre dos circuitos que operan a distintos voltajes, está constituida por una led y un circuito de control activado por la luz infrarroja, cuando esta luz es interrumpida o bloqueada por algún objeto envía una señal de voltaje. (Salas Garzon, 2015).

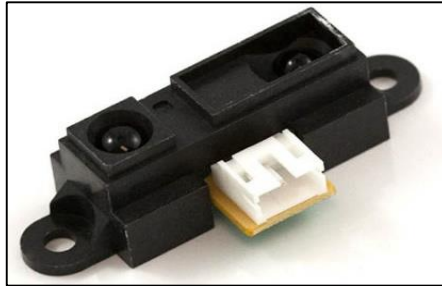


Figura 34-3: Sensor infrarrojo Sharp.

Fuente: (Naylamp Mechatronics SAC, 2016)

El método de medición de este sensor es la triangulación, es decir, consiste en medir uno de los ángulos que forma el triángulo emisor-objeto-receptor, el Receptor es un PSD (Position Sensitive Detector) que detecta el punto de incidencia el cual depende del ángulo y a su vez de la distancia del objeto. (Naylamp Mechatronics SAC, 2016). El termino Sharp tiene un rango de visión muy reducido, esto es porque la luz que emite es puntual. Una de las desventajas de este sensor es que son muy sensibles a luz del sol.

3.3.1.9 Sensor CMP

El sensor CMP proviene del inglés Cam Shaft Position, es el sensor de Posición de árbol de levas, este tipo de sensor envía señales al módulo de control eléctrico para sincronizar la activación de la inyección de combustible. Su función es paralela al sensor CKP el cual registra la posición del cigüeñal. Está formado por imán permanente el cual esta enrollado una espiral. Cerca del sensor se encuentra una rueda dentada que gira con sincronía con el motor. Cuando la rueda gira pasando cerca del sensor rompe la línea de fuerzas generadas por el imán y se induce una señal en la bobina del sensor. El voltaje del sensor envía una señal regulado por varios factores. Entre ellos, la velocidad de giro o revoluciones, la distancia del sensor al punto y a su vez el campo magnético generado por la proximidad al elemento. Por tanto este tipo de sensor es muy importante en los motores de inyección puestoque permite saber el momento exacto de la apertura en el cilindro.



Figura 35-3: Sensor CMP

Fuente: (CONEVYT, 2011)

Los sensores de velocidad de rotación y de velocidad lineal miden el ángulo descrito o el espacio recorrido por unidad de tiempo, este tipo de medición se realiza obteniendo magnitudes de medición relativas entre dos piezas. A continuación se muestra los pines de conexión de este tipo de sensor.

Tabla 13-3: Conexión de sensor CMP

Pines del sensor	Descripción
1	Señal
2	Retorno
3	Masa(coaxial)

Fuente: (Laica Cunalata, 2012 págs. 26-27)

Principio de funcionamiento

Este tipo de sensores sirven para determinar la velocidad y la posición angular de un objeto rotativo. Existen dos funciones más comunes que realizan a estos sensores que son: la primera la posición del cigüeñal para el control de la ignición y la inyección de combustible, y la segunda otra es la velocidad de rotación de las ruedas para los frenos ABS y el control de tracción TCS. (Laica Cunalata, 2012 págs. 26-27)

Los principales elementos de este tipo de sensor son:

- Rotor dentado de hierro
- Imán permanente
- Núcleo de hierro, para dirigir el flujo magnético.
- Bobina enrollada alrededor del núcleo magnético.

3.3.2 Selección de componentes del Software

En este apartado se describe los programas aplicados en el desarrollo del presente trabajo de titulación.

3.3.2.1 Software LabVIEW

El software LABVIEW es un programa que permitirá al banco dinamométrico marca Borshi & Saveri, controlar y monitorear los datos y aplicaciones que deseen estudiar en tiempo real de funcionamiento como: temperatura, velocidad, torque, encendido y apagado del motor, etc. Además, LABVIEW ofrece un enfoque de programación gráfica que le ayuda al usuario a visualizar cada aspecto de su aplicación, incluyendo configuración de hardware, datos de medidas y depuración.

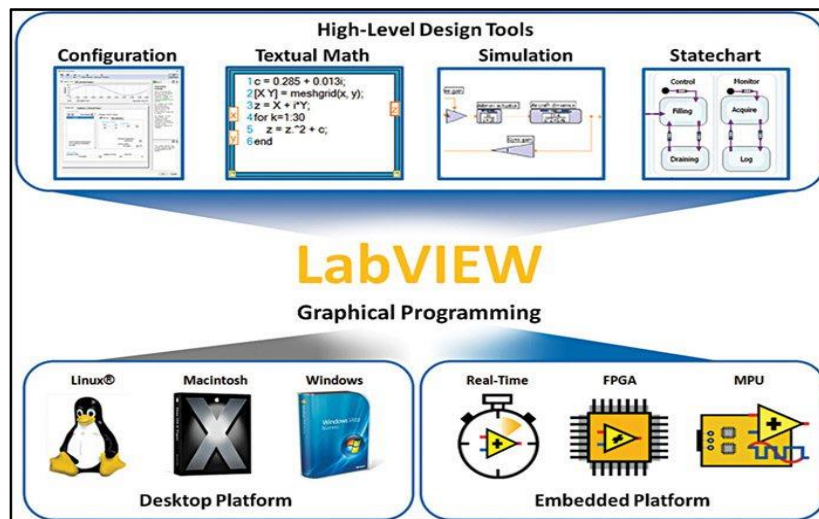


Figura 36-3: Software Labview

Fuente: (UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, 2018)

Características del software

Tiene la capacidad de utilizar bloques funcionales para la definición de la especificación. Labview, además permite enlazarse con otras aplicaciones mediante un intercambio de datos como Active X, librerías dinámicas, bases de datos, Excel y/o a protocolos de comunicación como DataSocket, TCP/IP, UDP, RS-232, entre otras. (Tarot, 2004)

Labview es un lenguaje de programación que se enfoca hacia el laboratorio, la realización de mediciones y por lo tanto la adquisición y análisis de datos. Mediante el uso de tarjetas es posible obtener señales análogas o digitales a partir de una conexión hacia el computador, estas tarjetas de adquisición se diferencian por la velocidad de procesamiento de las señales y por el número

de entradas y salidas que se manejan. Cualquier característica que se desee definir en la tarjeta se lo puede realizar a través de la herramienta Measurement & Automation. Mediante esta aplicación se puede verificar el tipo de tarjeta que se utiliza.

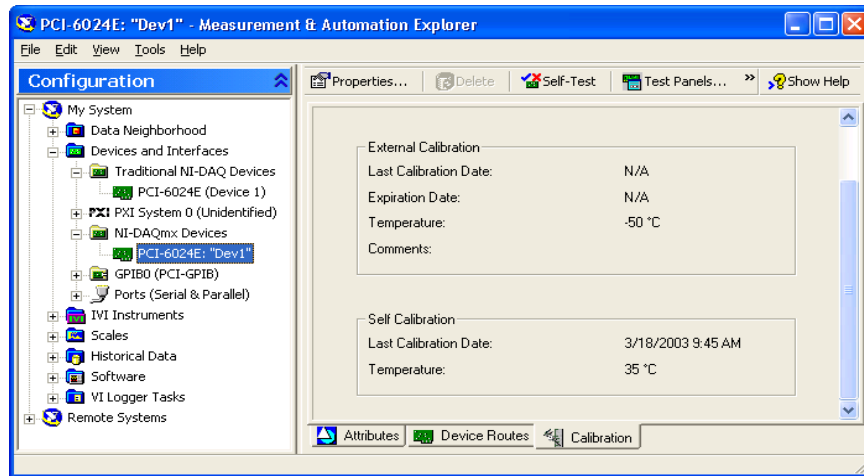


Figura 37-3: Herramienta Measurement & Automation

Fuente: (National Instruments, 2020)

3.3.2.2 Software de Arduino

Arduino es una plataforma de desarrollo libre, creada bajo la licencia creative commons. Arduino es técnicamente equiparable a muchas otras plataformas existentes en el mercado. Desde su aparición ha ido sufriendo distintas modificaciones hasta llegar a la versión actual, conectable por USB y con acabada con componentes de montaje superficial (SMD).

Arduino está construida en base a un micro controlador de código abierto, denominado AVR, que contiene entradas y salidas, analógicas y digitales. Con un lenguaje de programación basada en java. Su arquitectura es programable y contiene todos los elementos esenciales de una computadora, exceptuando los dispositivos periféricos, como disco duro, tarjeta de video, teclado, etc. (Céspedes Machicao, 2017)

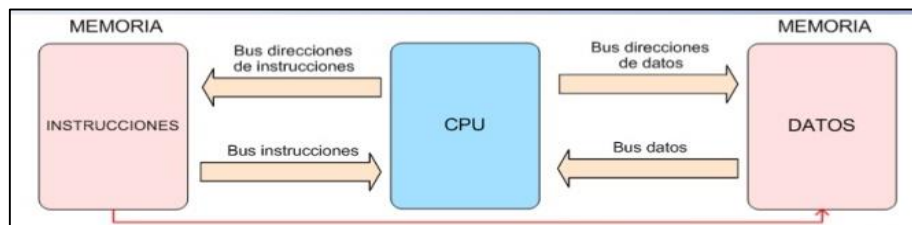


Figura 38-3. Arquitectura de la tarjeta Arduino

Fuente: (Guedes Suárez, 2015)

3.4 Rehabilitación y Diseño del sistema de instrumentación virtual

3.4.1 Acondicionamiento del sistema e instalación de los componentes

Una vez analizado el estado actual del área del banco dinamométrico se procedió al respectivo mantenimiento ya sea preventivo o correctivo. Para el desarrollo del proyecto se siguió el cronograma definido en el Anexo A.

3.3.2.3 Acondicionamiento del área del banco

En la **Tabla 14-3**. Se presenta las adecuaciones realizadas en el banco dinamométrico durante el proceso de realización de trabajo de titulación.

Tabla 14-3: Acondicionamiento del Área del banco dinamométrico

Elemento	Antes	Después	Descripción
Sistema eléctrico			Se tenía indicaciones de una instalación eléctrica anterior, por lo cual se decidió realizar una nueva instalación eléctrica del banco dinamométrico, puesto que la actual caja eléctrica no se encontraba habilitada en la misma área.
Cañería			Se acondiciono el sistema de cañerías mediante la limpieza de polvo y la liberación de elementos corrosivos. Se pinto
Cisterna			Se realizó una limpieza de la cisterna, al no ser utilizado con el tiempo se acumularon impurezas y basura en su interior.
Válvula de pie de la bomba			Se reemplazó la válvula de pie, la cual se encontraba deteriorada por la acumulación de oxido

Realizado por: Valle, D; Pilla, L. 2020

Tabla 14-3: (Continua 1) Acondicionamiento del Área del banco dinamométrico

Elemento	Antes	Después	Descripción
Bomba de cisterna			<p>Al realizar una inspección visual se determinó que era necesario un mantenimiento preventivo. Por lo cual se desarmó la junta universal y se detectó acumulación de óxido. Posteriormente se lo limpio y se cambió el aceite por SAE w40. Finalmente se lo armo y se lo pinto</p>
Caja de seguridad del eje de transmisión			<p>Se realizó una rectificación de la caja de seguridad, puesto que encontraba oxidada y deforme.</p>
Balanza dinamométrica			<p>Se realizó un ajuste de la balanza, a causa de las vibraciones que genera el banco tienden a descalibrar la manecilla.</p>
Cuerpo frenando			<p>Se realizó un desmontaje del cuerpo frenando con el objetivo de limpiar la abrasión de las tuberías del cuerpo.</p>

Realizado por: Valle, D; Pilla, L. 2020

Tabla 14-3: (Continua 2) Acondicionamiento del Área del banco dinamométrico

Elemento	Antes	Después	Descripción
Canales			<p>En el interior de los canales, por donde se encontraban las tuberías del banco y el cableado se encontró acumulación de escombros, basura, tierra, entre otros. Por lo que se realizó la respectiva limpieza y reubicación del cableado</p>
Rejillas			<p>Las rejillas que cubren los canales se encontraban en mal estado, por la oxidación generada. Por lo cual se rectificó las partes necesarias, y posteriormente se lo pinto y ubico.</p>
Dosificador o ablandador de agua			<p>Dentro del acondicionamiento del área, un elemento importante es el dosificador o ablandador de agua. Ya que es el encargado de purificar el agua, mediante la eliminación de metales pesados del fluido. Por lo cual mediante una inspección se determinó que era necesario realizar un mantenimiento preventivo. El cual consistió en desarmarlo y liberarlo de la acumulación de solidos corrosivos. Concluido la limpieza en el interior se lo llena de sal muera. Concluyendo un pintado del área del mismo.</p>

Realizado por: Valle, D; Pilla, L. 2020

3.3.2.4 Conexión de un motor

Con el acondicionamiento concluido en el área del banco dinamométrico. Se procedió a desacoplar el motor Suzuki F8A, con ayuda de una grúa pluma, para reconectar el nuevo motor. El modelo disponible para su utilización fue un motor Chevrolet AVEO 1.6 a inyección, el mismo

que se encontraba en el laboratorio de motores de combustión interna, cabe indicar que este motor contaba con todos los elementos necesarios para la rehabilitación del laboratorio.

Antes de la instalación se efectuó una revisión del estado actual del motor, al igual que las características específicas de funcionamiento de este tipo de motor. En la siguiente tabla se detallan los datos más relevantes.

Tabla 15-3: Características del motor Chevrolet AVEO 1.6

Datos técnicos	Características
Marca	Chevrolet
Modelo	Aveo
Generación	Aveo Sedan
Modificación	1.6 i 16V (106 CV)
Año	2003
Arquitectura de la unidad de potencia	Motor de combustión interna
Combustible	Gasolina
Velocidad máxima	175 km/h
Relación peso/potencia	10.4 kg/CV, 96.4 CV/tonelada
Potencia máxima	106 CV @ 5800rpm.
Potencia por litro	66.3 CV/l
Par máximo	145 Nm @ 3600rpm.
Cilindro real	1598 cm ³
Numero de cilindros	4
Distribución de los cilindros	En línea
Diámetro del cilindro	79 mm
Recorrido del cilindro	81.5 mm
Ratio de compresión	9.5
Numero de válvulas por cilindro	4
Sistema de combustible	Inyección indirecta multipunto
Aspiración del motor	Motor atmosférico

Fuente: (Ruto-Data, 2010)

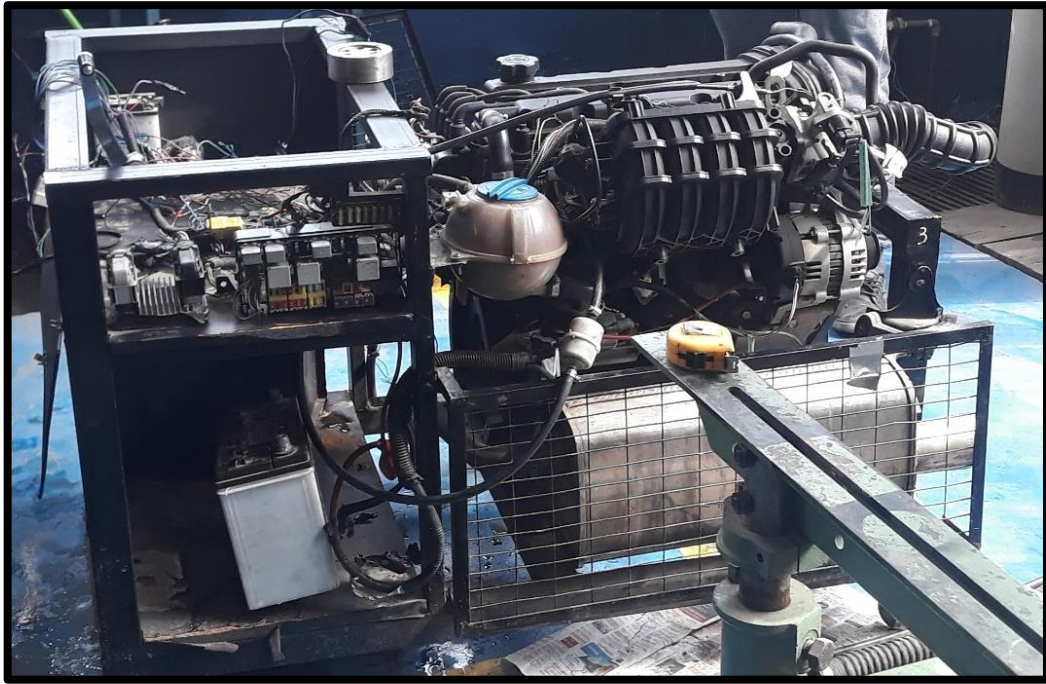



Figura 39-3. Motor Chevrolet AVEO 1.6

Realizado por: Valle, D; Pilla, B (2021)

Una vez determinado el correcto funcionamiento del motor se procedió al desacoplamiento del motor existente y posteriormente al acoplamiento del motor Chevrolet, para el desarrollo de esta actividad se tuvo el apoyo de un grupo de estudiantes de la **Carrera de Automotriz**. Por lo cual en la siguiente tabla se describen los pasos realizados.

Tabla 16-3: Acoplamiento de un motor en un dinamómetro

Numero de actividad	Elemento	Figura	Descripción
1	Motor Suzuki F8A		<p>Una vez liberado todos los elementos de sujeción y de acople del eje de transmisión del banco dinamométrico, se retiró el motor Suzuki f8A con ayuda de la grúa pluma, y se procedió con las siguientes actividades:</p> <p>Se limpió los elementos de unión como: tornillos y tuercas, los cuales se encontraban oxidados, además se realizó algunos ajustes a los elementos de la bancada para poder montar el nuevo motor.</p>


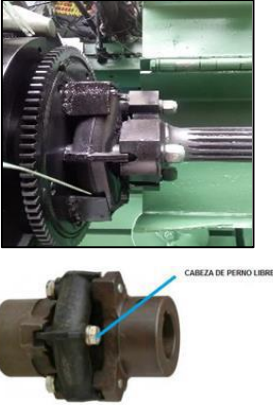


Realizado por: Valle, D.; Pilla, L, 2020

Tabla 16-3: (Continua 1) Acoplamiento de un motor en un dinamómetro

Numero de actividad	Elemento	Figura	Descripción
2	Motor Chevrolet AVEO 1.6		<p>Para montar el Motor Chevrolet AVEO 1.6 en la bancada del banco dinamométrico, primero se procedió a desacoplar el motor del armazón donde se encontraba ubicado actualmente.</p> <p>Para el desarrollo de la actividad fue necesario la intervención de los estudiantes de automotriz y la ayuda de la grúa pluma.</p> <p>Una vez asegurado se procedió al desajuste de los elementos de conexión como: tornillos, pernos, turcas. Se utilizaron las herramientas disponibles en el mismo laboratorio</p> <p>Después se procedió a montar y fijar sobre unos cauchos, que se encuentran ubicados en los extremos de los soportes de la bancada, estos elementos disipan las vibraciones ocasionadas por el funcionamiento del motor.</p>
3	Acople flexible y brida		<p>Antes de realizar el acoplamiento respectivo al eje del dinamómetro se ajustó al eje del motor un acople flexible y una brida de conexión con eje estriado. Se engrasó el eje estriado y el cardan para evitar el desgaste de estos elementos.</p> <p>Para realizar este procedimiento se ubicó el motor sobre la bancada del banco para tener mayor estabilidad al momento del ajuste</p> <p>Nota: El objetivo del acople flexible es minimizar el golpeteo producido por las vibraciones y así mismo evitar el desgaste radial de los rodamientos del eje del motor.</p>
4	Montaje		<p>Concluido el paso anterior se procedió a conectarlo con el eje de transmisión del banco dinamométrico. Con ayuda de la grúa pluma. Al realizar este paso se tuvo mucho cuidado.</p>

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

Tabla 16-3: (Continua 2) Acoplamiento de un motor en un dinamómetro

Numero de actividad	Elemento	Figura	Descripción
5	Eje dinamométrico		<p>Una vez instalada el motor se procedió a colocar y ajustar todos los pernos y tuercas.</p> <p>Una vez realizado el acoplamiento al eje del banco dinamométrico se efectuó un alineamiento.</p> <p>El objetivo de esta actividad fue realizado con el fin de posicionar correctamente el motor con el eje estriado y así evitar problemas.</p> <p>El alineamiento del eje de transmisión se lo realizo con ayuda de un nivel y un reloj comparador.</p>
6	Brida de conexión al motor		<p>Con la conexión ya finalizada se procedió a una primera prueba de funcionamiento del banco dinamométrico. Esto permitió determinar un rozamiento de la brida flexible con la caja de seguridad. Este problema se identificó cuando al motor se lo ponía a altas revoluciones.</p> <p>Con la prueba se logró determinar que la brida se expandía al momento de la rotación del eje de transmisión.</p> <p>Para evitar este problema se procedió a rectificar el disco de conexión mediante la instalación de unos ángulos en los extremos de la brida para evitar la expansión radial.</p>
7	Tanque de enfriamiento		<p>Para finalizar con la adecuación del motor, se instaló un tanque reservorio para que trabaje como intercambiador de calor y así evitar el sobrecalentamiento. Además junto al motor se encuentra la caja de la ECU, la batería y el tanque de combustible.</p> <p>Nota: No se utilizó el radiador porque es necesario altas cantidades de fluido de refrigerante, para poder realizar pruebas continuas de funcionamiento.</p>
8	Área del banco dinamométrico		<p>Se acondiciono el área, quitando mesas y equipos que no forman parte del banco dinamométrico. Además se agregó Señalización en el área. Ver Anexo C.</p>

Realizado por: Valle, D.; Pilla, L, 2020

3.3.2.5 Instalación de accesorios para el sistema de refrigeración del motor.

Elementos y accesorios necesarios para la instalación del sistema de refrigeración del motor de combustión interna.

Tabla 17-3: Elementos del sistema de refrigeración

Descripción	Cantidad
Manguera 1/2" X 2"	2
Codo galvanizado 1/2" X 2"	3
Neplo galvanizado 1/2" X 2"	4
Abrazadera AC/GALV 1/2"	5
Teflón grande	1
Tee galvanizada de 2-1/2 pulg	1
Nudo AC/Inoxidable Roscable 1.1/2" C40 304	1
Electro válvula 1/2 pulg.	1
Tanque	1

Realizado por: Valle, D.; Pilla, L, 2020

Como primer punto se instaló los accesorios a la misma tubería del banco de pruebas. Para así garantizar el flujo constante de agua para el tanque de enfriamiento.

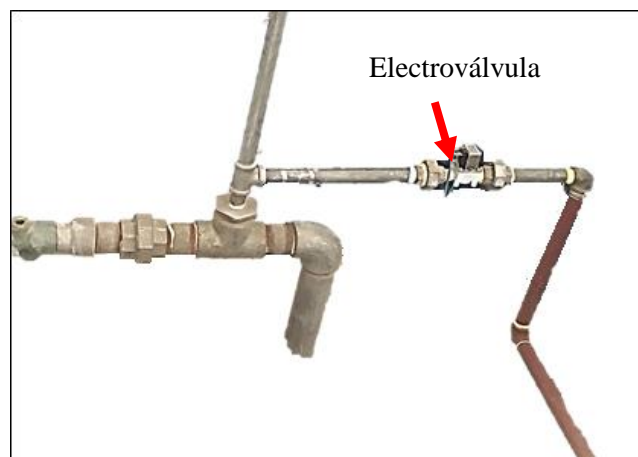


Figura 40-3: Sistema de control de llenado del tanque

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

Tanque de enfriamiento

La instalación de este tanque reservorio sirve como un intercambiador de calor entre el flujo de agua que absorbe el motor de combustión interna y el flujo de alimentación del tanque. El sistema implementado es para evitar utilizar un radiador y un ventilador en la bancada del dinamómetro. Para una mejor visualización del sistema se presenta la siguiente figura de conexión.



Figura 41-3: Tanque de refrigeración del motor

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

Una vez realizado las diferentes readecuación en el área del banco dinamométrico se desarrolló un programa o manual de mantenimiento de las diferentes áreas del laboratorio de motores de combustión interna. En el Anexo B se puede visualizar una tabla con la frecuencia y recomendaciones necesarias.

3.4.2 Conexión y montaje de los circuitos del sistema de instrumentación virtual

Se determinaron las diferentes conexiones de cada sensor, indispensables para el sistema de instrumentación virtual. El diseño del circuito impreso depende de los requisitos de conexión de los diferentes componentes utilizados. El circuito se encarga de recibir las señales ya sean digitales o analógicas con el objetivo de procesarlas con intervención de las tarjetas procesadoras de señales, esto se logra gracias al interprete grafico desarrollado en el software de National Instrument denominado LABVIEW, posteriormente se controla y monitorea desde el instrumento computacional.

3.4.2.1 Componentes del sistema instrumental

Un sistema de instrumentación virtual o un sistema de adquisición de datos generalmente está compuesto por sensores, circuitos de acondicionamiento de señal, terminales, tarjetas de adquisición, software y equipos para visualizar y almacenar la información. Los sensores adquieren la señal física del proceso como temperatura, luz, fuerza, presión, flujo, RPM, voltaje, corriente entre otras numerosas tipos de variables y son transformadas en forma de señal eléctrica de bajo nivel como voltaje, corriente.

El sistema de instrumentación virtual desarrollado en este proyecto depende de varios elementos y de diferentes tipos de conexiones. A continuación se detallan los componentes utilizados en el banco de pruebas dinamométrico.

Tabla 18-3: Componentes de la instrumentación virtual

Componentes	Modelo	Cantidad	N° de pines	Tipo de señal	Entrada/ Salida	Voltaje de conexión
Sensor de Temperatura	LM35	1	3	Analógica	Entrada	5V
Sensor de medidor de Flujo de combustible	OF05ZAT	1	3	Analógica	Entrada	5V
Sensor Infrarrojo Sharp	GP2Y0A21YK	1	3	Análoga	Entrada	5V
Sensor RPM	CMP	1	3	Analógica	Entrada	5V
Sensor Ambiente	DHT11	1	3	Analógica	Entrada	5V
Modulo Relé	SRD-05VDC-SL-C	2	3	Digital	Salida	5V
Control de carga	Circuito de potencia mosfet	1	1	Digital	Salida	5V

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

3.4.2.2 Conexión y Montaje del sensor de temperatura

El sensor de temperatura LM35 es conectado en el pin AI1 de la tarjeta de adquisición de datos NI USB 6009 para obtener la señal analógica o cambio de voltaje que envía este elemento. Esta señal es procesada e interpretada por el software LABVIEW, y se determina la temperatura de

control del tanque de enfriamiento. Los pines posteriores del sensor se los configura a un voltaje de alimentación de 5 V y a tierra (GND) como se muestra en la figura.

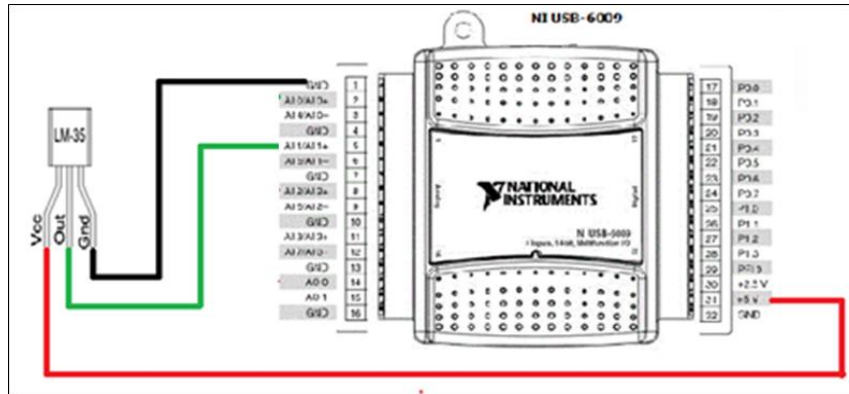


Figura 42-3: Conexión del sensor de temperatura LM35

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

El sensor esta ubicado a la salida de la manguera del flujo de agua del motor de combustion interna. El objetivo de este sensor es proteger al motor contra sobrecalentamiento. Si la temperatura sobrepasa los 80 °C se activa un rele en el cual esta conectado una electroválvula para que deje fluir el agua hacia el tanque, y asi funcione como inetercambiador de calor y si disipe el calor del fluido.



Figura 43-3: Ubicación del sensor LM35

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

3.4.2.3 Conexión y montaje del sensor del sensor de medidor de flujo de combustible.

El sensor de flujo de combustible es conectado en el pin AI4 de la tarjeta de adquisición de datos NI USB 6009 para obtener la señal analógica o cambio de voltaje que envía este elemento. Esta

señal es procesada e interpretada por el software LABVIEW, y se determina el volumen de consumido de combustible por cada prueba. Los pines posteriores del sensor se los configura a un voltaje de alimentación de 5 V y a tierra (GND) como se muestra en la figura. El principio de medición de este sensor se determina en función a la frecuencia que genera la rotación de los engranes internos por un intervalo de tiempo.

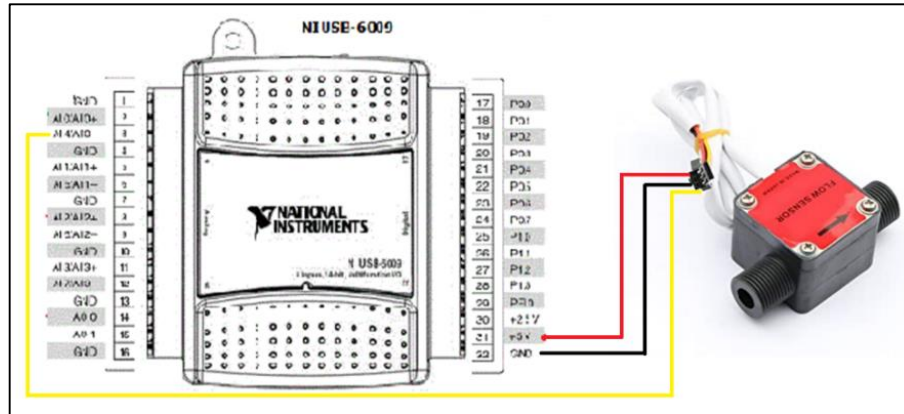


Figura 44-3: Conexión del sensor de flujo de combustible

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L., 2020

Este sensor fue instalado en el sistema de alimentación de combustible. En el siguiente orden: desde el tanque se sumergió la bomba en el combustible, siguiendo un filtro y posteriormente el sensor de flujo que termina conectado con el sistema de inyección del motor. Cabe indicar que este orden se debe seguir adecuadamente para que los accesorios no produzcan alguna pérdida en la rotación de fluido. El objetivo de este sensor es censar el consumo específico de combustible relacionado con los factores de potencia y carga. En la siguiente figura se presenta la ubicación del sensor.



Figura 45-3: Ubicación del sensor de flujo

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L., 2020

3.4.2.4 Conexión y montaje del sensor infrarrojo Sharp con la tarjeta DAQ 6009.

El sensor infrarrojo de distancia de combustible es conectado en el pin A10 de la tarjeta de adquisición de datos NI USB 6009 para obtener la señal analógica o cambio de voltaje que envía este elemento. Esta señal es procesada e interpretada por el software LABVIEW, y se determina el cambio de carga o la fuerza ejercida por el freno de Foucault o de corrientes parasitas en el eje de transmisión del banco de pruebas. Los pines posteriores del sensor se los configura a un voltaje de alimentación de 5 V y a tierra (GND) como se muestra en la **Figura 46-3**. El principio de medición de este sensor se determina en función a un ajuste polinomial de la curva característica de la rotación de la aguja de la balanza dinamométrica.

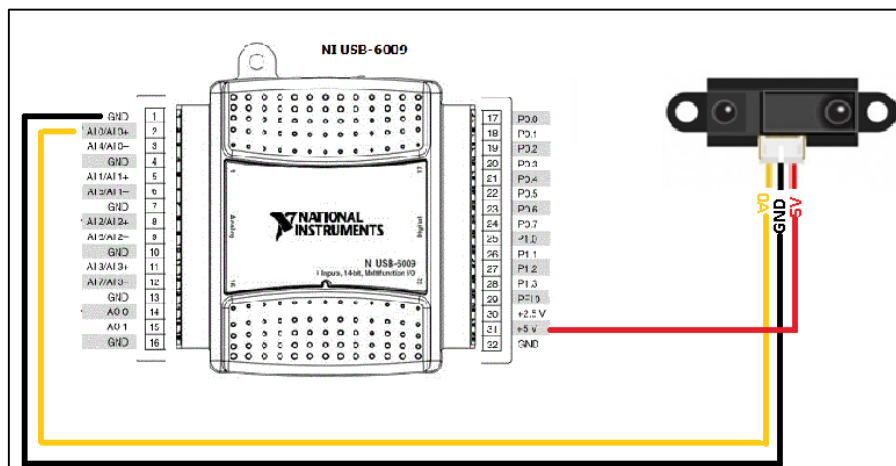


Figura 46-3: Conexión del sensor de distancia para la carga.

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

Este sensor fue instalado en el interior de la balanza dinamométrica con soporte, junto al mecanismo de rotación de la aguja. Cabe indicar que este sensor no interfiere con el mecanismo de la balanza para obtener así un valor real durante cada prueba. En la siguiente figura se presenta la ubicación del sensor.



Figura 47-3: Ubicación del sensor infrarrojo

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

3.4.2.5 Conexión y ubicación del sensor para la medición de RPM

El sensor CMP de posición de árbol de levas se encuentra conectado directamente a la ECU del motor Chevrolet AVEO 1.6. Lo que se realizó para obtener la señal de las revoluciones es conectar un cable en el pin del sensor el cual detecta la posición del árbol de levas, el voltaje máximo que entrega este pin es de 5,4 V, este cable se lo conecto en la entrada AI2 de la tarjeta de adquisición de datos NI USB 6009. Esta señal analógica fue procesada e interpretada por el software LABVIEW, y se determina las RPM de funcionamiento. El pin posterior utilizado la referencia a tierra (GND) como se muestra en la Figura 47-3. El principio de medición de este sensor se determina mediante una onda cuadrada que genera este sensor.

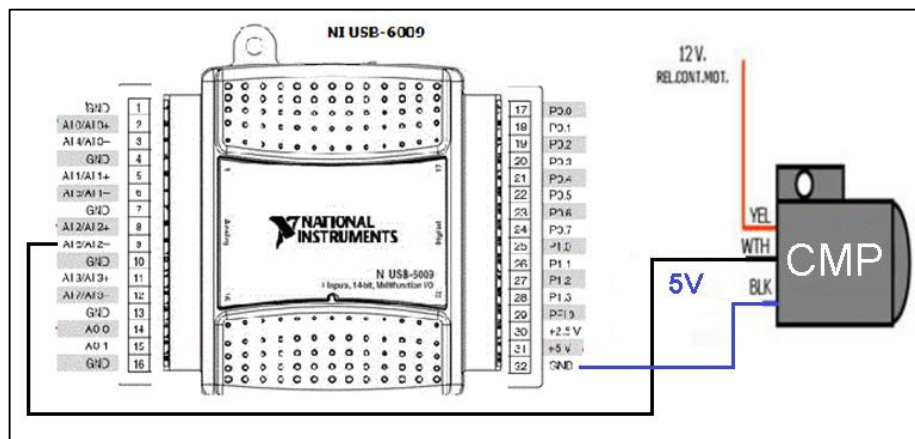


Figura 48-3: Conexión del sensor de CMP de revoluciones.

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

Este sensor CMP está ubicado en la parte superior de motor. El cableado agreda a este elemento no interfiere con su funcionamiento. En la siguiente figura se presenta la ubicación del sensor.



Figura 49-3: Ubicación del sensor CMP

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

La ecua es la unidad de control de motor o una unidad de control electrónico que administra varios aspectos de la operación de combustión interna del motor. Las unidades de control de motor más simples solo controlan la cantidad de combustible que es inyectado en cada cilindro en cada ciclo de motor

3.4.2.6 Conexión y montaje del sensor Ambiental.

Una vez comprendido la manera en que se va a recibir la información, se explica cómo se conecta el sensor a Arduino nano. El montaje del sensor ambiental es el mostrado en la figura, se conectando el pin VCC del DHT11 a 5V y el GND a ground (0V) referencia a tierra. El pin central se conectará al canal digital 2.

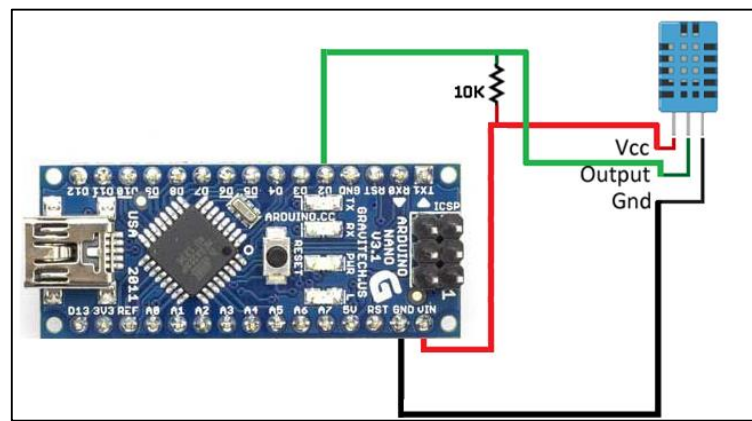


Figura 50-3: Conexión del sensor ambiental.

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

Este sensor ambiental fue ubicado dentro de la misma área de trabajo del banco dinamométrico, con el objetivo de determinar bajo que parámetros ambientales de temperatura y humedad se están realizando las pruebas. El sensor fue ubicado en el panel de control como se muestra en la figura50-3.



Figura 51-3: Ubicación del sensor ambiental

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

3.4.2.7 Conexión del control de cargas.

Para el control de la carga de freno de corrientes parasitas se desarrolló un circuito de potencia, que controlado mediante una salida digital P0.0 de la tarjeta de adquisición de datos NI USB 6009. El voltaje controlado desde este dispositivo es 0 a 12V DC. El circuito está formado de los siguientes elementos como se muestra en la figura.

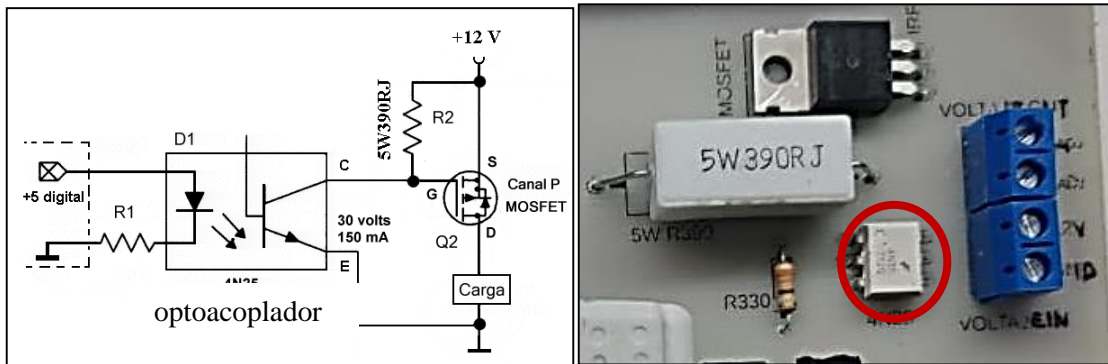


Figura 52-3: Circuito de potencia para el control de carga del freno

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L., 2020

Como se puede observar en la figuras fue necesario acondicionar la señal para el control de las cargas desde la tarjeta. Una de las razones primordiales es proteger a la DAQ USB 6009 contra sobretensiones.

Para esta etapa de protección o aislamiento fue necesario utilizar opto acopladores 4N25 encapsulado de tipo DIP, este elemento está compuesto internamente de un diodo emisor arseniuro de galio que envía señales de luz hacia un fototransistor (NPN) de silicio.

Un opto acoplador u optoaislador o aislador acoplado ópticamente, es un dispositivo de emisión y recepción que funciona como un interruptor activado mediante la luz emitida por un diodo LED que satura un componente opto electrónico, normalmente en forma de fototransistor o fototriac. De este modo se logra combinar en un solo dispositivo semiconductor, mediante un foto emisor y un foto receptor cuya conexión entre ambos es óptica.

Por otra parte el circuito contiene un transistor mosfet regulador de voltaje y una resistencia cerámica de alta potencia. Para este circuito de alimentación de la carga se utilizó la siguiente fuente de corriente continua.



Figura 53-3: Fuente regulable.

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

3.4.2.8 Acondicionamiento general del circuito de control.

Los circuitos de acondicionamiento varían según el tipo de sensor utilizado y entre las principales funciones que se realiza están:

- Excitación, para transductores que requieren voltajes o corrientes externos para proporcionarles energía.
- Linealización, para sensores cuya salida no varía de manera lineal.
- Aislamiento, como su nombre lo indica aísla o separa la señal del transductor de la tarjeta de adquisición para protegerle de daños.
- Filtro, elimina o reduce el efecto de ruido eléctrico producida en la señal.
- Amplificación, las señales de bajo nivel deben ser amplificadas para incrementar la precisión de la señal que se va a digitalizar y reducir la interferencia de ruido eléctrico.

Para finalizar con el control general de la instrumentación virtual se diseñó una placa donde se consideran los pines de conexión de cada elemento. Una vez determinado los diferentes diagramas esquemáticos de cada sensor y el circuito de potencia, se procede a realizar las pistas tomando en consideración las siguientes reglas de diseño:

- Numero de capas de cobre
- Tolerancia Pad- pista
- Tolerancia pista-pista
- Tolerancia en gráficos
- Tolerancia en borde o ranura
- Estilo de pista, vía y cuello

La siguiente figura nos muestra el diseño en una sola capa, lo cual es algo básico para el diseño del circuito con bajo grado de dificultad.

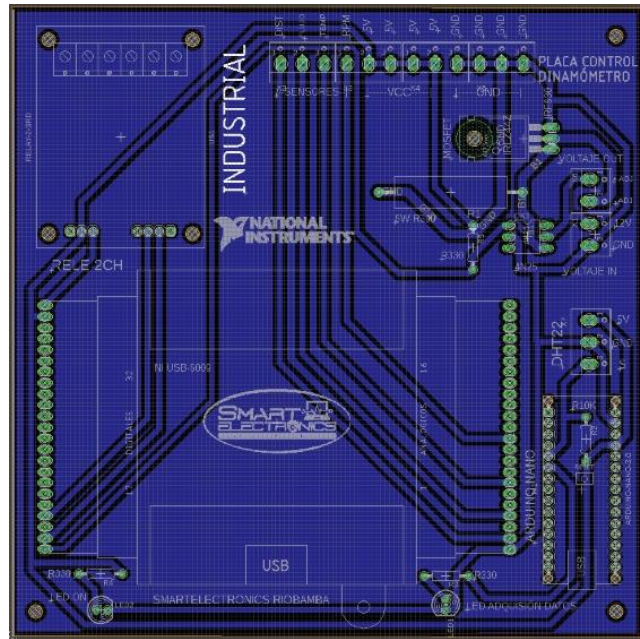


Figura 54-3: Diseño de la tarjeta impresa

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

Determinado el circuito impreso se imprimió y se acoplo los diferentes elementos del control, incluida una fuente de alimentación de 12 voltios hasta 30 Amperios de consumo, para la alimentación de las cargas de freno y para la electroválvula del tanque de enfriamiento. Como se indica en la figura.

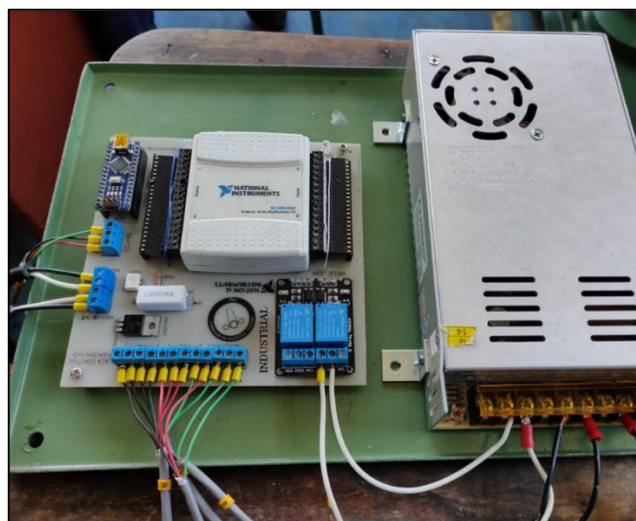


Figura 55-3: Diseño de la tarjeta impresa

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

Para concluir con la instalación de este circuito. Se acoplo a una caja hermética en el mismo banco dinamométrico. Como se puede apreciar en la figura.

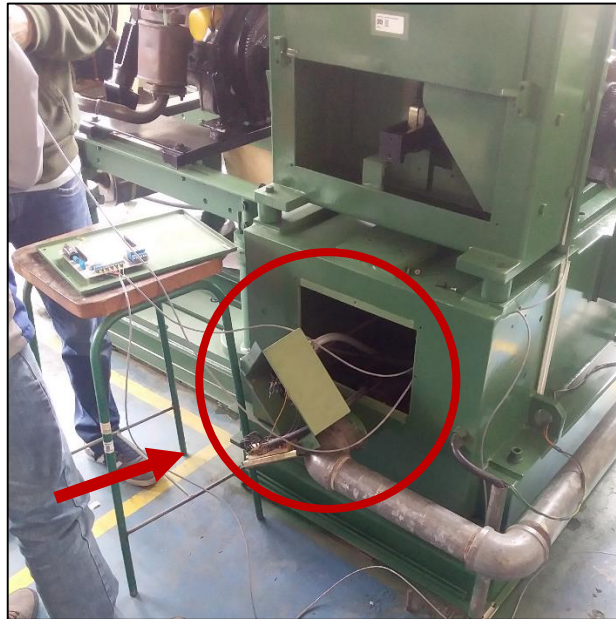


Figura 56-3: Destino final del circuito de control

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

3.5 Programación en Labview

Consiste en integrar un sistema de instrumentación virtual elabora en LABVIEW. Este software es utilizado ampliamente en sistemas de monitoreo, medición y control de procesos.

Las interacciones de la interfaz virtual creada se basara en acciones físicas sobre elementos de código visual (iconos, botones, imágenes, mensajes, barras de desplazamiento y navegación) y en selecciones de tipo menú con sintaxis y órdenes, las operaciones serán rápidas, incrementales y reversibles, con resultados inmediatos. Este tipo de interfaz es más conocido como diagrama de bloques.

La ventaja que tiene este software es porque permite una fácil integración con hardware, específicamente con tarjeta de medición, adquisición y procesamiento de datos (incluyendo adquisición de imágenes). También está basado en la programación modular, lo que permite crear tareas muy complicadas a partir de módulos o sub-módulos mucho más sencillos. Además estos módulos pueden ser usados en otras tareas, que permiten una programación más rápida y provechosa.

Para mayor comprensión sobre las funciones de adquisición y envío de datos, la conversión digital o analógica, la comunicación paralela, ajuste de voltajes de referencia y generación de pulsos fueron realizadas por la tarjeta de National instruments y Arduino nano.

La comunicación entre software y hardware (tarjetas de adquisición de datos) fue desarrollada cumpliendo el siguiente diagrama.

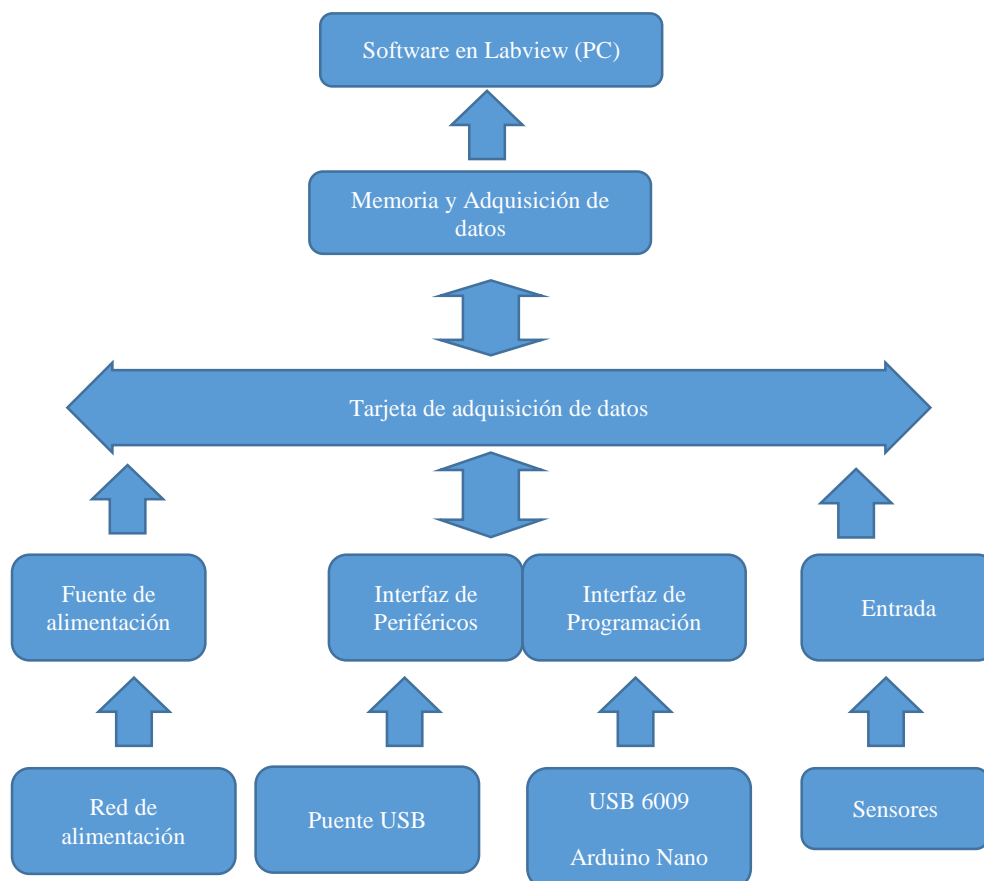


Figura 57-3: Diagrama lógico de operación del sistema de control

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

Puesto que este tipo de instrumentación virtual en el PC, funciona como controlador, las tarjetas procesadoras de datos deben leer la salida del sistema de forma que la aplicación LABVIEW trate los datos con mayor brevedad para obtener un control del sistema en tiempo real.



Figura 58-3: Interfaz LABVIEW

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

3.5.1 *Panel frontal*

Es la interfaz entre los instrumentos virtuales y el usuario, los controladores emulan a los dispositivos de entradas de datos al instrumento virtual (controladores, interruptores, pulsadores, sensores) y los indicadores permiten visualizar los resultados que genera el instrumento virtual (graficas, señales luminosas), por tanto permite al usuario pueda visualizar o controlar los distintos parámetros del proceso.

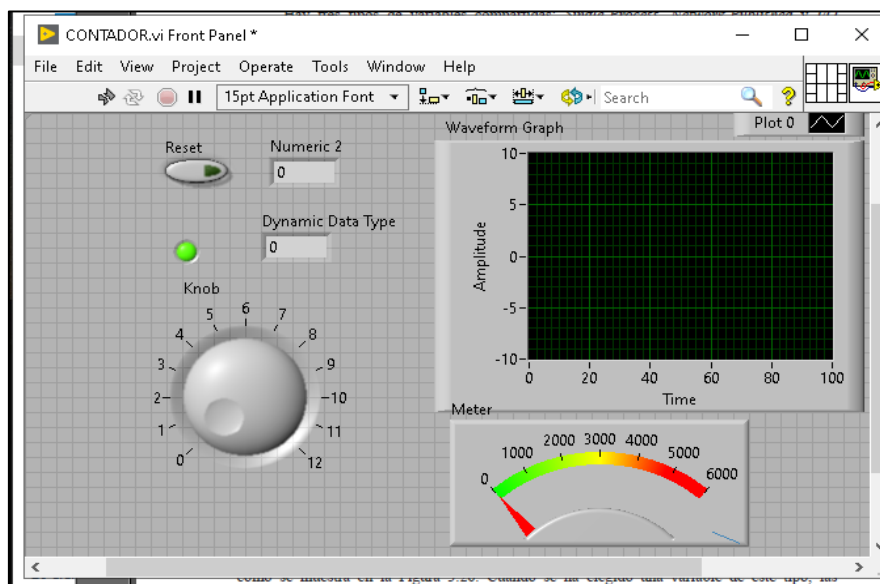


Figura 59-3: Panel frontal

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

Se pueden personalizar los paneles frontales con perillas, botones, diales y gráficos a fin de emular paneles de control de instrumentación tradicionales, crear paneles de ensayo personalizados o

representar visualmente el control y operación de procesos. La similitud existente entre los diagramas de flujo y los programas gráficos acorta la curva de aprendizaje asociada con lenguajes tradicionales basados en texto.

3.5.2 Diagrama de bloques

Permite escribir el programa de forma gráfica utilizando los recursos que facilita LABVIEW (terminales, cables, funciones, etc.), en el diagrama de bloques los controladores e indicadores aparecen como terminales que reflejan el tipo de dispositivo y el tipo de datos que maneja.

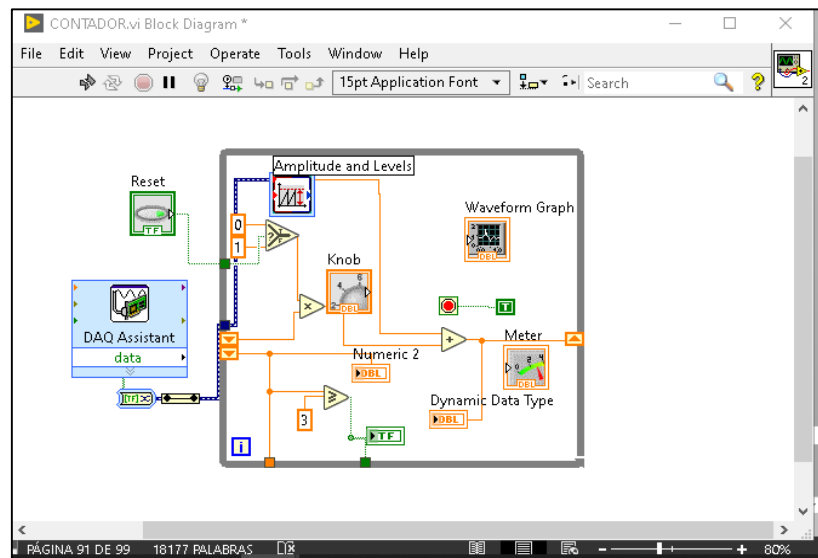


Figura 60-3: Diagrama de bloques

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

Conocido también como panel de programación, en el cual podemos relacionar las entradas y salidas mediante iconos los cuales determinan la funcionalidad de la programación. Todos estos iconos están comunicados mediante líneas para poder desarrollar el programa, teniendo un flujo de izquierda a derecha de los datos. En este panel se encuentran todos los elementos necesarios para el tratamiento de las señales tanto de entrada como de salida.

3.5.3 Desarrollo de la programación en labview

La programación se realizó en el software labview versión 2017, el cual consta de 4 bloques en los cuales se programó las diferentes condiciones de procesamiento, visualización y control de las señales.



Figura 61-3: Software Labview 2017

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L., 2020

Dentro de la interfaz una de las funciones más relevantes que se emplean son las funciones VISA y Asistente DAQ, tanto para abrir, leer y escribir en el dispositivo, construido en conjunto con las funciones y arreglos y lazos de secuencia que permiten ordenar los datos que se reciben como los que se envía.

Respecto al panel frontal se utilizó un **Tap Control** para ordenar las opciones que se pone a disposición del usuario como se indica en la siguiente figura.

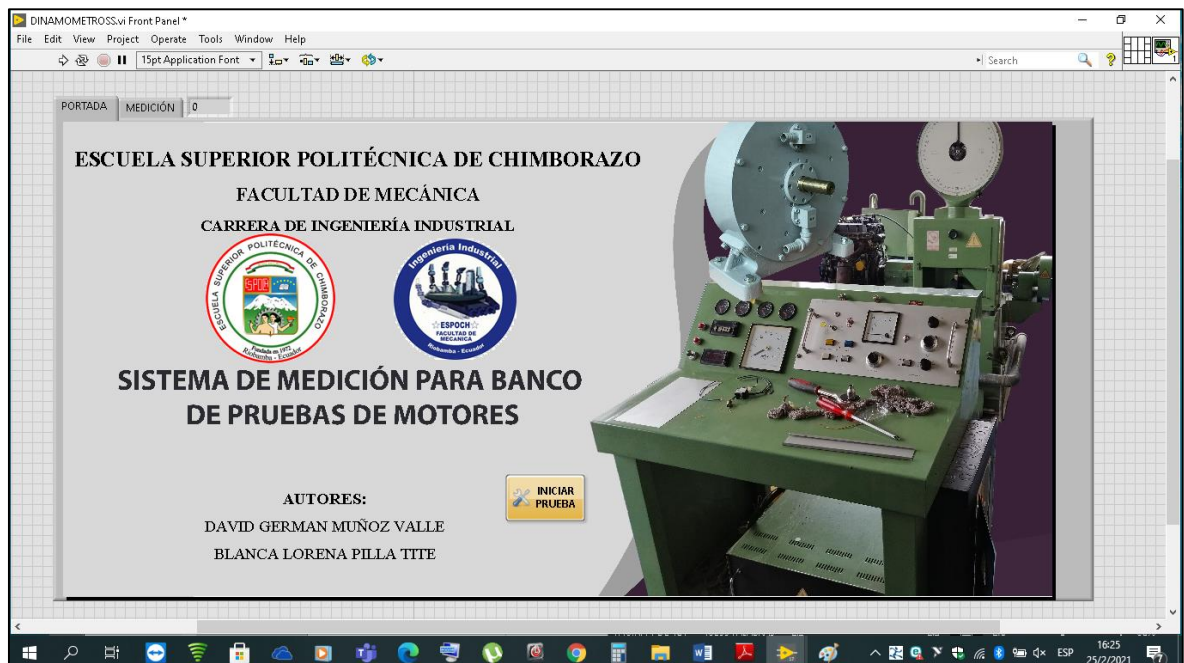


Figura 62-3: Panel frontal principal del instrumento virtual

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L., 2020

El Programa principal de control y monitoreo tiene varias variables de control que se está utilizando, en primer lugar se tiene un área donde se debe seleccionar el puerto serial COM que se utiliza para la comunicación con la tarjeta Arduino, el nombre del puerto depende de acuerdo al periférico (USB) de entrada y salida del computador que se esté utilizando. Se tiene además la hora actual en la que se está realizando la prueba de laboratorio. También existe una perrilla donde se controla el voltaje de la carga del freno dinamométrico. En la parte de abajo se tiene una casilla para el control de temperatura de referencia automático del tanque de enfriamiento del motor, así como también un indicador de temperatura y un botón de activación manual de la electroválvula del tanque con una luz de aviso. En la parte superior central se tiene tres botones; el primero para regresar a la portada, el segundo para detener la prueba y el tercero para iniciar la medición y grabar los parámetros de funcionamiento del motor, junto a este botón se encuentra varias casillas indicadoras como: Tiempo que dura la prueba, cantidad de veces que se realiza la prueba, un reloj indicador de la carga ejercida por el freno, torque generado, potencia producida, indicador de consumo específico de combustible, volumen consumido de gasolina y los parámetros ambientales actuales (Temperatura ambiente y humedad del ambiente) en los que se realiza la prueba. En el lado derecho superior existe un indicador grafico del tipo de señal adquirida por el sensor de revolución CMP y junto a este un velocímetro que indica las revoluciones por minuto en las cuales está trabajando el motor de combustión interna. Finalmente en la parte inferior se encuentra las gráficas de las cuales depende este estudio como son: Torque vs RPM, Potencia vs RPM y Consumo específico de combustible vs RPM, concluyendo con un botón de arranque del motor e indicadores de ajuste de los sensores.

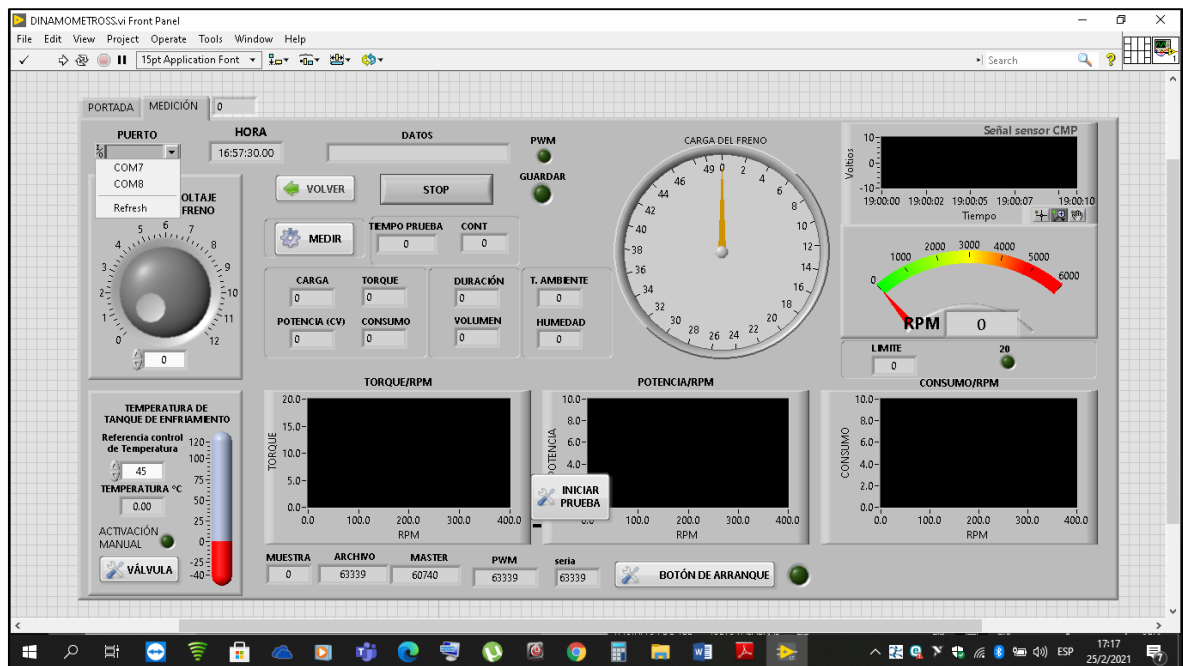


Figura 63-3: Programa principal de control y monitoreo

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L., 2020

Cabe indicar que este fichero VI es el encargado de definir las condiciones generales de la transmisión y recepción de los datos, así como también los aspectos generales de la estrategias de control. La ventaja del VI dispone de la posibilidad de conocer en tiempo real lo que está pasando en el motor de combustión interna.

Posteriormente al panel grafico de control y monitoreo se describe a continuación en los siguientes ítems la programación de cada elemento de la instrumentación virtual. Antes de dar inicio a la programación se realizó una comprobación a la tarjeta principal de adquisición de datos con una herramienta de LABVIEW, denominada National Instruments Measurement & Automation Explorer.

En la venta principal se hace clic en Self-Test, y si el driver del NI USB 6009 es detectado se indicara un mensaje en una ventana que dirá “driver está instalado correctamente”.

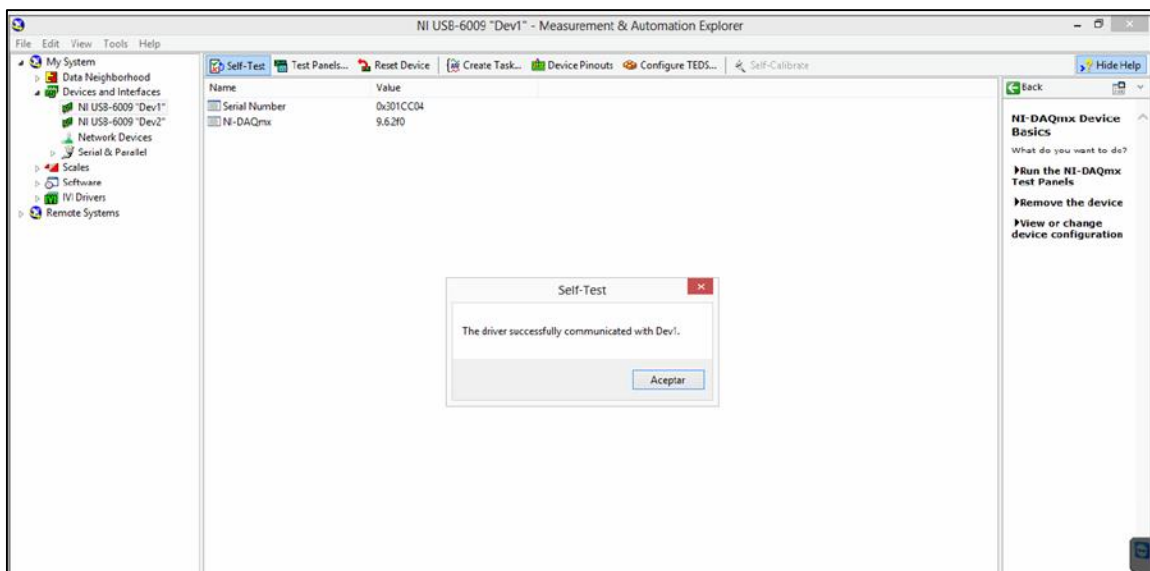


Figura 64-3: Comprobación de la tarjeta NI USB 6009 con Measurement & Automation

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

3.5.3.1 Programación

Para iniciar con la programación se creó un archivo en blanco VI (Virtual Instrument) de Labview, se despliega la paleta de funciones. En la opción input, se selecciona el DAQ Assistant, como se muestra en la figura, se configura 4 entradas analógicas y tres digitales de NI USB 6009.

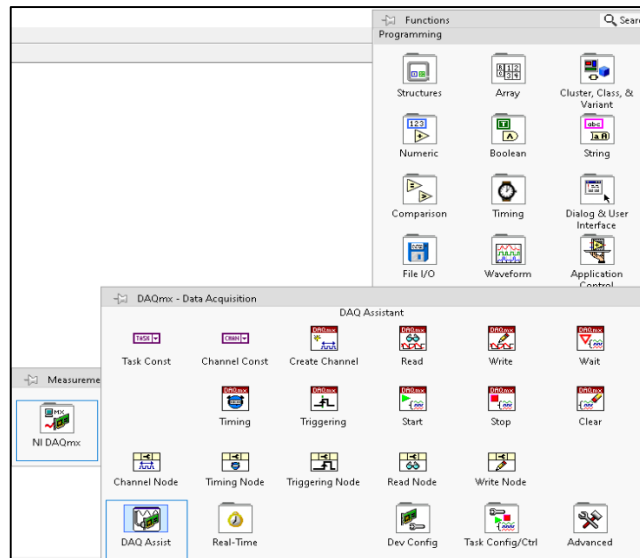


Figura 65-3: DAQ Assistant para configurar los datos de salida/entrada.

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

Al momento de seleccionar al DAQ Assistant, se escoge la opción de adquirir señal analógica. Después se elige los cuatro pines de entrada analógica de NI USB 6009 y otro asistente se escoge tres pines de salida digitales. Todas las entradas deben ser configuradas con una referencia a tierra denominado RSE (Reference Single-Ended). Finalmente en la sección Adquisition Mode cambiar a Continuous Samples que quiere decir que se adquiera la señal continuamente a una frecuencia de 12k Hz. Como se observa en la figura.

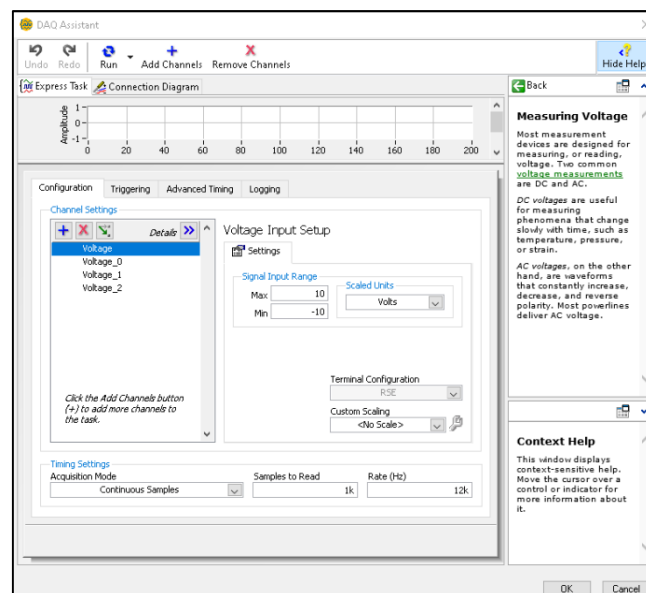


Figura 66-3: DAQ Assistant para configurar los datos de salida y entrada.

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

En la siguiente figura se muestra un bloque del DAQ Assistant configurado, con un Split Signal para separar las señales y trabajar con cuatro señales por separado, debido a que cada señal de datos llega a un solo canal. Para poder adquirir las señales de forma continua, se lo agrega en un ciclo o lazo while.

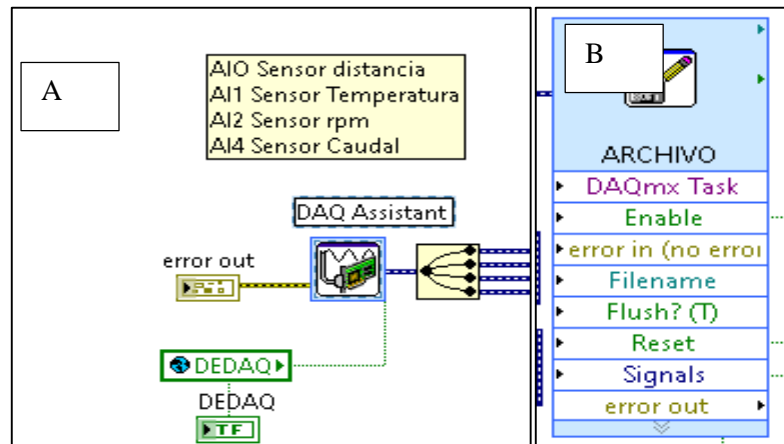


Figura 67-3: a) DAQ Assistant Split signal. b) Bloque configurado archivo texto (.xlsx)

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

Debido que las señales de cada sensor son continuas en el tiempo, se configuró un bloque que se encargue de generar un archivo de texto .xlsx, con el fin de poder manipular esta información más adelante.

3.5.3.2 Programación de la lectura de carga generada.

Una vez configurado la señal del sensor Sharp se procede al tratamiento de la misma, que inicia con la conversión del tipo de dato de entrada adquirida a un tipo de dato numérico, de matriz y posteriormente calcular una media de los valores en la secuencia. Esto nos ayuda a que el dato pueda ser interpretado con caracteres del 0 a 9 e inclusive números negativos y decimales para ser utilizados en una función. Posteriormente se agregó a un bucle “For” el mismo que sirve para repetir el código en su interior un número de veces determinado, dando como salida un promedio de la señal adquirida.

En resumen, la señal adquirida es suavizada o filtrada para con el objetivo de tener mayor exactitud en la lectura de los datos. Este dato finalmente es utilizado en una ecuación polinomial de tercer grado desarrollada, y así poder obtener el valor de carga de trabajo durante la prueba de funcionamiento del motor de combustión interna.

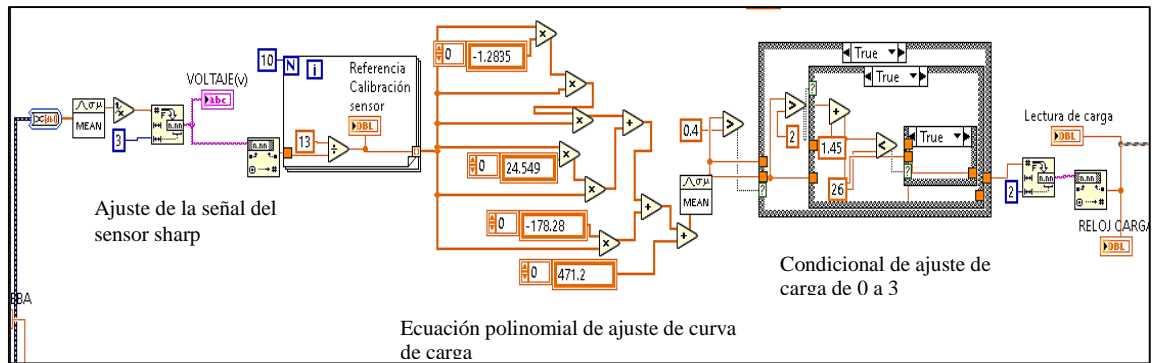


Figura 68-3: Programación de la señal de carga

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

Para el desarrollo o determinación de la ecuación característica de la curva de calibración para la obtención de la carga se realizó una toma muestral de datos en función al voltaje adquirido por cada valor de la carga o peso.

En la siguiente tabla se presenta la toma muestral de los datos experimentales obtenidos:

Tabla 19-3: Datos experimentales sensor Sharp.

Voltaje	Carga (Kg)	Voltaje	Carga (Kg)
6.491	0	5.775	16
6.454	1	5.729	17
6.394	2	5.659	18
6.361	3	5.634	19
6.337	4	5.609	20
6.276	5	5.556	21
6.254	6	5.536	22
6.169	7	5.527	23
6.127	8	5.484	24
6.111	9	5.425	25
6.077	10	5.388	26
6.012	11	5.330	27
5.975	12	5.271	28
5.871	13	5.261	29
5.833	14	5.220	30
5.821	15	5.163	31

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

Par la obtención de los datos de la tabla anterior, se realizó un promedio de 20 datos de voltaje por cada valor de carga (kg), estos datos experimentales permitieron ajustar el valor peso, cabe indicar que este ajuste fue necesario por las vibraciones que se genera en la balanza. Para la obtención de la curva de calibración se utilizó Microsoft Excel.

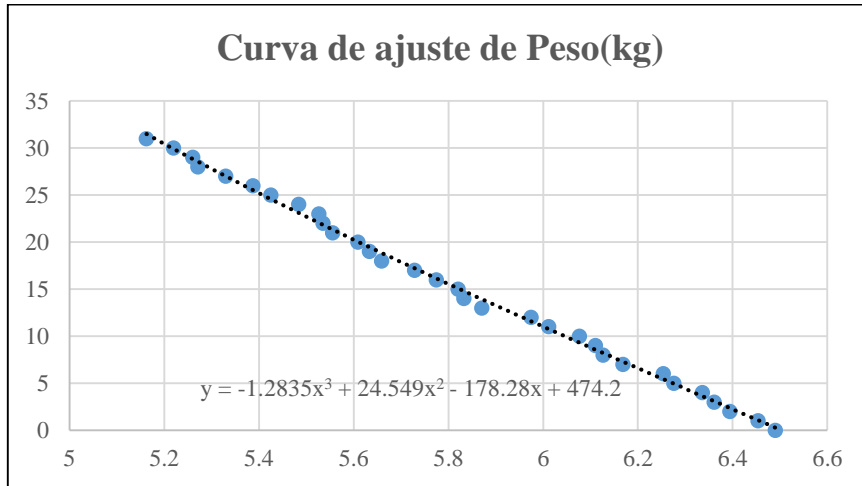


Gráfico 1-3: Curva de ajuste de Peso (kg) sensor sharp

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

Con una herramienta muy conocida en Excel se generó una gráfica de dispersión y se determinó una línea de tendencia para determinar una ecuación matemática que más se ajuste a la dispersión de los datos, en este caso una ecuación polinomial de tercer grado. Como se muestra a continuación.

$$y = -1.2835x^3 + 24.549x^2 - 178.28x + 474.2 \quad (9)$$

Una vez que se determinó la ecuación matemática se realizó un nuevo ajuste en los valores de peso (kg) menores a 3 kg con ciclos condicionales. Finalmente el dato final dio lugar a la obtención de un parámetro importante de funcionamiento del motor de combustión interna que es el Torque que se obtiene mediante la multiplicación de una constante (0.716) por valor del peso (kg).

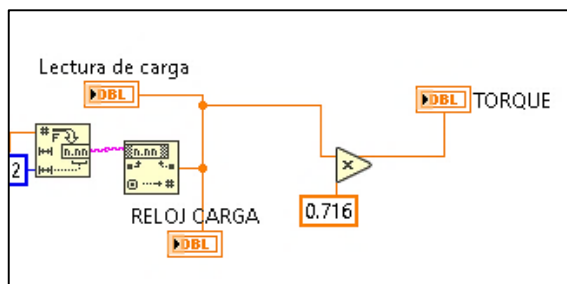


Figura 69-3: Obtención del valor de torque

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

3.5.3.3 Programación de temperatura de tanque de enfriamiento de motor.

Para el tratamiento de la señal de la temperatura del tanque de enfriamiento del motor se genera un bloque en el cual se inicia con una compresión de una gran cantidad de datos adquiridos a un número menor de datos por cada muestra, esto nos ayuda estabilizar la señal mediante el promedio de estos valores. El dato numero resultante es mucho más estable y se lo puede utilizar en una conversión simple (multiplicación del dato por 100) para obtener la magnitud en grados centígrados. Como se muestra en la figura del bloque.

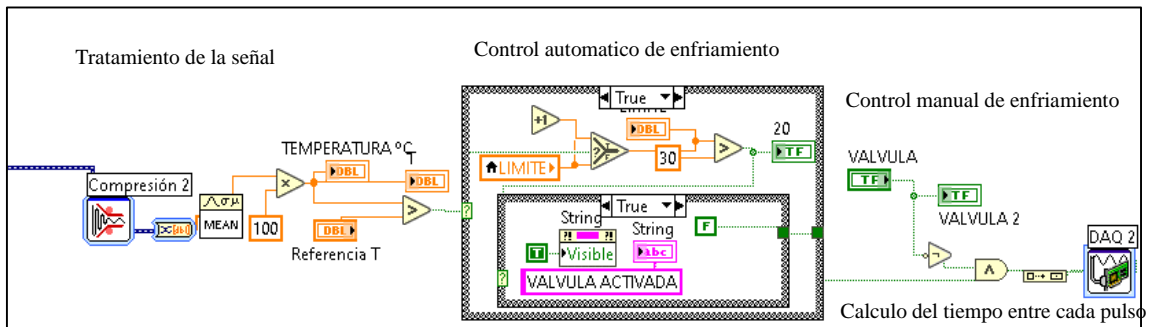


Figura 70-3: Programación de la señal de temperatura del tanque del motor.

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L., 2020

El bloque de la lectura de la temperatura del flujo de agua del motor consta de dos condiciones primordiales. La primera un control automático de activación de la válvula de agua para disminuir la temperatura del fluido del motor, que es controlado con una temperatura referencial. Y el segundo con mando manual de activación de la válvula. El objetivo de estos dos tipos de control es por seguridad.

3.5.3.4 Programación del sensor de Revoluciones.

EL bloque para la obtención de la RPM tiene un tratamiento más especial. Porque al igual que la carga es una magnitud indispensable para el cálculo de parámetros de funcionamiento del motor de combustión interna.

Una vez realizado las conexiones necesarias para la obtención de la señal del sensor de RPM se procede al tratamiento de la señal, que inicia con un bloque que filtra y suaviza la señal obtenida, además se agrega un bloque que ayuda a detectar la amplitud más alta en función a una frecuencia. Del mismo modo se comprime la gran cantidad de datos adquiridos a un número menor de datos por cada muestra, esto nos ayuda estabilizar la señal mediante el promedio de estos valores. Después se realiza una comparación entre cada pulso detectado. Esto nos ayuda aplicar un condicional para poder determinar el tiempo transcurrido entre cada pulso. Con el tiempo

transcurrido y el número pulsos detectados se determinó las revoluciones o la velocidad de funcionamiento del motor de combustión interna.

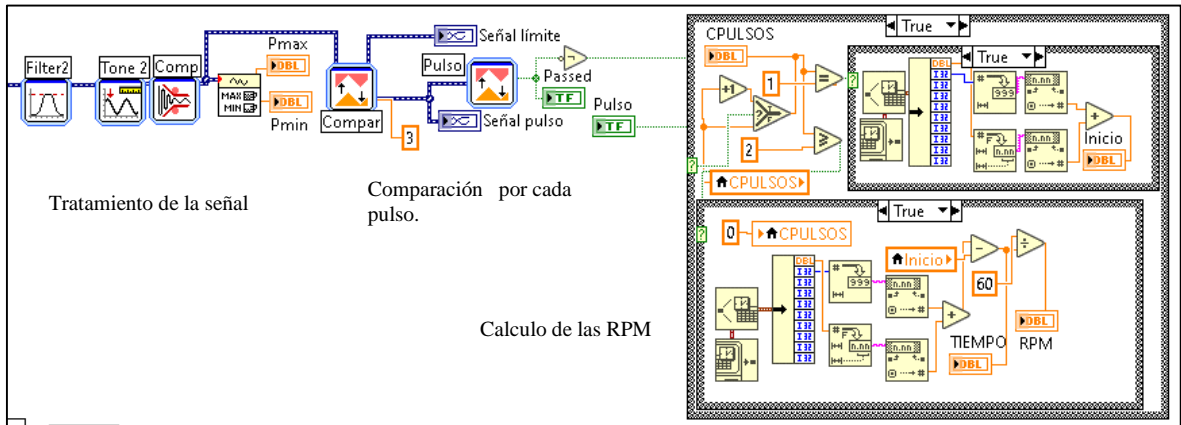


Figura 71-3: Programación de la señal del sensor de RPM

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

Con la programación efectuada del torque y las RPM ya se puede realizar el cálculo de la Potencia, así como se presenta en la siguiente figura.

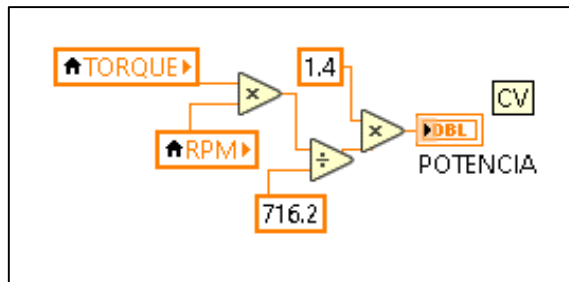


Figura 72-3: Programación cálculo de potencia

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

3.5.3.5 Programación de consumo específico de combustible.

Al igual que los otros sensores fue indispensable tratar la señal del medidor de flujo, la programación de este instrumento no es tan complicada como el resto del tratamiento de señales. Solo se filtró la señal del sensor y se realizó una comparación entre cada pulso, esto nos ayudó a determinar una frecuencia de la señal adquirida.

La frecuencia obtenida fue dividida por una constante (24) de conversión para determinar el caudal consumido por un intervalo de tiempo (Litros/minutos), este tiempo es medido desde el momento que se inicia la prueba de funcionamiento del motor de combustión interna. Con el

caudal determinado se realiza una conversión de sus unidades a centímetros cúbicos por hora (cm^3/h). Como se puede ver en la figura.

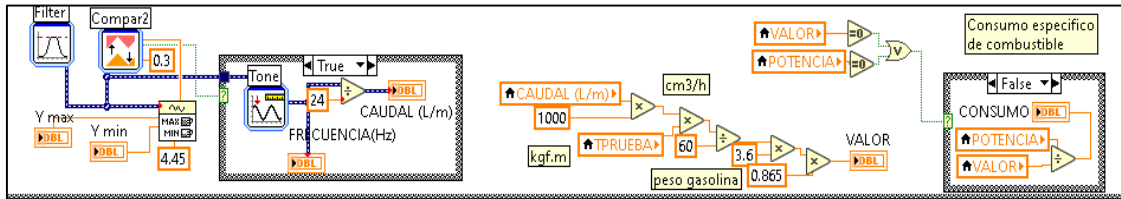


Figura 73-3: Programación del sensor para el consumo específico de combustible

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L., 2020

Con la magnitud de caudal determinado se procedió a determinar el volumen de consumo en función al tiempo que demora la prueba de funcionamiento. Finalmente este valor permite calcular el consumo específico de combustible con las siguientes unidades kilogramos sobre caballos de vapor por hora ($\text{Kg}/\text{CV}\cdot\text{h}$), para la obtención de esta magnitud se considera el peso específico de la gasolina y la potencia de trabajo.

3.5.3.6 Programación del control de carga.

Para el control de la carga se define primera mente una salida digital **port0/line0** de la tarjeta de adquisición de datos NI USB 6009 como canal para la generación de la señal de control a través de DAQmx Create Virtual Channel (VI) de National instruments LAbview, posteriormente dicha señal se da inicio mediante DAQmx Start Task (VI) para empezar a medir y a generar el voltaje. Este control también se lo define como PWM que es la modulación de ancho de pulso. Es decir que se tiene una señal cuadrada y se la cambia sin variar su frecuencia. En otras palabras se controla la cantidad de energía que se envía a una carga.

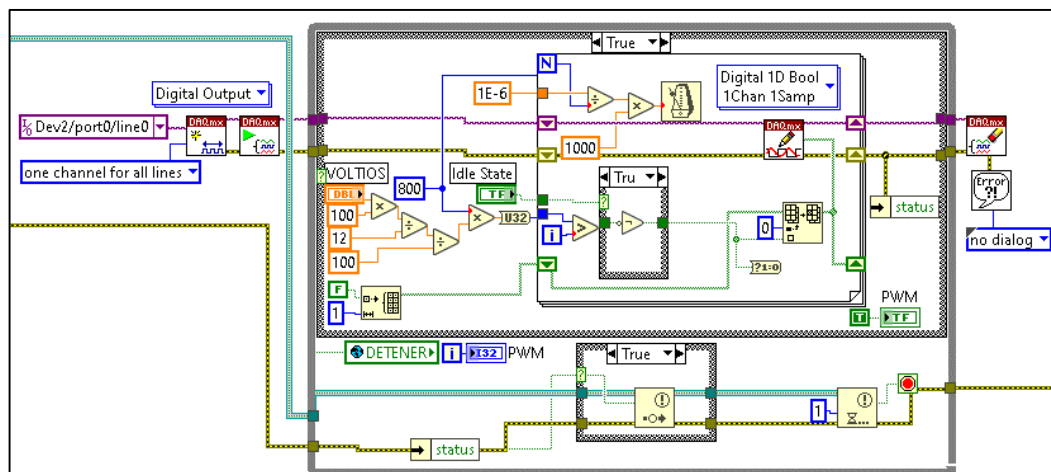


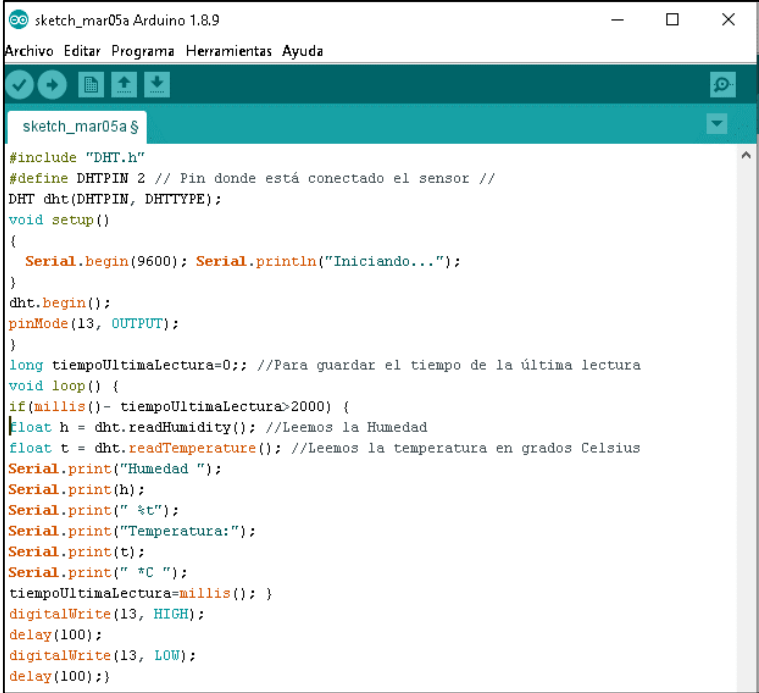
Figura 74-3: Programación del circuito de potencia para el control de carga

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L., 2020

El ciclo de control se realiza con WHILE loop y un case estructura o condicional **IF**, se utiliza un VI para la escritura denominado DAQmx Write dentro de un ciclo FOR que escribe o envía el valor necesario para que la fuente de corriente continua de 12 voltios pueda suministrar adecuadamente el voltaje y la corriente necesaria a través de un integrado de serie 4n25 más conocido como optoacoplador, este elemento fue necesario para aislar la alta tensión del circuito de potencia desde el rotor del freno dinamométrico de corrientes parasitas, en cada ciclo se limpia y reinicia el contador automáticamente cada vez que se cambie el valor del voltaje desde el panel frontal con el indicador grafico **Knob** de LABview. El VI que es utilizado para limpiar el valor transmitido se denomina DAQmx Clear Task.

3.5.3.7 Programación para lectura de parámetros ambientales.

Para poder integrar el sensor ambiental al control de instrumentación virtual para medir los parámetros ambientales de trabajo del banco dinamométrico. Al ser este sensor no compatible con la tarjeta de adquisición de datos DAQ USB 6009, lo que se realizo es programarlo en el software libre Arduino como se muestra en la siguiente figura.



```
sketch_mar05a Arduino 1.8.9
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
sketch_mar05a $
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 2 // Pin donde está conectado el sensor //
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
void setup()
{
  Serial.begin(9600); Serial.println("Iniciando...");
}
dht.begin();
pinMode(13, OUTPUT);
}
long tiempoUltimaLectura=0; //Para guardar el tiempo de la última lectura
void loop() {
  if(millis()- tiempoUltimaLectura>2000) {
    float h = dht.readHumidity(); //Leemos la Humedad
    float t = dht.readTemperature(); //Leemos la temperatura en grados Celsius
    Serial.print("Humedad ");
    Serial.print(h);
    Serial.print(" %t");
    Serial.print("Temperatura:");
    Serial.print(t);
    Serial.print(" *C ");
    tiempoUltimaLectura=millis(); }
  digitalWrite(13, HIGH);
  delay(100);
  digitalWrite(13, LOW);
  delay(100);}
```

Figura 75-3: Programación sensor ambiental en Arduino.

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L., 2020

Esta programación de texto realizada en Arduino, es una base de comunicación con la tarjeta nano para obtener la lectura de la temperatura ambiente y la humedad del área de trabajo. Para poder utilizar esta información en la instrumentación virtual elaborada en labview se realiza una

comunicación serial con el módulo VISA Configure Serial Port (VI) que es controlador de el puerto de comunicación serial a través del USB con la computadora. La configuración del módulo es automática pero si es indispensable definir el puerto COM utilizando el Visa Resource Name, posteriormente para hacer la lectura de la información se utiliza el Visa Read Function y lo mostramos en dos indicadores utilizando un array. Para finalizar el ciclo se utiliza un Visa Write para reescribir los datos cada vez que se ejecute la lectura. Como se indica en la siguiente figura.

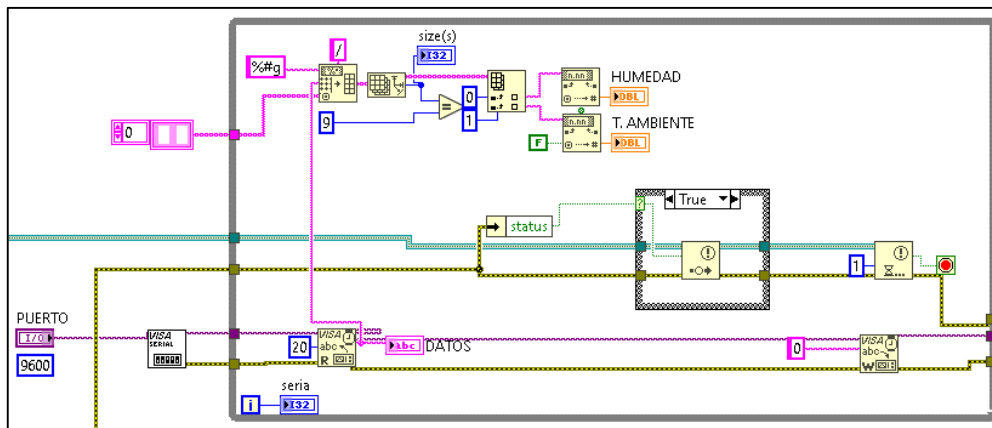


Figura 76-3: Programación para la lectura de parámetros ambientales.

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

3.5.3.8 Programación para almacenamiento de la adquisición de datos.

La programación para el almacenamiento los diferentes parámetros de funcionamiento de trabajo en el banco dinamométrico consta de la siguiente estructura. Se inicia con un ciclo continuo While loop y un case estructura más conocido como condicional IF. Esto da lugar a que los datos se almacenen continuamente durante la ejecución del programa.

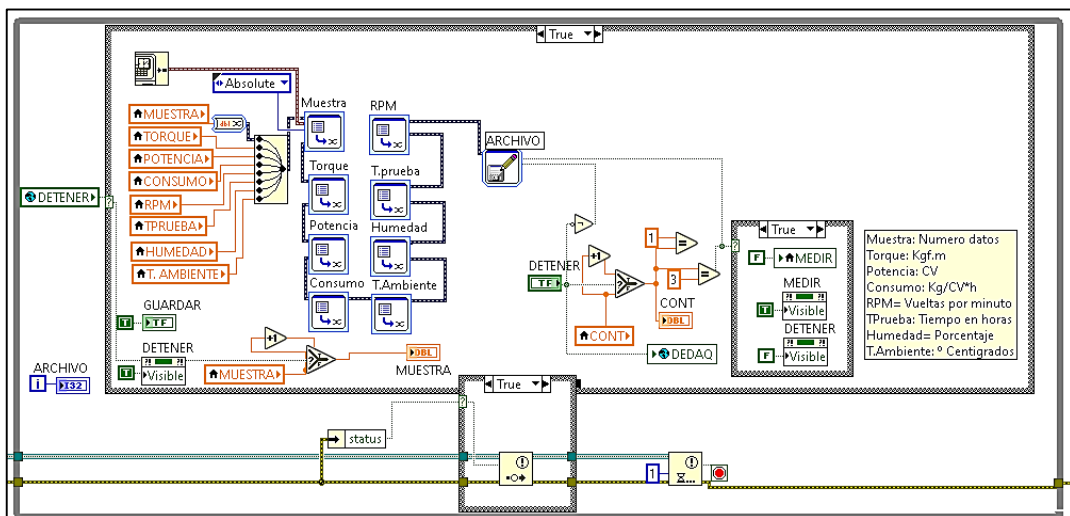


Figura 77-3: Programación para almacenamiento de datos

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

Para poder obtener el dato real de cada medida, se creó una variable local de cada magnitud para su posterior almacenamiento, las señales se combinaron en Merge Signals Function de entrada, posteriormente cada una de estas señales se designó diferentes atributos con el Set Dynamic Data Attributes Express VI para ser almacenados en forma organizada en un archivo de Microsoft Excel files (.xlsx) con la herramienta Write To Measurement File Express VI. Cada vez que se realiza una prueba se genera un nuevo archivo que se guardara en la carpeta predeterminada del programa.

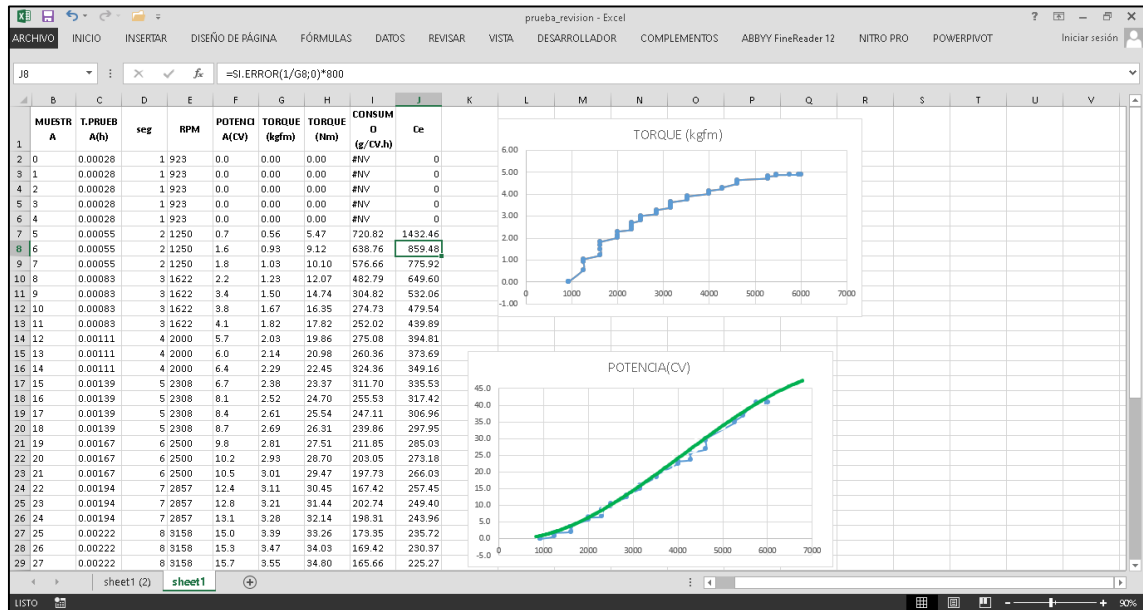


Figura 78-3: Archive de texto (.xlsx) generado en cada prueba.

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

3.5.3.9 Programación para graficas

Finalmente una vez calculado las magnitudes de funcionamiento principales en el banco dinamométrico se procedió a la generación de las gráficas características de potencia vs RPM, torque vs RPM y consumo específico de combustible vs RPM utilizando la interfaz virtual Build XY Graph Express. Este VI se lo utiliza porque se puede definir dos tipos de magnitudes uno para eje Y, y otro para el eje X. Así como se puede visualizar en la siguiente figura.

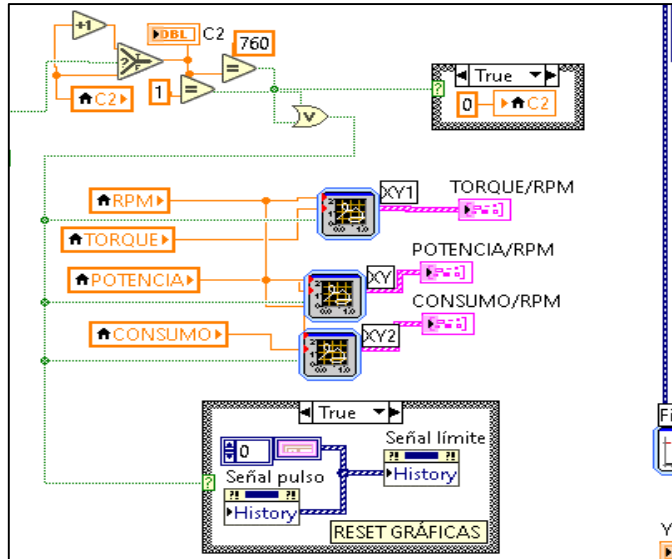


Figura 79-3: Programación graficas característica, torque, potencia y consumo específico.

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

En la programación de bloques se definió un lazo de ejecución para resetear las gráficas que cada vez que se inicie una prueba en el banco dinamométrico, este ciclo fue necesario para que los datos no se sobrescriban.

3.5.3.10 Programación para reiniciar contadores e indicadores.

Cada ciclo de prueba del motor en el banco dinamométrico que se realice es necesario encerrar cada contador e indicadores, así como las gráficas expuestas en el ítem anterior. Para la programación de este bloque se utilizó variables locales fuera de los ciclos de repetición While Loop con una variable constante cero, así como se puede observar en la siguiente figura.

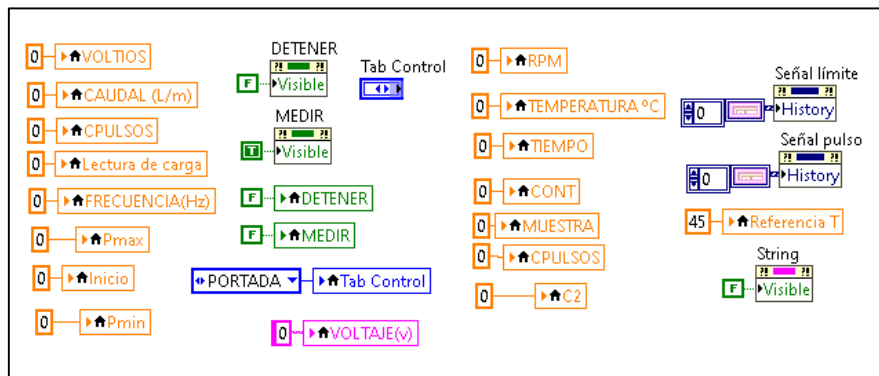


Figura 80-3: Programación para reiniciar valores de cada prueba

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020.

Para finalizar con la programación de la instrumentación virtual se definió un mensaje de aviso al momento de iniciar la prueba. Así como se puede observar en la siguiente figura.

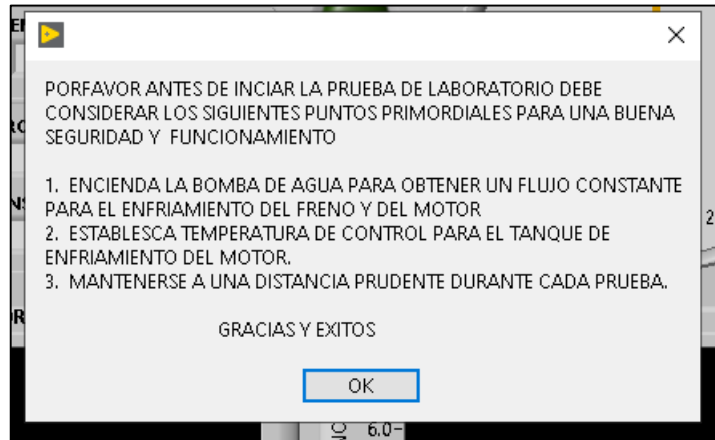


Figura 81-3: Mensaje de aviso en la ejecución de la interfaz.

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L., 2020.

Este aviso es importante para que el usuario sepa las acciones que debe tomar antes de realizar una prueba de funcionamiento.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1 Análisis De Resultados Obtenidos De La Instrumentación Virtual

4.1.1 Pruebas y medición del equipo para la obtención datos.

Para la validación de los datos obtenidos en la instrumentación virtual, se realizó varias pruebas de medición de datos de forma manual, utilizando una serie de instrumentos y las formulas definidas por el manual del banco dinamométrico.

4.1.1.1 Datos de la medición del Par de motor

Para determinar la carga ejercida por el freno de corrientes parasitas, primero se estableció el voltaje de control de 10.5 V DC. y a su vez se definió regímenes de giro.

La forma que los usuarios establecían el valor de la carga era de forma visual en la balanza dinamométrica, cada vez que observaba la revolución alcanzada con el lector laser de RPM. Se registraba el valor de carga en la **Tabla 1-4**.

Tabla 1-4: Toma de datos Experimentales Carga

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	
Facultad de Mecánica	Carrera de Ingeniería Industrial
Lugar: Taller de Motores de Combustión Interna	Nombres: L. Pilla D. Muñoz
TOMA DE DATOS	
Velocidad(RPM)	Carga(kg m)
900	0,8
1250	1,5
1500	1,7
1800	2,1
2100	2,6
2400	2,9
2700	3,2
3000	3,5
3300	3,7
3529	4,0
3900	4,1
4500	4,6
5000	4,9
5545	5,0
6000	5,0

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020.

Con los valores carga registrados, se procedió a calcular el par de motor. A continuación se puede apreciar el trabajo realizado por el motor. Para conocer el valor del torque se aplicó la ecuación (1) ($M=0.716 \times \text{Carga}$) que se encuentra en el CAPÍTULO II, obteniendo los siguientes datos:

Tabla 2-4: Calculo del torque datos experimentales

Rpm	P(kg)	Torque(M)	Torque (Nm)
900	0,8	0,55	5,43
1250	1,5	1,10	10,73
1500	1,7	1,24	12,16
1800	2,1	1,53	15,02
2100	2,6	1,89	18,54
2400	2,9	2,05	20,08
2700	3,2	2,27	22,23
3000	3,5	2,48	24,28
3300	3,7	2,65	25,97
3529	4,0	2,85	27,92
3900	4,1	2,94	28,84
4500	4,6	3,28	32,12
5000	4,9	3,48	34,06
5545	5,0	3,56	34,93
6000	5,0	3,57	34,99

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

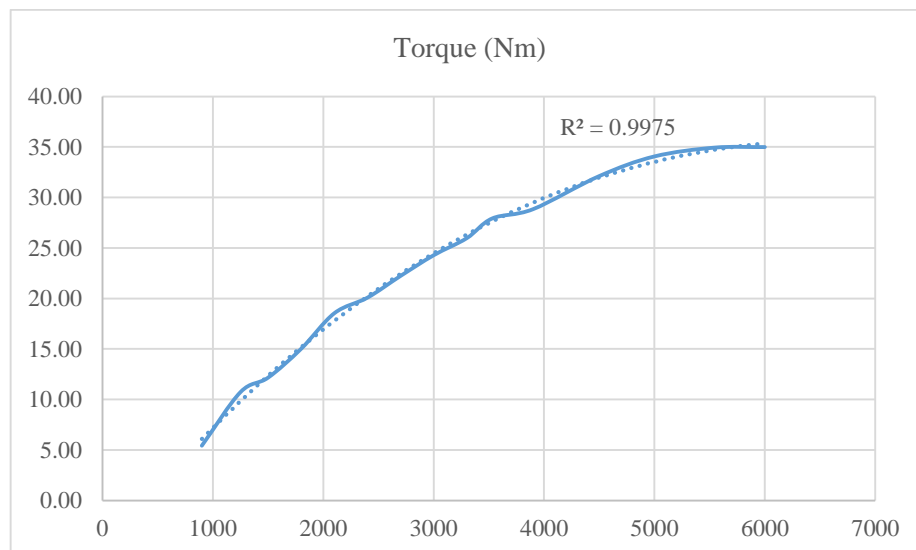


Gráfico 1-4: Torque del motor AVEO 1.6. Datos Manual

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020.

En la gráfica existe una ligera variación en el torque, esto va creciendo a medida que aumenta la carga en el motor y el número de revoluciones. El torque máximo en esta prueba fue de 34,99 Nm a una revolución de 6000 RPM.

Los mismos datos obtenidos experimentales de la instrumental se pueden apreciar en el siguiente gráfico.

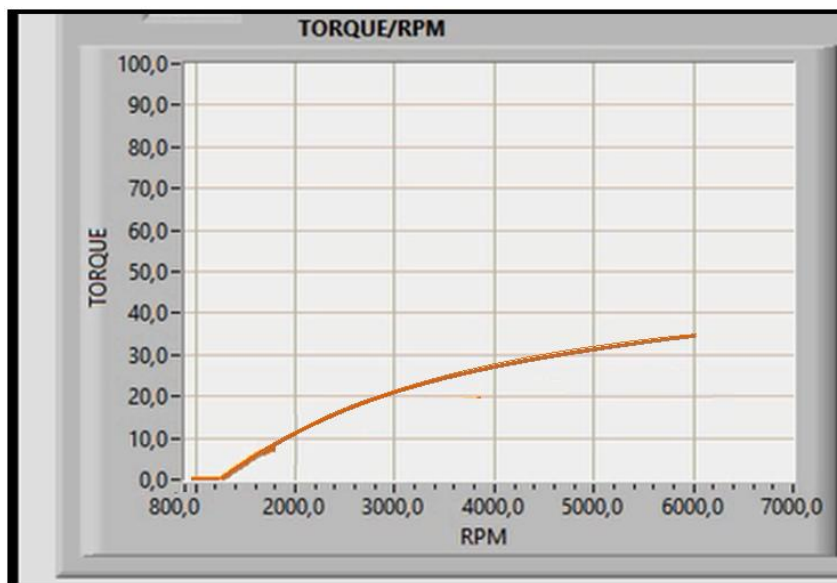


Gráfico 2-4: Torque del motor AVEO 1.6. Datos virtuales.

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020.

Al realizar una relación entre los datos experimentales manuales y digitales obtenidos durante la etapa de validación. Se obtuvo resultados satisfactorios respecto al cálculo del torque, porque en ambos métodos de medida se alcanzó datos similares, cabe indicar que los manuales tienen un límite determinado de muestras y los digitales no existe esta limitación al momento de la digitalización, solo dependen del tiempo que demora la prueba de funcionamiento, cabe indicar que el registro de los datos se lo realiza por cada centésima de segundos. En ambos resultados se alcanzó una media de torque máximo de 34,5 Nm.

4.1.1.2 Cálculo de la potencia efectiva corregida

Con la obtención del valor de carga en el ítem anterior se procedió al cálculo de la potencia. Para este punto de análisis fue necesario utilizar las ecuaciones del Capítulo II, las cuales fueron tomadas del manual de usuario del banco dinamométrico.

Tabla 3-4: Datos experimentales para la potencia efectiva

RPM	P (kg)	$Ne = \frac{P * l * n}{716,2} (CV)$
900	0,8	0,70
1250	1,5	1,91
1500	1,7	2,60
1800	2,1	3,85
2100	2,6	5,55
2400	2,9	6,87
2700	3,2	8,55
3000	3,5	10,38
3300	3,7	12,21
3529	4,0	14,04
3900	4,1	16,02
4500	4,6	20,59
5000	4,9	24,27
5545	5,0	27,60
6000	5,0	29,91

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020.

Además de obtener la potencia efectiva, es necesario relacionarlos los parámetros ambientales de la ciudad donde se esté realizando la prueba, para obtener una potencia efectiva corregida.

Potencia efectiva corregida

La potencia efectiva corregida se debe multiplicar por un factor de corrección (K) ya que puede influir en el valor de potencia a causa de la altitud de la zona, este factor dependerá de la temperatura y la presión atmosférica en este caso de la ciudad de Riobamba.

En el manual de funcionamiento del freno dinamométrico se encuentra la ecuación que relaciona estas variables.

Factor de corrección

$$K = \left(\frac{529+T}{529+15} \right) \left(\frac{760}{H} \right) \quad (9)$$

Donde:

K: Factor de corrección

T: Temperatura de Riobamba °C

H: Presión atmosférica de Riobamba mmHg

Los valores de temperatura (Anexo F) y de presión atmosférica (Anexo D), fue obtenida de la estación meteorológica de la ESPOCH.

Datos:

T: 20, 11°C

H: 546, 29 mmHg

$$K = \left(\frac{529 + T}{529 + 15} \right) \left(\frac{760}{546,29} \right)$$

$$K = 1,4$$

Obtenido el factor de corrección se procede a corregir la potencia efectiva con una simple multiplicación como se presenta en la siguiente **Tabla 4-4**.

Tabla 4-4: Datos experimentales para la potencia efectiva corregida

RPM	P (kg)	$Ne = \frac{P * L * n}{716,2} (CV)$	Factor de corrección	Potencia Ne (CV) Corregida
900	0,8	0,70	1,4	0,98
1250	1,5	1,91	1,4	2,68
1500	1,7	2,60	1,4	3,65
1800	2,1	3,85	1,4	5,41
2100	2,6	5,55	1,4	7,79
2400	2,9	6,87	1,4	9,64
2700	3,2	8,55	1,4	12,01
3000	3,5	10,38	1,4	14,57
3300	3,7	12,21	1,4	17,14
3529	4,0	14,04	1,4	19,71
3900	4,1	16,02	1,4	22,50
4500	4,6	20,59	1,4	28,91
5000	4,9	24,27	1,4	34,07
5545	5,0	27,60	1,4	38,75
6000	5,0	29,91	1,4	41,99

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L., 2020.

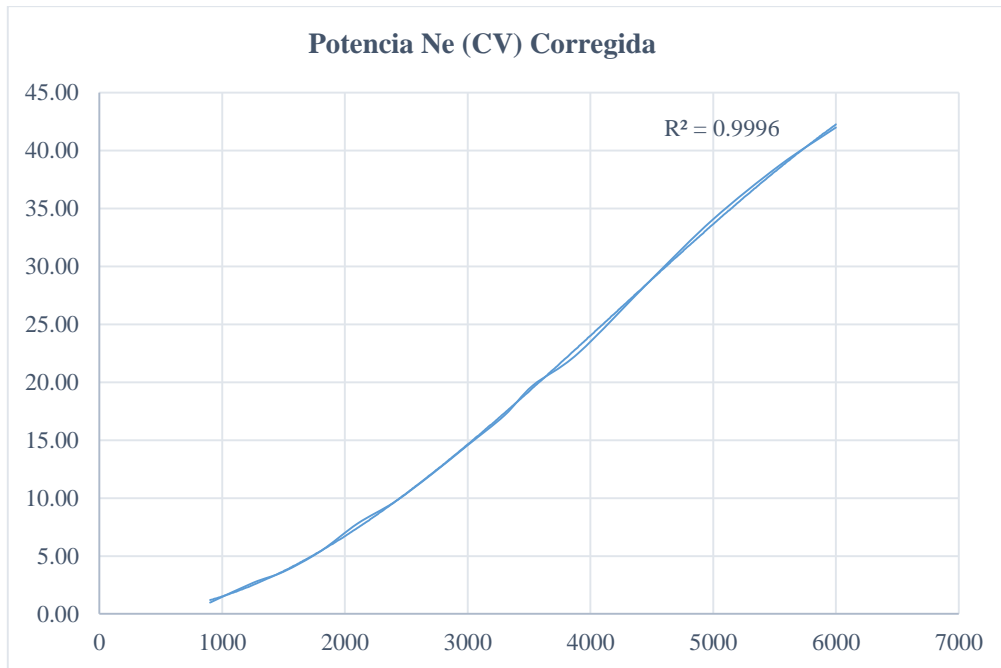


Grafico 3-4: Potencia corregida del motor AVEO 1.6. Manual

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020.

A medida que la potencia corregida incrementa en función con la velocidad se observa un punto máximo de 41,99 CV con una revolución de 6000 rpm. Y un coeficiente de determinación del 99,83%.

Los mismos datos obtenidos experimentales se pueden apreciar en la instrumentación virtual, como se presenta en el siguiente gráfico.

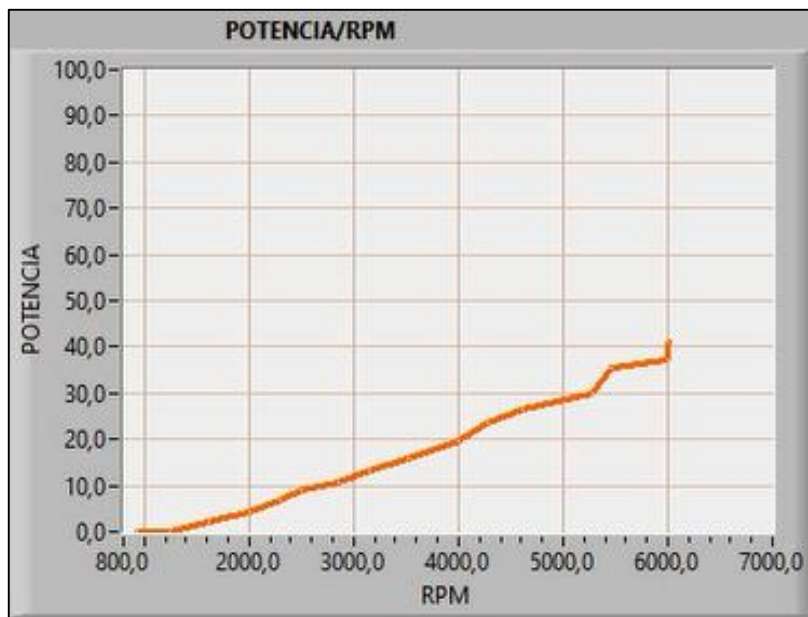


Grafico 4-4: Potencia corregida del motor AVEO 1.6. Datos virtuales.

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020.

Al realizar una relación entre los datos experimentales manuales y digitales obtenidos durante la etapa de validación. Se obtuvo resultados satisfactorios respecto al cálculo de la potencia, ya que los mismos datos dependen de la magnitud medida anteriormente (Carga). Por tanto, se determinó una similitud de los valores máximos de potencia efectiva corregida, En ambos resultados se alcanzó una media de potencia (Ne) máximo de 42 CV.

4.1.1.3 Datos de la medición Consumo específico de combustible

Para determinar el consumo de combustible de forma manual, fue necesario utilizar la probeta de nivel y una balanza digital. Para el cual se desarrolló una rigurosa medición para determinar los gramos consumidos por intervalo de tiempo.

Donde:

$$pb = 0,865 \left[\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right]$$

Para el cálculo del consumo específico se debe emplear la ecuación (6) y (7), de la siguiente manera:

Tabla 5-4: Datos experimentales del consumo específico de combustible

<i>time</i>	<i>P (k)</i>	<i>Volumen</i> <i>cm³</i>	<i>Potencia</i> <i>Ne (CV)</i> <i>Corregida</i>	$Ct = 3.6 \frac{(Vf * pb)}{2} \left[\frac{kg}{h} \right]$	$Cs = \frac{Ct}{Ne} \left[\frac{Kg}{CVh} \right]$
900	0,8	0,29	0,98	0,45	0,46
1250	1,5	0,66	2,68	1,02	0,38
1500	1,7	0,78	3,65	1,21	0,33
1800	2,1	0,96	5,41	1,49	0,28
2100	2,6	1,07	7,79	1,66	0,21
2400	2,9	1,14	9,64	1,78	0,18
2700	3,2	1,21	12,01	1,88	0,16
3000	3,5	1,26	14,57	1,96	0,13
3300	3,7	1,35	17,14	2,11	0,12
3529	4,0	1,39	19,71	2,17	0,11
3900	4,1	1,44	22,50	2,25	0,10
4500	4,6	1,86	28,91	2,89	0,10
5000	4,9	2,29	34,07	3,56	0,10
5545	5,0	2,74	38,75	4,26	0,11
6000	5,0	3,92	41,99	6,10	0,15

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020

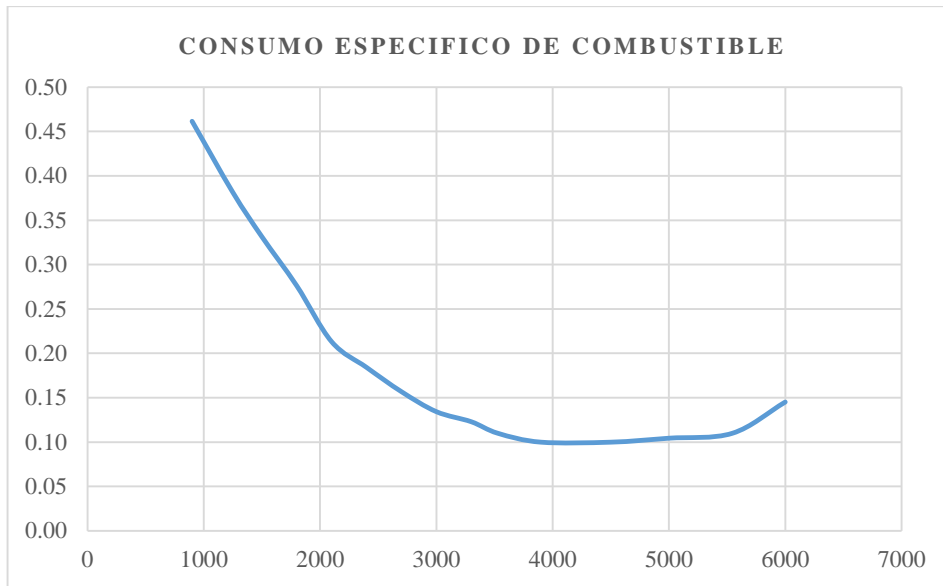


Grafico 5-4: Consumo específico del motor AVEO 1.6.

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020.

Como se puede apreciar en la gráfica, existe un consumo mínimo de gasolina de 0,10 kg/CVh a una velocidad de 3900 a 6000 rpm , obteniendo un torque máximo de 5,0 kg-m, una potencia corregida máxima de 42 CV, esto significa que dentro los intervalos de 4286 a 5000 RPM la velocidad del motor tiene su mejor rendimiento.

Los mismos datos obtenidos experimentales se pueden apreciar en la instrumentación virtual, como se presenta en el siguiente gráfico.

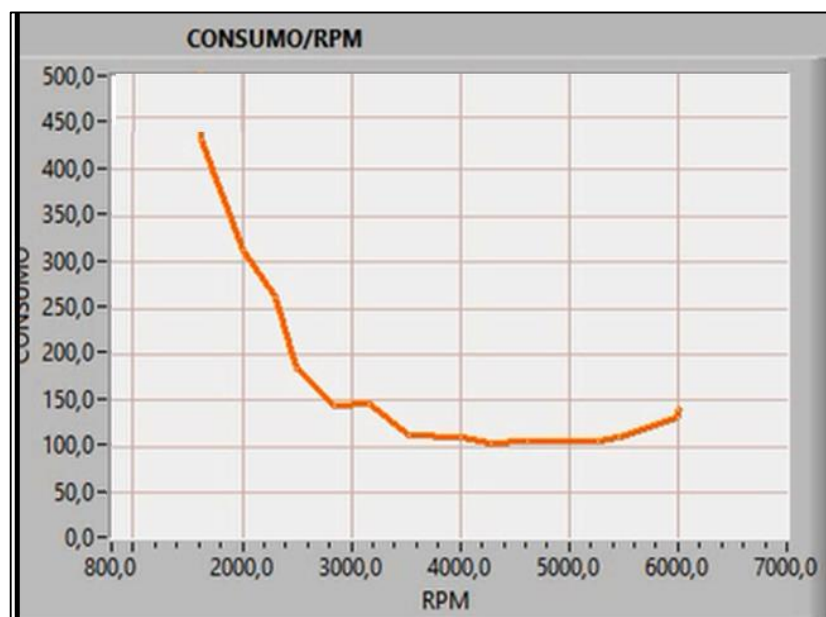


Grafico 6-4: Consumo específico del motor AVEO 1.6. Datos virtuales.

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020.

En cambio para determinar los datos experimentales virtuales tan solo fue necesario censar el volumen por intervalo de tiempo cada centésima de segundo a través de un sensor de flujo. En este caso la precisión de los resultados es más precisa porque no depende de la percepción del usuario ni de equipos preliminares para determinar cada factor. Obteniendo un consumo de mínimo de combustible a las 4500 RPM de 100 [g//CV*h].

4.1.1.4 Comparación de las curvas características manuales y virtuales del motor.

Una vez determinado los datos experimentales de forma manual, se realizó un análisis de los mismos comparándoles con los datos obtenidos con la instrumentación virtual.

Los resultados obtenidos de los datos manuales, se presentan a continuación en una sola grafica consolidada con las tres principales características de funcionamiento del motor Chevrolet AVEO 1.6. y también los datos de la instrumentación virtual.

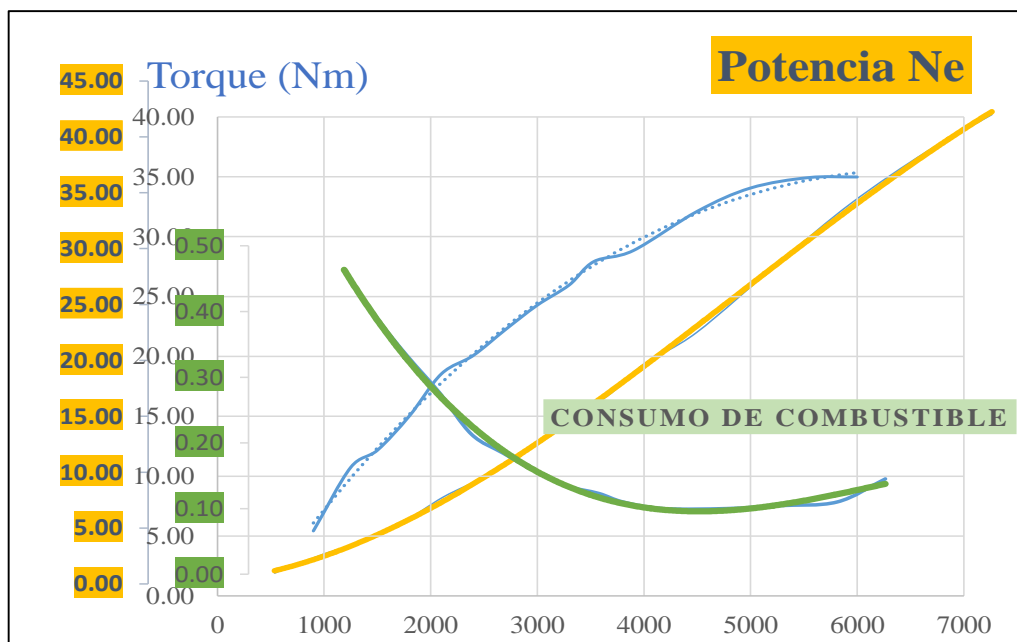


Gráfico 7-4: Curvas características del motor AVEO 1.6 (Datos Manuales).

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020.

Para poder obtener los datos digitales primero se verifico que los circuitos eléctricos estén conectados y calibrados, luego se procedió al encendido del motor en el banco dinamométrico, mediante un interruptor general y posteriormente con los instrumentos virtuales creados en LABVIEW. Con todos ajustes iniciales realizados se procedió a medir los diferentes parámetros de funcionamiento (torque, potencia, temperatura del motor, y consumo específico de combustible) que se genera el motor. Una vez inicia la captura de los datos se procede a dar cargas a distintas velocidades, las lecturas generadas se guardan en un archivo ya predeterminado por el

programa en este caso es Microsoft Excel. Una parte de la información recolectada se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 6-4: Datos experimentales de la instrumentación virtual.

MUESTRA	T.PRUEBA (h)	seg	RPM	POTENCIA (CV)	TORQUE (kgfm)	TORQUE E (Nm)	CONSUMO (g/CV.h)	Ce
0	0.000277	1	923	0.0	0.00	0.00	#NV	0
1	0.000277	1	923	0.0	0.00	0.00	#NV	0
2	0.000277	1	923	0.0	0.00	0.00	#NV	0
3	0.000277	1	923	0.0	0.00	0.00	#NV	0
4	0.000277	1	923	0.0	0.00	0.00	#NV	0
5	0.000553	2	1250	0.7	0.56	5.47	720.82	1432.46
6	0.000553	2	1250	1.6	0.93	9.12	638.76	859.48
7	0.000553	2	1250	1.8	1.03	10.10	576.66	775.92
8	0.000832	3	1622	2.2	1.23	12.07	482.79	649.60
9	0.000832	3	1622	3.4	1.50	14.74	304.82	532.06
10	0.000832	3	1622	3.8	1.67	16.35	274.73	479.54
11	0.000832	3	1622	4.1	1.82	17.82	252.02	439.89
12	0.001108	4	2000	5.7	2.03	19.86	275.08	394.81
13	0.001108	4	2000	6.0	2.14	20.98	260.36	373.69
14	0.001108	4	2000	6.4	2.29	22.45	324.36	349.16
15	0.001389	5	2308	6.7	2.38	23.37	311.70	335.53
16	0.001389	5	2308	8.1	2.52	24.70	255.53	317.42
17	0.001389	5	2308	8.4	2.61	25.54	247.11	306.96
18	0.001389	5	2308	8.7	2.69	26.31	239.86	297.95
19	0.001666	6	2500	9.8	2.81	27.51	211.85	285.03
20	0.001666	6	2500	10.2	2.93	28.70	203.05	273.18
21	0.001666	6	2500	10.5	3.01	29.47	197.73	266.03
22	0.001941	7	2857	12.4	3.11	30.45	167.42	257.45
23	0.001941	7	2857	12.8	3.21	31.44	202.74	249.40
24	0.001941	7	2857	13.1	3.28	32.14	198.31	243.96
25	0.002220	8	3158	15.0	3.39	33.26	173.35	235.72
26	0.002220	8	3158	15.3	3.47	34.03	169.42	230.37
27	0.002220	8	3158	15.7	3.55	34.80	165.66	225.27
28	0.002220	8	3158	16.0	3.63	35.58	162.07	220.38
29	0.002498	9	3529	18.5	3.75	36.77	140.32	213.23

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L., 2020.

Tabla 6-4: (Continua) Datos experimentales de la instrumentación virtual.

MUESTRA	T.PRUEBA (h)	seg	RPM	POTENCIA(CV)	TORQUE (kgfm)	TORQUE (Nm)	CONSUMO (g/CV.h)	Ce
30	0.002498	9	3529	18.8	3.82	37.47	137.69	209.24
31	0.002498	9	3529	19.2	3.90	38.24	161.89	205.01
32	0.002776	10	4000	22.5	4.03	39.50	138.28	198.46
33	0.002776	10	4000	23.2	4.15	40.70	156.60	192.64
34	0.003054	11	4286	23.7	4.25	41.61	153.17	188.42
35	0.003054	11	4286	25.8	4.30	42.17	141.03	185.91
36	0.003331	12	4615	26.9	4.49	44.00	154.49	178.20
37	0.003331	12	4615	29.4	4.57	44.77	158.64	175.13
38	0.003331	12	4615	30.0	4.65	45.54	155.95	172.16
39	0.003608	13	5274	34.8	4.73	46.31	149.09	169.29
40	0.003608	13	5274	35.1	4.76	46.66	147.97	168.02
41	0.003608	13	5274	35.4	4.80	47.08	161.32	166.52
42	0.003886	14	5455	36.9	4.85	47.50	168.64	165.04
43	0.004167	15	5455	37.2	4.88	47.85	181.35	163.83
44	0.004167	15	5755	41.0	4.89	47.92	177.27	163.59
45	0.004442	16	5955	41.0	4.89	47.92	189.93	163.59
46	0.004442	16	6003	41.0	4.89	47.92	189.97	163.59

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020.

Como se puede observar existe una gran cantidad de información que procesa la interfaz virtual. Estos datos dan paso a un mayor análisis en cuanto a las características de funcionamiento de un motor de combustión interna. Además que toda la información recolectada se puede estudiar en el mismo instante que es recolectada, así como como se puede apreciar en la siguiente figura.

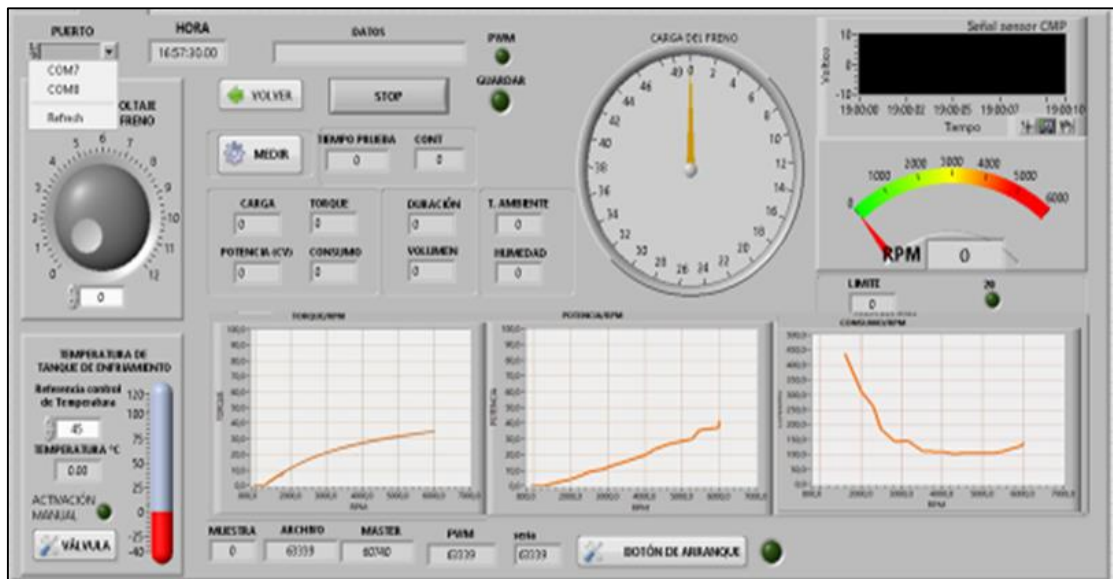


Figura 1-4: Gráficos de la instrumentación virtual.

Realizado por: Muñoz, D.; Pilla, L, 2020.

CONCLUSIONES

- A fin de garantizar el óptimo desempeño del banco dinamométrico se realizó un estudio teórico del funcionamiento de este tipo de bancos, para así poderlo en la impartirlo en lo práctico.
- Una vez rehabilitado el banco se efectuó las pruebas de funcionamiento del Motor Chevrolet Aveo 1.6, con el fin de delimitar los parámetros de medida de forma manual y compararlos con los datos de la instrumentación virtual.
- Una vez determinado los parámetros de medida se procedió a implementar los sensores necesarios para medir la potencia, el torque, y el consumo específico de combustible. Las señales entregadas por los sensores fueron receptadas por la tarjeta de adquisición de datos, para posteriormente realizar los cálculos y gráficos.
- Con la instrumentación virtual se determinó un consumo mínimo de gasolina de 100 g/CVh a una velocidad de 4000 rpm, con un torque máximo de 34 Nm, y una potencia corregida máxima de 42 CV, esto significa que dentro los intervalos de 4000 a 6000 RPM la velocidad del motor tiene un mejor rendimiento.
- El sistema de instrumentación virtual es eficiente porque permite al usuario controlar y monitorear en tiempo real, todos los variables que intervienen durante una prueba de funcionamiento.

RECOMENDACIONES

- Verificar el nivel de agua de la cisterna del sistema de refrigeración, para evitar un recalentamiento de las bobinas del freno dinamométrico y el motor.
- Se debe conocer el funcionamiento del banco dinamométrico, antes de realizar cualquier prueba de funcionamiento.
- Utilizar el equipo de protección personal (EPP) como guantes, gafas, mandil, orejeras, esto ayudara al estudiante a protegerse de los peligros o accidentes que puedan suscitar durante la práctica.
- Antes de poner en marcha el motor se debe realizar la verificación de las partes móviles del banco dinamométrico para evitar que exista desalineamiento, así como las bases que sujetan el motor junto con la bancada y la sujeción de los pernos en todo el sistema de transmisión.
- Inspeccionar el cableado de comunicación con las tarjetas de adquisición de datos para obtener una correcta medición de las variables.
- Se recomienda retirar los objetos que se encuentran cerca de las partes móviles del motor, ya que durante el arranque podría ser arrastrado y ocasionar daños ceberos al banco dinamométrico y a quien se encuentre en su entorno.
- Se debe mantener el distanciamiento durante el tiempo de funcionamiento del banco, una vez que comience a operar el motor a prueba ya que esto genera ruido y vibraciones.
- Se recomienda realizar una división entre el banco dinamométrico y el panel central de control, en futuros proyectos que se realicen en este laboratorio.

GLOSARIO

Sensor de temperatura por resistencia (RTD): es un tipo de sensor que varía la resistencia de un conductor conforme la temperatura cambie. La variación de la resistencia a una determinada temperatura dependerá coeficiente de la resistencia. (De La Torres Carrillo, 2015 pág. 8)

Sensor de posición del cigüeñal (CKP): es un sensor electromagnético con la ayuda del cual el sistema de inyección de combustible sincroniza la operación de los inyectores de combustible y el sistema de encendido. (INGENIERIA Y MECANICA AUTOMOTRIZ , 2020)

Sensor de Posición del Árbol de Levas (CMP): es un elemento eléctrico que permite leer todas aquellas ranuras que se encuentran ubicadas en el eje de levas." (codigosobd2, 2017)

Placa de circuito impreso (PCB): Circuito constituido por una placa aislante, en una o en sus dos caras, de conductores planos metalizados cuyo objeto es asegurar las conexiones eléctricas entre el conjunto de los componentes electrónicos dispuestos en su superficie . (Almodori, 2018)

Adquisición de Datos National Instruments (NI DAQ): es un dispositivo que permite tanto generar como recibir señales digitales y análogas. (Maldonado, 2019 pág. 2)

Salida de pulso de señal (NPN): Tipo de transistor bipolar compuesto de 2 capas semiconductoras tipo N y una tipo P. (Automatización Industrial pág. 12)

Sensor digital de temperatura y humedad (DHT11): este sensor de Temperatura y Humedad relativa logra adquirir los datos de manera análoga para luego transmitirlo por medio de señales del tipo digitales. Cuenta con un componente del tipo resistivo para la toma de Humedad y un termistor del tipo NTC para la medición de la temperatura. (Acosta Portilla, 201 pág. 66)

Nivel de comunicación serial (TTL): Cuando los microcontroladores y otros circuitos integrados de bajo nivel se comunican en serie, generalmente lo hacen a un nivel TTL (lógica transistor-transistor). Las señales seriales TTL existen entre el rango de suministro de voltaje de un microcontrolador, generalmente de 0V a 3.3V o 5V. (Nahim de Anda, 2018)

Instrumentos Visuales (VI): es la combinación del software y hardware usados en la computadora, el cual cumplen con tres funciones adquisición, análisis y presentación de datos de tal forma que permite a los usuarios interactuar con la computadora. (González, 2019)

BIBLIOGRAFÍA

CASTILLO, Jairo; et al. "Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión Interna a Gasolina Mediante el Uso de Bujía con Sensor de Presión Adaptado y Aplicación de un Modelo Matemático". Revista Politécnica Scielo.[En línea]. 2017, (Ecuador), 39 (1), pp 49 - 57. [Citado: 08 agosto 2020] Disponible en: <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rpolit/v39n1/2477-8990-rpolit-39-01-00049.pdf>

CARRILLO, Andrés. Diseño e implementación de un sistema de pozo seco para calibrar circuitos de acondicionamiento de sensores de temperatura.[En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Escuela Politécnica Nacional, Quito - Ecuador 2017. [Citado: 22 agosto 2020] Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17411/1/CD-7913.pdf>

CARREÑO, Karina & JIMENEZ, Natalia. Tutorial para programación de las ni-usb daq 6008 y 6009 con la toolbox de adquisición de datos de Matlab. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga- Bolivia 2009. pp 40- 60[Citado: 08 agosto 2020] Disponible en: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/478/digital_17602.pdf?sequence=1

ECHEVERRÍA YÁNEZ, Luis. *La tarjeta NI 6009.* [En Línea] 2015. [Citado: 11 marzo 2020.]. Disponible en: <Http://Www.Insdecem.Com/Archivos/Documentos/Trabajando%20con%20la%20NI%20USB.Pdf>.

TAROT GÁLVEZ, Mario Edgar. Planteamiento del uso de instrumentación virtual para adquisición de datos. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Mexico 2017. pp, 30-50. [Citado: 20 marzo 2020]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0119_EO.pdf

AREATECNOLOGIA. Tecnologia.Com. Simulador de circuitos electronicos [En Línea]. 2019. [Citado: 12 octubre 2020.] Disponible en: <Https://Www.Areatecnologia.Com/Electronica/Simulador-De-Circuitos-Electronicos.Html>.

ALIEXPRESS. Electrical Haihuilai. Sensor medidor de fujio [En Línea] 2020. [Citado: 18 octubre 2020.] Disponible en: <Https://Www.Amazon.Es/Sensor-Contador-Combustible-L%C3%Adquido-Gasolina/Dp/B01E2HW02W>.

ALVAREZ, Kevin. *Tipo de frenos dinamometricos.* Scribd.Com. [En Línea] 08 noviembre 2017. [Citado: 31 enero 2020.] Disponible en: <https://Es.Scribd.Com/Document/363849282/Tipos-De-Frenos-Dinamometricos>.

AUTOMOTIVE ELECTRONICS. Bomba de gasolina. Avicar Usa. [En Línea] 2020. [Citado: 14 octubre 2019.] Disponible en: <https://Avicarusa.Com/Product/Bomba-De-Gasolina-Ad129/?V=3fd6b696867d>.

AV ELECTRONICS. Modulo de Rele. Electronics.com [En Línea] 2020. [Citado: 12 octubre 2020.] Disponible en: <https://Avelectronics.Cc/Producto/Modulo-Rele-1-Canal/>.

BALLADARES, Luis & SAETEROS, Darío. Implementacion de un sistema de adquisicion de datos y pruebas de funcionamiento de un banco dinamometrico. [En Línea] (Trabajo de titulacion). (Ingenieria). Escuela Superior Politecnica de Chimborazo Facultad Mecanica, Riobamba - Ecuador 2016. pp 12-13. [Citado: 10 diciembre 2020.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4656/1/15T00627.pdf>.

BALLESTER, José. *Frenos de corrientes parasitas.* Tringa. [En Línea] 07 enero 2011. [Citado: 31 enero 2020.] Disponible en: https://Www.Taringa.Net/+Autos_Motos/Frenos-Por-Corrientes-Parasitas_12o0o5.

BARRENO, Oscar & CASANOVA, Rubén. *Logística y Comunicación En Un Taller De Vehículos.* España: Parainfo, 2015. ISBN 8428335222/9788428335225, pp 80-90. [Citado: 11 agosto 2020]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=E7YbCgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

CÉSPEDES MACHICAO, Marcelo. "Características de las placas arduino". Universidad Autónoma Juan Misael Sarach. Tarija [En línea]. 2017, (España), 2 (1), pp 1-6. [Citado: 08 agosto 2020] Disponible en: <https://docplayer.es/70502740-Caracteristicas-de-las-placas-arduino.html>

COMPEL S. A. *Certificacion de Calidad Arduino Nano.* Medellín., 2018. [Citado: 08 agosto 2020] Disponible en: <http://compel.com.co/images/Datasheet/ard9.pdf>

Conde Pérez, Elvith Eddy. 2017. Diseño de un prototipo para el control y automatización de un sistema hidropónico en un invernadero. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad Mayor De San Andrés, Sna Andres - Bolivia 2017. pp 60 - 80. [Citado: 08 agosto 2020] Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/16833/T-3365.pdf?sequence=1>

CONEVYT. *Sensor SKP y CMP.* Mexico.[En Línea] 22 junio 2011. [Citado: 10 octubre 2019.] Disponible en: https://www.conevyt.org.mx/educamba/guias_emprendizaje/sensor4.pdf.

DEL VALLE, Luis . Sensor de ambiental. *Programacion Facil.com.* [En Línea] 2020. [Citado: 14 mayo 2020.] Disponible en: <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/sensor-dht11-temperatura-humedad-arduino/>.

ARRIOLA, Diego; et al. Diseño y construcción de un banco de pruebas para generar la curva par-velocidad de un motor de combustión interna. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad de El Salvador. El Salvador 2018. pp 65 - 80. [Citado: 08 agosto 2020] Disponible en: <https://docplayer.es/91801958-diseno-y-construccion-de-un-banco-de-pruebas-para-generar-la-curva-par-velocidad-de-un-motor-de-combustion-interna.html>.

FEIJOO, Marco & GARCÍA, Víctor. Adecuación del banco dinamométrico marca Armfield CM11 para el acoplamiento de diferentes motores ciclo OTTO. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Politécnica Salesiana sede Matriz Cuenca, Azuay - Ecuador 2016. pp 5 -60. [Citado: 08 agosto 2020] Disponible en: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12826/1/UPS-CT006696.pdf?fbclid=IwAR350QiwNhZpKOpKx5crQj_cFieqnQt5fowc3mHq0fkJ1b-W6LqLX-6VQ7

ERASO, Eduardo. Torque y potencia. *Sites.Google.Com.* [En Línea] 2011. [Citado: 21 diciembre 2019.] Disponible en: <https://sites.google.com/site/manualdeduardo/home/torque-y-potencia>.

ERAZO LÓPEZ, Jorge. Análisis del comportamiento de un motor de combustión interna a gasolina de 4 cilindros 1800 cc del vehículo Chevrolet Optra Limited. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Internacional SEK, Ecuador 2014. pp 16 -70. [Citado: 12 diciembre 2020.]. Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/1677/1/Plan%20de%20Titulaci%C3%B3n%20Jorge%20Erazo.pdf>

FREENPNG.ES. Freno de corrientes parasitas. *Freenpng.Es.* [En Línea] 2018. [Citado: 31 enero 2020.] Disponible en: <https://www.freenpng.es/png-82hmdr/>.

GARCÍA MORENO, Daniel & MUÑOZ CHALÉN, Alvaro. Diseño e implementación de un prototipo de alarma de sensores infrarrojos y de vibración aplicado a la comunidad principalmente a los peatones con discapacidad visual y auditiva instalado al sistema de semaforización. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil-

Ecuador 2014. pp 30 - 50. [Citado: 08 agosto 2020] Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10422/1/UPS-GT001488.pdf>

GRUPO FAROS. Medicion correcta de la potencia. *Un Producto De Grupo Faro*. [En Línea] 2018. [Citado: 31 enero 2020.] Disponible en: <https://Talleractual.Com/Tecnica/Partes-De-Motor/6797-La-Medicion-Correcta-De-La-Potencia>.

IOTSENS GIMENO IOT DIVISION. Sensor ambiental. *Iotsens* [En Línea] 2020. [Citado: 12 noviembre 2020.] Disponible en: <https://Www.Iotsens.Com/Sensores/Sensor-Ambiental/#:~:Text=El%20dispositivo%20mide%20las%20part%20C3%20Adculas,Y%20la%20temperatura%20del%20aire>.

RUIZ, Isaac. Arduino Nano. *Hardwarelibre*. [En Línea] 2020. [Citado: 12 diciembre 2020.] Disponible en: <https://Www.Hwlibre.Com/Arduino-Nano/>.

JAITIA, Luis & CHANCUSIG, José. Rehabilitación y mantenimiento del banco dinamométrico marca borghi y saveri modelo Fa 200 Sp de la Facultad de Mecánica Espoch. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador 2013. pp 17 - 40. [Citado: 19 abril 202] Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3138/1/65T00106.pdf>

JAMJ2000. Señales Analógicas y digitales. *Es.Wikibooks.Org*. [En Línea] 28 septiembre 2014. [Citado: 17 febrero 2020.] Disponible en: https://Es.Wikibooks.Org/Wiki/Archivo:Se%C3%B1ales_Analogica-Digital.Png.

LABVIEW, INSTRUMENTACIÓN VIRUAL. Curso de instrumentacion virtual Labview. *Etitudela*. [En Línea] 2018. [Citado: 19 febrero 2021.] Disponible [Http://Www.Etitudela.Com/Entrenadorcomunicaciones/Downloads/Labviewcursodeinstrumentacion.Pdf](http://Www.Etitudela.Com/Entrenadorcomunicaciones/Downloads/Labviewcursodeinstrumentacion.Pdf).

LAICA CUNALATA, William. Implementación de un banco de pruebas para la unidad de control electrónico de vehículos con sistemas de inyección electrónica para la escuela de ingeniería automotriz. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador 2012. pp 20-40.[Citado: 08 agosto 2020]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3867/1/65T00033.pdf>

LOGICBUS. Sensores de Temperatura. *Logicbu*. [En Línea] 2019. [Citado: 07 marzo 2020.] Disponible en: <https://Www.Logicbus.Com.Mx/Sensores-Temperatura.Php>.

LÓPEZ VALESCO, Walter & MÓYON AMAGUAYA, Nelson. Desarrollo de un sistema scada para la medición de temperatura con sistemas embebidos para el laboratorio de mecatrónica de la facultad de mecánica. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador 2015. pp 20-40.[Citado: 08 agosto 2020]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/1145/1/25T00148.pdf>

MARUEZ, Freddy & ROJAS, Miller. Diseño y construcción de un banco de pruebas para motores monocilindricos de cuatro tiempos a gasolina. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Pontificia Bolivariana , Bucaramanga - Colombia 2011. pp 23-50. [Citado El: 12 septiembre 2019.] Disponible en: https://Repository.Upb.Edu.Co/Bitstream/Handle/20.500.11912/1679/Digital_21165.Pdf?Sequence=1.

MECANICAVIRTUAL.ORG. Sensores de revoluciones. *Aficionadosalamecanica.Net*. [En Línea] 2014. [Citado: 05 marzo 2020.] Disponible en: [Http://Www.Aficionadosalamecanica.Net/Sensores2.Htm](http://Www.Aficionadosalamecanica.Net/Sensores2.Htm).

MEGAROBOT. Electrovalvulas. *Popayán* . [En Línea] 2020. [Citado: 12 septiembre 2020.] Disponible en: <https://Www.Megarobotpop.Com/Productos/Electrovalvula-1-2-Pulgada-12v-Alta-Presion/>.

MORDUCCA, Roberto. "Sensores de efecto Hall". Universidad Nacional de San Luis. Unsl.Edu.Ar [En línea]. 2015, (Argentina), 1 (1), pp 1-10. [Citado: 27 febrero 2020.] Disponible en: [Http://Www0.Unsl.Edu.Ar/~Interfases/Labs/Lab09.Pdf](http://Www0.Unsl.Edu.Ar/~Interfases/Labs/Lab09.Pdf).

MORENO Velasco, Ignacio & SÁNCHEZ ORTEGA, Pedro. Instrucción a la instrumentación virtual programación en labVIEW. *Universidad De Burgos*,[En línea] 2016. España pp 5-40. [Citado: 08 agosto 2020] Disponible en: https://riubu.ubu.es/bitstream/handle/10259.3/3/S%Elnchez_y_Moreno_GuionLabview_ver62-PW.PDF?jsessionid=FD9D620806B90BAEF257A4FF8C617E0C?sequence=4

MUSO CHANGO, Carlos & PLASENCIA LEMA, Segundo. Diseño e implementación de un sistema daq y hmi de un analizador de calidad de energía para la empresa eléctrica bolívar emelbo s.a. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Politécnica Del Ejército Sede Latacunga, Latacunga - Ecuador : 2005. pp 30-60. [Citado: 08 agosto 2020] Disponible en: <https://Repositorio.Espe.Edu.Ec/Bitstream/21000/4199/1/T-ESPEL-0161.Pdf>.

NATIONAL INSTRUMENTS. Manual de National Instruments Labview. *National Instruments*. [En Línea] 2015. [Citado: 10 marzo 2020.] Disponible en: <Http://Www.Ni.Com/Pdf/Manuals/371303n.Pdf>.

NATIONAL INSTRUMENTS. Tarjeta de adquisición de datos. *Ni.Com*. [En Línea] 2015. [Citado: 11 marzo 2020.] Disponible en: <Http://Www.Ni.Com/Getting-Started/Set-Up-Hardware/Data-Acquisition/Esa/Digital-Output>.

NATIONAL INSTRUMENTS. Examinar la configuración del dispositivo DAQ. *Openstax*. [En Línea] 2020. [Citado: 12 septiembre 2020.] Disponible en: <Https://Cnx.Org/Contents/Vjscm13m@4.6:Ggc0tyef@1/Measurement-Automation-Explorer-Windows-Only>.

NAVIXY. Que es un medidor de flujo de combustible. *Navix*. [En Línea] 2018. [Citado: 10 diciembre 2019.] Disponible en: <Https://Www.Navixy.Com/Es/Docs/Academy/Fuel-Control/Fuel-Flow-Meter/#:~:Text=El%20medidor%20de%20flujo%20de,Combustible%20por%20unidad%20de%20tiempo..>

NAYLAMP MECHATRONICS SAC. Tutorial sensor de distancia Dharp. *Mecatronics sac*. [En Línea] 2016. [Citado: 02 octubre 2019.] Disponible en: Https://Www.Naylampmechatronics.Com/Blog/55_Tutorial-Sensor-De-Distancia-Sharp.Html.

OMEGA. Sensor de temperatura. *Spectris Company*. [En Línea] 2018. [Citado: 12 octubre 2019.] Disponible en: <Https://Es.Omega.Com/Prodinfor/Medicion-Temperatura.Html#:~:Text=Hay%20seis%20tipos%20de%20sensor,Dispositivos%20de%20cambio%20de%20estado..>

OVIEDO, A; et al. Sistema Electrónico de Adquisición y Entrega de Datos para Laboratorios de Enseñanza que puedan incorporarse a Entornos Virtuales de Aprendizaje. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Congreso Iberoamericano De Ciencia, Tecnología, Innovación Y Educación, Buenos Aires Argentina 2014, pp 5-20. [Citado: 08 agosto 2020] Disponible en: <https://docplayer.es/1979361-Sistema-electronico-de-adquisicion-y-entrega-de-datos-para-laboratorios-de-ensenanza-que-puedan-incorporarse-a-entornos-virtuales-de-aprendizaje.html>

OVIEDO, Julian. Señal analógica. *Es.Wikipedia.Org*. [En Línea] 2015. [Citado: 17 febrero 2020.] Disponible en: Https://Es.Wikipedia.Org/Wiki/Archivo:Se%C3%B1al_Anal%C3%B3gica.Jpg.

PALLÁS, Ramón. *Sensores Y Acondicionadores De Señal*. Barcelona : Digital,S.A, 2003. ISBN 8426713440.

PALOMO, Kléber & PILATAXI, Edison. Diseño y construcción de un sistema de medición de consumo específico de combustible con la utilización de un software para la optimización del dinamómetro del laboratorio de motores diesel-gasolina. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Politécnica del ejército extensión Latacunga, Cotopaxi - Ecuador 2012. pp 21. [Citado: 12 diciembre 2020.]. Disponible en: <Http://Repositorio.Espe.Edu.Ec/Xmlui/Bitstream/Handle/21000/8105/T-ESPEL-0980.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y>.

PINEDA ROSERO, Kennya. Implementación de un módulo de entrenamiento para control de lazos abiertos y cerrados utilizando labview para el laboratorio de mecatrónica de la facultad de mecánica. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador 2012.[Citado: 08 agosto 2020] Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/3063/1/25T00197.pdf>

POZO PÉREZ , Víctor. Aplicación De Sensores De Proximidad para automatización de tareas en entornos hospitalarios. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Carlos III de Madrid, MADrid - España 2018. pp. 17-26. [08 agosto 2020] Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/288501422.pdf>

R&D COMPANY. Características del motor Suzuki F8A. *Alibaba.Com*. [En Línea] 2020. [Citado: 12 diciembre 2020.] Disponible en: <Https://Spanish.Alibaba.Com/Product-Detail/F8a-Four-Stroke-Low-Cylinder-800cc-Engine-For-Suzuki-F8a-60184940217.Html?Spm=A2700.7724857.0.0.2ea76458r3i4nw>.

RAMÍREZ, LEONEL; et al. *SENSORES Y ACTUADORES APLICACIONES CON ARDUINO*. México : Patricia, S.A DE C.V, 2014. ISBN 9786074389364. [Citado: 08 agosto 2020] Disponible en: https://books.google.com.ec/books/about/Sensores_y_Actuadores.html?id=wMm3BgAAQBAJ&printsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

RUTO-DATA. Características del motor Chevrolet AVEO 1.6. *Ruto-Data.Net*. [En Línea] 2010. [Citado: 10 enero 2021.] Disponible en: <Https://Www.Auto-Data.Net/Es/Chevrolet-Aveo-Sedan-1.6-I-16v-106hp-14430>.

RYMESINCE1982. Banco de potencia para vehículos BD 4WD INERCIAL . *Ryme.Com*. [En Línea] 2020. [Citado: 08 agosto 2020] Disponible en: <Https://Www.Ryme.Com/Producto/Banco-De-Potencia-Vehiculos-Bd-4wd-Inercial/>.

SALAS GARZON, Ivan. Modelo experimental de transmisión y recepción por paquetes de información.. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Politécnica Nacional Pichincha, Quito - Ecuador 2015. [Citado: 08 agosto 2020] Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10331/1/T312.pdf>

TAROT, Edgar. Planteamiento Del Uso De Instrumentacion Virtual para adquisición de datos. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 2004. [Citado: 08 agosto 2020] Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0119_EO.pdf

TECNOLOGIA HUMANIZADA. Sensor de Humedad. *Technology.com*. [En Línea] 2019. [Citado: 12 octubre 2019.] Disponible en: <https://Humanizationoftechnology.Com/Sensores-De-Humedad-Ambiente/Revista/Sensorica/07/2018/>.

TERMO-WATT SL. Tipos de mantenimiento. *Polígono Industrial De Valls*. [En Línea] 2020. [Citado: 19 diciembre 2020.] Disponible en: <https://www.termo-watt.com/termo-watt-empresa/blog-actualidad/82-cuales-son-los-tipos-de-mantenimiento-industrial>.

TMMBRUMMER. Sistemas de refrigeración para vehículos. *Brummer.Com*. [En Línea] 2019. [Citado: 11 febrero 2020.] Disponible en: <http://www.brummer.com.mx/boletinpdf/sis.enfriamiento.pdf>.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL. Licencias para software Labview. *Utn.Com*. [En Línea] 2018. [Citado: 12 octubre 2020.] Disponible en: <https://www.utm.edu.ar/es/secretaria-tic/licencias-de-software/tic-licencias/labview-licencias>.

VIQUIMOS. Circuitos electricos. *Viquimos.Jimdofree.Com*. [En Línea] 2016. [Citado: 18 febrero 2020.] Disponible en: <https://viquimos.jimdofree.com/grado-8/periodo-03/semana-02/>.

VOTESEN. Sonda LM35 impermeable sensor de temperatura con alambre estañado. *Alibaba.Com*. [En Línea] 2020. [Citado: 14 agosto 2020.] Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/6x30mm-6x50mm-probe-lm35-waterproof-temperature-sensor-with-wire-tinning-62120750723.html>.

Z, Orlando. Qyue es y como se interpreta el torque y la potencia. *Es.Slideshare.Net*. [En Línea] 2014. [Citado: 21 noviembre 2019.] Disponible en: <https://es.slideshare.net/orlandozx13/qu-es-y-cmo-se-interpretan-el-torque-y-la-potencia-de-un-motor>.

VILLAVA VALENCIA, Jaime & ZURITA, Luis. Rehabilitación e implementación de un sistema de salida de datos digital al dinamómetro p-400b del laboratorio de maquinaria pesada de la carrera de ingeniería automotriz. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador 2016. [Citado: 08 agosto 2020] Disponible en: http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5854/1/65T00197.pdf?fbclid=IwAR0yd8OM2R5By7KO_HIIUMzl



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANEXOS

ANEXO A: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

N°	ACTIVIDADES	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Mes 8							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Recopilación de información	■	■	■																																	
2	Instalación del sistema eléctrica			■	■	■	■																														
3	Análisis del estado actual del banco dinamométrico						■	■																													
4	Requerimientos del sistema de instrumentación virtual							■	■																												
5	Selección de los instrumentos										■	■	■																								
6	Diseño de la interfaz											■	■	■																							
7	Desmontaje del motor de combustión interna Suzuki F8A														■																						
8	Rectificación de la caja de seguridad del eje de transmisión y limpieza bancada y sujeción de los pernos														■	■																					
9	Limpieza, lubricación de las partes móviles el banco, como el acondicionamiento del eje de transmisión														■	■	■																				
10	Pintado de todos los elementos que conforma el banco dinamométrico																		■	■																	

ANEXO B: PLAN DE MANTENIMIENTO DEL BANCO DINAMOMÉTRICO

Frecuencia	Elemento	Preventivo	correctivo	Trabajo a realiza
Mensual	Sistema eléctrico	X		Verificar el sistema eléctrico
Mensual	cañerías	X		Verificar que no exista acumulación de basura, tierra por los canales que pasan las cañerías, también existe presencia de agua generadas en días de invierno ingresan por los canales al taller.
trimestral	Cisterna	X		Limpieza de la cisterna por presencia impurezas en pared, piso y cambio de agua, ya que circula por todo el sistema de alimentación.
250 horas de trabajo	Banco dinamométrico	X		Limpiar y engrasar todas las partes móviles y elementos de sujeción del banco dinamométrico. Verificar que los componentes se encuentren alineados correctamente.
bimestral	Bomba agua de la cisterna	X		Limpieza y verificación de los elementos para evitar averías en los mecanismos.
120horas de trabajo	Cambio de aceite para la bomba de agua	X		Limpieza y cambio de aceite, puesto que pierde las propiedades de lubricación. Se recomienda el lubricante con clasificación SAE (85W140).
100 horas	Caja del eje seguridad de transmisión	X		Verificar que la caja no presente ninguna anomalía.
250 horas de trabajo	Balanza dinamométrico	X		Para un correcto funcionamiento y toma de datos se procede calibrar la balanza, esto se lo realiza en sentido horario. 1. Quite la protección, coloque el brazo de control en la palanca por medio de los pernos. En la parte posterior del banco aplicar el brazo y su contrapeso. 2.Encere la escala dinamométrica con la perilla, cuelgue un peso determinada en el gancho opuesto del brazo de calibración del lado de la balanza, y lea el valor de dicho peso que debe estar indicado sobre la escala de la balanza; como indica en la hoja 21.121D del manual de funcionamiento del freno dinamométrico de corrientes parásitas
124 horas de trabajo	Tanque de enfriamiento	X		Drenar y limpiar el tanque para evitar la proliferación de residuos.
Bimestral	Instalación de tubería para el agua			Limpieza y verificación de los accesorios
Trimestral	Válvula de pie de la bomba	X		verificar que a válvula de pozo se encuentre libre de suciedad y corrosión, esto facilitara una llegada limpia y clara del flujo

ANEXO C: SEÑALIZACIÓN DEL ÁREA DEL BANCO DINAMOMÉTRICO.

Es indispensable identificar los peligros a que se exponen al momento de manipular el banco dinamométrico, para ello se implementó las señaléticas, con el fin de evitar que los estudiantes sufran algún accidentes.

SEÑALIZACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO		
	Tabla	Carrera de Ingeniería Industrial
Actividad	Aviso de prevención	Advertencia
Área de trabajo		Mantener limpio y ordenado periódicamente el área de trabajo
Utilizar el EPP		Es indispensable el uso del equipo de protección personal (guantes, gafas, mandil, orejeras), esto ayuda a protegerse de los riesgos que pudieran darse durante la práctica.
Cuando el banco dinamométrico este operando.		Durante las pruebas se prohíbe: Arrojar cualquier objeto dentro del área de trabajo. Tocar el motor a prueba y la transmisión. Colocar las manos o cualquier parte del cuerpo cuando el banco se encuentre en funcionamiento. Manipular las partes móviles del banco dinamométrico
Riesgo eléctrico		Tener cuidado cuando este manejando con la tensión de 220V en la caja de potencia.
No ingresar alimentos		Durante las prácticas se prohíbe llevar e ingerir alimentos.
Maquina trabajando		Mantener el distanciamiento durante el tiempo de operación del banco dinamométrico

ANEXO D: COSTOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.

Tabla: Costos directos

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total (\$)
Fuente	1	70	70
Tablet	1	200	200
Sensor Inductivo	1	15	15
Circuito Impreso	1	60	60
Infrarrojo	2	10	20
Instalación	1	80	80
Sensor Sharp	1	20	20
Reóstato	1	20	20
Sensor de Nivel	1	10	10
Pernos y tuercas de la brida	6	5	30
Filtro de Aceite	1	5	5
Galón de Aceite	1	15	15
Niple $\frac{3}{4}$	1	20	20
Manguera y válvulas de paso	1	37	37
Acople flexible	1	300	300
Tubería	1	20	20
Soportes de Motor	2	25	50
Total.			972

Tabla: Costos indirectos

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total (\$)
Movilización y transporte	2	110	220
Arriendo	1	240	240
Accesorios	1	100	100
Impresiones e investigación	2	60	120
Gastos Extras	2	50	100
Total.			780

Tabla: Costos totales

Descripción	Costo total (\$)
Costos directos	972
Costos indirectos	780
Total.	1752

ANEXO E: ESTACIÓN METEOROLÓGICA PROMEDIOS MENSUALES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA EN RIOBAMBA



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA



PROMEDIOS DE HORAS MENSUALES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA DESDE LAS 8 -17 HORAS DEL DÍA											
Horas	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	Promedio
Enero	730,4	730,1	730,0	729,6	728,7	727,8	727,1	726,7	726,6	726,2	728,33
Febrero	729,6	729,9	729,8	729,4	728,6	727,9	727,0	726,3	726,0	726,3	728,07
Marzo	729,4	729,9	730,0	729,7	729,1	728,3	727,4	726,6	726,1	726,0	728,26
Abril	730,3	730,8	730,9	730,6	730,0	729,2	728,4	727,6	727,2	727,3	729,22
Mayo	729,7	729,5	729,2	728,9	728,5	728,3	728,2	728,3	728,6	728,9	728,81
Junio	729,5	728,7	728,1	727,7	727,8	728,1	728,8	729,4	730,1	730,5	728,87
Julio	729,5	728,8	728,2	727,8	727,7	728,0	728,6	729,3	729,9	730,4	728,83
Agosto	729,9	729,1	728,5	728,0	727,9	728,2	728,7	729,5	730,1	730,7	729,06
Septiembre	728,8	727,9	727,1	726,6	726,5	726,9	727,6	728,3	729,0	729,7	727,84
Octubre	727,9	726,9	726,1	725,7	725,8	726,4	727,2	728,1	728,9	729,5	727,26
Noviembre	727,8	726,8	726,1	725,8	726,1	726,6	727,4	728,2	728,9	729,5	727,31
Diciembre	729,2	728,8	728,4	728,0	727,7	727,7	727,8	727,9	728,2	728,6	728,24
										Promedio	728,34

La presión atmosférica en Riobamba es 728,34 mBar que equivale a 546,299 mmHg

ANEXO F: ESTACIÓN METEOROLÓGICA PROMEDIOS MENSUALES DE LA TEMPERATURA AMBIENTE EN RIOBAMBA



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA



PROMEDIOS DE HORAS MENSUALES DE TEMPERATURA DESDE LAS 8 -17 HORAS DEL DÍA											
Horas	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	Promedio
Enero	17,8	21,7	22,5	22,2	18,7	19,3	22,4	18,1	17,1	20,6	20,04
Febrero	19,7	20,9	25,0	19,7	17,9	18,7	19,6	19,6	19,0	17,7	19,78
Marzo	23,9	21,7	22,6	20,4	17,7	17,7	18,0	19,2	18,1	19,8	19,92
Abril	23,9	18,1	17,9	20,5	21,6	18,0	20,3	21,9	20,1	19,2	20,15
Mayo	21,9	19,8	20,7	20,2	19,1	16,3	20,7	20,4	17,3	18,3	19,45
Junio	19,0	23,8	18,6	19,3	17,1	24,4	20,6	22,3	21,4	18,8	20,53
Julio	23,7	18,2	18,2	17,7	21,7	24,3	18,7	19,3	17,3	20,8	19,99
Agosto	20,2	17,8	17,7	22,5	19,7	20,4	21,7	24,5	20,3	22,6	20,74
Septiembre	23,4	21,0	18,0	18,5	17,3	20,9	18,1	22,9	21,0	21,3	20,24
Octubre	18,2	18,6	20,3	19,7	18,6	19,0	20,2	19,4	23,2	20,5	19,76
Noviembre	23,3	19,7	18,9	17,6	20,4	21,3	24,3	20,6	19,4	22,8	20,84
Diciembre	20,7	18,6	20,1	21,6	18,1	20,5	19,0	18,5	21,1	20,6	19,88
										Promedio	20,11

Temperatura ambiente de la ciudad de Riobamba es de 20,11°C