



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**TÍTULO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

AUTOR: PILATASIG GANCINO, LUIS BLADIMIR

TEMA: “MANTENIMIENTO MODIFICATIVO DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA UN MOTOR LADA 1.7cc DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE PARA LA OBTENCIÓN DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS EN TIEMPO REAL”

DIRECTOR: ING. GUTIÉRREZ, ROBERTO

CODIRECTOR: ING. AYALA, PAÚL

Sangolquí, 2014 – Febrero

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “**MANTENIMIENTO MODIFICATIVO DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA UN MOTOR LADA 1.7cc DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE PARA LA OBTENCIÓN DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS EN TIEMPO REAL**”, fue realizado en su totalidad por Pilatasig Gancino Luis Bladimir, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Ing. Gutiérrez Roberto
DIRECTOR

Ing. Ayala Paúl
CODIRECTOR

Sangolquí, 2014 – 02 – 04

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo: LUIS BLADIMIR PILATASIG GANCINO.

Declaro que

El proyecto de grado titulado: **“MANTENIMIENTO MODIFICATIVO DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA UN MOTOR LADA 1.7cc DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE PARA LA OBTENCIÓN DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS EN TIEMPO REAL”**,, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme los autores constan al final de cada párrafo correspondiente.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido científico de proyecto de grado en mención.

Pilatasig Gancino Bladimir
1720577681

Sangolquí, 2014

AUTORIZACIÓN

Yo, PILATASIG GANCINO LUIS BLADIMIR,

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del proyecto de grado titulado **“MANTENIMIENTO MODIFICATIVO DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA UN MOTOR LADA 1.7cc DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE PARA LA OBTENCIÓN DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS EN TIEMPO REAL”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 04 de febrero de 2014

Pilatasig Gancino Bladimir

C.I.: 172057768-1

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

**“MANTENIMIENTO MODIFICATIVO DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA
UN MOTOR LADA 1.7cc DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA E
IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE PARA LA OBTENCIÓN DE LAS
CURVAS CARACTERÍSTICAS EN TIEMPO REAL”**

ELABORADO POR:

Pilatasig Gancino Bladimir

1720577681

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ING. ÁNGELO VILLAVICENCIO

DIRECTOR DE CARRERA

Dedicatoria

Dedico esta tesis primeramente a Dios por haberme dado la vida y ser mi guía en el camino, a mi padre Luis Pilatasig por haberme inculcado todos los valores de responsabilidad, respeto y humildad, también dedico esta tesis a Alejandro e Ivonne por sus consejos y su apoyo incondicional y a todos mis familiares que hicieron posible culminar esta etapa de mi vida.

Luis Bladimir Pilatasig Gancino

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Politécnica del Ejército, en especial a los Ingenieros Gutiérrez Roberto, Paúl Ayala, Alberto Naranjo y a la Facultad de Ingeniería Mecánica, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona útil a la sociedad.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Luis Bladimir Pilatasig Gancino

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO.....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
CAPITULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. OBJETIVO GENERAL	2
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.3. ALCANCE DEL PROYECTO	3
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	4
1.4.1. NECESIDAD	4
1.4.2 . RECURSOS HUMANOS	4
1.4.3. INFRAESTRUCTURA	5
1.4.4. ASPECTO ECONÓMICO:	5
CAPITULO 2.....	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. DEFINICIÓN	6
2.2. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA PARA GASOLINA.....	6

2.2.1.	EL PROCESO DE COMBUSTIÓN	6
2.2.2.	NOMENCLATURA PARA LOS MOTORES ALTERNATIVOS.....	7
2.2.2.1.	CILINDRADA O VOLUMEN DE BARRIDO (VB)	7
2.2.2.2.	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL (A).....	7
2.2.2.3.	ESPACIO MUERTO	8
2.2.2.4.	VOLUMEN TOTAL (V_T).....	8
2.3.	CICLO MECÁNICO.....	8
2.3.1.	TIEMPO DE ADMISIÓN.....	9
2.3.2.	TIEMPO DE COMPRESIÓN.....	10
2.3.3.	TIEMPO DE EXPLOSIÓN	10
2.3.4.	TIEMPO DE ESCAPE.....	11
2.4.	CURVAS CARACTERÍSTICAS.....	12
2.4.1.	PAR MOTOR	13
2.4.1.1.	CURVA DEL PAR MOTOR.....	14
2.4.2.	POTENCIA DE UN MOTOR	14
2.4.2.1.	CURVA DE POTENCIA.....	16
2.4.3.	CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE	17
2.5.	INYECCIÓN ELECTRÓNICA.....	19
2.6.	VENTAJAS DE LA INYECCIÓN ELECTRÓNICA	20
2.7.	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN	21
2.7.1.	SEGÚN EL LUGAR DE INYECCIÓN.....	21
2.7.1.1.	DIRECTA.....	21
2.7.1.2.	INDIRECTA	22
2.7.2.	SEGÚN EL NÚMERO DE INYECTORES	22
2.7.2.1.	MONOPUNTO	22

2.7.2.2. MULTIPUNTO.....	23
2.7.3. SEGÚN EL NÚMERO DE INYECCIONES.....	23
2.7.3.1. CONTINUA.....	23
2.7.3.2. INTERMITENTE.....	24
2.7.3.3. SECUENCIAL.....	24
2.7.3.4. SEMISECUENCIAL.....	24
2.7.3.5. SIMULTANEA.....	25
2.7.4. SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO.....	25
2.7.4.1. INYECCIÓN MECÁNICA (K-JETRONIC).....	25
2.7.4.2. INYECCIÓN ELECTROMECAÁNICA (KE-JETRONIC).....	27
2.7.4.3. INYECCIÓN ELECTRÓNICA (L-JETRONIC, LE-JETRONIC).....	29
2.7.4.4. LE-JETRONIC.....	31
2.7.4.5. LE2-JETRONIC.....	31
2.7.4.6. LH-JETRONIC.....	31
2.8. BANCOS DE PRUEBAS.....	32
2.8.1. TIPOS DE ENSAYOS.....	33
2.8.1.1. ENSAYOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO.....	33
2.8.1.2. ENSAYOS DE PRODUCCIÓN.....	34
2.8.2. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS BANCOS DE PRUEBAS.....	34
2.8.3. TIPOS DE FRENOS DINAMOMÉTRICOS.....	36
2.8.3.1. FRENO DE FRICCIÓN.....	36
2.8.3.2. FRENO DINAMOMÉTRICO HIDRÁULICO.....	38
2.8.3.3. FRENOS ELÉCTRICOS.....	39
CAPITULO 3.....	42

3.	DIAGNOSTICO DEL MOTOR.....	42
3.1.	INFORMACIÓN TÉCNICA DEL MOTOR LADA 1.7CC.....	42
3.2.	DIAGNOSTICO FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN ELECTRÓNICA DEL MOTOR LADA 1.7CC.....	42
3.2.1.	UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO (ECU).....	42
3.2.2.	ARQUITECTURA DEL ECU	45
3.3.	DIAGNOSTICO, CARACTERÍSTICAS Y COMPORTAMIENTO DE LOS SENSORES QUE CONTROLAN LA GESTIÓN ELECTRÓNICA DEL MOTOR.....	47
3.3.1.	SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR.....	48
3.3.1.1.	FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR	48
3.3.1.2.	CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR	49
3.3.1.3.	UBICACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL SENSOR.....	50
3.3.2.	SENSOR DE FLUJO DE MASA DE AIRE (MAF).....	50
3.3.2.1.	FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR	50
3.3.2.2.	CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR	51
3.3.2.3.	UBICACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL SENSOR.....	52
3.3.3.	SENSOR DE TEMPERATURA DEL AIRE INGRESADO AL MOTOR (IAT).....	53
3.3.3.1.	FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR	53
3.3.3.2.	CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR	53
3.3.3.3.	UBICACIÓN Y DIAGNOSTICO DEL SENSOR.....	54
3.3.4.	SENSOR DE POSICIÓN DE PLACA DE ACELERADOR (TPS)	54
3.3.4.1.	FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR	54
3.3.4.2.	CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR	55

3.3.4.3. UBICACIÓN Y DIAGNOSTICO DEL SENSOR	55
3.3.5. SENSOR DE OXIGENO (O2)	56
3.3.5.1. FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR	56
3.3.5.2. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR	56
3.3.5.3. UBICACIÓN Y DIAGNOSTICO DEL SENSOR	58
3.3.6. SENSOR DE ROTACIÓN DEL MOTOR (CKP)	58
3.3.6.1. FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR	58
3.3.6.2. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR	59
3.3.6.3. UBICACIÓN Y DIAGNOSTICO DEL SENSOR	60
3.3.7. MOTOR PASO A PASO (IAC)	60
3.3.7.1. FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR	60
3.3.7.2. UBICACIÓN Y DIAGNOSTICO DEL MOTOR PASO – PASO.....	61
3.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DEL MOTOR.....	62
3.4.1. SISTEMA DE COMBUSTIBLE	62
3.4.1.1. BOMBA DE COMBUSTIBLE	65
3.4.1.2. MANGUERAS Y CAÑERÍAS DE ALTA PRESIÓN	66
3.4.1.3. FILTRO DE COMBUSTIBLE.....	67
3.4.1.4. SENSOR DE FLUJO DE COMBUSTIBLE.....	68
3.4.1.5. REGULADOR DE LA PRESIÓN DE INYECCIÓN.....	68
3.4.1.6. INYECTORES.....	69
3.4.1.7. VÁLVULA ELECTROMAGNÉTICA DE PURGA (CÁNISTER).....	70
3.4.2. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	71
3.4.2.1. BOMBA DE AGUA:.....	75
3.4.2.2. MANGUITOS:	75
3.4.2.3. TERMOSTATO:	76

3.4.2.4. TAPA DEL RADIADOR:	76
3.4.3. SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE	77
3.4.3.1. MÚLTIPLE DE ADMISIÓN.....	79
3.4.3.2. CONDUCTOS DE ADMISIÓN	80
3.4.4. SISTEMA DE ESCAPE DE GASES	81
3.4.4.1. VÁLVULAS DE ESCAPE.....	84
3.4.4.2. MÚLTIPLE DE ESCAPE	84
3.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS ACCESORIOS ADICIONADOS AL MOTOR.....	85
3.5.1. MEDIDOR DE PRESIÓN DE ACEITE	85
3.5.2 . MEDIDOR DE TEMPERATURA DE ACEITE	86
3.5.3. AMPERÍMETRO.....	87
3.5.4. MEDIDOR DE FLUJO AGUA DE GASES DE ESCAPE	88
3.5.5. MEDIDOR DE FLUJO DE BOMBA CENTRIFUGA DE AGUA.....	89
3.5.6. MANÓMETRO DE AIRE	90
3.6. DISEÑO DEL SOPORTE	91
3.6.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	91
3.6.2 . DIMENSIONAMIENTO.....	91
3.6.3. DIBUJO DE LA ESTRUCTURA	92
3.6.4. ANÁLISIS ESTÁTICO DE LA ESTRUCTURA	95
3.6.5. SIMULACIÓN MEDIANTE SOFTWARE	96
3.6.6. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN	101
3.6.6.1. TENSIÓN.....	101
3.6.6.2. DEFORMACIÓN.....	101
3.6.6.3. LA DEFORMADA	102

3.6.6.4. FACTOR DE SEGURIDAD	103
CAPITULO 4	104
4. CARACTERÍSTICAS DE LOS SENSORES Y DEL SISTEMA ELECTRÓNICO	104
4.1. ADQUISICIÓN DE DATOS.....	104
4.2. DESCRIPCIÓN DE LOS SENSORES Y DISPOSITIVOS UTILIZADOS EN EL BANCO DE PRUEBAS	104
4.2.1. DISPOSITIVO DAQ	104
4.2.1.1. ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES.....	105
4.2.1.2. CONVERTIDOR ANALÓGICO DIGITAL (ADC).....	105
4.2.1.3. BUS DE LA PC.....	105
4.2.1.4. CARACTERÍSTICAS DE DISPOSITIVO DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	106
4.2.1.5. DESCRIPCIÓN DE LOS TERMINALES DEL DISPOSITIVO DAQ.....	107
4.2.1.6. ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE	108
4.2.1.7. DIAGRAMA DE CONEXIÓN.....	110
4.2.1.8. DIMENSIONES	111
4.2.1.9. UBICACIÓN	111
4.2.2. SENSOR DE TEMPERATURA LM35.....	112
4.2.2.1. CARACTERÍSTICAS	113
4.2.2.2. ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE	113
4.2.2.3. DIAGRAMA DE CONEXIÓN.....	115
4.2.2.4. ACONDICIONAMIENTO	116
4.2.2.5. DIMENSIONES	117
4.2.2.6. UBICACIÓN	117

4.2.3.	TERMOCUPLA TIPO K.....	118
4.2.3.1.	CARACTERÍSTICAS	119
4.2.3.2.	ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE	120
4.2.3.3.	ACONDICIONAMIENTO	120
4.2.3.4.	DIMENSIONES	121
4.2.3.5.	DIAGRAMA DE CONEXIÓN.....	121
4.2.3.6.	UBICACIÓN.....	122
4.2.4.	SENSOR DE REVOLUCIÓN	123
4.2.4.1.	CARACTERÍSTICAS	124
4.2.4.2.	ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE	124
4.2.4.3.	DIMENSIONES	124
4.2.4.4.	DIAGRAMA DE CONEXIÓN.....	125
4.2.4.5.	UBICACIÓN.....	126
4.2.5.	SENSOR DE FUERZA.....	126
4.2.5.1.	CARACTERÍSTICAS	127
4.2.5.2.	ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE	127
4.2.5.3.	ACONDICIONAMIENTO	128
4.2.5.4.	DIMENSIONES	128
4.2.5.5.	DIAGRAMA DE CONEXIÓN.....	129
4.2.5.6.	UBICACIÓN.....	129
4.2.6.	SENSOR DE FLUJO DE COMBUSTIBLE.....	130
4.2.6.1.	CARACTERÍSTICAS	130
4.2.6.2.	ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE	131
4.2.6.3.	ACONDICIONAMIENTO	132
4.2.6.4.	DIMENSIONES	133

4.2.6.5. DIAGRAMA DE CONEXIÓN.....	134
4.2.6.6. UBICACIÓN.....	135
CAPITULO 5.....	136
5. ENTORNO DEL PROGRAMA	136
5.1. ESTRUCTURA DEL PROGRAMA	136
5.2. CARACTERÍSTICAS DEL PROGRAMA	139
5.3. EVENTOS DEL PROGRAMA	140
5.4. VENTANAS DEL PROGRAMA	140
5.5. VENTANA PRINCIPAL DE OBTENCIÓN DE DATOS.....	142
5.5.1. DESCRIPCIÓN DE LA VENTANA PRINCIPAL DE OBTENCIÓN DE DATOS.....	142
5.5.2. FRONT PANEL PRINCIPAL.....	142
5.5.2.1. PARTES DEL FRONT PANEL PRINCIPAL.....	143
5.5.3. DIAGRAMA DE BLOQUE PRINCIPAL	144
5.5.4. DESCRIPCIÓN DE HERRAMIENTAS Y ESTRUCTURAS	145
5.5.4.1. PALETA DE HERRAMIENTAS (TOOLS PALETTE)	145
5.5.4.2. PALETA DE CONTROLES (CONTROLS PALETTE).....	146
5.5.4.3. PALETA DE FUNCIONES (FUNCTIONS PALETTE)	147
5.5.4.4. ESTRUCTURAS.....	149
5.5.5. EJECUCIÓN DEL VI PRINCIPAL.....	152
5.5.6. FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA MEDIANTE EL DIAGRAMA DE BLOQUES	154
5.5.6.1. LECTURA DE DATOS DE SENSORES.....	155
5.5.6.2. ALMACENAMIENTO DE DATOS EN ARRAY	156
5.5.6.3. GENERACIÓN DE GRAFICAS.....	156

5.5.7.	DESCRIPCIÓN DE LA OBTENCIÓN DE DATOS	157
5.5.7.1.	SENSOR DE TEMPERATURA LM35	157
5.5.7.2.	TERMOCUPLA TIPO K.....	161
5.5.7.3.	SENSOR DE REVOLUCIÓN	164
5.5.7.4.	SENSOR DE FUERZA.....	165
5.5.7.5.	SENSOR DE CAUDAL DE COMBUSTIBLE.....	166
5.6.	VENTANA SECUNDARIA DE OBTENCION DE FUERZA Y TEMPERATURA	167
5.6.1.	FRONT PANEL DE LA VENTANA SECUNDARIA	167
5.6.1.1.	PARTES DEL FRONT PANEL SECUNDARIO	168
5.6.2.	DIAGRAMA DE BLOQUE SECUNDARIO	168
5.6.3.	DESCRIPCIÓN DE LA LIBRERÍA	169
5.6.4.	EJECUCIÓN DEL VI SECUNDARIO	171
5.6.5.	FUNCIONAMIENTO DEL SUBVI MEDIANTE EL DIAGRAMA DE BLOQUES	172
5.7.	VENTANA SECUNDARIA DE OBTENCION DE FRECUENCIA.....	173
5.7.1.	FRONT PANEL DE LA VENTANA SECUNDARIA	173
5.7.1.1.	PARTES DEL FRONT PANEL PRINCIPAL.....	174
5.7.2 .	DIAGRAMA DE BLOQUE SECUNDARIO	175
5.7.3.	DESCRIPCIÓN DE LA LIBRERÍA	175
5.7.4.	EJECUCIÓN DEL VI SECUNDARIO	178
5.7.5.	FUNCIONAMIENTO DEL SUBVI MEDIANTE EL DIAGRAMA DE BLOQUES	179
	CAPITULO 6.....	180

6.	CALCULOS Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS.....	180
6.1.	CALCULO DE FACTORES QUE INFLUYEN EN EL TRABAJO DEL MOTOR.....	180
6.1.1.	LA CILINDRADA	181
6.1.2.	LA RELACIÓN DE COMPRESIÓN.....	183
6.1.3.	LA VELOCIDAD DE ROTACIÓN DEL MOTOR	185
6.1.4.	LA VELOCIDAD DE ÉMBOLO	186
6.1.5.	LA RELACIÓN DIÁMETRO/CARRERA	188
6.1.6.	CAUDAL DE COMBUSTIBLE DE LOS INYECTORES.....	189
6.1.7.	TORQUE	196
6.1.7.1.	CALCULO DEL TORQUE EN EL MOTOR.....	197
6.1.7.2.	TABULACIÓN DE DATOS OBTENIDOS EN LABVIEW	198
6.1.7.3.	GRAFICAS RESULTANTE EN LABVIEW	200
6.1.7.4.	GRAFICAS RESULTANTE EN EXCEL.....	200
6.1.7.5.	ANÁLISIS DE LA CURVA.....	201
6.1.8.	POTENCIA	202
6.1.8.1.	CALCULO DE LA POTENCIA DE UN MOTOR	203
6.1.8.2.	TABULACIÓN DE DATOS OBTENIDOS EN LABVIEW	204
6.1.8.3.	GRAFICAS RESULTANTE EN LABVIEW	206
6.1.8.4.	GRAFICAS RESULTANTE EN EXCEL.....	206
6.1.8.5.	ANÁLISIS DE LA CURVA.....	207
6.1.9.	CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE	208
6.1.9.1.	CÁLCULO DEL CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR.....	210

6.1.9.2. TABULACIÓN DE DATOS OBTENIDOS EN LABVIEW	211
6.1.9.3. GRAFICAS RESULTANTE EN LABVIEW	213
6.1.9.4. GRAFICAS RESULTANTE EN EXCEL.....	213
6.1.9.5. ANÁLISIS DE LA CURVA.....	214
CAPITULO 7.....	215
7. PLAN DE MANTENIMIENTO, GUIA DE ENCENDIDO, FUNCIONAMIENTO Y PRÁCTICAS DEL BANCO DE PRUEBAS DEL MOTOR A INYECCION.....	215
7.1. PLAN DE MANTENIMIENTO.....	215
7.1.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	215
7.1.2. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	216
7.1.2.1. ESTABILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS.....	216
7.1.2.2. EVALUACIÓN GENERAL DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS	217
7.1.2.3. IDENTIFICACIÓN DE PIEZAS DEFECTUOSAS	217
7.1.2.4. CAMBIO / REPARACIÓN DE PARTES DEFECTUOSAS	218
7.1.2.5. REQUISICIÓN DE PARTES FALTANTES	218
7.1.2.6. INSTALACIÓN DE PARTES FALTANTES	218
7.1.2.7. MECANISMOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	219
7.1.2.8. BASES DE DATOS.....	219
7.1.2.9. FORMATOS.....	219
7.1.3. FORMATOS DE SERVICIO DIARIO, QUINCENAL Y MENSUAL PARA EL BANCO DE PRUEBAS	220
7.1.3.1. FORMATOS DE CHECK LIST DIARIO.....	220

7.1.3.2. FORMATOS DE SERVICIO QUINCENAL DEL BANCO DE PRUEBAS (150 HORAS)	222
7.1.3.3. FORMATOS DE SERVICIO MENSUAL DEL BANCO DE PRUEBAS (500 HORAS)	223
7.1.4. IDENTIFICACIÓN DE SENSORES	224
7.1.4.1. IDENTIFICACIÓN DE SENSORES DEFECTUOSOS	224
7.1.4.2. CAMBIO / REPARACIÓN DE SENSORES DEFECTUOSOS	225
7.1.4.3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS PROTECCIONES.....	226
7.1.5. PROGRAMACIÓN DE SERVICIOS.....	226
7.1.6. PROGRAMACIÓN DE SERVICIOS MENORES DEL BANCO DE PRUEBAS	226
7.1.6.1. ACTIVIDADES DEL SERVICIO MENOR	227
7.1.6.2. TIEMPO ESTIMADO.....	228
7.1.7. PROGRAMACIÓN DE SERVICIOS MAYORES DEL BANCO DE PRUEBAS	229
7.1.7.1. TOP END OVERHAUL.....	229
7.1.7.2. TIEMPO ESTIMADO.....	230
7.1.7.3. OVERHAUL COMPLETO.....	231
7.1.7.4. TIEMPO ESTIMADO.....	232
7.2. GUIA DE ENCENDIDO Y FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS DEL MOTOR A INYECCION.....	232
7.2.1. PASOS PARA EL ENCENDIDO DEL BANCO DE PRUEBAS DEL MOTOR A INYECCIÓN.....	233
7.3. NORMAS DE SEGURIDAD PARA EL CORRECTO USO DEL BANCO DE PRUEBAS DENTRO DEL TALLER AUTOMOTRIZ	240

7.4.	RIESGOS MÁS FRECUENTES Y MEDIDAS PREVENTIVAS	242
7.4.1 .	CHOQUE ELÉCTRICO.....	242
7.4.2.	INCENDIO.....	242
7.4.3.	CONTACTO CON FLUIDOS	242
7.4.4.	CORTES, MUTILACIONES, LESIONES.....	243
	CAPITULO 8.....	244
8.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y BIBLIOGRAFIA	244
8.1.	CONCLUSIONES	244
8.2.	RECOMENDACIONES	245
8.3.	BIBLIOGRAFÍA	246
	ANEXO A. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN EN SOLIDWORKS.....	247
	ANEXO B. DATA SHEET DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS USB 1408 FS.....	248
	ANEXO C. DATA SHEET DEL SENSOR DE FUERZA SFSEN09375	249
	ANEXO D. DATA SHEET DEL SENSOR DE TEMPERATURA LM35	250
	ANEXO E. DATA SHEET DEL SENSOR DE CAUDAL POW110D3B	251
	ANEXO F. DATA SHEET DE LA TERMOCUPLA TIPO K	252
	ANEXO G. TABLA DE DIMENSIONES DE PERFILES.....	253
	ANEXO H. FORMATOS DE CHECK LIST DIARIO.....	254
	ANEXO I. FORMATOS DE CHECK LIST QUINCENAL.....	255
	ANEXO J. FORMATOS DE CHECK LIST MENSUAL.....	256
	ANEXO K. ESQUEMAS DEL SISTEMA DEL MOTOR	257
	ANEXO L. PLANOS DE PIEZAS ADICIONADAS AL BANCO DE PRUEBAS	258
	ANEXO M. CONTRATO DE COMPRA VENTA DEL MOTOR	259
	ANEXO N. CARTA DE DONACIÓN DE MOTOR DE PRUEBAS.....	260

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Nomenclatura del Pistón.....	7
Figura 2. 2 Ciclo mecánico del motor de combustión interna	9
Figura 2. 3 Tiempo de admisión.....	9
Figura 2. 4 Tiempo de compresión	10
Figura 2. 5 Tiempo de explosión.....	10
Figura 2. 6 Tiempo de escape	11
Figura 2. 7 Curvas Características.....	12
Figura 2. 8 Esquema de los elementos relacionados con el par motor.....	13
Figura 2. 9 Ejemplos de curvas del par motor	14
Figura 2. 10 Curvas de par y potencia	17
Figura 2. 11 Curva de consumo específico.	18
Figura 2. 12 Inyección Directa de Combustible	21
Figura 2. 13 Inyección Indirecta de Gasolina	22
Figura 2. 14 Inyección monopunto.....	22
Figura 2. 15 Inyección Multipunto	23
Figura 2. 16 Inyección continua	23
Figura 2. 17 Inyección Secuencial	24
Figura 2. 18 Inyección Semisecuencial.....	24
Figura 2. 19 Inyección Simultánea.....	25
Figura 2. 20 Inyección Mecánica K-Jetronic	25
Figura 2. 21 Sistema de Inyección K-Jetronic.....	26
Figura 2. 22 Esquema del Sistema KE-Jetronic.....	28
Figura 2. 23 Diagrama del Sistema L/LE Jetronic.....	29
Figura 2. 24 Clasificación de los frenos dinamométricos	36

Figura 2. 25 Freno de Prony	36
Figura 2. 26 Freno dinamométrico hidráulico	38
Figura 2. 27 Curva de comportamiento para el freno dinamométrico hidráulico	39
Figura 2. 28 Diagrama simplificado del alambrado del dinamómetro eléctrico.....	40
Figura 3. 1 Módulo de Control del Tren de Potencia (PCM)	42
Figura 3. 2 Esquema de conexiones eléctricas del sistema de mando del motor a inyección multipunto de combustible	44
Figura 3. 3 Arquitectura del PC	45
Figura 3. 4 Motor (Mostrando los sensores de forma general)	47
Figura 3. 5 Grafica del sensor de temperatura del motor.....	48
Figura 3. 6 Estructura interna del sensor de temperatura del motor	49
Figura 3. 7 Ubicación del sensor de temperatura del motor	50
Figura 3. 8 Sensor MAF	51
Figura 3. 9 Ubicación del sensor MAF	52
Figura 3. 10 Sensor IAT	53
Figura 3. 11 Ubicación del sensor IAT	54
Figura 3. 12 Estructura interna y gráfica del sensor de posición de placa del acelerador (TPS).	55
Figura 3. 13 Ubicación del sensor de posición de placa del acelerador	55
Figura 3. 14 Sensor de oxígeno o sonda lambda	56
Figura 3. 15 Estructura interna sensor oxígeno	57
Figura 3. 16 Ubicación Del Sensor de Oxígeno o Sonda Lambda en el automóvil	58

Figura 3. 17 Sensor de Rotación del motor	59
Figura3. 18 Sensor inductivo para la determinación de las RPM y sincronización del motor.....	59
Figura 3. 19 Estructura interna del sensor de posición del cigüeñal.	60
Figura 3. 20 Ubicación del sensor de posición del cigüeñal	60
Figura 3. 21 Actuador que controla marcha ralentí en el motor	61
Figura 3. 22 Ubicación del actuador que controla la marcha ralentí	61
Figura 3. 23 Ubicación del actuador que controla la marcha ralentí	63
Figura 3. 24 Ubicación del actuador que controla la marcha ralentí	64
Figura 3. 25 Bomba de Combustible.....	65
Figura 3. 26 Bomba de combustible sumergible	66
Figura 3. 27 Manguera de alta presión de combustible	66
Figura 3. 28 Filtro de combustible.....	67
Figura 3. 29 Filtro de combustible.....	68
Figura 3. 30 Regulador de presión.....	68
Figura 3. 31 Inyectores	69
Figura 3. 32 Inyector eléctrico de combustible.....	70
Figura 3. 33 Válvula electromagnética de purga (Cánister).....	70
Figura 3. 34 Sistema de Refrigeración.....	72
Figura 3. 35 Sistema de Refrigeración.....	73
Figura 3. 36 Sistema de Refrigeración.....	73
Figura 3. 37 Bomba de Agua	75
Figura 3. 38 Manguitos	75
Figura 3. 39 Termostato.....	76
Figura 3. 40 Tapa del Radiador	76

Figura 3. 41 Sistema de Ingreso de Aire.....	78
Figura 3. 42 Sistema de Ingreso de Aire.....	78
Figura 3. 43 Múltiple de Admisión.....	79
Figura 3. 44 Múltiple de Admisión.....	80
Figura 3. 45 Sistema de Escape de Gases.....	82
Figura 3. 46 Sistema de Escape de Gases.....	83
Figura 3. 47 Válvulas de Escape	84
Figura 3. 48 Múltiple de escape	84
Figura 3. 49 Medidor de Presión de Aceite.....	85
Figura 3. 50 Medidor de temperatura de aceite	86
Figura 3. 51 Amperímetro	87
Figura 3. 52 Diagrama de conexión del amperímetro	87
Figura 3. 53 Medidor de flujo de agua de gases de escape	88
Figura 3. 54 Medidor de flujo de bomba centrífuga de agua.....	89
Figura 3. 55 Manómetro de aire.....	90
Figura 3. 56 Vista frontal de la estructura	92
Figura 3. 57 Vista superior de la estructura	93
Figura 3. 58 Vista lateral de la estructura	93
Figura 3. 59 Estructura en 3D.....	94
Figura 3. 60 Perfil principal	94
Figura 3. 61 Nomenclatura del perfil principal.....	95
Figura 3. 62 Croquizado de la estructura.....	97
Figura 3. 63 Icono de Asistente Simulation Xpress.....	97
Figura 3. 64 Representación de sujeciones en Solid Works.....	98
Figura 3. 65 Ubicación de fuerzas distribuidas en Solid Works.	99

Figura 3. 66 Selección del material.....	99
Figura 3. 67 Propiedades típicas de materiales en ingeniería	100
Figura 3. 68 Resultados de análisis de tensión en Solid Works	101
Figura 3. 69 Resultados de deformación en Solid Works.	102
Figura 3. 70 Resultados de la deformada	102
Figura 3. 71 Resultados del factor de seguridad en Solid Works.....	103
Figura 4. 1 Adquisición de datos.....	104
Figura 4. 2 Dispositivo de Adquisición de datos.....	104
Figura 4. 3 Terminales del Dispositivo de Adquisición de Datos.....	107
Figura 4. 4 Diagrama de conexión	110
Figura 4. 5 Dimensiones del Dispositivo de Adquisición de Datos.....	111
Figura 4. 6 Ubicación del dispositivo de Adquisición de Datos	111
Figura 4. 7 Sensor de temperatura LM35	112
Figura 4. 8 Terminales del sensor de temperatura LM35	115
Figura 4. 9 Diagrama de conexión del sensor de temperatura LM35	116
Figura 4. 10 Diagrama de acondicionamiento del sensor de temperatura LM35	116
Figura 4. 11 Dimensiones del sensor LM35.....	117
Figura 4. 12 Ubicación del sensor LM35.....	117
Figura 4. 13 Termocupla tipo K.....	118
Figura 4. 14 Diagrama de acondicionamiento termocupla tipo K.....	121
Figura 4. 15 Dimensiones termocupla tipo K	121
Figura 4. 16 Diagrama de conexión de la termocupla tipo K	122
Figura 4. 17 Ubicación de la termocupla tipo K	122
Figura 4. 18 Sensor de Rotación del motor	123

Figura 4. 19 Sensor inductivo para la determinación de las RPM y sincronización del motor.....	123
Figura 4. 20 Dimensiones del sensor de revolución	125
Figura 4. 21 Diagrama de conexión del sensor de revolución	125
Figura 4. 22 Ubicación del sensor de revolución	126
Figura 4. 23 Sensor de Fuerza	126
Figura 4. 24 Diagrama de acondicionamiento del sensor de fuerza	128
Figura 4. 25 Diagrama de conexión del sensor de fuerza.....	129
Figura 4. 26 Ubicación del sensor de fuerza.....	130
Figura 4. 27 Sensor de Caudal	130
Figura 4. 28 Sección en corte del sensor de caudal	131
Figura 4. 29 Diagrama de acondicionamiento del sensor de caudal.....	132
Figura 4. 30 Dimensiones del sensor de caudal	133
Figura 4. 31 Diagrama de terminales del sensor de caudal.....	134
Figura 4. 32 Diagrama de conexión del sensor de caudal	134
Figura 4. 33 Ubicación del sensor de caudal	135
Figura 5. 1 Estructura del programa	136
Figura 5. 2 Diagrama de flujo.....	137
Figura 5. 3 Esquema Mecánico	138
Figura 5. 4 Figura 5. 5 Esquema Electrónico	138
Figura 5. 6 Diagrama de composición del programa principal	139
Figura 5. 7 Diagrama del menú general.....	139
Figura 5. 8 Ventana principal del software	141
Figura 5. 9 Ventana secundaria de obtención de fuerza y temperatura.....	141
Figura 5. 10 Ventana secundaria de obtención de frecuencia	142

Figura 5. 11 Front panel principal	143
Figura 5. 12 Partes del front panel principal	144
Figura 5. 13 Diagrama de bloque principal	145
Figura 5. 14 Case structure.....	150
Figura 5. 15 Sequence structure.....	151
Figura 5. 16 Sequence local	151
Figura 5. 17 While loop	152
Figura 5. 18 Ejecución de la estructura While.....	152
Figura 5. 19 Ejecución del VI principal.....	153
Figura 5. 20 Tabulación de datos con software	153
Figura 5. 21 Detención del programa.....	154
Figura 5. 22 Código para lectura de datos de los sensores.....	155
Figura 5. 23 Código para almacenamiento de datos en array	156
Figura 5. 24 Código para generación de graficas	157
Figura 5. 25 Diagrama de bloque del LM35.....	158
Figura 5. 26 Grafica Temperatura vs Tiempo ingreso de la red.....	160
Figura 5. 27 Grafica Temperatura vs Tiempo salida de la bomba	160
Figura 5. 28 Diagrama de bloque del AD595.....	161
Figura 5. 29 Diagrama de bloque termocupla tipo K.....	163
Figura 5. 30 Grafica Temperatura vs Tiempo gases de escape	163
Figura 5. 31 Diagrama de bloque para obtención de frecuencia	164
Figura 5. 32 Diagrama de bloque del sensor de caudal.....	166
Figura 5. 33 Front Panel de la ventana secundaria	167
Figura 5. 34 Partes del Front Panel de la ventana secundaria	168
Figura 5. 35 Diagrama de bloques de la ventana secundaria	169

Figura 5. 36 ULx Create Virtual Channel	169
Figura 5. 37 ULx Read.....	169
Figura 5. 38 ULx Write	170
Figura 5. 39 ULx Timming.....	170
Figura 5. 40 ULx Trigger	170
Figura 5. 41 ULx Start Task	170
Figura 5. 42 ULx Stop Task	170
Figura 5. 43 ULx Clear Task	171
Figura 5. 44 ULx Wait Until Done.....	171
Figura 5. 45 ULx Is Task Done	171
Figura 5. 46 Ejecución del VI secundario.....	172
Figura 5. 47 Tabulación de datos con software	172
Figura 5. 48 Funcionamiento del subVI mediante diagrama de bloques	173
Figura 5. 49 Front Panel de la ventana secundaria	174
Figura 5. 50 Partes del Front Panel de la ventana secundaria	174
Figura 5. 51 Diagrama de bloques de la ventana secundaria	175
Figura 5. 52 ULx Create Virtual Channel	176
Figura 5. 53 ULx Read.....	176
Figura 5. 54 ULx Write	176
Figura 5. 55 ULx Timming.....	176
Figura 5. 57 ULx Trigger	177
Figura 5. 58 ULx Start Task	177
Figura 5. 59 ULx Stop Task	177
Figura 5. 60 ULx Clear Task	177
Figura 5. 61 ULx Wait Until Done.....	177

Figura 5. 62 ULx Is Task Done	178
Figura 5. 63 Ejecución del VI secundario.....	178
Figura 5. 64 Tabulación de datos con software	179
Figura 5. 65 Funcionamiento del subVI mediante diagrama de bloques	179
Figura 6. 1 Elementos de un cilindro.....	180
Figura 6. 2 Relación Diámetro/Carrera	189
Figura 6. 3 Esquema para el cálculo de la velocidad de descarga de un inyector	190
Figura 6. 4 Curva del Torque	196
Figura 6. 5 Grafica de torque en tiempo real con LabView	200
Figura 6. 6 Grafica de torque en Excel	201
Figura 6. 7 Curva del Potencia.....	202
Figura 6. 8 Grafica de potencia en tiempo real con LabView.....	206
Figura 6. 9 Grafica de potencia en Excel	207
Figura 6. 10 Curva de consumo especifico de combustible.....	208
Figura 6. 11 Grafica de consumo especifico de combustible en tiempo real con LabView	213
Figura 6. 12 Grafica de consumo especifico de combustible en Excel	214
Figura 7. 1 Formato de Check List Diario	221
Figura 7. 2 Formato de Check List Quincenal.....	222
Figura 7. 3 Formato de Check List Mensual	223
Figura 7. 4 Identificación de sensores e indicadores	224
Figura 7. 5 Modelos de etiquetas para identificación de sensores equipo ..	225
Figura 7. 6 Llaves de paso de agua a los sistemas del banco de pruebas.	233
Figura 7. 7 Conexión USB de la DAQ a la laptop	233

Figura 7. 8 Switch de encendido del banco de pruebas	234
Figura 7. 9 Estabilización del motor	234
Figura 7. 10 Llaves de paso de las líneas del sistema de refrigeración	235
Figura 7. 11 Interfaz de software de adquisición de curvas	235
Figura 7. 12 Ingreso de número de muestras en el software	236
Figura 7. 13 Aumento de RPM del motor	236
Figura 7. 14 Freno hidráulico en posición cerrada	237
Figura 7. 15 Ejecución del software de obtención de curvas en tiempo real	237
Figura 7. 16 Freno hidráulico en posición abierta	238
Figura 7. 17 Tabla de resultados del software	239
Figura 7. 18 Switch de apagado del banco de pruebas	239
Figura 7. 19 Drenaje de agua de los sistemas del banco de pruebas	240

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Magnitudes del par del motor.....	16
Tabla 3. 1 Información específica del vehículo en estudio.....	42
Tabla 3. 2 Componentes del Sistema de Combustible	64
Tabla 3. 3 Componentes del Sistema de Refrigeración	74
Tabla 3. 4 Componentes del Sistema de Ingreso de Aire.....	79
Tabla 3. 5 Componentes del Sistema de Escape de Gases	83
Tabla 3. 6 Características del medidor de presión.....	85
Tabla 3. 7 Características del medidor de temperatura de aceite.....	86
Tabla 3. 8 Características del amperímetro	87
Tabla 3. 9 Características del medidor de flujo	88
Tabla 3. 10 Características del medidor de flujo.....	89
Tabla 3. 11 Características del manómetro de aire	90
Tabla 3. 12 Dimensiones del perfil principal	95
Tabla 4. 1 Especificaciones del fabricante del Dispositivo de Adquisición de Datos.....	109
Tabla 4. 2 Especificaciones del fabricante del Dispositivo de Adquisición de Datos.....	109
Tabla 4. 3 Especificaciones del fabricante del sensor de temperatura LM35	114
Tabla 4. 4 Tipos de termocuplas.....	118
Tabla 4. 5 Tabla de relación de temperatura - voltaje.....	119
Tabla 4. 6 Especificaciones del fabricante la termocupla Tipo K	120
Tabla 4. 7 Especificaciones del fabricante del sensor de revolución	124
Tabla 4. 8 Especificaciones del fabricante del sensor de fuerza	127

Tabla 4. 9 Dimensiones del sensor de fuerza	128
Tabla 4. 10 Especificaciones del fabricante del sensor de caudal	132
Tabla 4. 11 Componentes del sensor de caudal.....	133
Tabla 6. 1 Datos obtenidos experimentalmente con LabView	199
Tabla 6. 2 Datos obtenidos experimentalmente con LabView	205
Tabla 6. 3 Datos obtenidos experimentalmente con LabView	212

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuacion 5. 1 Fórmula de cálculo de Temperatura LM35.....	158
Ecuacion 5. 2 Tiempo de muestreo	159
Ecuacion 5. 3 Frecuencia de muestreo.....	159
Ecuacion 5. 4 Fórmula de cálculo de temperatura con termocupla tipo K ..	162
Ecuacion 5. 3 Frecuencia de muestreo.....	163
Ecuacion 5. 3 Frecuencia de muestreo.....	164
Ecuacion 5. 3 Frecuencia de muestreo.....	165
Ecuacion 5. 5 Fórmula de cálculo de caudal de combustible	166
Ecuacion 6. 1 Fórmula de cálculo del volumen de un cilindro	181
Ecuacion 6. 2 Fórmula de cálculo para la cilindrada total	182
Ecuacion 6. 3 Fórmula de cálculo de la relación de compresión	183
Ecuacion 6. 4 Fórmula de cálculo de la velocidad media del émbolo	186
Ecuacion 6. 5 Fórmula de cálculo de la velocidad de descarga	190
Ecuacion 6. 6 Fórmula de cálculo del caudal.....	191
Ecuacion 6. 7 Fórmula de cálculo del área	192
Ecuacion 6. 8 Fórmula de cálculo del tiempo de inyección.....	194
Ecuacion 6. 9 Fórmula de cálculo del volumen de combustible.....	195
Ecuacion 6. 10 Fórmula de cálculo del torque	196
Ecuacion 6. 11 Fórmula de cálculo de la potencia.....	202
Ecuacion 6. 12 Fórmula del consumo específico de combustible.....	209

SIMBOLOGÍA

Vb	Cilindrada o volumen de barrido	\emptyset	Coefficiente de fricción del líquido
CKP	Sensor de revoluciones del motor	Pi	Presión interior (presión regulada en el riel de inyección)
ECT	Sensor de Temperatura del Refrigerante del Motor	ρ	Densidad del líquido.
TPS	Sensor de Posición de la Placa del Acelerador	Q	Caudal
MAP	Sensor de Presión Absoluta del Múltiple de Admisión	v	Velocidad de descarga del líquido
IAT	Sensor de Temperatura de Aire Ingresando al Motor	A	Área del orificio
IAC	Motor pasó a paso	d	Diámetro del orificio
HEGO	Sensor de Oxígeno	ti	tiempo que éstos permanecen abiertos.
DAQ	Dispositivo de adquisición de datos	T	Torque
ADC	convertidor analógico digital	F	Magnitud de la fuerza
Vuh	Volumen del cilindro	r	Brazo de la fuerza (perpendicular a la línea de dirección)
π	Letra griega pi (su valor aproximado es 3, 1416)	CEC	Consumo específico de combustible
D	Diámetro del cilindro	mc	Consumo másico de combustible
S	Carrera del cilindro	P	Potencia al freno
VH	Cilindrada total		
Vh	Cilindrada unitaria		
i	Número de cilindros que posee el motor		
	Relación de compresión		
Vc	Volumen del cilindro		
Vm	Velocidad media del émbolo, [m/s]		
n	Velocidad de rotación del motor, [RPM]		
v	Velocidad de descarga		

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo realizar un mantenimiento modificativo al banco de pruebas de un motor Ford Cortina a carburador y sustituirlo por un motor de un vehículo Lada Niva 1.7cc de inyección electrónica, este nuevo equipo didáctico tendrán la posibilidad de relacionar la teoría impartida por sus maestros en la práctica, comprendiendo el funcionamiento de un motor de combustión interna con un sistema de inyección electrónica de combustible. Este equipo le ofrecerá al alumno la posibilidad de aprender a interactuar con un motor real, haciendo uso de equipos de medición tales como: multímetro, osciloscopio, escáner automotriz entre otros y contará con un software didáctico capaz de simular en tiempo real de funcionamiento las curvas características del motor Lada Niva 1.7cc como torque, potencia y consumo específico de combustible las cuales serán mostradas de manera gráfica junto con un software diseñado en LabView.

PALABRAS CLAVES:

- Unidad de control electrónico
- Curvas
- LabView
- Sensores
- Sistema

ABSTRACT

This project aims to make an amending maintenance test of a Ford Cortina engine carburetor and replaced by a motor vehicle Lada Niva 1.7cc electronic injection, this new teaching team will be able to relate the theory given by teachers in practice, understanding the functioning of an internal combustion engine with an electronic fuel injection. This equipment will provide students the opportunity to learn how to interact with a real motor, using measuring equipment such as multimeter, oscilloscope, automotive scanner among others and will have a didactic software capable of simulating real-time operating curves Lada Niva engine features 1.7cc as torque, power and specific fuel consumption which will be displayed graphically along with software developed in LabView.

KEYWORDS:

- Electronic Control Unit
- Curves
- LabView
- Sensors
- System

CAPITULO 1

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el desarrollo tecnológico a nivel automotriz avanza vertiginosamente con el pasar de los días, de manera especial en la evolución de los motores de combustión interna, provocando que el sector automotriz requiera de un profesional capacitado y actualizado de manera constante para la solución de todo tipo de problemas que se presentan en los automóviles, relacionando la práctica con la teoría, aprovechando la utilización de herramientas y equipos de avanzada tecnología con base informática.

En su afán de cumplir con su misión el Laboratorio de Motores de Combustión Interna dispone al momento de un banco de pruebas obsoleto con un motor Ford Cortina 1300cc de carburador, el cual se desea sustituirlo por un motor LADA 1.7cc de inyección electrónica junto con la implementación de un software que nos permita la obtención de sus curvas características (Torque, Potencia al freno, Consumo específico de combustible) de este motor en tiempo real, el motor LADA 1.7 cc fue donado como recurso para impartir la cátedra de inyección electrónica; materia que consta en el pensum de estudios de la carrera y que es una de las más importantes para la preparación de los futuros profesionales.

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto se percibe el deseo de la institución de continuar con el desarrollo académico y tecnológico mediante la implementación un banco de pruebas para un motor de inyección electrónica

LADA 1.7cc junto con la implementación de un software que permita la obtención de sus curvas características en tiempo real, para poder ofrecer a los estudiantes una preparación integral, innovadora, técnica y tecnológica.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

“Implementar un banco de pruebas de inyección electrónica con un motor Lada 1.7cc y mediante un software desarrollado en LabView obtener sus curvas características en tiempo real como: Torque, Potencia al freno y Consumo específico de combustible”

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar el funcionamiento de los sistemas de inyección electrónica de combustible y los bancos de pruebas existentes actualmente.
- Verificar el estado actual del motor.
- Seleccionar los elementos adecuados que incorporarán la estructura del banco de pruebas.
- Ensamblar y efectuar la puesta a punto del banco de pruebas.
- Implementar un software que permita la obtención de las curvas características en tiempo real de este motor (Torque, Potencia al freno, Consumo específico de combustible).
- Verificar el funcionamiento del banco de pruebas.

- Verificar resultados prácticos con teóricos.

1.3. ALCANCE DEL PROYECTO

Dejar operativo Banco de Pruebas de Inyección Electrónica con un motor Lada 1.7cc al mismo tiempo la implementación software que permita al estudiante visualizar virtualmente las curvas características (Torque, Potencia al freno, Consumo específico de combustible) de este motor en tiempo real de forma dinámica, ordenada y comprensible, con el propósito de unir tanto la instrucción teórica como la práctica.

Al disponer de este nuevo equipo didáctico los estudiantes tendrán la posibilidad de relacionar la teoría impartida por sus maestros en la práctica, comprendiendo el funcionamiento de un motor de combustión interna con un sistema de inyección electrónica de combustible. Este equipo le ofrecerá al alumno la posibilidad de aprender a interactuar con un motor real, haciendo uso de equipos de medición tales como: multímetro, osciloscopio, escáner automotriz entre otros. Y de esta forma pueda desarrollar habilidades y destrezas en lo relacionado al diagnóstico de los sistemas de inyección electrónica.

Además el docente contará con un software didáctico capaz de simular en tiempo real de funcionamiento las curvas características del motor, con lo cual las clases impartidas serán aprovechadas al máximo por todos los estudiantes.

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.4.1. NECESIDAD

Actualmente la ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO no posee un banco de pruebas con motor a inyección electrónica que permita tanto a los estudiantes como a los maestros, analizar y verificar, los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas de clase. Por esta razón y debido al gran avance tecnológico que sufre nuestra sociedad, especialmente en el área automotriz la Escuela Politécnica del Ejercito, a través del Ingeniero Roberto Gutiérrez y el Ing. Paul Ayala, considera como prioridad la implementación de un Banco de Pruebas de Inyección Electrónica con un motor Lada 1.7cc, al mismo tiempo la implementación software que permita al estudiante visualizar virtualmente las curvas características (Torque, Potencia al freno, Consumo específico de combustible), lo que apoyará al desarrollo de habilidades y destrezas en los estudiantes con un alto nivel de conocimiento y de esta manera puedan responder a las exigencias del mundo laboral.

1.4.2. RECURSOS HUMANOS

Para la implementación de un Banco de Pruebas de Inyección Electrónica, se cuenta con la participación de las siguientes personas:

Ñ Ingeniero Roberto Gutiérrez.

Ñ Ingeniero Ayala Paul

Ñ Ing. Alberto Naranjo

1.4.3. INFRAESTRUCTURA

Para la ejecución del presente proyecto se cuenta con instalaciones del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, específicamente el Laboratorio de Motores de Combustión Interna

1.4.4. ASPECTO ECONÓMICO:

Los gastos que incurran en el desarrollo de este proyecto están a cargo del proponente del tema.

CAPITULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIÓN

Un motor de combustión interna es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química producida por un combustible que arde dentro de una cámara de combustión, la parte principal de un motor

2.2. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA PARA GASOLINA.

2.2.1. EL PROCESO DE COMBUSTIÓN

La combustión es el proceso de encender una mezcla de aire y combustible. En el proceso de combustión se aspira una mezcla de aire y combustible hacia el interior de un cilindro y se comprime mediante un pistón en movimiento. La mezcla comprimida se enciende para generar la energía que proporciona el movimiento del vehículo. Cuando ocurre la combustión, los gases de la mezcla de aire y combustible que se quema se expanden en el cilindro a una presión muy alta. La alta presión empuja el pistón hacia abajo en el cilindro, el pistón está conectado a una biela, la cual está conectada al cigüeñal. Como el pistón está conectado de esta manera al cigüeñal, el cigüeñal empieza a girar con el movimiento del pistón. La biela y el cigüeñal convierten el movimiento hacia arriba y hacia abajo del pistón en movimiento rotatorio. A medida que la combustión ocurre en cada cilindro, los pulsos de energía se transfieren de los pistones al cigüeñal. El volante de inercia, que es una placa redonda y pesada de metal fijada en

un extremo del cigüeñal ayuda a suavizar los pulsos de la combustión y mantener una rotación uniforme en el cigüeñal. El movimiento rotatorio del motor se transfiere a las ruedas a través de la transmisión y del tren motriz.

2.2.2. NOMENCLATURA PARA LOS MOTORES ALTERNATIVOS

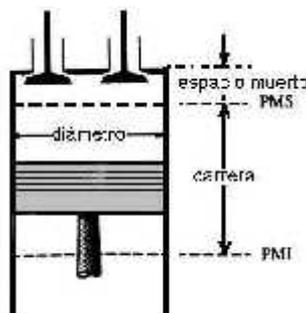


Figura 2.1 Nomenclatura del Pistón

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

El pistón se desplaza desde una posición máxima superior, punto muerto superior (PMS), hasta una posición mínima inferior, punto muerto inferior (PMI), (figura 2.1). La distancia recorrida entre estos puntos se denomina carrera. En una vuelta completa del cigüeñal, el pistón hará una carrera ascendente y descendente.

2.2.2.1. CILINDRADA O VOLUMEN DE BARRIDO (VB)

Es el volumen comprendido entre el punto muerto superior y el punto muerto inferior.

2.2.2.2. ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL (A)

Es el área del pistón que recibe la fuerza durante la explosión

2.2.2.3. ESPACIO MUERTO

Es el espacio formado por la cabeza del pistón, la culata y el cilindro, cuando el pistón se encuentra en el PMS, este espacio se conoce también como cámara de combustión.

2.2.2.4. VOLUMEN TOTAL (V_T)

Es a la suma del volumen barrido y el volumen de espacio muerto.

2.3. CICLO MECÁNICO

Un motor de combustión interna realiza las siguientes operaciones en su ciclo:

- Ingreso del fluido de trabajo o carga
- Compresión de la carga
- Encendido de la carga
- Expansión de los gases de combustión y transmisión de movimiento de estos al pistón y de él al cigüeñal.
- Expulsión de los gases e inicio de un nuevo ciclo

Se le conoce como motor de cuatro tiempos, porque necesita que el pistón se desplace entre los puntos extremos del cilindro (PMS – PMI) en cuatro ocasiones, para obtener una carrera de potencia como se indica en la figura

2.2

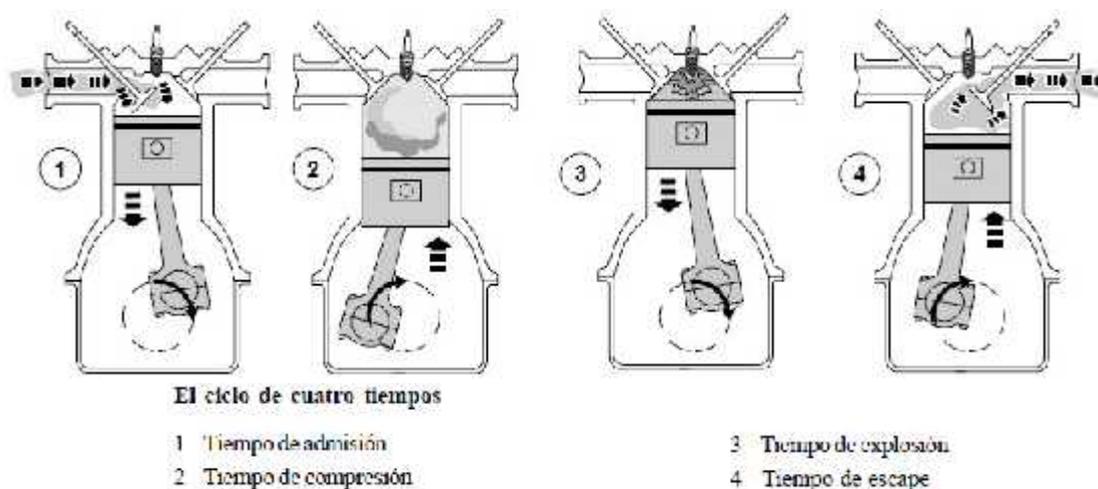


Figura 2. 2 Ciclo mecánico del motor de combustión interna

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

2.3.1. TIEMPO DE ADMISIÓN.

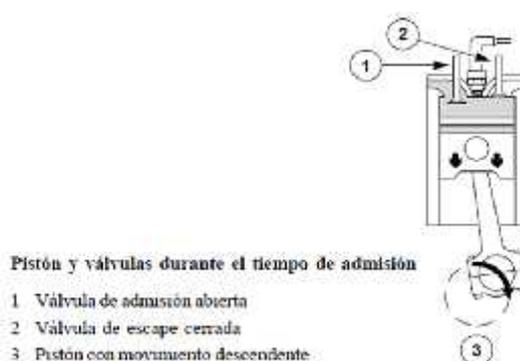


Figura 2. 3 Tiempo de admisión

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

El tiempo de admisión se considera el primero de los cuatro tiempos. El cigüeñal en rotación mueve el pistón desde el punto PMS hacia el punto PMI. La válvula de escape se cierra y la válvula de admisión se abre. A medida que

el pistón se mueve hacia abajo, la mezcla de aire-combustible se aspira hacia el interior del cilindro a través de la válvula de admisión.

2.3.2. TIEMPO DE COMPRESIÓN.

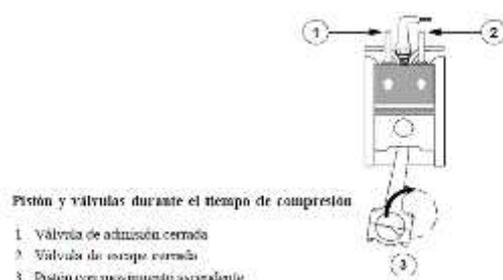


Figura 2. 4 Tiempo de compresión

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

Cuando el pistón llega al punto PMI, se completa el tiempo de entrada y se inicia el tiempo de compresión. La válvula de admisión se cierra y la válvula del escape permanece cerrada. El movimiento del cigüeñal envía al pistón otra vez hacia arriba hacia el punto PMS. La mezcla de aire y combustible queda atrapada en el cilindro y se comprime entre el pistón y la cabeza de cilindros.

2.3.3. TIEMPO DE EXPLOSIÓN

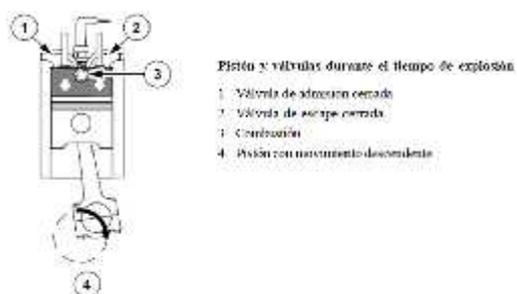


Figura 2. 5 Tiempo de explosión

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

Justo antes de que el pistón llegue al punto PMS, una chispa producida por la bujía enciende la mezcla de aire y combustible y se inicia el tiempo de explosión. Los gases producto de la combustión se expanden rápidamente, lo cual crea una presión muy alta en la parte superior del cilindro a medida que el pistón pasa el punto PMS y se mueve hacia abajo por el cilindro hacia el punto PMI. Las válvulas de admisión y de escape permanecen firmemente cerradas, así que toda la fuerza empuja el pistón hacia abajo para hacer girar el cigüeñal.

2.3.4. TIEMPO DE ESCAPE.

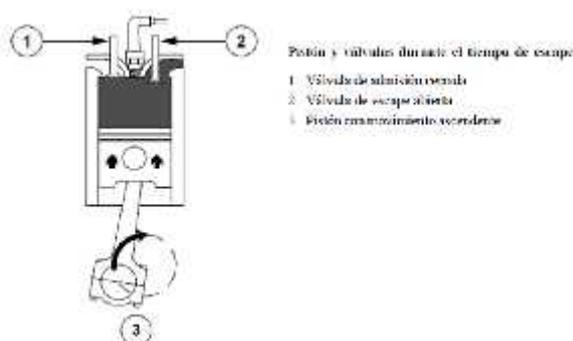


Figura 2. 6 Tiempo de escape

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

A medida que el pistón se acerca al punto PMI en el tiempo de explosión, la válvula de escape empieza a abrirse. A medida que el pistón pasa el punto PMI, el cigüeñal gira y empuja el pistón otra vez hacia el punto PMS y la válvula de escape está completamente abierta. El pistón empuja a los gases quemados hacia afuera del cilindro por la válvula de escape, a través del puerto de escape de la cabeza de cilindros y hacia el sistema de escape. A medida que el pistón pasa el punto PMS, el ciclo de cuatro tiempos se inicia otra vez con el tiempo de admisión. La válvula de escape se mantiene abierta

momentáneamente al iniciarse el tiempo de admisión, para permitir que el impulso de los gases sea vaciado del cilindro completamente.

2.4. CURVAS CARACTERÍSTICAS

Las curvas características de un motor de combustión interna son las que indican, en función de la velocidad de rotación del motor: la potencia, el par y el consumo específico del mismo (Fig. 2.7). Están incluidas en un rango de revoluciones, debajo del cual el motor funciona muy irregularmente y/o tiende a apagarse y si se sobrepasa el límite superior los elementos mecánicos están muy cerca de sufrir daños irremediables o rupturas irreparables. Estos dos extremos determinan el campo de utilización de un motor.

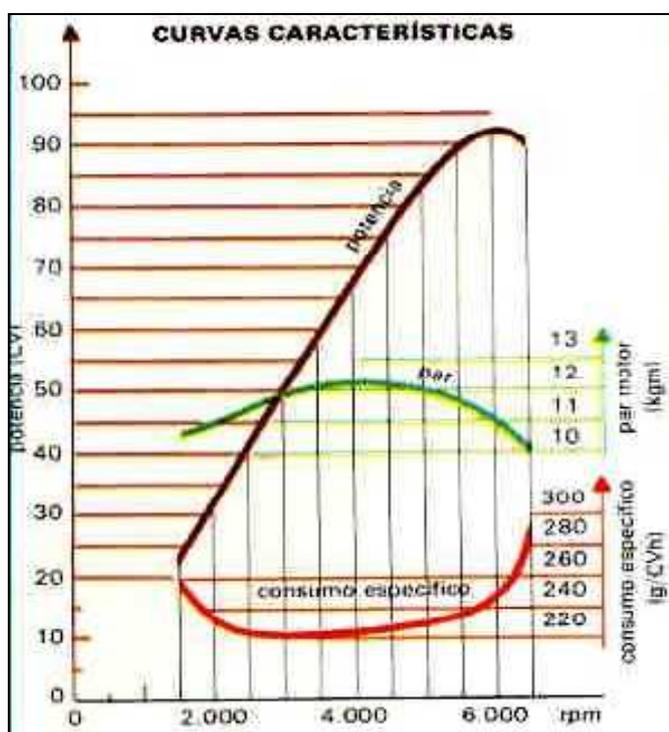


Figura 2. 7 Curvas Características

FUENTE: http://www.uamerica.edu.co/motores/images/curvas_caract.jpg

2.4.1. PAR MOTOR

El par motor (T) es el producto de la fuerza aplicada sobre un cuerpo para hacerle girar, por la distancia al punto de giro.

La fórmula que resume la anterior definición es:

$$T = F * r$$

Ecuación 2.1 Fórmula del Par del motor
FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

Donde:

Ñ **T** = Torque [N.m]

Ñ **F** = Magnitud de la fuerza [N]

Ñ **r** = Brazo de la fuerza (perpendicular a la línea de dirección) [m]

La unidad de la fuerza en el sistema internacional es el newton (N) y la del radio es el metro (m), por lo que la unidad de par es newton por metro (N.m). El par generado en el motor es consecuencia de la longitud de la muñequilla del cigüeñal, y de la fuerza que recibe esta del pistón a través de la biela. La longitud de la muñequilla es constante, no así la fuerza recibida por el cigüeñal, que es distinta para cada número de revoluciones.

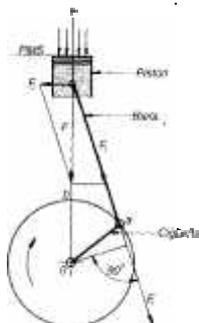
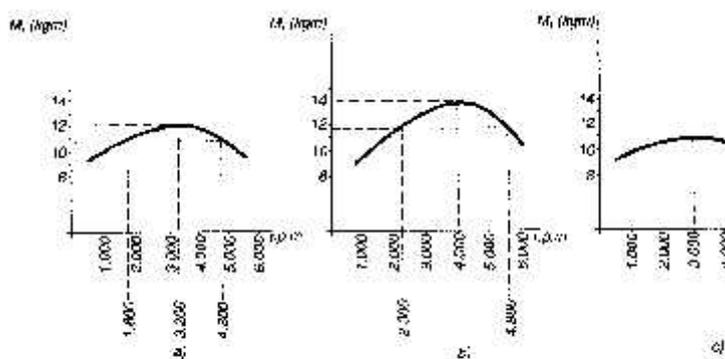


Figura 2. 8 Esquema de los elementos relacionados con el par motor

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

2.4.1.1. CURVA DEL PAR MOTOR

Si se van obteniendo los valores medios del par para cada número de revoluciones y se van trasladando a un diagrama donde las alturas sobre el eje vertical sean estos valores, y las distancias sobre el eje horizontal sean las revoluciones a las que se obtienen uniendo todos los puntos hallados se llega a una curva como las de la fig. 2.9 llamada curva del par motor. En esta figura se han representado tres curvas, la “a” y la “b” corresponden a dos motores de gasolina y la “c” a un motor diésel.



Tres ejemplos de curvas del par motor:
 la a) y la b) son de motores de gasolina; la c) es de un motor diésel.

Figura 2. 9 Ejemplos de curvas del par motor

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

2.4.2. POTENCIA DE UN MOTOR

La potencia (P) es el trabajo desarrollado por unidad de tiempo. La potencia de un vehículo se desarrolla en el desplazamiento de la carga.

$$P = \frac{T}{t}$$

Ecuación 2.2 Fórmula de la potencia del motor

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

Si en la fórmula de la potencia, se sustituye el trabajo por su valor y el espacio partido de tiempo (e/t) por velocidad (v) se obtiene que:

$$P = \frac{T}{t} = \frac{F \cdot e}{t} = F \cdot v$$

Por tanto, cuanto mayor es la velocidad para realizar un trabajo, mayor es la potencia conseguida. La unidad de potencia en el sistema internacional es el vatio (W), pero en el mundo de la automoción es más usual utilizar el kilovatio (kW) o el Caballo de vapor (CV). La potencia en el motor se obtiene multiplicando el par motor por la velocidad angular (n) que puede venir dada en revoluciones por minuto (rpm) o por los radianes por segundo (rad/s):

$$P = M \cdot n$$

La velocidad angular, que normalmente viene dada en revoluciones por minuto, se debe pasar a radianes por segundo para obtener el resultado en vatios. Sabiendo que una revolución es igual a 2π radianes y un minuto a 60 segundos, la equivalencia entre rpm y radianes por segundo es:

$$1 \text{ rpm} = 1 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \cdot \frac{2\pi \text{ radianes}}{1 \text{ rev}} \cdot \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} = \frac{1 \text{ radian}}{9,55 \text{ segundos}}$$

Por tanto, si la velocidad angular (n) viene dada en rpm se divide por la constante 9,55 para obtenerla en radianes por segundo.

$$P = \frac{M \cdot n}{9,55}$$

Ecuación 2.3 Fórmula del Par del motor

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

Si a la potencia efectiva máxima, que normalmente aparece en las características técnicas, la dividimos entre la cilindrada, tenemos la potencia específica respecto del volumen. Se mide en kW/l. Cuanto mayor es este valor mejor es el rendimiento del motor. En la tabla 2.1 se resumen las magnitudes de esta unidad didáctica:

Magnitud	Símbolo	Fórmula	Unidades
Tiempo	t		segundo (s)
Espacio	e		metro (m)
Masa	m		kg
Velocidad	v	$v = e/t$	m/s
Aceleración	a	$a = v/t$	m/s^2
Fuerza	F	$F = m \cdot a$	newton (N)
Trabajo	T	$T = F \cdot e$	Julio (J)
Potencia	P	$P = T/t$	Vatio (W)

Tabla 2. 1 Magnitudes del par del motor

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

Equivalencia entre unidades de potencia:

$$1\text{CV} = 0.736 \text{ kW}$$

$$1\text{kW} = 1.36 \text{ CV}$$

2.4.2.1. CURVA DE POTENCIA

Las variaciones de la potencia con el número de revoluciones se pueden representar mediante una curva en un diagrama de dos ejes: el vertical para las potencias y el horizontal para las r.p.m. En la figura 2.10 están representadas las curvas del par y de la potencia de un motor, los mismos que se deben leer por separado. Ya que su verdadera relación viene dada por la fórmula de la potencia antes descrita.



Figura 2. 10 Curvas de par y potencia

<http://www.salesianosburgos.com/DEPARTAMENTOS/caracteristicas.pdf>

2.4.3. CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE

El consumo específico es la cantidad de combustible consumido por cada unidad de trabajo desarrollado por el motor. Se expresa por Cs y se mide en gr/CV*h (gramos por caballo vapor hora) y en gr/Kw*h (gramos por kilovatio hora). La curva del consumo específico es la que completa el conjunto de las curvas características de un motor, estando también en relación con las RPM. Teóricamente, el consumo específico debería ser igual a cualquier número de revoluciones, siendo independiente de la cilindrada del motor. Si un motor gira más deprisa consume más combustible, pero también proporciona mayor cantidad de trabajo, igualmente Si un motor tiene mayor cilindrada gasta más, pero también es más potente. En la práctica esto no es así, sino que la riqueza de la mezcla varía según las necesidades del motor. En la figura 2.11 se representa una curva de consumo específico genérica para un motor de gasolina.

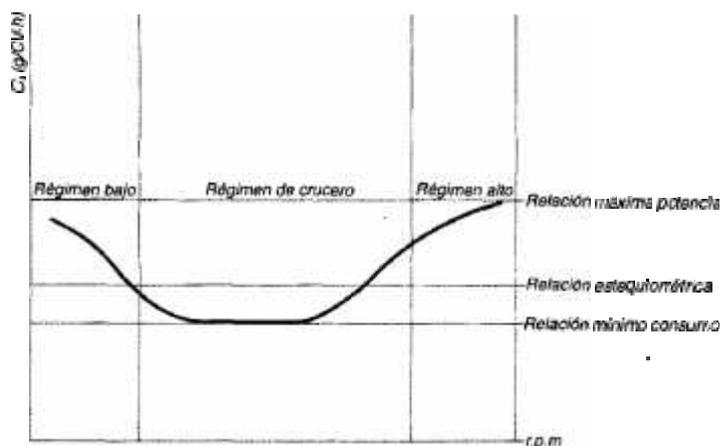


Figura 2. 11 Curva de consumo específico.

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

A un bajo número de revoluciones, debido a la poca depresión que se origina en la admisión, el llenado del cilindro es menor y los restos de gases de escape mayores. En este ambiente, es necesario enriquecer la mezcla para aprovechar el aire, y como el trabajo producido es pequeño, el consumo específico es alto. A velocidades de giro medias (velocidad de crucero del automóvil), la riqueza de la mezcla se puede reducir por debajo de la relación estequiométrica o teórica, ya que el motor trabaja en buenas condiciones con esfuerzos moderados. El consumo específico disminuye. A altas revoluciones, las explosiones suceden con mucha rapidez, y pese a la refrigeración del motor, la temperatura en la cámara de explosión se eleva en exceso, pudiendo afectar a las piezas que trabajan en peores condiciones de refrigeración, como la bujía, la válvula de escape y zonas cercanas a ellas. Una mezcla rica arde con menor temperatura, protegiendo las piezas citadas además preserva de la detonación. Si a estas circunstancias se añade que la relación aire- gasolina de máxima potencia es un poco superior a la teórica, no es de extrañar que se aumente la

proporción de gasolina y el consumo específico se eleve en esta zona de la curva. Esta es una de las causas de que los coches, a grandes velocidades, tengan consumos mayores.

2.5. INYECCIÓN ELECTRÓNICA

La inyección electrónica es una forma de inyección de combustible que se diferencia en varios tipos (monopunto, multipunto, secuencial, simultánea) pero básicamente todas se basan en la ayuda de la electrónica para dosificar la inyección del carburante y reducir la emisión de agentes contaminantes a la atmósfera y a la vez optimizar el consumo. Este es un sistema que reemplaza al carburador en los motores de gasolina. Su introducción se debió a un aumento en las exigencias de los organismos de control del medio ambiente para disminuir las emisiones de los motores. Su importancia radica en su mejor capacidad respecto al carburador para dosificar el combustible y crear una mezcla aire / combustible, muy próxima a la estequiométrica (14,7:1 para la gasolina), lo que garantiza una muy buena combustión con reducción de los porcentajes de gases tóxicos a la atmósfera. La relación estequiométrica es la proporción exacta de aire y combustible que garantiza una combustión completa de todo el combustible. La función es la de tomar aire del medio ambiente, medirlo e introducirlo al motor, luego de acuerdo a esta medición y conforme al régimen de funcionamiento del motor, inyectar la cantidad de combustible necesaria para que la combustión sea lo más completa posible. Consta fundamentalmente de sensores, una unidad electrónica de control y actuadores o accionadores.

2.6. VENTAJAS DE LA INYECCIÓN ELECTRÓNICA

CONSUMO REDUCIDO.- Con la utilización de carburadores, en los colectores de admisión se producen mezclas desiguales de aire/gasolina para cada cilindro. La necesidad de formar una mezcla que alimente suficientemente incluso al cilindro más desfavorecido obliga, en general, a dosificar una cantidad de combustible demasiado elevada. La consecuencia de esto es un excesivo consumo de combustible y una carga desigual de los cilindros. Al asignar un inyector a cada cilindro, en el momento oportuno y en cualquier estado de carga se asegura la cantidad de combustible, exactamente dosificada.

MAYOR POTENCIA.- La utilización de los sistemas de inyección permite optimizar la forma de los colectores de admisión con el consiguiente mejor llenado de los cilindros. El resultado se traduce en una mayor potencia específica y un aumento del par motor.

GASES DE ESCAPE MENOS CONTAMINANTES.- La concentración de los elementos contaminantes en los gases de escape depende directamente de la proporción aire/gasolina. Para reducir la emisión de contaminantes es necesario preparar una mezcla de una determinada proporción. Los sistemas de inyección permiten ajustar en todo momento la cantidad necesaria de combustible respecto a la cantidad de aire que entra en el motor.

ARRANQUE EN FRÍO Y FASE DE CALENTAMIENTO.- Mediante la exacta dosificación del combustible en función de la temperatura del motor y del régimen de arranque, se consiguen tiempos de arranque más breves y una aceleración más rápida y segura desde el ralentí. En la fase de

calentamiento se realizan los ajustes necesarios para una marcha redonda del motor y una buena admisión de gas sin tirones, ambas con un consumo mínimo de combustible, lo que se consigue mediante la adaptación exacta del caudal de éste.

2.7. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN

Se pueden clasificar en función de cuatro características distintas:

- Ñ Según el lugar donde inyectan.
- Ñ Según el número de inyectores.
- Ñ Según el número de inyecciones.
- Ñ Según las características de funcionamiento.

2.7.1. SEGÚN EL LUGAR DE INYECCIÓN

Los sistemas de Inyección electrónica se dividen en: Inyección directa, Inyección Indirecta.

2.7.1.1. DIRECTA



Figura 2. 12 Inyección Directa de Combustible

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

El inyector introduce el combustible directamente en la cámara de combustión. Este sistema de alimentación es el más novedoso y se está

empezando a utilizar ahora en los motores de inyección gasolina como el motor GDi de Mitsubishi o el motor IDE de Renault.

2.7.1.2. INDIRECTA

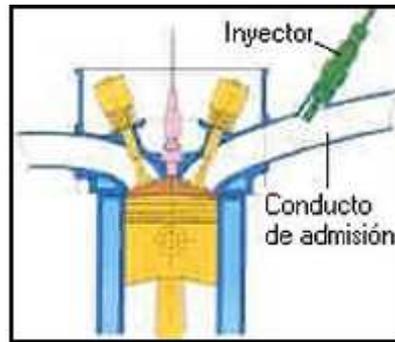


Figura 2. 13 Inyección Indirecta de Gasolina

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

El inyector introduce el combustible en el colector de admisión, encima de la válvula de admisión, que no tiene por qué estar necesariamente abierta. Es la más usada actualmente.

2.7.2. SEGÚN EL NÚMERO DE INYECTORES

2.7.2.1. MONOPUNTO

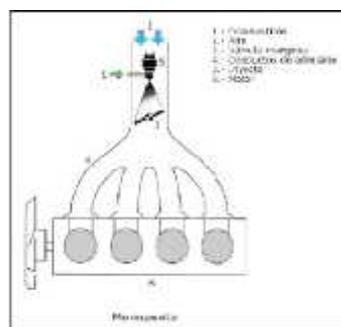


Figura 2. 14 Inyección monopunto

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

El combustible es inyectado únicamente en el cuerpo del acelerador, es el más simple y económico, en el cual sólo existe un inyector al principio del múltiple de admisión, lugar donde se pulveriza el combustible.

2.7.2.2. MULTIPUNTO

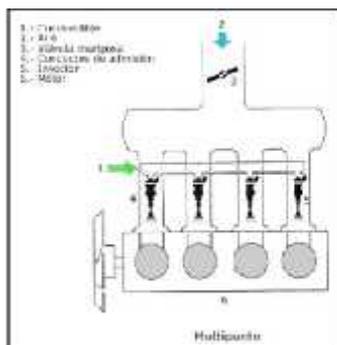


Figura 2. 15 Inyección Multipunto

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

Hay un inyector por cilindro, pudiendo ser del tipo "inyección directa o indirecta". Es la que se usa en vehículos de media y alta cilindrada, con antipolución o sin ella.

2.7.3. SEGÚN EL NÚMERO DE INYECCIONES

2.7.3.1. CONTINUA

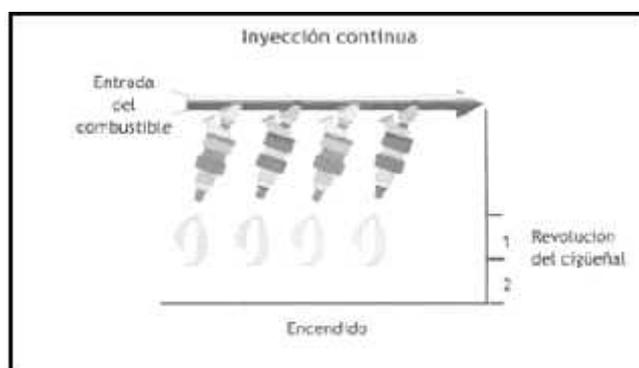


Figura 2. 16 Inyección continua

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

En este sistema de inyección, el combustible es rociado continuamente a partir de los inyectores.

2.7.3.2. INTERMITENTE

Introduce el combustible de modo intermitente porque el inyector abre y cierra de acuerdo a órdenes que recibe de la central electrónica de mando. Hay tres tipos de Inyección Intermitente: Secuencial, semisequencial y simultánea.

2.7.3.3. SECUENCIAL

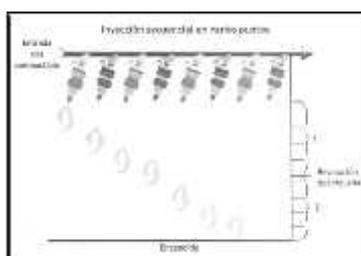


Figura 2. 17 Inyección Secuencial

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

Los inyectores son activados y desactivados por pulso, uno a la vez, en el mismo orden que el encendido del motor.

2.7.3.4. SEMISECUENCIAL



Figura 2. 18 Inyección Semisequencial

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

Los inyectores son abiertos o cerrados, por pulsos en grupos de dos o más en forma simultánea, pero nunca todos al mismo tiempo

2.7.3.5. SIMULTANEA



Figura 2. 19 Inyección Simultánea

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

Todos los inyectores de combustible inyectan combustible en forma simultánea.

2.7.4. SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

2.7.4.1. INYECCIÓN MECÁNICA (K-JETRONIC)

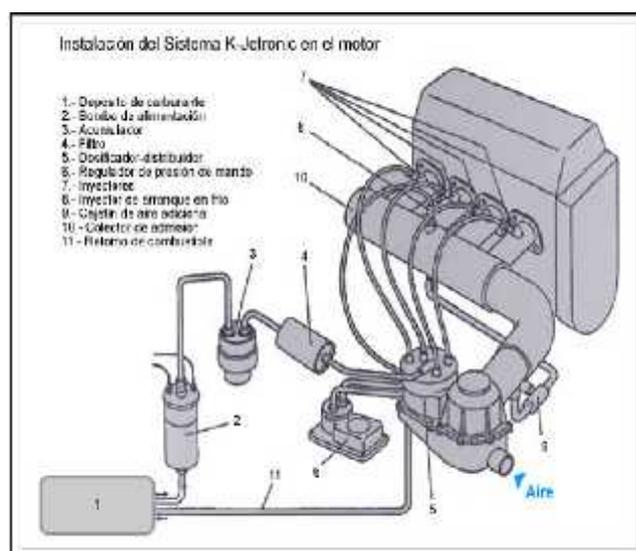


Figura 2. 20 Inyección Mecánica K-Jetronic

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

Es un sistema de inyección de tipo totalmente mecánico. La inyección de la gasolina es de forma continua y con variación de caudal por medio de inyectores mecánicos que abren a la presión de tarado. La regulación y control de la cantidad de gasolina es por medio de un distribuidor-dosificador hidráulico. La medida de la cantidad de aire de admisión se da por medio de un plato sonda que actúa sobre el distribuidor-dosificador.

FUNCIONAMIENTO

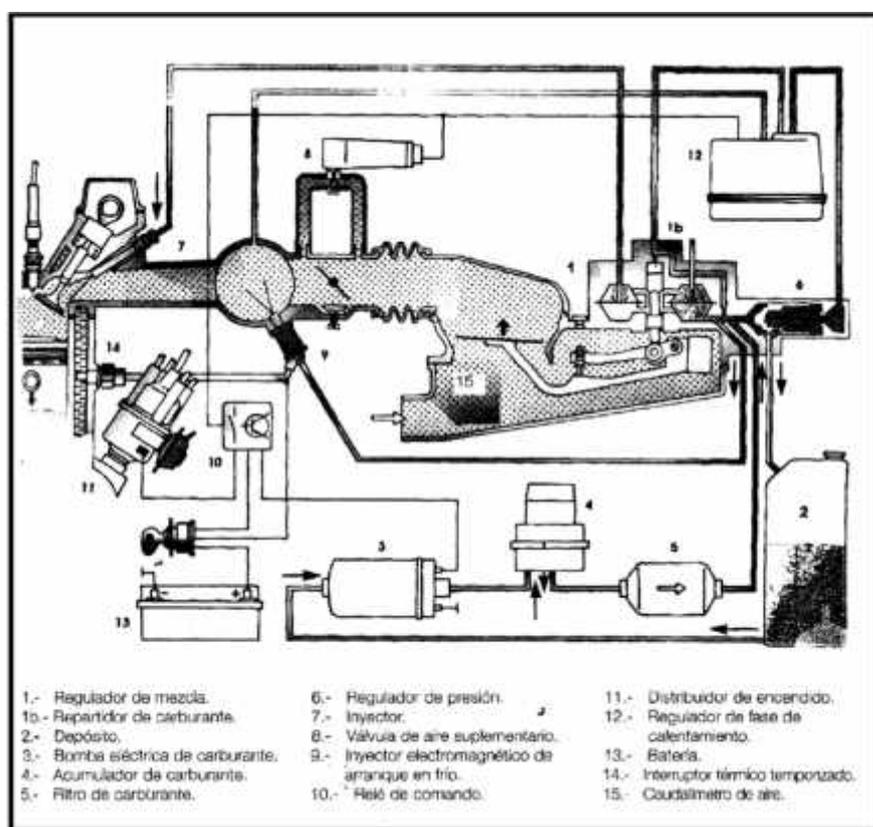


Figura 2. 21 Sistema de Inyección K-Jetronic

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

El medidor de caudal se encuentra íntimamente reaccionado con el dosificador, y de este parten los tubos que llegan a cada uno de los inyectores. Estos inyectores son mecánicos funcionando como toberas por

los que sale el combustible pulverizado justo a la entrada de los colectores de admisión a los cilindros, estos comienzan a abrir en 3.3 kg/cm² y dan su caudal máximo a 5 kg/cm² que es la presión de suministro de la bomba.

CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES ADICIONALES

Este sistema realiza cuatro funciones fundamentales:

- Ñ Medir el volumen de aire aspirado por el motor mediante un caudalímetro especial.
- Ñ Alimentación de gasolina mediante una bomba eléctrica y envía gasolina hacia un repartidor que dosifica la cantidad a los inyectores.
- Ñ Preparación de mezcla: el volumen de aire aspirado por el motor en función de la posición de la mariposa constituye el principio esencial de dosificación de carburante. El volumen de aire está determinado por el caudalímetro que actúa sobre el repartidor. El caudalímetro y el repartidor hacen la función de regulador de la mezcla.
- Ñ La de regulación de Lambda la realiza mediante una unidad electrónica separada.

2.7.4.2. INYECCIÓN ELECTROMECAÁNICA (KE-JECTRONIC)

Es un sistema mixto de inyección mecánica-electrónica. La inyección de gasolina es de forma continua y con variación de caudal por medio de inyectores mecánicos que abren a la presión de tarado. Regulación y control de la dosificación por medio de un plato sonda que incorpora un potenciómetro para el cálculo de la cantidad de aire de admisión y actuación desde la unidad electrónica a un actuador de presión situado en el regulador-dosificador.

FUNCIONAMIENTO

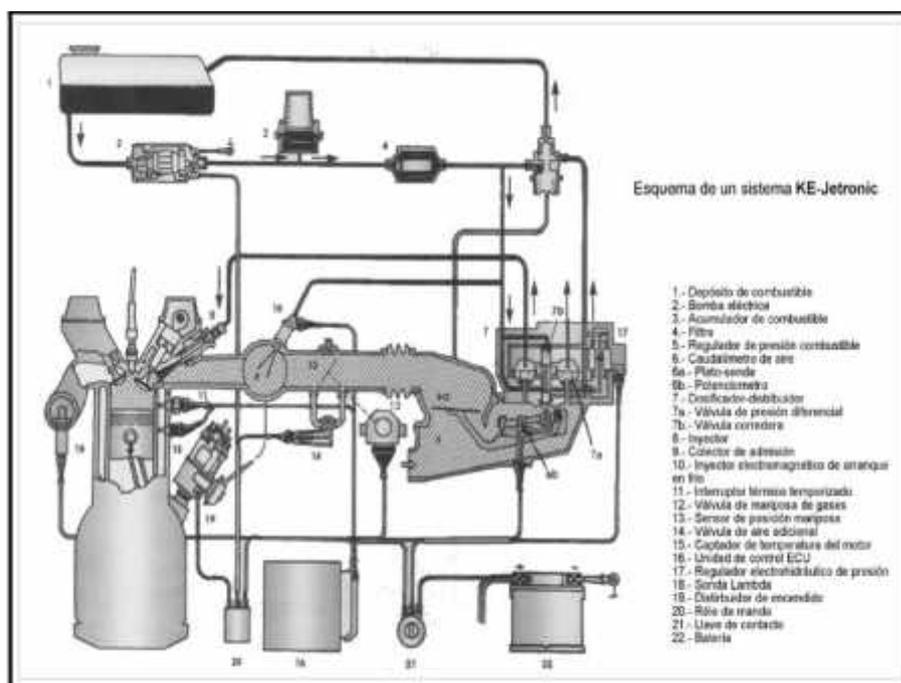


Figura 2. 22 Esquema del Sistema KE-Jetronic

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

El sistema KE-Jetronic es un sistema de inyección hidromecánica. Un disco flotante desplazado por la fuerza de aire regula un pistón de dosificación de carburante, que determina una abertura más o menos grande de las ventanas de dosificación. La función de base de KE-Jetronic consiste en determinar la cantidad de carburante en función del volumen de aire de admisión que representa el parámetro de mando principal. En referencia al sistema K-Jetronic este otro sistema detecta también otros parámetros de funcionamiento del motor mediante los captadores que envían unas señales a una central electrónica la cual pilotea un regulador electrohidráulico de presión. El regulador adapta el caudal a las diferentes condiciones según las medidas prescritas. En caso de avería se selecciona siempre una función de emergencia permitiendo disponer de un sistema funcional.

CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES ADICIONALES

Se controla la mezcla de combustible electrónicamente a través de un conmutador. El medidor de oxígeno es integrado posee una ECU.

2.7.4.3. INYECCIÓN ELECTRÓNICA (L-JETRONIC, LE-JETRONIC)

Es un sistema de inyección controlada electrónicamente. La inyección de gasolina es de forma intermitente y la dosificación variación del tiempo de inyección según las condiciones de funcionamiento. El tiempo básico de inyección se determina mediante la información del número de revoluciones y cantidad de aire aspirado. La adaptación a las diferentes condiciones de marcha (arranque en frío, temperatura motor, etc.) las realiza la unidad electrónica aumentando o disminuyendo el tiempo de inyección según la información que recibe de los diferentes sensores.

FUNCIONAMIENTO

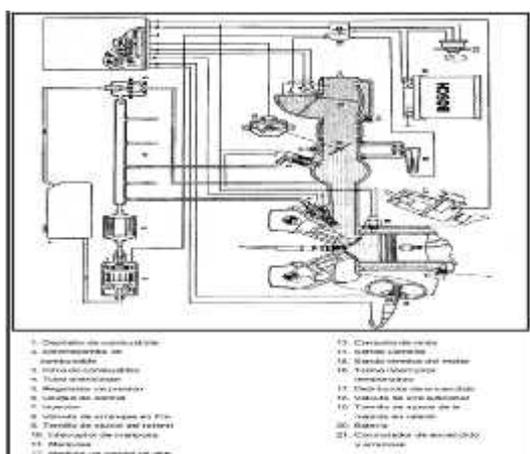


Figura 2. 23 Diagrama del Sistema L/LE Jetronic

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

Es un sistema de inyección a mando electrónico, gracias al cual el carburante es inyectado por intermitencia en el colector de admisión.

Medición del caudal de aire: El caudal de aire aspirado por el motor es la magnitud de mando principal para el caudal de inyección de combustible. El aire aspirado circula a través del medidor del caudal de aire (12) y desvía la aleta-sonda móvil hasta un ángulo definido. Este ángulo es transformado mediante un potenciómetro en una señal eléctrica de tensión, llevándose luego dicha señal a la ECM (6). Control eléctrico del caudal de inyección de combustible: La alimentación está asegurada mediante la electrobomba de combustible (2). Desde el depósito (1) el combustible llega a través del filtro (3) a la tubería de distribución (4) desde donde se ramifican las diferentes tuberías que van a los inyectores. El regulador de presión (5) de la tubería de distribución mantiene constante la presión del sistema. De la unidad de mando (6) manda los impulsos para abrir y cerrar los inyectores (7) cuyo tiempo de apertura determina el caudal de combustible inyectado. Adaptación óptima: Se realiza en los diferentes estados de servicio:

Arranque en frío: la válvula de arranque en frío (8) inyecta durante el proceso de arranque un caudal adicional de combustible en el colector de admisión, de tal forma que se garantice un arranque en frío seguro. El interruptor térmico temporizado (16) determina el tiempo que la válvula de arranque en frío (8) permanece activada. **Fase de calentamiento:** durante la fase de calentamiento, la sonda térmica (15) asegura una alimentación mayor de combustible. Plena carga: el interruptor de mariposa (10) corrige la mezcla combustible/aire a un valor óptimo, es decir, asegura un enriquecimiento de la mezcla, ya que los motores, en el margen de carga.

CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES ADICIONALES

Partiendo del sistema original, y a base de modificar distintos aspectos, han aparecido múltiples variantes del L-Jetronic, de los que veremos a continuación las más representativas.

2.7.4.4. LE-JETRONIC

Esta versión se distingue de la original en los siguientes puntos:

La unidad de control es más ligera y de menores dimensiones, gracias a que incorpora más circuitos integrados y menos componentes discretos.

2.7.4.5. LE2-JETRONIC

El LE2 es una evolución sobre el sistema LE, cuya principal novedad es la integración de control de la fase de arranque en frío, con lo que se elimina, respecto a la LE, el inyector de arranque en frío y el termointerruptor temporizado. El calculador determina el enriquecimiento de la mezcla en frío en base al tiempo de acción sobre el arranque, la temperatura del motor (si es menor de 35°C) y el régimen del motor. Mientras dura esta fase de funcionamiento el calculador manda el doble de impulsos a los inyectores (cuatro en vez de dos) y se aumenta el flujo de aire por medio de la válvula de aire adicional. Este enriquecimiento extra disminuye según aumenta la temperatura del motor y el régimen de giro.

2.7.4.6. LH-JETRONIC

El sistema LH-Jetronic se basa en el mismo principio que el L-Jetronic, salvo las diferencias que se detallan a continuación:

La medición de la cantidad de aire que entra al motor se hace por medio de un caudalímetro de “hilo caliente”, en lugar del tradicional por “aleta sonda”. Este caudalímetro funciona de la siguiente forma: en el interior del tubo de medición se tiende un hilo de platino de poco grosor (70 μm). Este hilo se mantiene a 120°C por encima de la temperatura del aire de admisión haciendo circular por él una corriente eléctrica. El aire que entra al motor produce un efecto de enfriamiento del hilo de platino, lo que provoca que la resistencia del mismo varíe. El circuito al que está asociado el hilo de platino detecta esta variación de resistencia y corrige la corriente que atraviesa el hilo para mantener la temperatura constante a 120°C superior a la del aire de admisión.

2.8. BANCOS DE PRUEBAS

Existen dos aspectos muy importantes dentro de la industria automotriz, el primero es la fase de desarrollo de los nuevos motores de combustión interna, y el segundo es el mantenimiento que se brinda a motores ya fabricados, con el objetivo de lograr que su tiempo de vida útil aumente. De ahí que una gran cantidad de esfuerzos están dirigidos especialmente a la medición de diferentes parámetros de los motores de combustión interna, máquinas que son el alma de los vehículos. La medición de estos parámetros ayuda en varios aspectos, los cuales se encuentran muy entrelazados, pues los objetivos principales son mejorar la potencia del motor, disminuir el consumo de combustible y aminorar el impacto ambiental que produce la combustión. Existen algunos métodos de medición de estos parámetros, de los cuales en este capítulo se van a describir los más relevantes al igual que las maquinarias que han sido creadas con este objetivo.

2.8.1. TIPOS DE ENSAYOS

Se realizan dos procedimientos de revisión a los motores de combustión interna:

- Ñ Ensayos de investigación y desarrollo.
- Ñ Ensayos de producción.

2.8.1.1. ENSAYOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

En esta área los ensayos se realizan en instalaciones especialmente equipadas, siendo su objetivo el desarrollo de un motor o de alguno de sus componentes, o bien el análisis de alguno de los procesos que tienen lugar en el mismo, por lo que en general se precisa de una instrumentación sofisticada. Las principales pruebas experimentales son enfocadas a determinar diversos parámetros, por ejemplo:

- Ñ Par motor
- Ñ Potencia desarrollada
- Ñ Presión media efectiva
- Ñ Consumo de combustible

Además se efectúan otras pruebas con el objeto de investigar el desarrollo de los fenómenos físicos y químicos, determinando por ejemplo:

- Ñ Evolución de las presiones en el cilindro
- Ñ Composición de los gases de escape
- Ñ Pérdidas de calor, etc.

2.8.1.2. ENSAYOS DE PRODUCCIÓN.

Esta área podría ser considerada como de mantenimiento, ya que su objetivo es el realizar pruebas en los motores ya fabricados en serie. Estos ensayos sirven para controlar que las características de un motor con tiempo de vida útil correspondan a las características de su motor prototipo. Además se efectúa un período de rodaje o asentamiento del motor, por lo tanto la instrumentación utilizada para estos procedimientos es más simple que la utilizada en el área de investigación y desarrollo.

2.8.2. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS BANCOS DE PRUEBAS

Un banco dinamométrico es el encargado de medir la potencia de un motor de combustión interna a determinadas revoluciones por minuto (R.P.M.). Para lo cual el banco dispone de un freno dinamométrico el cual genera un par resistente proporcionando carga al motor, es necesario indicar que como característica primordial, esta carga debe ser variable. Esta carga variable permite ensayar las distintas condiciones operativas del motor. Los bancos dinamométricos están compuestos de diferentes elementos que cambian de acuerdo a la marca, al tipo y el año de fabricación, por lo que a continuación enumeramos los elementos más básicos que lo conforman:

Cimentación.- Su objetivo es absorber las vibraciones que se producen debido a la existencia en el motor de fuerzas de inercia no equilibradas y los correspondientes momentos resultantes.

Bancada.- Su misión es soportar al motor.

Soportes.- Necesarios para montar y fijar el motor en la bancada, así como regular la altura y alinear el motor con el freno.

Freno dinamométrico.- Absorbe la potencia desarrollada por el motor, ofreciendo una resistencia al giro de éste, provisto de un dispositivo para medir el par motor.

Transmisión.- Permite la conexión freno-motor con una cierta elasticidad y capacidad de absorber desalineaciones.

Red de agua.- Los frenos dinamométricos transforman toda la energía mecánica que reciben del motor en calor. Este calor es eliminado por el sistema de refrigeración del freno que suele ser mediante un abastecimiento continuo de agua.

En los frenos dinamométricos hidráulicos se ha de mantener la presión del agua dentro de unos límites, ya que por ser el agua el elemento frenante, cualquier variación de presión provocaría una variación en el par resistente y por tanto una variación en la medida. El agua se calienta a su paso por el freno y en algunos casos se suele emplear un circuito cerrado, enfriándose el agua en una torre de refrigeración. Los frenos dinamométricos desarrollados se encuentran basados en diversos principios para generar un par resistente en el motor de combustión interna, entre los cuales resaltamos los más utilizados y que son los siguientes:

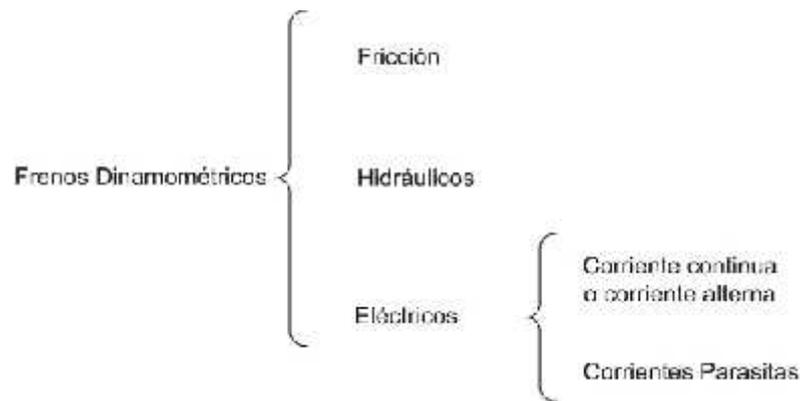


Figura 2. 24 Clasificación de los frenos dinamométricos

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

2.8.3. TIPOS DE FRENOS DINAMOMÉTRICOS

2.8.3.1. FRENO DE FRICCIÓN

El freno de fricción mecánico por zapata y tambor fue el primero en ser utilizado, es llamado “Freno de Prony”. En la figura 2.25 se indica un freno de Prony, donde el principio de este mecanismo era el de medir la fuerza de fricción que se ejercía con el freno al eje del motor. Para medir el torque se tenía en cuenta la longitud del brazo del freno.

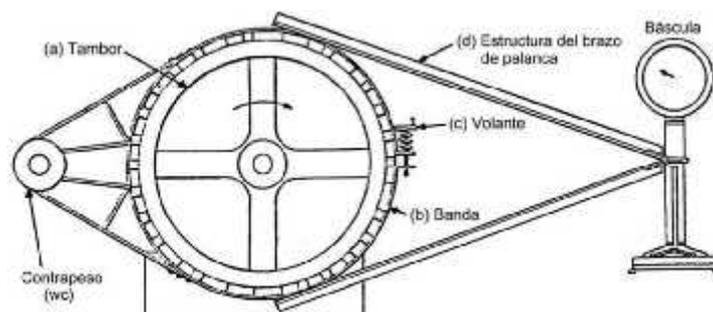


Figura 2. 25 Freno de Prony

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

El eje del motor cuya potencia debe ser medida se fija al tambor (a) y mediante la manivela (c) puede ajustarse la banda (b) la cual envuelve al tambor, el valor de este ajuste determina la fricción de arrastre que actúa en la periferia del tambor y opone resistencia a la rotación del eje del motor. Mediante un brazo de palanca (d) apoyado en la plataforma de la báscula, se impide el movimiento de la banda y sus superficies de fricción excepto en un arco limitado. Se notará que si el freno no está contrapesado ($w_c=0$), la fuerza sobre la báscula será ocasionada en parte por el peso del brazo de la palanca, este peso no balanceado se llama la tara del freno. El freno siempre debe estar contrabalanceado para poder empezar a realizar las pruebas, cuando se encuentra contrabalanceado la tara es igual a cero. En los frenos de gran tamaño suele ser difícil determinar su tara, sin embargo es posible (estando floja la banda del freno) girar al cigüeñal lentamente, primero hacia adelante donde la lectura de la báscula representa la tara más la fuerza de fricción. Cuando el cigüeñal gira en dirección opuesta a la misma velocidad que anteriormente, la lectura de la báscula representa la tara menos la fuerza de fricción, entonces sumando ambas lecturas y dividiendo entre dos se obtiene la tara real. Este tipo de freno con el paso del tiempo ha ido quedando fuera de uso debido a varios factores como su inestabilidad, dificultad de regulación y refrigeración. Pero puede usado cuando se realicen pruebas de baja velocidad y de poca precisión, debido a que es económico simple en su funcionamiento y fácil de construir.

2.8.3.2. FRENO DINAMOMÉTRICO HIDRÁULICO

Un freno dinamométrico hidráulico consiste en un disco montado en una cubierta, la cual contiene un fluido como por ejemplo el agua. La resistencia que encuentra el disco al girar es igual y opuesto a la reacción que tiende a hacer girar a la funda o cubierta.

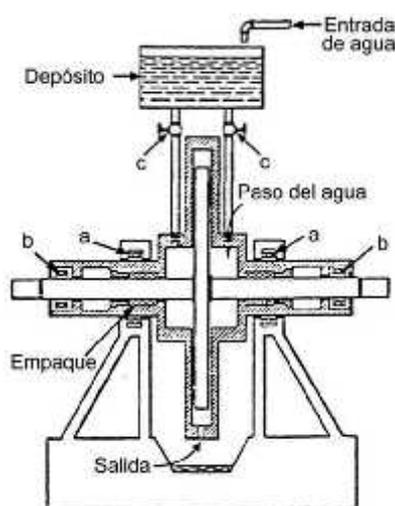


Figura 2. 26 Freno dinamométrico hidráulico

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

En la figura 2.26 se indica un Freno dinamométrico hidráulico, donde montado la funda en los cojinetes (a) que son independientes de los cojinetes (b) del eje, puede medirse el esfuerzo de rotación pesando la fuerza ejercida por la cubierta, y para aumentar la carga puede aumentarse la cantidad de agua en la cubierta mediante las válvulas (c). Con objeto de que la carga sea constante se mantiene inalterable la viscosidad (temperatura constante) del agua haciéndola fluir continuamente a la entrada y a la salida de la funda. Se notará que la potencia absorbida por el freno se disipa como fricción fluida a medida que el disco hiende al agua resultando una elevación de temperatura en ella. Para aumentar la capacidad, puede

emplearse un rotor con aspas o paletas. Los frenos dinamométricos hidráulicos se emplean cuando se tienen cargas muy pesadas y altas velocidades, ya que la capacidad es aproximadamente proporcional al cuadrado de la velocidad de giro, como se puede observar en la figura 2.27.

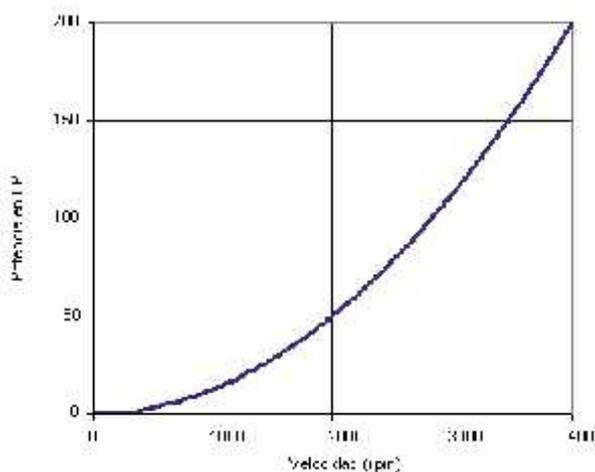


Figura 2. 27 Curva de comportamiento para el freno dinamométrico hidráulico

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

2.8.3.3. FRENOS ELÉCTRICOS

Puede emplearse el generador eléctrico para cargar al motor, sin embargo, la producción del generador debe medirse con instrumentos eléctricos y corregirse en magnitud del rendimiento del generador. Ya que el rendimiento del generador depende de la carga, la velocidad y la temperatura, este dispositivo es más que inconveniente para usarse en un laboratorio y obtener mediciones precisas. Para salvar esta dificultad, deberá soportarse al generador en cojinetes de bolas, pudiéndose medir el esfuerzo de torsión ejercido por el estator del generador. La tendencia al giro o la reacción del estator será igual y opuesta al par torsional ejercido sobre la armadura que es movida por el motor.

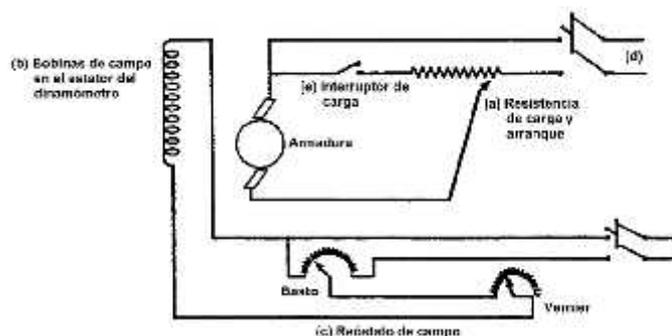


Figura 2. 28 Diagrama simplificado del alambrado del dinamómetro eléctrico

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

El dinamómetro puede emplearse ya sea como motor eléctrico, para arrancar y mover al motor de combustión a diferentes velocidades o como generador para absorber la potencia del motor de combustión. El dinamómetro de la figura 1.5 para trabajar como motor se cierra el interruptor de campo ajustando a (b) para la máxima densidad haciendo que la resistencia de campo (c) quede fuera produciendo un momento torsional máximo para el arranque. La resistencia variable (a) para el arranque, se intercala totalmente para limitar la corriente de la armadura, al cerrar el interruptor de la línea (d) el dinamómetro hace girar el motor. La velocidad del motor eléctrico puede aumentarse reduciendo la resistencia de arranque hasta que la armadura quede directamente en la línea, y pueden obtenerse aún velocidades mayores, aumentando la resistencia (c) del campo para reducir la intensidad del mismo. Con este procedimiento puede determinarse rápidamente la potencia requerida para mover al motor de combustión en cada velocidad, esto es la potencia consumida en la fricción. Después que ha sido arrancado el motor, se abre el interruptor de línea (d) quedando los controles para operar el dinamómetro como generador. Primero se pone la resistencia de la carga

(c) en su valor máximo para asegurar una baja corriente. Nótese que la posición máxima de resistencia difiere para las aplicaciones de motor o generador por la colocación del interruptor de carga (e). Luego las bobinas de campo son anuladas insertando la resistencia máxima en el reóstato (c) del campo. Cuando el interruptor de carga (e) se cierra se le impone una carga mínima al motor.

Para aumentar la carga, primero se refuerza el campo aumentando así el voltaje generado, mientras se ajusta el acelerador para la velocidad deseada. Si es necesario un par torsional adicional se reduce la resistencia de campo, aumentando así la corriente de armadura. La potencia se puede obtenerse con altos voltajes y bajas corrientes siendo la corriente el factor que ocasiona el sobrecalentamiento de los conductores y su aislamiento.

CAPITULO 3

3. DIAGNOSTICO DEL MOTOR

3.1. INFORMACIÓN TÉCNICA DEL MOTOR LADA 1.7CC

En la Tabla 3.1 se muestran los datos generales del motor LADA 1.7cc, obtenidos mediante mediciones, observaciones y fuentes bibliográficas:

Cilindrada	1.700 c.c.
Relación de Compresión	8,5 : 1
Válvulas	8
Número de Ciclos	4
Número de Cilindros	4 en línea
Orden de encendido	1-3-4-2
Diámetro x Carrera	78 x 90 mm.
Velocidad de ralentí	900 ± 50

Tabla 3. 1 Información específica del vehículo en estudio

FUENTE: Biblioteca automotriz Autodata 2005, Autor

3.2. DIAGNOSTICO FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN ELECTRÓNICA DEL MOTOR LADA 1.7cc

3.2.1. UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO (ECU)



Figura 3. 1 Módulo de Control del Tren de Potencia (PCM)

FUENTE: Autor, Pilatasig B.

Para el diagnóstico del motor se inició por el componente principal que es la unidad electrónica de control que es capaz de realizar en tiempo real todos los cálculos de avance de encendido y dosificación de combustible tomando datos de los sensores del motor para ser procesados y enviar señales a los actuadores correspondientes. Para que todo esto pueda funcionar en tiempo real es necesario colocar en algún componente toda la información posible donde el procesador encuentre para cada condición de funcionamiento la mejor Performance. Este componente se denomina memoria EPROM y es allí donde cada fabricante mediante una programación guarda dentro de esta todos los requisitos de manejo posible, Avance encendido, dosificación de combustible, corte de rpm, sonda oxígeno y para lograr el aumento de potencia del motor modificar los parámetros de las cartografías de encendido y de inyección de combustible.

En la Figura 3.2 se puede observar el esquema completo del Sistema de Control Electrónico, el cual emplearemos en el banco de pruebas.

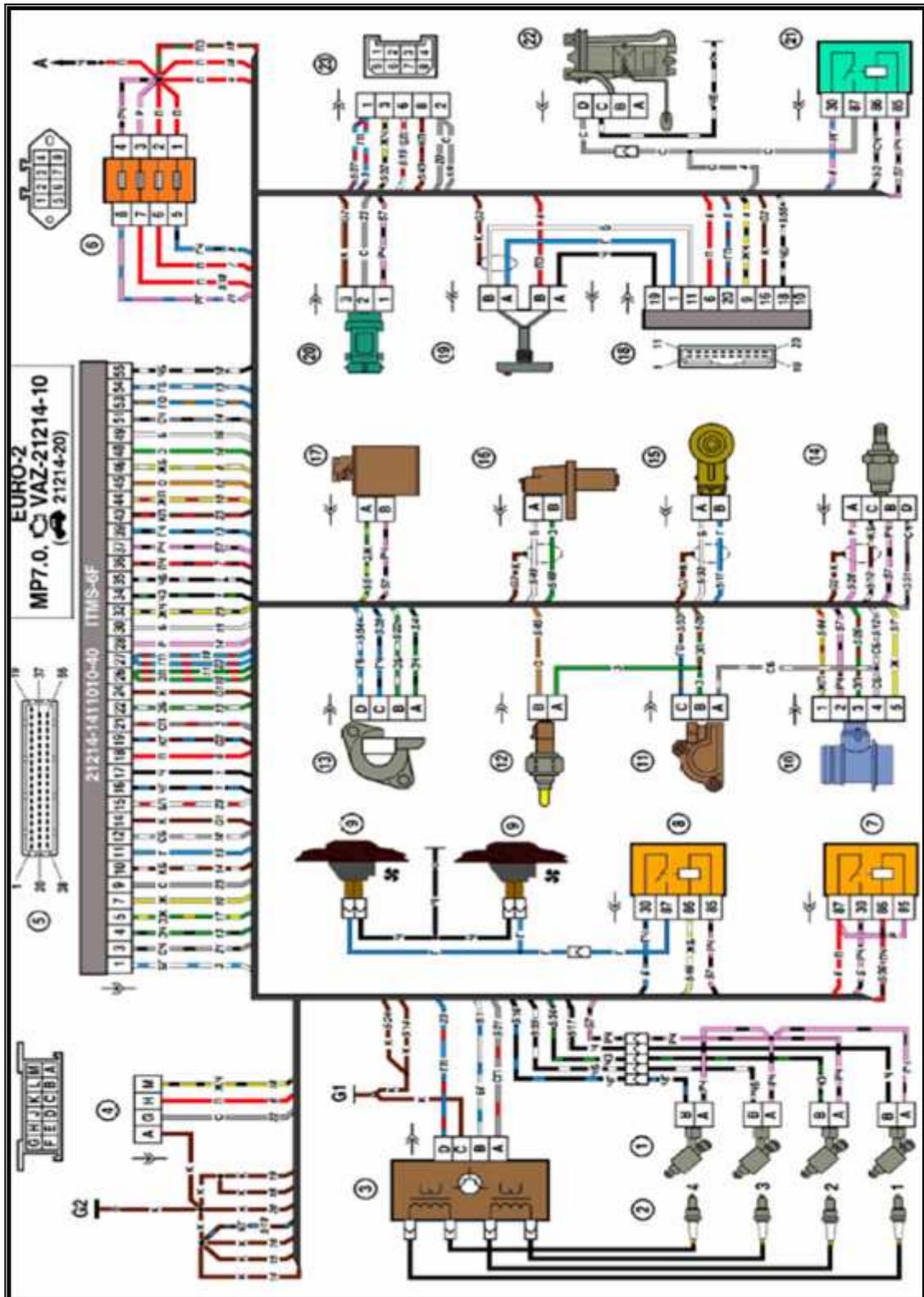


Figura 3. 2 Esquema de conexiones eléctricas del sistema de mando del motor a inyección multipunto de combustible

FUENTE: Biblioteca automotriz Autodata 2005, Autor

3.2.2. ARQUITECTURA DEL ECU

El ECU contiene, básicamente: un conformador de impulsos, un convertidor analógico-digital, un bus de datos y direcciones, y un microordenador; el cual, se compone de una unidad aritmético/lógica de funcionamiento digital, y demás componentes, como se muestra en la Figura 3.3.

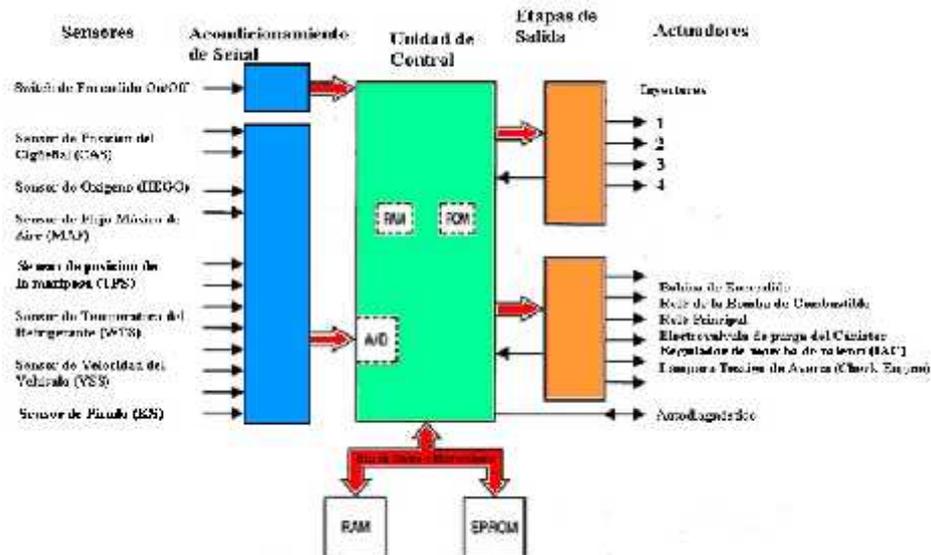


Figura 3. 3 Arquitectura del PC

FUENTE: Biblioteca automotriz Autodata 2005, Autor

CONFORMADOR DE IMPULSOS.- Actúa para recibir los impulsos de tensión de los diferentes sensores. Estos impulsos son modificados en magnitud y en forma, para dejarlos en condiciones que puedan ser procesados por el microordenador.

CONVERTIDOR ANALÓGICO DIGITAL.- Es el encargado de recibir las señales que se producen por variaciones de tensión en los sensores. Estas variaciones de tensión son convertidas de señales analógicas a digitales.

MICROPROCESADOR.- Es la unidad central de proceso (CPU), contiene en su interior una Unidad Aritmético/Lógica (ALU), que realiza las operaciones aritméticas y las operaciones lógicas. Los programas y datos que precisa los obtiene de la memoria ROM, mientras los datos que ha de procesar le vienen de la memoria RAM que almacena los datos suministrados por los sensores. Además consta de un Acumulador, que es una memoria intermedia que le permite a la ALU guardar datos mientras trabaja con otros que tendrán relación con lo que está procesando; y posee una Unidad de Control, que es el elemento activo que solicita los datos, controla las entradas, las salidas y el desarrollo de las operaciones.

MEMORIA ROM.- Como en todos los ordenadores, la memoria ROM mantiene grabados los programas con todos los datos, valores teóricos, etc. con los que ha de funcionar el sistema. Esta memoria no puede borrarse.

MEMORIA RAM.- Es la memoria de acceso aleatorio en la que se acumulan los datos de funcionamiento. Aquí están almacenados los datos que proporcionan los sensores hasta el momento en que son requeridos por la CPU, en cuyo momento son sobregrabados con los nuevos datos que se reciben de los sensores. Los defectos que se generen en el funcionamiento del sistema, son memorizados en la ECU en el orden en que van apareciendo. “Cuando se reconoce un defecto por primera vez y el estado de error permanece durante un tiempo mayor que 0,5 segundos, el defecto se memoriza como permanente. Si este defecto desaparece enseguida se memoriza como intermitente y no presente.

MEMORIA EEPROM.- Cuando la ECU recibe en tiempo real los datos provenientes de los diferentes sensores, debe procesarlos inmediatamente y a su vez tomar acciones que permitan establecer un correcto funcionamiento.

3.3. DIAGNOSTICO, CARACTERÍSTICAS Y COMPORTAMIENTO DE LOS SENSORES QUE CONTROLAN LA GESTIÓN ELECTRÓNICA DEL MOTOR

Los sensores que gobiernan el funcionamiento del motor de inyección electrónica se detallan a continuación, así como su estado y funciones correspondientes. Los sensores encontrados y analizados en el motor son:

- Ñ Sensor de revoluciones del motor(CKP)
- Ñ Sensor de Temperatura del Refrigerante del Motor (ECT)
- Ñ Sensor de Posición de la Placa del Acelerador (TPS)
- Ñ Sensor de Flujo de Masa de Aire (MAF)
- Ñ Sensor de Temperatura de Aire Ingresando al Motor (IAT)
- Ñ Motor paso a paso (IAC)
- Ñ Sensor de Oxígeno (HEGO)



Figura 3. 4 Motor (Mostrando los sensores de forma general)

FUENTE Propia

3.3.1. SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR

3.3.1.1. FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR

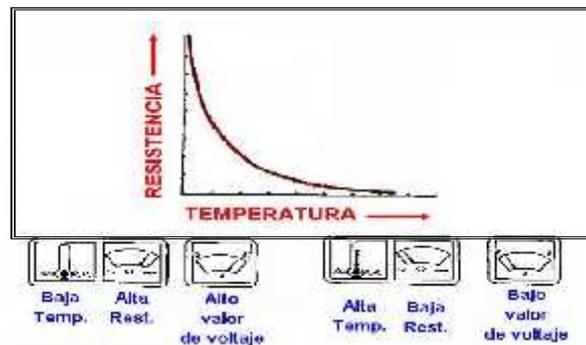


Figura 3. 5 Grafica del comportamiento del sensor de temperatura del motor.

FUENTE: <http://www.cisefileszapo.org> (Base de datos Cise Electronics)

El sensor de temperatura del motor varía su valor óhmico con la temperatura. Normalmente es del tipo NTC es decir la respuesta del sensor es inversamente proporcional a la variación de temperatura. En el motor el sensor es encargado de medir la temperatura de agua. El sensor de temperatura proporciona al ECM una imagen eléctrica de la temperatura del medio que está censando. Por lo general está instalado individualmente e informa al Módulo de Control Electrónico del Motor la temperatura del refrigerante del motor, para:

- Ñ Corregir la dosificación de combustible
- Ñ Corregir el tiempo de encendido.
- Ñ Control de la marcha ralentí
- Ñ Control del electro ventilador

El termistor utilizado es del tipo NTC (Coeficiente Térmico Negativo), lo que significa que el valor de la resistencia disminuye a medida que aumenta la temperatura como se muestra en la Fig.3.5

3.3.1.2. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR

Cuenta con dos (2) Terminales eléctricas.

Ñ **Terminal 1:** Masa electrónica del sensor.

Ñ **Terminal 2:** Alimentación, y señal variable.

Las dos terminales se encuentran conectadas al Módulo de Control Electrónico del Motor (Fig. 3.6) tenemos los dos terminales del sensor color (azul y rojo).

Ñ La alimentación es suministrada por el Módulo de Control Electrónico del Motor, Voltaje de Referencia (V_{ref}).

Ñ La masa es suministrada por el Módulo de Control Electrónico del Motor (Masa Electrónica)

Ñ El valor de la resistencia del termistor es afectada por la temperatura del líquido refrigerante.

Ñ Con el motor frío, la temperatura del refrigerante será baja y la resistencia del termistor será alta.

Ñ Con el motor frío, la temperatura del refrigerante será baja y el voltaje de la señal alta.

Ñ A medida que el refrigerante del motor aumenta su temperatura, el valor de la resistencia y el voltaje disminuyen.

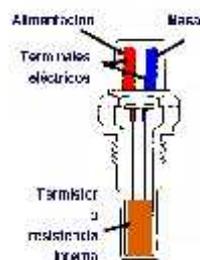


Figura 3. 6 Estructura interna del sensor de temperatura del motor

FUENTE: Base de datos Cise Electronics

3.3.1.3. UBICACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL SENSOR



Figura 3. 7 Ubicación del sensor de temperatura del motor

FUENTE Propia

El sensor se encuentra ubicado en el circuito de refrigeración del motor, a la salida de la bomba de agua. Al analizarlo y realizar pruebas se determina que el sensor se encuentra en óptimas condiciones y su operación es correcta

3.3.2. SENSOR DE FLUJO DE MASA DE AIRE (MAF)

3.3.2.1. FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR

El sensor MAF está diseñado para medir el flujo de aire que ingresa al motor, este dato viaja hasta el ECU por medio de un cable el cual envía una señal de voltaje que cambia de acuerdo al flujo. El sensor MAF es de hilo caliente, este sensor, internamente funciona mediante un hilo muy fino metálico el cual se encuentra a muy alta temperatura, en el momento que comienza a entrar aire el aire enfría este hilo y las cargas cambiantes de aire causan un efecto diferente sobre la temperatura del hilo, entonces todo el circuito que maneja el tema del calentamiento del hilo generara una señal de voltaje de acuerdo a que tanto es enfriado. Internamente existe un circuito

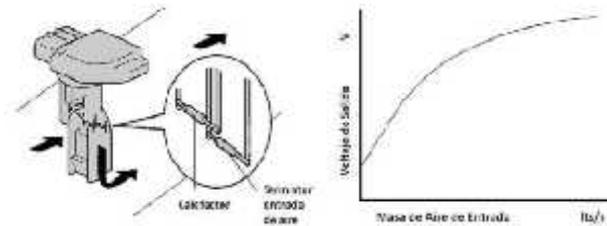


Figura 3. 8 Sensor MAF

FUENTE: <http://www.cisefileszapo.org>

El sensor MAF está diseñado para medir el flujo de aire que ingresa al motor, este dato viaja hasta el ECU por medio de un cable el cual envía una señal de voltaje que cambia de acuerdo al flujo. El sensor MAF es de hilo caliente, este sensor, internamente funciona mediante un hilo muy fino metálico el cual se encuentra a muy alta temperatura, en el momento que comienza a entrar aire el aire enfría este hilo y las cargas cambiantes de aire causan un efecto diferente sobre la temperatura del hilo, entonces todo el circuito que maneja el tema del calentamiento del hilo generara una señal de voltaje de acuerdo a que tanto es enfriado. Internamente existe un circuito que permanente monitorea los cambios de temperatura del hilo por medio de un transductor eléctrico, esto dentro del sensor.

3.3.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR

- Ñ Responde muy rápidamente a los cambios en el flujo de aire
- Ñ Pequeño paquete global
- Ñ Sin partes móviles mejora su durabilidad
- Ñ Menos costoso
- Ñ El termistor mide la temperatura del aire entrante. El hilo caliente se mantiene en una temperatura constante en relación con el termistor del circuito de control electrónico. Un aumento del flujo de aire hace

que el hilo caliente pierda calor más rápidamente y los circuitos de control electrónico lo compensan enviando una corriente mayor a través del hilo. El circuito de control electrónico al mismo tiempo mide el flujo de corriente y emite una señal de tensión (vg) en proporción al flujo de corriente.

Ñ Este tipo de sensor MAF por lo tanto tiene un sensor de temperatura del aire de admisión (IAT), como parte de la carcasa.

3.3.2.3. UBICACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL SENSOR



Figura 3. 9 Ubicación del sensor MAF

FUENTE Propia

El sensor se encuentra ubicado en el sistema de admisión del vehículo, lo más próximo al filtro de aire del motor. Al analizarlo y realizar pruebas se determina que el sensor se encuentra en óptimas condiciones y su operación es correcta

3.3.3. SENSOR DE TEMPERATURA DEL AIRE INGRESADO AL MOTOR (IAT)

3.3.3.1. FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR

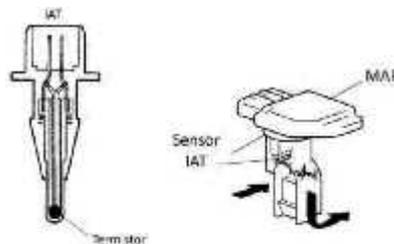


Figura 3. 10 Sensor IAT

FUENTE: <http://www.cisefileszpto.org>

El sensor de temperatura del aire conocido por IAT por sus siglas en inglés (Intake Air Temperature) tiene como función, como su nombre la indica, medir la temperatura del aire. Se puede ajustar así la mezcla con mayor precisión, si bien este sensor es de los que tiene menor incidencia en la realización de la mezcla igualmente su mal funcionamiento acarreará fallas en el motor. Posee una resistencia que aumenta o disminuye su resistencia proporcionalmente al aumento de la temperatura del aire

3.3.3.2. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR

- Ñ Este sensor se encuentra como parte del sensor MAF
- Ñ El sensor IAT es un termistor (una resistencia que cambia con respecto a la temperatura). Entre más se calienta el sensor menor es su resistencia
- Ñ El sensor de temperatura se conecta en serie a una resistencia de valor fijo. El ECM suministra 5 voltios para el circuito y mide la variación de voltaje entre la resistencia de valor fijo y el sensor de temperatura.

Ñ Cuando el sensor está frío, la resistencia del sensor es alta, y la señal de tensión es alta. A medida que el sensor se calienta, la resistencia disminuye y disminuye la tensión de la señal. De la señal de tensión, el ECM puede determinar la temperatura del refrigerante, el aire de admisión, o de los gases de escape.

3.3.3.3. UBICACIÓN Y DIAGNOSTICO DEL SENSOR

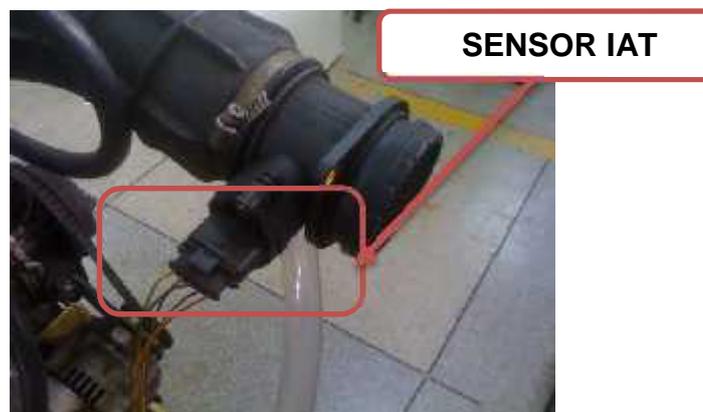


Figura 3. 11 Ubicación del sensor IAT.

FUENTE Propia

El sensor se encuentra ubicado como parte del sensor MAF en Conducto Principal Del Ingreso De Aire Al Motor. Al analizarlo y realizar pruebas se determina que el sensor se encuentra en óptimas condiciones y su operación es correcta.

3.3.4. SENSOR DE POSICIÓN DE PLACA DE ACELERADOR (TPS)

3.3.4.1. FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR

El sensor es un potenciómetro de pista resistiva que de acuerdo al movimiento de la placa de acelerador el entrega al ECM una señal de voltaje, indicando la posición exacta de la mariposa (Figura 3.12)

Ñ Con la placa de aceleración cerrada la señal del sensor será baja.

Ñ Con la placa de aceleración abierta la señal del sensor será alta.

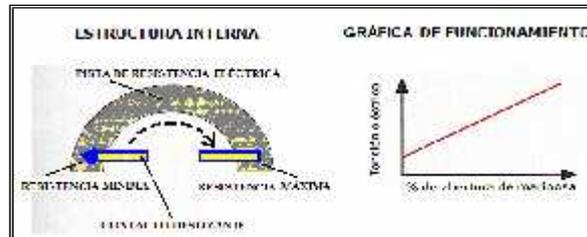


Figura 3. 12 Estructura interna y gráfica del sensor de posición de placa del acelerador (TPS).

FUENTE: <http://www.cisefilezupto.org> (Base de datos Cise Electronics)

3.3.4.2. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR

Ñ Enviar una señal al Módulo de Control Electrónico del Motor, de acuerdo a la posición de la placa del acelerador y al ángulo de apertura, para:

Ñ Corregir la dosificación de combustible

Ñ Corregir el avance del encendido

3.3.4.3. UBICACIÓN Y DIAGNOSTICO DEL SENSOR

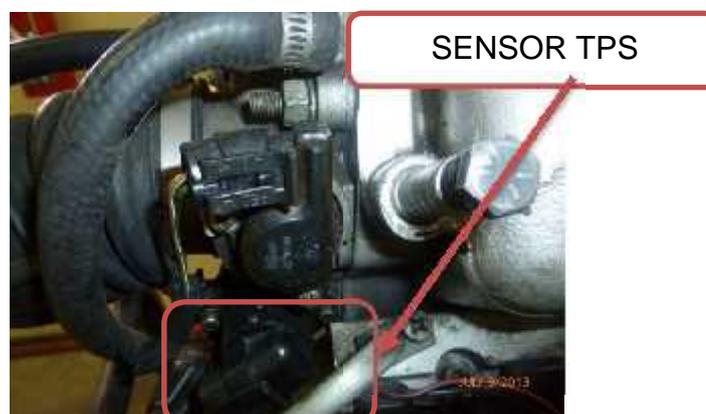


Figura 3. 13 Ubicación del sensor de posición de placa del acelerador (TPS)

FUENTE Propia

El sensor se encuentra ubicado junto al cuerpo de aceleración, al lado contrario de los herrajes del cable de aceleración. Al analizarlo y realizar pruebas se determina que el sensor se encuentra en óptimas condiciones y su operación es correcta.

3.3.5. SENSOR DE OXIGENO (O2)

3.3.5.1. FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR



Figura 3. 14 Sensor de oxígeno o sonda lambda

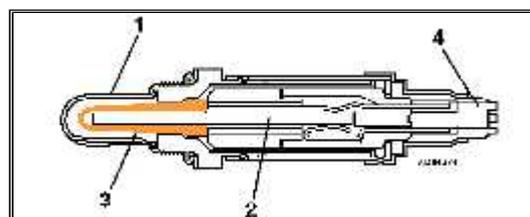
FUENTE: <http://www.cisefilezupto.org> (Base de datos Cise Electronics)

3.3.5.2. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR

Informa al Módulo de Control Electrónico del Motor el contenido de oxígeno en los gases de escape para:

- Ñ En la práctica el sensor de oxígeno envía continuamente señales al módulo de control del motor para modificar la alimentación de combustible en una cantidad pequeña, a fin de mantener la concentración de la mezcla lo más cerca posible ($\pm 1\%$) a la proporción ideal teórica (Estequiométrica) de 14.7 partes de aire a 1 parte de combustible, que es la óptima para que el catalizador funcione eficazmente.
- Ñ Establecer la riqueza o pobreza de la mezcla quemada para corregir la dosificación de combustible.

- Ñ El sensor reacciona ante el contenido de oxígeno de los gases de escape y utiliza la tensión generada (200mV - 800 mV) para enviar una señal al módulo de control del motor para que modifique la proporción de la mezcla (aire/combustible).
- Ñ Si el contenido de oxígeno está al valor ideal ($\Lambda = 1$)
- Ñ Si la mezcla es demasiado pobre la tensión será de 200-450 mV ($\Lambda = 1,10$).
- Ñ Si es demasiado rica la tensión será de 550-800 mV ($\Lambda = 0,96$).
- Ñ En su interior cuenta con dos electrodos de Platino y un electrolito de Óxido de Zirconio (ZrO_2), que genera bajo ciertas condiciones una señal de voltaje. Fig.1.19
- Ñ Sensor generador de tensión.
- Ñ El sensor no comenzará a funcionar hasta que haya alcanzado una temperatura $400^{\circ}C - 572^{\circ}C$
- Ñ El sensor al ser calentado por los gases de escape comienza a generar una señal de voltaje que varía de 0,10 a 0,90 voltios.



1. Tapa protectora con ranuras
2. Elemento térmico
3. Elemento sensor
4. Conexiones eléctricas

Figura 3. 15 Estructura interna sensor oxígeno

FUENTE: <http://www.cisefilezshapto.org> (Base de datos Cise Electronics)

3.3.5.3. UBICACIÓN Y DIAGNOSTICO DEL SENSOR

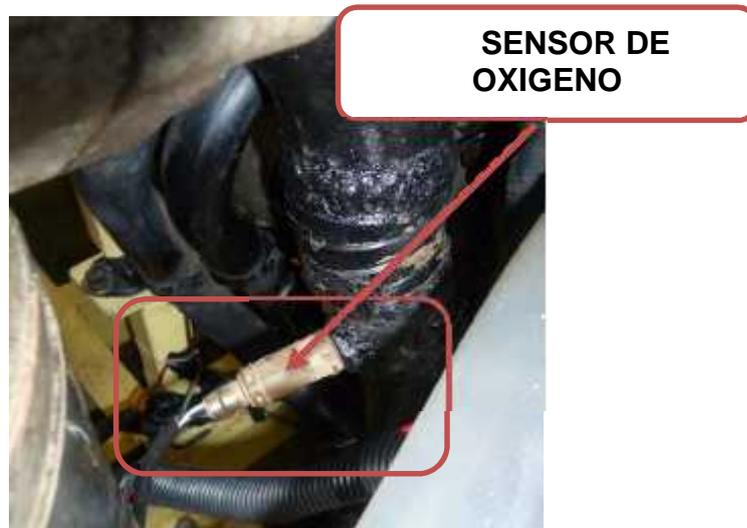


Figura 3. 16 Ubicación Del Sensor de Oxígeno o Sonda Lambda en el automóvil

FUENTE Propia

El sensor se encuentra ubicado en el múltiple de escape. Al analizarlo y realizar pruebas se determina que el sensor se encuentra en óptimas condiciones y su operación es correcta.

3.3.6. SENSOR DE ROTACIÓN DEL MOTOR (CKP)

3.3.6.1. FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR

El sensor CKP de tipo inductivo genera una señal alterna senoidal con una irregularidad cíclica producida por un faltante de dientes sobre la rueda fónica de excitación montada en el cigüeñal. Esta señal es generada por un elemento inductivo acoplado frente a una rueda dentada fijada al cigüeñal. La rueda dentada posee tallados 58 dientes, faltando dos dientes justo donde coincide con el Punto Muerto Superior del cilindro N1 en esta zona es precisamente donde se inducen los pulsos de mayor amplitud.

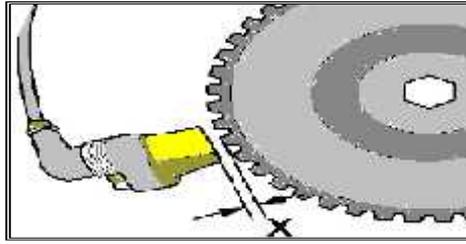


Figura 3. 17 Sensor de Rotación del motor

FUENTE: Biblioteca automotriz Autodata

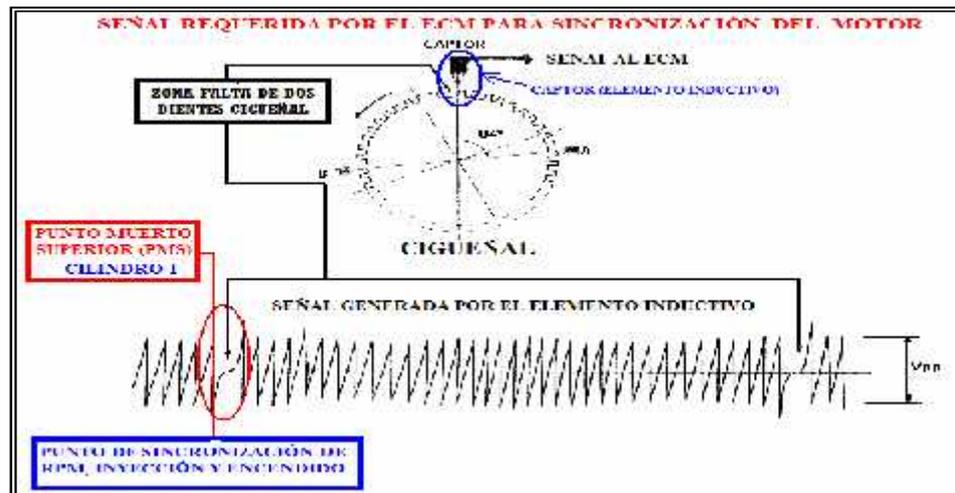
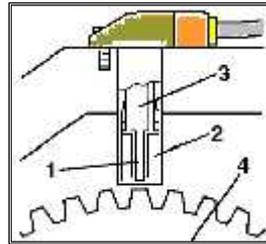


Figura 3. 18 Sensor inductivo para la determinación de las RPM y sincronización del motor

FUENTE: <http://www.cisefileszapo.org> (Base de datos Cise Electronics)

3.3.6.2. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR

- Ñ Estos sensores contienen un imán permanente encerrado parcialmente en un núcleo de hierro de bobina móvil y en parte en un devanado inductor. (Figura 3.19)
- Ñ La punta del sensor está colocada cerca de la corona dentada del volante.
- Ñ El disco dentado emisor de impulsos, o una rueda dentada sujeta a la polea del cigüeñal.
- Ñ El CKP tienen 3 cables, dos cables de señales y el tercero un mallado o blindaje a masa, para evitar interferencias parásitas del encendido.



1. Núcleo de bobina móvil
2. Devanado inductor
3. Imán permanente
4. Corona dentada del volante

Figura 3. 19 Estructura interna del sensor de posición del cigüeñal

FUENTE: Biblioteca automotriz Autodata 2005, Autor.

3.3.6.3. UBICACIÓN Y DIAGNOSTICO DEL SENSOR



**SENSOR DE
POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL**

Figura 3. 20 Ubicación del sensor de posición del cigüeñal

FUENTE Propia

El sensor se encuentra ubicado junto al volante de inercia. Al analizarlo y realizar pruebas se determina que el sensor se encuentra en óptimas condiciones y su operación es correcta.

3.3.7. MOTOR PASO A PASO (IAC)

3.3.7.1. FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR

El control de marcha Ralentí en el vehículo se la realiza a través de un motor de paso a paso cuya función es obstruir o permitir el ingreso de aire a la cámara de admisión para mantener el vehículo en revoluciones constantes. El control eléctrico sobre el motor paso a paso lo realiza la computadora. Esta computadora (ECM) es capaz de controlar independientemente de la posición de la mariposa al motor paso a paso. El

control del régimen de marcha lenta se encuentra vinculado a dos componentes muy importantes:

- Ñ El Sensor de Posición de Placa del Acelerador TPS.
- Ñ El Sensor de Temperatura ECT.



Figura 3. 21 Actuador que controla marcha ralenti en el motor

FUENTE: Biblioteca Lada 2004

3.3.7.2. UBICACIÓN Y DIAGNOSTICO DEL MOTOR PASO – PASO



Figura 3. 22 Ubicación del actuador que controla la marcha ralenti

FUENTE Propia

El sensor se encuentra ubicado junto al cuerpo de aceleración. Al analizarlo y realizar pruebas se determina que el sensor se encuentra en óptimas condiciones y su operación es correcta.

3.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS MODIFICADOS DEL MOTOR

3.4.1. SISTEMA DE COMBUSTIBLE

El funcionamiento básico del sistema de combustible puede resumirse en los siguientes pasos:

- Ñ Cuando el motor está en encendido y en función del estado del pedal acelerador así como de otros parámetros, la Unidad de Control se encarga de mandar la adecuada orden eléctrica a la bomba principal de combustible, generalmente situada dentro del depósito.
- Ñ La bomba contenida en el depósito de envío de combustible cuenta con una capacidad de 0.029744 m³ el cual fue adaptado al banco de pruebas, debido a que el depósito de combustible original era demasiado grande y por lo tanto antiestético. La bomba de combustible se encarga de succionar el combustible y alimentar al circuito de inyección, pasando previamente por un filtro de combustible y un sensor de caudal ubicado a la salida del filtro para medir el consumo de combustible que se produce hacia el motor. La parte sobrante es derivada a las denominadas Jet Pump, que no son otra cosa que un sistema que trabaja mediante efecto Venturi, haciendo que succione el combustible que lo rodea y enviándolo al módulo de reserva, el cual debe estar siempre lleno.
- Ñ El combustible enviado pasa por una válvula limitadora de presión tras la cual llegará al sistema de inyección.

- Ñ Una vez que se encuentra en el sistema de alimentación, serán los inyectores los encargados de realizar la mezcla de aire + combustible y alimentar a los cilindros del motor.
- Ñ Luego de este proceso el combustible que no es consumido pasa nuevamente por un sensor de caudal el cual registra el combustible que retorna hacia el tanque

Los componentes del sistema de combustible se detallan en el siguiente esquema:

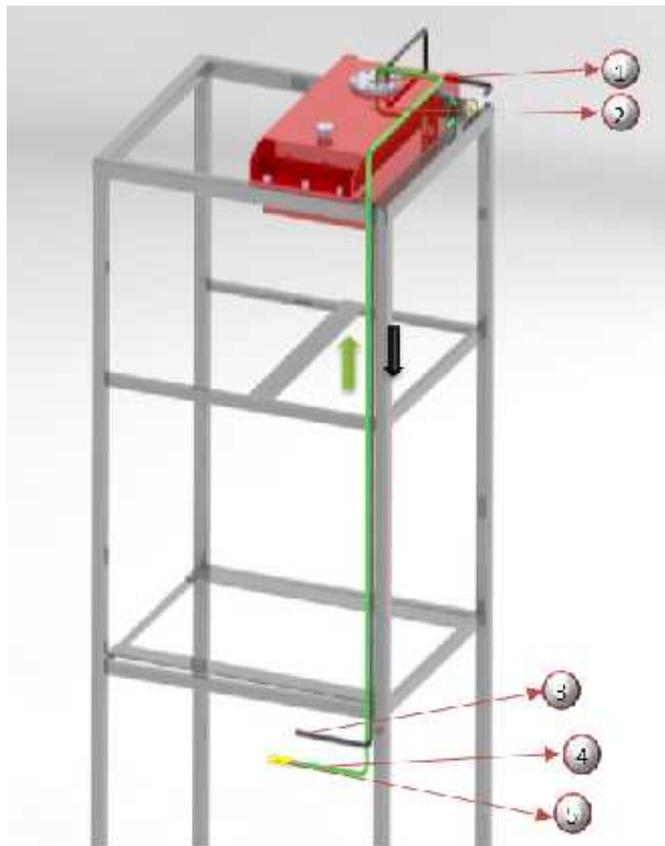


Figura 3. 23 Ubicación del actuador que controla la marcha ralentí

FUENTE Propia

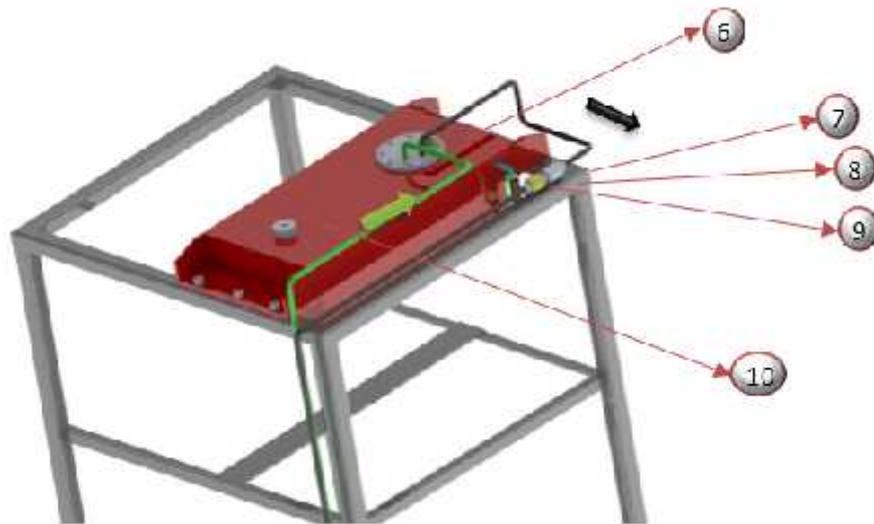


Figura 3. 24 Ubicación del actuador que controla la marcha ralentí

FUENTE Propia

Descripción de los elementos que componen el sistema de combustible:

No.	ELEMENTO
1	Bomba de combustible
2	Tanque de combustible
3	Tubería de ingreso de combustible al motor
4	Tubería de retorno combustible al tanque
5	Sensor de flujo de combustible de retorno al tanque
6	Líneas de conexión eléctrica de la bomba de combustible
7	Filtro de combustible
8	Sensor de flujo de combustible de ingreso al motor
9	Nivel del tanque de combustible
10	Tapa de ingreso de combustible

Tabla 3. 2 Componentes del Sistema de Combustible

FUENTE Propia

A continuación se va a detallar los elementos constitutivos del sistema de combustible del banco de pruebas, los cuales son:

3.4.1.1. BOMBA DE COMBUSTIBLE



Figura 3. 25 Bomba de Combustible

FUENTE Propia

La bomba está diseñada para suministrar una presión de combustible aproximada de 3 bares y un caudal mayor a 80 litros por hora. La bomba debe suministrar un caudal superior al necesario para poder así mantener presión y caudal en el sistema controlado por el regulador de presión ubicado en el extremo de la riel de inyección en la mayoría de vehículos en modelos nuevos el regulador es ubicado dentro del mismo tanque de esta forma se evita una línea de retorno del combustible. En los que poseen el regulador en el riel el excedente de combustible y las burbujas de vapor retornan al tanque desde el tubo de distribución pasando por la bomba de combustible, la tensión de alimentación para la bomba es de 12.4 voltios motor apagado y 13.6 motor en encendido.

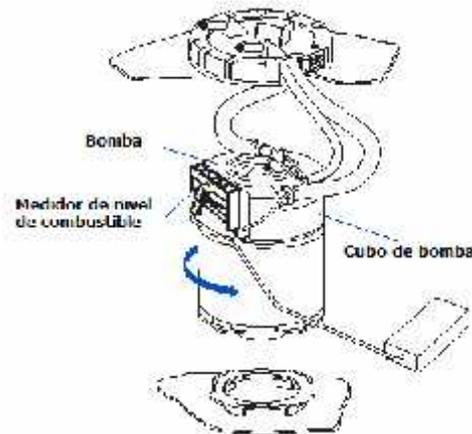


Figura 3. 26 Bomba de combustible sumergible

FUENTE: <http://www.cisefilezapt.org> (Base de datos Cise Electronics)

3.4.1.2. MANGUERAS Y CAÑERÍAS DE ALTA PRESIÓN



Figura 3. 27 Manguera de alta presión de combustible

FUENTE Propia

El sistema requiere de tres líneas de combustible en el sistema de alimentación; y éstas son:

- Ñ La línea de abastecimiento de combustible, por la cual el combustible será succionado por la bomba eléctrica desde el depósito, pasando por los diversos elementos del sistema de alimentación y finalmente será transportado hacia los inyectores. Esta manguera debe ser capaz de soportar presiones elevadas (por seguridad, superior a los 100 psi).
- Ñ La línea de retorno de combustible, que inicia su recorrido en el regulador de presión ubicado en el riel de inyectores, el cual permitirá enviar el combustible excesivo directamente al depósito.

Ñ La línea de desfogue de los vapores de combustible producidos en el depósito, que es accionada por la válvula de desfogue y permite el paso de dichos vapores hacia el filtro de carbones activos (cánister), y posteriormente al múltiple de admisión para ser combustionados.

3.4.1.3. FILTRO DE COMBUSTIBLE



Figura 3. 28 Filtro de combustible

FUENTE Propia

Se encuentra instalado entre la bomba eléctrica de combustible y el riel de inyectores, y habitualmente se sitúa en el compartimiento del motor. El material filtrante puede ser el fieltro pero en la actualidad la mayoría de los filtros son de papel. El filtro, propiamente dicho, va alojado en el interior de un cartucho y no es recuperable.

3.4.1.4. SENSOR DE FLUJO DE COMBUSTIBLE



Figura 3. 29 Filtro de combustible

FUENTE Propia

El sensor de flujo de agua consiste en un cuerpo de plástico, un rotor y un sensor de efecto Hall. Cuando el agua fluye a través de los rodillos del rotor su velocidad cambia con la diferente velocidad de flujo y produce una señal de impulso correspondiente al caudal que circula por este sensor. Este sensor se detalla más detalladamente el capítulo 4.

3.4.1.5. REGULADOR DE LA PRESIÓN DE INYECCIÓN



Figura 3. 30 Regulador de presión.

FUENTE Propia

Una de sus funciones es la de transferir el combustible al depósito por el conducto de retorno en caso que se supere la presión máxima admisible en el riel de inyectores. Además, el regulador se encuentra comunicado con el múltiple de admisión por lo que la regulación se hace sensible a la depresión que exista en el múltiple.

3.4.1.6. INYECTORES



Figura 3. 31 Inyectores

FUENTE Propia

En los sistemas actuales se utilizan inyectores gobernados eléctricamente, o sea, válvulas de regulación eléctrica. Son dispositivos que tienen dos estados estables, abiertos o cerrados. Cuando están abiertos permiten el paso del combustible, y cuando están cerrados lo bloquean. La PCM es la encargada de mandar los impulsos eléctricos que gobernarán la apertura de los inyectores. El tiempo de duración de los impulsos determina el tiempo de abertura de la aguja pulverizadora, y debido a que la presión de alimentación del inyector es constante, la cantidad de combustible inyectado será proporcional al tiempo de duración del impulso eléctrico. El inyector debe ser una válvula que responda con una gran precisión a los impulsos eléctricos que reciba. Los componentes que lo forman deben ser de gran precisión. En la siguiente figura pueden observarse la estructura típica:

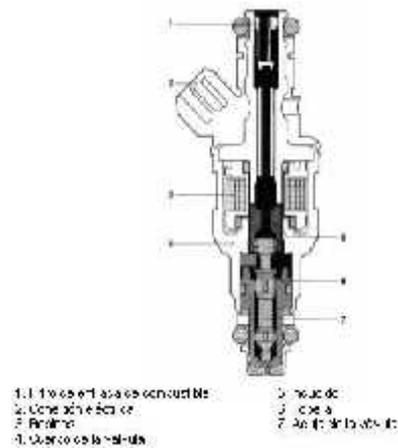


Figura 3. 32 Inyector eléctrico de combustible

FUENTE: Auto data Lada.

3.4.1.7. VÁLVULA ELECTROMAGNÉTICA DE PURGA (CÁNISTER)



Figura 3. 33 Válvula electromagnética de purga (Cánister)

FUENTE Propia

El cánister forma parte del sistema de alimentación de combustible, ya que, va acoplado a la cañería de desfogue del tanque, y almacena los vapores de combustible que emanan desde el interior del depósito. Los vapores de combustible (contaminantes) recogidos en el filtro de carbones activos (cánister), se envían hacia los conductos de admisión para ser quemados. En efecto, la PCM compensa esta cantidad de combustible adicional reduciendo el suministro a los inyectores. La válvula

electromagnética de purga del cánister es accionada por la PCM, y permite reciclar los vapores contenidos en el cánister en función de las condiciones de uso del motor.

3.4.2. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El sistema de refrigeración es de gran importancia, ya que el funcionamiento correcto y la efectividad de su servicio dependen en gran parte del enfriamiento del motor donde se produce calor debido al frotamiento de las piezas en movimiento y a la combustión de los gases en el cilindro la cual puede alcanzar hasta los 2000°C.

La refrigeración es el conjunto de elementos, que tiene como misión eliminar el exceso de calor acumulado en el motor, debido a las altas temperaturas, que alcanza con las explosiones y llevarlo a través del medio empleado, el cual es agua, al exterior y obtener una temperatura normal de funcionamiento que puede oscilar entre los 75° y los 90°. El sistema del banco de pruebas consta de un tanque con un volumen de 0.07638 m³, el cual absorbe agua desde la red pública y es almacenada en el tanque de agua y por medio de gravedad ingresa a la bomba de agua y la circulación del refrigerante es impulsada a través de una bomba centrífuga, donde el agua pasa por los cilindros del bloque motor, luego por la culata, y finalmente hacia un rotámetro donde es medido el flujo de agua para depositarse nuevamente en el tanque de agua donde tiene lugar el enfriamiento medio del efecto termosifón. El agua refrigerada regresa al motor donde comienza nuevamente el ciclo.

La bomba de agua es accionada generalmente mediante correas y poleas, que, en algunos casos, también hacen girar el ventilador que en nuestro caso fue retirado. Los componentes del sistema de refrigeración se detallan a continuación:

TUBERÍAS DE INGRESO DE AGUA DESDE LA RED DE AGUA POTABLE HACIA EL MOTOR

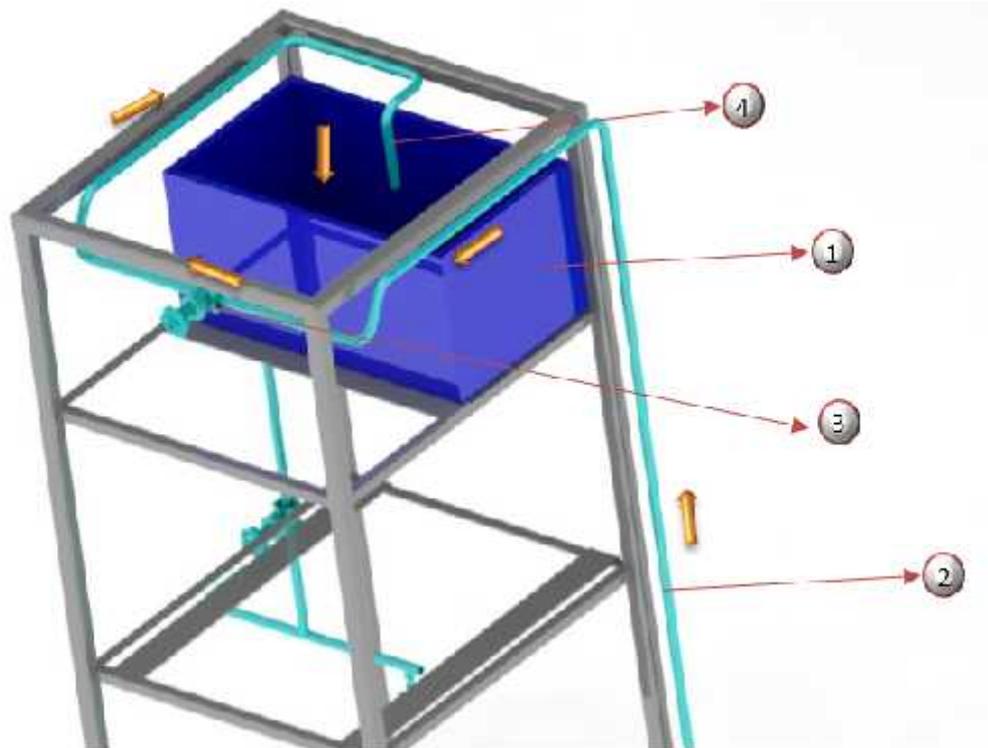


Figura 3. 34 Sistema de Refrigeración

FUENTE Propia

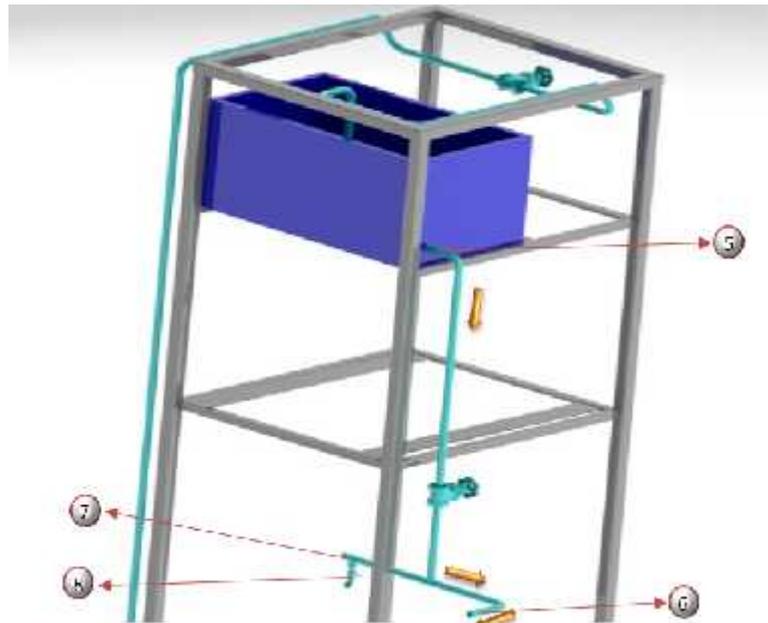


Figura 3. 35 Sistema de Refrigeración

FUENTE Propia

**TUBERÍAS DE RETORNO DE AGUA DESDE EL MOTOR HACIA EL
TANQUE DE AGUA**

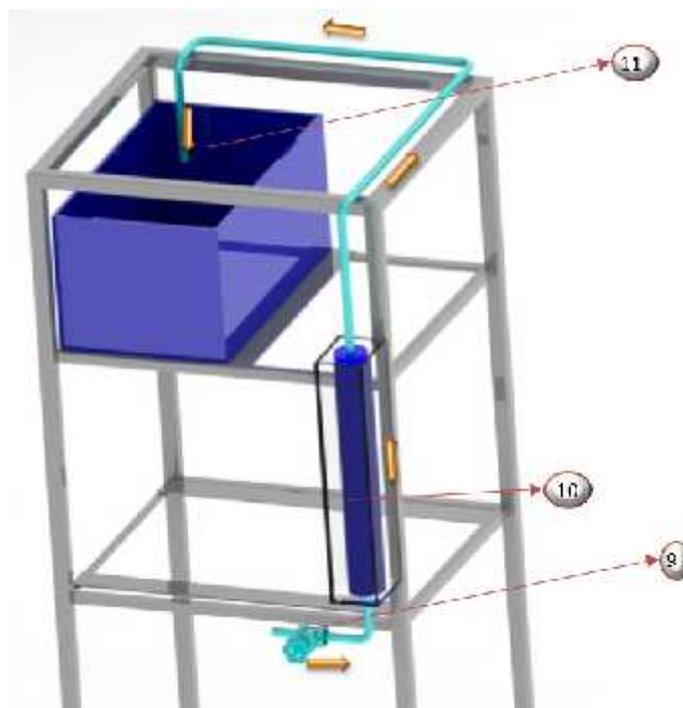


Figura 3. 36 Sistema de Refrigeración

FUENTE Propia

Descripción de los elementos que componen el sistema de combustible:

No.	ELEMENTO
1	Tanque de almacenamiento de agua
2	Tubería de entrada de agua desde la red de agua potable
3	Válvula de paso de agua
4	Tubería de carga de agua del tanque de almacenamiento
5	Tubería de salida de agua desde el tanque de almacenamiento hacia el motor
6	Tubería de ingreso de agua hacia la bomba de refrigeración
7	Sensor de temperatura al ingreso de la bomba de agua
8	Llave de agua para evacuación de líquidos residuales dentro de la Tubería
9	Tubería de salida de agua del motor hacia tanque de almacenamiento
10	Rotámetro
11	Tubería de salida de agua del rotámetro hacia el tanque de almacenamiento

Tabla 3. 3 Componentes del Sistema de Refrigeración

FUENTE Propia

A continuación se va a detallar los elementos constitutivos del sistema de refrigeración del banco de pruebas, los cuales son:

3.4.2.1. BOMBA DE AGUA:



Figura 3. 37 Bomba de Agua

FUENTE Propia

Es la encargada de bombear el agua y hacerla circular por los conductos. Está montada en el frente del bloque de cilindros y es conducida generalmente por una correa en V desde el cigüeñal, la cual gira empujando el agua hasta las camisas del bloque y culata.

3.4.2.2. MANGUITOS:



Figura 3. 38 Manguitos

FUENTE Propia

Son conductores de goma que unen el bloque del motor con el radiador y donde circula el agua. La flexibilidad que presentan es para evitar que se comuniquen las vibraciones del motor al radiador.

3.4.2.3. TERMOSTATO:



Figura 3. 39 Termostato

FUENTE Propia

Es un controlador de la temperatura del motor, para hacer al agua circular por el radiador o no, según la temperatura del motor. Está situado entre el bloque del motor y la parte superior del radiador. Es una válvula que consta de un resorte (muelle) lleno de un líquido volátil dependiendo de la temperatura del agua, el líquido expandirá o contraerá el resorte que está unido a la válvula. En nuestro motor este dispositivo fue retirado

3.4.2.4. TAPA DEL RADIADOR:



Figura 3. 40 Tapa del Radiador

FUENTE Propia

Es una pequeña válvula que deja salir el vapor de agua al exterior al alcanzar una temperatura determinada, que por medio de un resorte abre o cierra la válvula. El muelle mantiene la válvula cerrada realizando una cierta presión sobre ella. Si al vapor de agua supera la presión del muelle, la válvula

se abre y lo deja salir. Cuando la presión disminuye se cierra. Funciones de la tapa del radiador:

- Ñ Permite llenar el sistema con el refrigerante.
- Ñ Permite la salida del refrigerante al tanque de reserva debido a la expansión del líquido cuando se calienta.
- Ñ Mantiene la presión del sistema a un valor adecuado para evitar la ebullición del líquido, pero sin sobre-presiones peligrosas para la integridad de las partes.
- Ñ Permite el retorno del refrigerante cuando el sistema se enfría y este se contrae manteniéndolo completamente lleno.
- Ñ Sirve como válvula de seguridad en los sobrecalentamientos.

3.4.3. SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE

El sistema de admisión tiene como objetivo suministrar aire limpio para la combustión del motor. Por Sistema de Admisión se entiende el conjunto de dispositivos que permiten que ingrese el aire comburente a las cámaras de combustión del motor. Las funciones principales que debe cumplir la admisión son:

- Ñ Filtrar el aire atmosférico de forma que llegue limpio al motor
- Ñ Medir y regular la cantidad de aire que formará la mezcla explosiva
- Ñ Atenuar el ruido procedente del interior del motor
- Ñ Distribuir adecuadamente el aire entre los puertos de admisión del motor

En el banco de pruebas el aire es absorbido desde un recipiente con un volumen de 0.252648 m^3 , conectado hacia un medidor el cual indica la

cantidad de aire que ingresa hacia el motor. Los componentes del sistema de admisión de aire se detallan a continuación:

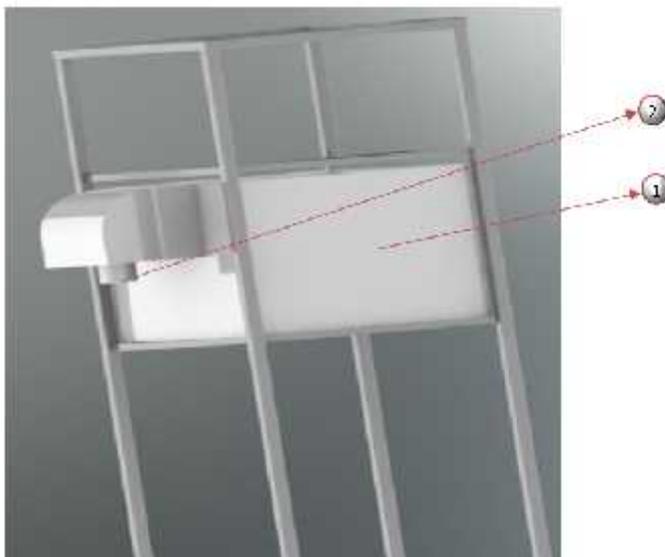


Figura 3. 41 Sistema de Ingreso de Aire

FUENTE Propia

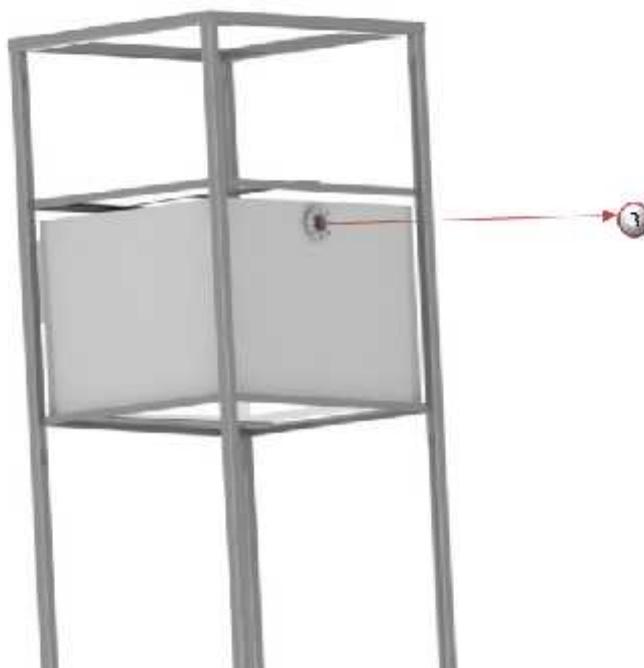


Figura 3. 42 Sistema de Ingreso de Aire

FUENTE Propia

Descripción de los elementos que componen el sistema de combustible:

No.	ELEMENTO
1	Tanque para medición de aire de ingreso
2	Toma para la conexión hacia el ingreso del motor
3	Conexión hacia el manómetro

Tabla 3. 4 Componentes del Sistema de Ingreso de Aire

FUENTE Propia

A continuación se va a detallar los elementos constitutivos del sistema de admisión de aire del banco de pruebas, los cuales son:

3.4.3.1. MÚLTIPLE DE ADMISIÓN



Figura 3. 43 Múltiple de Admisión

FUENTE Propia

El múltiple de admisión también interviene en la mezcla y atomización de la gasolina. Su función principal es distribuir la mezcla aire combustible en forma equitativa a cada cilindro. Parte de ella se desplaza en forma líquida adherida a la superficie de los ductos. Un buen múltiple de admisión ayuda a vaporizar y atomizar la gasolina.

3.4.3.2. CONDUCTOS DE ADMISIÓN



Figura 3. 44 Múltiple de Admisión

FUENTE Propia

Los conductos de admisión del motor puede ser desde un simple tramo de tubo que tiene en un extremo el filtro de aire y en el otro una superficie de acople al motor cerca de las válvulas de admisión. El conjunto de todos los conductos que conducen el aire desde el exterior hasta los cilindros del motor se puede dividir en dos partes básicas:

- Ñ Los tramos de tubería que funcionan como simples conductos para trasegar el aire desde el exterior y llevarlo primero hasta el filtro de aire y luego al motor, los que pueden ser más o menos tortuosos para adaptarse a la geometría del espacio disponible.
- Ñ Un haz de conductos que forman un solo cuerpo y que se distribuyen por un extremo a cada uno de los cilindros del motor poli-cilíndrico pero que coinciden todos en el otro extremo en una cavidad común donde se apoya el carburador o la mariposa del sistema de inyección de gasolina para el motor de gasolina.

3.4.4. SISTEMA DE ESCAPE DE GASES

En el sistema de escape de gases producto de la combustión en el banco de pruebas, son expulsados por el pistón en su carrera ascendente y salen a través de la válvula de escape al múltiple o conducto colector. Pueden haber en el sistema uno o más sensores de distinta índole en combinación con una unidad de control y actuadores para controlar o para medir algún parámetro de la combustión, en el banco de pruebas a la salida se encuentra conectado un calorímetro junto a dos termocuplas las cuales registran las temperaturas de ingreso de los gases de escape, la temperatura de salida de los gases de escape y el flujo de agua que circula desde la red y después de pasar por un rotámetro es depositado en el tanque de agua.

Este sistema funciona bien si el flujo de gases hacia el exterior es continuo, de caudal acorde al régimen de marcha del motor y con pérdidas de carga admisibles requeridas por el fabricante del motor. La calidad del combustible utilizado, es importante en los sistemas con catalizador, ya que éste puede contaminarse. El control principal a realizar, es la medición de la pérdida total de carga del flujo de gases suma de las pérdidas parciales al atravesar cada componente del sistema y además un control de la calidad de los gases de escape (composición), especialmente en aquellos sistemas que tienen catalizador. Las fallas más comunes de este sistema es el taponamiento de los conductos, por el depósito de partículas carbonosas, producto de una mala combustión, la obstrucción o contaminación de un catalizador o la rotura de un sensor. Las precauciones a tomar cuando se trabaja en este sistema son principalmente esperar a que se enfríe, si se realizan observaciones con el motor en marcha debe hacerse en un lugar y

disminuir emanaciones de gases nocivos al medio ambiente, deben controlarse los parámetros que intervienen en la combustión, y en los casos con catalizador, que no se encuentre obstruido ni contaminado. . Los componentes del sistema de gases de escape se detallan a continuación:

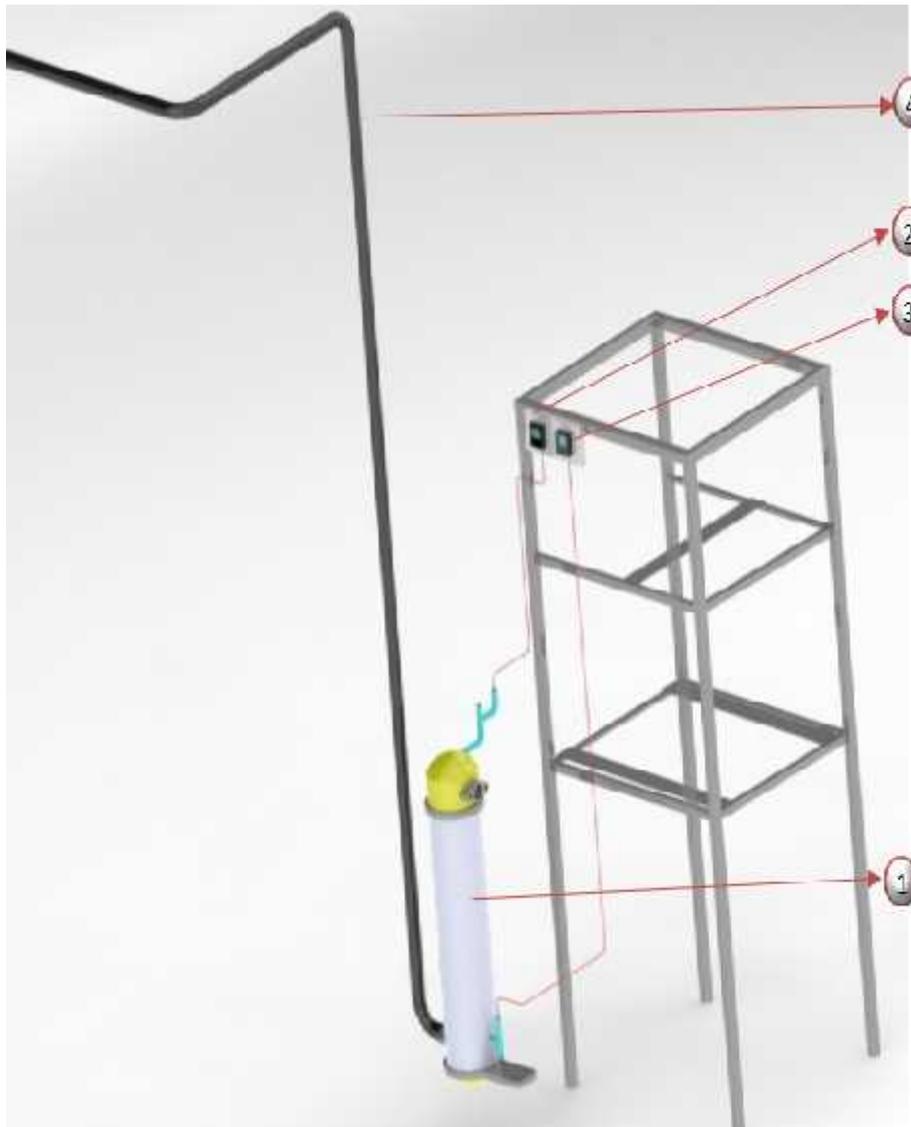


Figura 3. 45 Sistema de Escape de Gases

FUENTE Propia

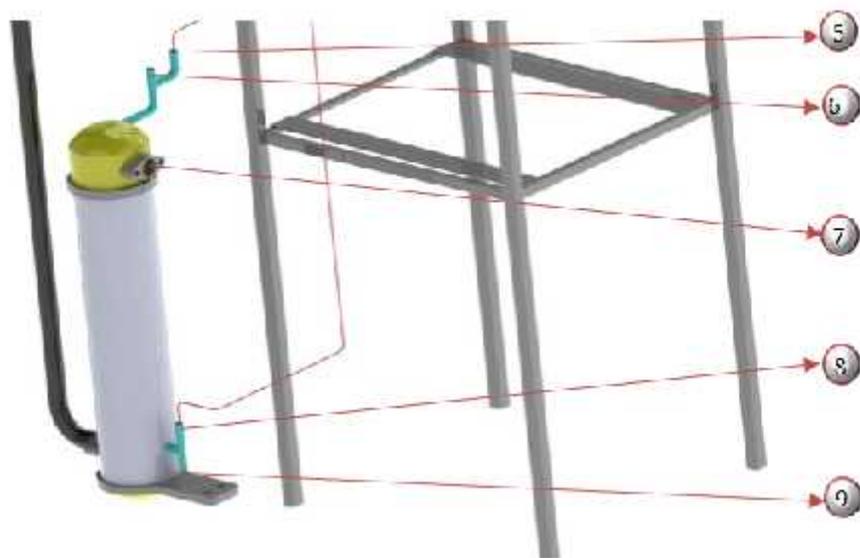


Figura 3. 46 Sistema de Escape de Gases

FUENTE Propia

Descripción de los elementos que componen el sistema de combustible:

No.	ELEMENTO
1	Calorímetro
2	Medidor de temperatura de los gases de entrada del sistema de escape
3	Medidor de temperatura de los gases de salida del sistema de escape
4	Tubería de salida de los gases de escape hacia el exterior
5	Termocupla de ingreso de los gases de escape
6	Tubería de salida de agua
7	Conexión al escape del motor
8	Termocupla de salida de los gases de escape
9	Tubería de ingreso de agua desde la red publica

Tabla 3. 5 Componentes del Sistema de Escape de Gases

FUENTE: Autor, Pilatasig B.

A continuación se va a detallar los elementos constitutivos del sistema de gases de escape del banco de pruebas, los cuales son:

3.4.4.1. VÁLVULAS DE ESCAPE

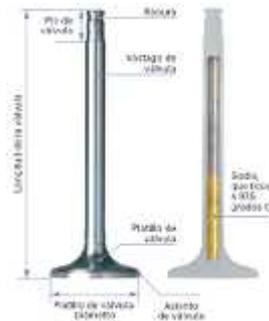


Figura 3. 47 Válvulas de Escape

FUENTE: <http://www.cisefileszapto.org> (Base de datos Cise Electronics)

Estas válvulas tienen un trabajo muy severo, se mueven a alta velocidad cuando el motor gira rápido, tiene la responsabilidad de cerrar herméticamente la salida de la cámara de combustión y están en el medio del paso de gases a más de 700°C cuando el motor trabaja con carga y velocidad elevadas. Estas condiciones hacen que las válvulas de escape sean una pieza del motor de altas exigencias constructivas y de material.

3.4.4.2. MÚLTIPLE DE ESCAPE



Figura 3. 48 Múltiple de escape

FUENTE: <http://www.cisefileszapto.org> (Base de datos Cise Electronics)

El múltiple es una tubería la cual conduce los gases salientes de la parte

del cilindro y tiene entradas para permitir la inyección del aire dentro de este. El camarín o múltiple de escape posee curvas suaves y precisas a fin de mejorar la salida de tales gases. Lo primero que debe cumplir el múltiple de escape es tener suficiente resistencia a la corrosión para ser duradero a las altas temperaturas de funcionamiento, lo que generalmente se logra con un proceso de aluminación, silicación, cromización o la combinación de estos procesos sobre un tubo de acero, o bien utilizando hierro fundido aleado, además debe impedir un elevado enfriamiento de los gases calientes, por eso, es común que sean de paredes metálicas gruesas.

3.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS ACCESORIOS ADICIONADOS AL MOTOR

3.5.1. MEDIDOR DE PRESIÓN DE ACEITE



Figura 3. 49 Medidor de Presión de Aceite

FUENTE Propia

MARCA	SMITH
UNIDAD DE MEDICIÓN	LB/IN ² – Kg/cm ²
MÁXIMA MEDICIÓN	100 LB/IN ² – 7 Kg/cm ²
MÍNIMA MEDICIÓN	0 LB/IN ² – 0 Kg/cm ²
RANGO DE MEDICIÓN	25 LB/IN ² – 1 Kg/cm ²

Tabla 3. 6 Características del medidor de presión

FUENTE Propia

Este indicador es en esencia un manómetro de medición a distancia que está constantemente indicando en el tablero de instrumentos el valor de la presión de aceite en el conducto principal del motor. Este sensor recibe directamente la presión de aceite de la bomba de lubricación.

3.5.2. MEDIDOR DE TEMPERATURA DE ACEITE



Figura 3. 50 Medidor de temperatura de aceite

FUENTE Propia

MARCA	VEETHREE
UNIDAD DE MEDICIÓN	GRADO CENTÍGRADO (C)
MÁXIMA MEDICIÓN	130
MÍNIMA MEDICIÓN	30
RANGO DE MEDICIÓN	1

Tabla 3. 7 Características del medidor de temperatura de aceite

FUENTE Propia

Este indicador es en esencia un manómetro de medición a distancia que está constantemente indicando en el tablero de instrumentos el valor de la temperatura de aceite ya que el gran problema viene cuando el motor, como maquina térmica que es, no tiene una temperatura térmicas homogénea, de ahí que hay zonas donde la temperatura supera holgadamente los 800 °C (zonas del escape) y zonas de temperatura más cercanas a los 90° habituales.

3.5.3. AMPERÍMETRO



Figura 3. 51 Amperímetro

FUENTE Propia

MARCA	SMITHS
UNIDAD DE MEDICIÓN	AMPERIO (A)
MÁXIMA MEDICIÓN	60
MÍNIMA MEDICIÓN	-60
RANGO DE MEDICIÓN	20

Tabla 3. 8 Características del amperímetro

FUENTE Propia

Un amperímetro es un instrumento que sirve para medir la intensidad de corriente que está circulando por un circuito eléctrico. El amperímetro es un simple galvanómetro (instrumento para detectar pequeñas cantidades de corriente), el cual tiene la misión de informar si se produce o no la carga de la batería y el motor opere de manera normal

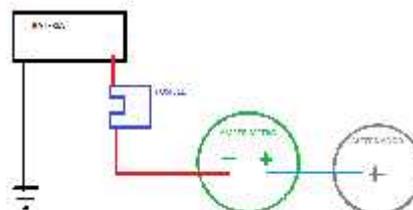


Figura 3. 52 Diagrama de conexión del amperímetro

FUENTE Propia

3.5.4. MEDIDOR DE FLUJO AGUA DE GASES DE ESCAPE



Figura 3. 53 Medidor de flujo de agua de gases de escape

FUENTE Propia

MARCA	GEC MARCONI
UNIDAD DE MEDICIÓN	Litros/segundo
MÁXIMA MEDICIÓN	0.5
MÍNIMA MEDICIÓN	0.05
RANGO DE MEDICIÓN	0.01

Tabla 3. 9 Características del medidor de flujo

FUENTE Propia

El rotámetro es un medidor de área variable que consta de un tubo transparente que se amplía y un medidor de "flotador" (más pesado que el líquido) el cual se desplaza hacia arriba por el flujo ascendente de un fluido en la tubería. El tubo se encuentra graduado para leer directamente el caudal. La ranura en el flotador hace que rote y, por consiguiente, que mantenga su posición central en el tubo. Entre mayor sea el caudal, mayor es la altura que asume el flotador.

3.5.5. MEDIDOR DE FLUJO DE BOMBA CENTRIFUGA DE AGUA



Figura 3. 54 Medidor de flujo de bomba centrifuga de agua

FUENTE Propia

MARCA	GEC MARCONI
UNIDAD DE MEDICIÓN	Litros/segundo
MÁXIMA MEDICIÓN	27
MÍNIMA MEDICIÓN	0
RANGO DE MEDICIÓN	0.1

Tabla 3. 10 Características del medidor de flujo

FUENTE Propia

El rotámetro es un medidor de área variable que consta de un tubo transparente que se amplía y un medidor de "flotador" (más pesado que el líquido) el cual se desplaza hacia arriba por el flujo ascendente de un fluido en la tubería. El tubo se encuentra graduado para leer directamente el caudal. La ranura en el flotador hace que rote y, por consiguiente, que mantenga su posición central en el tubo. Entre mayor sea el caudal, mayor es la altura que asume el flotador.

3.5.6. MANÓMETRO DE AIRE



Figura 3. 55 Manómetro de aire

FUENTE Propia

MARCA	AD
UNIDAD DE MEDICIÓN	Milímetros de Agua
MÁXIMA MEDICIÓN	75
MÍNIMA MEDICIÓN	0
RANGO DE MEDICIÓN	0.05

Tabla 3. 11 Características del manómetro de aire

FUENTE Propia

El manómetro nos indica la cantidad de aire que es absorbida durante el proceso de admisión de aire.

3.6. DISEÑO DEL SOPORTE

Para este proceso se aplicarán los criterios de diseño por lo que el diseño debe cubrir una necesidad planteada que es una estructura para soportar un motor marca LADA modelo NIVA 1,7 CC, la misma que debe cumplir las prestaciones para el normal funcionamiento del motor, permitir el desmontaje y montaje de sus sistemas sin dificultad.

3.6.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El problema que se plantea es el de diseñar una estructura para soportar el motor marca LADA modelo NIVA 1,7 CC de cuatro cilindros; lo que se requiere es que la estructura se asemeje al habitáculo original del vehículo para no afectar el funcionamiento normal del motor, también debe dar cabida a todos los sistemas externos del motor como tanque de combustible, sistema de refrigeración, sistema eléctrico y sistema de admisión originales y asegurar el correcto funcionamiento del mismo.

3.6.2. DIMENSIONAMIENTO

El dimensionado está relacionado con el problema; es decir una estructura con las medidas necesarias para simular el habitáculo original del vehículo, para dar soporte a todos los sistemas. En el dimensionamiento se deben tomar consideraciones referentes a la seguridad, estética, ergonomía, utilidad, materiales y disponibilidad de estos; además se tomó en cuenta la altura promedio del hombre que en nuestro medio es de 1.70 m aproximadamente, con lo cual vamos a definir una altura adecuada para que el banco de pruebas pueda ser manipulado por cualquier persona sin importar su estatura; con estas consideraciones se procedió a realizar un

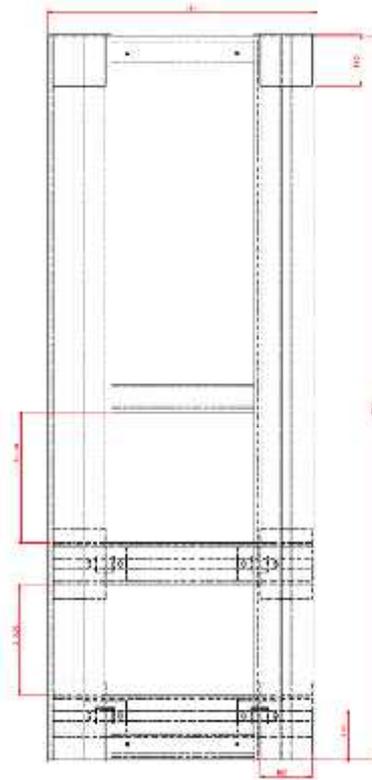


Figura 3. 57 Vista superior de la estructura

FUENTE Propia

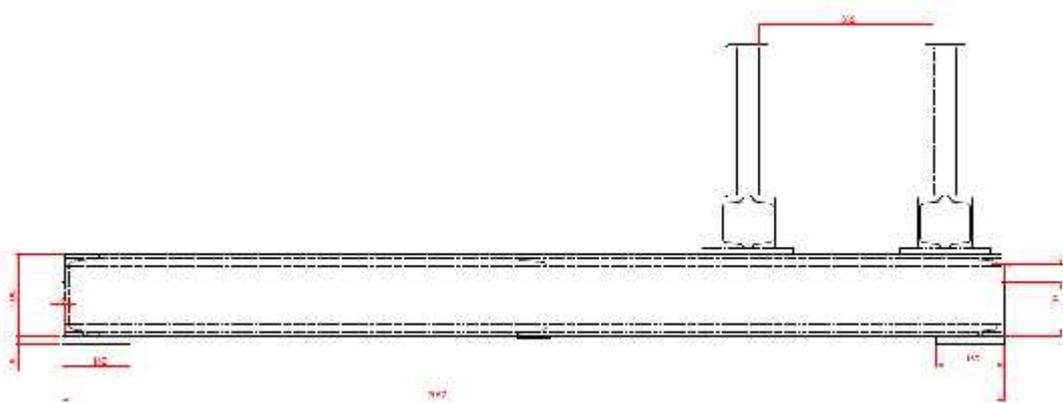


Figura 3. 58 Vista lateral de la estructura

FUENTE Propia

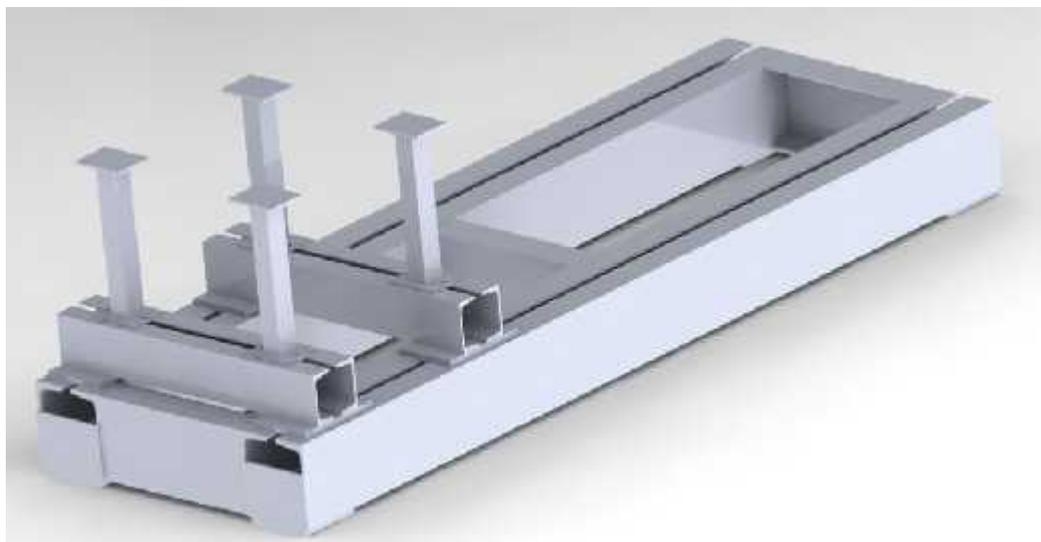


Figura 3. 59 Estructura en 3D

FUENTE Propia

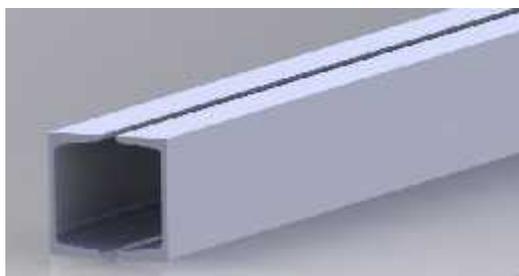


Figura 3. 60 Perfil principal

FUENTE Propia

El perfil principal que compone la estructura es el UPN 180, el cual es mostrado en la Figura 3.60 y sus dimensiones se muestran en la tabla 3.12

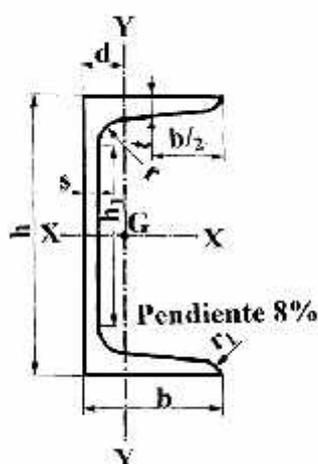


Figura 3. 61 Nomenclatura del perfil principal

FUENTE: PRONTUARIO UAHE-2001

Designación	Medidas mm						A cm ²	M Kg/m	Momento de inercia cm ⁴		Módulo resistente cm ³		Radio de giro cm		S _x cm ³	s _x cm	d cm	Superficie	
	h	b	s _w	t	r ₁	r ₂			I _x	I _y	W _x	W _y	i _x	i _y				m ² /m	m ² /m
LPN 100	100	70	8.0	11.0	5.5	133	26.0	22.0	1350	114.0	150	22.4	6.95	2.82	69.6	15.1	1.92	0.611	27.80

Tabla 3. 12 Dimensiones del perfil principal

FUENTE: PRONTUARIO UAHE-2001

3.6.4. ANÁLISIS ESTÁTICO DE LA ESTRUCTURA

El análisis estructural se lo realizo con la ayuda del programa SolidWorks PREMIUM 2012, el cual es adecuado para la creación de prototipos para futuros productos. La descripción oficial del producto es:

SolidWorks PREMIUM es la base de los prototipos digitales, porque produce modelos 3D exactos que validan la forma, el ajuste y la función de un diseño antes de construirlo. SolidWorks PREMIUM proporciona un conjunto integrado de herramientas para la documentación y el diseño mecánico 3D, la creación de sistemas enrutados y la validación digital de los datos de diseño, que minimiza la necesidad de prototipos físicos. Las

combinaciones de productos Mechanical para la colaboración asociativa 2D y 3D, así como software de gestión de datos para realizar un seguimiento de todos los componentes de diseño de un prototipo digital. Estas son algunas de las características principales de SolidWorks PREMIUM:

- Ñ Análisis del Factor de Seguridad. Análisis de Esfuerzos.
- Ñ Análisis de espesor
- Ñ Análisis de fluidos
- Ñ Análisis de cortes sesgados
- Ñ Análisis de geometría

SolidWorks PREMIUM ofrece herramientas automatizadas para diseñar sistemas enrutados, incluidos tubos y conductos complejos, además de mazos y cables eléctricos, también posee una amplia biblioteca de diseño y modelos normalizados para ayudar a los diseñadores a crear y validar prototipos digitales 3D más completos. Además combina la funcionalidad de simulación de movimiento y análisis de tensión estrechamente integrada y fácil de usar, que permite validar los prototipos digitales y predecir el funcionamiento del diseño en condiciones reales antes de construir el producto.

3.6.5. SIMULACIÓN MEDIANTE SOFTWARE

Como primera etapa se procedió a croquizar en el programa SolidWorks PREMIUM 2012

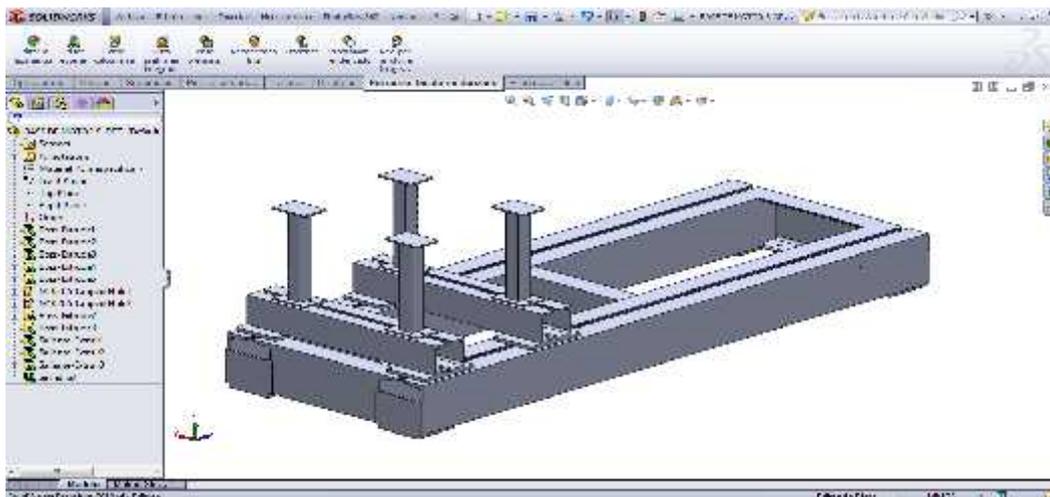


Figura 3. 62 Croquizado de la estructura

FUENTE Propia

Una vez realizado esto se realizó el análisis estructural del banco, para lo cual se procedió a la utilización de la opción de asistente para análisis Simulation Xpress es decir el Análisis de Tensiones; cómo podemos observar en la siguiente gráfica.



Figura 3. 63 Icono de Asistente Simulation Xpress

FUENTE Propia

Seguidamente se procedió a colocar las sujeciones las cuales fueron colocadas en cada uno de los lugares que la estructura va a tener sus puntos

de apoyo, es decir en los 4 lugares en los cuales están ubicadas las llantas de apoyo del banco de pruebas.

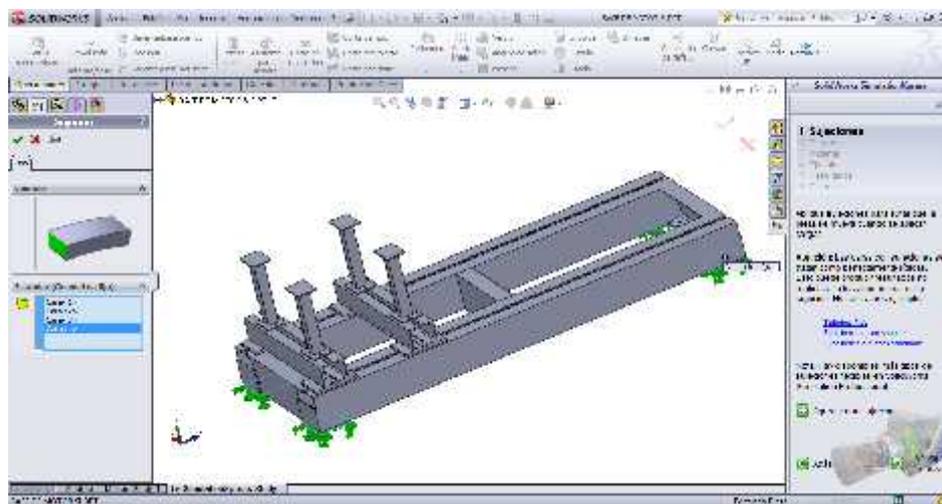


Figura 3. 64 Representación de sujeciones en Solid Works

FUENTE Propia

Luego se procedió al cálculo de las fuerzas distribuidas en los 4 puntos de apoyo del motor con respecto a la estructura. El cálculo de las fuerzas que van a actuar en la estructura se la realizó, obteniendo el peso del motor con todos sus elementos como podemos observar a continuación.

MASA MOTOR =	248 Kg.
GRAVEDAD =	9.81 m/s ²
PESO MOTOR =	Masa motor X G
PESO MOTOR =	248Kg X 9.81m/s ²
PESO =	2432.88 N
FUERZA =	2432.88 N

Como margen de seguridad se incrementó un 10% más a las fuerzas aplicadas a manera de garantía, esto es a causa del peso del motor con lo cual se obtuvimos siguientes datos.

$$\text{FUERZA. GARANTÍA} = 2432.88\text{N} * 10\%$$

$$\text{FUERZA. GARANTÍA} = 243.288\text{N}$$

$$\text{FUERZA TOTAL} = \text{Fuerza 1} + \text{Fuerza Garantía}$$

$$\text{FUERZA TOTAL} = 2432.88\text{N} + 243.288\text{N}$$

$$\text{FUERZA TOTAL} = 2676.168\text{N}$$

Como son 4 apoyos que posee el motor la fuerza se va a dividir en cuatro dando un resultado de 699.042N redondeando 670N, con lo cual se va a realizar el análisis de tensión de la estructura lo cual se ilustra en la Figura 3.65, donde : **F1=F2=F3=F4=670N**

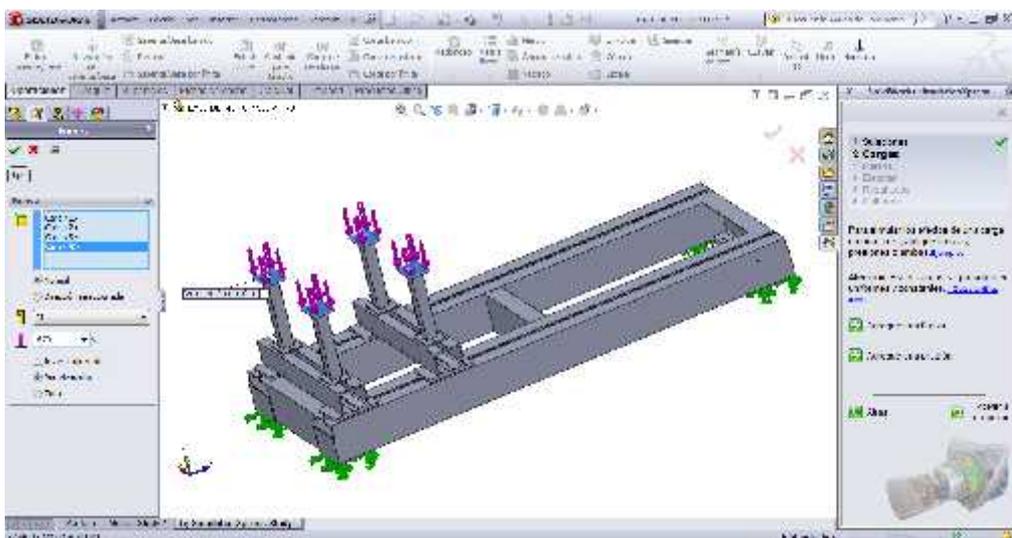


Figura 3. 65 Ubicación de fuerzas distribuidas en Solid Works.

FUENTE Propia

Una vez definidas las restricciones de cargas se procedió a escoger el material apropiado que en nuestro caso es el ACERO ESTRUCTURAL (ASTM A36). Las propiedades de este acero se ubican en la Figura 3.66

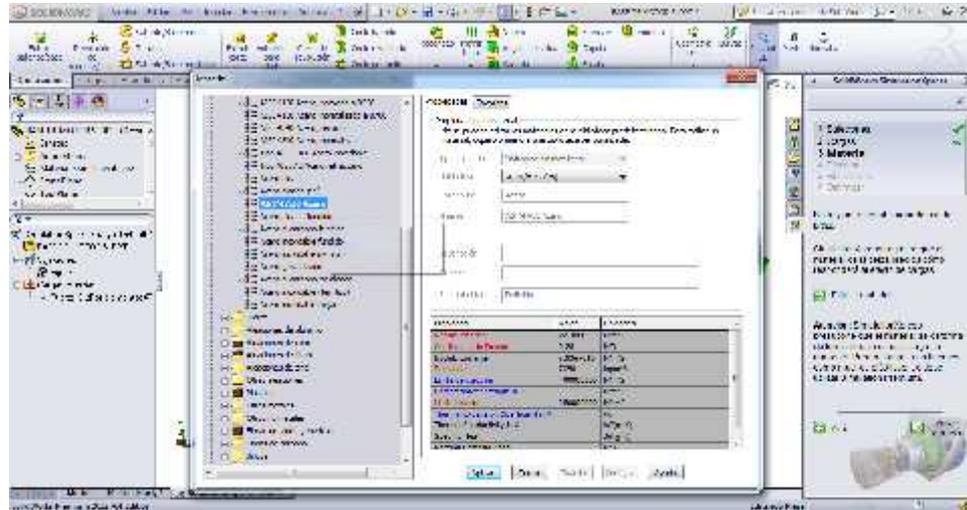


Figura 3. 66 Selección del material.

FUENTE Propia

Material	Densidad kg/m ³	Resistencia última			Fluencia ³		Módulo de elasticidad, GPa	Módulo de rigidez, GPa	Coeficiente de expansión térmica 10 ⁻⁴ /°F	Ductilidad, porcentaje de elongación en 50 mm
		Tensión, MPa	Compresión ² , MPa	Cortante, MPa	Tensión, MPa	Cortante, MPa				
ACERO:										
Estructural (ASTM-A36)	7860	400			250	145	200	77	11.7	23
Alta resistencia										
ASTM-A242	7860	480			345	205	200	77	11.7	22
ASTM-A441	7860	460			320		200	77	11.7	21
ASTM-A572	7860	415			290		200	77	11.7	24
Templado										
ASTM A-514	7860	760			690	380	200	77	11.7	18
AISI 302										
Laminado en frío	7920	860			520		190	75	17.3	12
Recocido	7920	655			260	150	190	75	17.3	50
Acero de refuerzo										
Resistencia media	7860	480			275		200	77	11.7	
Alta resistencia	7860	620			415		200	77	11.7	
FUNDICIÓN:										
Fundición gris										
4.5% C, ASTM A-48	7200	170	655	240			69	28	12.1	6.5
Hierro fundido										
2% C, 1% Si, ASTM A-47	7300	345	620	330	230		165	65	12.1	10
ALUMINIO:										
Aleación 1100-H14 (99% Al)	2710	110		70	100	55	70	26	23.6	9
Aleación 2014-T6	2800	455		275	400	230	75	27	23.0	13
Aleación 2024-T4	2800	470		280	325		73		23.2	19
Aleación 5456-H116	2630	320		185	230	130	72		23.9	16
Aleación 6061-T6	2710	260		165	240	140	70	26	23.6	17
Aleación 7075-T6	2800	570		330	500		72	28	23.6	11
COBRE										
Libre de oxígeno (99.9% Cu)										
Recocido	8910	220		150	70		120	44	16.9	45
Endurecido	8910	390		200	265		120	44	16.9	4
Latón amarillo (65% Cu, 35% Zn)										
Laminado en frío	8470	510		300	410	260	105	39	20.9	8
Recocido	8470	320		220	100	60	105	39	20.9	55
Latón rojo (85% Cu, 15% Zn)										
Laminado en frío	8740	585		320	435		120	44	18.7	3
Recocido	8740	270		210	70		120	44	18.7	48
Estaño bronce (88 Cu, 8Sn, 4Zn)	8900	310			145		95		18.0	30
Manganeso bronce (63 Cu, 25 Zn, 6 Al, 3 Mn, 3 Fe)	8360	655			330		105		21.6	20
Aluminio bronce (81 Cu, 4 Ni, 4 Fe, 11 Al)	8330	620	900		275		110	42	18.2	6

Figura 3. 67 Propiedades típicas de materiales seleccionados en ingeniería

FUENTE: BEER, Ferdinand P. y JOHNSTON, E. Russell. Mecánica de Materiales. Tercera Edición. México: Mc Graw - Hill Interamericana. 2004 Apéndice B

Debido que la deformación máxima que va a sufrir la estructura en uno de sus apoyos es de 0.0202167 mm, distinguimos que esta se mantiene siempre dentro del límite elástico del material.

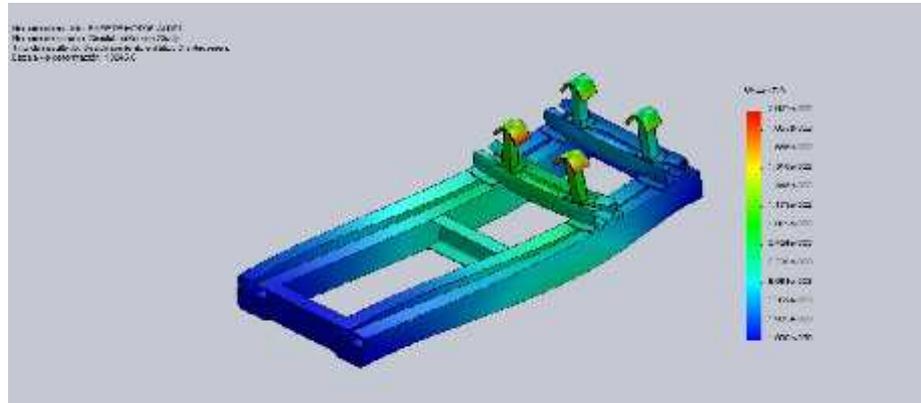


Figura 3. 69 Resultados de deformación en Solid Works.

FUENTE Propia

3.6.6.3. LA DEFORMADA

Mediante la Figura 3.70, se puede determinar la forma que va a producirse después de aplicar la carga en la estructura

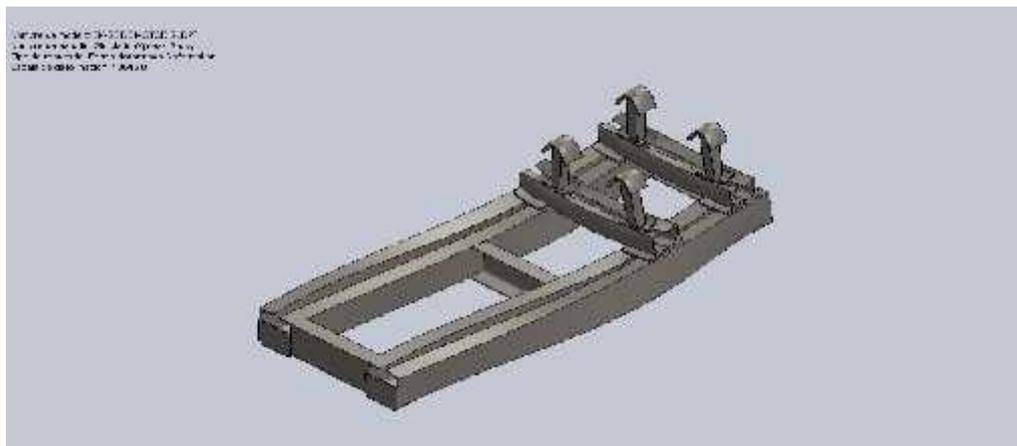


Figura 3. 70 Resultados de la deformada

FUENTE Propia

3.6.6.4. FACTOR DE SEGURIDAD

Según el American Institute of Steel Construction, recomienda obtener un factor de seguridad promedio de 1.67 para mantener la estabilidad de la estructura, y de acuerdo a los resultados de la simulación obtenidos en la Figura 3.71, muestran que la estructura del banco de pruebas tiene un factor de seguridad de **43.6535**, con lo cual se concluye que la estructura supera los límites de seguridad para la instalación del motor de pruebas.

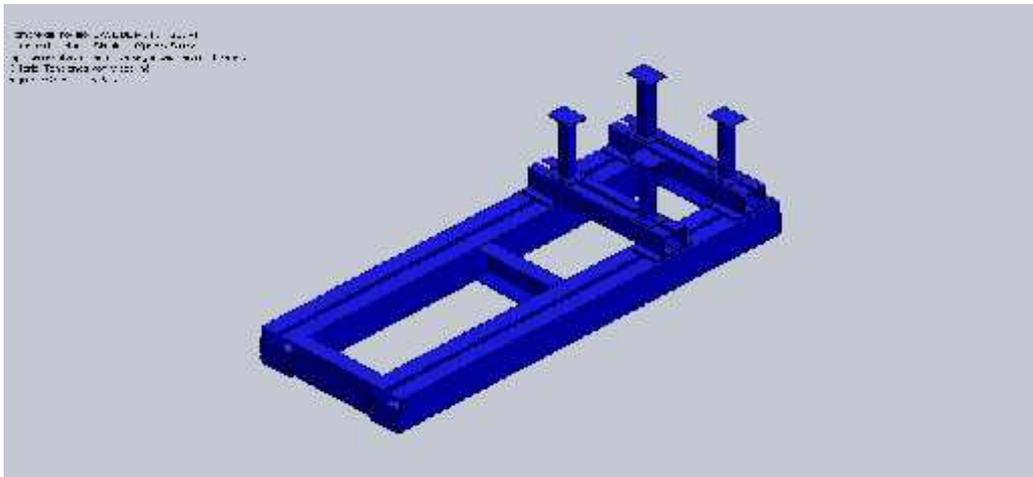


Figura 3. 71 Resultados del factor de seguridad en Solid Works.

FUENTE Propia

CAPITULO 4

4. CARACTERÍSTICAS DE LOS SENSORES Y DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

4.1. ADQUISICIÓN DE DATOS



Figura 4. 1 Adquisición de datos

FUENTE: www.seeedstudio.com

La adquisición de datos (DAQ) es el proceso de medir con una PC un fenómeno eléctrico o físico como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido, para el banco los fenómenos a medir son: temperatura, caudal, RPM y fuerza. Para la obtención de estos fenómenos físicos se utiliza un sistema DAQ que consiste de sensores, hardware de medidas DAQ y una PC con software programable que en nuestro caso será LabView.

4.2. DESCRIPCIÓN DE LOS SENSORES Y DISPOSITIVOS UTILIZADOS EN EL BANCO DE PRUEBAS

4.2.1. DISPOSITIVO DAQ

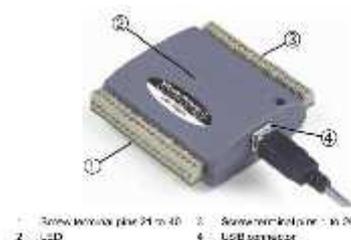


Figura 4. 2 Dispositivo de Adquisición de datos

FUENTE: Datasheet USB-1408FS

El hardware DAQ actúa como la interfaz entre una PC y señales del mundo exterior. Funciona principalmente como un dispositivo que digitaliza señales analógicas entrantes para que una PC pueda interpretarlas. Los tres componentes clave de un dispositivo DAQ usado para medir una señal son el circuito de acondicionamiento de señales, convertidor analógico-digital (ADC) y un bus de PC. Componentes Clave de Medidas para un Dispositivo DAQ

4.2.1.1. ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES

El acondicionamiento de señales suele ser necesario si la señal desde el transductor no es adecuado para la DAQ hardware que se utiliza. La señal puede ser amplificada o desamplificada, o puede requerir de filtrado, o un cierre patronal, en el amplificador se incluye para realizar demodulación. Varios otros ejemplos de acondicionamiento de señales podría ser el puente de conclusión, la prestación actual de tensión o excitación al sensor, el aislamiento, linealización, etc. Este pretratamiento de la señal normalmente lo realiza un pequeño módulo acoplado al transductor.

4.2.1.2. CONVERTIDOR ANALÓGICO DIGITAL (ADC)

Un ADC realiza "muestras" periódicas de la señal a una razón predefinida. Estas muestras son transferidas a una PC a través de un bus, donde la señal original es reconstruida desde las muestras en software.

4.2.1.3. BUS DE LA PC

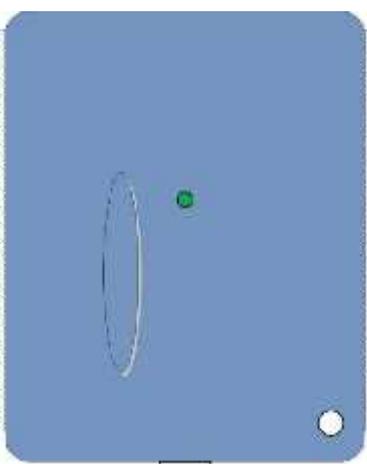
Los dispositivos DAQ se conectan a una PC a través de una ranura o puerto. El bus de la PC sirve como la interfaz de comunicación entre el dispositivo DAQ y la PC para pasar instrucciones y datos medidos. Los buses de PC más comunes son USB, PCI, PCI Express y Ethernet.

4.2.1.4. CARACTERÍSTICAS DE DISPOSITIVO DE ADQUISICIÓN DE DATOS

El USB-1408FS es un dispositivo basado en la tecnología USB que fija un nuevo estándar para la rentabilidad, basado en la PC para entradas y salidas análogas y digitales. Proporcionando 8 entradas single-ended resolución de 13-bits o 4 entradas diferenciales con resolución de 14-bits, las unidades ofrecen tasas de muestreo de hasta 48 kilomuestras/segundo con 8 rangos de entrada seleccionables por software. La unidad también proporciona 2 canales de salida análoga de 12-bits, un contador de 32-bits y 16 bits de entradas y salidas digitales. El USB-1408FS es confiable y bastante resistente para cualquier aplicación DAQ. Cuenta con las siguientes características:

- Ñ 8 entradas análogas con terminal común "single-ended" y 4 diferenciales.
- Ñ Resolución 14-bits (Diferencial)/ 13-bits (SE))
- Ñ Tasa de muestreo de hasta 48 kilomuestras/segundo
- Ñ 2 salidas análogas de 12-bits
- Ñ 16 bits de entrada y salida digitales

4.2.1.5. DESCRIPCIÓN DE LOS TERMINALES DEL DISPOSITIVO DAQ



Ground	GND	40	20	CTR	Counter input
Port B channel 7	Port B7	39	19	SYNC	Sync I/O
Port B channel 6	Port B6	38	18	TRIG_IN	Trigger Input
Port B channel 5	Port B5	37	17	GND	Ground
Port B channel 4	Port B4	36	16	-2.5V/REF	Voltage output
Port B channel 3	Port B3	35	15	AGND	Analog ground
Port B channel 2	Port B2	34	14	D/A OUT 1	AO channel 1
Port B channel 1	Port B1	33	13	D/A OUT 0	AO channel 0
Port B channel 0	Port B0	32	12	AGND	Analog ground
Ground	GND	31	11	CH7 IN	AI channel 7
Power output	PC +5V	30	10	CH6 IN	AI channel 6
Ground	GND	29	9	AGND	Analog ground
Port A channel 7	Port A7	28	8	CH5 IN	AI channel 5
Port A channel 6	Port A6	27	7	CH4 IN	AI channel 4
Port A channel 5	Port A5	26	6	AGND	Analog ground
Port A channel 4	Port A4	25	5	CH3 IN	AI channel 3
Port A channel 3	Port A3	24	4	CH2 IN	AI channel 2
Port A channel 2	Port A2	23	3	AGND	Analog ground
Port A channel 1	Port A1	22	2	CH1 IN	AI channel 1
Port A channel 0	Port A0	21	1	CH0 IN	AI channel 0

Figura 4. 3 Terminales del Dispositivo de Adquisición de Datos

FUENTE: Datasheet USB-1408FS

Los terminales de tornillo proporcionan las siguientes conexiones:

- Ocho conexiones de entrada analógica (CH0 IN a CH7 IN)
- Dos conexiones de salida analógica (D / A SALIDA 0 a D / D OUT 1)
- 16 conexiones de E/S digitales (PortA0 a Port A7 y Puerto B0 a Port B7)
- Una entrada de disparo externo (TRIG_IN)
- Una SYNC I/O para la sincronización de reloj externo
- Una entrada de contador de eventos externos (CTR)
- Una salida de tensión (2.5VREF)
- Una salida de potencia (PC +5 V)
- Cinco conexiones terrestres analógicas (AGND) y cuatro conexiones a tierra (GND)

Se recomienda utilizar cables AWG 16 a AWG 30 al realizar las conexiones a los terminales de tornillo.

4.2.1.6. ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE

Las especificaciones de acuerdo a cada parámetro de la DAQ se detallan a continuación en las siguientes tablas:

ENTRADAS ANALÓGICAS

PARAMETER	CONDITIONS	SPECIFICATION
A/D converter type		Successive
Input voltage range for linear operation, single-ended mode	CHx to GND	± 10 V max
Input common-mode voltage range for linear operation, differential mode	CHx to GND	-10 V min, +20 V max
Absolute maximum input voltage	CHx to GND	± 28 V max
Input impedance		122 k
Input current	$V_{in} = +10$ V	70 μ A typ
	$V_{in} = 0$ V	-12 μ A typ
	$V_{in} = -10$ V	-94 μ A typ
Number of channels	Software-	8 single-ended / 4
Input ranges, single-ended mode		± 10 V, G=2
Input ranges, differential mode		± 20 V, G=1
		± 10 V, G=2
		± 5 V, G=4
		± 4 V, G=5
Throughput	Software	250 S/s typ, PC-
	Continuous	48 kS/s
Channel gain queue	Up to 16	Software configurable
Resolution	Differential	14-bits, no missing
	Single-ended	13-bits
Integral linearity error		± 2 LSB typ

Differential linearity error		± 0.5 LSB typ
Absolute accuracy long term drift	± 20 V range	± 3 LSB typ (t = 1000
	± 4 V range	± 6 LSB typ (t = 1000
	± 1 V range	± 8 LSB typ (t = 1000

Tabla 4. 1 Especificaciones del fabricante del Dispositivo de Adquisición de Datos

FUENTE: Datasheet USB-1408FS

ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES

PARAMETER	SPECIFICATION
Digital type	CMOS
Number of I/O	16 (Port A0 through A7, Port B0)
Configuration	2 banks of 8
Pull-up/pull-down configuration	All pins pulled up to 5V via 47 k resistors. Hardware with p/n 193331x may be changed to pull-down using an internal jumper.
Input high voltage threshold	2.0 V min
Input high voltage limit	5.5 V absolute max
Input low voltage threshold	0.8 V max
Input low voltage limit	-0.5 V absolute min 0 V recommended min
Output high voltage (IOH = -6.0	3.84 V min
Output low voltage (IOL = 6.0 mA)	0.33 V max
Power on and reset state	Input

Tabla 4. 2 Especificaciones del fabricante del Dispositivo de Adquisición de Datos

FUENTE: Datasheet USB-1408FS

4.2.1.7. DIAGRAMA DE CONEXIÓN

La tarjeta de Adquisición de datos se encuentra conectada a un circuito principal el cual es el encargado de acondicionar la señal de cada uno de los sensores para poder ser interpretados de manera gráfica en LabView. La tarjeta de Adquisición de datos se encuentra conectada a 7 sensores los cuales miden fenómenos físicos como fuerza, caudal, temperatura y revolución como se indica en la Figura 4.4.

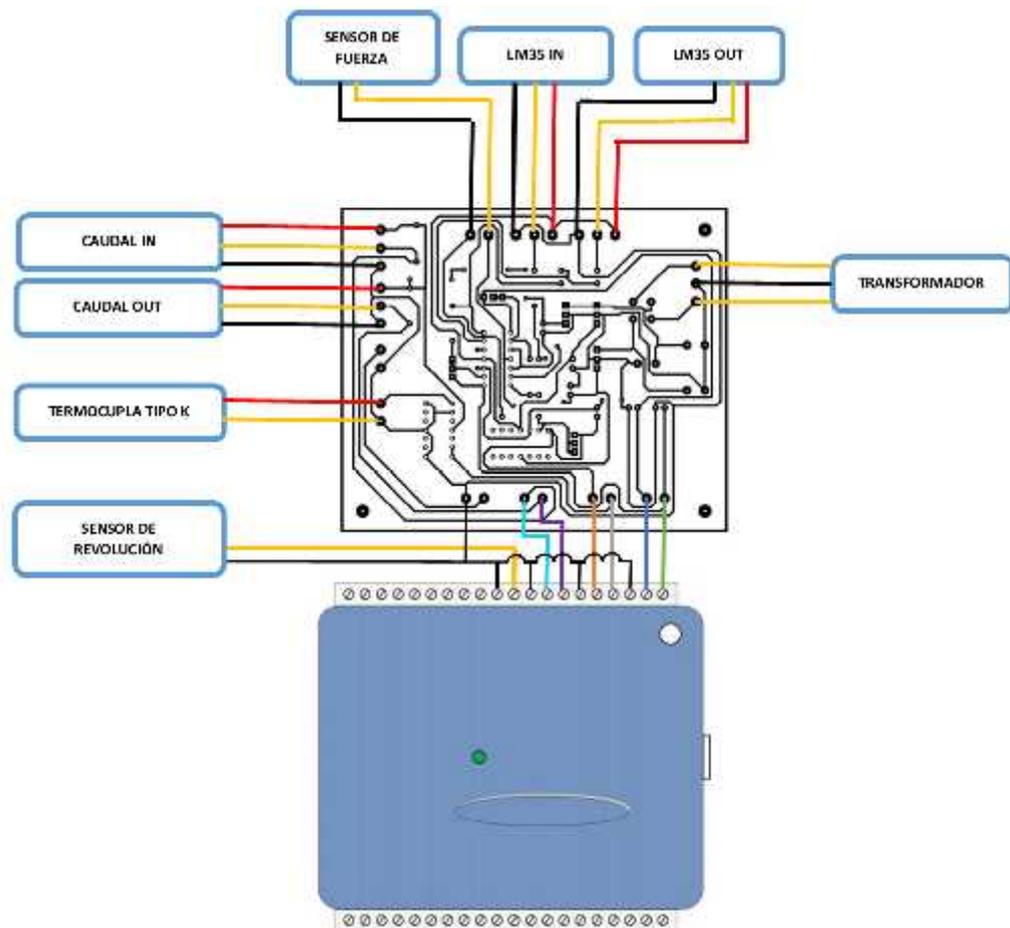


Figura 4. 4 Diagrama de conexión

FUENTE Propia

4.2.2. SENSOR DE TEMPERATURA LM35



Figura 4. 7 Sensor de temperatura LM35

FUENTE: Datasheet LM35

El LM35 es un sensor de temperatura integrado de precisión, cuya tensión de salida es linealmente proporcional a temperatura en °C (grados centígrados). El LM35 por lo tanto tiene una ventaja sobre los sensores de temperatura lineal calibrada en grados Kelvin: que el usuario no está obligado a restar una gran tensión constante para obtener grados centígrados. El LM35 no requiere ninguna calibración externa o ajuste para proporcionar una precisión típica de ± 1.4 °C a temperatura ambiente y ± 3.4 °C a lo largo de su rango de temperatura (de -55 a 150 °C). El dispositivo se ajusta y calibra durante el proceso de producción. La baja impedancia de salida, la salida lineal y la precisa calibración inherente, permiten la creación de circuitos de lectura o control especialmente sencillos. El LM35 puede funcionar con alimentación simple o alimentación doble (+ y -). Requiere sólo 60 μ A para alimentarse, y bajo factor de auto-calentamiento, menos de 0,1 °C en aire estático. El LM35 está preparado para trabajar en una gama de temperaturas que abarca desde los -55 °C bajo cero a 150 °C, mientras que el LM35C está preparado para trabajar entre -40 °C y 110 °C (con mayor precisión).

4.2.2.1. CARACTERÍSTICAS

- Ñ Calibrado directamente en grados Celsius (Centígrados)
- Ñ Factor de escala lineal de +10 mV / °C
- Ñ 0,5°C de precisión a +25 °C
- Ñ Rango de trabajo: -55 °C a +150 °C
- Ñ Apropriado para aplicaciones remotas
- Ñ Bajo coste
- Ñ Funciona con alimentaciones entre 4V y 30V
- Ñ Menos de 60 µA de consumo
- Ñ Bajo auto-calentamiento (0,08 °C en aire estático)
- Ñ Baja impedancia de salida, 0,1W para cargas de 1Ma

4.2.2.2. ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE

Las especificaciones de acuerdo a cada parámetro del sensor de temperatura LM35 se detallan en la Tabla 4.3.

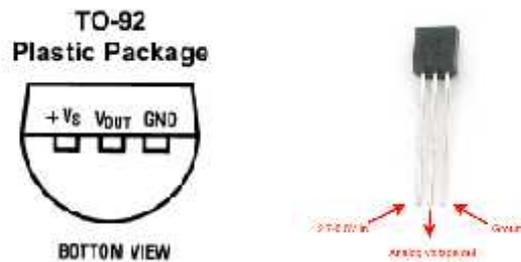
PARAMETER	CONDITIONS	LM35		
		TYPICAL	TESTED LIMIT	DESIGN LIMIT
Accuracy, LM35, LM35C	T A=+25°C T A=-10°C T A=TMAX T A=TMIN	±0.4 ±0.5 ±0.8 ±0.8	±1.0 ±1.5	±1.5
Accuracy,	T A=+25°C TA=TMAX TA=TMIN			
Nonlinearity	T MIN TA TMAX	±0.3		±0.5
Sensor Gain (Average Slope)	T MIN TA TMAX	+10.0	+9.8, +10.2	
Load Regulation 0 IL 1 mA	T A=+25°C T MIN TA TMAX	±0.4 ±0.5	±2.0	±5.0
Line Regulation	T A=+25°C 4V V S 30V	±0.01 ±0.02	±0.1	±0.2
Change of Quiescent	4V VS 30V, 4V V S 30V	0.2 0.5	2.0	3.0
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.7
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of IL=0	+1.5		+2.0
Long Term Stability	T J=TMAX, for 1000 hours	±0.08		

Tabla 4. 3 Especificaciones del fabricante del sensor de temperatura LM35

FUENTE: Datasheet LM35

4.2.2.3. DIAGRAMA DE CONEXIÓN

El cableado del sensor de temperatura LM35 se encuentra conectada a un circuito principal el cual es el encargado de acondicionar la señal del sensor para poder ser interpretados de manera gráfica en LabView (Figura 4.8). Hay 3 terminales los cuales deben ser conectados de la siguiente manera:



- Ñ Conexión a tierra
- Ñ Conexión a alimentación de 5V
- Ñ Señal de salida

Figura 4. 8 Terminales del sensor de temperatura LM35

FUENTE: Datasheet LM35

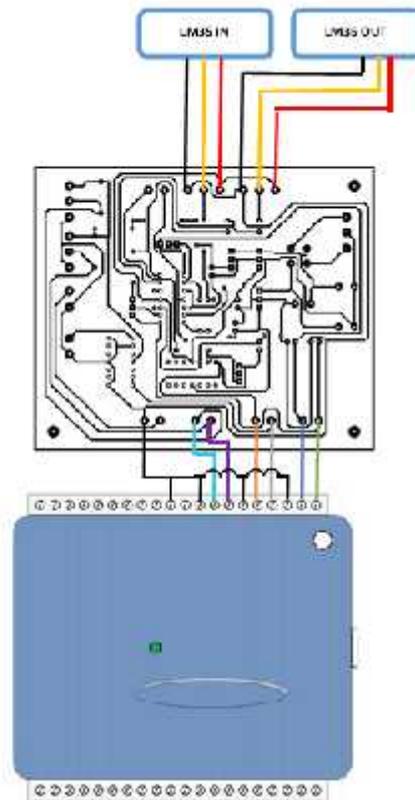


Figura 4. 9 Diagrama de conexión del sensor de temperatura LM35

FUENTE Propia

4.2.2.4. ACONDICIONAMIENTO

En la figura 4.10 se indica el esquema de acondicionamiento del sensor LM35, y la conexión hacia la placa de acondicionamiento:

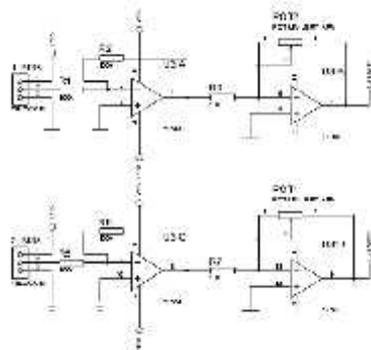


Figura 4. 10 Diagrama de acondicionamiento del sensor de temperatura LM35

FUENTE: Datasheet LM35

4.2.2.5. DIMENSIONES

Las dimensiones del sensor de temperatura LM35 para determinar el espacio suficiente para su instalación adecuada se muestran en la Figura 4.11.

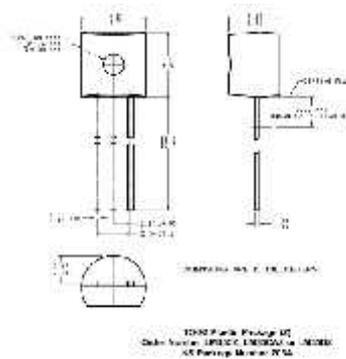


Figura 4. 11 Dimensiones del sensor LM35

FUENTE: Datasheet LM35

4.2.2.6. UBICACIÓN

El sensor de temperatura LM35 se encuentra ubicado en 2 lugares, el primero se encuentra ubicado en el ducto de ingreso de agua para medir la temperatura que tiene el agua antes de ingresar al motor y el segundo se encuentra a la salida del motor para determinar la temperatura que se produce al pasar por el sistema de enfriamiento.



Figura 4. 12 Ubicación del sensor LM35

FUENTE Propia

4.2.3. TERMOCUPLA TIPO K



Figura 4. 13 Termocupla tipo K

FUENTE: Arian Control & Instrumentación

Las termocuplas son el sensor de temperatura más común utilizado industrialmente. Una termocupla se hace con dos alambres de distinto material unidos en un extremo (soldados generalmente). Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño (efecto Seebeck) del orden de los milivolts el cual aumenta con la temperatura. La tabla que se muestra a continuación indica los tipos de material comúnmente utilizados para la fabricación de termocuplas

Tc	Cable + Aleación	Cable - Aleación	°C
J	Hierro	cobrenickel	(-180, 750)
K	Nickel/cromo	Nickel/aluminio	(-180, 1372)
T	Cobre	cobrenickel	(-200, 400)
R	97% Platino 13% Rhenio	100% Platino	(0, 1767)
S	90% Platino 10% Rhenio	100% Platino	(0, 1767)
B	70% Platino 30% Rhenio	94% Platino 6% Rhenio	(0, 1820)

Tabla 4. 4 Tipos de termocuplas

FUENTE: Arian Control & Instrumentación

4.2.3.1. CARACTERÍSTICAS

La dependencia entre el voltaje entregado por la Termocupla y la temperatura no es lineal (no es una recta), es deber del instrumento electrónico en nuestro caso el integrado AD595, destinado a mostrar la lectura y efectuar la linealización, es decir tomar el voltaje y conociendo el tipo de termocupla transformarlo a la temperatura correspondiente , la Tabla 4.5 muestra la relación temperatura-voltaje.

TERMOCUPLA		K									mV/mV										
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-200	6.438										200	10.500	10.600	10.641	10.682	10.723	10.764	10.805	10.846	10.887	10.928
-200	6.441	6.444	6.446	6.448	6.450	6.452	6.453	6.455	6.456	6.457	270	10.969	11.010	11.051	11.093	11.134	11.175	11.216	11.257	11.298	11.339
-200	6.444	6.448	6.451	6.453	6.455	6.457	6.458	6.460	6.461	6.462	280	11.391	11.432	11.473	11.514	11.555	11.596	11.637	11.678	11.719	11.760
-200	6.444	6.448	6.451	6.453	6.455	6.457	6.458	6.460	6.461	6.462	290	11.793	11.835	11.876	11.918	11.959	12.000	12.042	12.083	12.125	12.166
-200	6.242	6.275	6.288	6.299	6.307	6.314	6.321	6.327	6.333	6.337	300	12.207	12.249	12.290	12.332	12.373	12.414	12.456	12.498	12.539	12.581
-200	6.130	6.176	6.191	6.192	6.202	6.211	6.223	6.230	6.243	6.253	310	12.625	12.664	12.706	12.747	12.789	12.831	12.872	12.914	12.955	12.997
-200	6.035	6.046	6.061	6.074	6.087	6.098	6.111	6.124	6.135	6.147	320	13.030	13.080	13.122	13.164	13.205	13.247	13.289	13.331	13.372	13.414
-200	5.951	5.970	5.982	5.996	6.010	6.023	6.035	6.047	6.059	6.071	330	13.436	13.497	13.539	13.581	13.623	13.665	13.706	13.748	13.790	13.832
-100	5.730	5.747	5.763	5.780	5.796	5.813	5.829	5.845	5.860	5.876	340	13.874	13.915	13.957	13.999	14.041	14.083	14.125	14.167	14.209	14.250
-100	5.530	5.549	5.567	5.584	5.601	5.618	5.634	5.650	5.666	5.682	350	14.292	14.334	14.376	14.418	14.460	14.502	14.544	14.586	14.628	14.670
-100	5.354	5.374	5.394	5.414	5.434	5.454	5.474	5.494	5.512	5.531	360	14.712	14.754	14.796	14.838	14.880	14.922	14.964	15.006	15.048	15.090
-100	5.141	5.161	5.181	5.201	5.221	5.241	5.261	5.281	5.301	5.321	370	15.132	15.174	15.216	15.258	15.300	15.342	15.384	15.426	15.468	15.510
-100	4.912	4.936	4.960	4.983	5.006	5.029	5.051	5.074	5.097	5.119	380	15.552	15.594	15.636	15.678	15.721	15.763	15.805	15.847	15.889	15.931
-100	4.669	4.692	4.715	4.737	4.760	4.782	4.804	4.826	4.848	4.869	390	15.974	16.016	16.058	16.100	16.142	16.184	16.227	16.269	16.311	16.353
-100	4.410	4.437	4.463	4.489	4.515	4.541	4.567	4.593	4.618	4.644	400	16.398	16.438	16.479	16.520	16.561	16.602	16.643	16.684	16.725	16.766
-120	4.138	4.166	4.193	4.221	4.248	4.275	4.302	4.329	4.355	4.381	410	16.818	16.858	16.899	16.940	16.981	17.022	17.063	17.104	17.145	17.186
-100	3.852	3.880	3.907	3.934	3.961	3.987	4.014	4.041	4.067	4.094	420	17.241	17.283	17.325	17.367	17.409	17.451	17.493	17.534	17.576	17.617
-100	3.553	3.584	3.614	3.644	3.674	3.704	3.734	3.764	3.793	3.823	430	17.668	17.707	17.749	17.792	17.834	17.876	17.918	17.960	18.002	18.044
-100	3.242	3.274	3.305	3.337	3.368	3.399	3.430	3.461	3.492	3.523	440	18.089	18.131	18.173	18.215	18.258	18.301	18.343	18.385	18.427	18.470
-100	2.920	2.951	2.982	3.013	3.044	3.075	3.115	3.147	3.179	3.211	450	18.513	18.555	18.596	18.638	18.680	18.722	18.764	18.806	18.848	18.890
-100	2.596	2.628	2.659	2.691	2.722	2.754	2.785	2.821	2.854	2.887	460	18.938	18.980	19.022	19.064	19.106	19.148	19.190	19.232	19.274	19.316
-100	2.273	2.277	2.312	2.347	2.381	2.416	2.450	2.484	2.518	2.552	470	19.363	19.405	19.448	19.490	19.533	19.576	19.618	19.661	19.703	19.746
-100	1.949	1.929	1.961	1.993	2.025	2.057	2.122	2.157	2.193	2.260	480	19.788	19.831	19.873	19.916	19.959	20.001	20.044	20.086	20.129	20.172
-100	1.577	1.563	1.601	1.636	1.671	1.706	1.741	1.774	1.817	1.855	490	20.214	20.257	20.299	20.342	20.385	20.427	20.470	20.512	20.555	20.598
-100	1.150	1.150	1.201	1.248	1.305	1.342	1.379	1.416	1.453	1.490	500	20.640	20.683	20.725	20.768	20.811	20.853	20.896	20.938	20.981	21.024
-100	0.777	0.816	0.854	0.892	0.930	0.968	1.005	1.043	1.081	1.118	510	21.066	21.109	21.152	21.195	21.237	21.280	21.322	21.365	21.407	21.450
-100	0.382	0.430	0.469	0.507	0.545	0.583	0.621	0.659	0.700	0.739	520	21.493	21.536	21.579	21.622	21.665	21.708	21.751	21.794	21.837	21.880
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	530	22.346	22.388	22.431	22.474	22.517	22.559	22.602	22.644	22.687	22.729
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	540	22.772	22.815	22.857	22.900	22.942	22.985	23.028	23.070	23.113	23.156
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	550	23.198	23.241	23.284	23.326	23.369	23.411	23.454	23.497	23.539	23.582
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	560	23.624	23.667	23.710	23.752	23.795	23.837	23.880	23.923	23.965	24.008
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	570	24.050	24.093	24.136	24.178	24.221	24.263	24.306	24.348	24.391	24.434
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	580	24.476	24.519	24.561	24.604	24.646	24.689	24.731	24.774	24.817	24.860
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	590	24.902	24.944	24.987	25.029	25.072	25.114	25.157	25.199	25.242	25.284
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	600	25.327	25.369	25.412	25.454	25.497	25.539	25.582	25.624	25.666	25.709
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	610	25.753	25.794	25.836	25.878	25.921	25.963	26.006	26.048	26.091	26.133
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	620	26.178	26.219	26.261	26.303	26.345	26.387	26.430	26.472	26.515	26.557
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	630	26.599	26.640	26.682	26.724	26.766	26.808	26.851	26.893	26.936	26.978
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	640	27.022	27.063	27.105	27.147	27.189	27.231	27.273	27.315	27.357	27.400
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	650	27.445	27.487	27.529	27.571	27.613	27.655	27.697	27.739	27.781	27.823
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	660	27.867	27.909	27.951	27.993	28.035	28.077	28.119	28.161	28.203	28.245
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	670	28.290	28.332	28.374	28.416	28.458	28.500	28.542	28.584	28.626	28.668
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	680	28.713	28.755	28.797	28.839	28.881	28.923	28.965	29.007	29.049	29.091
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	690	29.136	29.178	29.220	29.262	29.304	29.346	29.388	29.430	29.472	29.514
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	700	29.559	29.601	29.643	29.685	29.727	29.769	29.811	29.853	29.895	29.937
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	710	29.982	30.024	30.066	30.108	30.150	30.192	30.234	30.276	30.318	30.360
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	720	30.405	30.447	30.489	30.531	30.573	30.615	30.657	30.699	30.741	30.783
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	730	30.828	30.870	30.912	30.954	30.996	31.038	31.080	31.122	31.164	31.206
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	740	31.251	31.293	31.335	31.377	31.419	31.461	31.503	31.545	31.587	31.629
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	750	31.674	31.716	31.758	31.800	31.842	31.884	31.926	31.968	32.010	32.052
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	760	32.097	32.139	32.181	32.223	32.265	32.307	32.349	32.391	32.433	32.475
0	0.000	0.039	0.079	0.118	0.157	0.197	0.236	0.275	0.314	0.353	770	32.520	32.562	32.604	32.646	32.688	32.730	32.772	32.814	32.856	32.898

4.2.3.2. ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE

Las especificaciones de acuerdo a cada parámetro de la termocupla se detallan a continuación en la Tabla 4.6.

Tipo	Rango de medición en °C	Errores de las termocuplas			Cables de extensión Límites		
		Clase 1	Clase 2	Clase 3	Temperatura en °C	Error	
					Superior	Normal	
Cromel Constantan Tipo E	-40..800	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.4\%$			-60 a 200	ND	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ $\pm 2.0\%$
	-40..900		$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.75\%$				
	200..110			$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ $\pm 1.5\%$			
Cobre Constantan Tipo T	-40..350	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.4\%$			60 a 95	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.5\%$	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ $\pm 2.0\%$
	-40..350		$\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.75\%$				
	-200..140			$\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ $\pm 1.5\%$			
Hierro Constantan Tipo J	-40..750	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.1\%$			0 a 200	$\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.75\%$	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ $\pm 1.75\%$
	-40..750		$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.75\%$				
Cromel Alumel Tipo K	-40..1000	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.1\%$			0 a 200	$\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.75\%$	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ $\pm 2.5\%$
	-40..1200		$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.75\%$				
	200..110			$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ $\pm 1.5\%$			
Pt-PtRh 13% Tipo R	0..1600	$\pm 1.1^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.75\%$		25 a 300	ND	$\pm 3^{\circ}\text{C}$ $\pm 6.0\%$
Pt-PtRh 10% Tipo S	0..1600	$\pm 1.1^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.75\%$				
PtRh 6% PtRh 30% Tipo B	600..1700		$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.25\%$		75 a 700	ND	$\pm 5^{\circ}\text{C}$ $\pm 6.0\%$
	600..1700			$\pm 4^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.5\%$			

Tabla 4. 6 Especificaciones del fabricante la termocupla Tipo K

FUENTE: Datasheet Termocupla Tipo K

4.2.3.3. ACONDICIONAMIENTO

En la figura 4.14 se indica el esquema de acondicionamiento la termocupla tipo K, y la conexión hacia la placa de acondicionamiento mediante un integrado AD595

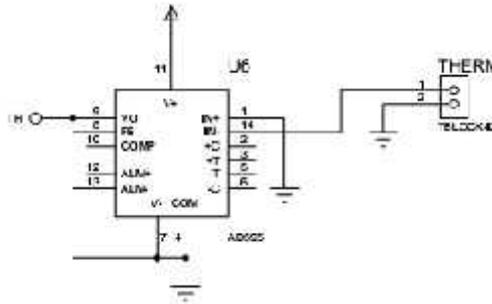


Figura 4. 14 Diagrama de acondicionamiento termocupla tipo K

FUENTE: Datasheet Termocupla Tipo K

4.2.3.4. DIMENSIONES

Las dimensiones del sensor de temperatura para determinar el espacio suficiente para su instalación adecuada se muestran en la Figura 4.15.

Dígito	Catálogo	Sensor	Dimensiones Bulbo mm.		Rango de T°	T° Maxima
			Largo	Diam		
0415668-4	TCS-106K	Termocupla K	2	4	-180 a 1372°C	1200°C

Figura 4. 15 Dimensiones termocupla tipo K

FUENTE: Instrumentación Industrial Vignola

4.2.3.5. DIAGRAMA DE CONEXIÓN

El cableado del sensor de temperatura se encuentra conectada a un circuito principal el cual es el encargado de acondicionar la señal del sensor para poder ser interpretados de manera gráfica en LabView (Figura 4.16). Cuenta con dos terminales los cuales deben ser conectados de la siguiente manera:

- Ñ Conexión de polo negativo
- Ñ Conexión de polo positivo

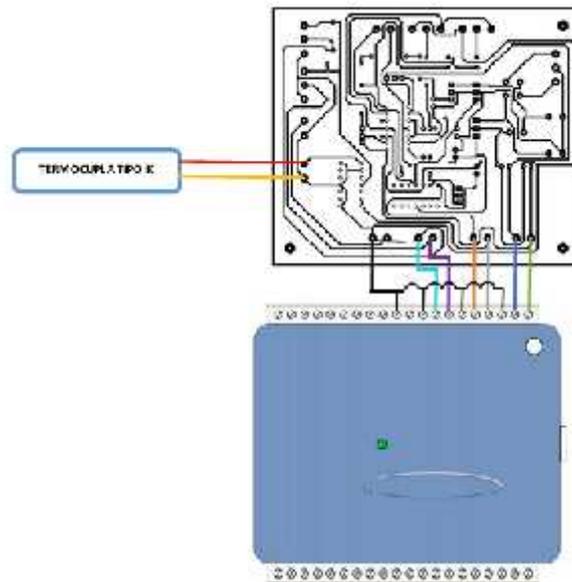


Figura 4. 16 Diagrama de conexión de la termocupla tipo K

FUENTE Propia

4.2.3.6. UBICACIÓN

La termocupla Tipo K se encuentra ubicada en la salida del ducto de escape y determina la temperatura de los gases de escape del motor



Figura 4. 17 Ubicación de la termocupla tipo K

FUENTE Propia

4.2.4. SENSOR DE REVOLUCIÓN

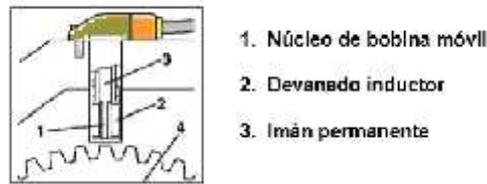


Figura 4. 18 Sensor de Rotación del motor

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

El sensor CKP de tipo inductivo genera una señal alterna senoidal con una irregularidad cíclica producida por un faltante de dientes sobre la rueda fónica de excitación montada en el cigüeñal (Figura 4.18). Esta señal es generada por un elemento inductivo acoplado frente a una rueda dentada fijada al cigüeñal. La rueda dentada posee tallados 58 dientes, faltando dos dientes justo donde coincide con el Punto Muerto Superior del cilindro en esta zona es precisamente donde se inducen los pulsos de mayor amplitud como se muestra en la Figura 4.19



Figura 4. 19 Sensor inductivo para la determinación de las RPM y sincronización del motor.

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

4.2.4.1. CARACTERÍSTICAS

- Ñ Estos sensores contienen un imán permanente encerrado parcialmente en un núcleo de hierro de bobina móvil y en parte en un devanado inductor.
- Ñ La punta del sensor está colocada cerca de la corona dentada del volante.
- Ñ El CKP tienen 3 cables, dos cables de señales y el tercero un mallado o blindaje a masa, para evitar interferencias parásitas del encendido.

4.2.4.2. ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE

Las especificaciones de acuerdo a cada parámetro del sensor de revolución se detallan a continuación en la Tabla 4.7.

checking mode	Through-beam mode		Reflex mode		
	Z3F-2C3	Z3F-3C3	Z3F-Ds30E3	Z3F-Ds50E3	Z3F-Ds100E3
checking distance	2 m	3 m	30 cm	50 cm	100 cm
voltage supply	DC10-30V \pm 10% wave<10%				
currency load	80mA(max)				
output voltage	$V_H \leq V_C - 1.7V$ $V_L \leq 1.5V$				
output mode	Operate with light or without light				
response time	1ms				
enviroment protection temperature	Work at -15°C~65°C Storage -25°C~80°C				

Tabla 4. 7 Especificaciones del fabricante del sensor de revolución

FUENTE: Zhejiang Longyou JL Electronic

4.2.4.3. DIMENSIONES

Las dimensiones del sensor de revolución para determinar el espacio suficiente para su instalación adecuada se muestran en la Figura 4.20.

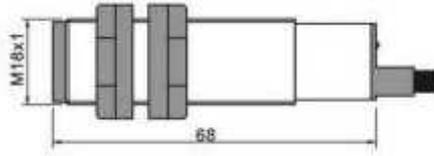


Figura 4. 20 Dimensiones del sensor de revolución

FUENTE: Zhejiang Longyou JL Electronic

4.2.4.4. DIAGRAMA DE CONEXIÓN

El cableado del sensor de revolución se encuentra conectada directamente al sensor para poder ser interpretados de manera gráfica en LabView (Figura 4.21). Cuenta con dos terminales los cuales deben ser conectados de la siguiente manera:

Ñ Conexión de polo negativo

Ñ Conexión de polo positivo

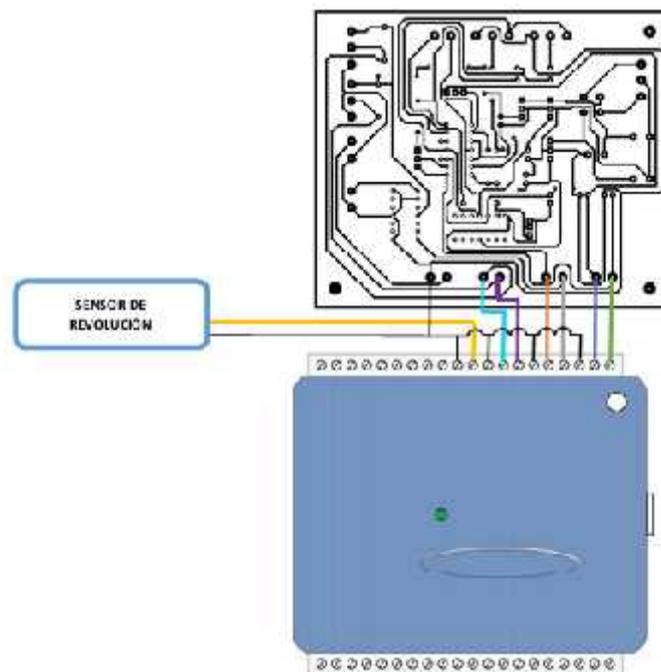


Figura 4. 21 Diagrama de conexión del sensor de revolución

FUENTE Propia

4.2.4.5. UBICACIÓN

El sensor de régimen del motor está ubicado junto al cigüeñal del motor



Figura 4. 22 Ubicación del sensor de revolución

FUENTE Propia

4.2.5. SENSOR DE FUERZA

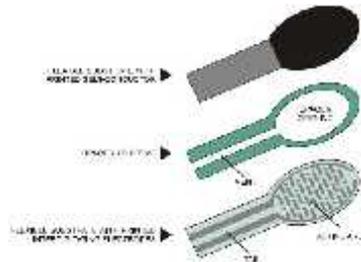


Figura 4. 23 Sensor de Fuerza

FUENTE: Arian Control & Instrumentación

Sensor de fuerza resistivo (FSR) es un dispositivo de película de polímero (PTF) que presenta una disminución de la resistencia cuando aumenta la fuerza aplicada a la superficie activa. Las FSRs no son células de carga o galgas extensiométricas aunque tengan propiedades similares. Las FSRs no son adecuadas para medidas de precisión.

4.2.5.1. CARACTERÍSTICAS

El sensor de fuerza SFSEN09375 resistivo circular, de 19mm de diámetro y 12.7mm de área sensible. Su resistencia varía con la fuerza aplicada (a mayor fuerza, menor resistencia). Sin fuerza aplicada, su resistencia es mayor a 1M Ω , mientras que al aplicar la máxima presión la misma disminuye notablemente. Estos sensores son simples de usar y muy útiles para medir si hay presión aplicada sobre los mismos

4.2.5.2. ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE

Las especificaciones de acuerdo a cada parámetro del sensor de fuerza se detallan a continuación en la Tabla 4.8:

PARÁMETRO	VALOR	NOTAS
Rango de sensibilidad de la Fuerza	<100 g hasta> 10 kg	Depende de la mecánica
Rango de sensibilidad de la	<1,5 psi hasta> 150 psi	Depende de la mecánica
Parte-a-Parte Repetibilidad de la	$\pm 15\%$ a $\pm 25\%$ de la resistencia nominal	Con un sistema de accionamiento repetible
Parte individual Repetibilidad de la	$\pm 2\%$ a $\pm 5\%$ de la resistencia nominal	Con un sistema de accionamiento repetible
Resistencia sin	> 1M	Descargado, sin
Rango de	-30 ° C a +70 ° C	
Máxima Corriente	1 A/cm ² de la fuerza aplicada	

Tabla 4. 8 Especificaciones del fabricante del sensor de fuerza

FUENTE: Datasheet SFSEN09375 resistivo circular

4.2.5.3. ACONDICIONAMIENTO

En la figura 4.24 se indica el esquema de acondicionamiento del sensor de fuerza SFSEN09375 resistivo circular, y la conexión hacia la placa de acondicionamiento:

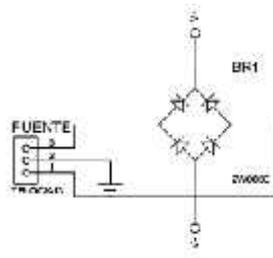


Figura 4. 24 Diagrama de acondicionamiento del sensor de fuerza

FUENTE: Datasheet SFSEN09375 resistivo circular

4.2.5.4. DIMENSIONES

Las dimensiones del sensor de fuerza para determinar el espacio suficiente para su instalación adecuada se en la Tabla 4.9:

	Área	0.5" [12.7] diámetro		
	Espesor	0.018" [0.46 mm]		
	Materiales	Capa	0.005"	[0.13]
		Espacio	0.006"	[0.15]
		Capa	0.005"	[0.13]
		Adhesivo	0.002"	[0.05]
	Opciones de Conector	Sin conector Pata para soldar		

Tabla 4. 9 Dimensiones del sensor de fuerza

FUENTE: Datasheet SFSEN09375 resistivo circular

4.2.5.5. DIAGRAMA DE CONEXIÓN

El cableado del sensor de fuerza se encuentra conectada a un circuito principal el cual es el encargado de acondicionar la señal del sensor para poder ser interpretados de manera gráfica en LabView (Figura 4.25). Cuenta con dos terminales los cuales deben ser conectados de la siguiente manera:

- Ñ Conexión de polo negativo
- Ñ Conexión de polo positivo

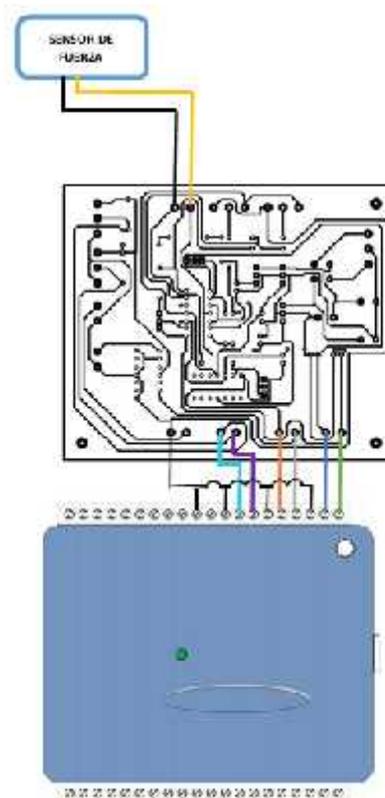


Figura 4. 25 Diagrama de conexión del sensor de fuerza

FUENTE Propia

4.2.5.6. UBICACIÓN

El sensor de fuerza se encuentra ubicado en la parte posterior de freno hidráulico, este sensor nos indica la fuerza que el motor ejerce al mantenerse en operación



Figura 4. 26 Ubicación del sensor de fuerza

FUENTE Propia

4.2.6. SENSOR DE FLUJO DE COMBUSTIBLE



Figura 4. 27 Sensor de Caudal

FUENTE: Arian Control & Instrumentación

Sensor de flujo de agua consiste en un cuerpo de plástico, un rotor de agua, y un sensor de efecto Hall. Cuando el agua fluye a través de los rodillos del rotor, su velocidad cambia con la diferente velocidad de flujo. El sensor de efecto Hall da salida a la señal de impulso correspondiente.

4.2.6.1. CARACTERÍSTICAS

El sensor de caudal POW110D3B cuenta con un interruptor de flotador para abrir o cerrar un circuito cuando el nivel de líquido aumenta o disminuye. La mayoría de los interruptores de flotador son "normalmente cerrados". Cuando el imán se acerca a los dos contactos y se tocan, permitiendo que la corriente pase a través del sensor. Cuando el imán se aleja, los contactos se desmagnetizan rompiendo el circuito. En un interruptor de flotador, el

interruptor magnético de láminas está sellado herméticamente en un vástago, es comúnmente fabricado de plástico o acero inoxidable. El flotador encierra un imán sellado, el cual se mueve hacia arriba y abajo de la longitud del vástago como un aumento del nivel de fluido.

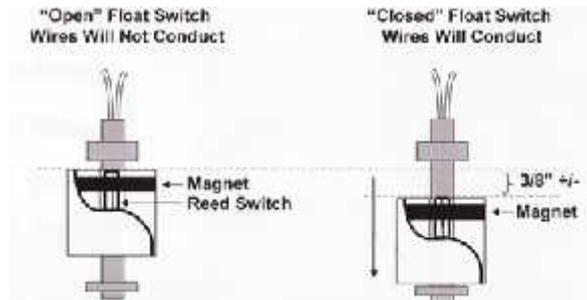


Figura 4. 28 Sección en corte del sensor de caudal

FUENTE: Arian Control & Instrumentación

POW110D3B se detalla en la Tabla 4.10.

PARÁMETRO	VALOR
Voltaje de funcionamiento	5V-24V
Corriente máxima	15 mA (DC 5V)
Peso	43 g
Rango de caudal	1 ~ 30 L / min
Temperatura de trabajo	0 ° C ~ 80 ° C
Temperatura del líquido	<120 ° C
Humedad de funcionamiento	35% ~ 90% RH
Presión de trabajo	bajo 1.75Mpa
Temperatura de almacenamiento	-25 ° C ~ 80 ° C
Tienda humedad	25% ~ 90% RH

Alto nivel de salida de pulso	Tensión de señal > 4,5 V (entrada DC 5 V)
Bajo nivel de salida de pulso	Señal de tensión < 0,5 V (entrada DC 5V)
Precisión	3% (tasa de flujo de 1L/min a 10L/min)
Ciclo de trabajo Señal de salida	40% ~ 60%

Tabla 4. 10 Especificaciones del fabricante del sensor de caudal

FUENTE: Datasheet POW110D3B

4.2.6.3. ACONDICIONAMIENTO

En la figura 4.29 se indica el esquema de acondicionamiento del sensor caudal, y la conexión hacia la placa de acondicionamiento:

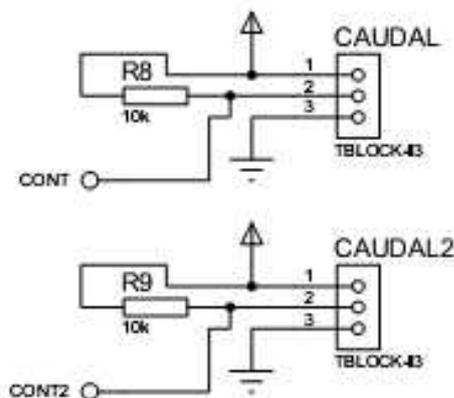


Figura 4. 29 Diagrama de acondicionamiento del sensor de caudal

FUENTE: Datasheet POW110D3B

4.2.6.4. DIMENSIONES

Las dimensiones del sensor de caudal para determinar el espacio suficiente para su instalación adecuada se muestran en la Figura 4.30.

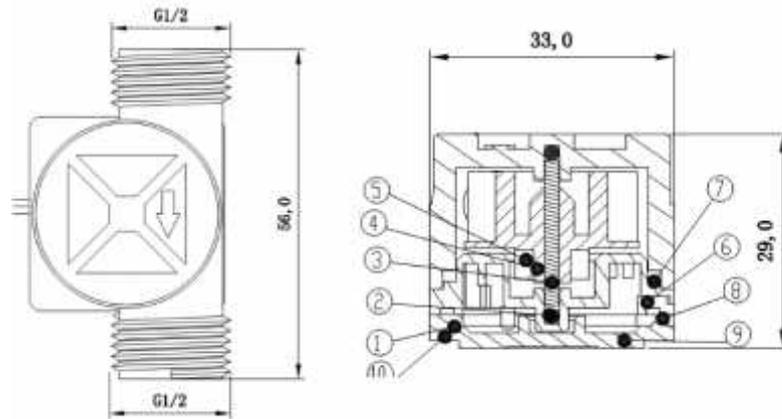


Figura 4. 30 Dimensiones del sensor de caudal

FUENTE: Datasheet POW110D3B

NO.	NOMBRE	CANTIDAD	MATERIAL
1	El cuerpo de válvula	1	PA66 33% de fibra de vidrio
2	Grano del acero inoxidable	1	Acero inoxidable SUS304
3	Eje	1	Acero inoxidable SUS304
4	Impulsor	1	POM
5	Imán de anillo	1	Ferrito
6	Anillo de Medio	1	PA66 33% de fibra de vidrio
7	Junta tórica de sellado	1	Caucho
8	Anillo de sello electrónico	1	Caucho
9	Cubrir	1	PA66 33% de fibra de vidrio
10	Tornillo	4	Acero inoxidable SUS304
11	Cable	1	1007 24AWG

Tabla 4. 11 Componentes del sensor de caudal

FUENTE: Datasheet POW110D3B

4.2.6.5. DIAGRAMA DE CONEXIÓN

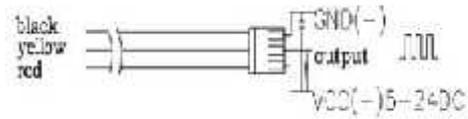


Figura 4. 31 Diagrama de terminales del sensor de caudal

FUENTE: Datasheet POW110D3B

El cableado del sensor de flujo de agua es bastante simple. Hay 3 hilos: negro, rojo, y amarillo los cuales con conectados de la siguiente manera:

- Ñ Negro.- Conexión a tierra
- Ñ Rojo.- Conexión a alimentación de 5V
- Ñ Amarillo.- Señal de salida

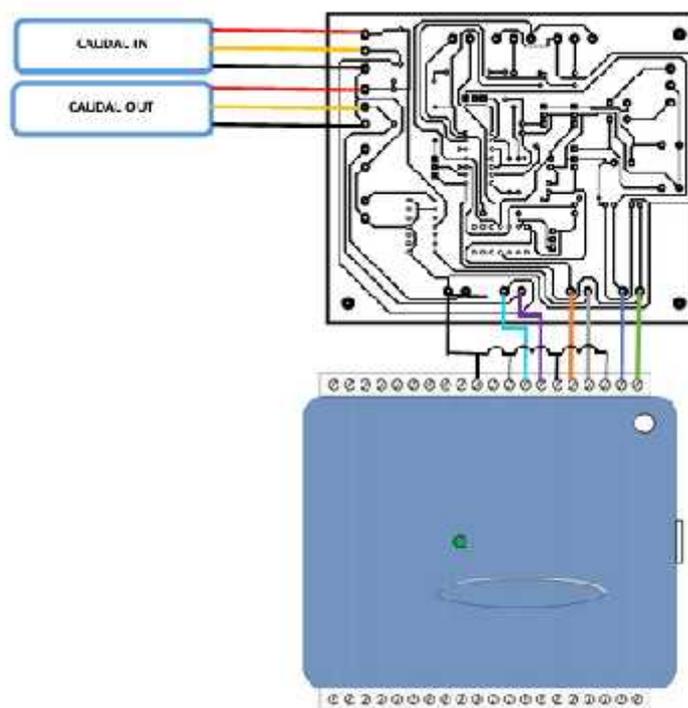


Figura 4. 32 Diagrama de conexión del sensor de caudal

FUENTE Propia

4.2.6.6. UBICACIÓN

Existen 2 sensores de caudal, el primero se ubica después del filtro de combustible y mide la cantidad de combustible que ingresa hacia el motor y el segundo se encuentra en la línea de retorno hacia el tanque y determina la cantidad de combustible que no fue consumida por el motor.

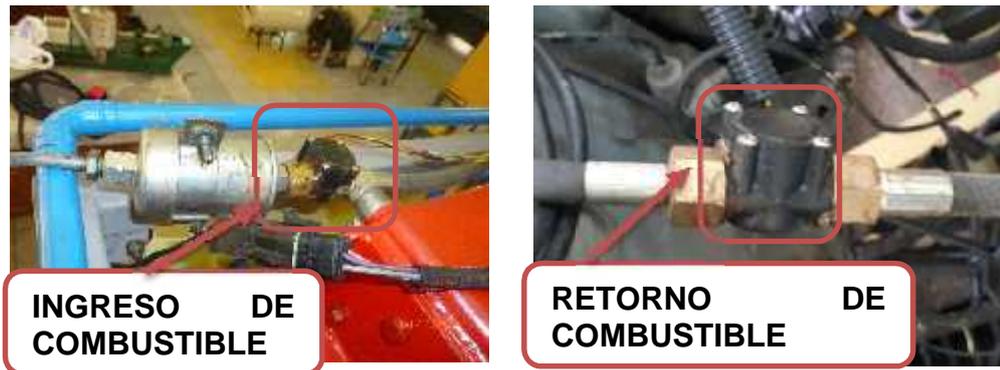


Figura 4. 33 Ubicación del sensor de caudal

FUENTE Propia

CAPITULO 5

5. ENTORNO DEL PROGRAMA

5.1. ESTRUCTURA DEL PROGRAMA

La estructura del programa se encuentra basada en la construcción de 3 VI's (Instrumentos virtuales) los cuales son llamados desde un proyecto principal para la lectura de los fenómenos físicos y estos sean presentados de manera gráfica y numérica por medio de un software denominado LabView Professional 2012. Los VI's son presentados de acuerdo al siguiente esquema y diagrama de flujo:

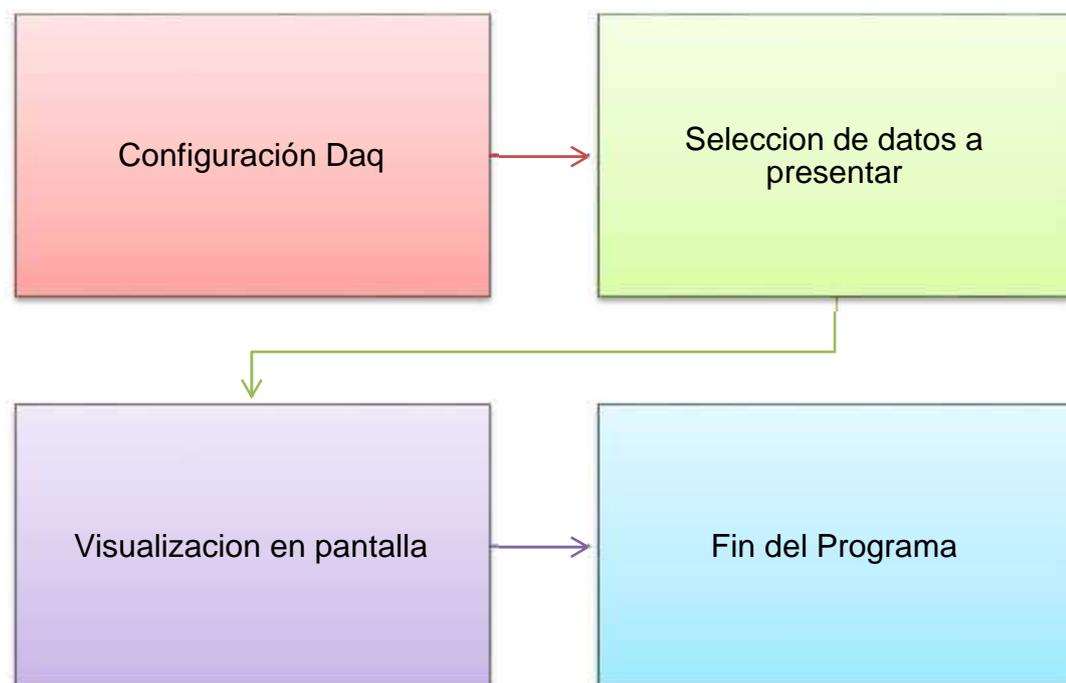


Figura 5. 1 Estructura del programa

FUENTE Propia

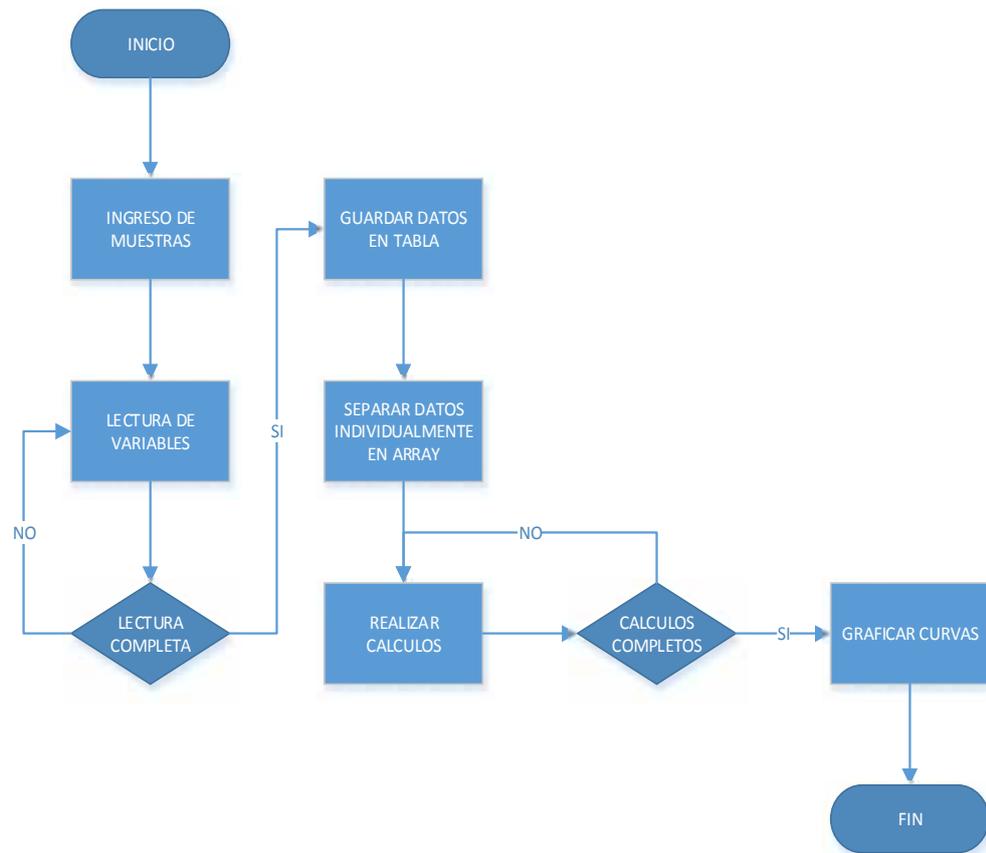


Figura 5. 2 Diagrama de flujo

FUENTE Propia

El programa se encuentra basado en dos secciones la parte mecánica y la parte electrónica, cada una encargada de realizar una función específica como se muestra a continuación:

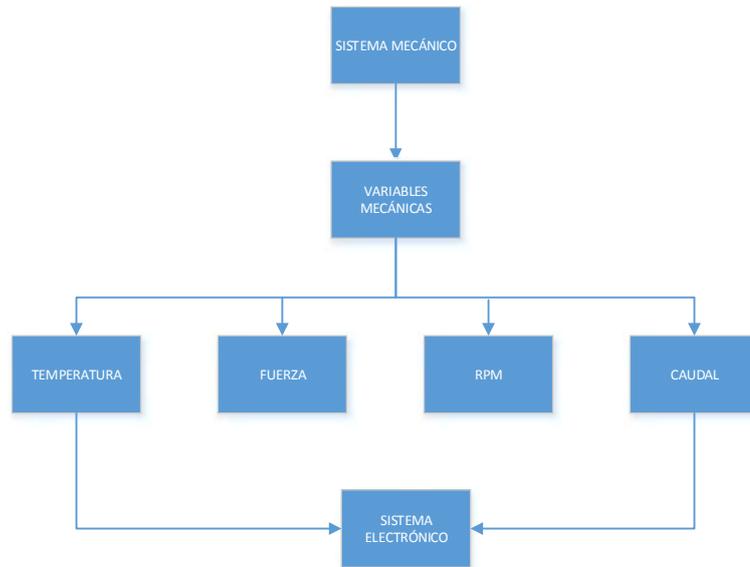


Figura 5. 3 Esquema Mecánico

FUENTE Propia

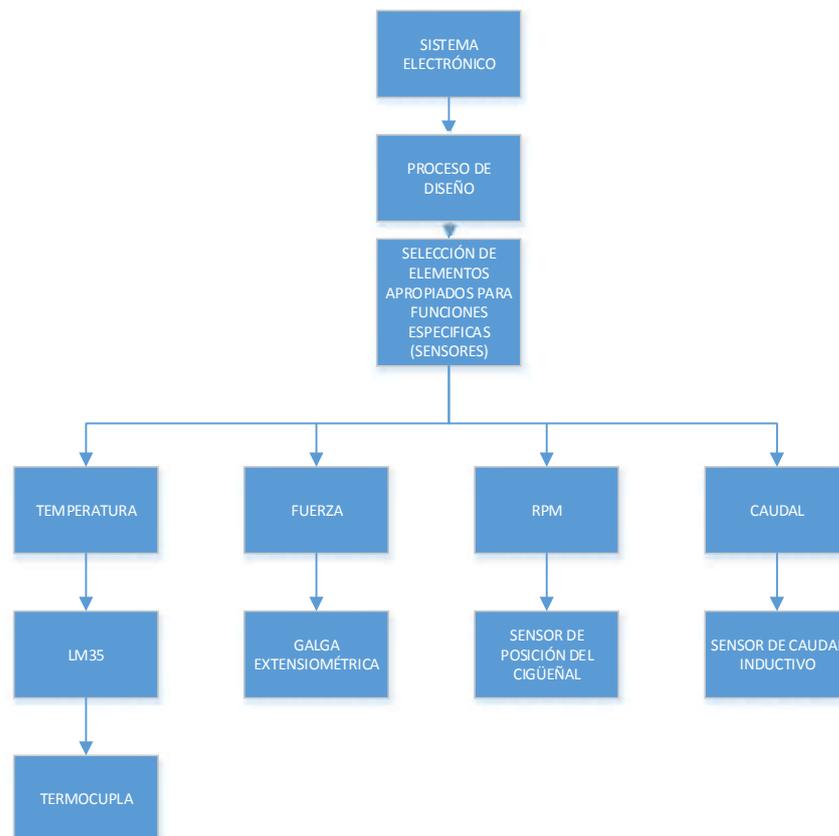


Figura 5. 4 Figura 5. 5 Esquema Electrónico

FUENTE Propia

La sección principal es el VI de adquisición que se divide en secciones secundarias que permiten puntualizar la obtención de datos de ciertos parámetros, la Figura 5.6 muestra la sección principal y las secundarias



Figura 5. 6 Diagrama de composición del programa principal

FUENTE Propia

En el programa cada sección principal y sus secciones secundarias se encuentran entrelazadas unas con otras mediante un Menú General (Figura 5.7). Esto permite que todas las secciones estén disponibles todo el tiempo.



Figura 5. 7 Diagrama del menú general

FUENTE Propia

5.2. CARACTERÍSTICAS DEL PROGRAMA

El programa presenta las siguientes características propias de este:

- Ñ El programa es desarrollado en su totalidad en LabView.
- Ñ Después de ser instalados los driver de la DAQ y el software en el computador no necesita tener ningún otro programa abierto para ser ejecutado de manera eficaz.

- Ñ Trabaja en su totalidad solo, excepto cuando se quiera imprimir cualquier curva característica, se necesita una impresora.
- Ñ Presenta en pantalla la medida de fenómenos físicos como: temperatura, caudal, RPM y fuerza.
- Ñ Realiza el grafico de curvas características del motor Lada Niva 1.7cc en tiempo real.
- Ñ Los datos son representados en una tabla para mejor visualización de los estudiantes

5.3. EVENTOS DEL PROGRAMA

El programa se maneja con eventos sencillos, como son:

- Ñ Pulsar sobre los botones de control.
- Ñ Escribir texto en los casilleros.
- Ñ Moverse sobre los desplazadores verticales.

Una persona que tiene un manejo básico de computadora está acostumbrada a todos estos tipos de evento, además el programa solo necesita el ingreso de número de muestras para ser ejecutado.

5.4. VENTANAS DEL PROGRAMA

El programa consta de una ventana principal (Figura 5.8) en la cual se ubica el único Menú General, el cual contiene la ventana principal y desde el cual se puede acceder a las ventanas secundarias (Figura 5.9 -Figura 5.10). La ventana principal acoge a las ventanas secundarias y se puede tener una abierta varias ventanas a la vez, pero lo que se recomienda es únicamente abrir la ventana en la cual se ejecuta el programa principal.

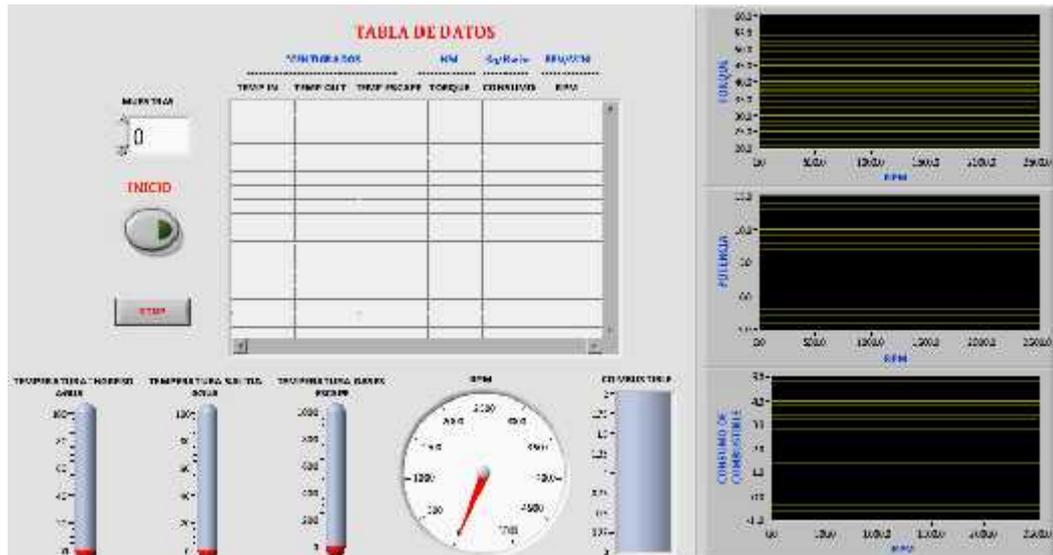


Figura 5. 8 Ventana principal del software

FUENTE Propia

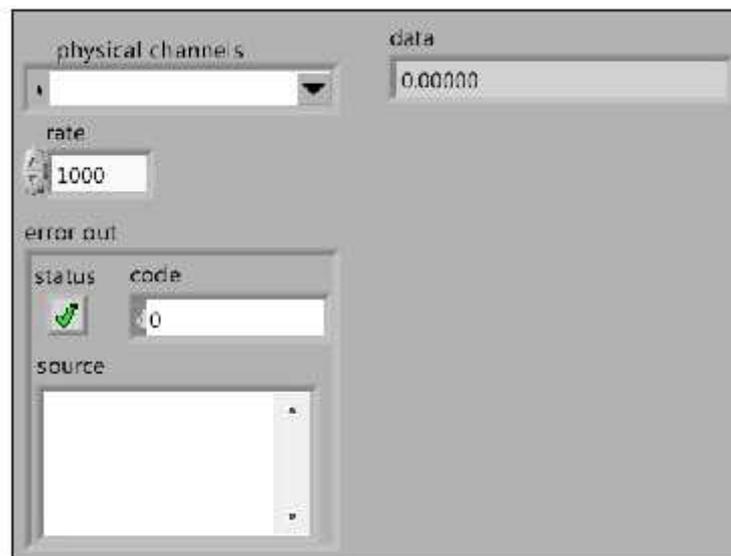


Figura 5. 9 Ventana secundaria de obtención de fuerza y temperatura

FUENTE Propia

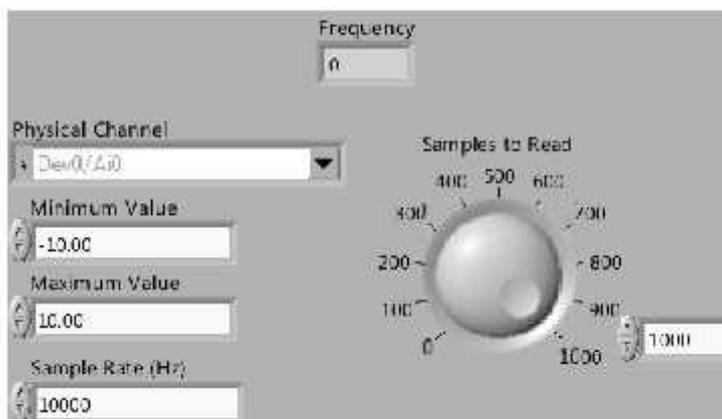


Figura 5. 10 Ventana secundaria de obtención de frecuencia

FUENTE Propia

5.5. VENTANA PRINCIPAL DE OBTENCIÓN DE DATOS

5.5.1. DESCRIPCIÓN DE LA VENTANA PRINCIPAL DE OBTENCIÓN DE DATOS

La ventana principal del software de adquisición de curvas en tiempo real que es la encargada de medir los fenómenos físicos y mostrarla en la pantalla del LabView Professional 2012 consta de dos partes principales:

- Ñ Front Panel
- Ñ Block Diagram

5.5.2. FRONT PANEL PRINCIPAL

El Panel Frontal es la interfaz con el usuario, se utiliza para interactuar con el usuario cuando el programa se está ejecutando. Los usuarios podrán observar los datos del programa actualizados en tiempo real. En esta interfaz se definen los controles que se usaran como entradas, el botón de inicio del programa, e indicadores que las usamos como salidas, las cuales son las gráficas, los indicadores gráficos y la tabla de datos mostrada en la pantalla principal.

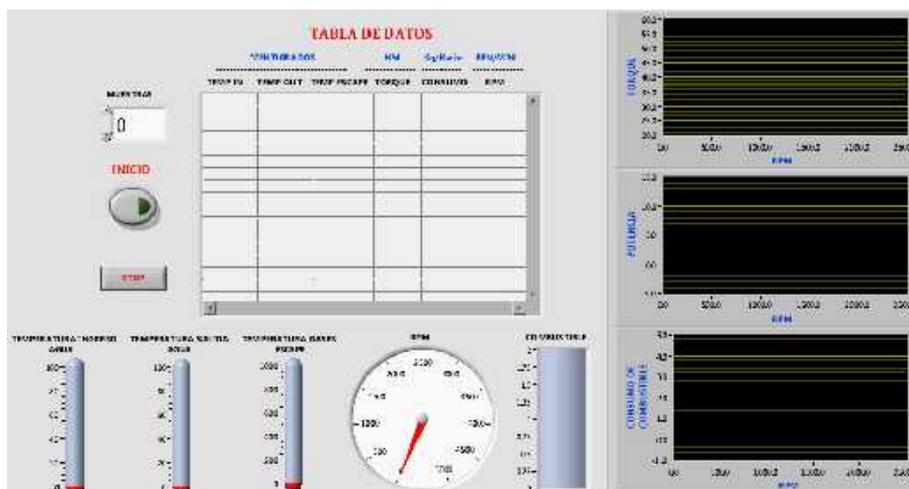


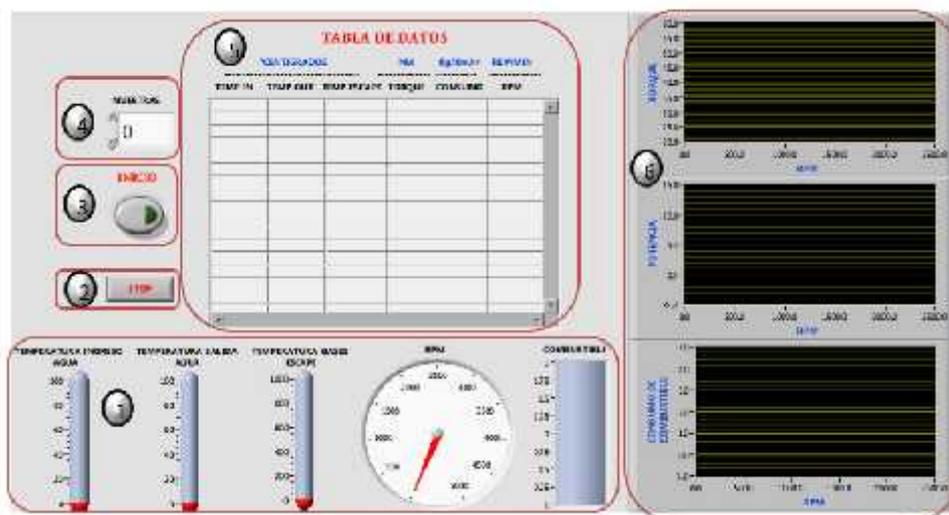
Figura 5. 11 Front panel principal

FUENTE Propia

5.5.2.1. PARTES DEL FRONT PANEL PRINCIPAL

El front panel cuenta con los siguientes indicadores:

- Ñ Indicadores Gráficos.- Muestran de manera gráfica el valor de los fenómenos físicos a medir como temperatura de agua de ingreso, temperatura de salida de agua, RPM y consumo específico de combustible.
- Ñ Cuadro de texto.- Permite ingresar el número de datos a presentar que se desea que las realice el programa y las muestre en pantalla.
- Ñ Botón de inicio.- Permite el inicio de la ejecución del programa principal.
- Ñ Botón de Stop.- Permite detener la ejecución del programa
- Ñ Tabla de datos.- Muestra en una tabla el valor de los fenómenos físicos medidos.
- Ñ Cuadro de Graficas.- Permite visualizar las gráficas características del motor como : torque, potencia y consumo específico de combustible en tiempo real del motor



1. INDICADORES GRÁFICOS
2. BOTÓN DE STOP
3. BOTÓN DE INICIO
4. CUADRO DE TEXTO
5. TABLA DE DATOS
6. CUADRO DE GRAFICAS

Figura 5. 12 Partes del front panel principal

FUENTE Propia

5.5.3. DIAGRAMA DE BLOQUE PRINCIPAL

El diagrama de bloques constituye el código fuente del VI. En el diagrama de bloques es donde se realiza la implementación del programa del VI para controlar o realizar cualquier procesamiento de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal. El diagrama de bloques incluye funciones y estructuras integradas en las librerías que incorpora LabView así como una librería propia de la tarjeta de adquisición de datos USB-1408FS. Los controles e indicadores que se colocaron previamente en el Panel Frontal, se materializan en el diagrama de bloques mediante los terminales. A continuación se presenta el diagrama de bloque del proyecto:

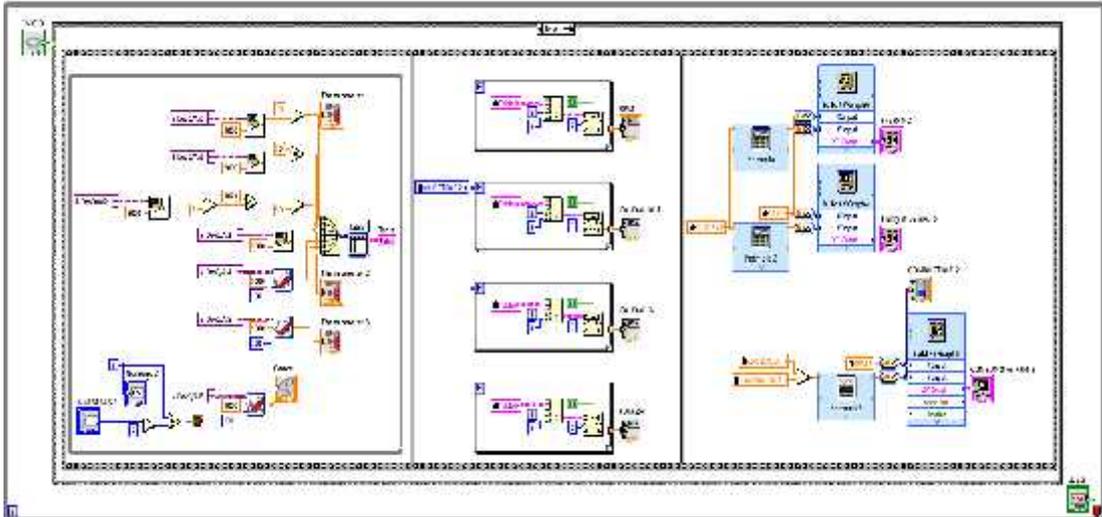


Figura 5. 13 Diagrama de bloque principal

FUENTE Propia

5.5.4. DESCRIPCIÓN DE HERRAMIENTAS Y ESTRUCTURAS

Las paletas de LabView proporcionan las herramientas que se requieren para crear y modificar tanto el panel frontal como el diagrama de bloques. Existen las siguientes paletas:

5.5.4.1. PALETA DE HERRAMIENTAS (TOOLS PALETTE)

Se emplea tanto en el panel frontal como en el diagrama de bloques. Contiene las herramientas necesarias para editar y depurar los objetos tanto del panel frontal como del diagrama de bloques. Las opciones que presenta esta paleta son las siguientes:



Operating tool.- Cambia el valor de los controles.



Positioning tool.- Desplaza, cambia de tamaño y selecciona los objetos.



Labeling tool.- Edita texto y crea etiquetas.



Wiring tool.- Une los objetos en el diagrama de bloques.

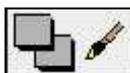
 **Object Pop-up Menu tool.-** Abre el menú desplegable de un objeto.

 **Scroll tool.-** Desplaza la pantalla sin necesidad de emplear las barras de desplazamiento.

 **Breakpoint tool.-** Fija puntos de interrupción de la ejecución del programa en VI's, funciones y estructuras.

 **Probe tool.-** Crea puntos de prueba en los cables, en los que se puede visualizar el valor del dato que fluya por dicho cable en cada instante.

 **Color Copy tool.-** Copia el color para después establecerlo mediante la siguiente herramienta.

 **Color tool.-** Establece el color de fondo y el de los objetos

5.5.4.2. PALETA DE CONTROLES (CONTROLS PALETTE)

Se utiliza únicamente en el panel frontal. Contiene todos los controles e indicadores que se emplearán para crear la interfaz del VI con el usuario. El menú Controls de la ventana correspondiente al panel frontal contiene las siguientes opciones:

 **Numeric.-** Para la introducción y visualización de cantidades numéricas.

 **Boolean.-** Para la entrada y visualización de valores booleanos.

 **String & Table.-** Para la entrada y visualización de texto.

 **List & Ring.-** Para visualizar y/o seleccionar una lista de opciones.

 **Array & Cluster.-** Para agrupar elementos.



Graph.- Para representar gráficamente los datos.



Path & RefNum.- Para gestión de archivos.



Decorations.- Para introducir decoraciones en el panel frontal. No visualizan datos.



User Controls.- Para elegir un control creado por el propio usuario.



ActiveX.- Para transferir datos y programas de unas aplicaciones a otras dentro de Windows.



Select a Control.- Para seleccionar cualquier control.

Al seleccionar objetos desde el menú Controls estos aparecen sobre el panel frontal, pueden colocarse donde convenga, y además tienen su propio menú desplegable que permite la configuración de algunos parámetros específicos de cada tipo de control.

5.5.4.3. PALETA DE FUNCIONES (FUNCTIONS PALETTE)

Se emplea en el diseño del diagrama de bloques. La paleta de funciones contiene todos los objetos que se emplean en la implementación del programa del VI, ya sean funciones aritméticas, de entrada/salida de señales, entrada/salida de datos a fichero, adquisición de señales, temporización de la ejecución del programa. Para seleccionar una función o estructura concretas, se debe desplegar el menú Functions y elegir entre las opciones que aparecen. A continuación se enumeran todas ellas, junto con una pequeña definición.



Structures.- Muestra las estructuras de control del programa, junto con las variables locales y globales.



Numeric.- Muestra funciones aritméticas y constantes numéricas.



Boolean.- Muestra funciones y constantes lógicas.



Array.- Contiene funciones útiles para procesar datos en forma de vectores, así como constantes de vectores.



Cluster.- Contiene funciones útiles para procesar datos procedentes de gráficas y destinados a ser representados en ellas, así como las correspondientes constantes.



Comparison.- Muestra funciones que sirven para comparar números, valores booleanos o cadenas de caracteres.



Time & Dialog.- Contiene funciones para trabajar con cuadros de diálogo, introducir contadores y retardos, etc.



File I/O – Muestra funciones para operar con ficheros.



Communication.- Muestra diversas funciones que sirven para comunicar varios ordenadores entre sí, o para permitir la comunicación entra distintos programas.



Instrument I/O.- Muestra un submenú de VI's, que facilita la comunicación con instrumentos periféricos que siguen la norma ANSI/IEEE 488.2-1987, y el control del puerto serie.



Data Acquisition.- Contiene a su vez un submenú donde puede elegirse entre distintas librerías referentes a la adquisición de datos.



Analysis.- Contiene un submenú en el que se puede elegir entre una amplia gama de funciones matemáticas de análisis.



Tutorial.- Incluye un menú de VIs que se utilizan en el manual LabVIEW Tutorial.



Advanced.- Contiene diversos submenús que permiten el control de la ayuda, de los VIs, manipulación de datos, procesado de eventos, control de la memoria, empleo de programas ejecutables o incluidos en librerías DLL, etc.



Instrument drivers.- En él se muestran los drivers disponibles de distintos instrumentos.



Application control.- Contiene varias funciones que regulan el funcionamiento de la propia aplicación en ejecución.

5.5.4.4. ESTRUCTURAS

En la paleta de funciones la primera opción es la de las estructuras. Éstas controlan el flujo del programa, bien sea mediante la secuenciación de acciones, ejecución de bucles, etc. Las estructuras se comportan como cualquier otro nodo en el diagrama de bloques, ejecutando automáticamente lo que está programado en su interior una vez tiene disponibles los datos de entrada, y una vez ejecutadas las instrucciones requeridas, suministran los correspondientes valores a los cables unidos a sus salidas. Sin embargo, cada estructura ejecuta su diagrama de acuerdo con las reglas específicas que rigen su comportamiento, y que se especifican a continuación.

Un subdiagrama es una colección de nodos, cables y terminales situados en el interior del rectángulo que constituye la estructura. El For Loop y el While Loop únicamente tienen un subdiagrama. El Case Structure y el Sequence Structure, sin embargo, pueden tener múltiples subdiagramas, superpuestos

como si se tratara de cartas en una baraja, por lo que en el diagrama de bloques únicamente será posible visualizar al tiempo uno de ellos. Los subdiagramas se construyen del mismo modo que el resto del programa

CASE STRUCTURE

Al igual que otras estructuras posee varios subdiagramas, que se superponen como si de una baraja de cartas se tratara. En la parte superior del subdiagrama aparece el identificador del que se está representando en pantalla. A ambos lados de este identificador aparecen unas flechas que permiten pasar de un subdiagrama a otro. En este caso el identificador es un valor que selecciona el subdiagrama que se debe ejecutar en cada momento.

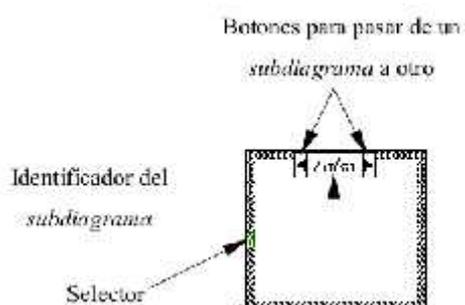


Figura 5. 14 Case structure

FUENTE: Tutorial de LabView 2012, España

La estructura Case tiene al menos dos subdiagramas (True y False). Únicamente se ejecutará el contenido de uno de ellos, dependiendo del valor de lo que se conecte al selector.

SEQUENCE STRUCTURE

De nuevo, este tipo de estructuras presenta varios subdiagramas, superpuestos como en una baraja de cartas, de modo que únicamente se puede visualizar una en pantalla. También poseen un identificador del

subdiagrama mostrado en su parte superior, con posibilidad de avanzar o retroceder a otros subdiagramas gracias a las flechas situadas a ambos lados del mismo.

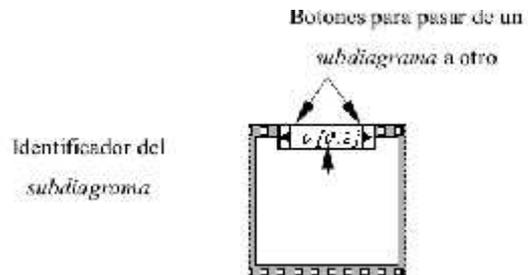


Figura 5. 15 Sequence structure

FUENTE: Tutorial de LabView 2012, España

Esta estructura secuencia la ejecución del programa. Primero ejecutará el subdiagrama de la hoja (frame) nº0, después el de la nº 1, y así sucesivamente. Para pasar datos de una hoja a otra se pulsará el botón derecho del ratón sobre el borde de la estructura, seleccionando la opción Add sequence local.

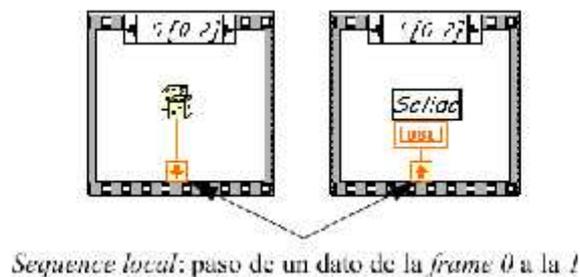


Figura 5. 16 Sequence local

FUENTE: Tutorial de LabView 2012, España

WHILE LOOP

Es el equivalente al bucle while empleado en los lenguajes convencionales de programación. Su funcionamiento es similar al del bucle for.

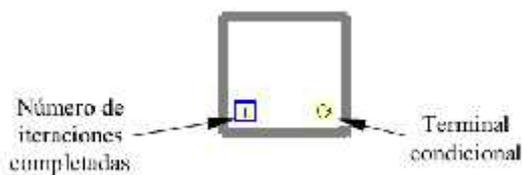


Figura 5. 17 While loop

FUENTE: Tutorial de LabView 2012, España

El bucle while es equivalente al código siguiente:

```

Do
Se ejecuta lo que hay en el interior del bloque
while terminal condicional is true

```

Figura 5. 18 Ejecución de la estructura While

FUENTE: Tutorial de LabView 2012, España

El programa comprueba el valor de lo que se halle conectado al terminal condicional al finalizar el bucle. Por lo tanto, el bucle siempre se ejecuta al menos una vez. Con esta estructura también se pueden emplear los shift registers para tener disponibles los datos obtenidos en iteraciones anteriores (es decir, para memorizar valores obtenidos). Su empleo es análogo al de los bucles for, por lo que omitiré su explicación.

5.5.5. EJECUCIÓN DEL VI PRINCIPAL

Antes de la ejecución del programa de obtención de curvas en tiempo real se recomienda revisar que todos los sensores se encuentren conectados y que el USB que conecta la Tarjeta de adquisición de datos se encuentre conectada a la laptop. Para iniciar se debe abrir el programa y esperar que carguen todos los controladores, para iniciar la ejecución del programa se debe ingresar el número de muestras, se recomienda utilizar 15 muestras para su ejecución, después de ingresado el valor de las muestras se debe dar

clic en el botón inicio para empezar a registrar los valores como se muestra en la Figura 5.19

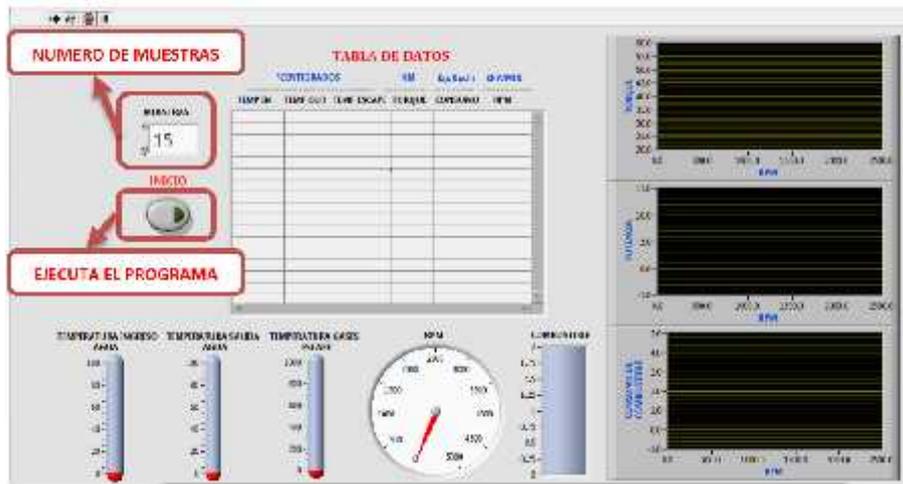


Figura 5. 19 Ejecución del VI principal
FUENTE Propia

Una vez ejecutado el programa los datos empiezan a mostrarse de manera gráfica en los indicadores y también son mostrados en la tabla en forma numérica y almacenados en un array, estos datos pueden ser exportados hacia otros programas como Excel o Word para poder ser respaldados o comprobar el funcionamiento del software

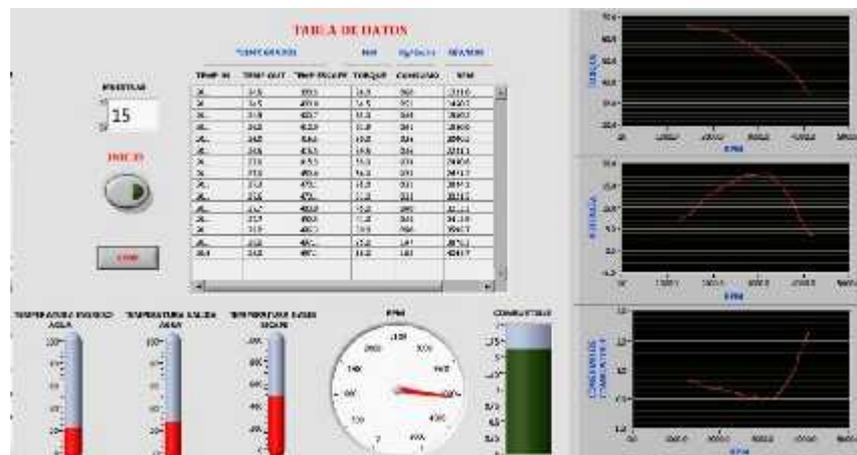


Figura 5. 20 Tabulación de datos con software
FUENTE Propia

Finalmente los datos en la tabla, son extraídos del array para proceder a graficar las curvas características del motor como torque, potencia y consumo específico de combustible

En el caso de producirse algún evento inesperado o falla del programa este puede ser detenido mediante el botón de Stop colocado en la parte inferior del botón inicio

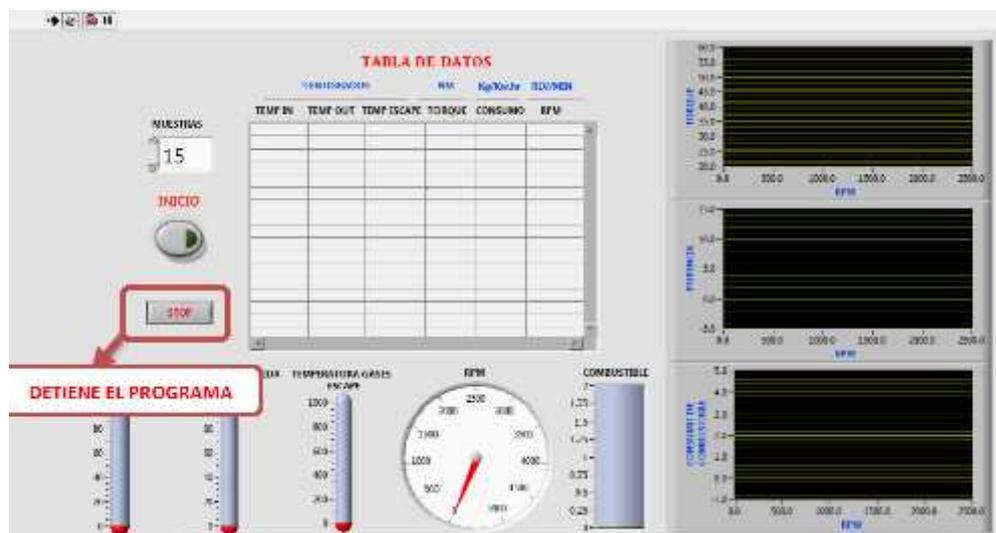


Figura 5. 21 Detención del programa

FUENTE Propia

5.5.6. FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA MEDIANTE EL DIAGRAMA DE BLOQUES

El diagrama de bloques inicia su ejecución con una estructura case, es decir si se verifica que el botón de inicio es presionado el empieza la lectura de datos con la tarjeta de adquisición. Una vez ejecutado este comando continua con la estructura secuencia que permite se encuentra divide en tres partes:

- Ñ Lectura de datos de sensores
- Ñ Almacenamiento de datos en array

5.5.6.1. LECTURA DE DATOS DE SENSORES

Esta secuencia inicial es la encargada de leer los datos físicos de temperatura, fuerza, RPM y caudal, aplicar sus operaciones matemáticas respectivas y almacenarlos en una tabla de datos.

El tiempo que se ejecuta esta secuencia es hasta que realice las mediciones indicadas en el número de muestras, una vez terminado este ciclo las mediciones se terminan y quedan almacenadas en el interior de la tabla como se muestra en la Figura 5.22

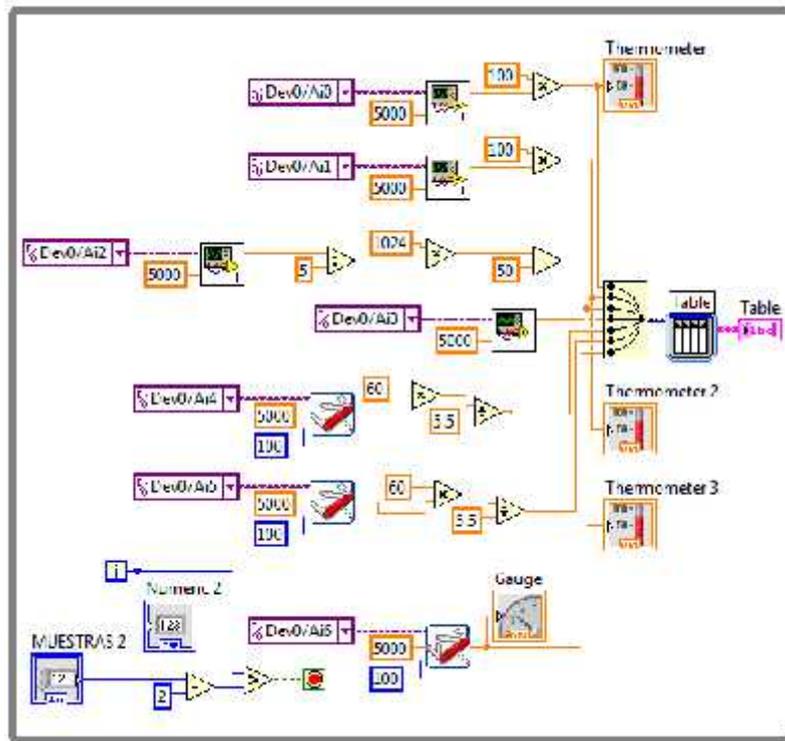


Figura 5. 22 Código para lectura de datos de los sensores

FUENTE Propia

5.5.6.2. ALMACENAMIENTO DE DATOS EN ARRAY

Después de almacenar los datos dentro de la tabla estos datos son separados y guardados en un array independiente de acuerdo a la variable que se necesita para obtener las gráficas características del motor. El almacenamiento de datos en un array se muestra en la Figura 5.23

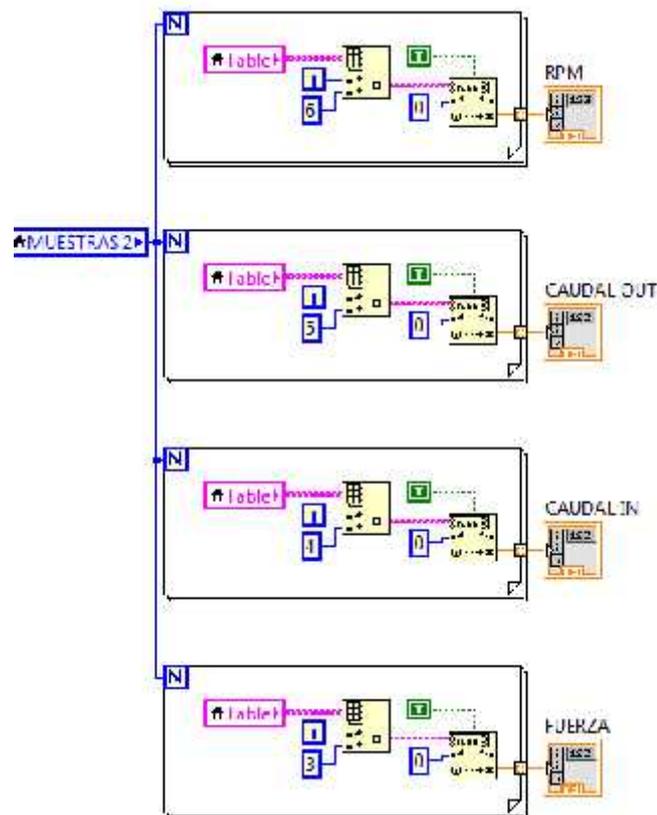


Figura 5. 23 Código para almacenamiento de datos en array

FUENTE Propia

5.5.6.3. GENERACIÓN DE GRAFICAS

Finalmente la última secuencia del programa utiliza los datos almacenados en el array y los presenta de forma gráfica, en nuestro caso mostrando las curvas de:

Ñ Torque vs RPM

Ñ Potencia vs RPM

Ñ Consumo específico de combustible vs RPM

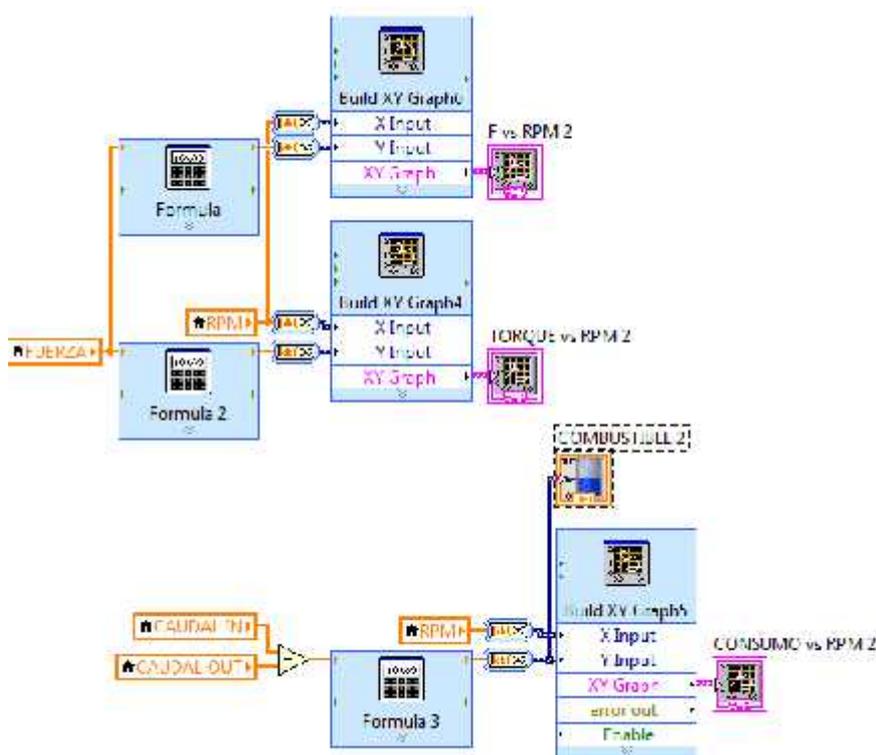


Figura 5. 24 Código para generación de graficas

FUENTE Propia

5.5.7. DESCRIPCIÓN DE LA OBTENCIÓN DE DATOS

Para la obtención de los fenómenos físicos se debe acondicionar cada sensor debido a que en ocasiones su voltaje es muy bajo o presenta algún tipo de restricción en su medida, para que muestren los valores de acuerdo a la realizada se procede al acondicionamiento de señal, los cuales se indican de forma individual.

5.5.7.1. SENSOR DE TEMPERATURA LM35

El LM35 es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de 1°C. Puede medir temperaturas en el rango que abarca desde -55° a + 150°C. Su tensión de salida es proporcional a la temperatura, en la escala Celsius. No necesita calibración externa, es de bajo costo y funciona en el rango de

alimentación comprendido entre 4 y 30 voltios. La salida es muy lineal y cada grado centígrado equivale a 10 mV en la salida.

Una vez conocido que el LM35 tiene tensión de salida proporcional a la temperatura y cada grado centígrado equivale a 10 mV en la salida, se aplica la siguiente fórmula para obtener de voltios a grados centígrados y poder visualizarlo en el programa:

$$T \text{ [}^\circ\text{]} = V * 100$$

Ecuacion 5. 1 Fórmula de cálculo de Temperatura LM35

FUENTE: Datasheet LM35

Donde:

- **T**= Temperatura, en grados Celsius [°C]
- **V**= Voltaje, en voltios [v]

En la Figura 5.25 se puede apreciar el diagrama de bloques para la obtención de temperatura con el LM35

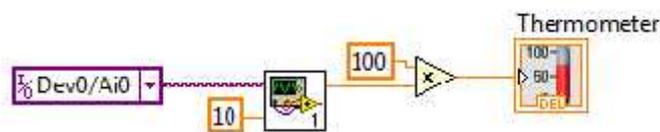


Figura 5. 25 Diagrama de bloque del LM35

FUENTE Propia

TIEMPO DE MUESTREO

A pesar de existir diferentes formas de muestrear señales solo se trabajará la forma de señal periódica que es la más utilizada y se describe mediante la relación:

$$x(n) = x_a(nT) \quad \text{para } -\infty < n < \infty$$

Ecuacion 5. 2 Tiempo de muestreo

FUENTE: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/cap5lecc8.htm>

Donde $x(n)$ es la señal en tiempo discreto obtenida tomando muestras de la señal análoga $x_a(t)$ cada T segundos. El intervalo de tiempo T entre dos muestras sucesivas se denomina periodo de muestreo o intervalo de muestreo donde F_s se denomina frecuencia de muestreo y está dada en muestras por segundo.

$$F_s = \frac{1}{T}$$

Ecuacion 5. 3 Frecuencia de muestreo

FUENTE: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/cap5lecc8.htm>

Al realizar las pruebas de funcionamiento se pudo observar que el sensor de temperatura LM35 no presenta muchos cambios o variaciones significativas en función del tiempo como se muestra en la Figura 5.26, por tal motivo se determinó que la frecuencia de muestreo debe ser de 1 muestra por segundo

$$F_{s\text{LM35}} = \frac{1}{s}$$

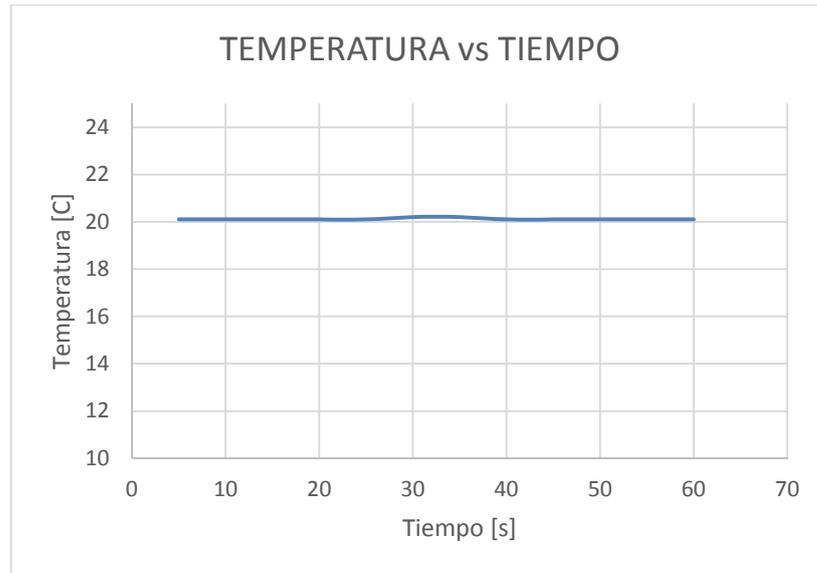


Figura 5. 26 Grafica Temperatura vs Tiempo ingreso de la red
FUENTE Propia

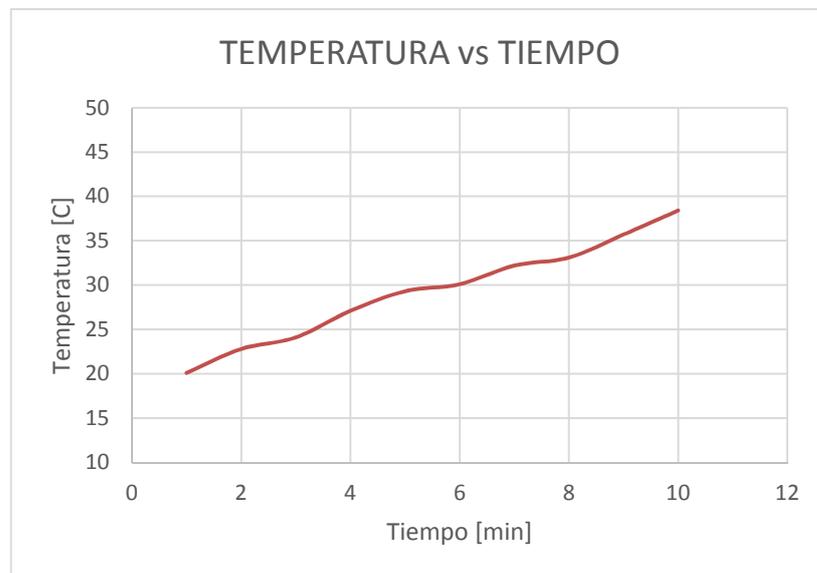


Figura 5. 27 Grafica Temperatura vs Tiempo salida de la bomba
FUENTE Propia

5.5.7.2. TERMOCUPLA TIPO K

Debido a que la termocupla tipo K emite valores de voltaje muy bajos e inestables no pueden ser registrados por la tarjeta de adquisición de datos, esto conlleva a tener un óptimo circuito de acondicionamiento de señal para la termocupla tipo K y para esto es necesario utilizar un integrado en nuestro caso el AD595, pero antes de realizar el acondicionamiento se muestran sus características operacionales.

El AD595 es un amplificador que usa la temperatura del chip como su referencia. Una termocupla tipo K se conecta a los pines 1 y 14 que son las entradas a un amplificador diferencial. El Diagrama de bloques del integrado AD595 se muestra a continuación:

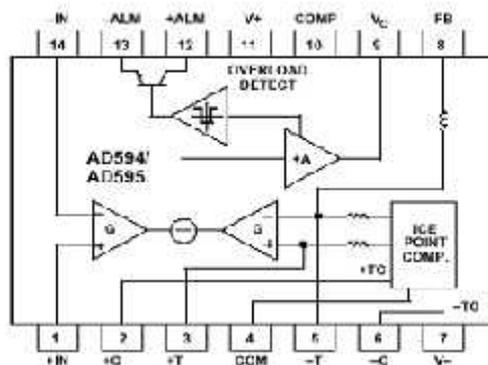


Figura 5. 28 Diagrama de bloque del AD595

FUENTE: Datasheet AD595

El AD595, es un amplificador de instrumentación y compensador de junta fría en un chip, combina su punto de referencia con un amplificador precalibrado para producir un voltaje proporcional a la temperatura.

Las señales de la termocupla están aplicadas a la etapa de entrada del AD595, de un amplificador de ganancia G, y después amplificados por el

amplificador principal de ganancia A. La salida del amplificador principal es retroalimentado a una segunda etapa diferencial en la conexión invertida del amplificador. La señal de retroalimentación es amplificada por esta etapa y es también aplicada a la entrada del amplificador principal a través de un circuito de suma. Esta inversión hace que el amplificador cause la retroalimentación para reducir la señal de diferencia a un pequeño valor. Los amplificadores diferenciales son hechos para acoplar y que tengan las mismas ganancias G. Como resultado, la señal de retroalimentación que deben ser aplicados al amplificador diferencial de la derecha va a acoplar precisamente a la entrada de la señal de la termocupla cuando la señal de la diferencia es reducida a cero.

El valor de la temperatura que obtiene el AD595 se obtiene mediante la siguiente formula:

$$T \text{ [}^\circ\text{C]} = \frac{V * 1024}{5} - 50$$

Ecuacion 5. 4 Fórmula de cálculo de temperatura con termocupla tipo K

FUENTE: Datasheet termocupla tipo K

Donde:

- **T=** Temperatura, en grados Celsius [°C]
- **V =** Voltaje, en voltios [V]

En la Figura 5.29 se puede apreciar el diagrama de bloques para la obtención de temperatura con el AD595

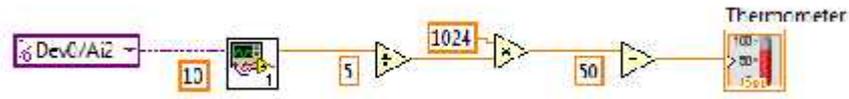


Figura 5. 29 Diagrama de bloque termocupla tipo K

FUENTE Propia

TIEMPO DE MUESTREO

$$F_s = \frac{1}{T}$$

Ecuacion 5. 5 Frecuencia de muestreo

FUENTE: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/cap5lecc8.htm>

Al realizar las pruebas de funcionamiento se pudo observar que la termocupla no presenta muchos cambios o variaciones significativas en función del tiempo como se muestra en la Figura 5.30, por tal motivo se determinó que la frecuencia de muestreo debe ser de 1 muestra por segundo

$$F_{stermo} = \frac{1}{s}$$



Figura 5. 30 Grafica Temperatura vs Tiempo gases de escape

FUENTE Propia

5.5.7.3. SENSOR DE REVOLUCIÓN

El sensor de revoluciones no necesita de ningún tipo de acondicionamiento. Los datos de este sensor son registrados directamente del sensor del motor. La lectura de datos se realiza por medio de la frecuencia como se puede apreciar el diagrama de bloques de la Figura 5.31

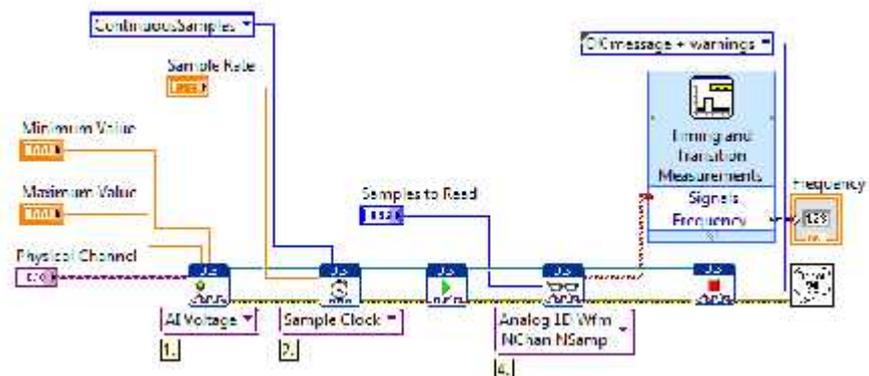


Figura 5. 31 Diagrama de bloque para obtención de frecuencia

FUENTE Propia

TIEMPO DE MUESTREO

$$F_s = \frac{1}{T}$$

Ecuacion 5. 6 Frecuencia de muestreo

FUENTE: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/cap5lecc8.htm>

Debido a que las revoluciones sufren una variación considerable durante las pruebas el periodo de muestreo se determinó de la siguiente manera:

- El valor máximo para realizar las pruebas se determinó que es 4000 RPM, por tanto :

$$\text{Revoluciones} = \frac{4000}{\text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$$

$$\text{Revoluciones} = \frac{67 \text{ rev}}{\text{s}}$$

- El valor máximo que puede realizar el motor en funcionamiento es de 67 rev/s, con lo que se concluye que el tiempo de muestreo debe ser mayor para poder obtener un valor exacto, por tanto :

$$F_{sRPM} = \frac{100}{\text{s}}$$

5.5.7.4. SENSOR DE FUERZA

Se trata de una resistencia/resistor que cambia su valor en Ohm, dependiendo de cuánta presión se le aplique a la terminal sensitiva. Cuando el sensor se encuentra en estado normal, por lo general tiene más de 1 MOhm como resistencia, y al momento de aplicar fuerza la resistencia interna disminuye. Es necesario indicar que nuestra FSR se comporta distinto dependiendo de qué resistencia usemos para polarizarla. Para acondicionar el sensor se utilizó un puente de Bristol con resistencias de 10 kOhm ya que con esta podemos ver mucho mejor la variación de los datos que el LabView va a leer.

TIEMPO DE MUESTREO

$$F_s = \frac{1}{T}$$

Ecuacion 5. 7 Frecuencia de muestreo

FUENTE: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/cap5lecc8.htm>

El sensor de fuerza sufre los mismos cambios que el de revoluciones, por lo que se recomienda usar el mismo valor de muestreo.

$$F_{s\text{ fuerza}} = \frac{100}{s}$$

5.5.7.5. SENSOR DE CAUDAL DE COMBUSTIBLE

El sensor de caudal no necesita de ningún tipo de acondicionamiento. Para realizar el cálculo de flujo combustible se utiliza la siguiente expresión matemática

$$Q = \frac{f * 60}{5.5}$$

Ecuacion 5. 8 Fórmula de cálculo de caudal de combustible

FUENTE: Datasheet sensor de combustible POW110D3B

Donde:

- Q = Caudal, en litros por hora [l/h]
- f = frecuencia

La lectura de datos se puede apreciar en el siguiente diagrama de bloques de la Figura 5.32:

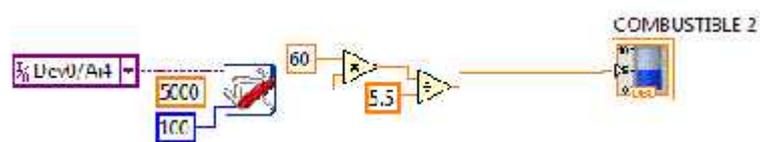


Figura 5. 32 Diagrama de bloque del sensor de caudal

FUENTE Propia

5.6. VENTANA SECUNDARIA DE OBTENCIÓN DE FUERZA Y TEMPERATURA

La ventana principal del software de adquisición de curvas en tiempo real necesita de dos subVI's los cuales son llamados desde el programa principal, en esta sección se describirá uno de los subVI's el cual es el encargado de la lectura de los fenómenos físicos como fuerza y temperatura el cual consta de dos partes principales:

Ñ Front Panel

Ñ Block Diagram

5.6.1. FRONT PANEL DE LA VENTANA SECUNDARIA

El Panel Frontal es la interfaz con el usuario, la utilizamos para interactuar con el usuario cuando el programa se está ejecutando. Los usuarios podrán observar los datos del programa actualizados en tiempo real. En esta interfaz se definen los controles que usamos como entradas en este caso la fuerza y temperatura, estos no son mostrados directamente en la pantalla principal sino que son llamados de manera indirecta.

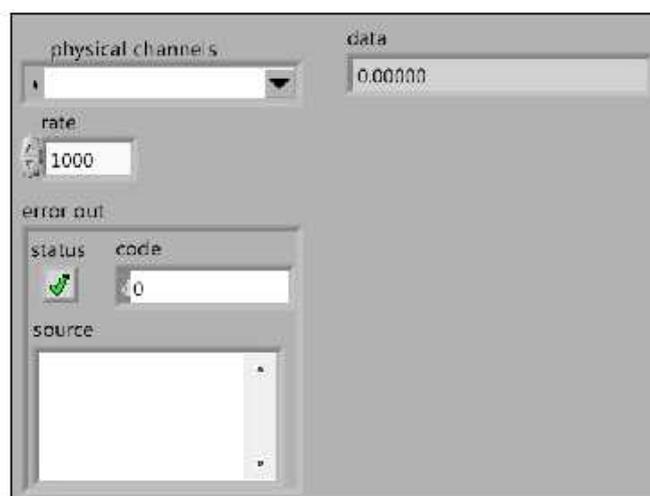


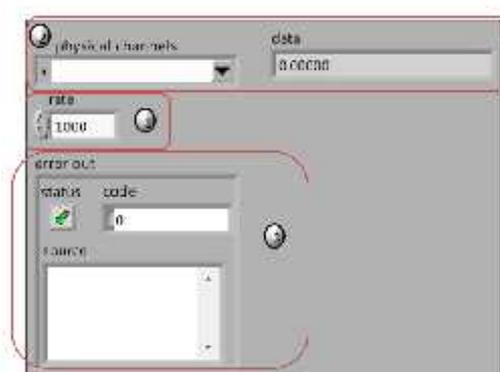
Figura 5. 33 Front Panel de la ventana secundaria

FUENTE Propia

5.6.1.1. PARTES DEL FRONT PANEL SECUNDARIO

El front panel cuenta con los siguientes indicadores:

- Ñ Indicadores Numeric.- Para la introducción y visualización de cantidades numéricas.
- Ñ Cuadro de texto.- Permite ingresar valores numéricos o visualización de un texto.
- Ñ Error de salida.- Indica si se produce algún tipo de error durante la ejecución del programa.



1. Indicadores Numeric
2. Cuadro de texto
3. Cuadro de error

Figura 5. 34 Partes del Front Panel de la ventana secundaria

FUENTE Propia

5.6.2. DIAGRAMA DE BLOQUE SECUNDARIO

El diagrama de bloques constituye el código fuente del subVI. En el diagrama de bloques es donde se realiza la implementación del programa del subVI para controlar o realizar cualquier procesamiento de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal. En este diagrama de bloques es donde se lee las entradas directamente desde cada canal de la tarjeta de adquisición de datos USB-1408FS. Los controles e indicadores que se colocaron

previamente en el Panel Frontal, se materializan en el diagrama de bloques mediante los terminales. A continuación se presenta el diagrama de bloque del proyecto:

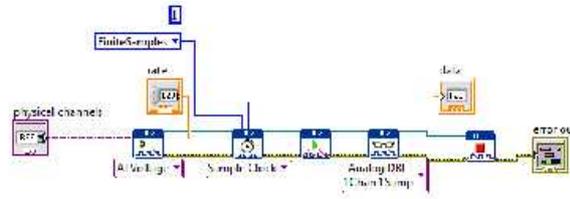


Figura 5. 35 Diagrama de bloques de la ventana secundaria

FUENTE Propia

5.6.3. DESCRIPCIÓN DE LA LIBRERÍA

La tarjeta de adquisición de datos USB-1408FS, cuenta con su propia librería la cual se utiliza para realizar la adquisición de datos a continuación se detalla los componentes y sus respectivas funciones:

- **ULx Create Virtual Channel** - Crea uno o más canales virtuales y añade el canal (es) a una tarea.

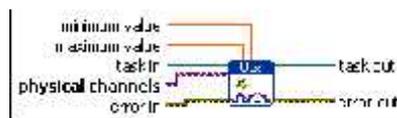


Figura 5. 36 ULx Create Virtual Channel

FUENTE: Librería DAQ USB-1408FS

- **ULx Read.-** Lee muestras de la tarea.

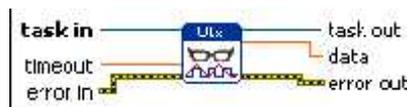


Figura 5. 37 ULx Read

FUENTE: Librería DAQ USB-1408FS

- **ULx Write.-** Escribe muestras a los canales virtuales que se especifiquen.

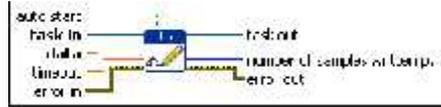


Figura 5. 38 ULx Write

FUENTE: Librería DAQ USB-1408FS

- **ULx Timing.-** Configura el número de muestras para adquirir o generar, y crea un búfer cuando sea necesario.

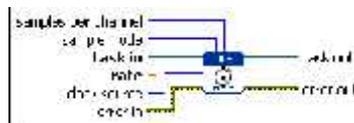


Figura 5. 39 ULx Timing

FUENTE: Librería DAQ USB-1408FS

- **ULx Trigger.-** Configura las opciones de disparo para la tarea.



Figura 5. 40 ULx Trigger

FUENTE: Librería DAQ USB-1408FS

- **ULx Start Task.-**Transiciones de la tarea a un estado de ejecución para iniciar la medición o generación.



Figura 5. 41 ULx Start Task

FUENTE: Librería DAQ USB-1408FS

- **ULx Stop Task.-** Detiene la tarea y lo devuelve al estado en que se encontraba antes de la realización del análisis.



Figura 5. 42 ULx Stop Task

FUENTE: Librería DAQ USB-1408FS

- **ULx Clear Task.-** Borra la tarea y libera todos los recursos de la tarea reservados.



Figura 5. 43 ULx Clear Task

FUENTE: Librería DAQ USB-1408FS

- **ULx Wait Until Done.-** Espera a que la medición o generación se complete antes de que se detenga la tarea.

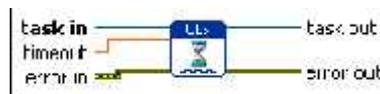


Figura 5. 44 ULx Wait Until Done

FUENTE: Librería DAQ USB-1408FS

- **ULx Is Task Done.-** Pregunta el estado de una tarea, e indica si la tarea se ha completado.



Figura 5. 45 ULx Is Task Done

FUENTE: Librería DAQ USB-1408FS

5.6.4. EJECUCIÓN DEL VI SECUNDARIO

Para iniciar se debe abrir el programa y esperar que carguen todos los controladores, para iniciar la ejecución del programa se debe únicamente se debe dar clic en el botón run y el programa de manera automática empieza a registrar los valores en tiempo real.

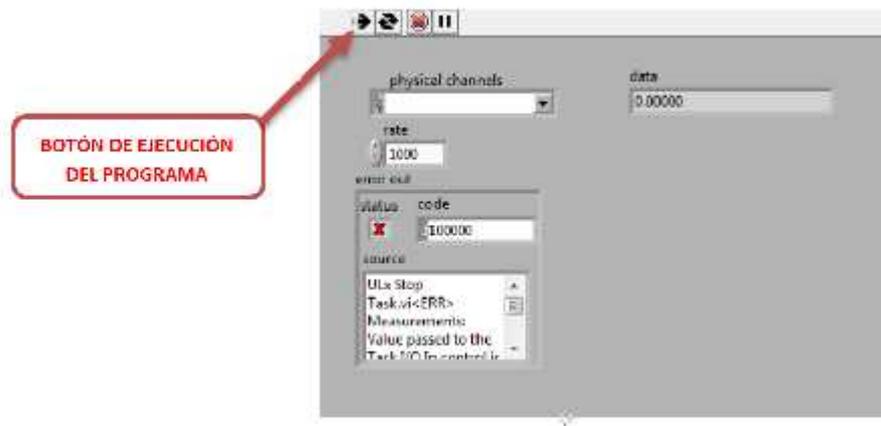


Figura 5. 46 Ejecución del VI secundario

FUENTE Propia

Una vez ejecutado el programa los datos empiezan a mostrarse de manera numérica en los cuadros de texto, para su utilización en el programa principal.

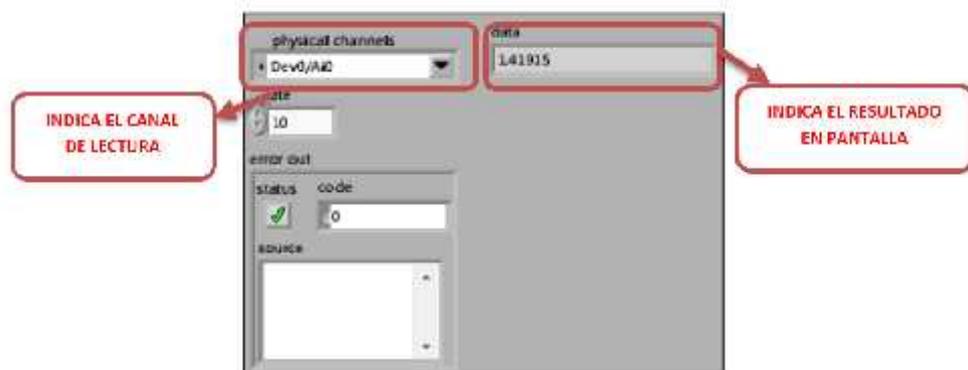


Figura 5. 47 Tabulación de datos con software

FUENTE Propia

5.6.5. FUNCIONAMIENTO DEL SUBVI MEDIANTE EL DIAGRAMA DE BLOQUES

El diagrama de bloques inicia su ejecución con la lectura de uno de los canales de la tarjeta de adquisición de datos, luego la variable que se desea medir en nuestro caso voltaje y finalmente se ingresa el rate y el número de samples que se desean para la lectura

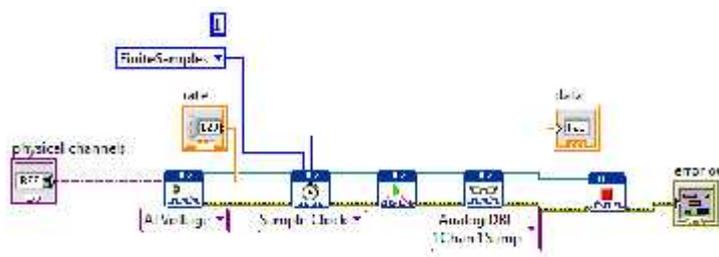


Figura 5. 48 Funcionamiento del subVI mediante diagrama de bloques

FUENTE Propia

5.7. VENTANA SECUNDARIA DE OBTENCIÓN DE FRECUENCIA

La ventana principal del software de adquisición de curvas en tiempo real necesita de dos subVI's los cuales son llamados desde el programa principal, en esta sección se describirá uno de los subVI's el cual es el encargado de la lectura de los fenómenos físicos caudal y RPM, cabe recalcar que para la lectura de estas dos variables se necesita únicamente el valor de la frecuencia que se produce y consta de dos partes:

- Ñ Front Panel
- Ñ Block Diagram

5.7.1. FRONT PANEL DE LA VENTANA SECUNDARIA

El Panel Frontal es la interfaz con el usuario, la utilizamos para interactuar con el usuario cuando el programa se está ejecutando. Los usuarios podrán observar los datos del programa actualizados en tiempo real. En esta interfaz se definen los controles que usamos como entradas para la lectura de frecuencia, estos no son mostrados directamente en la pantalla principal sino que son llamados de manera indirecta.

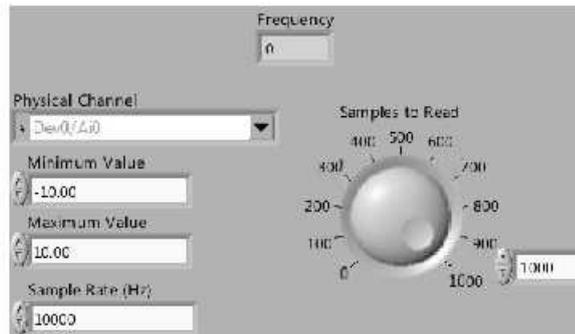


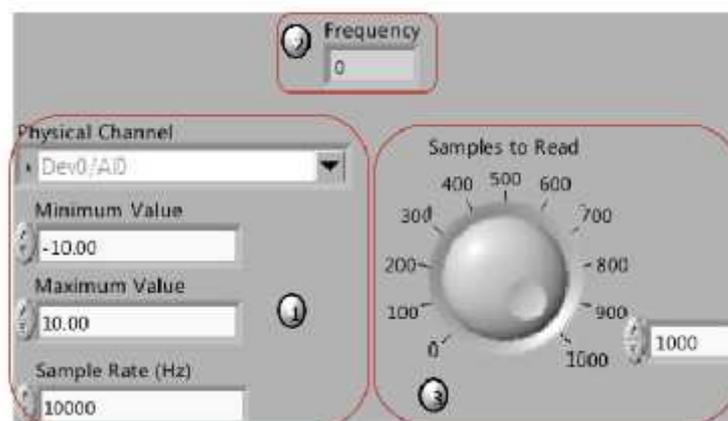
Figura 5. 49 Front Panel de la ventana secundaria

FUENTE Propia

5.7.1.1. PARTES DEL FRONT PANEL PRINCIPAL

El front panel cuenta con los siguientes indicadores:

- Ñ Indicadores Numeric.- Para la introducción y visualización de cantidades numéricas.
- Ñ Cuadro de texto.- Permite ingresar valores numéricos o visualización de un texto.
- Ñ Perrilla de control.- Especifica el intervalo de utilizar para el valor del control



1. Indicadores Numeric
2. Cuadro de texto
3. Perrilla de control

Figura 5. 50 Partes del Front Panel de la ventana secundaria

FUENTE Propia

5.7.2. DIAGRAMA DE BLOQUE SECUNDARIO

El diagrama de bloques constituye el código fuente del subVI. En el diagrama de bloques es donde se realiza la implementación del programa del subVI para controlar o realizar cualquier procesado de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal. En este diagrama de bloques es donde se lee las entradas directamente desde cada canal de la tarjeta de adquisición de datos USB-1408FS. Los controles e indicadores que se colocaron previamente en el Panel Frontal, se materializan en el diagrama de bloques mediante los terminales. A continuación se presenta el diagrama de bloque del proyecto:

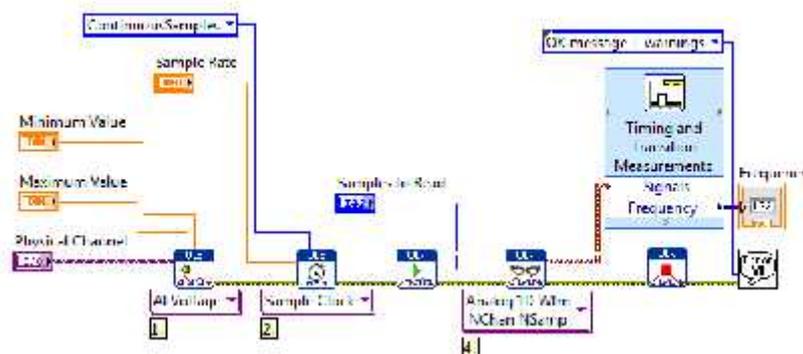


Figura 5. 51 Diagrama de bloques de la ventana secundaria

FUENTE Propia

5.7.3. DESCRIPCIÓN DE LA LIBRERÍA

La tarjeta de adquisición de datos USB-1408FS, cuenta con su propia librería la cual se utiliza para realizar la adquisición de datos a continuación se detalla los componentes y sus respectivas funciones:

La tarjeta de adquisición de datos USB-1408FS, cuenta con su propia librería la cual se utiliza para realizar la adquisición de datos a continuación se detalla los componentes y sus respectivas funciones:

- **ULx Create Virtual Channel** - Crea uno o más canales virtuales y añade el canal (es) a una tarea.

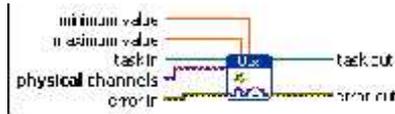


Figura 5. 52 ULx Create Virtual Channel

FUENTE: Librería DAQ USB-1408FS

- **ULx Read.-** Lee muestras de la tarea.

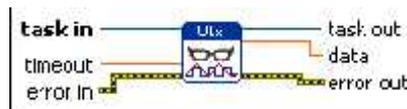


Figura 5. 53 ULx Read

FUENTE: Librería DAQ USB-1408FS

- **ULx Write.-** Escribe muestras a los canales virtuales que se especifiquen.

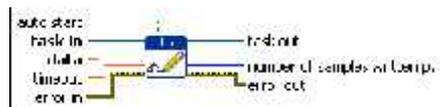


Figura 5. 54 ULx Write

FUENTE: Librería DAQ USB-1408FS

- **ULx Timing.-** Configura el número de muestras para adquirir o generar, y crea un búfer cuando sea necesario.

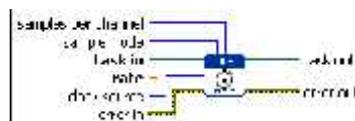


Figura 5. 55 5. 56 ULx Timing

FUENTE: Librería DAQ USB-1408FS

- **ULx Trigger.-** Configura las opciones de disparo para la tarea.



Figura 5. 57 ULx Trigger

FUENTE: Librería DAQ USB-1408FS

- **ULx Start Task.-**Transiciones de la tarea a un estado de ejecución para iniciar la medición o generación.



Figura 5. 58 ULx Start Task

FUENTE: Librería DAQ USB-1408FS

- **ULx Stop Task.-** Detiene la tarea y lo devuelve al estado en que se encontraba antes de la realización del análisis.

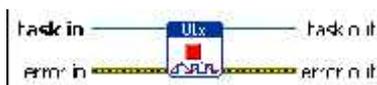


Figura 5. 59 ULx Stop Task

FUENTE: Librería DAQ USB-1408FS

- **ULx Clear Task.-** Borra la tarea y libera todos los recursos de la tarea reservados.



Figura 5. 60 ULx Clear Task

FUENTE: Librería DAQ USB-1408FS

- **ULx Wait Until Done.-** Espera a que la medición o generación se complete antes de que se detenga la tarea.



Figura 5. 61 ULx Wait Until Done

FUENTE: Librería DAQ USB-1408FS

- **ULx Is Task Done.-** Pregunta el estado de una tarea, e indica si la tarea se ha completado.

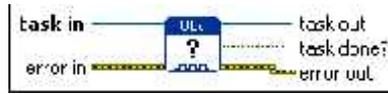


Figura 5. 62 ULx Is Task Done
FUENTE: Librería DAQ USB-1408FS

5.7.4. EJECUCIÓN DEL VI SECUNDARIO

Para iniciar se debe abrir el programa y esperar que carguen todos los controladores, para iniciar la ejecución del programa se debe únicamente se debe dar clic en el botón Run y el programa de manera automática empieza a registrar los valores en tiempo real.

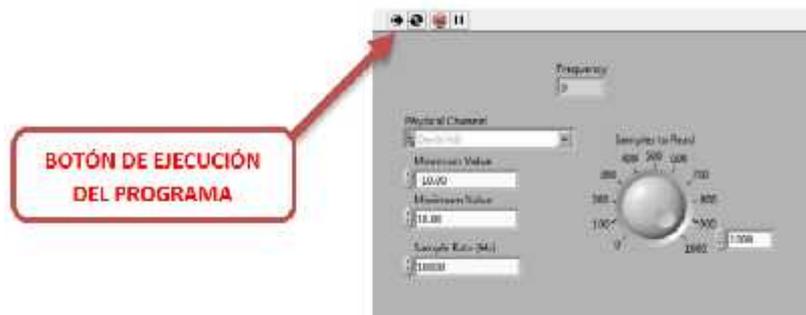


Figura 5. 63 Ejecución del VI secundario

FUENTE Propia

Una vez ejecutado el programa los datos empiezan a mostrarse de manera numérica en los cuadros de texto, para su utilización en el programa principal.

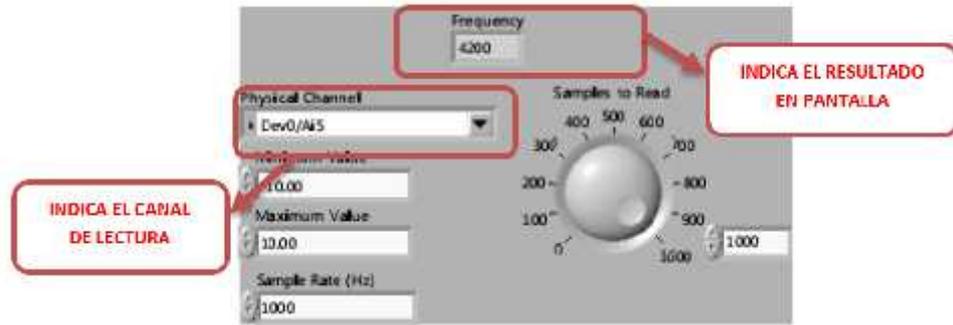


Figura 5. 64 Tabulación de datos con software

FUENTE Propia

5.7.5. FUNCIONAMIENTO DEL SUBVI MEDIANTE EL DIAGRAMA DE BLOQUES

El diagrama de bloques inicia su ejecución con la lectura de uno de los canales de la tarjeta de adquisición de datos, luego la variable que se desea medir en nuestro caso voltaje, se procese con el ingreso del rate y el número de samples que se desean para la lectura y finalmente un registrador de frecuencias el cual determina la frecuencia de cada sensor sea para RPM o caudal respectivamente.

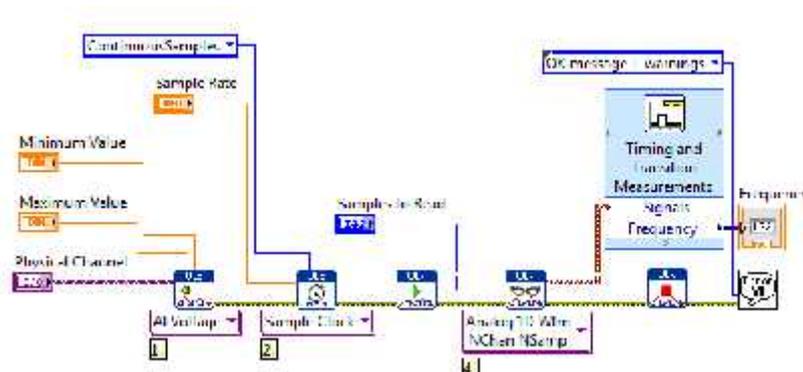


Figura 5. 65 Funcionamiento del subVI mediante diagrama de bloques

FUENTE Propia

CAPITULO 6

6. CÁLCULOS Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS

6.1. CALCULO DE FACTORES QUE INFLUYEN EN EL TRABAJO DEL MOTOR

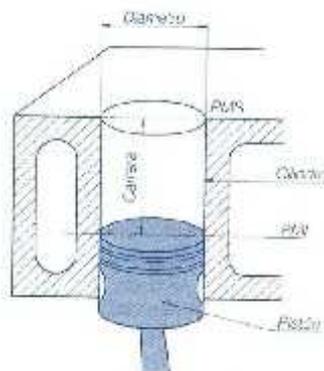


Figura 6. 1 Elementos de un cilindro

FUENTE: Biblioteca automotriz Autodata 2005, Autor

Los factores que influyen en el trabajo del motor, son todos aquellos que tienen incidencia directa en el rendimiento. Estos factores son los siguientes:

- Ñ La cilindrada.
- Ñ La relación de compresión.
- Ñ La velocidad de rotación del motor.
- Ñ La velocidad de émbolo.
- Ñ La relación carrera / diámetro.
- Ñ Caudal de combustible hacia los inyectores

6.1.1. LA CILINDRADA

La cilindrada es la suma de los volúmenes que el desplazamiento de los émbolos origina en el interior de los cilindros. La cilindrada unitaria es el volumen interior de un cilindro sin contar la cámara de compresión.

El volumen de cilindro se calcula por la fórmula:

$$Vh = \frac{\pi * D^2 * S}{4}$$

Ecuacion 6. 1 Fórmula de cálculo del volumen de un cilindro

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

Donde:

- Ñ **Vuh** = Volumen del cilindro
- Ñ **π** = Letra griega pi (su valor aproximado es 3, 1416)
- Ñ **D** = Diámetro del cilindro
- Ñ **S** = Carrera del cilindro

El volumen **Vh** vendrá dado en la misma unidad (elevada al cubo) en que se hayan expresado el diámetro (**D**) y la carrera (**S**).

Aunque el milímetro (mm) es la unidad de longitud más empleada en mecánica, para expresar las cilindradas se emplea el centímetro (cm) o el decímetro (dm), es decir, en cm³ o en dm³ (un dm³ es lo mismo que un litro). Por lo que, para los cálculos, hay que expresar el diámetro y la carrera en cm o en dm.

Para saber la cilindrada total bastará con multiplicar el volumen de un cilindro, obtenido con la fórmula anterior por el número total de cilindros.

La fórmula empleada es:

$$VH = Vh * i$$

Ecuacion 6. 2 Fórmula de cálculo para la cilindrada total

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

Donde:

Ñ **VH** = Cilindrada total

Ñ **Vh** = Cilindrada unitaria

Ñ **i** = Número de cilindros que posee el motor

La cilindrada total es un dato que, redondeado, muchas marcas añaden a la denominación de sus modelos.

Una vez conocido esto, se procede con el cálculo de la cilindrada del motor LADA con los datos siguientes:

Ñ **D** = 78 mm = 7,8 cm

Ñ **S** = 80 mm = 9,0 cm

Por lo tanto, la cilindrada unitaria será:

$$Vh = \frac{\pi * D^2 * S}{4}$$

$$Vh = \frac{3.1416 * 7.8^2 * 9}{4}$$

$$Vh = 430.0536 \text{ cm}^3$$

Ahora se multiplicara la cilindrada unitaria por el número de cilindros para conocer la cilindrada total del vehículo.

$$VH = Vh * i$$

$$VH = 430.0536 * 4$$

$$VH = 1720.2144 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto, redondeando, se dirá que este motor es de 1.7 litros o 1700 c.c.

6.1.2. LA RELACIÓN DE COMPRESIÓN

El volumen total del cilindro incluye, además de la cilindrada unitaria, el espacio ocupado por la cámara de compresión. La relación de compresión es el índice que expresa el número de veces que el volumen de la cámara de compresión está contenido en el volumen total del cilindro.

Si Vh es el volumen del cilindro (cilindrada unitaria) y Vc es el volumen de la cámara de compresión, el volumen total del cilindro será la suma de ambos, es decir. $Vh + Vc$.

La fórmula para calcular la relación de compresión es la siguiente:

$$\xi = \frac{Vh + Vc}{Vc}$$

Ecuacion 6. 3 Fórmula de cálculo de la relación de compresión

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

Donde:

\tilde{N} = Relación de compresión

$\tilde{N} V_c$ = Volumen del cilindro

$\tilde{N} V_h$ = Volumen de la cámara de compresión.

Se trata, por tanto, del cociente resultante de dividir el volumen total del cilindro ($V_h + V_c$) para el volumen de la cámara de compresión (V_c). La relación de compresión se expresa, como se verá, sin unidades, puesto que se trata de una relación entre dos unidades de la misma especie. Cuando los gases se comprimen aumentan su temperatura. Este aumento de temperatura da lugar a una dilatación de los gases. Al no poderse dilatar, por estar encerrados, aumenta su presión, que se suma a la producida por el proceso de la compresión, de forma que, cuando el émbolo llega al PMS, la presión en la cámara es muy superior al número que expresa la relación de compresión.

Las relaciones se expresan con un signo de dos puntos (:) entre los dos valores de relación, siendo uno de ellos siempre 1. Así ocurre también en las relaciones de compresión. Al tratarse de un aumento, se representarían como : 1, es decir, que el volumen total del cilindro ($V_h + V_c$) es veces mayor que el volumen de la cámara de compresión (V_c). Los datos obtenidos, una vez realizada la medición de la cámara de compresión y el cálculo de la cilindrada son los siguientes:

$$V_c = 51 \text{ cm}^3$$

$$V_h = 430.0536 \text{ cm}^3$$

Para nuestro caso en particular, la relación de compresión será:

$$\xi = \frac{V_h + V_c}{V_c}$$

$$\xi = \frac{430.0536 + 51}{51}$$

$$\xi = \frac{481.0536}{51}$$

$$\xi = 9.4324$$

Esta relación de compresión se encuentra dentro de los rangos normales de los motores de gasolina, ya que oscilan mayoritariamente entre 7,5:1 y 12:1.

6.1.3. LA VELOCIDAD DE ROTACIÓN DEL MOTOR

En mecánica, una revolución o giro es una vuelta completa del eje o cigüeñal. La velocidad de rotación (o de giro) del motor viene determinada por el número de revoluciones por minuto (RPM) es decir, la cantidad de vueltas que da el cigüeñal en un minuto. Se sabe que la potencia de un motor es el trabajo que realiza por unidad de tiempo, siendo dicho trabajo consecuencia de la cantidad de ciclos del motor. Para una misma cilindrada, quemará mayor cantidad de combustible y tendrá mayor potencia el motor que gire más deprisa, es decir, el que haga más ciclos. Por lo tanto:

- Ñ Para una misma cilindrada, a mayor velocidad de giro mayor potencia.
- Ñ Para una misma velocidad de giro, a mayor cilindrada mayor potencia.

Por tanto, para conseguir motores más potentes hay dos recursos: aumentar la cilindrada o aumentar la velocidad de rotación del motor. La cantidad de RPM de un motor está limitada por la velocidad media máxima que puede alcanzar el émbolo y por los tiempos disponibles para realizar la admisión y la combustión, principalmente.

6.1.4. LA VELOCIDAD DE ÉMBOLO

El movimiento del émbolo no es uniforme. Cuando el émbolo llega al PMS se detiene para cambiar el sentido de su movimiento, por lo que en este punto su velocidad es nula, a medida que baja va aumentando la velocidad, y poco antes de llegar al centro de su carrera alcanza la velocidad máxima, que va disminuyendo para volver a ser nula en el PMI. La velocidad media del émbolo, para una determinada cantidad de r.p.m. del motor, se halla mediante la fórmula:

$$V_m = \frac{n * 2 * S}{60}$$

Ecuacion 6. 4 Fórmula de cálculo de la velocidad media del émbolo

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

Donde:

Ñ **V_m** = Velocidad media del émbolo, [m/s]

Ñ **n** = Velocidad de rotación del motor, [RPM]

Ñ **S** = Carrera del émbolo, [m]

La velocidad de rotación se divide por los 60 segundos que tiene un minuto (s/min), ya que hay que pasar los minutos a segundos. Así se convertirán las r/min en r/s (revoluciones por segundo).

Debido a que el movimiento completo del émbolo en cada vuelta del cigüeñal incluye dos carreras, una de subida y otra de bajada, se debe multiplicar por dos. El resultado se expresa en metros por vuelta a revolución (m/r).

Este dato define en buena medida las condiciones de funcionamiento de las principales piezas del motor y de su rendimiento mecánico. Para el caso de nuestro motor LADA tenemos las siguientes velocidades medias:

Datos:

$$\text{Ñ } S = 90 \text{ mm} = 0,09 \text{ m}$$

$$\text{Ñ } n_{\text{max}} = 4000 \text{ r.p.m.}$$

$$V_m = \frac{n * 2 * S}{60}$$

$$V_m = \frac{4000 * 2 * 0.09}{60}$$

$$V_m = 12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Las velocidades medias superiores a unos 13 o 14 m/s pueden ser peligrosas para la integridad del motor, ya que aumentarían mucho los rozamientos y las fuerzas de inercia. El rozamiento del émbolo con el cilindro es uno de los factores principales de las pérdidas de potencia del motor.

6.1.5. LA RELACIÓN DIÁMETRO/CARRERA

Una de las causas que más influyen en el máximo número de r.p.m. a alcanzar en un motor, es la relación existente entre el diámetro de los émbolos y la longitud de la carrera. Una misma cilindrada unitaria se puede conseguir con un mayor diámetro del cilindro y una carrera más corta (menor radio del brazo del cigüeñal), o al revés, con una carrera más larga y un diámetro menor.

Para un mismo número de RPM, cuando al final de la explosión se abre la válvula de escape, los gases de la combustión aún están muy calientes y, por lo tanto, de poder bajar más el émbolo, continuarían empujándolo aprovechando más el calor producido por el combustible. Esto es lo que sucede en los émbolos de carrera larga, y da lugar a un mejor rendimiento térmico. Sin embargo, para no sobrepasar la velocidad máxima admisible del émbolo, el régimen de giro ha de ser menor. Los rozamientos entre el cilindro y el émbolo son mayores. Por durar más la carrera, tiene una mayor pérdida de calor a través de las paredes del cilindro. La cámara de compresión resulta más estrecha debido al menor diámetro del émbolo, y dificulta la situación y el tamaño de las válvulas. El brazo del cigüeñal, cuya longitud (radio de giro) es igual a la mitad de la carrera, ha de ser más largo, lo que se traduce en un aumento de las fuerzas centrífugas ocasionadas por la muñequilla y la parte de la biela que va articulada en ella. Estas fuerzas centrífugas tienden a expansionar las masas sometidas a ellas y dan lugar a un aumento de los esfuerzos en los cojinetes de giro del cigüeñal.

En los motores que tienen la carrera menor que el diámetro, el rendimiento térmico es menor pero todos los efectos negativos que acumula el de carrera larga son mejorados en él. Estos se suelen llamar súper cuadrados.

Los motores que tienen el diámetro del émbolo igual a la carrera, reciben el nombre de cuadrados.

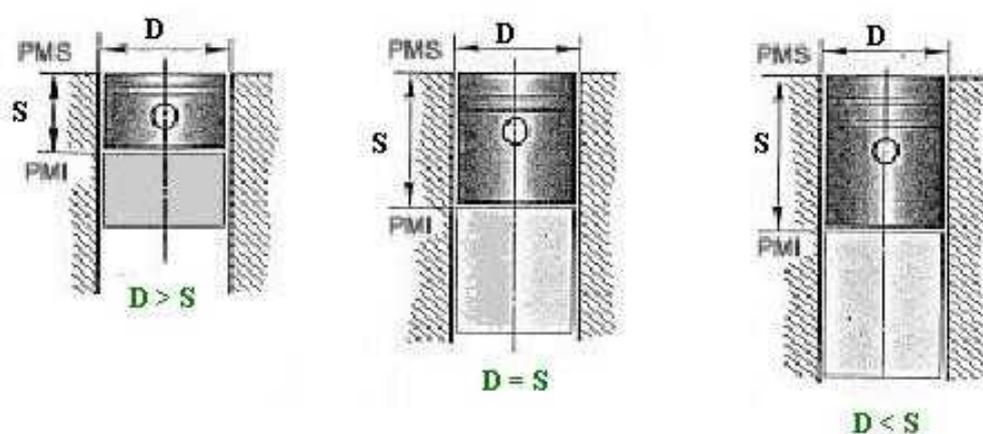


Figura 6. 2 Relación Diámetro/Carrera

FUENTE: Biblioteca automotriz Autodata 2005, Autor

La tendencia actual en los motores de vehículos de turismo es hacerlos ligeramente súper cuadrados. En nuestro caso, tenemos que $S = 90 \text{ mm}$, y $D = 78 \text{ mm}$; $S > D$; por lo tanto apreciamos que la relación diámetro carrera (D/S) es igual a 0.9, muy cercana a 1; con lo que concluiremos que tiende a ser un motor cuadrado.

6.1.6. CAUDAL DE COMBUSTIBLE DE LOS INYECTORES

Para el cálculo teórico de consumo de combustible en inyección electrónica nos basaremos en fundamentos de hidráulica. Comenzaremos calculando el caudal que es expulsado por cada inyector al momento de la

inyección. Para esto, primero se necesita conocer la velocidad de descarga. La **figura 1.21** representa el interior de un inyector; el cual nos ayudará para el cálculo de la velocidad de descarga.

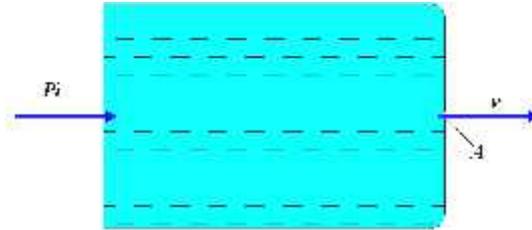


Figura 6. 3 Esquema para el cálculo de la velocidad de descarga de un inyector

FUENTE: Biblioteca automotriz Autodata 2005, Autor

La ecuación que se empleara para determinar la velocidad de descarga de un inyector será:

$$v = \phi \sqrt{2 \frac{P_i}{\rho}}$$

Ecuacion 6. 5 Fórmula de cálculo de la velocidad de descarga

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

Donde:

Ñ v = Velocidad de descarga

Ñ ϕ = Coeficiente de fricción del líquido

Ñ P_i = Presión interior (presión regulada en el riel de inyección)

Ñ ρ = Densidad del líquido.

Los datos que tenemos los transformaremos a un solo sistema de unidades, de la siguiente manera:

Ñ $P_i = 350 \text{ Mpa} = 350000000 \frac{\text{Kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$

$$\dot{N} \quad \phi = 0.82$$

$$\dot{N} \quad P_i = 0.86 \frac{Kg}{dm^3} * \frac{dm^3}{0.001m^3} = 860 \frac{Kg}{m^3}$$

Ahora, se reemplazara estos datos en la **Ecuación 6.5**, y obtendremos:

$$v = \phi \sqrt{2 \frac{P_i}{\rho}}$$

$$v = 0.82 \sqrt{2 \frac{350000000 \frac{Kg}{m * s^2}}{860 \frac{Kg}{m^3}}}$$

$$v = 0.82 * 902.1937 \frac{m}{s}$$

$$v = 739.79 \frac{m}{s}$$

Se tiene que la velocidad con la que descarga combustible un inyector en el colector de admisión es de 739,79 m/s. Para el cálculo del caudal emplearemos la siguiente fórmula:

$$Q = v * A$$

Ecuacion 6. 6 Fórmula de cálculo del caudal

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

Donde:

$\dot{N} \quad Q =$ Caudal

$\dot{N} \quad v =$ Velocidad de descarga del líquido

$\dot{N} \quad A =$ Área del orificio.

Los datos deben estar en las mismas unidades. En este caso, el diámetro uno de los orificios de un inyector, será transformado de milímetros a metros.

$$d = 0.05mm$$

$$d = 0.05mm * \frac{1m}{100mm}$$

$$d = 0.00005 m$$

Con este dato, se puede calcular el área de un orificio del inyector, con la fórmula:

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

Ecuacion 6. 7 Fórmula de cálculo del área
FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

Donde:

Ñ **A** = Área del orificio

Ñ **d** = Diámetro del orificio

Reemplazando los datos obtenidos, tenemos:

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi * 0.00005^2}{4}$$

$$A = 1.963 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2$$

Cabe recalcar que este valor representa el área de un solo orificio del inyector, pero cada uno de los inyectores posee 4 orificios, así que para obtener el área total de los orificios de un inyector hay que multiplicarlo por 4.

$$A_t = A \cdot \# \text{orificios}$$

$$A_t = (1.963 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2) \cdot 4$$

$$A_t = 7.853 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2$$

Esto quiere decir el total de área de inyección para la evacuación de combustible es de apenas $7,853 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2$; que sin embargo es suficiente para cumplir con el trabajo solicitado por el motor.

Ahora obtenida el área total de los orificios y la velocidad de descarga, se procede a calcular el caudal suministrado por cada inyector, con la ayuda de la **Ecuación 6.6**.

$$Q = v \cdot A$$

$$Q = 739.79 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 7.853 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2$$

$$Q = 5.810 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q = 5.810 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \frac{10 \text{ dm}^3}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ l}}{1 \text{ dm}^3}$$

$$Q = 5.810 \frac{\text{ml}}{\text{s}}$$

Este resultado refleja la cantidad de combustible que suministra un inyector en un determinado tiempo; en este caso son 5,810 ml/s.

Ahora, se debe determinar un número de revoluciones a las que trabaja el motor y el dato de tiempo de inyección, que serán obtenidos con el escáner CARMAN SCAN VG con el motor en funcionamiento. Los datos que se obtiene son los siguientes:

Ñ **Régimen de giro del motor:** 900 r.p.m.

Ñ **Tiempo de inyección (ti):** 1,6 ms.

Debido a que en una revolución del cigüeñal, el sistema envía pulsos de inyección para dos inyectores, debemos conocer el tiempo en que permanecen abiertos; entonces se debe multiplicar el tiempo de inyección por el número de inyectores:

$$ti_{1ciclo} = ti \cdot \#inyectores$$

Ecuacion 6. 8 Fórmula de cálculo del tiempo de inyección

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

$$ti_{1ciclo} = 1.6 \text{ ms} \cdot 2$$

$$ti_{1ciclo} = 3.2 \text{ ms}$$

Por lo tanto, el tiempo de inyección en 1 revolución, será:

$$3.2 \text{ ms} = 3.2 \cdot 10^3 \frac{\text{s}}{\text{rev}}$$

Ahora, para conocer el tiempo que permanecen abiertos los inyectores a la velocidad de 900 RPM, sólo se debe multiplicar el tiempo de inyección en 1 revolución por el número de revoluciones deseado (900 RPM).

$$t_i = 3.2 \cdot 10^3 \frac{s}{rev} \cdot 900 rev$$

$$t_i = 2.88s$$

Entonces, en 1 minuto, girando el motor a 900 RPM, los inyectores han permanecido abiertos un tiempo de apenas 2,88 s. Conocido este valor, se procede a calcular el volumen de combustible consumido por el motor a 900 RPM.

$$V = Q \cdot t_i$$

Ecuación 6. 9 Fórmula de cálculo del volumen de combustible consumido

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

Donde:

Ñ **V** = volumen de combustible consumido

Ñ **Q** = caudal enviado por los inyectores

Ñ **t_i** = tiempo que éstos permanecen abiertos.

Entonces, se reemplaza los valores en la **Ecuación 6.9**, se tiene:

$$V = Q \cdot t_i$$

$$V = 5.810 \frac{ml}{s} \cdot 2.88s$$

$$V = 16.732 \text{ ml}$$

6.1.7. TORQUE

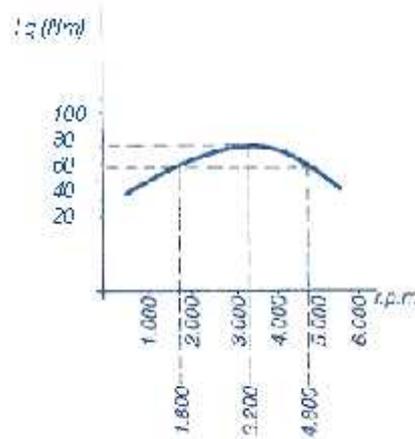


Figura 6. 4 Curva del Torque

FUENTE: Biblioteca automotriz Autodata 2005, Autor

El torque se define como el esfuerzo de giro sobre un eje originado por una fuerza exterior a él. Su valor es el producto de la fuerza por la longitud de la perpendicular (brazo) trazada desde el centro del eje a la dirección de la fuerza. La determinación del torque, la podemos hacer basarnos en la siguiente formula:

$$T = F \cdot r$$

Ecuacion 6. 10 Fórmula de cálculo del torque

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

Donde:

Ñ **T** = Torque [N.m]

Ñ **F** = Magnitud de la fuerza [N]

$\bar{N} \cdot r$ = Brazo de la fuerza (perpendicular a la línea de dirección) [m]

Si se van obteniendo los valores medios del torque para cada número de revoluciones y se van trasladando al diagrama donde las alturas sobre el eje vertical son expresadas en N.m y las distancias sobre el eje horizontal sean las revoluciones a las que se obtienen, uniendo todos los puntos hallados se llega a una curva con el aspecto al de la Figura 6.4

6.1.7.1. CALCULO DEL TORQUE EN EL MOTOR

DATOS:

$$\bar{N} \cdot r = 300 \text{ mm} = 0,3 \text{ m}$$

F1 =	220,00
F2 =	215,00
F3 =	210,00
F4 =	206,33
F5 =	200,00
F6 =	198,33
F7 =	193,33
F8 =	186,67
F9 =	183,33
F10 =	170,00
F11 =	150,00
F12 =	136,67
F13 =	100,00
F14 =	83,33
F15 =	60,00

$$T1 = F1 * r$$

$$T1 = 220 * 0.3$$

$$T1 = 66 \text{ N.m}$$

$$T6 = F6 * r$$

$$T6 = 198.33 * 0.3$$

$$T6 = 59.5 \text{ N.m}$$

$$T11 = F11 * r$$

$$T11 = 150 * 0.3$$

$$T11 = 45 \text{ N.m}$$

$$T2 = F2 * r$$

$$T2 = 215 * 0.3$$

$$T2 = 64.5 \text{ N.m}$$

$$T7 = F7 * r$$

$$T7 = 193.33 * 0.3$$

$$T7 = 58 \text{ N.m}$$

$$T12 = F12 * r$$

$$T12 = 136.67 * 0.3$$

$$T12 = 41 \text{ N.m}$$

$$T3 = F3 * r$$

$$T3 = 210 * 0.3$$

$$T3 = 63 \text{ N.m}$$

$$T8 = F8 * r$$

$$T8 = 186.67 * 0.3$$

$$T8 = 56 \text{ N.m}$$

$$T13 = F13 * r$$

$$T13 = 100 * 0.3$$

$$T13 = 30 \text{ N.m}$$

$$T4 = F4 * r$$

$$T4 = 206.33 * 0.3$$

$$T4 = 61.9 \text{ N.m}$$

$$T9 = F9 * r$$

$$T9 = 183.33 * 0.3$$

$$T9 = 55 \text{ N.m}$$

$$T14 = F14 * r$$

$$T14 = 83.33 * 0.3$$

$$T14 = 25 \text{ N.m}$$

$$T5 = F5 * r$$

$$T5 = 200 * 0.3$$

$$T5 = 60 \text{ N.m}$$

$$T10 = F10 * r$$

$$T10 = 170 * 0.3$$

$$T10 = 51 \text{ N.m}$$

$$T15 = F15 * r$$

$$T15 = 60 * 0.3$$

$$T15 = 18 \text{ N.m}$$

6.1.7.2. TABULACIÓN DE DATOS OBTENIDOS EN LABVIEW

Los resultados que se muestran en la Tabla 6.1 son los obtenidos experimentalmente durante la ejecución del programa para la obtención de la curva de torque en tiempo real

RPM	TORQUE [N.m]
1221,00	66,00
1450,20	64,50
1580,20	63,00
1850,00	61,90
2000,20	60,00
2231,10	59,50
2450,80	58,00
2621,20	56,00
2834,10	55,00
3021,50	51,00
3213,30	45,00
3413,90	41,00
3598,70	30,00
3878,30	25,00
4045,70	18,00

Tabla 6. 1 Datos obtenidos experimentalmente con LabView

FUENTE Propia

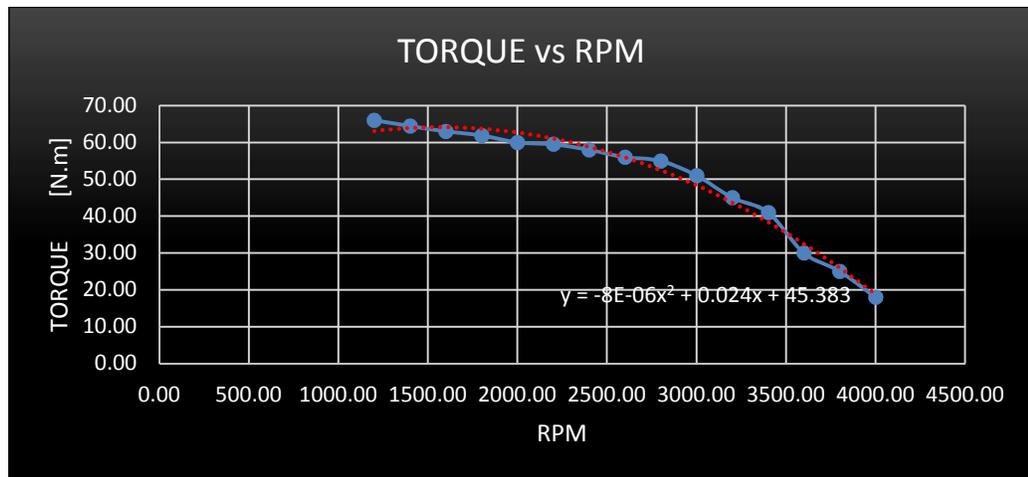


Figura 6. 6 Grafica de torque en Excel

FUENTE Propia

6.1.7.5. ANÁLISIS DE LA CURVA

Al comparar la curva obtenida mediante LabView y la curva linealizada en Excel se puede concluir que el software de obtención de curvas en tiempo real obtiene las gráficas de manera exacta.

Con los datos obtenidos al linealizar la curva se puede concluir que el torque máximo de 66 N.m es producido a las 1221 RPM, y a medida que aumentan las revoluciones del motor el torque disminuye.

Al realizar la comparación con la curva teórica se puede determinar que el motor produce los resultados esperados durante su prueba de funcionamiento

6.1.8. POTENCIA

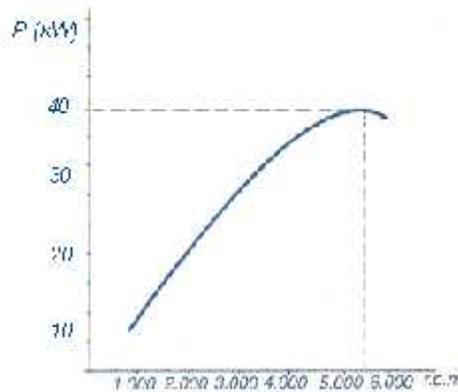


Figura 6. 7 Curva del Potencia

FUENTE: Biblioteca automotriz Autodata 2005, Autor

El torque se ha definido como el esfuerzo de giro que hace un motor. Este esfuerzo llega a las ruedas a través de los mecanismos de la transmisión y, venciendo las resistencias que opone al vehículo, lo hace moverse. Para un mismo valor de torque y una misma resistencia al avance del coche, cuantas más vueltas dé el cigüeñal, más velocidad alcanzará el vehículo. Esta combinación torque-revoluciones es la potencia. Según esto, la potencia vendrá expresada por la fórmula:

$$P = \frac{T \cdot n}{9.55}$$

Ecuacion 6. 11 Fórmula de cálculo de la potencia

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

Donde:

Ñ **T** = Torque [N.m]

Ñ **n** = Revoluciones por minuto [RPM]

La potencia vendrá expresada en kilovatios (kW). A continuación le recordaremos las equivalencias aproximadas de las unidades de potencia:

$$\tilde{N} \quad 1 \text{ kg.m/s} = 9.807 \text{ W} = 0,0133 \text{ CV}$$

$$\tilde{N} \quad 1 \text{ W} = 0,102 \text{ kg.m/s} = 0,00136 \text{ CV}$$

$$\tilde{N} \quad 1 \text{ CV} = 75 \text{ kg.m/s} = 735,5 \text{ W}$$

$$\tilde{N} \quad 1 \text{ HP} = 746 \text{ W}$$

Las variaciones de la potencia con el número de revoluciones se pueden representar mediante una curva en un diagrama de dos ejes; el vertical para la potencia y el horizontal para las RPM

6.1.8.1. CALCULO DE LA POTENCIA DE UN MOTOR

DATOS:

T1 =	66,0	n1 =	1221,00
T2 =	64,5	n2 =	1450,20
T3 =	63,0	n3 =	1580,20
T4 =	61,9	n4 =	1850,00
T5 =	60,0	n5 =	2000,20
T6 =	59,5	n6 =	2231,10
T7 =	58,0	n7 =	2450,80
T8 =	56,0	n8 =	2621,20
T9 =	55,0	n9 =	2834,10
T10 =	51,0	n10 =	3021,50
T11 =	45,0	n11 =	3213,30
T12 =	41,0	n12 =	3413,90
T13 =	30,0	n13 =	3598,70
T14 =	25,0	n14 =	3878,30
T15 =	18,0	n15 =	4045,70

$$P1 = \frac{T1 * n1}{9.55}$$

$$P1 = \frac{66 * 1200}{9.55}$$

$$P1 = 7.54 \text{ Kw}$$

$$P6 = \frac{T6 * n6}{9.55}$$

$$P6 = \frac{59.5 * 2200}{9.55}$$

$$P6 = 14.17 \text{ Kw}$$

$$P11 = \frac{T11 * n11}{9.55}$$

$$P11 = \frac{45 * 3200}{9.55}$$

$$P11 = 17 \text{ Kw}$$

$$P2 = \frac{T2 * n2}{9.55}$$

$$P2 = \frac{64.5 * 1400}{9.55}$$

$$P2 = 8.94 \text{ Kw}$$

$$P7 = \frac{T7 * n7}{9.55}$$

$$P7 = \frac{58 * 2400}{9.55}$$

$$P7 = 15.83 \text{ Kw}$$

$$P12 = \frac{T12 * n12}{9.55}$$

$$P12 = \frac{41 * 3400}{9.55}$$

$$P12 = 14.60 \text{ Kw}$$

$$P3 = \frac{T3 * n3}{9.55}$$

$$P3 = \frac{63 * 1600}{9.55}$$

$$P3 = 10.05 \text{ Kw}$$

$$P8 = \frac{T8 * n8}{9.55}$$

$$P8 = \frac{56 * 2600}{9.55}$$

$$P8 = 17.02 \text{ Kw}$$

$$P13 = \frac{T13 * n13}{9.55}$$

$$P13 = \frac{30 * 3600}{9.55}$$

$$P13 = 12 \text{ Kw}$$

$$P4 = \frac{T4 * n4}{9.55}$$

$$P4 = \frac{61.9 * 1800}{9.55}$$

$$P4 = 11.22 \text{ Kw}$$

$$P9 = \frac{T9 * n9}{9.55}$$

$$P9 = \frac{55 * 2800}{9.55}$$

$$P9 = 18.03 \text{ Kw}$$

$$P14 = \frac{T14 * n14}{9.55}$$

$$P14 = \frac{25 * 3800}{9.55}$$

$$P14 = 10 \text{ Kw}$$

$$P5 = \frac{T5 * n5}{9.55}$$

$$P5 = \frac{60 * 2000}{9.55}$$

$$P5 = 13 \text{ Kw}$$

$$P10 = \frac{T10 * n10}{9.55}$$

$$P10 = \frac{51 * 3000}{9.55}$$

$$P10 = 18.50 \text{ Kw}$$

$$P15 = \frac{T15 * n15}{9.55}$$

$$P15 = \frac{18 * 4000}{9.55}$$

$$P15 = 7.54 \text{ Kw}$$

6.1.8.2. TABULACIÓN DE DATOS OBTENIDOS EN LABVIEW

Los resultados que se muestran en la Tabla 6.2 son los obtenidos experimentalmente durante la ejecución del programa para la obtención de la curva de potencia en tiempo real.

RPM	POTENCIA [KW]
1221,00	7,54
1450,20	8,94
1580,20	10,05
1850,00	11,22
2000,20	13,00
2231,10	14,17
2450,80	15,83
2621,20	17,02
2834,10	18,03
3021,50	18,50
3213,30	17,00
3413,90	14,60
3598,70	12,00
3878,30	10,00
4045,70	7,54

Tabla 6. 2 Datos obtenidos experimentalmente con LabView

FUENTE Propia

6.1.8.3. GRAFICAS RESULTANTE EN LABVIEW

La grafica obtenida durante la ejecución del programa para la obtención de la curva de potencia es la que se muestra en la Figura 6.8 y es la que se obtiene del motor Lada en tiempo real

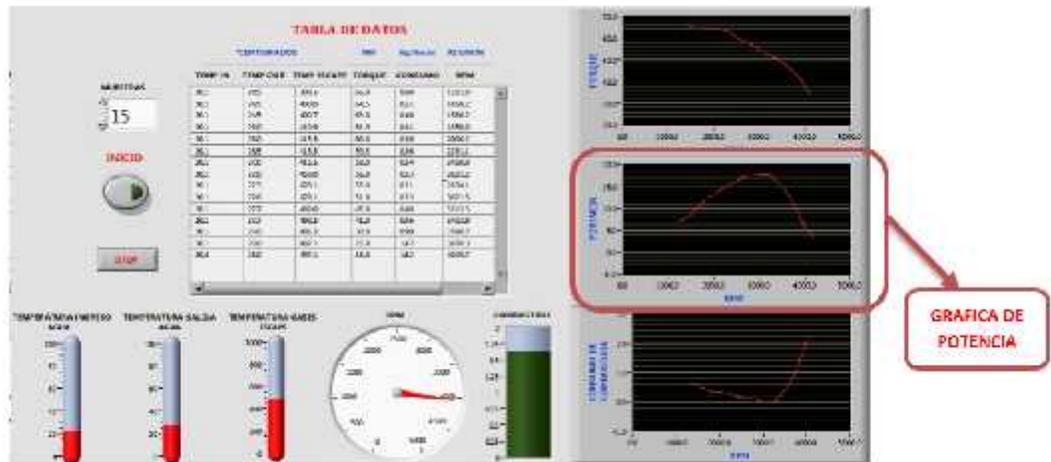


Figura 6. 8 Grafica de potencia en tiempo real con LabView

FUENTE Propia

6.1.8.4. GRAFICAS RESULTANTE EN EXCEL

ECUACION DE LA CURVA: $y = -5E-06x^2 + 0,027x - 19,599$

Los datos fueron tomados y validados en el programa Excel para obtener la forma de la curva y su respectiva ecuación, al comparar las curvas se puede concluir que la curva de Potencia es semejante a la curva teórica y el programa realiza las curvas de manera efectiva

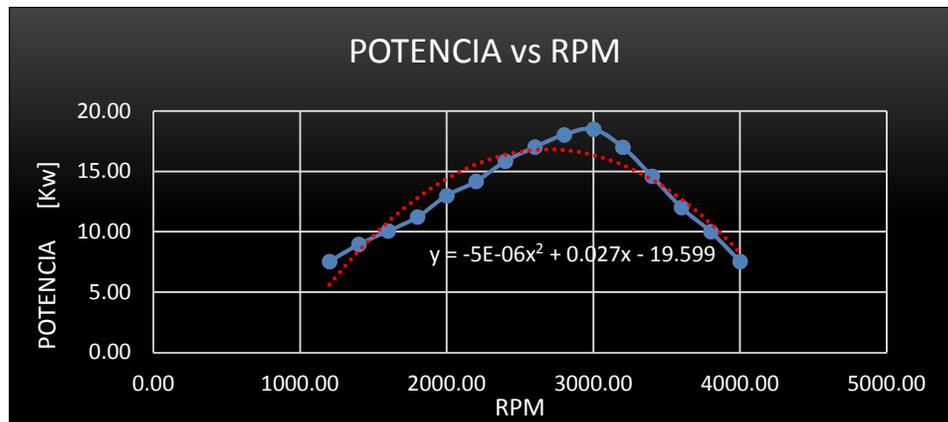


Figura 6. 9 Grafica de potencia en Excel

FUENTE Propia

6.1.8.5. ANÁLISIS DE LA CURVA

Al comparar la curva obtenida mediante LabView y la curva linealizada en Excel se puede concluir que el software de obtención de curvas en tiempo real obtiene las gráficas de manera exacta.

Con los datos obtenidos al linealizar la curva se puede concluir que la potencia del motor aumenta hasta un punto máximo que es de 18.50 KW a 3021.50 RPM, a partir de este punto la potencia disminuye mientras las revoluciones aumentan.

Al realizar la comparación con la curva teórica se puede determinar que el motor produce los resultados esperados durante su prueba de funcionamiento

6.1.9. CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE

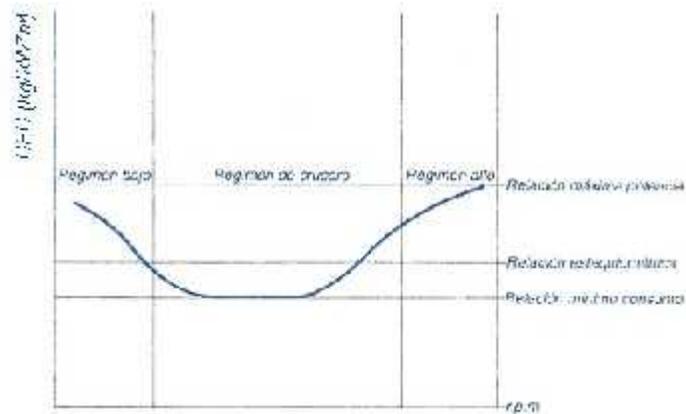


Figura 6. 10 Curva de consumo específico de combustible

FUENTE: Biblioteca automotriz Autodata 2005, Autor

Es la cantidad de combustible consumido por cada unidad de trabajo desarrollado por el motor. Se expresa en kg/kW*h (kilogramos por kilo vatio hora). La curva del consumo específico es la que completa el conjunto de las curvas características de un motor, estando también en relación con las r.p.m. Teóricamente, el consumo específico debería ser igual a cualquier número de revoluciones, siendo independiente de la cilindrada del motor. En la práctica esto no es así, sino que la riqueza de la mezcla varía según las necesidades del motor. A un bajo número de revoluciones, debido a la poca depresión que se origina en la admisión, el llenado del cilindro es menor, y los restos de gases de escape mayores. En este ambiente es necesario enriquecer la mezcla para aprovechar el aire, y como el trabajo producido es pequeño, el consumo específico es alto.

A velocidades de giro medias (velocidad de crucero del automóvil), la riqueza de la mezcla se puede reducir por debajo de la relación estequiométrica o teórica, ya que el motor trabaja en buenas condiciones con esfuerzos moderados. El consumo específico disminuye. A altas revoluciones, las explosiones se suceden con mucha rapidez, y pese a la refrigeración del motor, la temperatura en la cámara de combustión se eleva en exceso, pudiendo afectar a las piezas que trabajan en peor condición de refrigeración. Una mezcla rica arde con menor temperatura, protegiendo las piezas. Si a esto se añade que la relación aire-gasolina de máxima potencia es un poco superior a la teórica, no es de extrañar que se aumente la proporción de gasolina y el consumo específico se eleve en esta zona de la curva.

La determinación del consumo específico de combustible, la podemos hacer basarnos en la siguiente formula:

$$CEC = \frac{mc}{P}$$

Ecuacion 6. 12 Fórmula del consumo específico de combustible

FUENTE: CEAC, Manual del Automóvil 2003

Donde:

Ñ **CEC** = Consumo específico de combustible [kg/(kW/hr)]

Ñ **mc** = Consumo másico de combustible [kg/hr]

Ñ **P** = Potencia al freno [kW]

6.1.9.1. CÁLCULO DEL CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR

DATOS:

P1 =	7,54	mc1 =	4,55
P2 =	8,94	mc2 =	4,60
P3 =	10,05	mc3 =	4,64
P4 =	11,22	mc4 =	4,60
P5 =	13,00	mc5 =	4,62
P6 =	14,17	mc6 =	5,09
P7 =	15,83	mc7 =	5,35
P8 =	17,02	mc8 =	5,53
P9 =	18,03	mc9 =	5,64
P10 =	18,50	mc10 =	6,18
P11 =	17,00	mc11 =	6,83
P12 =	14,60	mc12 =	6,70
P13 =	12,00	mc13 =	10,85
P14 =	10,00	mc14 =	14,69
P15 =	7,54	mc15 =	12,21

$$CEC1 = \frac{mc1}{P1}$$

$$CEC1 = \frac{4.55}{7.54}$$

$$CEC1 = 0.60 \text{ kg/kW.hr}$$

$$CEC6 = \frac{mc6}{P6}$$

$$CEC6 = \frac{5.09}{14.17}$$

$$CEC6 = 0.34 \text{ kg/kW.hr}$$

$$CEC11 = \frac{mc11}{P11}$$

$$CEC11 = \frac{6.83}{17}$$

$$CEC11 = 0.4 \text{ kg/kW.hr}$$

$$CEC2 = \frac{mc2}{P2}$$

$$CEC2 = \frac{4.6}{8.94}$$

$$CEC2 = 0.51 \text{ kg/kW.hr}$$

$$CEC7 = \frac{mc7}{P7}$$

$$CEC7 = \frac{5.35}{15.83}$$

$$CEC7 = 0.33 \text{ kg/kW.hr}$$

$$CEC12 = \frac{mc12}{P12}$$

$$CEC12 = \frac{6.7}{14.60}$$

$$CEC12 = 0.46 \text{ kg/kW.hr}$$

$$CEC3 = \frac{mc3}{P3}$$

$$CEC3 = \frac{4.64}{10.05}$$

$$CEC3 = 0.46 \text{ kg/kW.hr}$$

$$CEC8 = \frac{mc8}{P8}$$

$$CEC8 = \frac{5.53}{17.02}$$

$$CEC8 = 0.31 \text{ kg/kW.hr}$$

$$CEC13 = \frac{mc13}{P13}$$

$$CEC13 = \frac{10.85}{12}$$

$$CEC13 = 0.9 \text{ kg/kW.hr}$$

$$CEC4 = \frac{mc4}{P4}$$

$$CEC4 = \frac{4.60}{11.22}$$

$$CEC4 = 0.41 \text{ kg/kW.hr}$$

$$CEC9 = \frac{mc9}{P9}$$

$$CEC9 = \frac{5.64}{18.03}$$

$$CEC9 = 0.33 \text{ kg/kW.hr}$$

$$CEC14 = \frac{mc14}{P14}$$

$$CEC14 = \frac{14.69}{10}$$

$$CEC14 = 1.47 \text{ kg/kW.hr}$$

$$CEC5 = \frac{mc5}{P5}$$

$$CEC5 = \frac{4.62}{13}$$

$$CEC5 = 0.36 \text{ kg/kW.hr}$$

$$CEC10 = \frac{mc10}{P10}$$

$$CEC10 = \frac{6.10}{18.50}$$

$$CEC10 = 0.31 \text{ kg/kW.hr}$$

$$CEC15 = \frac{mc15}{P15}$$

$$CEC15 = \frac{12.21}{7.54}$$

$$CEC15 = 1.62 \text{ kg/kW.hr}$$

6.1.9.2. TABULACIÓN DE DATOS OBTENIDOS EN LABVIEW

Los resultados que se muestran en la Tabla 6.3 son los obtenidos experimentalmente durante la ejecución del programa para la obtención de la curva de consumo específico de combustible en tiempo real

RPM	CONSUMO DE COMBUSTIBLE [kg/kW.hr]
1221,00	0,60
1450,20	0,51
1580,20	0,46
1850,00	0,41
2000,20	0,36
2231,10	0,36
2450,80	0,34
2621,20	0,33
2834,10	0,31
3021,50	0,33
3213,30	0,40
3413,90	0,46
3598,70	0,90
3878,30	1,47
4045,70	1,62

Tabla 6. 3 Datos obtenidos experimentalmente con LabView

FUENTE Propia

6.1.9.3. GRAFICAS RESULTANTE EN LABVIEW

La grafica obtenida durante la ejecución del programa para la obtención de la curva de consumo específico de combustible es la que se muestra en la Figura 6.11 y es la que se obtiene del motor Lada en tiempo real

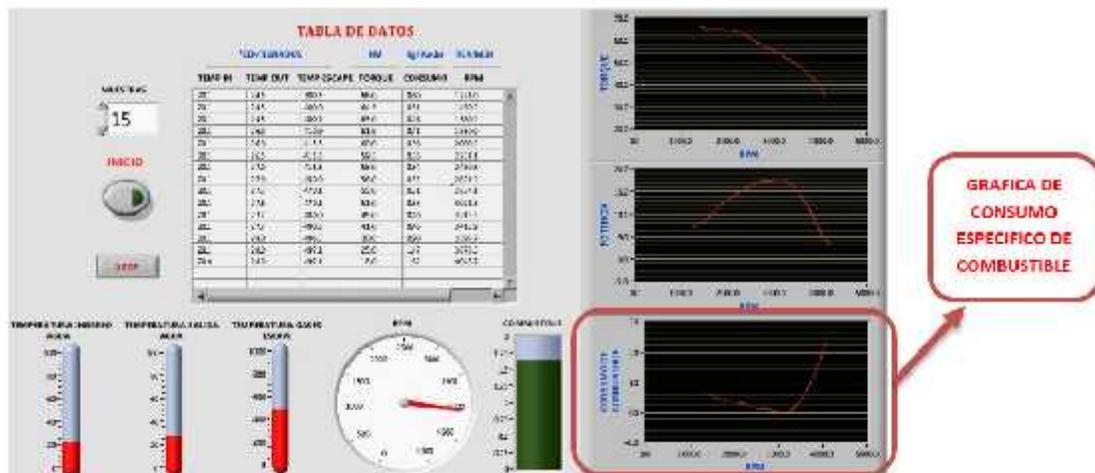


Figura 6. 11 Grafica de consumo específico de combustible en tiempo real con LabView

FUENTE Propia

6.1.9.4. GRAFICAS RESULTANTE EN EXCEL

ECUACION DE LA CURVA: $y = 4E-07x^2 - 0,002x + 2,5432$

Los datos fueron tomados y validados en el programa Excel para obtener la forma de la curva y su respectiva ecuación, al comparar las curvas se puede concluir que la curva de Potencia es semejante a la curva teórica y el programa realiza las curvas de manera efectiva

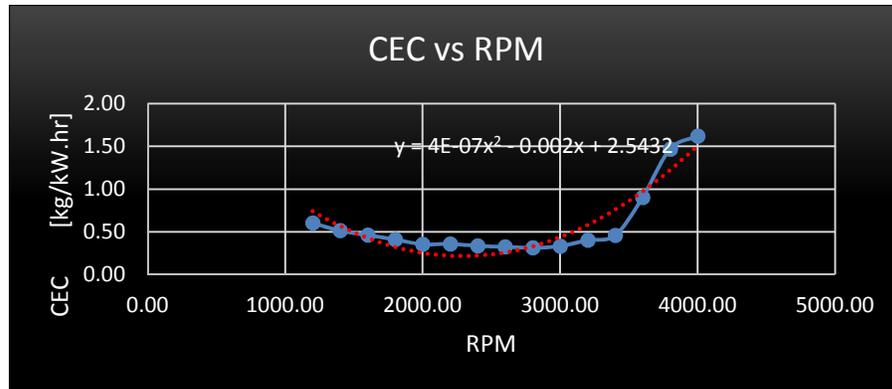


Figura 6. 12 Grafica de consumo específico de combustible en Excel

FUENTE Propia

6.1.9.5. ANÁLISIS DE LA CURVA

Al comparar la curva obtenida mediante LabView y la curva linealizada en Excel se puede concluir que el software de obtención de curvas en tiempo real obtiene las gráficas de manera exacta.

Con los datos obtenidos al linealizar la curva se puede concluir que el consumo específico de combustible disminuye al aumentar las RPM hasta un punto mínimo que es de 0.46 kg/kW.hr a 3413,90 RPM, y a partir de este al aumentar las revoluciones por minuto el consumo específico de combustible aumenta de manera significativa.

Al realizar la comparación con la curva teórica se puede determinar que el motor produce los resultados esperados durante su prueba de funcionamiento.

CAPITULO 7

7. PLAN DE MANTENIMIENTO, GUÍA DE ENCENDIDO, FUNCIONAMIENTO Y PRÁCTICAS DEL BANCO DE PRUEBAS DEL MOTOR A INYECCIÓN

7.1. PLAN DE MANTENIMIENTO

Para cumplir con los objetivos del mantenimiento se deben desarrollar y aplicar todas y cada una de las actividades dadas por las Normas DIN – 31051.

Inspección. Es la verificación, reconocimiento y comprobación del bien sometido al mantenimiento.

Mantenimiento. Encierra un grupo de actividades entre las cuales están la limpieza, lubricación y ajuste con el propósito de evitar un desgaste excesivo de las partes.

Reparación. Nos brinda la confiabilidad de prestar un óptimo funcionamiento después de haberse presentado una falla en el equipo.

7.1.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Se lo puede definir como la programación de una serie de inspecciones, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que debe llevarse a cabo por horas de trabajo o por kilómetros recorridos, que en nuestro caso será llevado por horas, esto en base a un manual expedido por el fabricante del motor, el propósito de este tipo de mantenimiento es proveer que se presenten averías con el fin de evitar que estos bajen sus niveles de eficiencia y operación. El aplicar correctamente el mantenimiento preventivo al motor traerá las siguientes ventajas:

- Ñ Confiabilidad en el motor y en general en todos sus sistemas, esto debido a que se conoce el estado real en el que se encuentran y por ende sus condiciones de funcionamiento.
- Ñ Disminución del tiempo de parada.
- Ñ Mayor duración de todos y cada uno de los componentes del motor la cual será mayor a la que tendrían sin un mantenimiento preventivo.
- Ñ Menor costo de reparación.
- Ñ La principal característica de este tipo de mantenimiento es inspeccionar periódicamente los equipos y diagnosticar posibles fallas en su etapa inicial, para así corregirlas en el momento oportuno para que el banco de pruebas se mantenga siempre operable.

7.1.2. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

A continuación se presenta la metodología utilizar para el desarrollo del programa de mantenimiento preventivo propuesto:

7.1.2.1. ESTABILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS

Para dar inicio al programa de mantenimiento preventivo se debe llevar los equipos a un nivel de operación aceptable para que a partir de este punto se inicien las acciones de mantenimiento preventivo para evitar que estos decaigan de nuevo, la estabilización de los equipos consiste en reparar o cambiar aquellos elementos defectuosos de manera que todas las partes cumplan la misión para lo que fueron diseñadas.

7.1.2.2. EVALUACIÓN GENERAL DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS

La evaluación general del funcionamiento de los equipos es muy importante ya que permite saber las condiciones del equipo en general para que de ahí se haga la planificación y programación del mantenimiento de los mismos. Esta evaluación debe ser muy minuciosa ya que de esto depende que la estabilización de los equipos sea lo mejor posible. Para poder evaluar las condiciones del equipo se utilizará como herramienta un formato en el cual se listará el componente del equipo que se deberá revisar o evaluar y anotar el estado en que se encuentra.

7.1.2.3. IDENTIFICACIÓN DE PIEZAS DEFECTUOSAS

Una vez que se ha realizado la evaluación de los equipos se puede identificar aquellas piezas o dispositivos que no están funcionando bien. Una forma de identificar las piezas defectuosas es tomando como herramienta los formatos de check list de los servicios o rutinas de mantenimiento, en ellos se indica cuáles son las partes o los dispositivos que deben revisarse y que deben estar funcionando en perfectas condiciones para que el equipo opere en las mejores condiciones posibles, en el caso de que haya más de una pieza defectuosa debe realizarse una lista por separado de cada equipo para poder elaborar posteriormente un listado general a efecto de realizar las órdenes de compra para reposición de los mismos.

7.1.2.4. CAMBIO / REPARACIÓN DE PARTES DEFECTUOSAS

Cuando se han identificado las piezas defectuosas de los equipos se debe proceder a la reparación o cambio de éstos. La decisión de reparar o de efectuar una compra de una parte defectuosa se debe hacer usando el criterio siguiente:

- Ñ ¿Cuánto es el costo de adquirir la pieza nueva comparado con el costo de reparación del mismo
- Ñ ¿Tendrá la misma vida útil si se repara?,
- Ñ ¿Existe en el mercado?, etc.

Con el objeto de monitorear los cambios o reparaciones realizadas, ésta información será guardada en el historial de fallas y mantenimiento observadas de los equipos.

7.1.2.5. REQUISICIÓN DE PARTES FALTANTES

Si es necesario adquirir una pieza nueva para reemplazar la que está defectuosa se debe realizar una requisición de compra para que el departamento de compras haga efectiva la misma en el menor tiempo posible y evitarnos demoras en las reparaciones.

7.1.2.6. INSTALACIÓN DE PARTES FALTANTES

Las partes defectuosas que hayan sido reparadas o adquiridas nuevas para su reemplazo deben instalarse lo más pronto posible de manera que sea posible iniciar con el programa. Este es el último paso a darse en la etapa de estabilización de los equipos y al mismo tiempo es el punto de inicio del programa ya que a partir de aquí se debe empezar a recopilar la información si no hay una

base de datos existente. Esta recopilación de datos nos servirá para poder llevar un historial del equipo y evaluar los resultados con base al tiempo y a costos.

7.1.2.7. MECANISMOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Las técnicas utilizadas para el desarrollo del programa de mantenimiento preventivo consisten básicamente en la búsqueda de fuentes de información ya sea de forma escrita o verbal que permitan conocer y entender el funcionamiento básico de los equipos para luego definir los medios a utilizar y profundizar en los temas en los que se tiene previsto trabajar.

7.1.2.8. BASES DE DATOS

Las bases de datos tienen como objetivo guardar la información que se considere necesaria de manera que esta pueda ser compartida vía correo u otro medio electrónico, además, la información puede ser graficada fácilmente lo que significa un ahorro de tiempo en la elaboración de informes.

7.1.2.9. FORMATOS

Los formatos se diseñaron con la finalidad de recolectar información de los equipos y poder archivarlos de manera que la información sobre las rutinas de inspección diaria, servicios de mantenimiento semanal y quincenal, control de medidores eléctricos esté disponible y pueda servir como referencia en análisis del comportamiento de cada uno de los equipos.

7.1.3. FORMATOS DE SERVICIO DIARIO, QUINCENAL Y MENSUAL PARA EL BANCO DE PRUEBAS

Para llevar un registro de los servicios diario, quincenal y mensual del banco de pruebas se elaboraron formatos de check list los cuales deben ser llenados por el encargado del laboratorio de motores al momento de realizar el servicio. A continuación se describen los formatos en mención:

7.1.3.1. FORMATOS DE CHECK LIST DIARIO

En este formato se indican la fecha y las horas en que se realiza la inspección, los elementos que deben ser inspeccionados y las lecturas de los dispositivos que se están monitoreando, en el mismo se encuentran los parámetros de operación normal del banco de pruebas. Estos están diseñados para ser llenados en forma rápida, de manera que el mecánico/operador vea si las lecturas de los medidores se encuentran dentro de lo normal y marque con un cheque o en su defecto con una X si hay una anomalía y se dé el aviso a los encargados de mantenimiento. Esta rutina de inspección diaria se realiza una vez al día. Esta labor la ejecuta el encargado del Laboratorio de Motores (Figura 7.1)



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL BANCO DE
PRUEBAS DE MOTOR A INYECCIÓN ELECTRÓNICA



Nombre del operador: _____

Fecha: _____

HORÓMETRO:

(7:00) (12:00) (15:00)

Numero de horas: _____

CHECK LIST
DIARIO

	BANCO DE PRUEBAS MOTOR A INYECCIÓN		
	(7:00)	(12:00)	(15:00)
Inspección visual del sistema mecánico			
Inspección visual del sistema eléctrico			
Amperaje la batería			
Voltaje de la batería			
Temperatura de Aceite			
Presión de aceite			
Nivel de combustible del motor			
Nivel de aceite del motor			
Nivel de refrigerante del motor			
Revisión de grasa en ejes			
Revisar estado del protector del eje			
Revisión de bandas			
Revisión de mangueras de fluidos			

OBSERVACIONES: _____

Firma del inspector del banco de pruebas:

Figura 7. 1 Formato de Check List Diario

FUENTE Propia

7.1.3.2. • FORMATOS DE SERVICIO QUINCENAL DEL BANCO DE PRUEBAS (150 HORAS)

Este formato indica los elementos que deben cambiarse, lubricarse, ajustarse o revisarse cada 150 horas cuando el banco de pruebas no se encuentre en operación. Ver figura 7.2.

 ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL BANCO DE PRUEBAS DE MOTOR A INYECCIÓN ELECTRÓNICA 	
Nombre del operador:	_____
Fecha:	_____
Hora:	_____
Horómetro:	_____
CHECK LIST	
QUINCENAL (150 HORAS)	
	BANCO DE PRUEBAS MOTOR A INYECCIÓN
Inspección visual del sistema mecánico	
Inspección visual del sistema eléctrico	
Revisar nivel de electrolito de Batería	
Cambiar Aceite y Filtros de Aceite	
Cambiar Filtros de Combustible	
Engrasado del freno hidráulico	
Realizar mediciones eléctricas en baterías	
Revisar e inspeccionar aditivo del refrigerante	
Revisar bandas, mangueras y abrazaderas	
Revisar nivel de combustible del motor	
Revisar protecciones y tornillos del banco	
Limpieza completa del interior del tanque de refrigeración	
Revisión de fugas en cañerías	
OBSERVACIONES: _____	

Firma del inspector del banco de pruebas: _____	

Figura 7. 2 Formato de Check List Quincenal

FUENTE Propia

7.1.3.3. FORMATOS DE SERVICIO MENSUAL DEL BANCO DE PRUEBAS (500 HORAS)

Este parecido al formato quincenal con la diferencia de que en este se agregan otras actividades de mantenimiento que se tienen contempladas a realizarse al cabo de este período de tiempo. Ver figura 15.



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL BANCO DE PRUEBAS DE MOTOR A INYECCIÓN ELECTRÓNICA



Nombre del operador: _____
 Fecha: _____
 Hora: _____
 Horómetro: _____

CHECK LIST
MENSUAL (500 HORAS)

	BANCO DE PRUEBAS MOTOR A INYECCIÓN
Inspección visual del sistema mecánico	
Inspección visual del sistema eléctrico	
Revisar nivel de electrolito de Batería	
Cambiar Aceite y Filtros de Aceite	
Inspección de tensión de bandas y poleas	
Engrasado de rodamientos	
Reemplazo de filtro de combustible	
Drenado de agua y sedimentos del tanque de combustible	
Inspección de mangueras y abrazaderas	
Revisión de tornillería de andaje	
Revisión del nivel de aceite del motor	
Revisión del nivel de refrigerante del motor	
Limpieza completa del interior del tanque de refrigeración	
Limpieza completa del exterior del banco de pruebas	

OBSERVACIONES: _____

Firma del inspector del banco de pruebas: _____

Figura 7. 3 Formato de Check List Mensual

FUENTE Propia

7.1.4. IDENTIFICACIÓN DE SENSORES

Los sensores o indicadores de los equipos deben ser identificables fácilmente o deben ser colocados en donde sean visibles y etiquetarlos para saber qué tipo de sensor es y cuál es la función que desempeña, esto ayuda a que al encargado de realizar el mantenimiento no se le dificulte localizarlo o no lo pase por alto, en muchos casos el mantenimiento no se realiza de forma correcta debido a que el operador desconoce cuáles son los sensores o se le dificulta demasiado localizarlo o inspeccionarlo. En el caso de los generadores se propone colocar y/o habilitar los indicadores y colocar diagramas o fotografías en estas áreas de manera que el operador sepa cuáles son y pueda identificarlos (Figura 7.4).



Figura 7. 4 Identificación de sensores e indicadores

FUENTE Propia

7.1.4.1. IDENTIFICACIÓN DE SENSORES DEFECTUOSOS

Un sensor defectuoso es un peligro potencial para el equipo ya que este puede estar operando de manera incorrecta y por consiguiente fallar, al momento de detectar que un sensor está defectuoso y no es posible cambiarlo, se debe

colocar una etiqueta en donde se indique que el sensor no funciona y que debe ser reemplazado a la mayor brevedad al momento de obtener uno nuevo, con esto estaríamos previniendo una falla en un futuro. Esta etiqueta debe ser de un color llamativo para que sea visible fácilmente (los colores más comúnmente usados son el rojo y el amarillo fluorescente), y contener la información necesaria dando una advertencia o indicando el tipo de falla, además también debe incluir el nombre de la persona que la colocó, en algunos casos puede colocarse un candado para que el dispositivo no pueda ser accionado por accidente y causar una avería al equipo o lastimar al operador. (Figura 7.5).



Figura 7. 5 Modelos de etiquetas para identificación de sensores equipo

FUENTE Propia

7.1.4.2. CAMBIO / REPARACIÓN DE SENSORES DEFECTUOSOS

Como se mencionó anteriormente, si un sensor está defectuoso se debe proceder a cambiarlo o repararlo, esto dependerá como ya se ha dicho, de la posibilidad de repararse, o de adquirir uno nuevo. Esta decisión debe tomarse con base a costo y expectativa de duración del mismo ya que pudiera ser que

por su costo muy elevado sea muy difícil adquirir uno nuevo y se tenga que repararlo, o que tan confiable será este sensor si se repara. Muchos de los sensores de los equipos no pueden ser reparados ya que son electrónicos y requerirían de personal altamente calificado para realizar la reparación, o no existe repuesto en el mercado para repararlos.

7.1.4.3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS PROTECCIONES

Si la operación lo permite, pueden realizarse pruebas a los equipos para determinar si funcionan los dispositivos de protección de los mismos, como se dijo anteriormente, estas protecciones pueden ser sensores, contactores u otro dispositivo. Esto dará cierta seguridad de que todos los equipos están protegidos contra alguna avería y que si se llega a presentar una, ésta sea lo más leve posible y afecte en lo más mínimo al equipo.

7.1.5. PROGRAMACIÓN DE SERVICIOS

Para aprovechar el tiempo y el personal disponible para los servicios de mantenimiento, se debe realizar una programación y trabajar con base a ésta y poder cubrir todas las tareas de mantenimiento de todo el banco de pruebas a nuestro cargo. De aquí que nosotros podamos cumplir con las tareas requeridas y poder cubrir aquellas eventualidades que pudieran presentarse.

7.1.6. PROGRAMACIÓN DE SERVICIOS MENORES DEL BANCO DE PRUEBAS

Se le denominará servicio menor al servicio de 150 horas o mantenimiento quincenal ya que este lapso de tiempo se cumple en una semana debido a que el motor trabaja 4 horas del día. Según el fabricante se debe realizar el servicio

menor a los motores cada 250 horas de operación bajo condiciones normales, es decir, en un ambiente libre de impurezas en el aire, a temperaturas ambiente, usando combustibles con bajo porcentaje de azufre, etc. Los motores operan en ambientes con presencia de gases corrosivos los cuales pueden acelerar el deterioro de las partes tanto internas como externas de los motores, esto hace que sea necesario acortar el tiempo del servicio menor. Otra de las razones por las que se realiza el servicio a las 150 horas es que estos motores consumen mezcla de combustible, es decir, el combustible contiene un contenido de 1.5 % de azufre en promedio, lo cual es el máximo recomendado para utilizar en estos motores; el contenido promedio de azufre en la gasolina comercial es de aproximadamente 0.5 % de azufre.

El azufre provoca que formen incrustaciones de carbón dentro del motor y disminuya su vida útil, además también puede formar ácido sulfúrico dentro del motor y como todos sabemos este ácido es altamente corrosivo y aceleraría el desgaste de ciertos componentes internos del motor tales como anillos, válvulas y camisas entre otros. Podríamos enumerar muchas de las razones por las cuales el tiempo del servicio menor se disminuye, pero la razón principal es debido al contenido de azufre de la mezcla.

7.1.6.1. ACTIVIDADES DEL SERVICIO MENOR

Las actividades del servicio menor del banco de pruebas se detallan a continuación:

- Ñ Inspección visual del sistema mecánico
- Ñ Inspección visual del sistema eléctrico

- Ñ Revisar nivel de electrolito de Batería
- Ñ Cambiar Aceite y Filtros de Aceite
- Ñ Cambiar Filtros de Combustible
- Ñ Engrasado del freno hidráulico
- Ñ Realizar mediciones eléctricas en baterías
- Ñ Revisar e inspeccionar aditivo del refrigerante
- Ñ Revisar bandas, mangueras y abrazaderas
- Ñ Revisar nivel de combustible del motor
- Ñ Revisar protectores y tornillos del banco
- Ñ Limpieza completa del interior del tanque de refrigeración
- Ñ Revisión de fugas en cañerías

Las actividades listadas anteriormente fueron tomadas de los manuales de operación y mantenimiento de los motores de combustión interna y se adicionaron actividades que se consideran necesarias debido a las condiciones de operación y el ambiente circundante, estas modificaciones se hicieron en base a la experiencia manera de que estas fueran lo más apegado a la realidad posible.

7.1.6.2. TIEMPO ESTIMADO

El tiempo estimado para este tipo de servicio es de 25 a 30 minutos para el motor, asumiendo que se cuenta con todos los elementos a cambiar y los lubricantes a utilizar. Otro aspecto que debe ser tomado en cuenta es que estos motores para poder ser apagados deben operar en vacío por un tiempo de 3 a 5 minutos con el fin de que la temperatura del motor disminuya y las altas

revoluciones puedan disminuir su velocidad de manera que los cojinetes de los mismos no sufran daños por paradas repentinas.

7.1.7. PROGRAMACIÓN DE SERVICIOS MAYORES DEL BANCO DE PRUEBAS

El servicio mayor deberá programarse con anticipación y realizar todos los preparativos para la misma de manera que debemos elaborar un listado de los repuestos que se requerirán y elaborar las órdenes de compra respectivas, dependiendo del tipo de servicio mayor, ya sea medio overhaul u overhaul completo, así será también el tiempo requerido por lo que debe de saberse el tiempo promedio para cada tipo de servicio y en base a esto realizar la programación. La mejor forma para saber este tiempo es basándose principalmente en el control de horómetros ya que este control lleva en cuenta regresiva los horómetros para el servicio de 5000 horas (medio overhaul) y servicio de 10000 horas (overhaul completo) Y realizar la orden de compra de repuestos cuando falten como mínimo 1000 horas de operación. Los dos tipos de servicio mayor son los siguientes:

7.1.7.1. TOP END OVERHAUL

Este servicio se le llama también servicio de 5000 horas ya que se realiza cuando el motor ha alcanzado las 5000 horas de operación y es necesario reparar los componentes de la parte de arriba del motor (Top End). Las partes del motor que deben ser reparadas a las 5000 horas son las siguientes:

Ñ Culatas

Ñ Bomba de inyección

Ñ Líneas de combustible

Ñ Otros

En este caso no se puede dar una lista detallada de cada una de las piezas ya que dependiendo de cuales han sido las condiciones de operación del motor se deberá también reparar algunas otras partes del motor que regularmente se reparan a un lapso de tiempo mayor.

Un ejemplo claro de esta situación es cuando el motor ha sufrido sobrecargas, lo cual provoca un torque muy alto y la película de aceite sobre la cual gira el cigüeñal del motor se rompa y haya contacto directo del cigüeñal y las tejas (cojinetes de deslizamiento) y esta fricción provoque ralladuras de las tejas o que el torque producido haga que se rompa una biela. Este tipo de servicios requieren que se programen con anticipación ya que se debe realizar una requisición de repuestos con anticipación y enviarla a gerencia para que ésta sea aprobada, luego de esto se debe contactar al proveedor para que el tiempo de entrega sea de acuerdo a la programación y poder contar con los repuestos al momento de llegar a la fecha programada.

7.1.7.2. TIEMPO ESTIMADO

El tiempo promedio estimado para realizar este tipo de servicio es de una semana suponiendo que se cuenta con todos los repuestos y que no se realizará una revisión completa del motor para determinar si hay otros componentes dañados; en el caso de ser necesario una inspección del motor completo, este tiempo puede prolongarse hasta varias semanas ya que probablemente no se ha incluido en el listado de repuestos algún componente que resulte dañado y

haya demora por falta de repuestos. Esta situación debe analizarse al momento de realizar la requisición de compra de repuestos para evitar que esto suceda.

7.1.7.3. OVERHAUL COMPLETO

Este servicio se realiza cada 10000 horas de operación y como su nombre lo indica se le realiza una reparación completa al motor por lo que el costo de la reparación es bastante alto. Algunas de las partes principales que se deben reparar o cambiar son las siguientes:

- Ñ Culatas
- Ñ Pistones
- Ñ Bielas
- Ñ Cilindros
- Ñ Anillos
- Ñ Bomba de inyección
- Ñ Tejas centrales y de biela
- Ñ Válvulas
- Ñ Líneas de combustible
- Ñ Líneas de agua del sistema de enfriamiento
- Ñ Otros

Al igual que en el servicio de 5000 horas no se puede dar una lista específica de partes ya que algunas veces debe cambiarse algunos accesorios de costo relativamente menor además de la tortillería y kits de empaques. Este servicio representa un costo bastante elevado por lo que también puede recurrirse al

programa reman para disminuir costos y realizar la programación del servicio con anticipación así como la requisición de repuestos.

7.1.7.4. TIEMPO ESTIMADO

El tiempo estimado para realizar este tipo de servicio es de 3 semanas de trabajo continuo, asumiendo que se cuenta con todos los repuestos y con el personal necesario para que no haya demoras.

7.2. GUÍA DE ENCENDIDO Y FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS DEL MOTOR A INYECCIÓN

Esta guía de encendido y funcionamiento del banco de pruebas del motor a inyección es diseñado para que el banco de pruebas funcione de manera óptima sin provocar ningún accidente hacia los estudiantes y para evitar daños de funcionamiento del mismo.

Antes de iniciar la operación del banco de pruebas se debe realizar una inspección visual del estado del mismo y llenar el formato de CHECK LIST diario de mantenimiento preventivo descrito en la sección 7.1.1.1, una vez realizado el formato de CHECK LIST diario se procede a verificar los pasos siguientes para el encendido y los cuidados que se deben tener durante el funcionamiento del banco de pruebas del motor a inyección para obtener los mejores resultados dentro de la obtención de las curvas características de torque, potencia y consumo específico de combustible.

7.2.1. PASOS PARA EL ENCENDIDO DEL BANCO DE PRUEBAS DEL MOTOR A INYECCIÓN

Ñ Antes de proceder con el encendido es necesario verificar que el depósito de agua para el circuito de refrigeración del motor se encuentre lleno y las llaves de paso de agua hacia el freno hidráulico y hacia el calorímetro se encuentre en posición abierta



Figura 7. 6 Llaves de paso de agua a los sistemas del banco de pruebas

FUENTE Propia

Ñ Realizar la conexión del cable de datos de la DAQ hacia la laptop, la cual debe previamente estar instalada los software de la Tarjeta de Adquisición de Datos USB-1408FS y el software desarrollado para la adquisición de curvas características en tiempo real junto con el software de LabView



Figura 7. 7 Conexión USB de la DAQ a la laptop

FUENTE Propia

- Ñ Girar el Switch de encendido hacia la derecha del banco de pruebas para iniciar el funcionamiento del banco de pruebas el motor

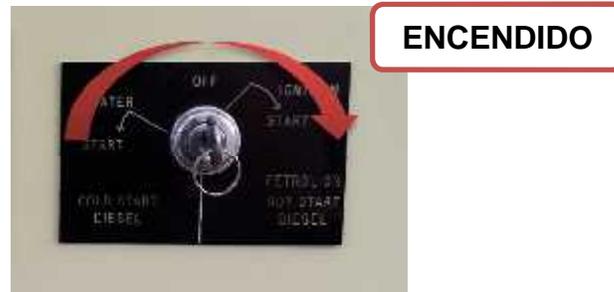


Figura 7. 8 Switch de encendido del banco de pruebas

FUENTE Propia

- Ñ Dejar encendido el motor durante un periodo de 10 minutos para que el motor estabilice las revoluciones por minuto y se pueda obtener los mejores resultados en las curvas características



Figura 7. 9 Estabilización del motor

FUENTE Propia

- Ñ Verificar el flujo de agua por las líneas de refrigeración para que el motor no sufra ningún tipo de averías o sobrecalentamiento



Figura 7. 10 Llaves de paso de las líneas del sistema de refrigeración

FUENTE Propia

Ñ Abrir el programa de obtención de curvas en tiempo real

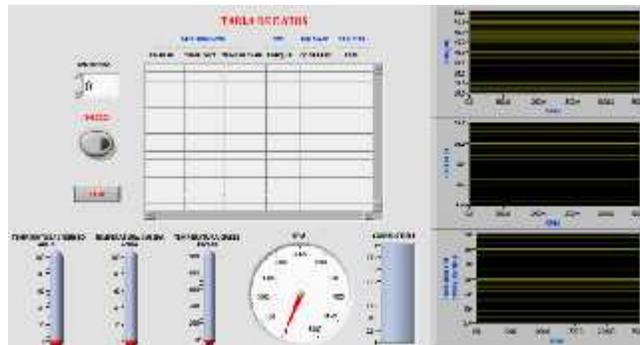


Figura 7. 11 Interfaz de software de adquisición de curvas

FUENTE: Autor, Pilatasig B.

Ñ Una vez abierto el programa ingresar el número de muestras que se quiere obtener durante la ejecución del mismo, para mejores resultados se recomienda utilizar 15 muestras.

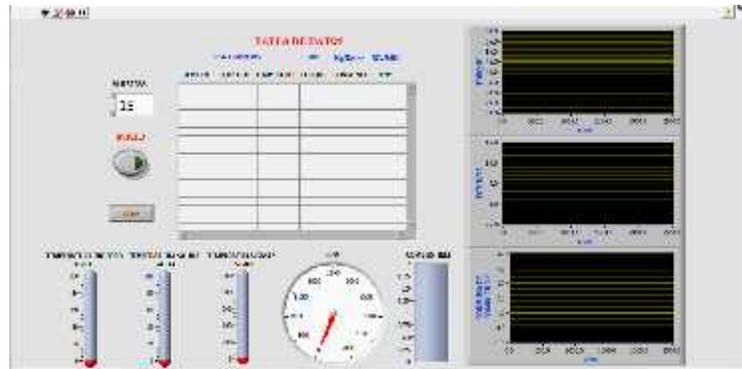


Figura 7. 12 Ingreso de número de muestras en el software

FUENTE Propia

Ñ Durante la ejecución del programa se recomienda aumentar de manera gradual las revoluciones por minuto del motor para comprobar el correcto funcionamiento del mismo y de igual forma cerrar la turbina para comprobar si el freno hidráulico ofrece resistencia al movimiento del motor y disminuye las revoluciones del mismo



Figura 7. 13 Aumento de RPM del motor

FUENTE Propia

Ñ Después de realizar la comprobación de las RPM del motor y del funcionamiento del freno hidráulico se debe empezar a aumentar las revoluciones del motor hasta unas 4000 RPM y de igual manera cerrar el freno hidráulico para que estas revoluciones empiecen a disminuir.

- Ñ Una vez cerrado completamente el freno hidráulico las revoluciones del motor serán bajas y se procede con el inicio la práctica para el banco de pruebas



Figura 7. 14 Freno hidráulico en posición cerrada

FUENTE Propia

- Ñ Colocar 15 muestras en el cuadro de texto del programa para la obtención de curvas en tiempo real y con el motor encendido iniciar su ejecución.

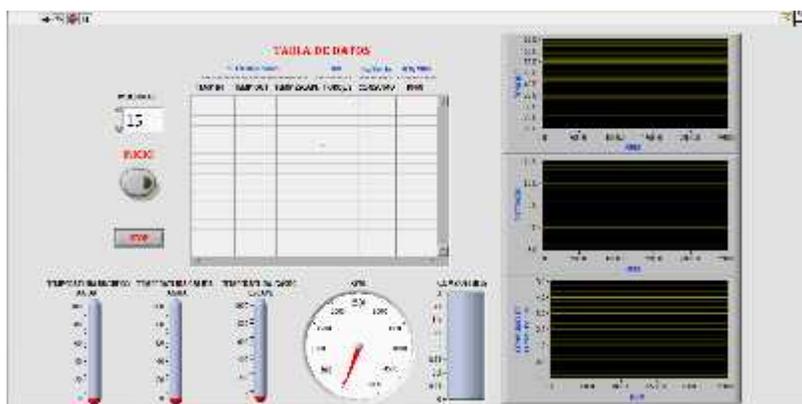


Figura 7. 15 Ejecución del software de obtención de curvas en tiempo real

FUENTE Propia

manera uniforme para que las RPM del motor empiecen aumentar y el programa lea estos cambios en la velocidad del programa, se recomienda realizarlo hasta que el freno este completamente abierto

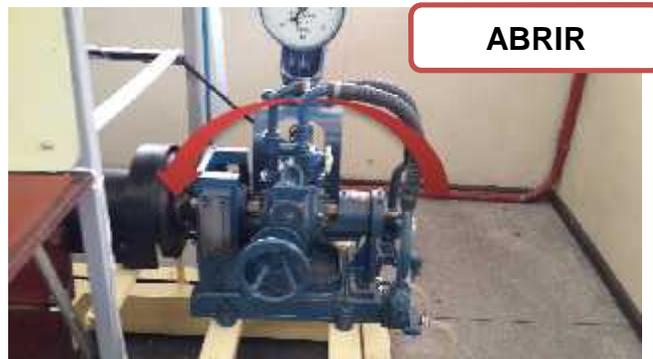


Figura 7. 16 Freno hidráulico en posición abierta

FUENTE Propia

- Ñ Al terminar de realizar las muestras el programa se detiene de manera automática y presenta en la pantalla una tabla de datos la cual contiene la temperatura de entrada de agua hacia el motor, la temperatura de salida de agua después de pasar por la bomba de agua, la temperatura de los gases de escape, el torque, el consumo específico de combustible, las RPM del motor y las curvas características en tiempo real como Torque, Potencia y Consumo específico de combustible.
- Ñ Después de obtener los datos se recomienda terminar su ejecución y cerrar el programa haciendo clic en “STOP”.

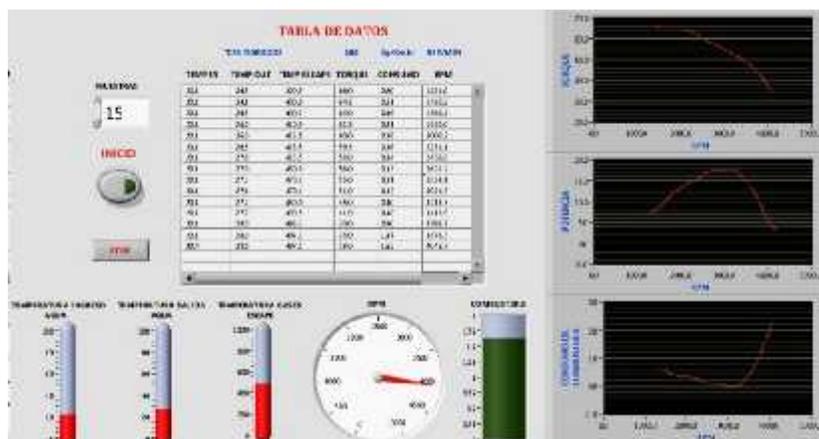


Figura 7. 17 Tabla de resultados del software

FUENTE Propia

- Ñ Para apagar el motor se debe primero girar el Switch hacia la izquierda y esperar que el motor se detenga completamente



Figura 7. 18 Switch de apagado del banco de pruebas

FUENTE Propia

- Ñ Cerrar las llaves de paso de agua hacia el tanque de refrigeración de agua y hacia el calorímetro.
- Ñ Vaciar el deposita de agua para el circuito de refrigeración de manera completo , esto nos ayudara a evitar que se produzca óxidos en las paredes del tanque



Figura 7. 19 Drenaje de agua de los sistemas del banco de pruebas

FUENTE Propia

- N Finalmente se recomienda Inspeccionar de manera visual que no exista fugas de agua u otro tipo de líquidos del motor

7.3. NORMAS DE SEGURIDAD PARA EL CORRECTO USO DEL BANCO DE PRUEBAS DENTRO DEL TALLER AUTOMOTRIZ

Se recomienda leer atentamente todas las medidas y notas de seguridad antes de realizar cualquier práctica en el banco didáctico. La siguiente lista presenta las precauciones generales que deben ser seguidas para garantizar su seguridad personal.

- Ñ Asegurar que el área de trabajo alrededor del banco de pruebas este bien iluminada, ventilada, organizada; sin herramientas y piezas sueltas.
- Ñ La estructura sobre el cual está montado debe estar sujeto firmemente al piso.
- Ñ Nunca encienda el motor sin antes, estar seguro de que no existan personas o herramientas cerca de los mecanismos en movimiento.

- Ñ Siempre usar equipamientos de protección individual (gafas, guantes, zapatos de seguridad, etc.) mientras se realice las prácticas, o el mantenimiento.
- Ñ Recordar que piezas en movimiento rotativo pueden causar cortes, mutilación y estrangulamiento, específicamente, tenga cuidado de no acercarse demasiado a las poleas, banda de transmisión y ejes
- Ñ Use ropa de trabajo adecuada, jamás realice las prácticas utilizando prendas sueltas o con partes que cuelguen, despójese de joyas y reloj mientras esté trabajando, además, en el caso de que tenga el cabello largo, deberá llevarlo recogido con el fin de evitar riesgos.
- Ñ El combustible utilizado en el sistema contiene sustancias altamente peligrosas que al entrar en contacto prolongado con la piel u ojos podría causar graves daños, en caso de llegar a entrar en contacto con los ojos lávelos con abundante agua.
- Ñ Siempre usar herramientas en buenas condiciones, en cada trabajo utilice la herramienta adecuada, empléela para la función para la que fue diseñada, y luego de su utilización, coloque las herramientas en su lugar.
- Ñ Por su salud y seguridad, nunca fume, coma o beba en el interior del laboratorio.
- Ñ Al realizar prácticas en este banco didáctico siga en todo momento las instrucciones del docente. Ante cualquier duda, consulte al responsable de la práctica.

- Ñ No se pueden realizar experimentos que no estén autorizados por el docente.
- Ñ En caso de emergencia en primer lugar guardar la calma y luego atender en todo momento las instrucciones del docente a cargo que indicará como proceder.

7.4. RIESGOS MÁS FRECUENTES Y MEDIDAS PREVENTIVAS

A continuación se describe los riesgos que generalmente se puede presentar al trabajar con el banco didáctico dentro del taller, también se indican las medidas necesarias para su prevención.

7.4.1. CHOQUE ELÉCTRICO.

Evitar derramar líquidos sobre los dispositivos electrónicos, toda anomalía observada en los elementos eléctricos y electrónicos debe ser reparada inmediatamente.

7.4.2. INCENDIO.

No fumar dentro del taller, evitar soldar o realizar tareas parecidas mientras el motor está operando, evitar cortocircuitos.

7.4.3. CONTACTO CON FLUIDOS

Evite el contacto directo con el combustible, ya que está compuesto por sustancias químicas nocivas para la piel en caso de contacto accidentalmente prolongado, lavarse la parte afectada con abundante agua y jabón.

7.4.4. CORTES, MUTILACIONES, LESIONES.

No tocar las partes en movimiento como son poleas, bandas y ejes ya que estos pueden girar de forma inesperada, además de ello conserve siempre una prudente distancia ante las piezas anteriormente mencionadas

CAPITULO 8

8. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y BIBLIOGRAFÍA

8.1. CONCLUSIONES

Al término del presente proyecto, y luego de realizar las pruebas correspondientes, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Ñ El torque máximo en el motor de prueba Lada Niva es de 66N.m y es producido a las 1221 RPM, y a medida que aumentan las revoluciones del motor el torque disminuye.
- Ñ La potencia máxima en el motor de prueba Lada Niva es de 18.50 KW y es producido a las 3021,5 RPM, a partir de este punto la potencia disminuye mientras las revoluciones aumentan.
- Ñ El consumo específico de combustible en el motor de prueba Lada Niva disminuye al aumentar las RPM hasta un punto mínimo que es de 0.46 kg/kW.hr a 3413,90 RPM y a partir de este punto mientras aumentan las revoluciones por minuto el consumo específico de combustible aumenta de manera significativa.
- Ñ Las curvas y valores al ser comprados con las que indica el fabricante son aproximadas, existiendo una variación insignificante a las obtenidas mediante el software
- Ñ Al comparar el consumo de combustible mediante el nuevo sistema de inyección electrónica, se determina que consume menor cantidad de combustible que el sistema de carburador

- Ñ La potencia es mayor al utilizar un sistema de inyección eléctrica que al utilizar un sistema a carburador

8.2. RECOMENDACIONES

Al haber concluido el proyecto práctico de tesis podemos dar a conocer las siguientes recomendaciones las cuales nos ayudaran a optimizar los procesos, que derivarán en ahorro de tiempo y cuidado del banco de pruebas:

- Ñ Antes de realizar una práctica en el banco de pruebas, asegurarse que las conexiones, equipos y sensores se encuentren conectados de manera correcta para evitar problemas posteriores.
- Ñ Verificar que la transmisión desde el motor hacia el freno hidráulico se encuentra a nivel
- Ñ Durante el funcionamiento del banco de pruebas revisar que las llaves de ingreso de agua hacia el sistema de refrigeración se encuentren abiertas para evitar recalentamiento y desgaste en las partes mecánicas del motor y del freno hidráulico respectivamente.
- Ñ Después de la realización de la práctica es necesario vaciar el tanque del circuito de refrigeración para evitar que el óxido se acumule dentro de las paredes y evitar que este oxido deteriore otras partes del motor.
- Ñ Utilizar combustible de la mejor calidad y alto octanaje para evitar el deterioro del motor.

8.3. BIBLIOGRAFÍA

Alonso, J. M. (1994). *Tecnología avanzada del automóvil*. Madrid: Paraninfo.

Arcos, F. (1995). *Manual de mantenimiento y reparación Lada*. Rusia: Freax.

BOSCH. (2006). *Manual de Capacitación Técnica*. Mexico: Reverte.

CEAC. (2003). *Manual del Automóvil*. España: CEAC.

Crouse, W. H. (1992). *Equipo eléctrico y electrónico del automóvil*. México:
Alfaomega.

De Castro, M. (1991). *Inyección de Gasolina 5ª edición*. Perú: Ceaci.

Gieck, K. (1995). *Manual de Fórmulas Técnicas*. México: Alfaomega.

LADA. (2000). *Biblioteca Automotriz Autolada*. Rusia: Mirk.

LADA. (2000). *Catalogo de autopartes*. Rusia: Mirk.

Vas, C. (2001). *Tiempos de mantenimiento y reparación de los vehículos*. Rusia:
Adventure.

Vaz, V. (2005). *Manual del Automóvil*. Mexico: Beck.

ANEXOS

ANEXO A. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN EN SOLIDWORKS

**ANEXO B. DATA SHEET DE LA
TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS USB
1408FS**

**ANEXO C. DATA SHEET DEL SENSOR
DE FUERZA SFSEN09375**

**ANEXO D. DATA SHEET DEL SENSOR
DE TEMPERATURA LM35**

**ANEXO E. DATA SHEET DEL SENSOR
DE CAUDAL POW110D3B**

**ANEXO F. DATA SHEET DE LA
TERMOCUPLA TIPO K**

**ANEXO G. TABLA DE DIMENSIONES DE
PERFILES**

ANEXO H. FORMATOS DE CHECK LIST
DIARIO

ANEXO I. FORMATOS DE CHECK LIST
QUINCENAL

ANEXO J. FORMATOS DE CHECK LIST
MENSUAL

**ANEXO K. ESQUEMAS DEL SISTEMA
DEL MOTOR**

**ANEXO L. PLANOS DE PIEZAS
ADICIONADAS AL BANCO DE PRUEBAS**

**ANEXO M. CONTRATO DE COMPRA
VENTA DEL MOTOR**

**ANEXO N. CARTA DE DONACIÓN DE
MOTOR DE PRUEBAS**