

**ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN DEL
PROTOTIPO DE DIAGNOSTICO DIAGMA D-100 Y DEL
PROCEDIMIENTO DE LAS PRUEBAS PARA MOTORES
DIESEL**

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIÉCER CASTELLANOS BENAVIDES**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2.006**

**ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN DEL
PROTOTIPO DE DIAGNOSTICO DIAGMA D-100 Y DEL
PROCEDIMIENTO DE LAS PRUEBAS PARA MOTORES
DIESEL**

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIÉCER CASTELLANOS BENAVIDES**

**Trabajo de Grado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO**

**Director
JORGE LUIS CHACON VELASCO
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2.006**

DEDICATORIA

A mi Dios, mi incansable amigo, mi inagotable apoyo, mi fuerza y mi luz; por quien fue posible este sueño y a quien fue dedicado desde el primer día.

A mis padres Gilberto y Mariela, las dos grandes razones para alcanzar con perseverancia y sacrificio esta dura meta y a quienes les debo mucho más, de lo que el resto de mi vida les pueda retribuir.

A mi novia, Maira Paola, mi regalo, sal de mi vida, con quien espero compartir todos los retos que Dios me ofrezca en mi camino.

A mi nonita, Matilde, por ser ese gran ejemplo de fortaleza, honestidad y rectitud son dejar de demostrarme su amor y preocupación.

Oscar Camargo Angarita

DEDICATORIA

A Dios que me dio fuerzas para la culminación exitosa del proyecto.

A mis padres y a mis hermanos que me brindaron su apoyo incondicional.

A mi novia Mary Yenny por su apoyo y comprensión.

Jorge Eliécer Castellanos Benavides

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Jorge Luis Chacón Velasco, director del proyecto y amigo, por su respaldo, confianza y colaboración oportuna.

A la Universidad Industrial de Santander y al director de Escuela de Ingeniería Mecánica, Ingeniero Exposito Lozano, por su colaboración y apoyo al proyecto.

A los ingenieros Jorge García, Jorge Higuera P, Luis Alfredo Niño, Giovanni Torres y Oscar Castellanos por sus valiosos aportes.

A CODIESEL S.A., CAMPESA S.A. y TRANSCOLOMBIA S.A., por el préstamo de sus instalaciones para la realización de las pruebas de campo.

Al ingeniero Leonel Serrano por colaboración desinteresada y oportuna en la realización de las pruebas de campo en CODIESEL S.A.

Al ingeniero Jose Agustin Quintero Ch. por su colaboración

A todos nuestros amigos por su compañía a lo largo de la carrera.

Oscar Camargo Angarita.

Jorge Eliécer Castellanos Benavides.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	22
OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	25
Objetivos Generales	25
Objetivos Específicos	25
JUSTIFICACION	26
1. MARCO TEÓRICO DE LAS TÉCNICAS DESARROLLADAS EN EL PROYECTO DIAGMA D-100	28
1.1. TÉCNICA ANÁLISIS DE GASES Y PORCENTAJE DE OPACIDAD	29
1.1.1. Resumen de la técnica	29
1.1.2. Panel principal del programa	30
1.2. TÉCNICA POTENCIA Y PAR	32
1.2.1. Resumen de la técnica	32
1.2.2. Panel principal del programa	33
1.3. TÉCNICA VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR	34
1.3.1. Resumen de la técnica	34
1.3.2. Panel principal del programa	35
1.4. TÉCNICA VIBRACIONES DEL BLOQUE	37
1.4.1. Resumen de la técnica	38
1.4.2. Panel principal del programa	38
1.5. TÉCNICA PRESIÓN EN LAS LÍNEAS DE INYECCIÓN	39
1.5.1. Resumen de la técnica	39
1.5.2. Panel principal del programa	40

2. MANUAL DE OPERACIÓN DEL PROTOTIPO DE DIAGNOSTICO	
DIAGMA D-100	43
2.1. INTRODUCCION	43
2.2. CARACTERISTICAS	43
2.3. VENTAJAS	43
2.4. DESCRIPCION DE PARTES Y SISTEMAS	44
2.4.1. Primer nivel	44
2.4.2. Segundo nivel	45
2.4.3. Tercer nivel	45
2.4.4. Cuarto nivel	46
2.4.5. Quinto nivel	47
2.4.6. Sexto nivel	47
2.4.7. Nivel superior	47
2.4.8. Parte posterior	48
2.5. ESQUEMA DEL PROTOTIPO	49
2.6. FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS	51
2.7. CAZAFALLAS	51
2.8. PRECAUCIONES	53
2.9. MANTENIMIENTO DEL PROTOTIPO DIAGMA D-100	53
3. MANUAL DE MONTAJE, OPERACIÓN Y PROCEDIMIENTO	
DE LAS PRUEBAS DE CAMPO	54
3.1. FASE 1. PREPARACION	54
3.1.1. Técnica de análisis de gases y porcentaje de opacidad	54
3.1.2. Técnica de potencia y par	55
3.1.3. Técnica de presión de inyección de combustible	55
3.1.4. Técnica de oscilaciones del bloque	55
3.1.5. Técnica de variación de la velocidad angular	55
3.1.6. Herramientas	56

3.2.	FASE 2. MONTAJE	56
3.3.	FASE 3. OPERACIÓN Y PROCEDIMIENTO	63
3.3.1.	Procedimiento general	63
3.3.2.	Procedimiento de realización de pruebas de la técnica de Análisis de gases y porcentaje de opacidad	68
3.3.3.	Procedimiento de realización de pruebas de la técnica de Potencia y par	78
3.3.4.	Procedimiento de realización de pruebas de la técnica de Presión de inyección de combustible	84
3.3.5.	Procedimiento de realización de pruebas de la técnica de Oscilaciones de bloque	87
3.3.6.	Procedimiento de realización de pruebas de la técnica de Variación de la velocidad angular	89
4.	INFORMES TÉCNICOS DE LAS PRUEBAS DE CAMPO	93
4.1.	PORTADA	93
4.2.	RESUMEN	93
4.3.	INTRODUCCIÓN	94
4.4.	OBJETIVOS	94
4.5.	DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA	94
4.5.1.	Instrumentación utilizada	94
4.5.2.	Cadena de Medición	94
4.5.3.	Procedimiento	95
4.6.	RESULTADOS DE LA PRUEBA DE CAMPO	95

4.7. HOJA DE INSPECCIÓN	95
4.8. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	97
4.9. CONCLUSIONES	97
5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE CAMPO	98
5.1. INTRODUCCIÓN	98
5.2. TABLAS DE VALORES DE LAS PRUEBAS DE CAMPO CON MOTORES CERO KILÓMETROS	99
5.2.1. Técnica análisis de gases y porcentaje de opacidad	100
5.2.2. Técnica potencia y par	101
5.2.3. Técnica variación de la velocidad angular	104
5.2.4. Técnica oscilaciones del bloque	105
5.2.5. Técnica presión en las líneas de inyección	106
5.3. VALORES DE REFERENCIA MOTORES CERO KILÓMETROS	108
5.4. LIMITES DE ALERTA Y ALARMA	109
5.5. TABLA DE VALORES DE LAS PRUEBAS DE CAMPO DE MOTORES DE USO PROLONGADO	109
5.6. COMPARACIÓN DE LOS VALORES HALLADOS EN LAS PRUEBAS DE CAMPO	110
RECOMENDACIONES	113
CONCLUSIONES	114
BIBLIOGRAFÍA	116
ANEXOS	118

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Esquema de diagnostico del motor	28
Figura 2. Panel principal técnica de análisis de gases y % Opacidad	30
Figura 3. Panel principal técnica de potencia y par	33
Figura 4. Panel principal técnica variación de la velocidad angular	35
Figura 5. Panel principal técnica de oscilaciones del bloque	38
Figura 6. Panel principal técnica de presión en las líneas de inyección	41
Figura 7. Prototipo DIAGMA D-100. Vista frontal. Vista lateral. Vista posterior.	44
Figura 8. Primer nivel del prototipo DIAGMA D-100	45
Figura 9. Segundo nivel del prototipo DIAGMA D-100	45
Figura 10. Tercer nivel del prototipo DIAGMA D-100	46
Figura 11. Cuarto nivel del prototipo DIAGMA D-100	46
Figura 12. Quinto nivel del prototipo DIAGMA D-100	47
Figura 13. Sexto nivel del prototipo DIAGMA D-100	47
Figura 14. Nivel superior del prototipo DIAGMA D-100	48
Figura 15. Parte posterior del prototipo DIAGMA D-100	48
Figura 16. Esquema del prototipo DIAGMA D-100	50
Figura 17. Ubicación inicial del prototipo DIAGMA D-100	57
Figura 18. Alineación del punto muerto superior	58
Figura 19. Montaje del sensor Hall	58
Figura 20. Acople flexible entre el tubo de escape y tubo de acero	59

Figura 21. Montaje del tubo Pitot y transductor de presión diferencial	59
Figura 22. Sonda tipo S, sonda de muestreo y montaje	60
Figura 23. Instalación de la termocupla tipo “K”	60
Figura 24. Montaje del sensor piezoeléctrico	61
Figura 25. Ensamble del sensor de aceleración	61
Figura 26. Cable de conexión del de aceleración	62
Figura 27. Montaje del sensor de aceleración	62
Figura 28. Botón de inicio	63
Figura 29. Selección del software Nacional Instrument LabView 7.0	64
Figura 30. Opciones del software	64
Figura 31. Selección acceso directo a Diagrama	65
Figura 32. Selección Carpeta principal	65
Figura 33. Contenido de la carpeta principal	65
Figura 34. Selección Canales	66
Figura 35. Panel principal de Canales	66
Figura 36. Selección de la técnica correspondiente	68
Figura 37. Selección de Analizador.IIb	69
Figura 38. Selección FaseDatos.vi	69
Figura 39. Panel principal técnica de análisis de gases y % Opacidad	70
Figura 40. Calibración con aire del programa de análisis de gases y Porcentaje de opacidad	71
Figura 41. Calibración del analizador de gases	72
Figura 42. Valores de la botella de calibración	72
Figura 43. Cuadro indicación para abrir y cerrar la botella de calibración	73
Figura 44. Proceso de calibración con gas patrón	74
Figura 45. Conexión manguera Festo al puerto de muestra del Analizador	74

Figura 46. Cuadro de indicación Prepárese para acelerar	75
Figura 47. Cuadro de indicación Acelere	76
Figura 48. Programa análisis de gases y % Opacidad en operación	76
Figura 49. Datos estadísticos técnica análisis de gases y % Opacidad	77
Figura 50. Selección Soporte01.Ilb	78
Figura 51. Selección de potenciaPF.vi	79
Figura 52. Panel principal de la técnica de potencia y par	79
Figura 53. Cuadro de configuración del momento de inercia	80
Figura 54. Cuadro de indicación de velocidad ralenti	80
Figura 55. Secuencia de ejecución de la prueba de potencia y par	81
Figura 56. Selección de las curvas de potencia y par	82
Figura 57. A. Curvas promedio de par, potencia y pérdidas mecánicas. B. Curvas de par. C. Curvas de potencia.	83
Figura 58. Selección de la carpeta Velocidad	85
Figura 59. Selección de la carpeta algoritmo_Junio17	85
Figura 60. Selección de la carpeta algoritmo_oct22	85
Figura 61. Panel principal técnica de variación de la velocidad angular	86
Figura 62. Selección soporte01.Ilb	87
Figura 63. Selección VibracionesPF.vi	88
Figura 64. Panel principal de la técnica de oscilaciones del bloque	88
Figura 65. Selección Soporte01.Ilb	89
Figura 66. Selección de inyecciónPF.vi	90
Figura 67. Panel principal técnica de presión en las líneas de Inyección	90
Figura 68. Configuración del canal, ángulo de avance y presión máxima	91
Figura 69. Cuadro de indicación de la velocidad ralenti	91
Figura 70. Ejemplo de la cadena de medición	95
Figura 71. Ejemplo de resultados de la prueba en campo	96
Figura 72. Ejemplo de hoja reinspección	96
Figura 73. Mediciones HC ppm	100

Figura 74. Mediciones % CO	100
Figura 75. Mediciones % CO ₂	101
Figura 76. Mediciones % Opacidad	101
Figura 77. Mediciones de Potencia	102
Figura 78. Mediciones de Par	103
Figura 79. Mediciones % compresión	104
Figura 80. Mediciones de aceleración del bloque	106
Figura 81. Mediciones de la presión en las líneas de inyección	107

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Cazafallas del prototipo DIAGMA D-100	51
Tabla 2. Canales de la señal de los sensores	67
Tabla 3. Especificaciones técnicas del motor Diesel Isuzu NPR 4HG1T	99
Tabla 4. Mediciones de las concentraciones halladas en las pruebas de gases y porcentaje de opacidad del motor 4HG1	100
Tabla 5. Mediciones seleccionadas de las concentraciones halladas en las pruebas de gases y porcentaje de opacidad	101
Tabla 6. Mediciones de potencia y par	102
Tabla 7. Mediciones seleccionadas de potencia y par	103
Tabla 8. Mediciones del porcentaje de compresión	104
Tabla 9. Mediciones seleccionadas del porcentaje de compresión	105
Tabla 10. Mediciones de la aceleración el bloque	105
Tabla 11. Mediciones de la presión en las líneas de inyección	106
Tabla 12. Mediciones seleccionadas de la presión en las líneas de inyección	107
Tabla 13. Valores de referencia	108
Tabla 14. Límites de alerta y alarma	109
Tabla 15. Valores obtenidos en el motor de uso prolongado	110
Tabla 16. Comparación de valores con base en los límites de alerta y alarma	111

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. INFORMES PRUEBAS DE CAMPO CODIESEL S.A.	119
Anexo 2. INFORMES PRUEBAS DE CAMPO TRANSCOLOMBIA S.A.	270
Anexo 3. HOJAS DE INSPECCION PRUEBAS	314
Anexo 4. INSTRUMENTACIÓN	321
Anexo 5. RESUMEN DE ESTADISTICA	335

NOMENCLATURA O GLOSARIO

Relación aire combustible (A/F)

Momento de inercia (I)

Aceleración angular (α)

Momento efectivo o par del motor (M_e)

Potencia efectiva del motor (P)

Motor de combustión interna alternativo (MCIA)

Punto Muerto Superior (PMS)

Punto Muerto Inferior (PMI)

- **PROYECTO DIAGMA D-100:** nombre general del proyecto, compuesto por siete proyectos de grado y un proyecto de maestría, titulado: “Diseño y Desarrollo de un Prototipo para el Monitoreo y Diagnóstico del Estado de Motores Diesel a Partir de Técnicas No Invasivas Fase I”.
- **POTENCIA AL FRENO:** es la potencia disponible en el eje de la máquina.
- **POTENCIA INDICADA:** es la potencia desarrollada dentro del cilindro del motor por la expansión de los gases de la combustión.
- **POTENCIA POR PÉRDIDAS MECÁNICAS:** es la potencia que se pierde por fricción.
- **POTENCIA NETA:** es la potencia máxima disponible procedente del motor con todos los accesorios activados.

- **POTENCIA BRUTA:** es la potencia disponible por cortos períodos de tiempo.
- **POTENCIA EFECTIVA:** es la potencia indicada menos las pérdidas.
- **LAMBDA:** es la relación entre el aire consumido por el motor y el aire calculado en la estequiometría de la mezcla.
- **FLUJO TOTAL:** es la masa de gas de escape que sale por unidad de tiempo.
- **CALIBRACIÓN:** configurar el equipo de tal forma que la lectura obtenida sea igual a la medida patrón conocida.
- **GAS PATRÓN:** gas contenido en las botellas con las cuales se realiza la calibración del analizador de gases.
- **CILINDRO:** Pieza exterior fija, dentro de la cual se realiza la explosión de la mezcla de aire y combustible.
- **PISTÓN:** Pieza móvil, que se desliza, en sentido ascendente/ descendente, por el interior del cilindro. Su misión es convertir la energía térmica en energía cinética, ya que cuando se produce la combustión, los gases hacen que éste se desplace con fuerza hacia abajo y mediante un mecanismo (biela-manivela-cigüeñal) vuelve de nuevo hacia arriba produciéndose un movimiento rectilíneo.
- **BIELA:** Ésta pieza, junto con la manivela y el cigüeñal, transforma el movimiento rectilíneo del pistón en movimiento circular.

- **CARTER DEL MOTOR:** Es el mecanismo formado por el conjunto de la biela, manivela y cigüeñal.
- **CULATA / CAMISA:** Compone la parte superior del cilindro.
- **P.M.I.:** (Punto muerto inferior) Es cuando el pistón está en su punto más bajo.
- **P.M.S.:** (Punto muerto superior) Es cuando el pistón está en su punto más alto.
- **MOTORES DE DOS Y CUATRO TIEMPOS:** Según como realizan los ciclos de trabajo se pueden clasificar en motores de dos o de cuatro tiempos: Un ciclo de trabajo se compone de cuatro fases: Admisión (se introduce el aire y el combustible al interior del cilindro), Compresión (se juntan el aire y el combustible y forma la mezcla). Combustión-expansión (la mezcla se calienta, bien por compresión o bien por una chispa eléctrica, se quema y se producen los gases que mueven el pistón). Escape (se liberan los gases producidos en la combustión de la mezcla).
- **MOTORES DE ENCENDIDO PROVOCADO (MEP):** Este tipo de motores necesitan algún tipo de mecanismo para poder calentar la mezcla y que se produzcan los gases que accionan el movimiento del pistón. Esto se consigue gracias a la bujía, una pieza que se coloca en la parte superior del cilindro y produce una chispa eléctrica, lo que causa la ignición.
- **MOTORES DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN O DIESEL:** En este tipo de motores la compresión es tan elevada que no es necesario ningún tipo de mecanismo, ya que la mezcla al estar sometida a tanta presión se produce la combustión. Este tipo de motores llevan unos precalentadores para garantizar el arranque del motor, son sobretodo necesarios en días fríos.

RESUMEN

TÍTULO: ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN DEL PROTOTIPO DE DIAGNOSTICO DIAGMA D-100 Y DEL PROCEDIMIENTO DE LAS PRUEBAS PARA MOTORES DIESEL *

AUTORES: OSCAR CAMARGO ANGARITA.
JORGE ELIÉCER CASTELLANOS BENAVIDES. **

PALABRAS CLAVES: manual, prototipo, diagnostico, pruebas, motor, Diesel.

DESCRIPCIÓN:

El objetivo del proyecto gira en torno a la realización de las pruebas de campo de las técnicas contenidas en el proyecto DIAGMA D-100, tanto en motores cero kilómetros como en motores con uso prolongado, con el fin de caracterizar un motor representativo del parque automotor del área metropolitana de Bucaramanga. Además el proyecto está dirigido a dotar a los futuros investigadores, de una herramienta con la cual tengan la posibilidad de aprender rápidamente la operación correcta del prototipo y a su vez, cuenten con la metodología suficiente para llevar a cabo las pruebas de las diferentes técnicas contenidas en dicho proyecto.

Con base en las pruebas realizadas en las instalaciones de la empresa CODIESEL S.A. se diseñó el procedimiento que consta de tres fases: preparación, montaje y ejecución. La primera fase comprende la preparación de los instrumentos de medición y la revisión del equipo; la fase de montaje trata de la ubicación e instalación de los diferentes sensores y finalmente la tercera fase ilustra todos los pasos necesarios para la operación de los programas de cada una de las técnicas.

Por medio de los resultados obtenidos de las pruebas en motores cero kilómetros se determinaron los valores de referencia de las variables implicadas en cada una de las técnicas, se calcularon los límites de alerta y alarma y se realizó la comparación con el respectivo diagnóstico de un motor con uso prolongado perteneciente a la empresa TRANSCOLOMBIA S.A.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ciencias Físico – Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Jorge Luis Chacón V.

SUMMARY

TITLE: ELABORATION OF THE OPERATING MANUAL OF THE DIAGMA D-100 DIAGNOSIS PROTOTYPE AND OF THE PROCEDURE OF THE PROOFS FOR DIESEL MOTORS*.

AUTHORS: OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIÉCER CASTELLANOS BENAVIDES**

KEY WORDS: manual, prototype, diagnosis, proofs, motor, Diesel.

DESCRIPTION:

The objective of the project is led to carry out the field proofs of the techniques contained in the DIAGMA D-100 project, both in zero kilometer motors and motors with prolonged use, with the purpose to characterize a representative motor of the auto-motor park in the metropolitan area of Bucaramanga. Also, the project is led to provide with a tool the future researchers to have the possibility of learning quickly the correct operation of the prototype and at the same time that they can use the enough methodology to carry out the proofs of the different techniques contained in the mentioned project.

Based on the proofs carried out in the installations of the company CODIESEL S.A., it was designed the procedure which consists of three phases: preparation, assembly and execution. The first phase consists of the preparation of the measuring instruments and the overhaul of the equipment; the assembly phase is about location and installation of the different sensors and finally the third phase instructs all the steps needed to operate the different programs of each technique.

By means of the results obtained of the proofs in zero kilometer motors it was determined the reference values of the variables implicated in each technique, it was calculated the alert and alarm limits and it was carried out the comparison with the respective diagnosis of a motor with prolonged use which belong to the company TRANSCOLOMBIA S.A.

* Graduation Project

** Physical - Mechanical Sciences Faculty. Mechanical Engineering School. Engineer Jorge Luis Chacón V.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el mundo ha venido creciendo tecnológicamente de una forma sorprendente, la industria ofrece productos cada vez más sofisticados y al alcance de todos, la competencia esta a la orden del día, la premisa, solo sobrevive el más fuerte, se cumple a cabalidad, los distintos mercados se esfuerzan por sostenerse en la cumbre de la innovación, utilizando la eficiencia como la clave de la competitividad basada en la producción. Uno de los sectores mas competidos, en el que las diferencias se marcan principalmente por la agilidad en la prestación del servicio, es el sector del transporte, buscar soluciones que aumenten la eficiencia de las empresas y a su vez disminuyan los costos de mantenimiento, es la mentalidad que una empresa exitosa debe asumir. Varios factores hacen necesario mantener los vehículos en buen estado, con miras a obtener un máximo aprovechamiento de trabajo, menor consumo de combustible y reducción de paradas no programadas, además, las normativas en cuanto al aspecto ambiental, exige que el vehículo cumpla con requerimientos de calidad que certifiquen un funcionamiento óptimo del motor. Teniendo en cuenta lo anterior, se visualizó la necesidad de un equipo que minimizara estas paradas y realizará un diagnóstico detallado del estado del motor, además, de reducir los costos correspondientes al desmonte de partes y piezas, necesario para una revisión convencional, como se realiza en la actualidad, la respuesta a esta necesidad se desea conseguir con el desarrollo del “Prototipo de Diagnostico de Máquinas Alternativas Diesel Fase 1 DIAGMA D-100” objeto de estudio en este proyecto.

El prototipo DIAGMA D-100 es el equipo diseñado para el diagnóstico de motores Diesel de cuatro tiempos, basado en métodos no intrusivos. Consta de los diferentes dispositivos necesarios para llevar a cabo las técnicas, dirigidas a la

determinación de la potencia y par, el análisis de los gases de escape y opacidad, el diagnóstico del sistema de inyección de combustible, de la compresión relativa y el aporte a la combustión de cada cilindro; esta metodología ha sido desarrollada por estudiantes en pregrado, estudiantes de maestría y profesionales que forman parte del Grupo de Investigación en Energía y Medio Ambiente (GIEMA), autores de los proyectos específicos que dieron forma al trabajo global ya mencionado, dichos proyectos son: “Construcción de un módulo sensor transmisor para las emisiones de CO, CO₂, C₃H₈ y opacidad en motores Diesel sin carga”; “Determinación de la potencia y el par en motores de combustión interna mediante la técnica de aceleración libre”; “Metodología para la evaluación de la combustión y compresión de motores diesel mediante las oscilaciones del bloque”; “Diagnostico de fallas en motores térmicos alternativos mediante el análisis de la variación de la velocidad angular” y “Metodología para el diagnostico del sistema de inyección de motores Diesel a partir de las líneas de inyección”; todos ellos, pertenecientes a la fase inicial, que clausuramos con el trabajo realizado en el presente libro.

Nuestro proyecto “Elaboración del Manual de Operación del Prototipo de Diagnóstico Diagma D-100 y del Procedimiento de las Pruebas Para Motores Diesel” compuesto por cinco capítulos, está dirigido hacia la correcta operación del software, hardware, procedimientos y fases necesarias para la realización e implementación de las pruebas correspondientes a cada una de las técnicas; la determinación de los valores de referencia de las variables implicadas en cada técnica; el cálculo de los límites de alerta y alarma basados en estos valores y la validación con un motor empleado en el transporte urbano de la ciudad de Bucaramanga.

El Capítulo 1 presenta un resumen de las técnicas contenidas en el proyecto DIAGMA D-100 y provee información necesaria para el reconocimiento del

software correspondiente. Este capítulo es fundamental para la comprensión del procedimiento y lectura de las pruebas.

El Capítulo 2 presenta la parte física del Prototipo Diagma D-100; su estructura, niveles que lo conforman, características, partes y sistemas, muestra el esquema de sus dispositivos principales para facilitar la visualización de la cadena de medición dentro de cada técnica y prepara al operario para solucionar los problemas que se puedan presentar, además, se dan algunas recomendaciones de mantenimiento y precauciones para el correcto funcionamiento del Prototipo.

El Capítulo 3 se divide en tres grandes fases: La primera ilustra la preparación que se debe llevar a cabo antes de efectuar una prueba, la segunda fase muestra muy gráficamente la forma adecuada y el orden a seguir para el montaje de los dispositivos que conforman el prototipo, por último la tercera fase nos enseña el procedimiento a seguir para la ejecución de cada una de las pruebas y sus respectivos requerimientos.

El Capítulo 4 detalla y explica las partes del informe técnico de cada una de las pruebas, tomando como base un informe modelo. La totalidad de los informes técnicos correspondientes a las pruebas de campo, se encuentran consignados en los anexos 1 y 2 de este libro.

El Capítulo 5 contiene el análisis de los resultados obtenidos en las pruebas de campo, muestra los valores de referencia extraídos de las pruebas de campo con motores cero kilómetros y los confronta con los valores obtenidos en un motor de uso prolongado perteneciente al transporte urbano de la ciudad, finalmente se establecen los límites de alerta y alarma.

En conclusión, el libro es una herramienta fundamental para la correcta operación del equipo y realización eficiente de las pruebas de campo, el esfuerzo de explicar

a fondo cada detalle, muestra un texto de fácil comprensión con gráficas claras y reveladoras, que abren la puerta para que futuros investigadores continúen la ardua labor de convertir el Prototipo Diagma D-100, en un equipo muy fiable y completo que responda a las necesidades del mercado automotriz, además, de servir de ejemplo, para que busquemos en nuestras universidades y profesionales, las respuestas a los problemas de un país deseoso de desarrollo y tecnología.

OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

Objetivos Generales

- Contribuir con la misión de la Universidad en la formación de profesionales idóneos y capacitados para la solución de problemas de la región y del país.
- Retribuir a la sociedad, la educación otorgada en la universidad pública mediante la generación de nuevas tecnologías en el diagnóstico de motores diesel.

Objetivos Específicos

- Elaboración del manual de procedimiento dirigido hacia la documentación acerca de la operación del software, hardware, procedimientos y fases necesarias para la realización e implementación de cada una de las técnicas dentro de la nueva metodología del mantenimiento.
- Realizar las pruebas de campo en motores Diesel de 4T nuevos, (aproximadamente cero kilómetros), con el fin de hallar los límites de alerta y alarma que servirán como referencia de las variables correspondientes a cada una de las técnicas: *Técnica Potencia y Par*, *Técnica Análisis de Gases y Opacidad*, *Técnica Oscilaciones del Bloque*, *Técnica de Análisis*

del sistema de Inyección de Combustible, Técnica Variación de la Velocidad Angular.

- Realizar las pruebas de campo en motores diesel cuatro tiempos, de buses del sector de transporte urbano en servicio actual, para medir las variables correspondientes a cada una de las técnicas.
- Comparar los valores de referencia establecidos en las pruebas de campo sobre motores nuevos, con los valores hallados en motores actualmente en servicio para determinar y cuantificar la desviación del funcionamiento óptimo del motor.
- Evaluación, optimización y normalización de las hojas de inspección diseñadas para cada una de las técnicas ya mencionadas.

JUSTIFICACIÓN

Este proyecto busca mediante la elaboración del manual de operación y procedimiento, documentar el manejo correcto del prototipo diseñado para el proyecto DIAGMA D-100 y los distintos procedimientos utilizados en cada una de las técnicas contenidas en el proyecto, estas son: *Técnica Potencia y Par, Técnica Análisis de Gases y Opacidad, Técnica Oscilaciones del Bloque, Técnica de Inyección de Combustible y Técnica Variación de la Velocidad Angular*, este manual también constituye una herramienta fundamental en la operación del software y el manejo de las distintas variables que intervienen en su ejecución, contando con la información necesaria para la realización e implementación de las pruebas de cada una de las técnicas ya mencionadas. Con la elaboración de dichas pruebas obtendremos los límites de alerta y alarma que servirán de referencia en la cuantificación del funcionamiento de un motor nuevo (cero kilómetros). También se realizarán pruebas de campo en un vehículo del transporte urbano del Área Metropolitana de Bucaramanga, consiguiendo los

valores de las variables implicadas en cada técnica, para establecer una comparación entre los motores nuevos y los motores en actual operación y de esta forma hallar la desviación de estos valores con respecto a los de referencia. Cada prueba contará con su respectivo informe y el procedimiento recomendado para pruebas experimentales.

Estas pruebas serán un punto clave para establecer la cuantificación y la descripción del comportamiento de un motor que presenta fallos en su funcionamiento y así determinar un diagnóstico acertado.

1. MARCO TEÓRICO DE LAS TÉCNICAS DESARROLLADAS EN EL PROYECTO DIAGMA D-100

Con el objeto de entregar un conocimiento global del diagnóstico efectuado por el prototipo DIAGMA D-100, este capítulo presenta el resumen correspondiente a cada una de las técnicas desarrolladas en dicho proyecto, así como, la explicación de los paneles principales de los programas correspondientes. Esto servirá para facilitar la lectura de los resultados obtenidos en las pruebas de campo, que veremos más a fondo en capítulos posteriores. La figura 1 muestra el orden de ejecución de las pruebas empleando el prototipo Diagma D-100, este orden se establece, con base en los resultados que debe arrojar el desarrollo de cada prueba, con miras a realizar un diagnóstico completo del motor.

Figura 1. Esquema de diagnostico del Motor



Fuente: Giema

El primer nivel esta compuesto por dos técnicas: Análisis de gases y porcentaje de opacidad y Potencia y Par; con la primera técnica se obtienen las concentraciones de los gases de escape, detectando si existen problemas de combustión; con la

segunda técnica se mide la potencia relativa y el par del motor y se determina el comportamiento global del vehículo. El segundo nivel contiene las técnicas: Variación de la velocidad angular y Oscilaciones del bloque; con ellas podemos observar el comportamiento de cada cilindro para dar un diagnóstico más localizado y específico. Finalmente se encuentra la técnica Presión en las líneas de inyección que muestra el valor de la presión en las líneas de inyección para cada cilindro y su respectivo ángulo de avance.

De esta forma se realiza un diagnóstico progresivo del motor con métodos no intrusivos de una manera práctica y rápida, que redundará en disminución de tiempos de paradas y gastos de mantenimiento.

1.1. TÉCNICA ANÁLISIS DE GASES Y PORCENTAJE OPACIDAD

1.1.1. Resumen de la técnica. El fin primordial del análisis de gases es determinar el valor y comportamiento de los diferentes gases de escape y relacionarlos con un proceso de combustión eficiente. Con un análisis de gases es posible determinar las anomalías en los requerimientos necesarios para un buen proceso de combustión:

- Preparación adecuada de la mezcla aire-combustible
- Emisiones fuera de parámetros

Además, determinar si las emisiones de gases que genera el motor están dentro de los rangos correctos establecidos por la normativa nacional e internacional.

Esta técnica utiliza el Analizador de Gases compuesto por una serie de módulos para la medición de las emisiones, estos valores son el principio para entrar a diagnosticar cuales sistemas se encuentran funcionando fuera de especificaciones o con ajustes imprecisos, verificando los niveles que están muy altos o muy bajos,

- **Menú principal:** muestra cuatro ventanas que componen el programa de análisis de gases y opacidad, nombradas en orden de izquierda a derecha son: *EMISIONES, GRAFICAS, ESTADISTICAS 1, ESTADISTICAS 2*; en la primera ventana podemos ver el panel frontal con todos los datos principales que inciden en esta técnica. La segunda ventana contiene las gráficas que muestran el registro de la señal en tiempo real a lo largo de la prueba. La tercera ventana muestra la estadística de los porcentajes de la concentración del gas de escape y opacidad en ralentí y los valores máximos de cada una de las tres aceleraciones. La cuarta ventana contiene la estadística de los valores de los flujos máxicos de los componentes del gas de escape en ralentí y los valores máximos de cada una de las tres aceleraciones.
- **Indicadores de velocidad:** muestra el valor de la velocidad en rpm a lo largo de la prueba.
- **Indicadores de temperatura y humedad:** en este espacio podemos observar el comportamiento de la temperatura a medida que se realiza la prueba.
- **Valores significativos:** aquí encontramos los valores de *LAMBDA, relación A/F y FLUJO TOTAL* hallados en la prueba.
- **Indicadores de concentración del gas y porcentaje de opacidad:** muestra el valor de la concentración del gas de escape y su porcentaje de opacidad.
- **Tablero del estado del equipo:** este recuadro muestra el estado del equipo de medición. Por medio de unos pequeños botones que se encienden, se alerta de la presencia de algún problema.
- **Indicadores de flujos:** muestra el valor del flujo máxico de los componentes del gas de escape.

- **Botones para comando de la prueba:** este espacio contiene los botones para iniciar y terminar la prueba, el botón *cero* da la posibilidad de calibrar el programa con el aire ambiente, y por medio del botón *calibrar*, utilizando gas patrón con concentraciones específicas conocidas, se calibra el programa.

1.2. TÉCNICA POTENCIA Y PAR

1.2.1. Resumen de la técnica. Esta técnica se desarrolla mediante el método de la aceleración libre. Esta medición se basa en que la potencia producida por el motor durante la aceleración sin carga es proporcional a la aceleración angular del mismo (α). La constante de proporcionalidad es el momento de inercia del conjunto del motor (I).

$$N_e = M_e \cdot \omega$$

El procedimiento consiste en acelerar a plenos gases (acelerar hasta llegar al tope del acelerador) y medir la aceleración angular del motor mediante el tiempo requerido para pasar de un régimen de giro inferior a otro superior.

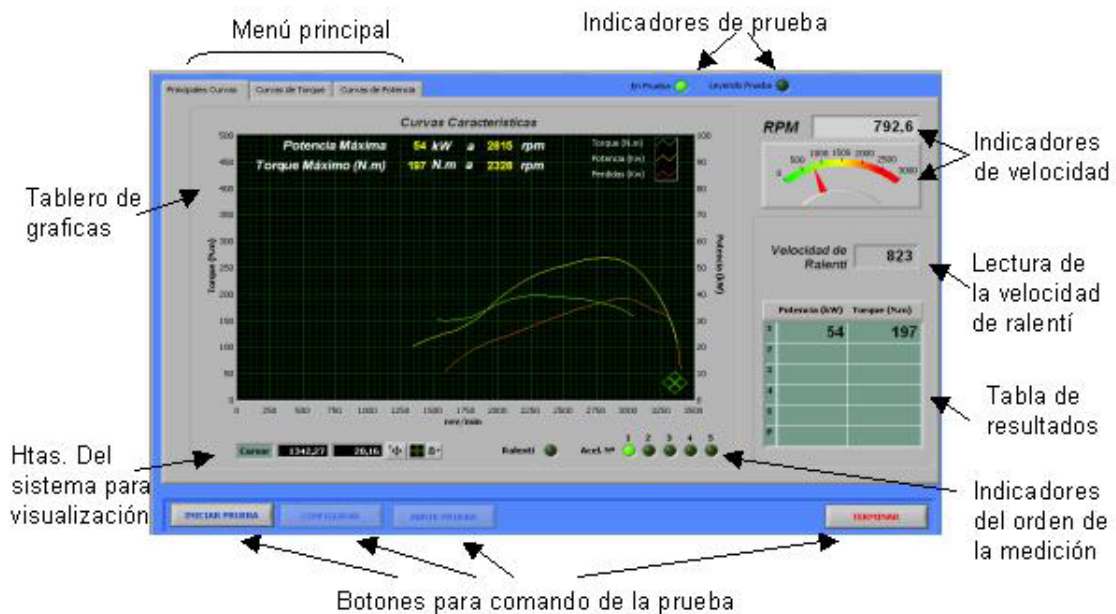
El momento de inercia (I) es necesario estimarlo a partir de motores en buen estado, debido a que no es conocido de antemano, y generalmente no es suministrado por el fabricante y experimentalmente medirlo con exactitud es muy difícil y costoso. Si se mide la deceleración del motor se pueden calcular las pérdidas mecánicas del motor y por lo tanto, la potencia indicada.

El software de esta técnica se elaboró en LabVIEW, está constituido por tres ventanas principales, que nos muestran los datos de la prueba. En el siguiente numeral, encontramos la explicación detallada del panel principal y de su contenido.

1.2.2. Panel principal del programa. En la figura 3 podemos observar las diferentes partes que comprenden el software de potencia y par. Cada una de ellas nos ofrece datos importantes para la realización de las pruebas. Dichas partes son:

- **Menú principal:** Muestra tres ventanas que componen el software de potencia y par, nombradas en orden de izquierda a derecha son: *Principales curvas*, *Curvas de Par*, *Curvas de Potencia*; en la primera ventana podemos ver todos los datos principales que inciden en esta técnica, las siguientes ventanas muestran las curvas promedio respectivas de par y potencia, los puntos tabulados para construcción de las curvas, como también los datos de par y potencia máximos con su respectiva velocidad en rpm.

Figura 3. Panel principal. Técnica de potencia y par.



Fuente: Programa Potencia y par

- **Indicadores de prueba:** Muestra si se está realizando una prueba o simplemente se está leyendo.

- **Indicadores de velocidad:** Indica la variación de la velocidad en rpm a lo largo de la prueba.
- **Lectura de velocidad en ralentí:** Muestra la velocidad de ralentí del motor en rpm.
- **Tabla de resultados:** Allí se consignan los datos de par y potencia promedio en cada una de las mediciones (aceleraciones) y el promedio de toda la prueba al final de esta.
- **Indicadores del orden de la medición:** Muestra qué aceleración se está llevando a cabo.
- **Tablero de gráficas:** Aquí podemos observar tres curvas que nos muestran el comportamiento del motor en cuanto al par, la potencia y pérdidas mecánicas, también nos ofrece los datos de par y potencia máxima y su respectiva velocidad.
- **Botones para comando de la prueba:** Este espacio contiene los botones para iniciar y terminar la prueba, el botón *CONFIGURAR*, el cual permite cambiar el valor del momento de inercia del motor y el botón *ABRIR PRUEBA*, por medio del cual, se puede observar una prueba antes realizada.

1.3. TÉCNICA VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR

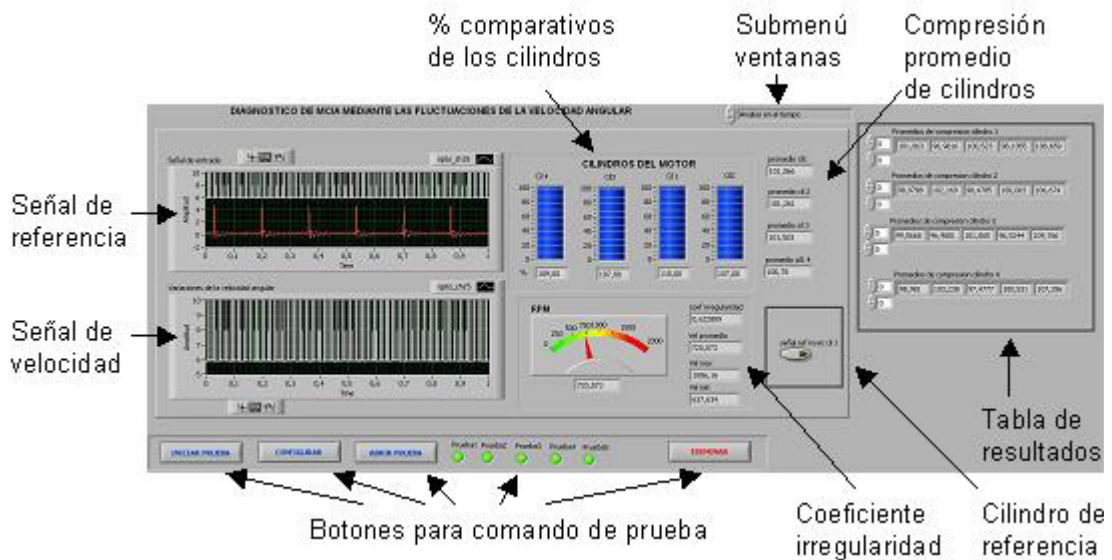
1.3.1. Resumen de la técnica. La técnica de medición de la velocidad angular en el motor Diesel implementa una metodología rápida de diagnóstico de tipo no invasivo, para detectar fallos de combustión y compresión en el motor, y mediante técnicas de procesamiento digital de señales en tiempo-frecuencia se realiza el

análisis de la variación de la velocidad angular, utilizando un sensor tipo óptico, en la polea del cigüeñal del motor.

El software de esta técnica también se elaboró en LabVIEW, está constituido por cuatro ventanas principales, que nos muestran los datos de la prueba. En el siguiente numeral, encontramos la explicación detallada del panel principal.

1.3.2. Panel principal del programa. En la figura 4 se observan las partes que comprenden el software de variación de la velocidad angular. Cada una de ellas nos ofrece datos importantes para la realización de las pruebas. Dichas partes son:

Figura 4. Panel principal. Técnica de variación de la velocidad angular.



Fuente: Programa Variación de la velocidad angular

- **% comparativos de los cilindros:** Los valores que encontramos en este espacio corresponden a los porcentajes de comparación entre cada uno de los cilindros y el cilindro de referencia.

- **Submenú Ventanas:** Mediante la flecha podemos desplazarnos dentro de las ventanas que hacen parte del programa, estas ventanas son: *Análisis en el tiempo*, (Ver figura 4), esta es la ventana que se debe mantener durante la ejecución de la prueba; *Análisis en dominio angular*, nos permite observar el comportamiento de la señal de velocidad en forma sinusoidal; *Análisis en dominio frecuencia*, muestra el espectro de la señal y el histograma de este; *configuración*, sirve para predeterminar el nivel de los picos, ver el número de picos detectados, algunas muestras de la señal y el estatus del programa.
- **Compresión promedio de los cilindros:** Arroja los valores promedio de la compresión para cada cilindro.
- **Tabla de resultados:** Contiene los valores promedio obtenidos a lo largo de la prueba.
- **Señal de referencia:** Comprende el valor de referencia de la presión con la cual se comparan los cuatro cilindros, por lo cual se obtienen los porcentajes ya antes vistos.
- **Coefficiente de irregularidad:** Dice que grado de estabilidad tiene la velocidad de los cilindros durante la prueba.
- **Señal de velocidad:** En esta gráfica se muestra la señal de velocidad obtenida del sensor foto-reflexivo.
- **Señal de Referencia:** En este cuadro observamos la señal de referencia proveída por el sensor piezoeléctrico y la señal de velocidad.
- **Botones para comando de la prueba:** Este espacio contiene los botones para iniciar y terminar la prueba, el botón *CONFIGURAR* y el botón *ABRIR*

PRUEBA, por medio del cual podemos observar una prueba antes realizada. Además tenemos cinco indicadores del orden de desarrollo de la prueba.

1.4. TÉCNICA DE LAS OSCILACIONES DEL BLOQUE

1.4.1. Resumen de la técnica. Durante el funcionamiento de un MCI A puede aparecer un gran número de fallos y defectos en el sistema de inyección, pérdidas de compresión, anomalías en el sistema de arranque, fallos mecánicos, holguras entre las camisas y pistones o entre rodamientos y ejes, etc. Existen dos métodos para la identificación de estos fallos: directos e indirectos.

En los últimos años, han sido desarrolladas y validadas un gran número de técnicas de mantenimiento basadas en ésta condición. Las principales diferencias entre los métodos directos e indirectos son fundamentalmente, la utilización de un sensor de aceleración para medir la aceleración tangencial del bloque del motor, la sencillez del modelo físico empleado y el análisis de la señal tanto en dominio temporal como en el dominio frecuencia.

El trabajo realizado por (Borily 1998) y (Tormos, Olmeda, P y Chacón, J.L)¹, que tiene en cuenta las características del sistema formado por el motor y los apoyos elásticos, permite tanto el estudio de las oscilaciones del bloque motor como su relación con el funcionamiento o condición del mismo.

En primer lugar, se supone que el motor está montado de tal forma que oscila alrededor de un eje que es paralelo al cigüeñal y pasa por su centro de gravedad. Estas oscilaciones del bloque motor pueden medirse colocando un sensor de aceleración lo más lejos posible del eje de oscilación y transversalmente al mismo,

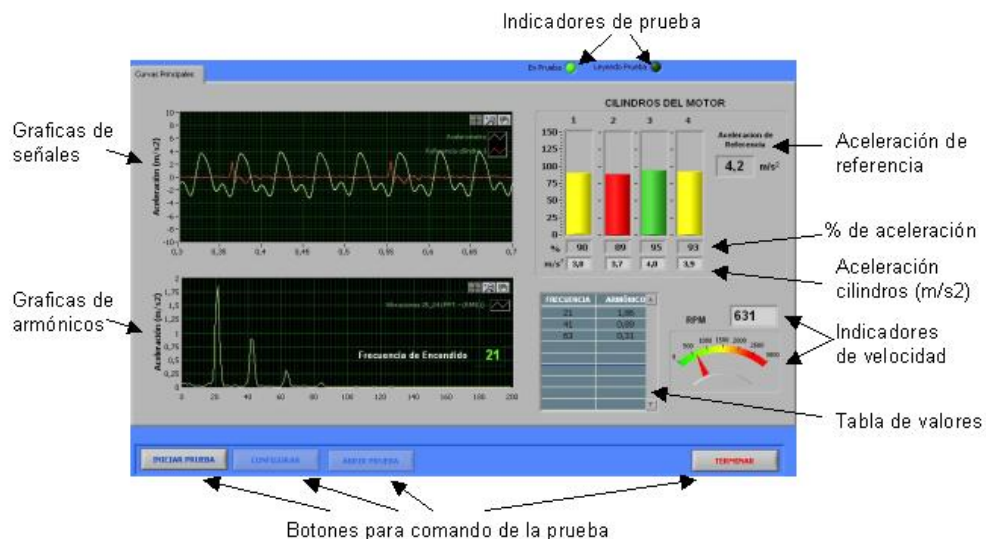
¹ Tormos, B. et al.,2001. *Engine Fault Detection Through Analysis of Rolling Block Oscillations*. 3er International Conference on Control and Diagnostics in Automotive Applications. Siestre Levante, Italy, 2001

de manera que se obtenga la aceleración tangencial de ese punto que es proporcional a la oscilación del bloque.

El software de esta técnica se elaboró en el ambiente LabVIEW, está constituido por una sola ventana principal, que nos muestra los datos de la prueba. En el siguiente numeral encontramos la explicación detallada del panel principal.

1.4.2. Panel principal del programa. En la figura 5, podemos observar las diferentes partes que comprenden el software de oscilaciones del bloque. Cada una de ellas nos ofrece datos importantes para la realización de las pruebas. Dichas partes son:

Figura 5. Panel principal. Técnica de oscilaciones del bloque.



Fuente: Programa Oscilaciones del bloque

- **Indicadores de prueba:** Muestran el estado del programa, es decir, si se está realizando una prueba o simplemente se está leyendo.
- **Aceleración de referencia:** Este indicador nos enseña el valor de referencia de la aceleración del bloque, sobre el cual se calcularán los porcentajes correspondientes a cada uno de los cilindro.

- **Porcentaje de aceleración:** Es el valor del porcentaje de la aceleración de cada cilindro con respecto a la aceleración de referencia.
- **Aceleración de los cilindros:** Es el valor de la aceleración de cada cilindro en m/s^2 .
- **Indicadores de velocidad:** Indica la variación de la velocidad en rpm a lo largo de la prueba.
- **Tabla de valores:** Presenta el valor de la amplitud de los armónicos (aceleración en m/s^2) y su correspondiente frecuencia.
- **Graficas de armónicos:** Muestra gráficamente los armónicos de la tabla de valores.
- **Graficas de señales:** En esta gráfica observamos la señal de referencia (color rojo) proveniente del sensor piezoeléctrico y la señal del sensor de aceleración (color blanco).
- **Botones para comando de la prueba:** Este espacio contiene los botones para iniciar y terminar la prueba, el botón *CONFIGURAR*, nos permite predeterminar la aceleración de referencia y los límites de alerta y alarma, y el botón *ABRIR PRUEBA*, por medio del cual podemos observar una prueba antes realizada.

1.5. TÉCNICA PRESIÓN EN LAS LÍNEAS DE INYECCIÓN

1.5.1. Resumen de la técnica. La técnica consiste básicamente en la obtención del diagrama de presiones en las líneas de alta presión del sistema de inyección.

El diagrama de presiones representa el comportamiento de la presión en el eje ordenado versus el ángulo de giro del cigüeñal en el eje abcisa en tiempo real para todos los cilindros (máximo seis).

Para la obtención de los valores en las líneas de alta presión se utilizan sensores de presión (piezoeléctricos) en forma de abrazaderas. Estos sensores se sujetan a la línea de alta presión y gracias a sus propiedades, arrojan una diferencia de voltaje proporcional (Intensidad de Corriente) a la deformación del tubo producto del incremento de la presión en el instante de la inyección.

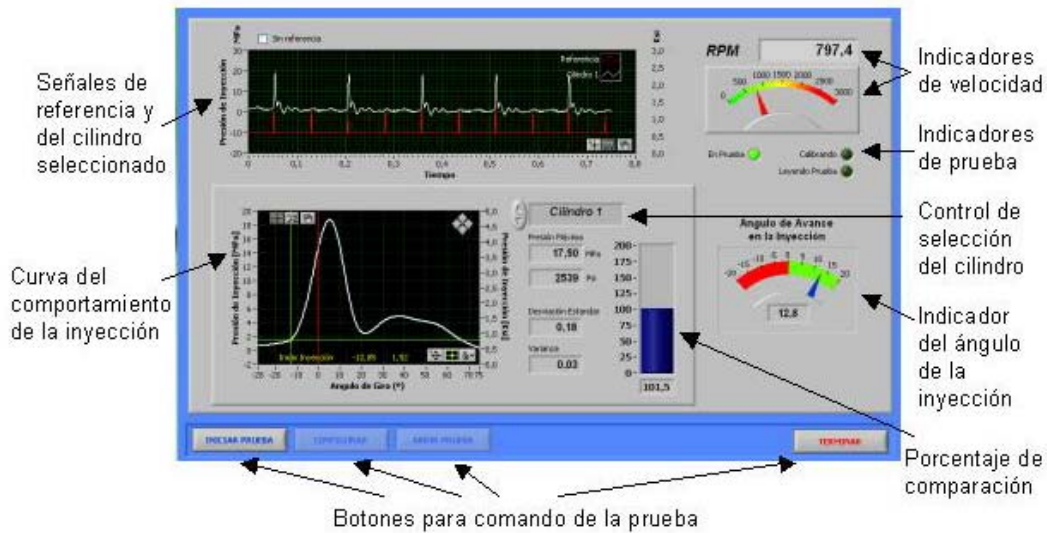
También se obtiene el PMS con la ayuda de un sensor de velocidad y la muesca de referencia del PMS del primer cilindro ubicado en el volante de cigüeñal, superponiendo las dos señales se obtendrá el avance de la inyección.

El software de esta técnica también se elaboró en LabVIEW, está constituido por una sola ventana principal, que nos muestran los datos de las pruebas. En el siguiente numeral encontramos la explicación detallada del panel principal y de su contenido.

1.5.2. Panel principal del programa. En la figura 6, podemos observar las diferentes partes que comprenden el software de presión en las líneas de inyección, cada una de ellas nos ofrece datos importantes para la realización de las pruebas, dichas partes son:

- **Indicadores de velocidad:** Indica la variación de la velocidad en rpm a lo largo de la prueba.
- **Indicadores de prueba:** Muestra el estado del programa, es decir, si se está realizando una prueba o simplemente si se está leyendo.

Figura 6. Panel principal. Técnica de presión en las líneas de inyección.



Fuente: Programa Presión en las líneas de inyección

- Control de selección del cilindro:** En este control podemos escoger cual de los cuatro cilindros queremos medir, dando clic sobre las flechas arriba-abajo ubicadas en el lado izquierdo del cuadro. Es necesario configurar los canales que utilizarán cada cilindro.
- Indicador del ángulo de la inyección:** Muestra el valor del ángulo de avance de la inyección.
- Porcentaje de comparación:** Realiza una comparación con respecto a un valor de referencia establecido previamente.
- Curva de comportamiento de la inyección:** En esta gráfica observamos el comportamiento de la presión de inyección a medida que varía el ángulo de inyección.
- Señales de referencia y del cilindro seleccionado:** En esta gráfica observamos la señal de referencia (color rojo) proveniente del sensor Hall de

velocidad y la señal de presión (color blanco) enviada por el sensor piezoeléctrico.

- **Botones para comando de la prueba:** Este espacio contiene los botones para iniciar y terminar la prueba, botón *CONFIGURAR*, se utiliza para calibrar el ángulo de inyección y la presión, así como, para predeterminar los canales correspondientes a cada cilindro; y el botón *ABRIR PRUEBA*, nos permite visualizar una prueba realizada anteriormente.

2. MANUAL DE OPERACIÓN DEL PROTOTIPO DE DIAGNÓSTICO DIAGMA D-100

2.1. INTRODUCCIÓN

El prototipo DIAGMA D-100 es el equipo diseñado para el diagnóstico de motores Diesel de cuatro tiempos, basado en métodos no intrusivos. Consta de los diferentes dispositivos necesarios para llevar a cabo las pruebas de las técnicas contenidas en el proyecto DIAGMA D-100.

2.2. CARACTERÍSTICAS

El prototipo DIAGMA D-100 posee las siguientes características:

- Dimensiones: 70 cm de ancho, 113 cm de alto y 88 cm de profundidad.
- Color azul y gris metalizado con el objeto de hacer contraste, caracterizar funciones y soportar las condiciones de trabajo.
- Posee cuatro ruedas para facilitar su desplazamiento, las dos laterales poseen seguro.
- Posee dos brazos de sujeción que le dan rigidez a su estructura y sirven para su maniobrabilidad.

2.3. VENTAJAS

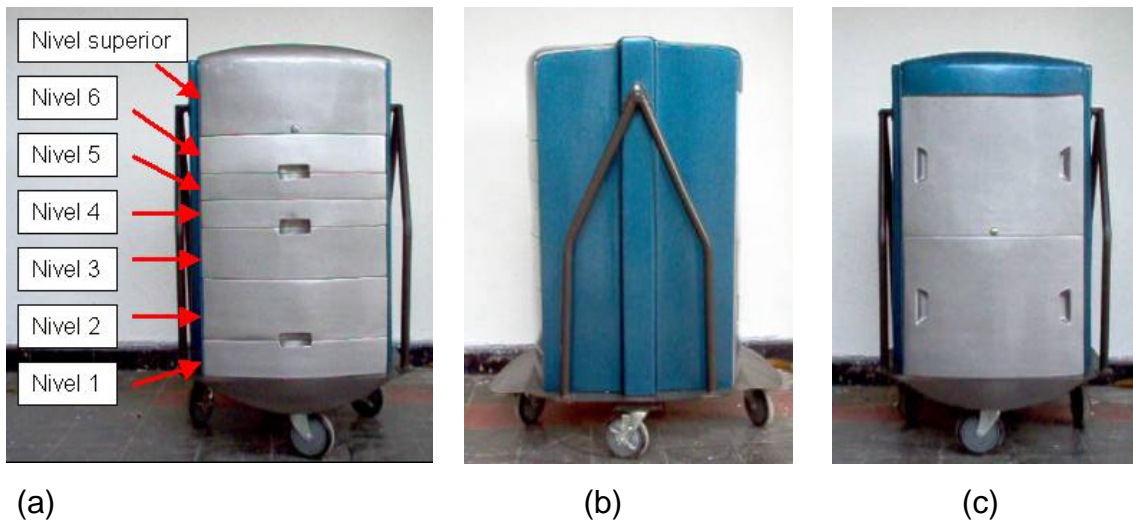
- Integra las técnicas del proyecto.
- Permite realizar trabajos en campo.
- Fácil desplazamiento y maniobrabilidad.
- Ofrece seguridad al usuario.

- Utiliza la filosofía de conexiones “antierror”.
- Ubicación de las conexiones de los sensores un panel frontal.
- Permite la disposición de todos los elementos necesarios para las pruebas.

2.4. DESCRIPCIÓN DE PARTES Y SISTEMAS

El prototipo posee una distribución vertical, consta de 7 niveles y un compartimiento posterior, determinados de acuerdo a su función. Sus niveles se enumeran de abajo hacia arriba como se muestra en la figura 7.

Figura 7. Prototipo DIAGMA D-100. Vista frontal (A). Vista lateral (B). Vista posterior (C).



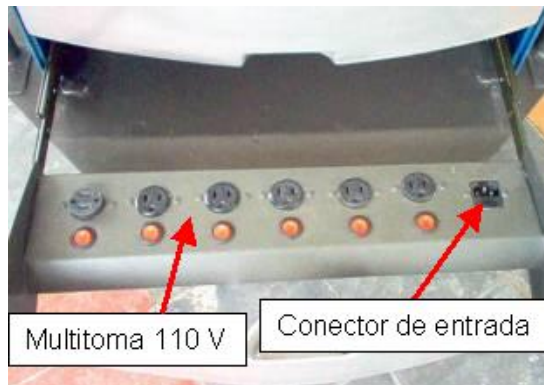
Fuente: Autor

De acuerdo a su distribución, el contenido de cada nivel es el siguiente:

2.4.1. Primer nivel

- Multitoma 110 V de 6 salidas 1 fusible.
- Conector de entrada de corriente.

Figura 8. Primer nivel del prototipo DIAGMA D-100.



Fuente: Autor

2.4.2. Segundo nivel

- Analizador de gases.

Figura 9. Segundo nivel del prototipo DIAGMA D-100.



Fuente: Autor

2.4.3. Tercer nivel

- Lámpara halógena.
- Transductor de presión diferencial.
- Extensión del sensor de velocidad Hall.
- Manguera Festo.

Figura 10. Tercer nivel del prototipo DIAGMA D-100.



Fuente: Autor

2.4.4. Cuarto nivel

- Caja de sensores piezoeléctricos.
- Dos de aceleracións.
- Amplificador.
- Cables de de aceleracións.
- Cables de piezoeléctricos.
- Multímetro (Tester).
- Sensor de velocidad Hall.

Figura 11. Cuarto nivel del prototipo DIAGMA D-100.



Fuente: Autor

2.4.5. Quinto nivel

- Manuales técnicos.

Figura 12. Quinto nivel del prototipo DIAGMA D-100.

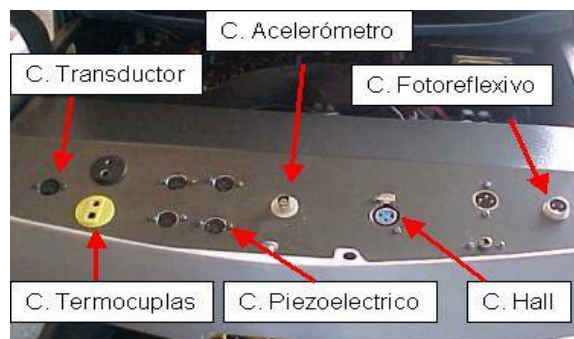


Fuente: Autor

2.4.6. Sexto nivel

- Tarjetas electrónicas.
- Bloque conector.
- Fuente 5 V y 12 V.
- Conectores de los sensores.

Figura 13. Sexto nivel del prototipo DIAGMA D-100.



Fuente: Autor

2.4.7. Nivel superior

- Impresora puerto USB.

- Computador Portátil.
- Pantalla LCD.
- Tarjeta de adquisición de datos.
- Tarjeta controladora de la pantalla.

Figura 14. Nivel superior del prototipo DIAGMA D-100.



Fuente: Autor

2.4.8. Parte posterior

- Opacímetro.
- Sonda de muestreo del opacímetro.
- Sonda tipo "S" del analizador.
- Cableado.

Figura 15. Parte posterior del prototipo DIAGMA D-100.



Fuente: Autor

2.5. ESQUEMA DEL PROTOTIPO

El prototipo DIAGMA D-100, esta compuesto por una serie de sistemas que interactúan para lograr, que la señal obtenida inicialmente por medio de los sensores, sea transformada en datos por medio del programa elaborado en LabVIEW. Para explicar este proceso de manera general, se elaboró el esquema del prototipo mostrado en la figura 16, con el propósito de comprender rápidamente el flujo que sigue dicha señal, teniendo en cuenta los dispositivos más relevantes, que componen el prototipo, por ello, los accesorios necesarios para la medición no serán mostrados en este esquema.

Partiendo del nivel más bajo del esquema, encontramos los sensores utilizados por cada una de las técnicas, estos son: Sensor Hall, sensor piezoeléctrico, sensor de aceleración, sensor fotoeléctrico reflexivo, transductor de presión diferencial y termocuplas tipo “K” y tipo “J”. Estos sensores son los que tienen un contacto más directo con el motor, de ello depende todo el proceso, por eso hay que tener especial cuidado con su ubicación y montaje.

Siguiendo el flujo ascendente encontramos las tarjetas electrónicas que reciben los sensores, codifican y filtran la señal, la cual es colocada en un canal y enviada al siguiente nivel.

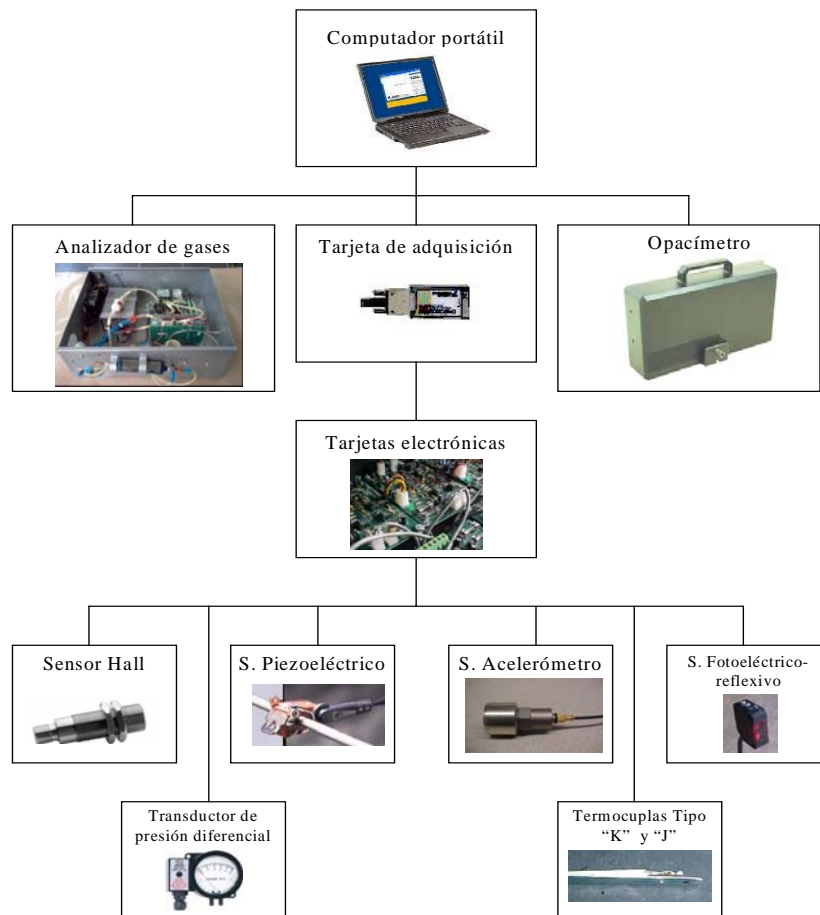
La tarjeta de adquisición de datos es el enlace entre las tarjetas electrónicas y el programa elaborado en LabVIEW. Esta posee los canales de las señales y se incorpora en el computador para cumplir su función.

En este mismo nivel encontramos dos equipos independientes que envían su señal directamente al computador sin pasar por la tarjeta de adquisición de datos, ellos son el Opacímetro y el Analizador de Gases, quienes mediante puertos USB, entregan información al programa, valiéndose de dispositivos y accesorios

necesarios para su medición, como, las sondas de muestreo, el tubo Pitot, el tubo de acero que se adapta al tubo de escape y otros; explicados más adelante.

Finalmente encontramos en el nivel más alto de este esquema al computador, que contiene el software elaborado en LabVIEW, cuyo fin es interpretar las señales provenientes de los dispositivos ya mostrados, para convertirlas en datos reales y de fácil lectura, sobre el comportamiento del motor utilizado para la medición.

Figura 16. Esquema del prototipo DIAGMA D-100.



Fuente: Autor

2.6. FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS

El prototipo DIAGMA D-100 está constituido por tres sistemas de operación: sistema de equipos independientes, sistema de adquisición de datos y sistema de sensores. El sistema de equipos independientes está constituido por el analizador de gases y el opacímetro, los cuales se comunican con el computador portátil por medio de un cable serial-USB; el sistema de adquisición de datos constituido por las tarjetas electrónicas de acondicionamiento de señales, el bloque conector y la tarjeta de adquisición de datos se encarga de procesar y adquirir las señales que reciben los diferentes sensores, termocuplas y del transductor de presión diferencial y el sistema de sensores se encarga de transformar los parámetros físicos en señales electrónicas para ser procesadas por las tarjetas electrónicas.

2.7. CAZAFALLAS

El cazafallas es un cuadro que nos muestra los posibles problemas que se pueden presentar en el desarrollo de las pruebas y las posibles soluciones que se pueden dar a cada uno de ellos. Tiene como objetivo el realizar las pruebas en el menor tiempo posible y optimizar su proceso de ejecución.

Tabla 1. Cazafallas del prototipo DIAGMA D-100.

PROBLEMA	POSIBLES CAUSAS	POSIBLES SOLUCIONES
No se recibe o se pierde la señal del sensor.	<ul style="list-style-type: none">• Cable de alimentación del prototipo desconectado.• Cable de alimentación de la fuente de las tarjetas electrónicas desconectado.• Interruptor apagado.• Sensor desconectado.• Cables de sensores en circuito abierto.	<ul style="list-style-type: none">• Conectar el cable de alimentación del prototipo.• Conectar el cable de alimentación de la fuente de las tarjetas electrónicas.• Encender interruptor.• Conectar el sensor.• Revisar continuidad.

Señal desfasada.	<ul style="list-style-type: none"> No se alineó la guía fija del bloque con la muesca de la polea del cigüeñal. 	<ul style="list-style-type: none"> Alinear la guía fija del bloque con la muesca de la polea del cigüeñal.
No se registra ppmHC, %CO, %CO2, %O2, LAMBDA, A/F.	<ul style="list-style-type: none"> Analizador desconectado. Analizador apagado. Manguera Festo desconectada. Interruptor apagado. 	<ul style="list-style-type: none"> Conectar el analizador. Encender el analizador. Conectar la manguera Festo al puerto de muestra. Encender interruptor.
No se registra el porcentaje de opacidad	<ul style="list-style-type: none"> Opacímetro apagado. Cable de alimentación del opacímetro desconectado. Interruptor apagado. Sonda de muestreo desconectada. Cable serial-USB desconectado. 	<ul style="list-style-type: none"> Encender el opacímetro. Conectar el cable del opacímetro. Encender interruptor. Conectar la sonda de muestreo al opacímetro. Conectar el cable serial-USB al computador.
No se registra la velocidad del motor	<ul style="list-style-type: none"> Se despegó el sensor Hall. Sensor Hall desconectado. Se desajustó el brazo soporte. Sensor Hall haciendo contacto con el vehículo. Cable de las tarjetas electrónicas desconectado. Interruptor apagado. 	<ul style="list-style-type: none"> Pegar el sensor Hall a la polea del cigüeñal. Conectar el sensor al prototipo. Ajustar el brazo soporte. Evitar que el sensor Hall haga contacto con el vehículo. Conectar el cable de las tarjetas electrónicas. Encender interruptor.
Datos obtenidos no conformes	<ul style="list-style-type: none"> Equipo descalibrado. El valor del momento de inercia no corresponde al vehículo. Sensor de aceleración ubicado sobre una superficie no rígida o fuera del bloque. Sensor ubicado lejos del inyector de combustible. Sensor ubicado en la línea de retorno de combustible. 	<ul style="list-style-type: none"> Calibrar el equipo. Configurar el momento de inercia al vehículo correspondiente. Ubicar el sensor de aceleración sobre una superficie rígida, plana y lisa sobre el bloque. Ubicar el sensor lo más cerca posible al inyector. Ubicar el sensor sobre la línea de inyección de combustible.

Fuente: Autor

2.8. PRECAUCIONES

A continuación se describen algunas de las precauciones que se deben tener en cuenta en el momento de operar el prototipo DIAGMA D-100.

- No dejar las botellas de calibración cerca del fuego, combustibles o elementos eléctricos que puedan producir chispas.
- Ubicar el prototipo en una superficie horizontal.
- Asegurar las ruedas del prototipo.
- Evitar el contacto de las tarjetas electrónicas con líquidos.
- No permitir que hayan objetos metálicos sobre las tarjetas electrónicas, ya que pueden producir cortos.
- No pisar los cables de los sensores.

2.9. MANTENIMIENTO DEL PROTOTIPO DIAGMA D-100

Para mantener el prototipo en óptimas condiciones de trabajo, se debe realizar una inspección periódica de sus componentes principales, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Revisar el estado del cableado, cambiar los cables rotos, verificar continuidad y evitar excesos de la longitud de estos.
- Verificar las conexiones del bloque conector y las tarjetas acondicionadoras de señal.
- Mantener limpias las partes electrónicas y mecánicas del prototipo para evitar cortos circuitos.
- Revisar los filtros del analizador y cambiarlos cada tres pruebas o antes si la medición presenta datos erróneos.

3. MANUAL DE MONTAJE, OPERACIÓN Y PROCEDIMIENTO DE LAS PRUEBAS DE CAMPO.

El diagnóstico de motores Diesel utilizando el prototipo Diagma D-100 se realiza por medio de cinco (5) pruebas correspondientes a las técnicas de análisis de gases y porcentaje de opacidad, potencia y par, presión en las líneas de inyección, oscilaciones del bloque y variación de la velocidad angular. El diagnóstico se realiza en jornadas que se componen de tres fases:

- Fase 1: Preparación de la instrumentación necesaria para la realización de las pruebas.
- Fase 2: Montaje de sensores y dispositivos.
- Fase 3: Ejecución de las pruebas.

3.1. FASE 1. PREPARACIÓN

Esta fase comprende la preparación de los instrumentos de medición y de las herramientas necesarias, revisión del equipo y sus componentes e implicaciones dentro de la prueba.

La instrumentación necesaria para la realización de las pruebas es la siguiente:

3.1.1. Técnica de análisis de gases y porcentaje de opacidad

- Prototipo DIAGMA D-100
- Analizador de gases
- Opacímetro
- Tubo de acero de 4 pulgadas
- Acople flexible

- Base del tubo

3.1.2. Técnica de potencia y par

- Prototipo DIAGMA D-100
- Sensor Hall
- Brazo soporte del sensor Hall.
- Placa de acrílico del brazo soporte

3.1.3. Técnica de variación de la velocidad angular

- Prototipo DIAGMA D-100
- Sensor Hall
- Brazo soporte del sensor Hall
- Placa de acrílico del brazo soporte
- Sensor Piezoeléctrico
- Sensor Fotoreflexivo
- Brazo soporte del sensor fotoreflexivo
- Disco reflexivo

3.1.4. Técnica de oscilaciones del bloque

- Prototipo DIAGMA D-100
- Sensor de aceleración
- Sensor piezoeléctrico
- Sensor Hall
- Brazo soporte del sensor Hall
- Placa de acrílico del brazo soporte

3.1.5. Técnica de inyección de combustible

- Prototipo DIAGMA D-100
- Sensor piezoeléctrico
- Sensor Hall

- Brazo soporte del sensor Hall
- Placa de acrílico del brazo soporte

3.1.6. Herramientas

- Pegante instantáneo
- Imán
- Llaves de apriete
- Prensas C
- Destornilladores
- Extensión eléctrica
- Pinzas
- Cinta aislante
- Cinta de papel
- Pegante de caucho
- Teflón

3.2. FASE 2. MONTAJE

En esta fase se realiza la instalación de sensores, equipos y dispositivos necesarios para la ejecución de las pruebas. Para obtener un diagnóstico completo del motor es indispensable realizar las pruebas de las cinco técnicas que conforman el proyecto DIAGMA D-100 por jornada. Dada la facilidad de montaje de los instrumentos, así como la utilización de sensores comunes, se lleva a cabo el siguiente procedimiento:

1. Ubicar el prototipo DIAGMA D-100 cerca del tubo de escape de los gases del vehículo como se muestra la figura 17.
2. Asegurar las ruedas del prototipo para evitar que se desplace y se desconecten los instrumentos de medición.

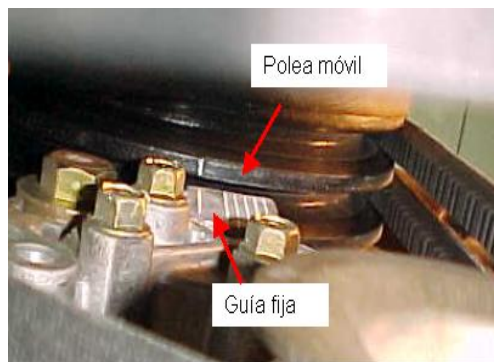
Figura 17. Ubicación inicial del Prototipo DIAGMA D-100.



Fuente: Autor

3. Conectar el prototipo a la corriente eléctrica.
4. Alinear la muesca de la polea del cigüeñal con la guía fija del bloque (ver figura 18).
Para lograr la alineación, el vehículo se coloca en un cambio de velocidad alto, cuarta o quinta velocidad, y se rueda lentamente hasta que coincidan.

Figura 18. Alineación del punto muerto superior.

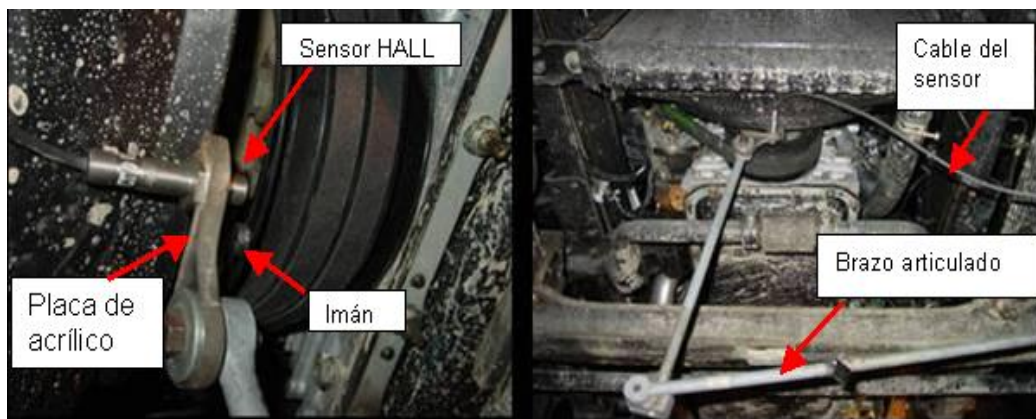


Fuente: Autor

5. Pegar el imán sobre la polea del cigüeñal utilizando pegante instantáneo, teniendo en cuenta que debe quedar enfrentado con el sensor de velocidad Hall, por la cara en que se produce atracción magnética.
6. Pegar el disco reflexivo a la polea del cigüeñal del vehículo utilizando pegante de caucho.

7. Ubicar el brazo soporte del sensor fotoeléctrico reflexivo y enfrentar el sensor con el disco a una distancia aproximada de ocho milímetros.
8. Acoplar la placa de acrílico en el extremo del brazo soporte del sensor Hall, ubicar el brazo soporte, y colocar el sensor sobre la placa como se muestra en la figura 19 izquierda. Tanto el brazo soporte del sensor Hall (figura 19 derecha) como el del sensor fotoeléctrico reflexivo deben ser externos al vehículo para evitar que las vibraciones del motor induzcan errores de medición.

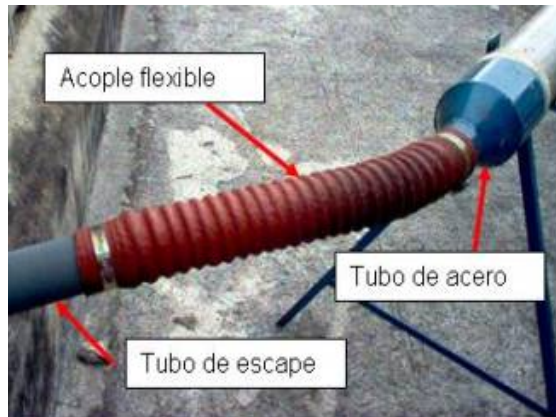
Figura 19. Montaje del sensor Hall.



Fuente: Autor

9. Conectar el cable del sensor de velocidad Hall a la extensión.
10. Conectar la extensión al prototipo.
11. Ubicar la base del tubo de acero cerca del prototipo.
12. Acoplar el tubo de acero de 4" al tubo de escape del vehículo mediante el acople flexible (ver figura 20).
13. Instalar el tubo Pitot y la termocupla tipo "J" en el tubo de acero como se muestra en la figura 21 izquierda. Es necesario utilizar teflón en la unión roscada (figura 21 superior derecha) para evitar fugas que induzcan errores en la medición.

Figura 20. Acople flexible entre tubo de escape y tubo de acero.



Fuente: Autor

Figura 21. Montaje del tubo Pitot y transductor de presión diferencial.



Fuente: Autor

14. Ubicar el transductor de presión diferencial sobre el tubo Pitot y acoplar las respectivas mangueras a los puertos de alta y baja presión señalados en la parte posterior del transductor con las letras L (Low) y H (High) como se muestra en figura 21 inferior derecha.
15. Conectar el transductor de presión y la termocupla tipo "J" de los gases de escape al prototipo.
16. Ubicar la sonda tipo S (figura 22 superior izquierda) y la sonda de muestreo (figura 22 izquierda inferior) a la salida del tubo de acero como se muestra en la figura 22

derecha. La sonda de muestreo está acoplada a la manguera negra que lleva los gases al opacímetro y la sonda tipo S se acopla con la manguera azul Festo, que lleva los gases al analizador.

Figura 22. Sonda tipo S, sonda de muestreo y montaje.

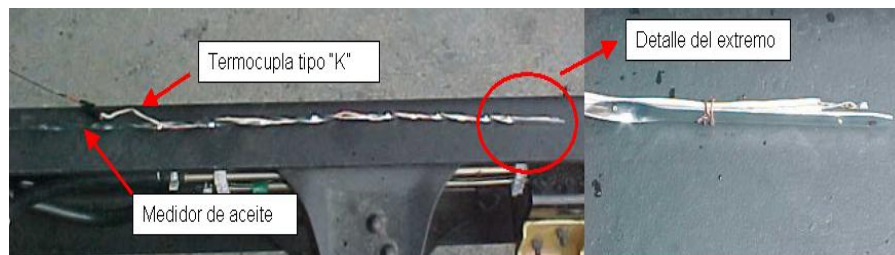


Fuente: Autor

17. Conectar el cable serial-USB (COM1) del opacímetro al puerto USB inferior del computador, y el cable serial-USB (COM2) del analizador al puerto USB superior del computador.

18. Colocar la termocupla tipo "K" a la varilla de nivel del aceite. Es necesario utilizar alambre para fijarla a la varilla como se muestra en la figura 23.

Figura 23. Instalación de la termocupla tipo "K".



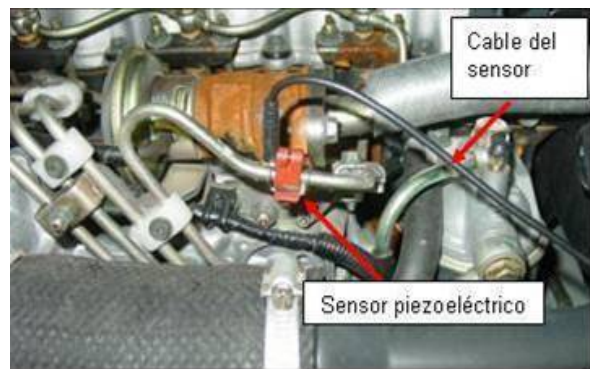
Fuente: Autor

19. Conectar la termocupla tipo "K" del aceite al prototipo.

20. Conectar el cable de las tarjetas electrónicas a la tarjeta de adquisición de señales ubicada en el computador.

21. Conectar el computador, el opacímetro, el analizador y las tarjetas electrónicas a la corriente eléctrica y encender los respectivos interruptores ubicados en el primer nivel del prototipo.
22. Encender el computador, el opacímetro y el analizador de gases.
23. Conectar el cable tipo monofónico al sensor piezoeléctrico.
24. Ubicar el sensor piezoeléctrico en la línea de inyección del cilindro número uno (figura 24) y el cable a tierra al bloque del motor. El sensor se debe ubicar cerca del inyector, sobre una superficie limpia, alejado de superficies calientes y lo más recta posible, ya que los radios de curvatura pueden producir ruidos en la señal y causar errores en la medición.

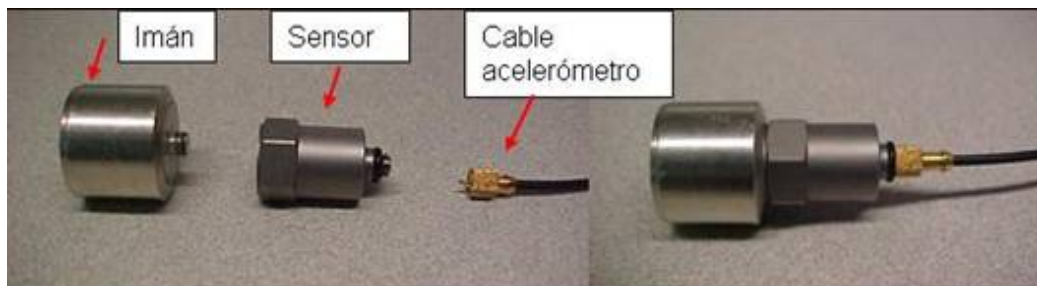
Figura 24. Montaje del sensor piezoeléctrico.



Fuente: Autor

25. Ensamblar el sensor de aceleración al imán por medio de la unión roscada (ver figura 25).

Figura 25. Ensamble del sensor de aceleración.



Fuente: Autor

26. Ensamblar las uniones BNC del cable del sensor como se muestra en la figura 26.

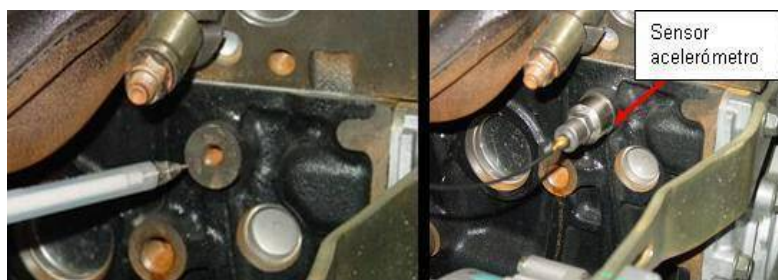
Figura 26. Cable de conexión del de aceleración



Fuente: Autor

27. Ubicar el sensor de aceleración en la parte superior del bloque, lo más alejado posible del cigüeñal y perpendicular a éste para obtener la mayor amplitud de la aceleración. El sensor se ubica sobre una superficie lisa y plana (ver figura 27) para que el imán en el que está montado el de aceleración tenga una mejor adherencia al bloque pero teniendo cuidado de no colocarlo sobre superficies que vibren a frecuencias diferentes del bloque (tapas, tornillos) las cuales enmascararían la señal real de aceleración.

Figura 27. Montaje del sensor de aceleración.



Fuente: Autor

3.3. FASE 3. OPERACIÓN Y PROCEDIMIENTO

En esta fase se muestra la operación del software así como el procedimiento a seguir en cada una de las pruebas de las técnicas del proyecto DIAGMA D-100.

3.3.1. Procedimiento general

Para llevar a cabo las pruebas se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Antes de encender el vehículo, se debe verificar el nivel del aceite del motor.
2. Una vez encendido el vehículo se debe esperar que se alcance la temperatura normal de operación del motor.

- **Verificación de canales**

La verificación de los canales es un proceso que se debe realizar al inicio de las pruebas de la cada una de las técnicas, con excepción de la prueba de análisis de gases y porcentaje de opacidad, donde se realiza inicialmente la calibración del programa. Para verificar los canales se sigue el siguiente procedimiento:

- a. Colocar el vehículo en neutro y con freno de seguridad.
- b. Encender el vehículo.
- c. Hacer clic en el botón Inicio (ver figura 28).

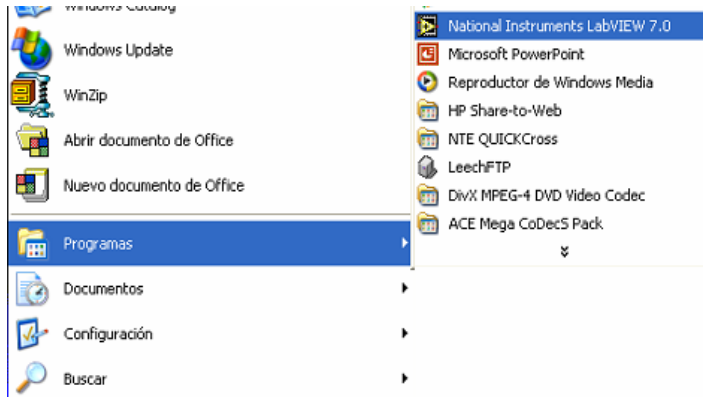
Figura 28. Botón de inicio



Fuente: Autor

- d. En la carpeta de Programas, seleccionar el software National Instruments LabVIEW 7.0 (ver figura 29).

Figura 29. Selección del software National Instrument LabVIEW 7.0.



Fuente: Autor

- e. El panel principal del software presenta cuatro opciones. Se selecciona la opción Open (ver figura 30).

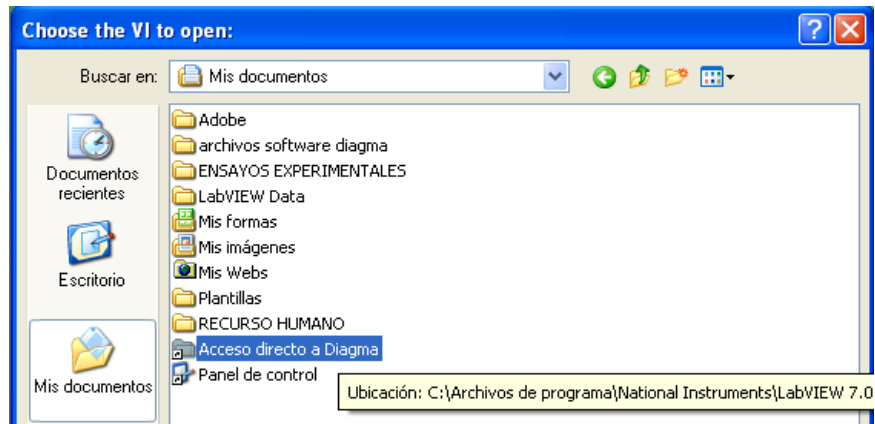
Figura 30. Opciones del software.



Fuente: Software LabVIEW

- f. Abrir la carpeta Mis documentos y seleccionar Acceso directo a Diagrama (ver figura 31).

Figura 31. Selección acceso directo a Diagma.



Fuente: Software LabVIEW

g. Abrir la carpeta Principal (ver figura 32).

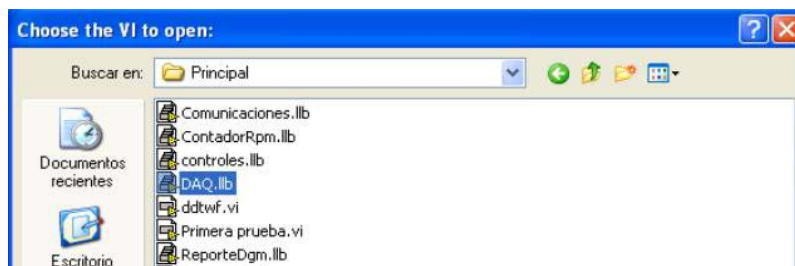
h. Seleccionar DAQ.Ilb (ver figura 33).

Figura 32. Selección de la carpeta principal.



Fuente: Software LabVIEW

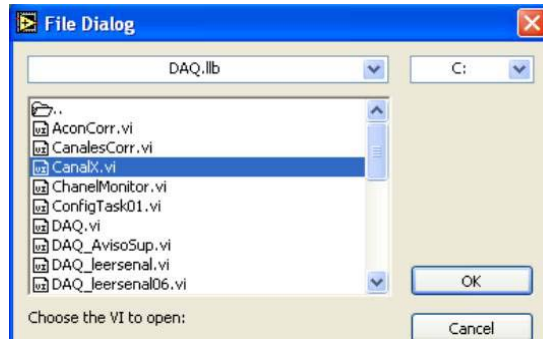
Figura 33. Contenido de la carpeta principal.



Fuente: Software LabVIEW

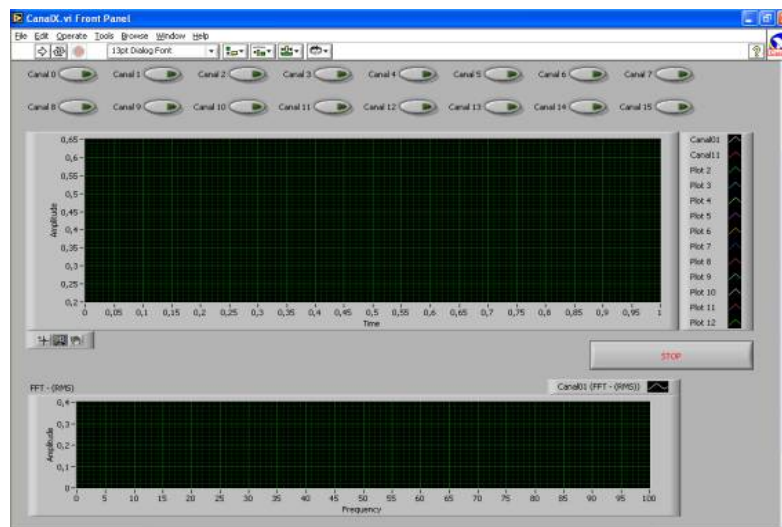
- i. Seleccionar CanalX.vi (ver figura 34) y se entra al panel principal de los canales (ver figura 35).

Figura 34. Selección Canal X.



Fuente: Software LabVIEW

Figura 35. Panel principal de Canal X.



Fuente: Software LabVIEW



- j. En el panel principal, dar clic sobre el botón de ejecución continua del programa. 
- k. Dar clic sobre el número del canal que se va a verificar. Los números de los canales se muestran en la tabla 2.
- l. Verificar el comportamiento de los canales.

Tabla 2. Canales de la señal de los sensores

SENSOR	CANAL
Sensor Piezoeléctrico 1	4
Sensor Piezoeléctrico 2	3
Termocupla de los gases de escape	5
Sensor de aceleración	6
Termocupla del aceite	9
Sensor Piezoeléctrico	10
Sensor de Velocidad Hall	11
Transductor Diferencial de Presión	12
Sensor Piezoeléctrico	13
Sensor Fotoeléctrico Reflexivo	15

Fuente: Autor

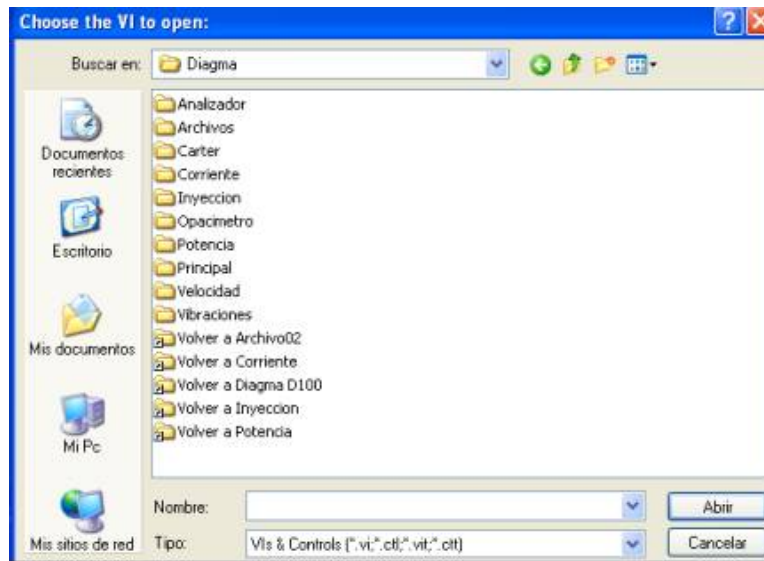
m. Una vez verificados los canales de la técnica correspondiente. Dar clic en el botón detener programa. 

n. Salir del programa. Al salir del programa, se muestra el panel principal del software (ver figura 30).

- **Selección de las técnicas**

Para ingresar a cada una de las técnicas se siguen los pasos 5 y 6 seleccionando la técnica a realizar (ver figura 36), teniendo en cuenta el orden que se presenta a continuación.

Figura 36. Selección de la técnica correspondiente.



Fuente: Software LabVIEW

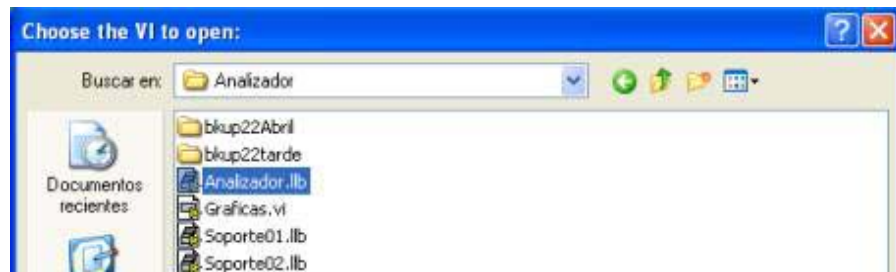
3.3.2. Procedimiento de realización de pruebas mediante la técnica de análisis de gases y porcentaje de opacidad. Para realizar las pruebas, el programa debe estar debidamente calibrado. Este proceso se realiza con el motor apagado, ya que no debe haber gases de escape en el ambiente.

- **Calibración del programa**

Para la calibración del programa se sigue el siguiente procedimiento:

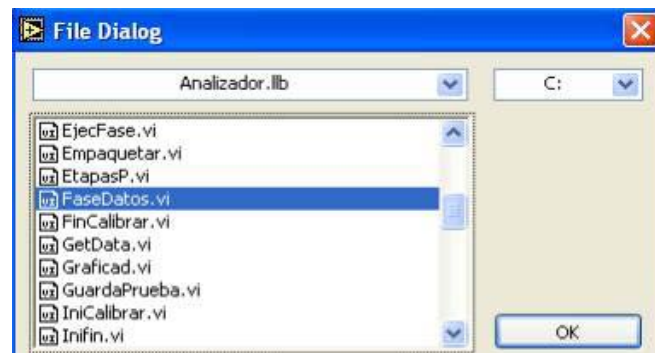
1. Verificar que hayan transcurrido quince (15) minutos desde el momento en que se encendió el analizador y el opacímetro.
2. Verificar los canales de las termocuplas tipo "J" y tipo "K". Para la verificar estos canales no se debe encender el motor.
3. Hacer clic sobre la carpeta Analizador y seleccionar Analizador.IIb (figura 37).
4. Seleccionar FaseDatos.vi (ver figura 38) para entrar al panel principal de la técnica (ver figura 39).

Figura 37. Selección de Analizador. Ilb



Fuente: Software LabVIEW

Figura 38. Selección de FaseDatos.vi.



Fuente: Software LabVIEW


5. En el panel principal, dar clic sobre el botón de arranque del programa. 

Figura 39. Panel principal de la técnica de análisis de gases y porcentaje de opacidad.



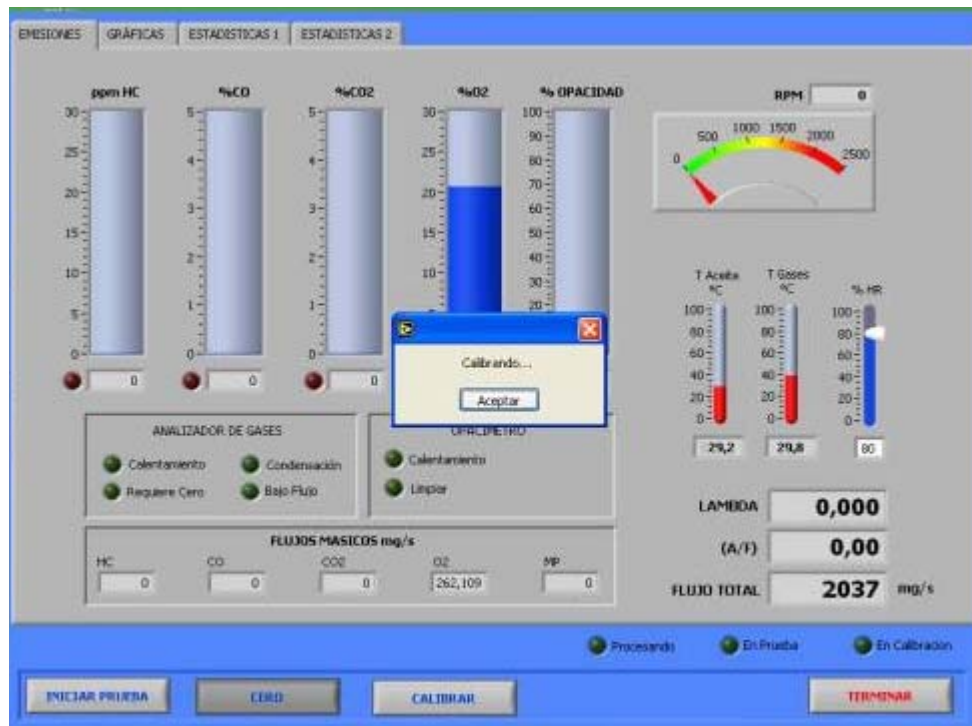
Fuente: Programa Análisis de gases y porcentaje de opacidad

A partir de este momento, se realiza la calibración con aire ambiente.

- **Calibración con aire ambiente**

1. Dar clic en CERO. En esta parte el programa muestra un cuadro de dialogo que indica que se encuentra en calibración (ver figura 40).
2. Dar clic en Aceptar. En este momento el programa debe registrar el porcentaje de oxigeno ($\%O_2$), el flujo másico total y de oxigeno (O_2), la temperatura del aceite y de los gases; las demás variables deben estar en cero. El programa termina automáticamente la calibración una vez se establezcan estos valores. Calibrado el software con aire, se realiza la calibración con gas patrón.

Figura 40. Calibración con aire del programa de análisis de gases y porcentaje de opacidad.



Fuente: Programa Análisis de gases y porcentaje de opacidad

Para realizar la calibración con gas patrón se lleva a cabo el siguiente procedimiento:

- **Calibración con gas patrón**

1. Conectar la botella de gas patrón por medio de la manguera Festo al puerto de calibración del analizador (ver figura 41).
2. Verificar que la válvula de paso esté cerrada.

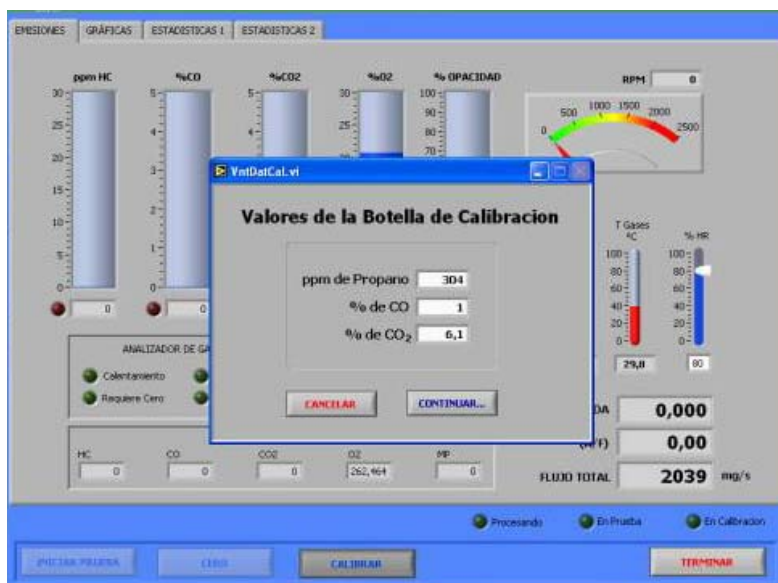
Figura 41. Calibración del analizador de gases.



Fuente: Autor

3. Abrir la válvula de la botella y verificar la presión.
4. Ajustar la presión del gas de entrada al analizador en 5 psi por medio de la válvula de calibración de presión.
5. Dar clic en CALIBRAR. El programa muestra un cuadro para introducir la concentración de los elementos que forman el gas de la botella (ver figura 42).

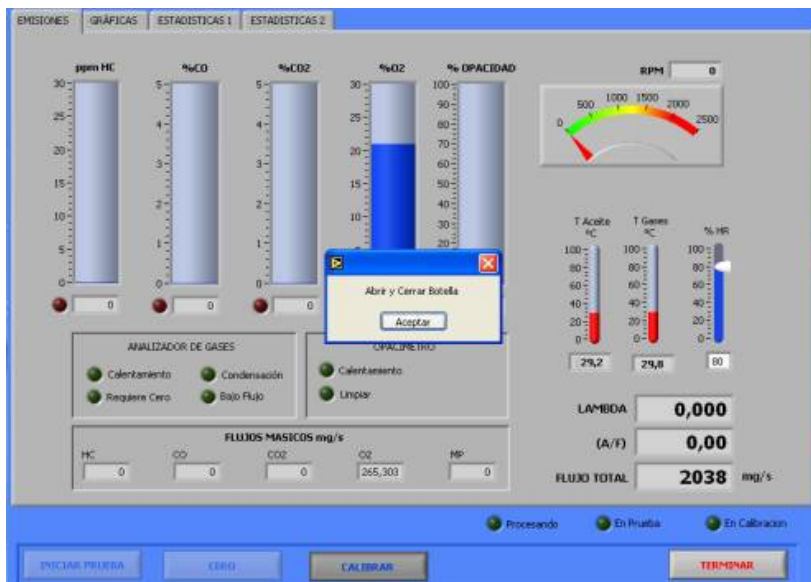
Figura 42. Valores de la botella de calibración.



Fuente: Programa Análisis de gases y porcentaje de opacidad

6. Dar clic en CONTINUAR. El programa muestra un cuadro para confirmar los valores de las concentraciones de los elementos de la botella. Dar clic en aceptar y el programa muestra un cuadro que indica que se debe abrir y cerrar la válvula de paso (ver figura 43).

Figura 43. Cuadro de indicación para abrir y cerrar la botella de calibración.



Fuente: Programa Análisis de gases y porcentaje de opacidad

7. Abrir y cerrar la válvula de paso. Cuando el gas de la botella entra a la cámara del analizador, se enciende el LED indicador de calibración y los valores de los porcentajes aumentan hasta que el programa registra los valores de referencia, seguidamente se apaga el LED indicador de calibración y los valores descienden hasta que el programa muestra los valores iniciales del aire ambiente. Esto indica que el programa ha sido calibrado (ver figura 44).
8. Dar clic en TERMINAR.

Calibrado el programa con aire ambiente y con gas patrón se lleva a cabo el proceso de medición.

Figura 44. Proceso de calibración con gas patrón.



Fuente: Programa Análisis de gases y porcentaje de opacidad

- **Procedimiento de medición.**

1. Verificar el canal del sensor Hall y del transductor diferencial de presión.
2. Conectar la sonda muestreo al opacímetro.
3. Conectar la manguera Festo de la sonda tipo S al puerto de muestra del analizador (ver figura 45).

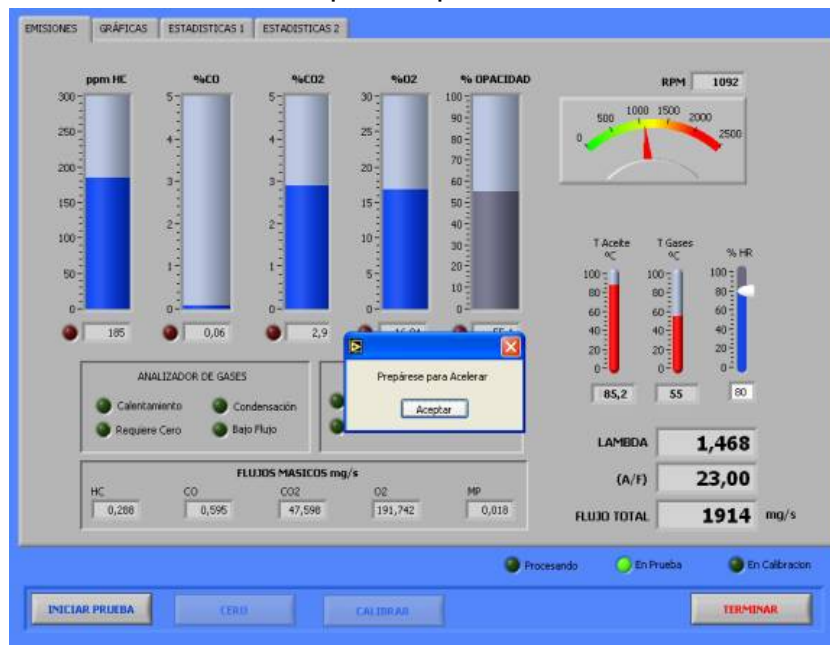
Figura 45. Conexión de la manguera Festo al puerto de muestra del analizador.



Fuente: Autor

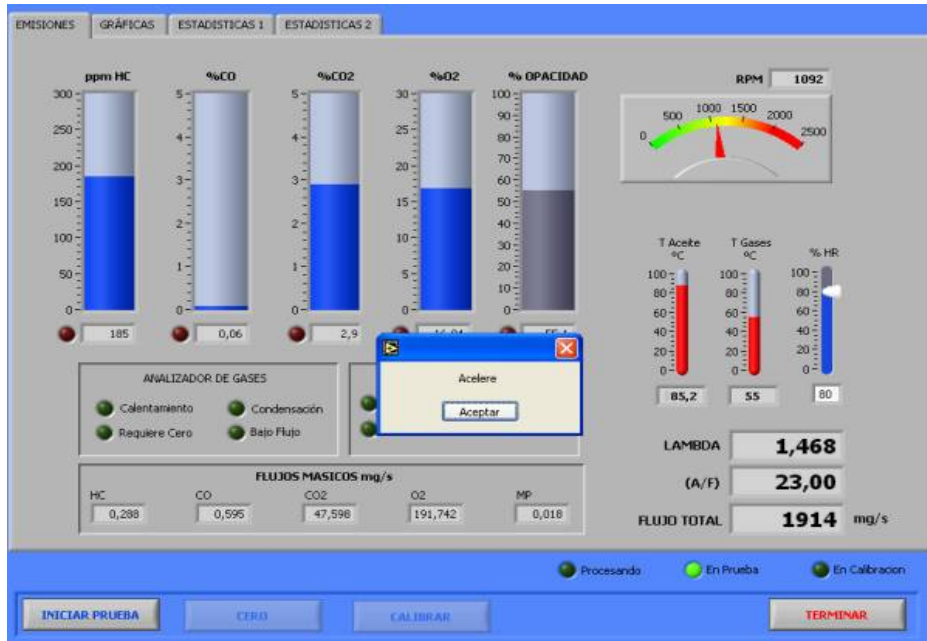
4. Dar clic en INICIAR PRUEBA.
5. Mantener el motor en condición ralentí durante 30 segundos. El programa registrará el promedio, la moda, la desviación estándar, el máximo y el mínimo de todas las variables obtenidas durante este tiempo. Transcurridos los 30 segundos se muestra un cuadro que indica que se debe preparar para acelerar (ver figura 46). Dar clic en Aceptar. Se muestra un cuadro que indica que se debe acelerar (ver figura 47). Esta aceleración se debe hacer a fondo durante máximo 3 segundos.
6. Dar clic en aceptar y acelerar el motor. Se retorna a la condición ralentí por 5 segundos y nuevamente aparece el cuadro que indica prepararse para acelerar. Este paso se repite hasta completar tres aceleraciones. De esta manera el programa registrara los porcentajes de CO, CO₂, O₂, HC y OPACIDAD, como también los valores de LAMBDA, relación (A/F), y FLUJO TOTAL como se muestra en la figura 48.

Figura 46. Cuadro de indicación Prepárese para Acelerar.



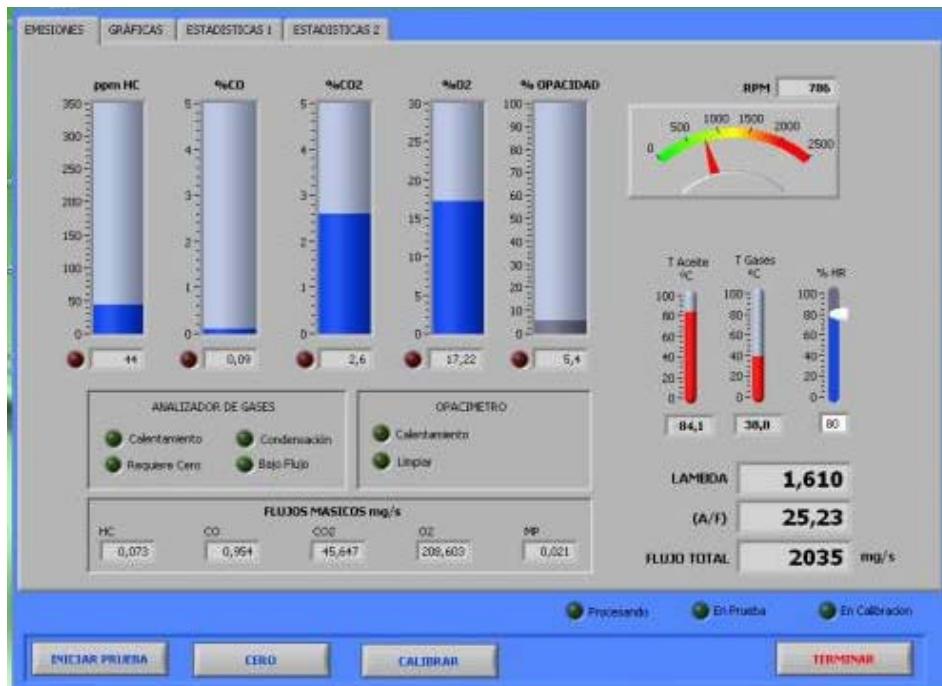
Fuente: Programa Análisis de gases y porcentaje de opacidad

Figura 47. Cuadro de indicación Acelere



Fuente: Programa Análisis de gases y porcentaje de opacidad

Figura 48. Programa de Análisis de gases y % Opacidad en operación.



Fuente: Programa Análisis de gases y porcentaje de opacidad

El programa muestra los resultados estadísticos de la prueba efectuada como lo muestra la figura 49.

Figura 49. Datos estadísticos de la técnica de Análisis de gases y % Opacidad

EMISIONES GRÁFICAS ESTADÍSTICAS 1 ESTADÍSTICAS 2										
RALENTI										
	RPM	%OPACIDAD	ppmHC	% CO	% CO ₂	%O ₂	LAMBDA	A/F	T GAS °C	T ACEITE °C
MEDIA	1093,92	8,00	182,74	0,06	2,90	16,91	1,47	23,00	54,85	84,85
DESVIACION	9,86	5,73	1,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,11	0,11
MODA	1102,74	10,75	183,50	0,06	2,90	16,91	1,47	23,00	54,83	84,83
MÁXIMO	1124,80	21,50	185,00	0,06	2,90	16,93	1,47	23,02	55,06	85,06
MÍNIMO	1080,67	0,00	182,00	0,06	2,90	16,89	1,47	22,98	54,59	84,59
PRIMERA ACELERACION										
	RPM	%OPACIDAD	ppmHC	% CO	% CO ₂	% O ₂	LAMBDA	A/F	T GAS °C	T ACEITE °C
MÁXIMO	2448,27	97,30	259,00	0,69	3,70	17,21	1,59	24,96	57,55	87,55
SEGUNDA ACELERACION										
	RPM	% OPACIDAD	ppmHC	% CO	% CO ₂	% O ₂	LAMBDA	A/F	T GAS °C	T ACEITE °C
MÁXIMO	2413,74	97,30	254,00	0,56	3,50	17,26	1,62	25,35	57,55	87,55
TERCERA ACELERACION										
	RPM	% OPACIDAD	ppmHC	%CO	%CO ₂	%O ₂	LAMBDA	A/F	T GAS °C	T ACEITE °C
MÁXIMO	2375,71	97,30	267,00	0,55	3,40	17,33	1,65	25,90	58,04	88,04

Procesando
 En Prueba
 En Calibracion

EMISIONES GRÁFICAS ESTADÍSTICAS 1 ESTADÍSTICAS 2							
FLUJOS EN RALENTI mg/s							
	Total	HC	CO	CO ₂	O ₂	MP	
MEDIA	1914,24	0,28	0,60	47,61	191,81	0,04	
DESVIACION	0,71	0,00	0,00	0,02	0,17	0,03	
MODA	1914,33	0,29	0,60	47,61	191,77	0,06	
MÁXIMO	1916,04	0,29	0,60	47,65	192,07	0,12	
MÍNIMO	1912,63	0,28	0,59	47,57	191,46	0,00	
FLUJOS PRIMERA ACELERACION mg/s							
	Total	HC	CO	CO ₂	O ₂	MP	
MÁXIMO	1916,90	0,40	6,73	59,69	195,84	1,48	
FLUJOS SEGUNDA ACELERACION mg/s							
	Total	HC	CO	CO ₂	O ₂	MP	
MÁXIMO	1917,54	0,39	5,49	56,81	196,77	1,48	
FLUJOS TERCERA ACELERACION mg/s							
	Total	HC	CO	CO ₂	O ₂	MP	
MÁXIMO	1917,15	0,41	5,40	55,15	197,55	1,48	

Procesando
 En Prueba
 En Calibracion

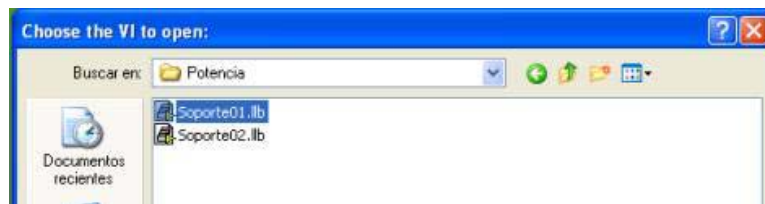
Fuente: Programa Análisis de gases y porcentaje de opacidad

7. Detener el motor y extraer las sondas del opacímetro y el analizador.
8. Dar clic en TERMINAR. El programa no guarda automáticamente los resultados de las pruebas. Para guardar los resultados de las pruebas, se selecciona el menú principal del programa ubicado en la parte superior del panel principal y se captura la imagen por medio de las teclas Fn+Impr Pant y se lleva al programa Paint. Allí se guardan los resultados en un archivo con el nombre de la técnica seguido del submenú y del número de la prueba realizada, por ejemplo, Gases01.bmp. Este archivo se guarda en una carpeta cuyo nombre se compone de las tres primeras letras del mes, seguido por el número del día, por ejemplo, si la prueba se realiza el día 25 de noviembre, la carpeta se llamará Nov25. Si se realizan más pruebas, el archivo se guarda dentro de la misma carpeta, con el nombre de la técnica y número de la prueba consecutiva, por ejemplo, Gases02.bmp. Los datos se almacenan en la siguiente dirección: C:\Archivos de programa\Diagma\Pruebas\Emisiones.
9. Salir del programa.

3.3.3. Procedimiento de realización de pruebas mediante la técnica de potencia y par.

1. Trasladar el prototipo a la parte delantera del vehículo cerca del motor.
2. Verificar el canal del sensor Hall.
3. Hacer clic sobre la carpeta potencia y seleccionar Soporte01.llb (figura 50).

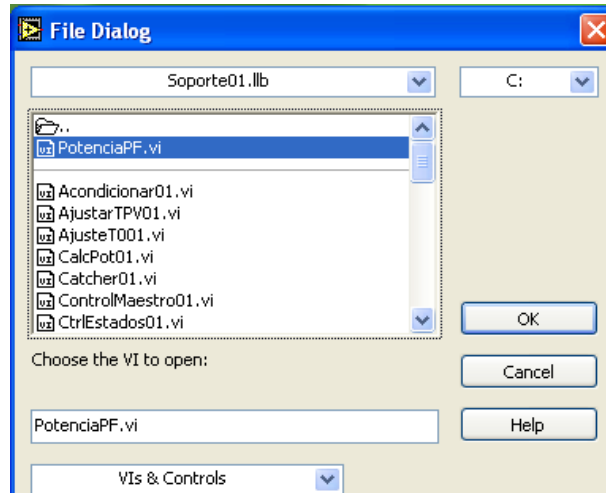
Figura 50. Selección Soporte01.llb



Fuente: Software LabVIEW

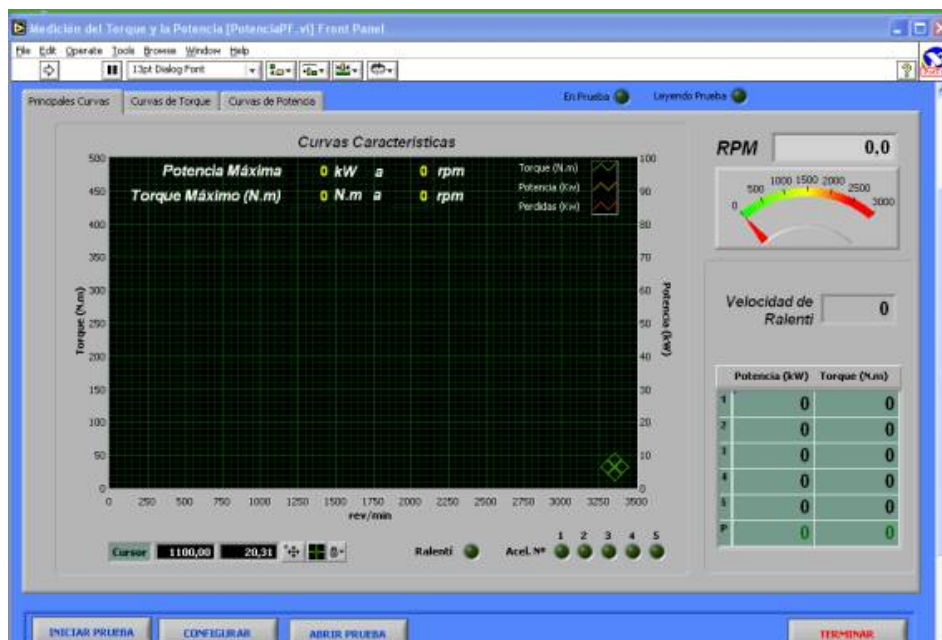
4. Seleccionar PotenciaPF.vi (ver figura 51). De esta forma el programa abre el panel frontal de la técnica (ver figura 52).

Figura 51. Selección de PotenciaPF.vi




Fuente: Software LabVIEW

Figura 52. Panel frontal de la técnica de potencia y par.



Fuente: Programa Potencia y par

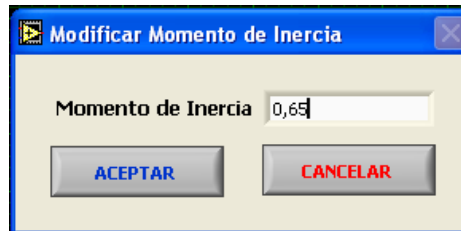
5. Hacer clic en el botón de arranque del programa. 

Antes de iniciar la prueba, se debe configurar el momento de inercia del motor del vehículo.

- **Configuración del momento de inercia.**

1. Hacer clic en CONFIGURAR. El programa muestra un cuadro para introducir el momento de inercia del motor (figura 53). Hacer clic en aceptar y el programa almacena este valor.

Figura 53. Cuadro de configuración del momento de inercia.



Fuente: Programa Potencia y par

2. Configurado el momento de inercia, hacer clic en Iniciar prueba. El programa muestra un cuadro que indica que se mantenga el motor en ralentí por 30 segundos, para tomar un valor promedio de la velocidad de ralentí (ver figura 54).
3. Transcurridos los 30 segundos, el programa muestra un cuadro que indica prepararse para acelerar. Dar clic en Aceptar y posteriormente el programa muestra un cuadro que indica que se debe acelerar (ver figura 55).
4. Dar clic en aceptar y acelerar. De esta forma se obtiene la primera aceleración como se observa en la figura 53. Este proceso se repite cuatro veces más.

Figura 54. Cuadro de indicación de velocidad ralenti.



Fuente: Programa Potencia y par

Figura 55. Secuencia de ejecución de la prueba de potencia y par.



Fuente: Programa Potencia y par

Concluidas las cinco (5) aceleraciones, el programa muestra un cuadro de dialogo. Se selecciona la aceleración que no se quiere tener en cuenta (ver figura 56) y dar clic en ACEPTAR.

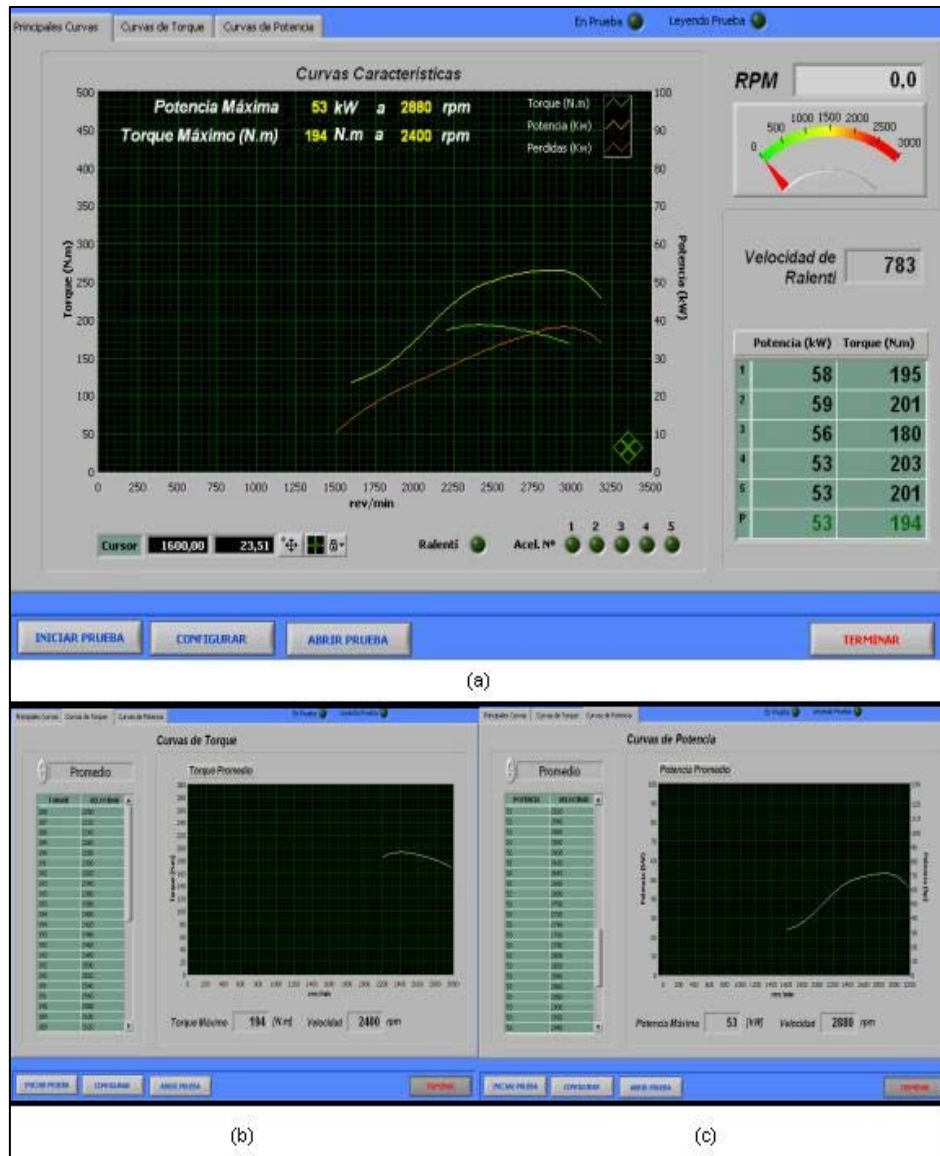
Figura 56. Selección de las curvas de potencia y par



Fuente: Programa Potencia y par

Los resultados generales de la prueba se muestran en el panel frontal del programa (imagen (a) de la figura 57), donde se muestran las curvas promedio de potencia, par y pérdidas mecánicas para cada una de las aceleraciones. En el menú superior se pueden ver dos ventanas más, llamadas Curvas de par y Curvas de potencia, en las cuales encontramos las curvas promedio con sus respectivos datos (imágenes b y c de la figura 57).

Figura 57. A. Curvas promedio de Par, Potencia y Pérdidas mecánicas. B. Curva de par. C. Curva de potencia.



Fuente: Programa Potencia y par

El programa guarda automáticamente los resultados en un archivo con el nombre de la técnica seguido del número de la prueba realizada, por ejemplo Potencia01.html. Este archivo se guarda en una carpeta cuyo nombre se compone de las tres primeras letras del mes, seguidas por el número del día; por ejemplo, si la prueba se realiza el día 25

de noviembre, la carpeta se llamará, Nov25. Si se realizan más pruebas, el programa guarda el nuevo archivo dentro de la misma carpeta, con el nombre de la técnica y el número de la prueba consecutiva, por ejemplo, Potencia02.html. El programa almacena los datos en la siguiente dirección:

C:\archivos de programa\Diagma\pruebas\potencia.

5. Dar clic en TERMINAR.
6. Salir del programa.

3.3.4. Procedimiento de realización de pruebas mediante la técnica de variación de la velocidad angular

1. Conectar el sensor fotoeléctrico reflexivo E3ZR61 OMRON al prototipo.
2. Conectar el cable de alimentación de corriente a la tarjeta acondicionadora de la señal.
3. Conectar el adaptador DC configurado en 12 V con polaridad positiva interna y negativa externa en el primer nivel del prototipo y encender el interruptor respectivo.
4. Verificar que el LED del sensor fotoeléctrico reflexivo se encuentre encendido.
5. Ubicar el sensor piezoeléctrico KG-60 en la línea de inyección del cilindro número uno.
6. Verificar el canal del sensor fotoeléctrico reflexivo, del sensor piezoeléctrico y del sensor Hall.
7. Hacer clic sobre la carpeta Velocidad. Seleccionar la carpeta algoritmo_junio17 (figura 58) y seleccionar algoritmo_ Septiembre3_2005.vi. (ver figura 59). Con este vi se verifica que la señal del sensor fotoeléctrico reflexivo sea la adecuada para iniciar la técnica.
8. Seleccionar la carpeta algoritmo_oct22 y seleccionar algoritmo_sep24.vi (ver figura 65) para entrar al panel principal de la técnica (figura 59).

Figura 58. Selección de la carpeta Velocidad



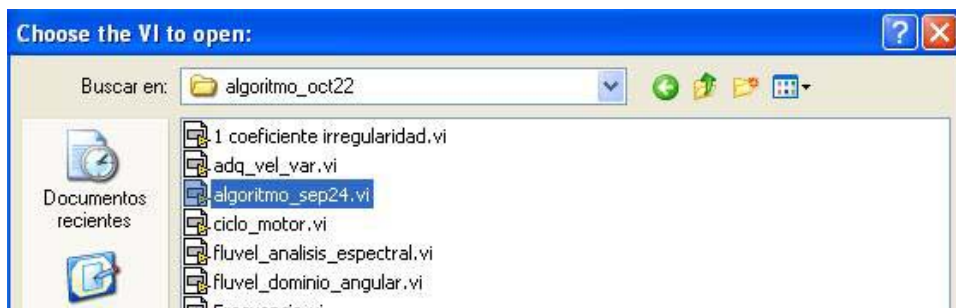
Fuente: Software LabVIEW

Figura 59. Selección de la carpeta algoritmo_Junio17



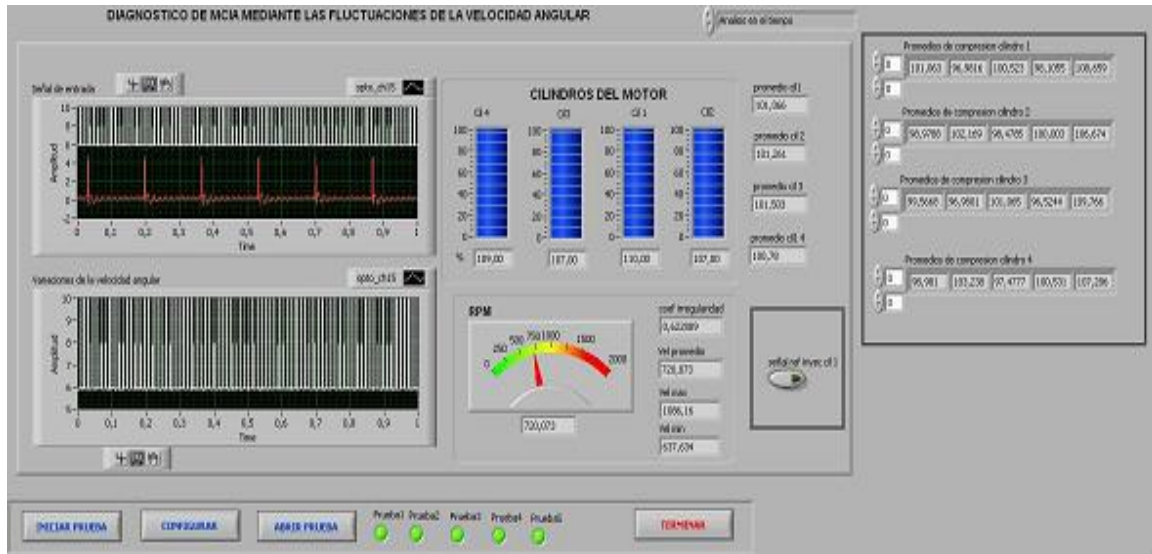
Fuente: Software LabVIEW

Figura 60. Selección de la carpeta algoritmo_oct22




Fuente: Software LabVIEW

Figura 61. Panel principal de la técnica de variación de la velocidad angular



Fuente: Programa Variación de la velocidad angular

9. Hacer clic en el botón de arranque del programa. 
10. Hacer clic en INICIAR PRUEBA. Las cinco pruebas se ejecutan secuencialmente, permitiendo el despliegue de la señal de inyección y las variaciones de la velocidad angular. Cada ensayo demanda en promedio dos minutos para verificar las mediciones de velocidad angular permitiendo inferir el estado de la compresión o combustión de los cilindros del motor.
11. Guardar los resultados y las estadísticas de la prueba. Después de realizada la prueba, el programa guarda automáticamente los resultados en un archivo .html presentando los valores de compresión de los cuatro cilindros, la velocidad máxima y mínima y el coeficiente de irregularidad del motor. Los resultados se guardan en un archivo con el nombre de la técnica, seguido del número de la prueba realizada, por ejemplo, Velocidad01.htm. Este archivo se guarda en una carpeta cuyo nombre se compone de las tres primeras letras del mes, seguidas por el número del día, por ejemplo, si la prueba se realiza el día 25 de Noviembre, la carpeta se llamará Nov25.

Si se realizan más pruebas, el programa guarda el nuevo archivo dentro de la misma carpeta, con el nombre de la técnica y el número de la prueba consecutiva, por ejemplo, Velocidad02.htm. El programa almacena los datos en la siguiente dirección:

C:\archivos de programa\Diagma\pruebas\velocidad.

12. Hacer clic en TERMINAR.

13. Salir del programa.

3.3.5. Procedimiento de realización de pruebas mediante la técnica de oscilaciones del bloque


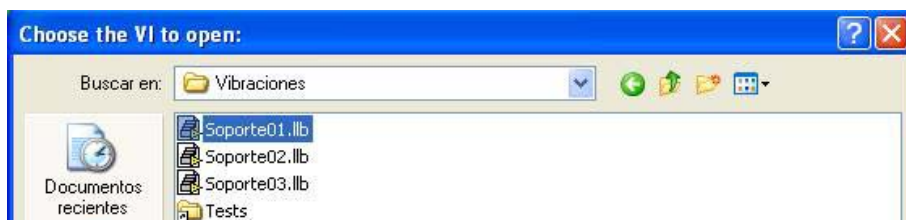
1. Conectar el sensor de aceleración al prototipo.
2. Verificar el canal del sensor de aceleración, del sensor piezoeléctrico y del sensor Hall.
3. Seleccionar la carpeta Vibraciones y seleccionar Soporte01.llb (ver figura 62).
4. Seleccionar VibracionesPF.vi (ver figura 63) para entrar al panel principal de la técnica (ver figura 63).
5. Hacer clic en el botón de arranque del programa. 
6. Hacer clic sobre INICIAR PRUEBA. El programa captura y almacena los valores necesarios para realizar los cálculos. Después de esto, el programa muestra una ventana para guardar los resultados de la prueba.

Figura 62. Selección Soporte01.llb



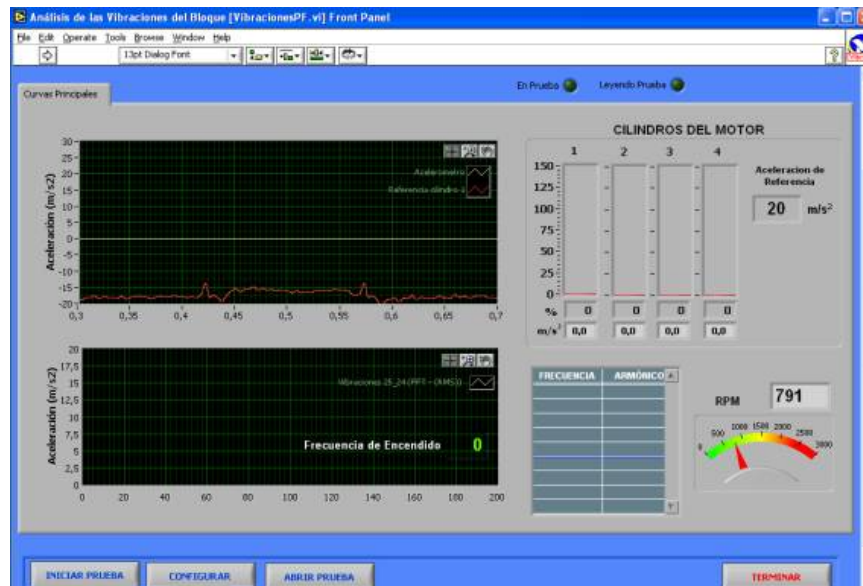
Fuente: Software LabVIEW

Figura 63. Selección de VibracionesPF.vi



Fuente: Software LabVIEW

Figura 64. Panel principal de la técnica de oscilaciones del bloque.



Fuente: Programa Oscilaciones del bloque

El programa guarda automáticamente los resultados en un archivo con el nombre de la técnica, seguido del número de la prueba realizada, por ejemplo, Vibraciones01.htm. Este archivo se guarda en una carpeta cuyo nombre se compone de las tres primeras letras del mes, seguidas por el número del día, por ejemplo, si la prueba se realiza el día 25 de Noviembre, la carpeta se llamará Nov25. Si se realizan más pruebas, el programa guarda el nuevo archivo dentro de la misma carpeta, con el nombre de la

técnica y el número de la prueba consecutiva, por ejemplo, Vibraciones02.htm. El programa almacena los datos en la siguiente dirección:

C:\archivos de programa\Diagma\pruebas\vibraciones.

7. Hacer clic en TERMINAR.
8. Salir del programa.

3.3.6. Procedimiento de realización de pruebas mediante la técnica de presión en las líneas de inyección


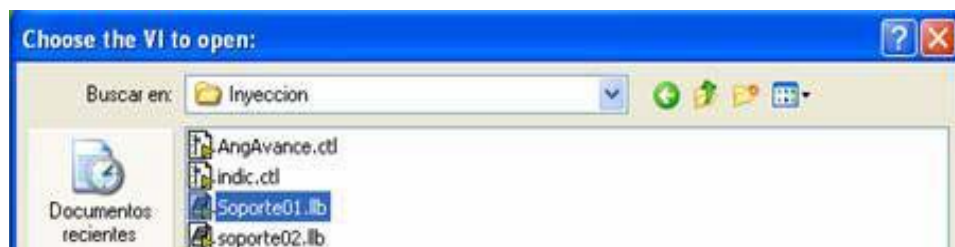
1. Verificar el canal del sensor piezoeléctrico y del sensor Hall.
2. Hacer clic sobre la carpeta Inyección y seleccionar Soporte01.llb (ver figura 65).
3. Hacer clic sobre InyeccionPF.vi (ver figura 66) para entrar al panel principal de la técnica (ver figura 67).
4. Hacer clic en el botón de arranque del programa. 
5. Hacer clic en CONFIGURAR. El programa muestra un cuadro para configurar el cilindro al cual se le va a realizar la prueba con su respectivo canal (figura 68). Desde esta ventana también se realiza la calibración de la presión máxima y el ángulo de avance de la inyección.

Figura 65. Selección Soporte01.llb.



Fuente: Software LabVIEW

Figura 66. Selección de InyeccionPF.vi



Fuente: Software LabVIEW

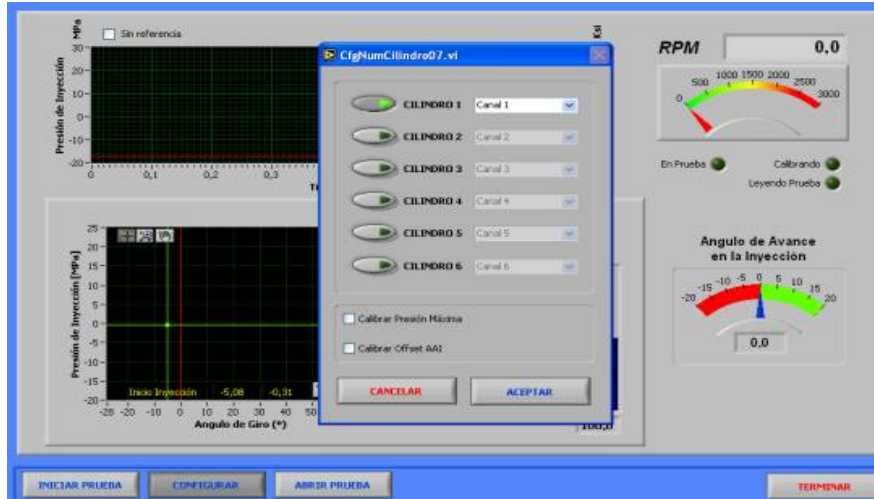
Figura 67. Panel principal de la técnica de presión de inyección.



Fuente: Programa Presión en las líneas de inyección

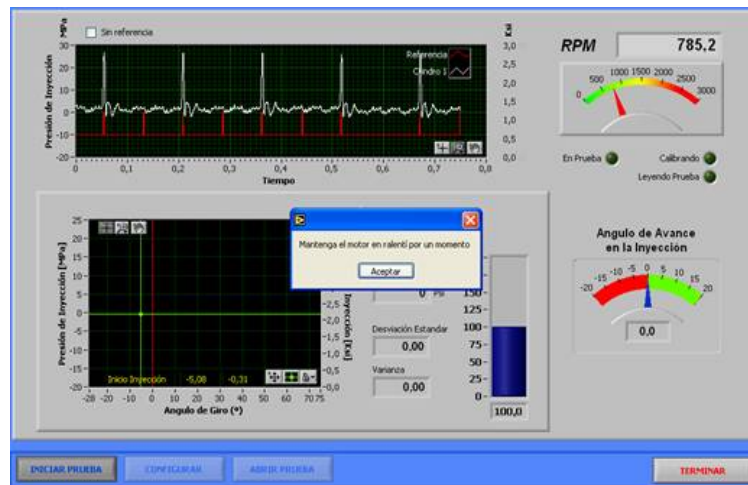
6. Hacer clic en ACEPTAR y el programa almacena estos datos.
7. Hacer clic en INICIAR PRUEBA y el programa muestra un cuadro indicando que se debe mantener el motor en ralentí por un momento (figura 69).
8. Hacer clic en ACEPTAR. El programa captura y almacena los valores necesarios para realizar los cálculos. Después de esto, el programa muestra una ventana para guardar los resultados de la prueba.

Figura 68. Configuración del canal, ángulo de avance y presión máxima.



Fuente: Programa Presión en las líneas de inyección

Figura 69. Cuadro de indicación de velocidad ralentí.



Fuente: Programa Presión en las líneas de inyección

El programa guarda automáticamente los resultados en un archivo con el nombre de la técnica, seguido del número de la prueba realizada, por ejemplo, Inyeccion01.htm. Este archivo se guarda en una carpeta cuyo nombre se compone de las tres primeras letras del mes, seguidas por el número del día, por ejemplo, si

la prueba se realiza el día 25 de noviembre, la carpeta se llamará, Nov25. Si se realizan más pruebas, el programa guarda el nuevo archivo dentro de la misma carpeta, con el nombre de la técnica y el número de la prueba consecutiva, por ejemplo, Inyección02.htm. El programa almacena los datos en la siguiente dirección:

C:\archivos de programa\Diagma\pruebas\inyección.

9. Hacer clic en TERMINAR.

10. Retirar el sensor piezoeléctrico de la tubería de inyección del cilindro y ubicarlo en la tubería de inyección del siguiente cilindro y seguir los pasos 5 al 9

12. Guardar los resultados.

13. Repetir los pasos 10 al 12 hasta que se completen los 4 cilindros.

14. Salir del programa.

4. INFORMES TÉCNICOS DE LAS PRUEBAS DE CAMPO

El informe es el documento que contiene los datos más importantes recopilados en las pruebas. Este documento se realiza una vez terminada la prueba, para dejar constancia de su realización y así, poder realizar una evaluación completa de los procedimientos que se llevaron a cabo, con el objeto de implementar mejoras o poder realizar los cambios necesarios para la optimización del procedimiento. El informe como parte fundamental de las pruebas debe contener:

4.1. PORTADA

En ella se encuentra el nombre del proyecto DIAGMA D-100, el nombre de la técnica a la que se le realiza la prueba, los nombres de las personas encargadas de la realización, el número del informe, fecha de realización y el logotipo de los patrocinadores del proyecto.

4.2. RESUMEN

Este punto contiene una breve reseña de la realización de la prueba, la fecha, el lugar, el procedimiento y los resultados obtenidos. Ejemplo:

*“La prueba del sistema de inyección se realizó el día 10 de Septiembre de 2005 en las instalaciones del taller de **CODIESEL S.A.** ubicado en el kilómetro 7 autopista Girón, realizadas bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luís Chacón. Se instala el sensor Hall y el imán en la polea del cigüeñal ...”*

4.3. INTRODUCCIÓN

La introducción da una idea teórica de la prueba que se está realizando, en términos de los resultados que persigue la técnica y en que se apoya. Ejemplo: *“La prueba realizada consiste en determinar y analizar la presión de inyección del motor a partir de las líneas de alta presión, para obtener los datos de referencia...”*

4.4. OBJETIVOS

Los objetivos son los puntos concretos a cumplir durante la realización de la prueba. Ejemplo: *“Obtener valores de referencia de presión máxima de inyección y ángulo de avance de la inyección, en un motor Diesel cuatro tiempos...”*

4.5. DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

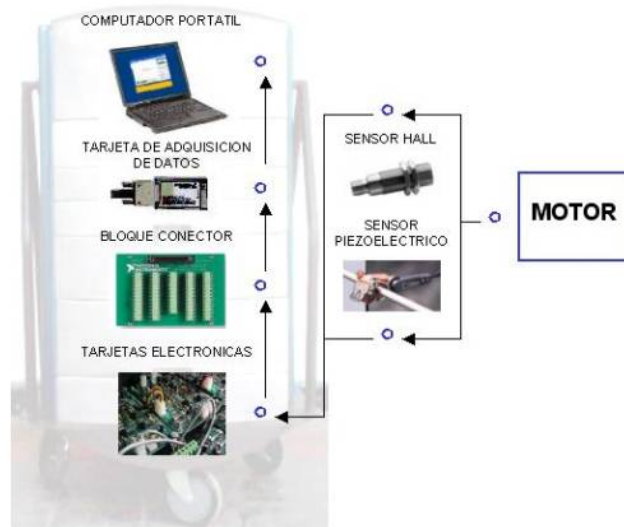
La descripción de la prueba consta de tres partes: instrumentación utilizada, cadena de medición y procedimiento.

4.5.1. Instrumentación utilizada. Aquí se muestra el listado de los equipos, dispositivos, sensores y herramientas necesarios para la ejecución de la prueba de campo. Ejemplo:

- *PROTOTIPO DIAGMA D-100*
- *Sensor piezoelectrico KG60 AVL*
- *Sensor Hall CHERRY GS100*

4.5.2. Cadena de medición. Básicamente encontramos un gráfico en el cual se muestran los elementos necesarios para adquirir y procesar la señal, así como el flujo de la señal desde el motor hasta el computador portátil (ver figura 70).

Figura 70. Ejemplo de la cadena de medición



Fuente: Autor

4.5.3. Procedimiento. Son una serie de pasos encaminados a la correcta ejecución de la prueba. Ejemplo: “Montaje del sensor piezoeléctrico: se montó el sensor en la línea de inyección evitando colocarlo en superficies sucias, superficies con curvaturas o muy calientes (temperaturas mayores a 70 °c) y lo mas cercano al inyector. ”

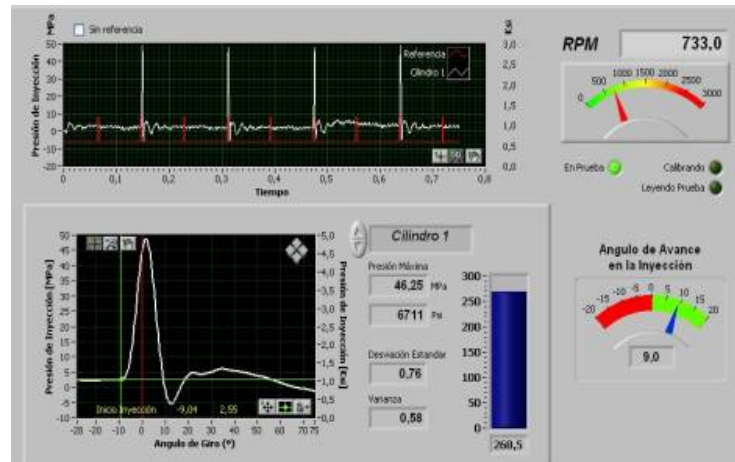
4.6. RESULTADOS DE LA PRUEBA EN CAMPO

Los resultados de la prueba son mostrados directamente a través del panel frontal de cada técnica. (Figura 71).

4.7. HOJA DE INSPECCIÓN



En la hoja de inspección encontramos la información básica acerca del vehículo y de la prueba realizada, además, recopilamos los datos mas significativos y le realizamos el tratamiento estadístico correspondiente, finalmente se consignan las observaciones que surgieron el día de la prueba (ver figura 72).

Figura 71. Ejemplo de resultados de la prueba en campo
CILINDRO 1



Fuente: Programa Presión en las líneas de inyección

Figura 72. Ejemplo de la hoja de inspección

		PROYECTO DIAGMA D-100 TECNICA LINEAS DE INYECCION.					
Archivo	C:\archivos del programa\Diagma\pruebas\inyeccion			Fecha	10 de Septiembre de 2005		
Lugar	CODIESEL S.A.			Hora	8:00 a.m.		
Responsable	Oscar Camargo Angarita		Revisó	Ing. Jorge Luis Chacón.			
DATOS VEHICULO				DATOS MOTOR			
Vehiculo	Buseta	Tipo motor	ISUZU	Bomba Iny.	ZEXEL BOSCH	Inyector	Directo
Placa	Nuevo	Motor No.		Bomba tipo	EMBOLO	Diam. Tuberia	6 mm
Modelo	NPR 4HG1-2005	Cilindros	4 en línea			Ang. Inyección	9
DATOS DE LA PRUEBA							
Ubic. sensor	Línea de inyección c/u cilindros		frecuencia muestreo (Hz)	10000	Sensor PMS	HALL	
T. de med. (ms)	1/10000		Sensor Velocidad (rpm)	HALL			
ANALISIS ESTADISTICO DE LA INYECCION							
CILINDRO 1				CILINDRO 2			
Vel. Ralentí	733 rpm	Ang. Avance	9	Vel. Ralentí	732 rpm	Ang. Avance	9
P. Inyección	Media	Desv.estand	Varianza	P. Inyección	Media	Desv.estand	Varianza
	46,25 Mpa	0,76	0,58		35,77 Mpa	0,87	0,75
CILINDRO 3				CILINDRO 4			
Vel. Ralentí	733,6 rpm	Ang. Avance	9	Vel. Ralentí	730,1 rpm	Ang. Avance	9
P. Inyección	Media	Desv.estand	Varianza	P. Inyección	Media	Desv.estand	Varianza
	41,77 Mpa	1,05	1,11		30,66 Mpa	0,74	0,54
OBSERVACIONES							
1) Notamos que las presiones de los cilindros 1 y 3 son muy superiores a los cilindros 2 y 4.							
2) El motor NPR tiene adaptado un compresor para frenos y otras aplicaciones							

Fuente: Autor

4.8. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados arrojados por las curvas y los datos estadísticos son analizados, para extraer de ellos la información que nos permita en el futuro llevar a cabo un diagnóstico del motor basados en datos significativos hallados en las pruebas. Ejemplo:

“La curva de inyección presenta un comportamiento de acuerdo a la curva característica de un motor Diesel de cuatro tiempos.”

4.9. CONCLUSIONES

En este numeral encontramos el compendio de todas las implicaciones de la prueba, observaciones, recomendaciones y los resultados obtenidos, permitiendo establecer si se cumplió con los objetivos planteados. Ejemplo:

“El valor del Angulo de Avance de la Inyección calculado por el software (9.0), es idéntico al valor teórico, encontrado en catálogos, proporcionados por CODIESEL S.A.”

5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS PRUEBAS DE CAMPO

5.1. INTRODUCCIÓN

El proceso de optimización de las pruebas de campo estuvo alimentado por una amplia cantidad de pruebas realizadas en el Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas (LMTA) y en las empresas CAMPESA, CODIESEL Y TRANSCOLOMBIA. En todo este conglomerado de pruebas, se trabajó aunadamente con los compañeros investigadores, de cada una de las técnicas y los ingenieros pertenecientes al grupo GIEMA, en la optimización del procedimiento a seguir y los requerimientos a tener en cuenta, para la ejecución de dichas pruebas.

Después de haber llevado a cabo una buena cantidad de ensayos, se tuvieron en cuenta en este proyecto 18 pruebas globales de todas las técnicas, las seleccionadas se realizaron en las instalaciones de CODIESEL S.A. más otras 5 efectuadas en TRANSCOLOMBIA S.A. En cada uno de los informes, se realizó una observación previa por cada experiencia, luego un proceso de selección de las mediciones más cercanas, con el fin de tener valores más acertados y finalmente se hallaron los datos estadísticos correspondientes.

Con esta base, obtenemos los valores de referencia para las variables determinantes en cada una de las técnicas, calculando los límites de alerta y alarma.

El capítulo concluye con la comparación entre los valores hallados en vehículos cero kilómetro, es decir, valores de referencia y los valores obtenidos del vehículo de uso prolongado medido en TRANSCOLOMBIA.

5.2. TABLAS DE VALORES DE LAS PRUEBAS DE CAMPO CON MOTORES CERO KILÓMETROS

En la tabla 3, se observan las especificaciones técnicas del motor característico del parque automotor de la ciudad de Bucaramanga utilizado para la realización de las pruebas de campo.

Tabla 3. Especificaciones técnicas del motor Diesel Isuzu NPR 4HG1T

ITEM	VALOR
Motor	Isuzu NPR 4HG1
Tipo de motor	Motor Turbo de cuatro tiempos
Relación de compresión	19 : 1
Torque	33.1 Kg.m @ 1800 rpm
Potencia neta	119hp @ 2850 rpm
Ciclos del motor	4
Numero de Cilindros del motor	4 cilindros en línea
Orden de encendido	1-3-4-2
Velocidad a ralentí	800rpm
Tipo de combustible	Diesel liviano
Desplazamiento	4570 cc
Emisiones	EURO II
Inyección	Directa
Diámetro por carrera pistón	115 x 110 mm
Tipo de bomba de inyección	Bomba en línea

Fuente: Manual de usuario motor Diesel Isuzu NPR modelo 4HG1T

5.2.1. Técnica análisis de gases y porcentaje de opacidad. En la técnica potencia y par se obtuvieron 9 mediciones de las tres pruebas realizadas. Los resultados son los siguientes:

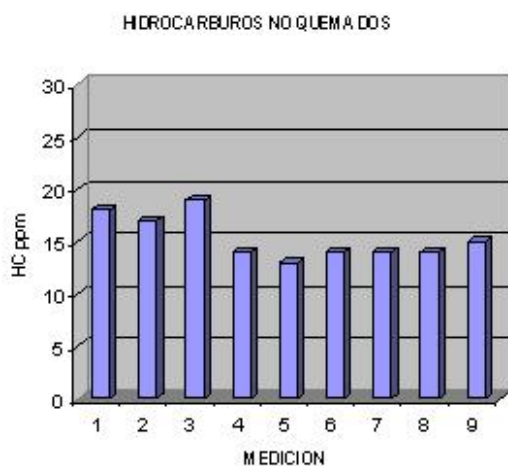
Tabla 4. Mediciones de las concentraciones halladas en las pruebas de gases y porcentaje de opacidad del motor NPR 4HG1T

MEDICIONES	HC ppm	% V CO	% CO2	% OPACIDAD
1	18.00	0.03	3.50	16.00
2	17.00	0.02	3.00	15.20
3	19.00	0.02	3.30	17.60
4	14.00	0.01	2.60	23.50
5	13.00	0.01	2.40	15.40
6	14.00	0.01	2.50	12.90
7	14.00	0.01	2.50	19.90
8	14.00	0.01	2.50	14.60
9	15.00	0.01	2.50	16.20
PROMEDIO	15.33	0.01	2.76	16.81

Fuente: Autor

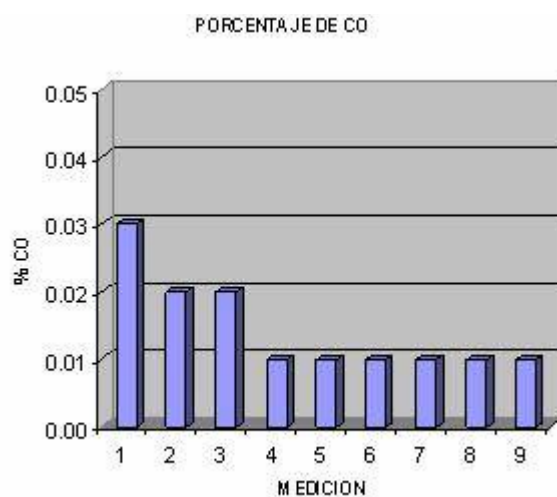
Los diagramas correspondientes a los valores hallados en estas pruebas se muestran en las figuras 73, 74, 75 y 76.

Figura 73. Mediciones HC ppm



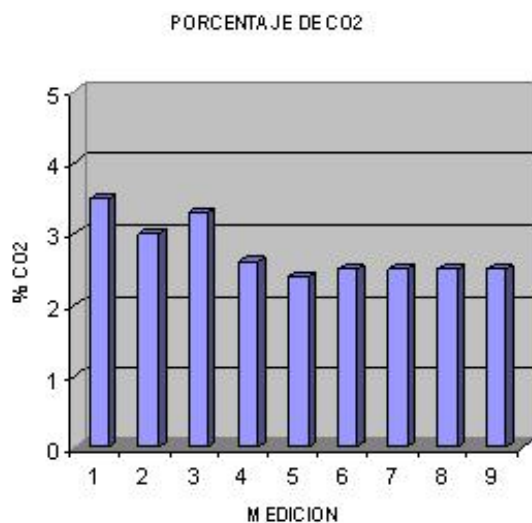
Fuente: Autor

Figura 74. Mediciones % CO



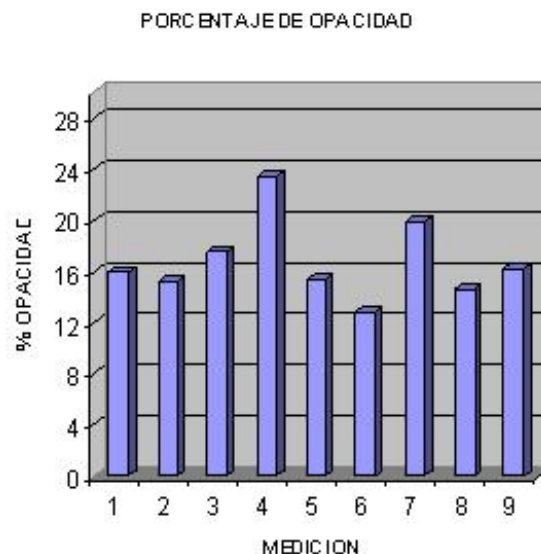
Fuente: Autor

Figura 75. Mediciones % CO2



Fuente: Autor

Figura 76. Mediciones % Opacidad



Fuente: Autor

De acuerdo con el criterio de Chauvenet, se descarta el valor de 0.03 para el %V CO y el valor de 23.50 para el % Opacidad, quedando la tabla así:

Tabla 5. Mediciones seleccionadas de las concentraciones halladas en las pruebas de gases y porcentaje de opacidad del motor NPR 4HG1T.

MEDICIONES	HC ppm	% V CO	% CO2	% OPACIDAD
1	18.00		3.50	16.00
2	17.00	0.02	3.00	15.20
3	19.00	0.02	3.30	17.60
4	14.00	0.01	2.60	
5	13.00	0.01	2.40	15.40
6	14.00	0.01	2.50	12.90
7	14.00	0.01	2.50	19.90
8	14.00	0.01	2.50	14.60
9	15.00	0.01	2.50	16.20
PROMEDIO	15.33	0.01	2.76	15.98

Fuente: Autor

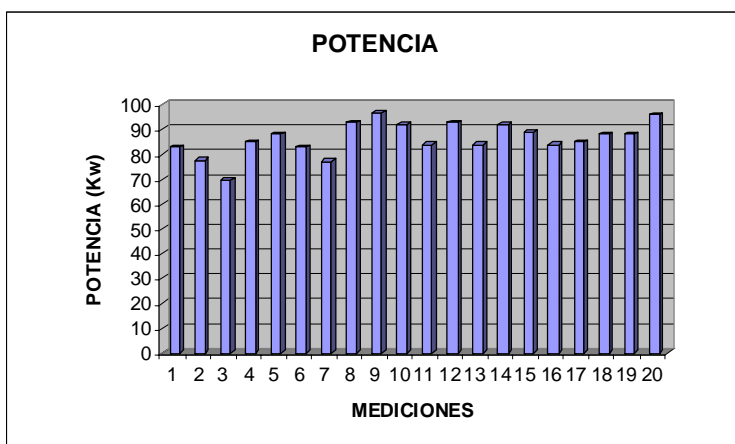
5.2.2. Técnica potencia y par. En la técnica potencia y par se obtuvieron 20 mediciones de las cuatro pruebas realizadas.

Tabla 6. Mediciones de Potencia y Par

MEDICIONES	POTENCIA Kw	TORQUE N.m
1	83	295
2	78	230
3	70	219
4	85	249
5	88	257
6	83	248
7	77	234
8	93	270
9	97	286
10	92	279
11	84	253
12	93	269
13	84	256
14	92	275
15	89	261
16	84	256
17	85	255
18	88	261
19	88	263
20	96	283
Promedio	86.45	259.95

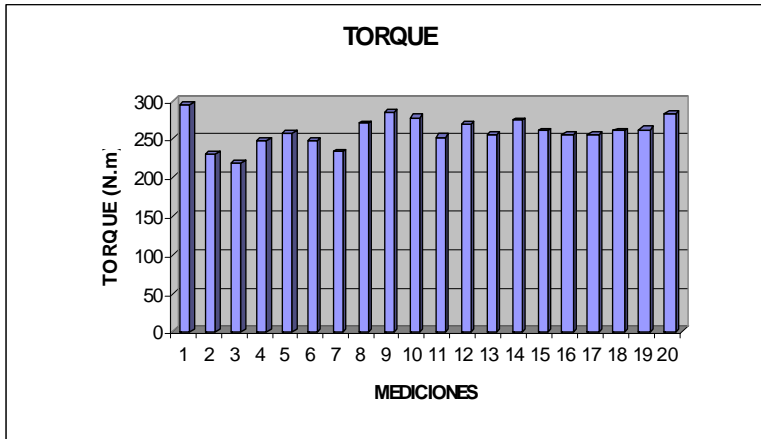
Fuente: Autor

Figura 77. Mediciones de Potencia



Fuente: Autor

Figura 78. Mediciones de Par



Fuente: Autor

De acuerdo al criterio de Chauvenet, se descarta el valor de 70 Kw, quedando la tabla así:

Tabla 7. Mediciones seleccionadas de Potencia y Par

MEDICIONES	POTENCIA Kw	TORQUE N.m
1	83	295
2	78	230
3		219
4	85	249
5	88	257
6	83	248
7	77	234
8	93	270
9	97	286
10	92	279
11	84	253
12	93	269
13	84	256
14	92	275
15	89	261
16	84	256
17	85	255
18	88	261
19	88	263
20	96	283
Promedio	87.32	259.95

Fuente: Autor

5.2.3. Técnica variación de la velocidad angular. En la técnica variación de la velocidad angular se obtuvieron 12 mediciones de las tres pruebas efectuadas.

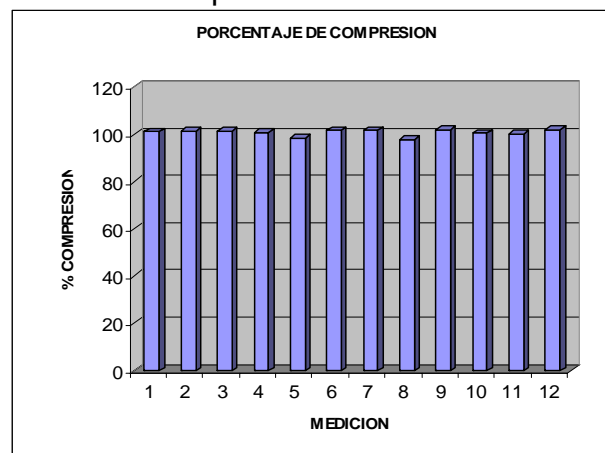
Tabla 8. Mediciones del porcentaje de compresión

MEDICION	% COMPRESION
1	101.07
2	101.26
3	101.50
4	100.78
5	98.33
6	101.55
7	101.55
8	97.88
9	101.85
10	100.32
11	100.01
12	101.81
PROMEDIO	100.66

Fuente: Autor

En la tabla 8 se muestran los valores obtenidos de las pruebas, los cuales arrojan un valor de referencia del % de compresión igual a 100,66.

Figura 79. Mediciones % compresión



Fuente: Autor

De acuerdo al criterio de Chauvenet, se descarta el valor de 97.88%, quedando la tabla así:

Tabla 9. Mediciones seleccionadas del porcentaje de compresión

MEDICION	% COMPRESION
1	101.07
2	101.26
3	101.50
4	100.78
5	98.33
6	101.55
7	101.55
8	
9	101.85
10	100.32
11	100.01
12	101.81
PROMEDIO	100.91

Fuente: Autor

5.2.4. Técnica oscilaciones del bloque. En la técnica oscilaciones del bloque se obtuvieron 16 mediciones de las cuatro pruebas realizadas. Los resultados son los siguientes:

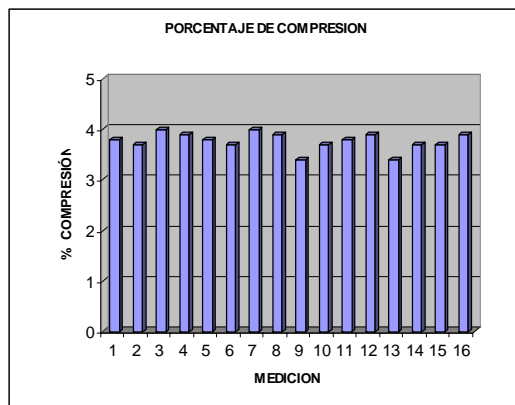
Tabla 10. Mediciones de la aceleración del bloque

MEDICIONES	A. BLOQUE m/s ²
1	3.8
2	3.7
3	4.0
4	3.9
5	3.8
6	3.7
7	4.0
8	3.9
9	3.4
10	3.7
11	3.8
12	3.9
13	3.4
14	3.7
15	3.7
16	3.9
PROMEDIO	3.8

Fuente: Autor

En la tabla 10, se observan los datos obtenidos en las pruebas y el valor promedio de la aceleración de 3,8 m/s². De acuerdo al criterio de Chauvenet, no se descarta ningún valor.

Figura 80. Mediciones de la aceleración del bloque



Fuente: Autor

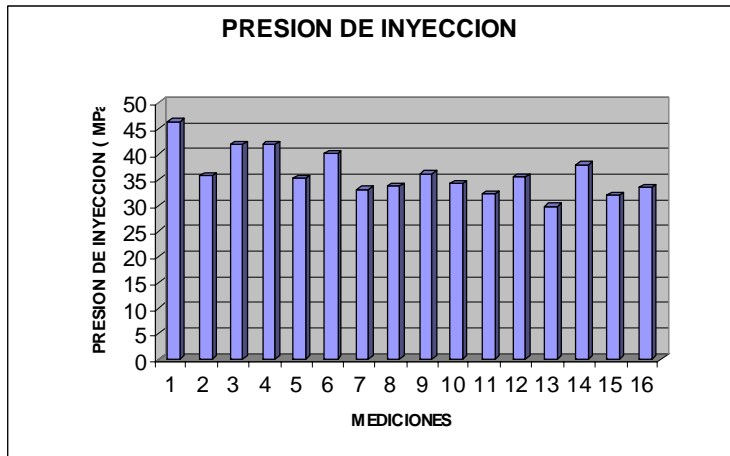
5.2.5. Técnica presión en las líneas de inyección. En la técnica presión en las líneas de inyección se obtuvieron 16 mediciones de las cuatro pruebas realizadas. Los resultados son los siguientes:

Tabla 11. Mediciones de la presión en las líneas de inyección

MEDICIONES	P. INYECCION Mpa
1	46.25
2	35.77
3	41.77
4	41.77
5	35.24
6	40.01
7	33.07
8	33.61
9	36
10	34.4
11	32.18
12	35.56
13	29.68
14	37.98
15	31.9
16	33.45
Promedio	36.17

Fuente: Autor

Figura 81. Mediciones de la presión en las líneas de inyección.



Fuente: Autor

De acuerdo al criterio de Chauvenet, se descarta el valor de 46.25 Mpa, quedando la tabla así:

Tabla 12. Mediciones seleccionadas de presión en las líneas de inyección

MEDICIONES	P. INYECCION Mpa
1	
2	35.77
3	41.77
4	41.77
5	35.24
6	40.01
7	33.07
8	33.61
9	36
10	34.4
11	32.18
12	35.56
13	29.68
14	37.98
15	31.9
16	33.45
Promedio	35.49

Fuente: Autor

5.3. VALORES DE REFERENCIA MOTORES CERO KILÓMETROS

En las pruebas de campo realizadas en CODIESEL S.A. se obtuvieron los valores de las variables principales de cada una de las técnicas. Mediante un tratamiento estadístico se descartaron algunos datos dispersos y se encontraron los valores de referencia que permiten caracterizar el motor ISUZU NPR 4HG1, estos valores se aprecian en la tabla 13.

Tabla 13. Valores de referencia

TECNICA	VARIABLE	VALOR
ANALISIS GASES Y % DE OPACIDAD	HC ppm	15.33
	% V CO	0.01
	% V CO2	2.76
	% OPACIDAD	15.98
POTENCIA	POTENCIA Kw	87.32
	TORQUE Nm	259.95
VARIACION VELOCIDAD ANGULAR	% COMPRESION	100.91
OSCILACIONES DEL BLOQUE	ACELERACION	3.85
PRESION EN LINEAS DE INYECCION	PRESION Mpa	35.49

Fuente: Autor

5.4. LIMITES DE ALETA Y ALARMA

Los valores consignados en la tabla 14, muestran los valores de los límites de alerta y alarma para un motor ISUZU NPR 4HG1, calculados a partir de los valores de referencia obtenidos de las pruebas de campo.

Tabla 14. Limites de alerta y alarma

TECNICA	VARIABLE	ALARMA INFERIOR	ALERTA INFERIOR	REFERENCIA	ALERTA SUPERIOR	ALARMA SUPERIOR
ANALISIS GASES Y % DE OPACIDAD	HC ppm	13.80	14.56	15.33	16.10	16.86
	% V CO	0.0090	0.0095	0.01	0.0105	0.0110
	% V CO2	2.48	2.62	2.76	2.90	3.04
	% OPACIDAD	14.38	15.18	15.98	16.78	17.58
POTENCIA	POTENCIA Kw	78.59	82.95	87.32	91.69	96.05
	TORQUE Nm	233.96	246.95	259.95	272.95	285.95
VARIACION VEL. ANG.	% COMPRESION	90.82	95.86	100.91	105.96	111.00
OSCILACIONES BLOQUE	ACELERACION	3.47	3.66	3.85	4.04	4.24
PRESION DE INYECCION	PRESION Mpa	31.94	33.72	35.49	37.26	39.04

Fuente: Autor

5.5. TABLA DE VALORES DE LAS PRUEBAS DE CAMPO DE MOTORES DE USO PROLONGADO

Los valores mostrados en la tabla 14, se midieron en pruebas de campo realizadas en la empresa TRANSCOLOMBIA S.A. en el autobús NPR de placas XLM 800 de Bucaramanga, modelo 2002, el cual lleva circulando aproximadamente 3 años y tiene 22490 Km de recorrido, con el fin de establecer una comparación frente a los valores de referencia mostrados en el numeral anterior.

Tabla 15. Valores obtenidos en el motor de uso prolongado

TECNICA	VARIABLE	VALOR
ANALISIS GASES Y % DE OPACIDAD	HC ppm	20.33
	% V CO	0.19
	% V CO2	2.87
	% OPACIDAD	54.10
POTENCIA	POTENCIA Kw	90.40
	TORQUE Nm	275.20
VARIACION VELOCIDAD ANGULAR	% COMPRESION	91.78
OSCILACIONES DEL BLOQUE	ACELERACION	3.83
PRESION EN LINEAS DE INYECCION	PRESION Mpa	35.48

Fuente: Autor

5.6. COMPARACIÓN DE LOS VALORES HALLADOS EN LAS PRUEBAS DE CAMPO

Uno de los objetivos de este proyecto es comparar el desempeño de un motor de uso prolongado con motores cero kilómetros, por medio de los valores hallados con el Prototipo DIAGMA D-100.

En la tabla 16 podemos ver el concepto del motor evaluado en las pruebas de campo de TRANSCOLOMBIA, dentro de los parámetros normales, alerta y alarma establecidos a partir de los motores cero kilómetros, y de esta forma determinar a grandes rasgos, el estado del motor.

Tabla 16. Comparación de valores con base en los límites de alerta y alarma

TECNICA	VARIABLE	VALOR	CONCEPTO
ANALISIS GASES Y % DE OPACIDAD	HC ppm	20.33	Alarma
	% V CO	0.19	Alarma
	% V CO2	2.87	Normal
	% OPACIDAD	54.10	Alarma
POTENCIA	POTENCIA Kw	90.40	Normal
	TORQUE Nm	275.20	Alerta
VARIACION VELOCIDAD ANGULAR	% COMPRESION	91.78	Alerta
OSCILACIONES DEL BLOQUE	ACELERACION	3.83	Normal
PRESION EN LINEAS DE INYECCION	PRESION Mpa	35.48	Normal

Fuente: Autor

Según los valores obtenidos en la prueba de Análisis de Gases y % de Opacidad, se observa que el vehículo se localiza en la zona de alarma superior (ver tabla 13), debido a que se encuentra muy por encima del valor de referencia en las variables: HC ppm, %V CO y % de opacidad, en este último, tenemos un valor del 54,1% que está fuera de % de opacidad normal establecido para vehículos de modelo 2002 (menor al 40 %). Lo anterior indica que el motor está realizando una combustión incompleta, por lo tanto, el vehículo está contaminando.

El valor de la Potencia se encuentra dentro de lo normal, mientras el valor del Par se encasilla en la zona de alerta, ya que excede ligeramente el valor límite, esto puede deberse a la falta de mantenimiento del motor ya que presenta aproximadamente 3 años de uso.

En la prueba de variación de la velocidad angular, el valor del porcentaje de compresión está dentro del rango de alerta inferior. Según la base teórica de la técnica se puede decir, que el motor está presentando fallos de combustión o de compresión.

Por medio de la técnica de oscilaciones del bloque, podemos apreciar una operación normal del motor respecto a la compresión y a la combustión, y un funcionamiento uniforme de los cilindros.

La presión de inyección de este motor está dentro de los parámetros normales, es decir, no tenemos problemas en la bomba, ni en los inyectores.

Emitiendo un concepto de las pruebas realizadas en el autobús NPR de placas XLM 800 de Bucaramanga, podemos decir, que el motor presenta un comportamiento normal en cuanto a compresión y presión de inyección se refiere, con algunos problemas de combustión evidenciados en la prueba de Análisis de Gases y % de Opacidad.

RECOMENDACIONES

El Prototipo DIAGMA D-100, constituye una herramienta muy importante en la búsqueda de la reducción de costos y tiempos de paradas de los vehículos empleados en la industria del transporte; por esa razón es sin duda, un compromiso, llevar esta investigación hasta su fase final y entregarle a este sector tan importante de nuestro país, la oportunidad de ser más eficientes y competitivos, es así, que consideramos que se deben realizar:

- Una gran cantidad de pruebas, con miras a identificar los errores inducidos por todos los componentes del equipo, tanto de hardware como de software, para poder lograr una lectura clara y confiable que permita otorgar un diagnóstico acertado.
- Desarrollar un manual de mantenimiento del equipo.
- Establecer por un método estadístico los ajustes en los límites de alerta y alarma a través de un mayor número de pruebas.
- Implementar una base de datos, que permita hacer un diagnóstico automático de la condición del motor.
- Consolidar más la relación universidad, sector productivo, para lograr mejores avances y desarrollo tecnológico.

CONCLUSIONES

- Se estableció una metodología práctica y eficiente para la realización de las pruebas de campo con el fin de optimizar y facilitar la ejecución de las pruebas.
- Con el objeto de facilitar la operación y los procedimientos del Prototipo DIAGMA D-100, se elaboró un manual, completamente ilustrado, que cubre todos los requerimientos y detalles necesarios para su correcto funcionamiento.
- Se logró integrar el Know-How de las diferentes técnicas, desarrolladas por distintas personas vinculadas al grupo GIEMA.
- Se realizaron las pruebas de campo en motores nuevos (aproximadamente cero kilómetros) en las instalaciones de CODIESEL S.A. con el fin de obtener los valores de referencia de cada una de las técnicas que conforman el proyecto (ver tabla).
- Se establecieron los límites de alerta y alarma de cada una de las técnicas que conforman el proyecto.
- Se realizó la comparación de los valores obtenidos en las pruebas de campo realizadas en TRANSCOLOMBIA S.A. con los valores de referencia obtenidos en CODIESEL S.A. determinando el estado del motor de uso prolongado (ver tabla 12).
- En las pruebas realizadas en TRANSCOLOMBIA S.A se dio a conocer el prototipo DIAGMA D-100 a los conductores y dueños de los vehículos teniendo una gran aceptación dentro del gremio.
- Se optimizaron las hojas de inspección de cada una de las técnicas del proyecto DIAGMA D-100.
- El diagnóstico de motores Diesel, mediante la utilización del prototipo DIAGMA D-100 evita que se realice el desmonte de la bomba de inyección, la prueba tradicional de compresión, lo cual representa un gran beneficio económico, como también, una reducción del tiempo de parada del vehículo.

- Las obstrucciones en el inyector se reflejan en el aumento de la presión en la tubería de inyección.
- Para conseguir resultados altamente confiables se hace necesario realizar un número muy grande de pruebas de campo que nos lleven a cuantificar todos los posibles errores que se puedan inducir en la medición.
- Los malos hábitos de conducción tales como el acelerar durante las paradas y la falta de mantenimiento del motor son factores que contribuyen al alto índice de contaminación en nuestra ciudad.
- Se recomienda realizar campañas dirigidas a los conductores de servicio público con el fin de mejorar sus hábitos de conducción.
- La mentalidad de los empresarios del transporte en lo referente al tipo de mantenimiento que aplican a sus vehículos, es decir, mantenimiento correctivo, origina problemas de desgaste de la máquina que se acumulan hasta crear paradas no programadas que redundan en grandes inversiones.
- La precisión de las mediciones realizadas con el Prototipo, depende en un gran porcentaje de la habilidad del operario y de los errores inducidos por la cadena de medición.
- Se consolidó la colaboración entre la Universidad y el sector productivo en pro de la búsqueda del desarrollo y el mejoramiento de las condiciones de mantenimiento de los vehículos.

BIBLIOGRAFÍA

C. F. Taylor. The Internal Combustion Engine in Theory and Practice. The MIT Press, 1.977, Vol 1 y 2.

CALDERÓN V. STEPHANE G. “Metodología para la evaluación de la combustión y compresión de motores diesel mediante las oscilaciones del bloque”. Tesis de pregrado, Ingeniería Mecánica, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 2005.

CODIESEL, Manual Técnico CHEVROLET NPR. Bucaramanga 2005.

CHACON V. JORGE L et al. Diseño y desarrollo de un prototipo para el monitoreo y diagnóstico de motores Diesel mediante técnicas no intrusivas fase I. Proyecto de investigación CINTEL COLCIENCIAS, CDMB – UIS. Ingeniería Mecánica. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 2005.

D. HERMÓNES GIL MARTINEZ. “Manual del automóvil reparación y mantenimiento. El motor diesel. “Ed Cultural S.A, Madrid, España. 1999.

E. RALBOVSKY. “Motores Diesel.” Madrid España, Editorial Paraninfo, año 2000.

G. RIZZONI AND W. B. RIBBENS. Crankshaft position measurement for engine testing, control and diagnosis. IEEE 39th Vehicular Technology Conference, 1989, pp 423 - 436 vol.1

HEYWOOD, J.B. Internal Combustion Engine Fundamentals. Ed. New York: McGraw-Hill, 1988, pp 491-493, pp 858-869

HIGUERA P. Jorge Eduardo. "Diagnostico de fallas en motores térmicos alternativos mediante el análisis de la variación de la velocidad angular". Tesis de maestría. Ingeniería Electrónica. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 2005.

HOLMAN P. JACK. Métodos experimentales para ingenieros. Ed Mc Graw Hill, 4a edición, México, 1986.

JOVAJ, M. S. Motores de Automóvil. Editorial Mir, Moscú, Rusia 1982.

LUKANIN, V.N. y otros. "Motores de combustión interna". Editorial Mir. Moscú. 1988.

MALDONADO HERRERA, Mary Luz y Vega Godoy, Ingar Euyeni. "Construcción de un módulo sensor transmisor para las emisiones de CO, CO₂, C₃H₈ y opacidad en motores Diesel sin carga" Tesis de pregrado. Ingeniería Química. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 2004.

MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel: Teoría, Mantenimiento y Reparación. Tomo I. Ed. McGraw-Hill, México, 1988. pp 34-35.

MERCHAN RAMOS, Carlos Eduardo. "Determinación de la potencia y el par en motores de combustión interna mediante la técnica de aceleración libre". Tesis de pregrado. Ingeniería Mecánica. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 2004.

NATIONAL INSTRUMENTS. "Labview Express 7.0. User manual". Disponible: <http://www.ni.com> .

TORRES ÁLVAREZ, Giovanny. "Metodología para el diagnostico del sistema de inyección de motores Diesel a partir de las líneas de inyección". Tesis de pregrado. Ingeniería Mecánica. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 2005.

Anexo 1. INFORMES PRUEBAS DE CAMPO CODIESEL S.A.

TÍTULO DEL PROYECTO:

**TÉCNICA DE ANÁLISIS DE GASES Y PORCENTAJE DE OPACIDAD
PRUEBAS DE CAMPO**

PRESENTADO POR:

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIECER CASTELLANOS BENAVIDES**

INFORME Nº: 1

FECHA: 20 DE AGOSTO DE 2005

PRUEBA DE ANÁLISIS DE GASES Y PORCENTAJE DE OPACIDAD CODIESEL AGOSTO 20 DE 2005



RESUMEN

La prueba de análisis de gases y porcentaje de opacidad se llevó a cabo el día 20 de agosto de 2005 en las instalaciones del **CODIESEL S.A.** ubicado en el kilómetro 7 autopista a Girón, bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luis Chacón V. Para la prueba se ubicó el prototipo DIAGMA D-100 cerca del tubo de escape de los gases del vehículo. Se realizó el montaje del sensor Hall, el tubo de acero en su respectiva base, la sonda de muestreo, la sonda tipo S, el tubo Pitot y las termocuplas tipo "J" y tipo "K". Se realizó la calibración del programa, se efectuaron las tres aceleraciones y se obtuvieron los datos de la prueba. Las hojas de inspección se llenaron en el transcurso de la prueba.

INTRODUCCION

La prueba realizada tiene como fin obtener valores de referencia de la concentración de los gases y el porcentaje de opacidad en un motor nuevo (cero kilómetros) representativo del parque automotor, con el objeto de establecer un patrón de comparación que nos permita diagnosticar el estado de motores de vehículos de servicio público.

OBJETIVOS

- Obtener valores de referencia de ppm de HC, %V CO₂, %V CO, %V O₂, y % de opacidad, en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros).
- Calcular y analizar los datos estadísticos de la prueba.

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

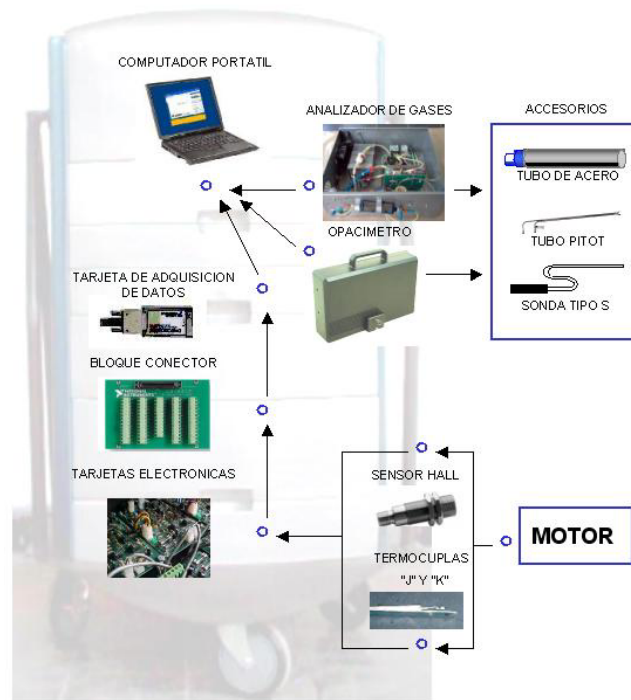
• INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

1. Computador Portátil
2. Prototipo DIAGMA D-100
3. Tubo de acero de 4 pulgadas
4. Motor Diesel
5. Soporte del sensor
6. Accesorios: extensión eléctrica, cinta aislante, cinta de papel, pegante instantáneo.
7. Herramientas: destornillador, llaves, pinzas.

- **CADENA DE MEDICIÓN**

En la prueba de análisis de gases y porcentaje de opacidad existe la mayor cantidad de dispositivos entre sensores y accesorios que intervienen en la cadena de medición, en la figura 1, resumimos los más importantes componentes de esta prueba.

Figura 1. Cadena de Medición.



- **PROCEDIMIENTO**

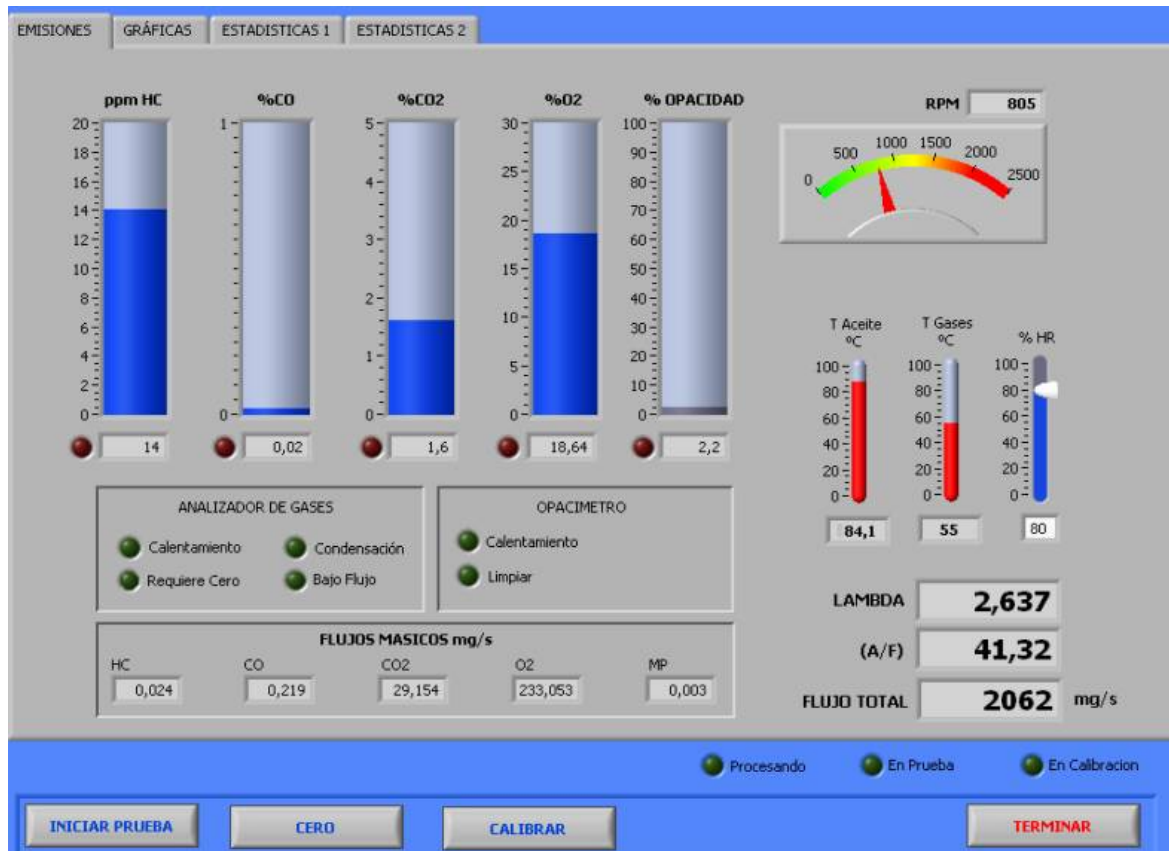
1. Ubicar el prototipo cerca del tubo de escape de los gases del vehículo.
2. Montar el sensor Hall.
3. Ubicar el tubo de acero con su respectiva base cerca del prototipo.
4. Acoplar la unión flexible al tubo de escape y al tubo de acero.
5. Ensamblar el tubo Pitot al tubo de acero.
6. Ubicar y conectar el transductor de presión al prototipo.
7. Ubicar la sonda de muestreo y la sonda tipo S a la salida del tubo de acero.
8. Conectar la termocupla tipo K y tipo J al prototipo.

9. Conectar el cable serial-USB (COM1) del opacímetro al puerto USB inferior del computador, y el cable serial-USB (COM2) del analizador al puerto USB superior del computador.
10. Conectar el cable de las tarjetas electrónicas a la tarjeta de adquisición de señales ubicada en el computador.
11. Realizar la calibración con aire y con gas patrón.
12. Iniciar la prueba.

RESULTADOS DE LA PRUEBA

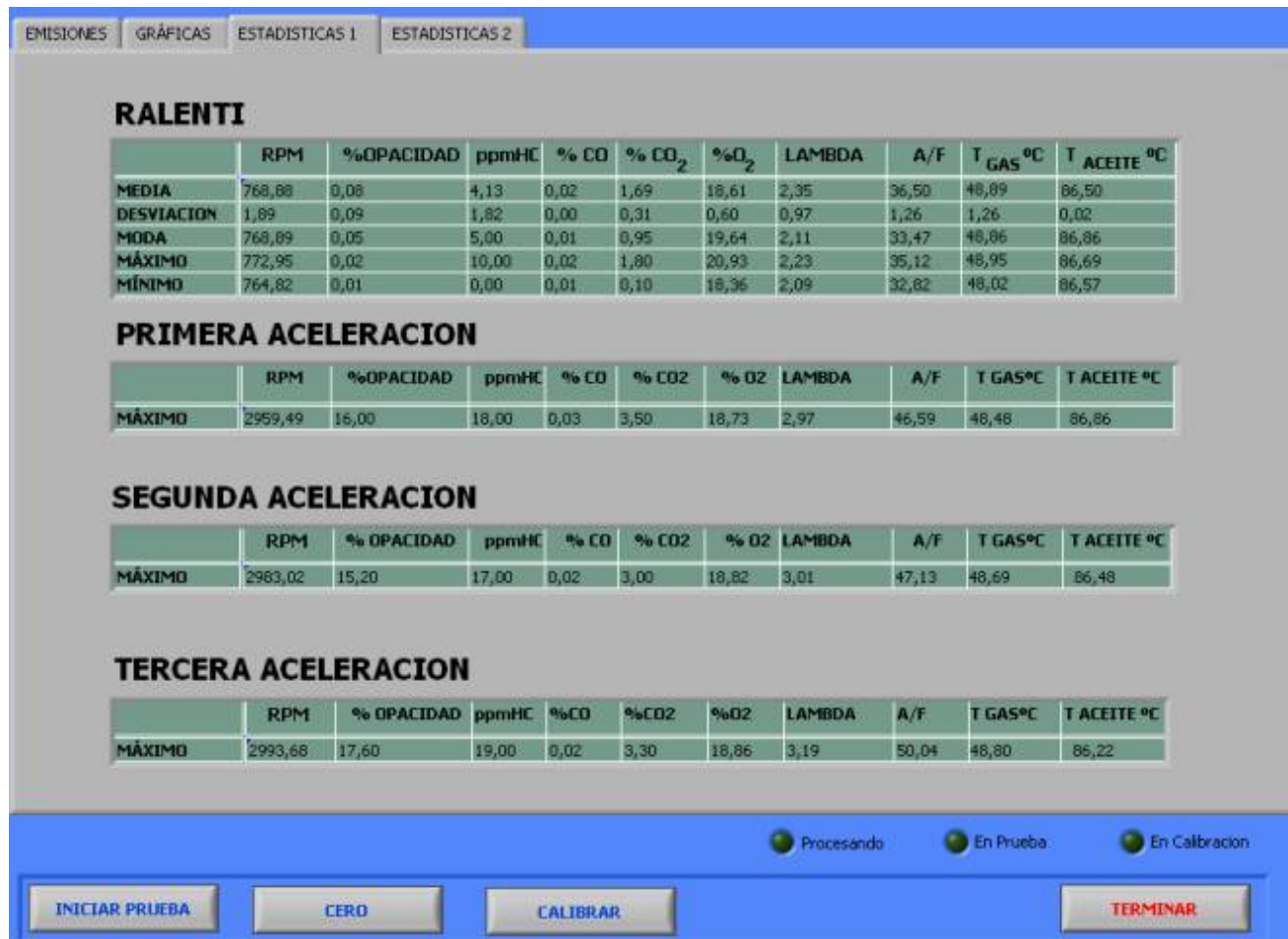
En esta prueba los resultados se encuentran en tres ventanas principales: la primera es el panel frontal (figura 2), utilizada durante la prueba para observar el comportamiento de la técnica;

Figura 2. PANEL FRONTAL DE LA PRUEBA



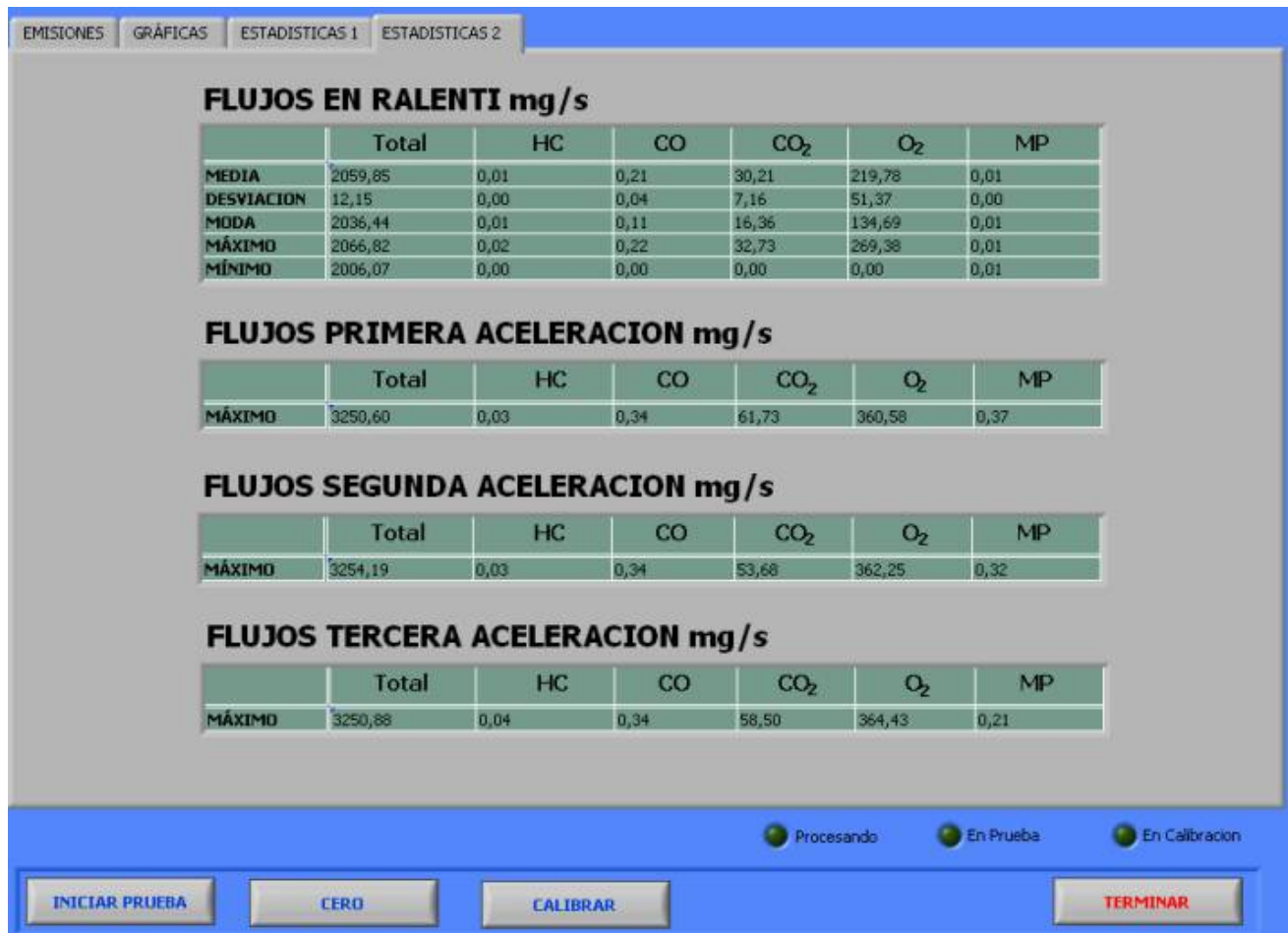
La segunda ventana, estadísticas 1 (figura 3) se muestran las concentraciones de los residuos de la combustión, temperaturas y datos importantes.

Figura 3. ESTADISTICAS 1





Finalmente la tercera, estadísticas 2 (figura 4) ofrece el valor de los flujos máxicos de los componentes del gas de escape.



Figura 4. ESTADISTICAS 2



HOJA DE INSPECCION DE LA PRUEBA

 PROYECTO DIAGMA D-100 TECNICA ANÁLISIS DE GASES Y % DE OPACIDAD 							
Archivo de datos	C:\Archivos del programa\Diagma\pruebas\Emissiones	Fecha	Agosto 20 de 2005				
Lugar	CODIESEL S.A.	Hora	8:00 a.m.				
Responsable	Jorge Eliécer Castellanos Benavides	Revisó	Ing. Jorge Luis Chacón V.				
DATOS DEL VEHÍCULO			DATOS DEL MOTOR				
Vehículo	Buseta	Tipo Motor	ISUZU	No. cilindros	4 en línea		
Placa	Nuevo	Chasis No.	9GDNPR7122B532010	Desplazamiento	4570 c.c.		
Modelo	NPR 4HG1-2005	Pot. Nominal	119.4 HP a 2850 rpm	Diámetro exhosto	60,5 mm		
ANÁLISIS DE GASES							
CALIBRACIÓN DEL ANALIZADOR							
		HC ppm	% V CO2	%V CO	% V O2		
Concentración Gas patrón		304,00	6,00	1,00			
Verificación		301,10	5,50	0,98	19,40		
PARTE EXPERIMENTAL							
RALENTÍ							
	T. GASES	T. ACEITE	RPM	HC ppm	% V CO	% V CO2	% V O2
Media	48,89	86,50	768,88	4,13	0,02	1,69	18,61
Desv. Estandar	1,26	0,02	1,89	1,82	0,00	0,31	0,60
Moda	48,86	86,86	768,89	5,00	0,01	0,95	19,64
Máximo	48,95	86,69	772,95	10,00	0,02	1,80	20,93
Mínimo	48,02	86,57	764,82	0,00	0,01	0,10	18,36
MEDICIÓN							
	T. GASES	T. ACEITE	RPM	HC ppm	% V CO	% V CO2	% V O2
Aceleración 1	48,48	86,86	2959,49	18,00	0,03	3,50	18,73
Aceleración 2	48,69	86,48	2983,02	17,00	0,02	3,00	18,82
Aceleración 3	48,80	86,22	2993,68	19,00	0,02	3,30	18,86
Promedio	48,66	86,52	2978,73	18,00	0,02	3,27	18,80
Desviación Estandar	0,133	0,263	14,284	0,816	0,005	0,205	0,054
Varianza	0,018	0,069	204,028	0,667	0,000	0,042	0,003

ANÁLISIS % DE OPACIDAD						
CALIBRACION DEL OPACIMETRO		PARTE EXPERIMENTAL				
		RALENTI				
	%		T. GASES	T. ACEITE	RPM	%OPACIDAD
Cero	0	Media	48,89	86,50	768,88	0,08
Esc. Maxima	100	Desviacion Estandar	1,26	0,02	1,89	0,09
Filtro No. 1	30	Moda	48,86	86,86	768,89	0,05
Filtro No. 2	60	Maximo	48,95	86,69	772,95	0,02
Filtro No. 3	70	Minimo	48,02	86,57	764,82	0,01
% OPACIDAD NORMAL		MEDICION				
Modelo	%	ENSAYOS	T. GASES	T. ACEITE	RPM	%OPACIDAD
2001 y post	40	Aceleracion 1	48,48	86,86	2959,49	16,00
1996-2000	50	Aceleracion 2	48,69	86,48	2983,02	15,20
1991-1995	55	Aceleracion 3	48,80	86,22	2993,68	17,60
1986-1990	60	Promedio	48,66	86,52	2978,73	16,27
1981-1985	65	Desviacion Estandar	0,13	0,26	14,28	0,998
1980 y ant.	70	Varianza	0,02	0,07	204,03	0,996
OBSERVACIONES						
1) Cuando se trabajó a la intemperie, el computador se apagó varias veces debido al excesivo calor. 2) Se cubrió el prototipo para evitar el contacto directo con los rayos solares. 3) Fue necesario cambiar los filtros del analizador. 4) Fue necesario sacar el opacímetro del prototipo para facilitar su instalación y evitar la contaminación de los elementos del equipo.						

		PROYECTO DIAGMA D-100 TECNICA ANALISIS DE GASES MEDIDA DE FLUJO DE AIRE Y GAS DE ESCAPE								
PARTE EXPERIMENTAL										
RALENTÍ										
	TOTAL	HC	CO	CO2	O2	MP	LAMBDA	A/F		
Media	2059,85	0,01	0,21	30,21	219,78	0,01	2,35	36,50		
Desv. Estandar	12,15	0,00	0,04	7,16	51,37	0,00	0,97	1,26		
Moda	2036,44	0,01	0,11	16,36	134,69	0,01	2,11	33,47		
Máximo	2066,82	0,02	0,22	32,73	269,38	0,01	2,23	35,12		
Mínimo	2006,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	2,09	32,82		
MEDICIÓN										
	TOTAL	HC	CO	CO2	O2	MP	LAMBDA	A/F		
Aceleración 1	3250,60	0,03	0,34	61,73	360,58	0,37	2,97	46,59		
Aceleración 2	3254,19	0,03	0,34	53,68	362,25	0,32	3,01	47,13		
Aceleración 3	3250,88	0,04	0,34	58,50	364,43	0,21	3,19	50,04		
Promedio	3251,89	0,03	0,34	57,97	362,42	0,30	3,06	47,92		
Desv. Estandar	1,630	0,005	0,000	3,308	1,576	0,067	0,096	1,515		
Varianza	2,658	0,000	0,000	10,941	2,485	0,004	0,009	2,296		
OBSERVACIONES										
La base soporte del tubo de acero se invirtió, ya que quedaba muy arriba del tubo de escape de los gases.										

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- La temperatura de los gases de escape y la del aceite se encuentran dentro de los rangos normales de funcionamiento. (35-60 °C para la temperatura de los gases de escape y 78-90 °C para la temperatura del aceite).
- Al producir las aceleraciones, se produce un aumento aproximadamente de cuatro veces los hidrocarburos no quemados y aproximadamente el doble del porcentaje de CO2.
- El porcentaje de CO es bajo tanto en ralentí como en las aceleraciones, lo cual es un resultado esperado, ya que la prueba se hizo sobre un motor nuevo (aproximadamente cero kilómetros).
- El porcentaje de opacidad muestra un aumento significativo al momento de acelerar el vehículo.

CONCLUSIONES

- Se obtuvieron los datos significativos necesarios para hallar los valores de referencia de los motores nuevos (aproximadamente cero kilómetros).
- Se calcularon los datos estadísticos de la prueba y se registraron en la respectiva hoja de inspección.
- Se llenó la hoja de inspección, en la cual se encuentran los datos del vehículo y del motor así como las observaciones que se dieron en la ejecución de la prueba.
- El porcentaje de opacidad del vehículo es de 16,27%, el cual se encuentra por debajo del 40% (ver tabla % OPACIDAD NORMAL en la hoja de inspección), valor esperado para vehículos nuevos (aproximadamente cero kilómetros).
- La presencia de hidrocarburos en los gases de escape indican combustión incompleta, sin embargo la presencia de O₂ indica exceso de aire, por lo tanto se puede concluir que no se está realizando la mezcla aire-combustible correctamente al momento de acelerarse a fondo, debido a que no hay tiempo suficiente para que se forme.
- El aumento de la cantidad de hidrocarburos no quemados, del porcentaje de CO₂ y del porcentaje de opacidad, indican que hay un mayor suministro de combustible a medida que se acelera el motor.

TÍTULO DEL PROYECTO:

**TÉCNICA DE ANÁLISIS DE GASES Y PORCENTAJE DE OPACIDAD
PRUEBAS DE CAMPO**

PRESENTADO POR:

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIECER CASTELLANOS BENAVIDES**

INFORME N°: 2

FECHA: 10 DE SEPTIEMBRE DE 2005

PRUEBA DE ANÁLISIS DE GASES Y PORCENTAJE DE OPACIDAD CODIESEL SEPTIEMBRE 10 DE 2005



RESUMEN

La prueba de análisis de gases y porcentaje de opacidad se llevó a cabo el día 10 de septiembre de 2005 en las instalaciones del **CODIESEL S.A.** ubicado en el kilómetro 7 autopista a Girón, bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luis Chacón V. Para la prueba se ubicó el prototipo DIAGMA D-100 cerca del tubo de escape de los gases del vehículo. Se realizó el montaje del sensor Hall, el tubo de acero en su respectiva base, la sonda de muestreo, la sonda tipo S, el tubo Pitot y las termocuplas tipo "J" y tipo "K". Se realizó la calibración del programa, se efectuaron las tres aceleraciones y se obtuvieron los datos de la prueba. Las hojas de inspección se llenaron en el transcurso de la prueba.

INTRODUCCION

La prueba realizada tiene como fin obtener valores de referencia de la concentración de los gases y el porcentaje de opacidad en un motor nuevo (cero kilómetros) representativo del parque automotor, con el objeto de establecer un patrón de comparación que nos permita diagnosticar el estado de motores de vehículos de servicio público.

OBJETIVOS

- Obtener valores de referencia de ppm de HC, %V CO₂, %V CO, %V O₂, y % de opacidad, en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros).
- Calcular y analizar los datos estadísticos de la prueba.

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

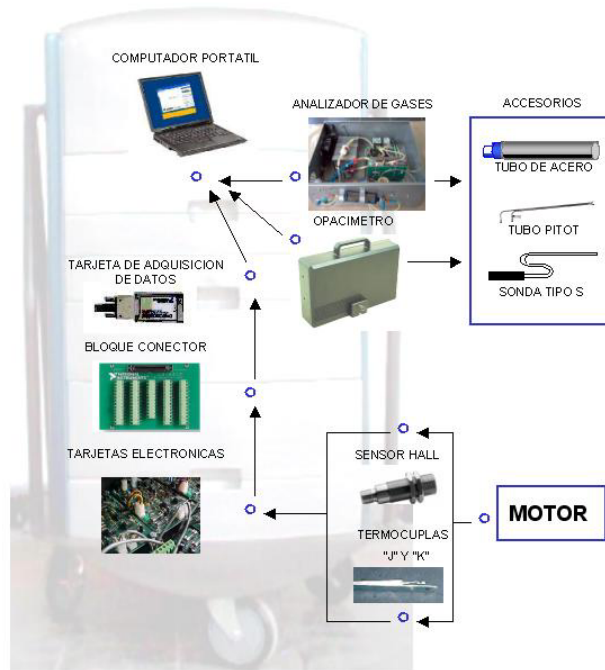
- **Instrumentación utilizada**

1. Computador Portátil
2. Prototipo DIAGMA D-100
3. Tubo de acero de 4 pulgadas
4. Motor Diesel
5. Soporte del sensor
6. Accesorios: extensión eléctrica, cinta aislante, cinta de papel, pegante instantáneo.
7. Herramientas: destornillador, llaves, pinzas.

- **CADENA DE MEDICIÓN**

En la prueba de análisis de gases y porcentaje de opacidad existe la mayor cantidad de dispositivos entre sensores y accesorios que intervienen en la cadena de medición, en la figura 1, resumimos los más importantes componentes de esta prueba.

Figura 1. Cadena de Medición.



- **PROCEDIMIENTO**

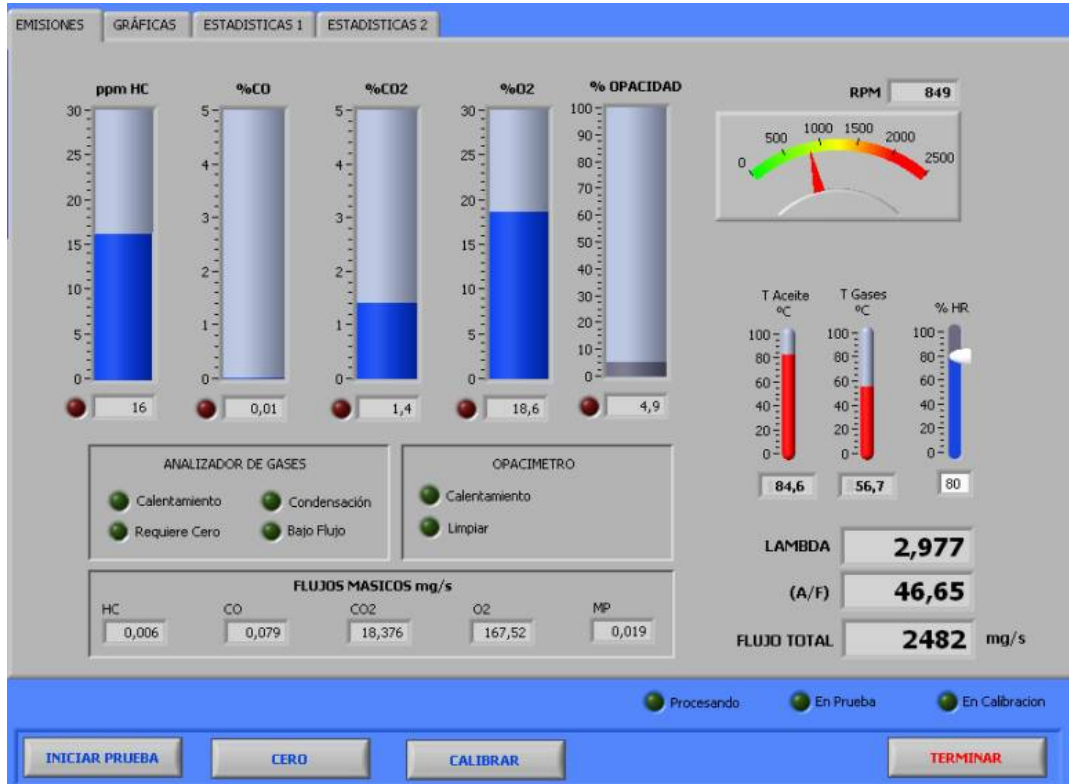
1. Ubicar el prototipo cerca del tubo de escape de los gases del vehículo.
2. Montar el sensor Hall.
3. Ubicar el tubo de acero con su respectiva base cerca del prototipo.
4. Acoplar la unión flexible al tubo de escape y al tubo de acero.
5. Ensamblar el tubo Pitot al tubo de acero.
6. Ubicar y conectar el transductor de presión al prototipo.
7. Ubicar la sonda de muestreo y la sonda tipo S a la salida del tubo de acero.
8. Conectar la termocupla tipo K y tipo J al prototipo.

9. Conectar el cable serial-USB (COM1) del opacímetro al puerto USB inferior del computador, y el cable serial-USB (COM2) del analizador al puerto USB superior del computador.
10. Conectar el cable de las tarjetas electrónicas a la tarjeta de adquisición de señales ubicada en el computador.
11. Realizar la calibración con aire y con gas patrón.
12. Iniciar la prueba.

RESULTADOS DE LA PRUEBA

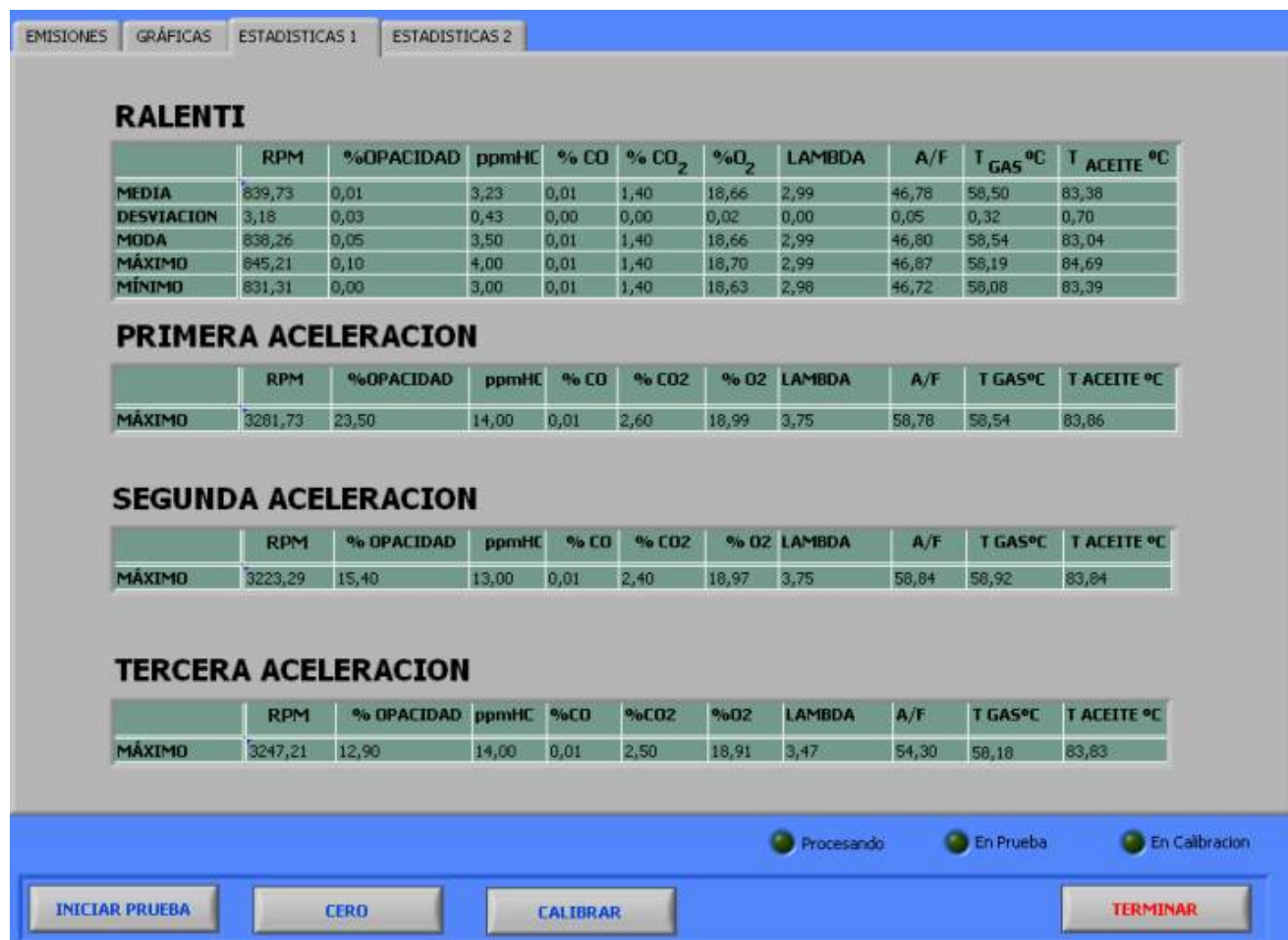
En esta prueba los resultados se encuentran en tres ventanas principales: la primera es el panel frontal (figura 2), utilizada durante la prueba para observar el comportamiento de la técnica;

Figura 2. PANEL FRONTAL DE LA PRUEBA



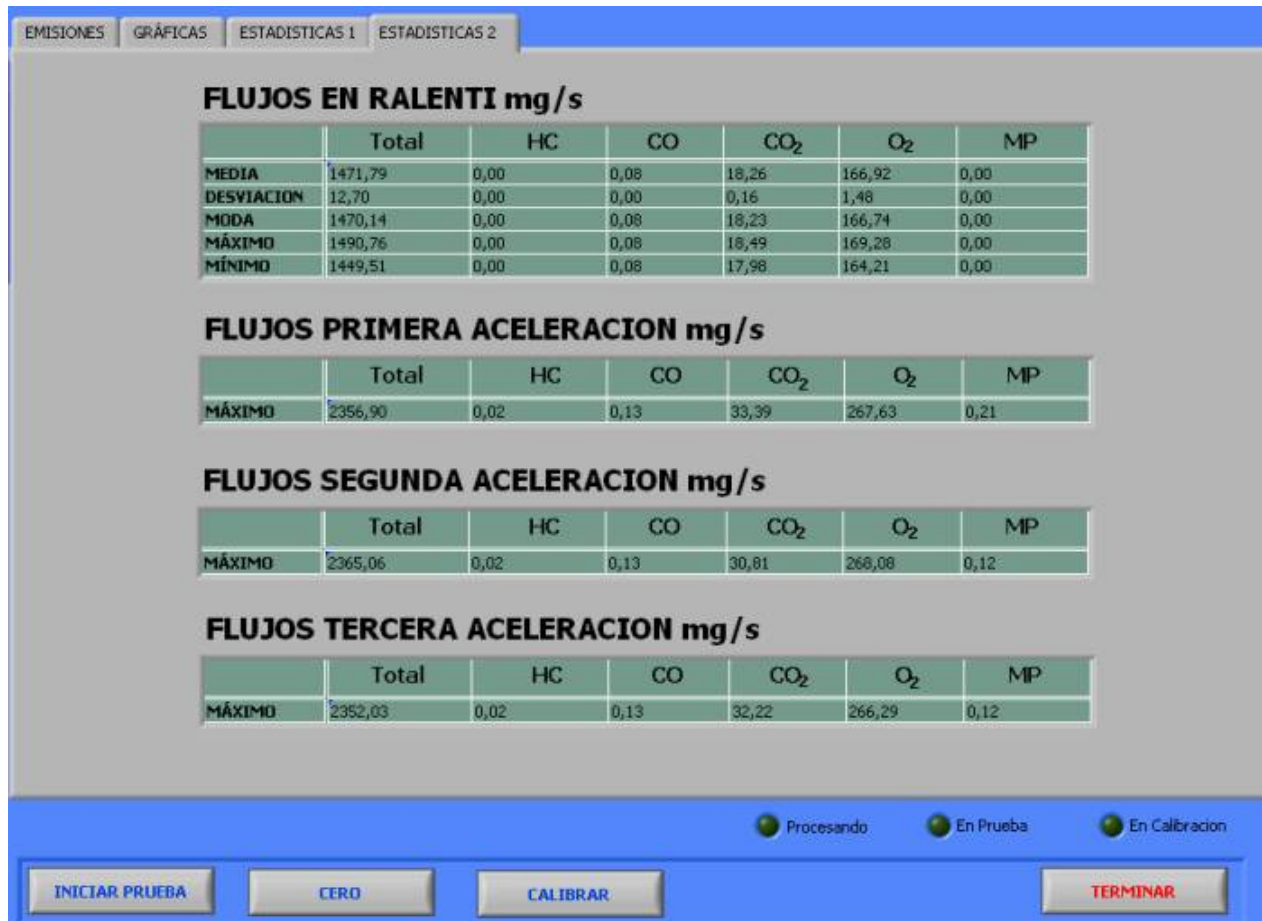
La segunda ventana, estadísticas 1 (figura 3) se muestran las concentraciones de los residuos de la combustión, temperaturas y datos importantes;

Figura 3. ESTADISTICAS 1





Finalmente la tercera ventana, estadísticas 2 (figura 4) ofrece el valor de los flujos máxicos de los componentes del gas de escape.



Figura 4. ESTADISTICAS 2



HOJA DE INSPECCION DE LA PRUEBA

		PROYECTO DIAGMA D-100 TECNICA ANÁLISIS DE GASES Y % DE OPACIDAD					
Archivo de datos	C:\Archivos de programa\Diagma\Pruebas\Emissiones			Fecha	Septiembre 10 de 2005		
Lugar	CODIESEL S.A.			Hora	8:00 a.m.		
Responsable	Jorge Eliécer Castellanos Benavides		Revisó	Ing. Jorge Luis Chacón V.			
DATOS DEL VEHÍCULO			DATOS DEL MOTOR				
Vehículo	Buseta	Tipo Motor	ISUZU	No. cilindros	4 en línea		
Placa	Nuevo	Chasis No.	9GDNPR7123B970312	Desplazamiento	4570 c.c.		
Modelo	NPR 4HG1-2005	Pot. Nominal	119.4 HP a 2850 rpm	Diámetro exhosto	60,5 mm		
ANÁLISIS DE GASES							
CALIBRACIÓN DEL ANALIZADOR							
		HC ppm	% V CO2	% V CO	% V O2		
Concentración Gas patrón		304,00	6,00	1,00			
Verificación		300,00	5,40	1,00	20,10		
PARTE EXPERIMENTAL							
RALENTÍ							
	T. GASES	T. ACEITE	RPM	HC ppm	% V CO	% V CO2	% V O2
Media	58,50	83,38	839,73	3,23	0,01	1,40	18,66
Desv. Estandar	0,32	0,70	3,18	0,43	0,00	0,00	0,02
Moda	58,54	83,04	838,26	3,50	0,01	1,40	18,66
Máximo	58,19	84,69	845,21	4,00	0,01	1,40	18,70
Mínimo	58,08	83,39	831,31	3,00	0,01	1,40	18,63
MEDICIÓN							
	T. GASES	T. ACEITE	RPM	HC ppm	% V CO	% V CO2	% V O2
Aceleración 1	58,54	83,86	3281,73	14,00	0,01	2,60	18,99
Aceleración 2	58,92	83,84	3223,29	13,00	0,01	2,40	18,97
Aceleración 3	58,18	83,83	3247,29	14,00	0,01	2,50	18,91
Promedio	58,55	83,84	3250,77	13,67	0,01	2,50	18,96
Desviación Estandar	0,302	0,012	23,985	0,471	0,000	0,082	0,034
Varianza	0,091	0,000	575,261	0,222	0,000	0,007	0,001

ANÁLISIS % DE OPACIDAD							
CALIBRACION DEL OPACIMETRO		PARTE EXPERIMENTAL					
RALENTI							
	%		T. GASES	T. ACEITE	RPM	%OPACIDAD	
Cero	0	Media	58,50	83,38	839,73	0,01	
Esc. Maxima	100	Desviacion Estandar	0,32	0,70	3,18	0,03	
Filtro No. 1	30	Moda	58,54	83,04	838,26	0,05	
Filtro No. 2	60	Maximo	58,19	84,69	845,21	0,10	
Filtro No. 3	70	Minimo	58,08	83,39	831,31	0,00	
% OPACIDAD NORMAL		MEDICION					
Modelo	%	ENSAYOS	T. GASES	T. ACEITE	RPM	%OPACIDAD	
2001 y post	40	Aceleracion 1	58,54	83,86	3281,73	23,50	
1996-2000	50	Aceleracion 2	58,92	83,84	3223,29	15,40	
1991-1995	55	Aceleracion 3	58,18	83,83	3247,29	12,90	
1986-1990	60	Promedio	58,55	83,84	3250,77	17,27	
1981-1985	65	Desviacion Estandar	0,302	0,012	23,985	4,524	
1980 y ant.	70	Varianza	0,091	0,000	575,261	20,469	
OBSERVACIONES							
Se realizó la prueba satisfactoriamente y sin contratiempos.							

		 PROYECTO DIAGMA D-100 TECNICA ANALISIS DE GASES MEDIDA DE FLUJO DE AIRE Y GAS DE ESCAPE 						
PARTE EXPERIMENTAL								
RALENTÍ								
	TOTAL	HC	CO	CO2	O2	MP	LAMBDA	A/F
Media	1471,79	0,00	0,08	18,26	166,92	0,00	2,99	46,78
Desv. Estandar	12,70	0,00	0,00	0,16	1,48	0,00	0,00	0,05
Moda	1470,14	0,00	0,08	18,23	166,74	0,00	2,99	46,80
Máximo	1490,76	0,00	0,08	18,49	169,28	0,00	2,99	46,87
Mínimo	1449,51	0,00	0,08	17,98	164,21	0,00	2,98	46,72
MEDICIÓN								
	TOTAL	HC	CO	CO2	O2	MP	LAMBDA	A/F
Aceleración 1	2356,90	0,02	0,13	33,39	267,63	0,21	3,75	58,78
Aceleración 2	2365,06	0,02	0,13	30,81	268,08	0,12	3,75	58,84
Aceleración 3	2352,03	0,02	0,13	32,22	266,29	0,12	3,47	54,30
Promedio	2358,00	0,02	0,13	32,14	267,33	0,15	3,66	57,31
Desv. Estandar	5,376	0,000	0,000	1,055	0,760	0,042	0,132	2,126
Varianza	28,898	0,000	0,000	1,113	0,578	0,002	0,017	4,521
OBSERVACIONES								
La base soporte del tubo de acero fue recortada.								

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- La temperatura de los gases de escape y la del aceite se encuentran dentro de los rangos normales de funcionamiento. (35-60°C para la temperatura de los gases de escape y 78-90°C para la temperatura del aceite).
- Al producir las aceleraciones, se produce un aumento aproximadamente de cuatro veces los hidrocarburos no quemados y aproximadamente el doble del porcentaje de CO2.
- El porcentaje de CO es bajo tanto en ralentí como en las aceleraciones, lo cual es un resultado esperado, ya que la prueba se hizo sobre un motor nuevo (aproximadamente cero kilómetros).
- El porcentaje de opacidad muestra un aumento significativo al momento de acelerar el vehículo.

CONCLUSIONES

- Se obtuvieron los datos significativos necesarios para hallar los valores de referencia de los motores nuevos (aproximadamente cero kilómetros).
- Se calcularon los datos estadísticos de la prueba y se registraron en la respectiva hoja de inspección.
- Se llenó la hoja de inspección, en la cual se encuentran los datos del vehículo y del motor así como las observaciones que se dieron en la ejecución de la prueba.
- El porcentaje de opacidad del vehículo es de 17,27%, el cual se encuentra por debajo del 40% (ver tabla % OPACIDAD NORMAL en la hoja de inspección), valor esperado para vehículos nuevos (aproximadamente cero kilómetros).
- La presencia de hidrocarburos en los gases de escape indican combustión incompleta, sin embargo la presencia de O₂ indica exceso de aire, por lo tanto se puede concluir que no se está realizando la mezcla aire-combustible correctamente al momento de acelerarse a fondo, debido a que no hay tiempo suficiente para que se forme.
- El aumento de la cantidad de hidrocarburos no quemados, del porcentaje de CO₂ y del porcentaje de opacidad, indican que hay un mayor suministro de combustible a medida que se acelera el motor.

TÍTULO DEL PROYECTO:

**TÉCNICA DE ANÁLISIS DE GASES Y PORCENTAJE DE OPACIDAD
PRUEBAS DE CAMPO**

PRESENTADO POR:

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIECER CASTELLANOS BENAVIDES**

INFORME N°: 3

FECHA: 24 DE SEPTIEMBRE DE 2005

PRUEBA DE ANÁLISIS DE GASES Y PORCENTAJE DE OPACIDAD CODIESEL SEPTIEMBRE 24 DE 2005



RESUMEN

La prueba de análisis de gases y porcentaje de opacidad se llevó a cabo el día 24 de septiembre de 2005 en las instalaciones del **CODIESEL S.A.** ubicado en el kilómetro 7 autopista a Girón, bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luis Chacón V. Para la prueba se ubicó el prototipo DIAGMA D-100 cerca del tubo de escape de los gases del vehículo. Se realizó el montaje del sensor Hall, el tubo de acero en su respectiva base, la sonda de muestreo, la sonda tipo S, el tubo Pitot y las termocuplas tipo "J" y tipo "K". Se realizó la calibración del programa, se efectuaron las tres aceleraciones y se obtuvieron los datos de la prueba. Las hojas de inspección se llenaron en el transcurso de la prueba.

INTRODUCCION

La prueba realizada tiene como fin obtener valores de referencia de la concentración de los gases y el porcentaje de opacidad en un motor nuevo (cero kilómetros) representativo del parque automotor, con el objeto de establecer un patrón de comparación que nos permita diagnosticar el estado de motores de vehículos de servicio público.

OBJETIVOS

- Obtener valores de referencia de ppm de HC, %V CO₂, %V CO, %V O₂, y % de opacidad, en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros).

- Calcular y analizar los datos estadísticos de la prueba.

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

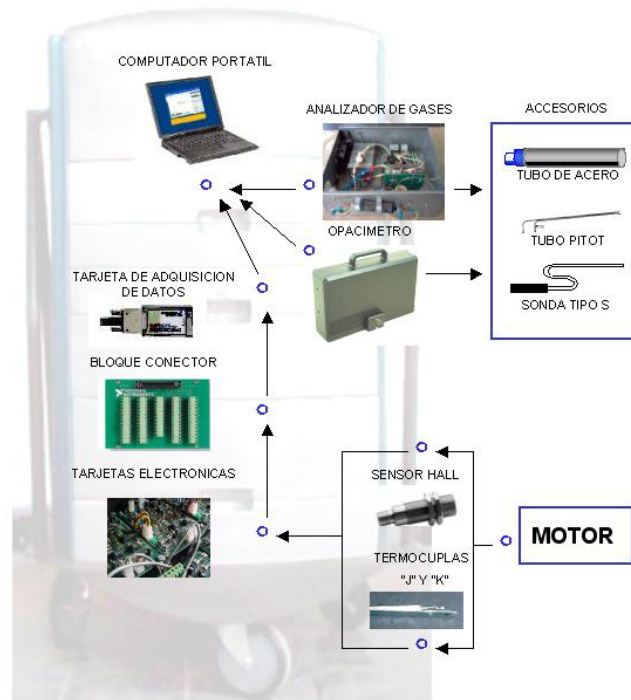
• INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

1. Computador Portátil
2. Prototipo DIAGMA D-100
3. Tubo de acero de 4 pulgadas
4. Motor Diesel
5. Soporte del sensor
6. Accesorios: extensión eléctrica, cinta aislante, cinta de papel, pegante instantáneo.
7. Herramientas: destornillador, llaves, pinzas.

- **CADENA DE MEDICIÓN**

En la prueba de análisis de gases y porcentaje de opacidad existe la mayor cantidad de dispositivos entre sensores y accesorios que intervienen en la cadena de medición, en la figura 1, resumimos los más importantes componentes de esta prueba.

Figura 1. Cadena de Medición.



- **PROCEDIMIENTO**

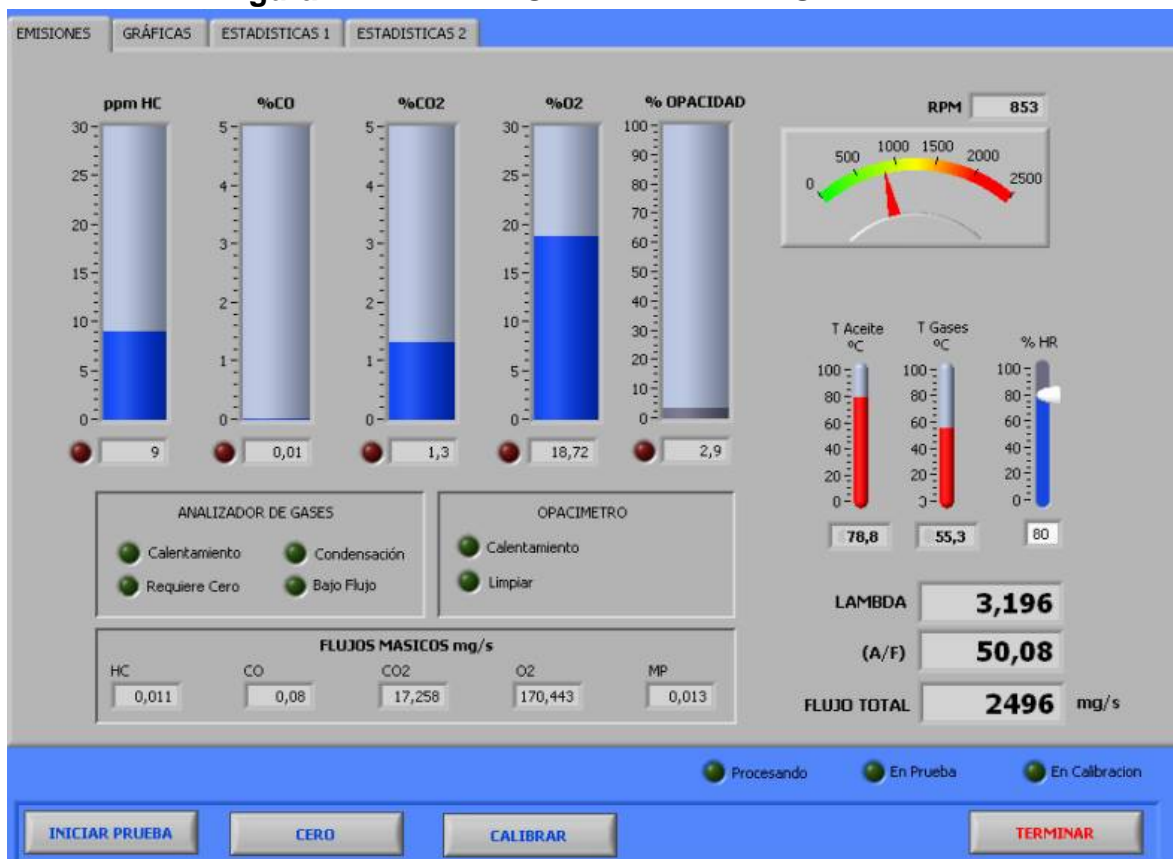
1. Ubicar el prototipo cerca del tubo de escape de los gases del vehículo.
2. Montar el sensor Hall.
3. Ubicar el tubo de acero con su respectiva base cerca del prototipo.
4. Acoplar la unión flexible al tubo de escape y al tubo de acero.
5. Ensamblar el tubo Pitot al tubo de acero.
6. Ubicar y conectar el transductor de presión al prototipo.
7. Ubicar la sonda de muestreo y la sonda tipo S a la salida del tubo de acero.
8. Conectar la termocupla tipo K y tipo J al prototipo.

9. Conectar el cable serial-USB (COM1) del opacímetro al puerto USB inferior del computador, y el cable serial-USB (COM2) del analizador al puerto USB superior del computador.
10. Conectar el cable de las tarjetas electrónicas a la tarjeta de adquisición de señales ubicada en el computador.
11. Realizar la calibración con aire y con gas patrón.
12. Iniciar la prueba.

RESULTADOS DE LA PRUEBA

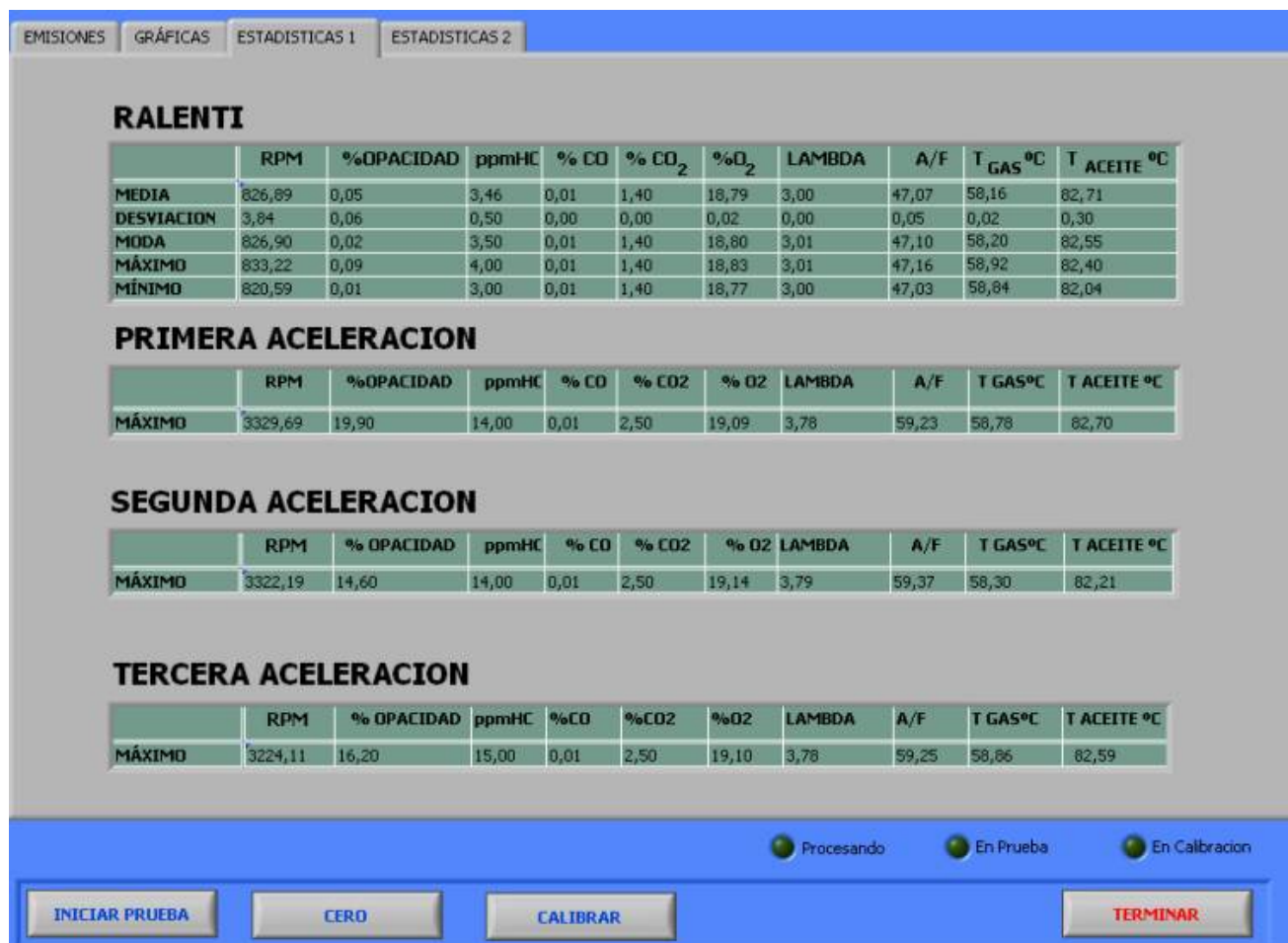
En esta prueba los resultados se encuentran en tres ventanas principales: la primera es el panel frontal (figura 2), utilizada durante la prueba para observar el comportamiento de la técnica;

Figura 2. PANEL FRONTAL DE LA PRUEBA



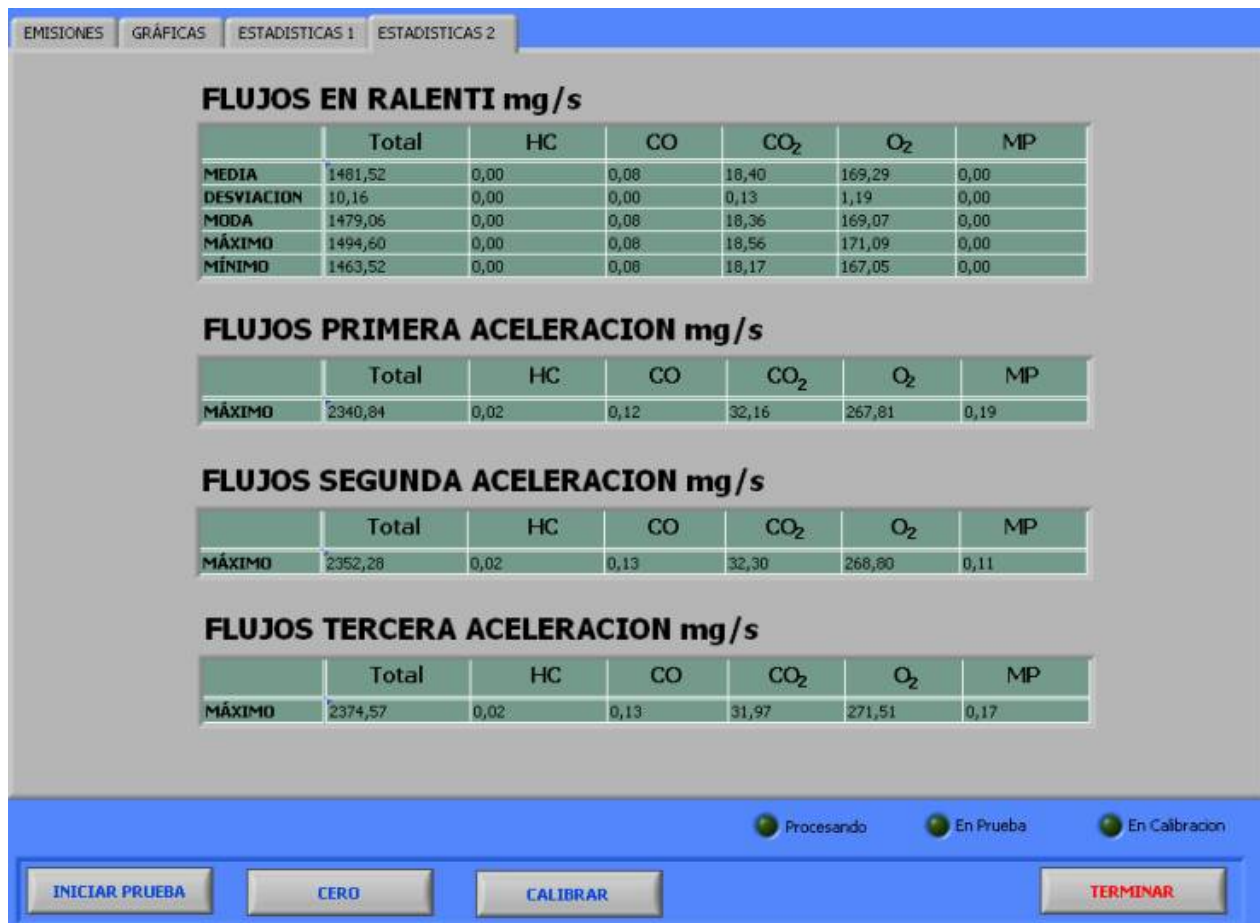
La segunda ventana, estadísticas 1 (figura 3) se muestran las concentraciones de los residuos de la combustión, temperaturas y datos importantes;

Figura 3. ESTADISTICAS 1





Finalmente la tercera ventana, estadísticas 2 (figura 4) ofrece el valor de los flujos máxicos de los componentes del gas de escape.

Figura 4. ESTADISTICAS 2



HOJA DE INSPECCION DE LA PRUEBA

		PROYECTO DIAGMA D-100 TECNICA ANÁLISIS DE GASES Y % DE OPACIDAD					
Archivo de datos	C:\Archivos de programa\Diagma\Pruebas\Emissiones			Fecha	Septiembre 24 de 2005		
Lugar	CODIESEL S.A.			Hora	8:00 a.m.		
Responsable	Jorge Eliécer Castellanos Benavides		Revisó	Ing. Jorge Luis Chacón.			
DATOS DEL VEHÍCULO			DATOS DEL MOTOR				
Vehículo	Buseta		Tipo Motor	ISUZU	No. cilindros	4 en línea	
Placa	Nuevo		Chasis No.	9GDNPR7126B004260	Desplazamiento	4570 c.c.	
Modelo	NPR 4HG1-2005		Pot. Nominal	119.4 HP a 2850 rpm	Diámetro exhosto	60,5 mm	
ANÁLISIS DE GASES							
CALIBRACIÓN DEL ANALIZADOR							
			HC ppm	% V CO2	% V CO	% V O2	
Concentración Gas patrón			304,00	6,00	1,00		
Verificación			303,60	5,80	0,99	19,90	
PARTE EXPERIMENTAL							
RALENTÍ							
	T. GASES	T. ACEITE	RPM	HC ppm	% V CO	% V CO2	% V O2
Media	58,16	82,71	826,89	3,46	0,01	1,40	18,79
Desv. Estandar	0,02	0,30	3,84	0,50	0,00	0,00	0,02
Moda	58,20	82,55	826,90	3,50	0,01	1,40	18,80
Máximo	58,92	82,40	833,22	4,00	0,01	1,40	18,83
Mínimo	58,94	82,04	820,59	3,00	0,01	1,40	18,77
MEDICIÓN							
	T. GASES	T. ACEITE	RPM	HC ppm	% V CO	% V CO2	% V O2
Aceleración 1	58,78	82,70	3329,69	14,00	0,01	2,50	19,09
Aceleración 2	58,30	82,21	3322,19	14,00	0,01	2,50	19,14
Aceleración 3	58,86	82,59	3224,11	15,00	0,01	2,50	19,10
Promedio	58,65	82,50	3292,00	14,33	0,01	2,50	19,11
Desviación Estandar	0,247	0,210	48,101	0,471	0,000	0,000	0,022
Varianza	0,061	0,044	2313,675	0,222	0,000	0,000	0,000

ANÁLISIS % DE OPACIDAD						
CALIBRACION DEL OPACIMETRO		PARTE EXPERIMENTAL				
		RALENTI				
	%		T. GASES	T. ACEITE	RPM	%OPACIDAD
Cero	0	Media	58,16	82,71	826,89	0,05
Esc. Maxima	100	Desviacion Estandar	0,02	0,30	3,84	0,06
Filtro No. 1	30	Moda	58,20	82,55	826,90	0,02
Filtro No. 2	60	Maximo	58,92	82,40	833,22	0,09
Filtro No. 3	70	Minimo	58,94	82,04	820,59	0,01
% OPACIDAD NORMAL		MEDICION				
Modelo	%	ENSAYOS	T. GASES	T. ACEITE	RPM	%OPACIDAD
2001 y post	40	Aceleracion 1	58,78	82,70	3329,69	19,90
1996-2000	50	Aceleracion 2	58,30	82,21	3322,19	14,60
1991-1995	55	Aceleracion 3	58,86	82,59	3224,11	16,20
1986-1990	60	Promedio	58,65	82,50	3292,00	16,90
1981-1985	65	Desviacion Estandar	0,247	0,210	48,101	2,220
1980 y ant.	70	Varianza	0,061	0,044	2313,675	4,927
OBSERVACIONES						
Se realizó la prueba satisfactoriamente y sin contratiempos.						



PROYECTO DIAGMA D-100
TECNICA ANALISIS DE GASES
MEDIDA DE FLUJO DE AIRE Y GAS DE ESCAPE



PARTE EXPERIMENTAL

RALENTÍ

	TOTAL	HC	CO	CO2	O2	MP	LAMBDA	A/F
Media	1481,52	0,00	0,08	18,40	169,29	0,00	3,00	47,07
Desv. Estandar	10,16	0,00	0,00	0,13	1,19	0,00	0,00	0,05
Moda	1479,06	0,00	0,08	18,36	169,07	0,00	3,01	47,10
Máximo	1494,60	0,00	0,08	18,56	171,09	0,00	3,01	47,16
Mínimo	1463,52	0,00	0,08	18,17	167,05	0,00	3,00	47,03

MEDICIÓN

	TOTAL	HC	CO	CO2	O2	MP	LAMBDA	A/F
Aceleración 1	2340,84	0,02	0,12	32,16	267,81	0,19	3,78	59,23
Aceleración 2	2352,28	0,02	0,13	32,30	268,80	0,11	3,79	59,37
Aceleración 3	2374,57	0,02	0,13	31,97	271,51	0,17	3,78	59,25
Promedio	2355,90	0,02	0,13	32,14	269,37	0,16	3,78	59,28
Desv. Estandar	14,006	0,000	0,005	0,135	1,564	0,034	0,005	0,062
Varianza	196,159	0,000	0,000	0,018	2,446	0,001	0,000	0,004

OBSERVACIONES

Se realizó la prueba satisfactoriamente y sin contratiempos.

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- La temperatura de los gases de escape y la del aceite se encuentran dentro de los rangos normales de funcionamiento. (35-60°C para la temperatura de los gases de escape y 78-90°C para la temperatura del aceite).
- Al producir las aceleraciones, se produce un aumento aproximadamente de cuatro veces los hidrocarburos no quemados y aproximadamente el doble del porcentaje de CO2.
- El porcentaje de CO es bajo tanto en ralentí como en las aceleraciones, lo cual es un resultado esperado, ya que la prueba se hizo sobre un motor nuevo (aproximadamente cero kilómetros).
- El porcentaje de opacidad muestra un aumento significativo al momento de acelerar el vehículo.

CONCLUSIONES

- Se obtuvieron los datos significativos necesarios para hallar los valores de referencia de los motores nuevos (aproximadamente cero kilómetros).
- Se calcularon los datos estadísticos de la prueba y se registraron en la respectiva hoja de inspección.
- Se llenó la hoja de inspección, en la cual se encuentran los datos del vehículo y del motor así como las observaciones que se dieron en la ejecución de la prueba.
- El porcentaje de opacidad del vehículo es de 16,90%, el cual se encuentra por debajo del 40% (ver tabla % OPACIDAD NORMAL en la hoja de inspección), valor esperado para vehículos nuevos (aproximadamente cero kilómetros).
- La presencia de hidrocarburos en los gases de escape indican combustión incompleta, sin embargo la presencia de O₂ indica exceso de aire, por lo tanto se puede concluir que no se está realizando la mezcla aire-combustible correctamente al momento de acelerarse a fondo, debido a que no hay tiempo suficiente para que se forme.
- El aumento de la cantidad de hidrocarburos no quemados, del porcentaje de CO₂ y del porcentaje de opacidad, indican que hay un mayor suministro de combustible a medida que se acelera el motor.

TÍTULO DEL PROYECTO:

**TÉCNICA DE POTENCIA Y PAR
PRUEBAS DE CAMPO**

PRESENTADO POR:

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIECER CASTELLANOS BENAVIDES**

INFORME Nº: 1

FECHA: 20 DE AGOSTO DE 2005

PRUEBA DE POTENCIA Y PAR CODIESEL AGOSTO 20 DE 2005



RESUMEN

La prueba de potencia y par se realizó el día 20 de agosto de 2005 en las instalaciones del taller de **CODIESEL S.A.** localizado en el kilómetro 7 autopista Girón, estas fueron realizadas bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luis Chacón. El Prototipo Diagma D-100 se ubicó cerca del motor, allí se hicieron las conexiones necesarias; se montó el sensor Hall (para la medición de rpm) en el brazo articulado y el imán en la polea del cigüeñal con la correspondencia del punto muerto superior. Luego de alimentar el equipo y verificar el funcionamiento de todos los dispositivos se realizó la respectiva medición; se obtuvieron los datos y las curvas de potencia y par que describen el comportamiento del motor, con los cuales se calcularon los datos estadísticos para el análisis de la prueba.

INTRODUCCION

La prueba realizada tiene como fin obtener los datos de referencia utilizando un motor nuevo (cero kilómetros) con el objeto de tener un patrón de comparación que nos permita diagnosticar el estado de motores de uso prolongado.

OBJETIVOS

- Obtener valores de referencia de potencia relativa y par, en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros).
- Calcular y analizar los datos estadísticos de la prueba.

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

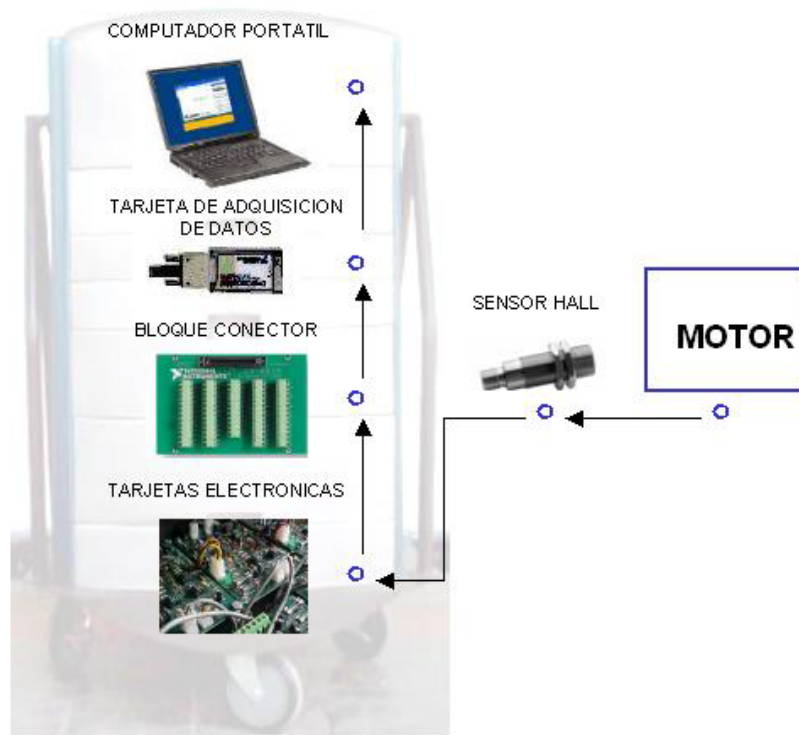
• INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

- PROTOTIPO DIAGMA D-100.
- Sensor Hall
- Extensión del sensor
- Soporte del sensor
- Imán
- Accesorios: cables, extensión eléctrica, multitomas eléctricas, pegante instantáneo.
- Herramientas: destornillador, llaves, pinzas.

• CADENA DE MEDICION

La señal realiza un recorrido desde punto donde esta se origina, pasando por todos los elementos necesarios para entregar un dato tangible al operario que realiza la prueba. La figura 1 nos muestra la cadena necesaria en la técnica de Potencia y Par para realizar el proceso de medición.

Figura 1. Cadena de medición.



- **PROCEDIMIENTO**

1. Ubicación del Prototipo Diagma D-100: Alimentamos el equipo utilizando una extensión para ubicarlo cerca al motor con el fin de realizar las conexiones lo mas cómodas posibles, se encienden las tarjetas electrónicas y el computador portátil instalado en el nivel superior del equipo, se conectó el sensor en el puerto correspondiente y se dio inicio a la medición.
2. Montaje del sensor: Para tal prueba se montó el sensor inductivo Hall apoyado sobre una base metálica, ésta debe ser externa al vehículo, para evitar vibraciones del motor que induzcan errores de medición; el imán necesario para la medición se montó en la polea del cigüeñal fijado con pegante instantáneo. El sensor requiere de una extensión, ya que en la mayoría de las pruebas el vehículo se encuentra retirado del prototipo.

3. Software: las señales enviadas por el sensor conector son interpretadas por el programa realizado en el software LABVIEW obteniendo los datos y las gráficas que describen el comportamiento del motor.
4. Se realizaron 5 mediciones, obteniéndose las curvas características de potencia, potencia por pérdidas mecánicas y par en cada medición, así como, las curvas promedio.



RESULTADOS DE LA PRUEBA EN CAMPO

La prueba de campo de la técnica Potencia y Par se realizó en las instalaciones de CODIESEL S.A. allí se obtuvieron los resultados, que se visualizan en el panel frontal de dicha técnica mostrada en la figura No. 2.

Figura 2. Panel frontal de resultados técnica potencia y par.



HOJA DE INSPECCION

 PROYECTO DIAGMA D-100 TÉCNICA POTENCIA Y PAR				
Archivo de datos	C:\archivos del programa\Diagma\pruebas\potencia	Fecha	20 Agosto de 2005	
Lugar	CODIESEL S.A.	Hora	8:00 a.m.	
Responsable	Oscar Camargo Angarita	Revisó	Ing. Jorge Luís Chacón	
DATOS VEHÍCULO		DATOS MOTOR		
Vehículo	Camión	Tipo Motor	ISUZU	
Placa	nuevo	Chasis No.	9GDNPR7122B532010	
Modelo	NPR 4HG1-2005	Cilindros	4 cilindros en línea	
DATOS DE LA PRUEBA				
TAD	National Instrum.	Referencia PMS	Imán	
Frec de muestreo	10000 Hz	Sensor rpm	Hall	
Momento inercia	0,65	No. puntos	1000	
ANÁLISIS EN DOMINIO TIEMPO				
	Potencia	Torque	CURVA PROMEDIO	
Medida 1	83	295	Máximo	RPM
Medida 2	78	230	Potencia	79 Kw 3180 rpm
Medida 3	70	219	Torque	240 N.m 3100 rpm
Medida 4	85	249		
Medida 5	88	257	Velocidad de ralentí	793
Promedio	80,8	250,0		
Desv. Estandar	7,0	26,2		
Varianza	49,7	687,2		
OBSERVACIONES				
<p>Notamos que es necesario buscar una solución para el montaje del sensor Hall, ya que no logramos una buena perpendicularidad entre el sensor y el imán debido al pequeño espacio entre el enfocador del ventilador y la polea del cigüeñal</p>				

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- La curva de potencia mostrada en la figura 2, presenta un comportamiento de acuerdo a la curva característica de un motor Diesel de cuatro tiempos.

- En la medición número 3, de la hoja de inspección encontramos un valor más pequeño que el resto de las mediciones, esto puede deberse, a que no se realizó una aceleración a fondo en el momento de la prueba, por ello, encontramos el valor promedio de Potencia y Par un poco alejado del valor proporcionado por los catálogos.
- La curva de potencia muestra una caída, debido a que el motor posee regulador de humos.

CONCLUSIONES

- El momento de inercia del motor de 0.65 se determinó experimentalmente, mediante prueba y error, a partir, de los valores visualizados de par y potencia.
- El momento de inercia del motor se debe calibrar antes de iniciar la prueba.
- De los sensores utilizados, el sensor más fácil de colocar fue el sensor Hall, pero, a pesar de ello, no se logró conseguir una perfecta perpendicularidad entre el sensor y el imán debido al pequeño espacio existente entre el enfocador del ventilador y la polea del cigüeñal.
- El software trabajó bien durante la prueba, pero presentó algunas inestabilidades por lo cual fue necesario hacer varias pruebas antes de obtener la lectura correcta.
- Notamos una variación brusca en una de las mediciones, por lo cual, el valor de la desviación estándar y la varianza se incrementó, el resto de mediciones estuvieron muy cercanas al valor promedio calculado.
- Se evaluó el uso de la hoja de inspección, implementando algunas modificaciones necesarias en su estructura y contenido.

- Se realizó la hoja de inspección, en la cual se encuentran los datos del vehículo y del motor, los resultados de la prueba, así como, las observaciones que se dieron en la ejecución de la prueba de potencia y par.
- Se llevo a cabo la prueba de potencia y par de manera satisfactoria en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros), obteniendo valores que nos permitirían establecer un patrón de comparación con las siguientes pruebas.
- Realizamos el cálculo de los datos estadísticos dentro de la hoja de inspección.
- Las curvas de comportamiento de potencia y par, así como las tablas de datos, se obtuvieron por medio del programa realizado en **LABVIEW 7.0**.

TÍTULO DEL PROYECTO:

**TÉCNICA DE POTENCIA Y PAR
PRUEBAS DE CAMPO**

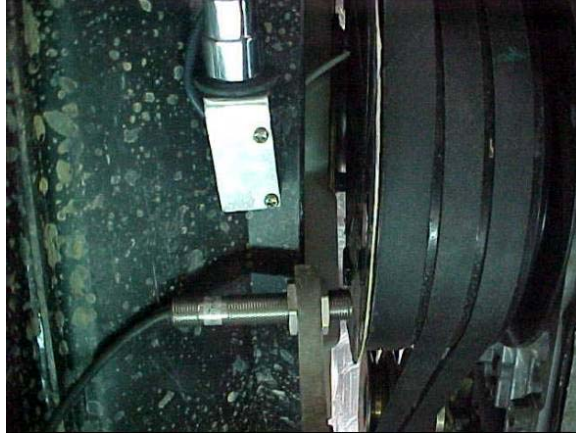
PRESENTADO POR:

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIECER CASTELLANOS BENAVIDES**

INFORME Nº: 2

FECHA: 10 DE SEPTIEMBRE DE 2005

PRUEBA DE POTENCIA Y PAR CODIESEL SEPTIEMBRE 10 DE 2005



RESUMEN

La prueba de potencia y par se realizó el día 10 de septiembre de 2005 en las instalaciones del taller de **CODIESEL S.A.** Localizado en el kilómetro 7 autopista Girón, estas fueron realizadas bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luis Chacón. El Prototipo Diagma D-100 se ubicó cerca del motor, allí se hicieron las conexiones necesarias; se montó el sensor Hall (para la medición de rpm) en el brazo articulado y el imán en la polea del cigüeñal con la correspondencia del punto muerto superior. Luego de alimentar el equipo y verificar el funcionamiento de todos los dispositivos se realizó la respectiva medición; se obtuvieron los datos y las curvas de potencia y par que describen el comportamiento del motor, con los cuales se calcularon los datos estadísticos para el análisis de la prueba.

INTRODUCCION

La prueba realizada tiene como fin obtener los datos de referencia utilizando un motor nuevo (cero kilómetros) con el objeto de tener un patrón de comparación que nos permita diagnosticar el estado de motores de uso prolongado.

OBJETIVOS

- Obtener valores de referencia de potencia relativa y par, en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros).
- Calcular y analizar los datos estadísticos de la prueba.

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

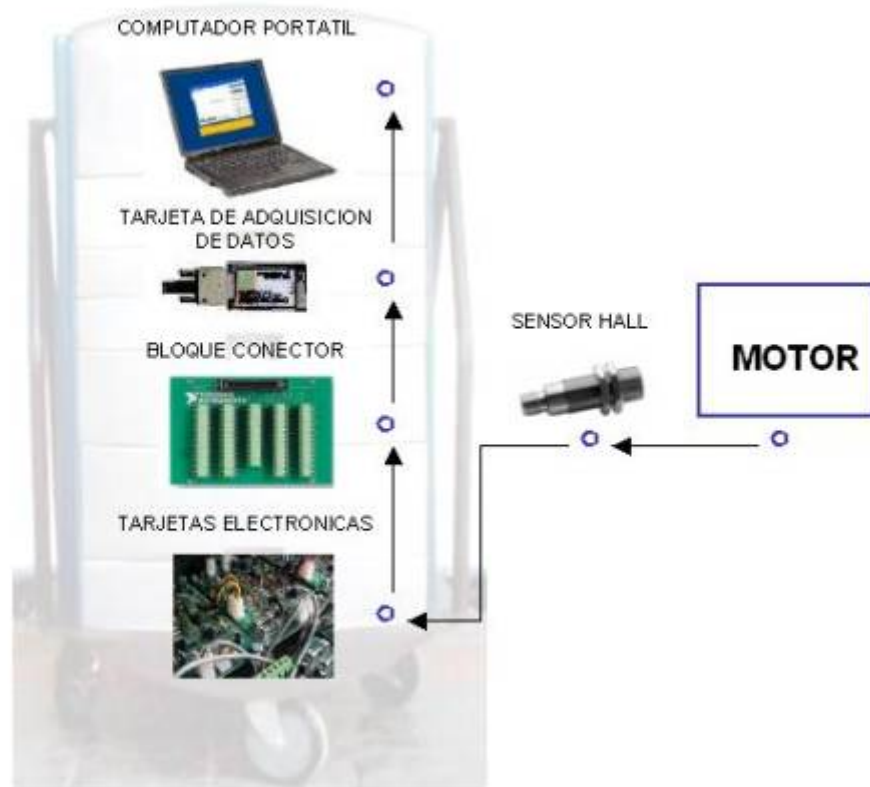
• INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

- PROTOTIPO DIAGMA D-100.
- Sensor Hall
- Extensión del sensor
- Soporte del sensor
- Imán
- Accesorios: cables, extensión eléctrica, multitomas eléctricas, pegante instantáneo.
- Herramientas: destornillador, llaves, pinzas.

• CADENA DE MEDICION

La señal realiza un recorrido desde punto donde esta se origina, pasando por todos los elementos necesarios para entregar un dato tangible al operario que realiza la prueba, la figura 1, nos muestra la cadena necesaria en la técnica de Potencia y Par para realizar el proceso de medición.

Figura 1. Cadena de medición.



- **PROCEDIMIENTO**

1. Ubicación del Prototipo Diagrama D-100: Alimentamos el equipo utilizando una extensión para ubicarlo cerca al motor con el fin de realizar las conexiones lo mas cómodas posibles, se encienden las tarjetas electrónicas y el computador portátil instalado en el nivel superior del equipo, se conectó el sensor en el puerto correspondiente y se dio inicio a la medición.
2. Montaje del sensor: Para tal prueba se montó el sensor inductivo Hall apoyado sobre una base metálica, ésta debe ser externa al vehículo, para evitar vibraciones del motor que induzcan errores de medición; el imán necesario para la medición se montó en la polea del cigüeñal fijado con pegante instantáneo. El sensor requiere

de una extensión, ya que en la mayoría de las pruebas el vehículo se encuentra retirado del prototipo.

3. Software: las señales enviadas por el sensor conector son interpretadas por el programa realizado en el software LABVIEW obteniendo los datos y las gráficas que describen el comportamiento del motor.
4. Se realizaron 5 mediciones, obteniéndose las curvas características de potencia, potencia por pérdidas mecánicas y par en cada medición, así como, las curvas promedio.



RESULTADOS DE LA PRUEBA EN CAMPO

La prueba de campo de la técnica Potencia y Par se realizó en las instalaciones de CODIESEL S.A. allí se obtuvieron los resultados, que se visualizan en el panel frontal de dicha técnica mostrada en la figura No. 2.

Figura 2. Panel frontal de resultados técnica potencia y par.



HOJA DE INSPECCION

 GIEMA	PROYECTO DIAGMA D-100 TÉCNICA POTENCIA Y PAR			 <small>S.A. REE y EIEE</small> <small>MAQUINAS TERMICAS ALTERNATIVAS</small>
Archivo de datos	C:\archivos del programa\Diagma\pruebas\potencia	Fecha	10 Sept de 2005	
Lugar	CODIESEL S.A.	Hora	8:00 a.m.	
Responsable	Oscar Camargo Angarita	Revisó	Ing. Jorge Luis Chacón	
DATOS VEHÍCULO			DATOS MOTOR	
Vehículo	Camión	Tipo Motor	ISUZU	
Placa	nuevo	Chasis No.	9GDNPR7123B970312	
Modelo	NPR 4HG1-2005	Cilindros	4 cilindros en línea	
DATOS DE LA PRUEBA				
TAD	National Instrum.	Referencia PMS	Imán	
Frec de muestreo	10000 Hz	Sensor rpm	Hall	
Momento inercia	0,65	No. puntos	1000	
ANÁLISIS EN DOMINIO TIEMPO				
	Potencia	Torque	CURVA PROMEDIO	
Medida 1	83	248		Máximo RPM
Medida 2	77	234	Potencia	88 Kw 3280 rpm
Medida 3	93	270		
Medida 4	97	286	Torque	260 N.m 3160 rpm
Medida 5	92	279		
Promedio	88,4	263,4		Velocidad 846 rpm
Desv. Estandar	8,2	19,5		de ralentí
Varianza	66,8	379,8		
OBSERVACIONES				
<p>el montaje del sensor en el brazo articulado y del imán en la polea, es algo complicado, pues existe la necesidad de conseguir la mayor perpendicularidad posible entre ellos para tener una buena señal, el problema radica en el protector del ventilador, ya que este se encuentra muy cerca de la polea e impide conseguir una correcta perpendicularidad, sugerimos utilizar un sensor mas corto que facilite el montaje</p>				

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- La curva de potencia mostrada en la figura 2, presenta un comportamiento de acuerdo a la curva característica de un motor Diesel de cuatro tiempos.

- En la medición número 1 y 2, de la hoja de inspección encontramos valores considerablemente menores que el resto de las mediciones, esto puede deberse, a la forma de acelerar a fondo en el momento de la prueba, más sin embargo, el valor promedio de Potencia y Par es cercano al proporcionado por el catálogo del vehículo.
- La curva de potencia muestra una caída, debido a que el motor posee regulador de humos.

CONCLUSIONES

- El momento de inercia del motor de 0.65 se determinó experimentalmente, mediante prueba y error, a partir de los valores visualizados de par y potencia.
- El momento de inercia del motor se debe calibrar antes de iniciar la prueba.
- De los sensores utilizados, el sensor más fácil de colocar fue el sensor Hall, pero, a pesar de ello, no se logró conseguir una perfecta perpendicularidad entre el sensor y el imán debido al pequeño espacio existente entre el enfocador del ventilador y la polea del cigüeñal.
- Se sugiere conseguir un sensor mas corto que permita un mejor montaje para así tener mayor eficiencia en la realización de la prueba.
- El software trabajó bien durante la prueba, pero presentó inestabilidades.
- Notamos una variación en dos mediciones de la prueba (ver hoja de inspección). A pesar de esto los valores promedio estuvieron muy cercanos a los valores obtenidos del catálogo.

- Se evaluó el uso de la hoja de inspección, implementando algunas modificaciones necesarias en su estructura y contenido.
- Se realizó la hoja de inspección, en la cual se encuentran los datos del vehículo y del motor, los resultados de la prueba, así como, las observaciones que se dieron en la ejecución de la prueba.
- Se llevo a cabo la prueba de potencia y par de manera satisfactoria en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros), obteniendo valores que nos permitirían establecer un patrón de comparación con las siguientes pruebas.
- Realizamos el cálculo de los datos estadísticos dentro de la hoja de inspección.
- Las curvas de comportamiento de potencia y par, así como las tablas de datos, se obtuvieron por medio del programa realizado en **LABVIEW 7.0**.

TÍTULO DEL PROYECTO:

**TÉCNICA DE POTENCIA Y PAR
PRUEBAS DE CAMPO**

PRESENTADO POR:

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIECER CASTELLANOS BENAVIDES**

INFORME Nº: 3

FECHA: 17 DE SEPTIEMBRE DE 2005

PRUEBA DE POTENCIA Y PAR CODIESEL SEPTIEMBRE 17 DE 2005



RESUMEN

La prueba de potencia y par se realizó el día 17 de septiembre de 2005 en las instalaciones del taller de **CODIESEL S.A.** Localizado en el kilómetro 7 autopista Girón, estas fueron realizadas bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luis Chacón. El Prototipo Diagma D-100 se ubicó cerca del motor, allí se hicieron las conexiones necesarias; se montó el sensor Hall (para la medición de rpm) en el brazo articulado y el imán en la polea del cigüeñal con la correspondencia del punto muerto superior. Luego de alimentar el equipo y verificar el funcionamiento de todos los dispositivos se realizó la respectiva medición; se obtuvieron los datos y las curvas de potencia y par que describen el comportamiento del motor, con los cuales se calcularon los datos estadísticos para el análisis de la prueba.

INTRODUCCION

La prueba realizada tiene como fin obtener los datos de referencia utilizando un motor nuevo (cero kilómetros) con el objeto de tener un patrón de comparación que nos permita diagnosticar el estado de motores de uso prolongado.

OBJETIVOS

- Obtener valores de referencia de potencia relativa y par, en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros).
- Calcular y analizar los datos estadísticos de la prueba.

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

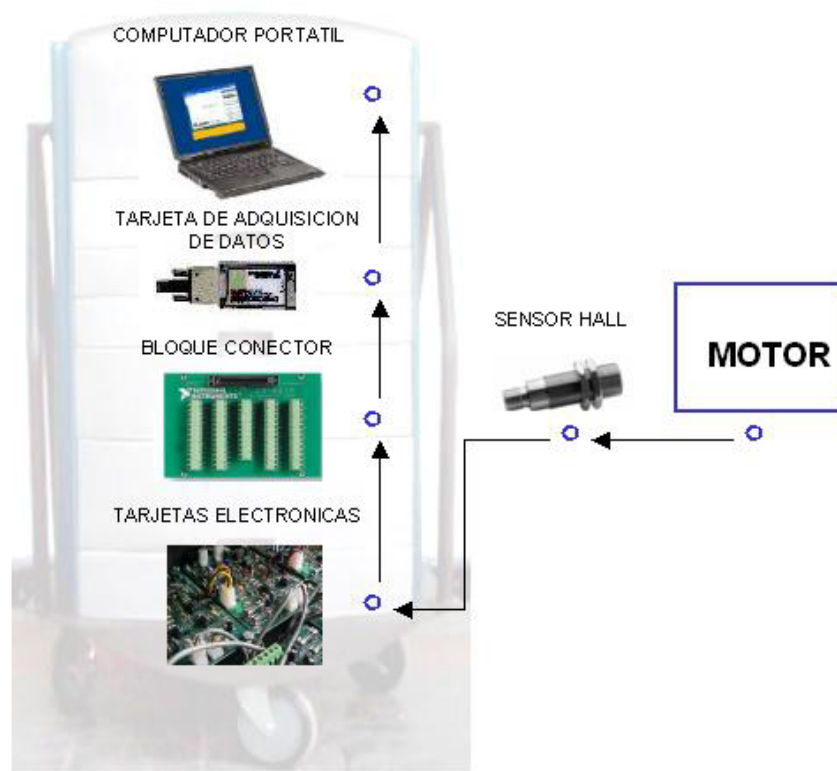
• INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

- PROTOTIPO DIAGMA D-100.
- Sensor Hall
- Extensión del sensor
- Soporte del sensor
- Imán
- Accesorios: cables, extensión eléctrica, multitomas eléctricas, pegante instantáneo.
- Herramientas: destornillador, llaves, pinzas.

• CADENA DE MEDICION

La señal realiza un recorrido desde punto donde esta se origina, pasando por todos los elementos necesarios para entregar un dato tangible al operario que realiza la prueba, la figura 1, nos muestra la cadena necesaria en la técnica de Potencia y Par para realizar el proceso de medición.

Figura 1. Cadena de medición.



- **PROCEDIMIENTO**

1. Ubicación del Prototipo Diagma D-100: Alimentamos el equipo utilizando una extensión para ubicarlo cerca al motor con el fin de realizar las conexiones lo más cómodas posibles, se encienden las tarjetas electrónicas y el computador portátil instalado en el nivel superior del equipo, se conectó el sensor en el puerto correspondiente y se inició a la medición.
2. Montaje del sensor: Para tal prueba se montó el sensor inductivo Hall apoyado sobre una base metálica, ésta debe ser externa al vehículo, para evitar vibraciones del motor que induzcan errores de medición; el imán necesario para la medición se montó en la polea del cigüeñal fijado con pegante instantáneo. El sensor requiere de una extensión, ya que en la mayoría de las pruebas el vehículo se encuentra retirado del prototipo.

3. Software: las señales enviadas por el sensor conector son interpretadas por el programa realizado en el software LABVIEW obteniendo los datos y las gráficas que describen el comportamiento del motor.
4. Se realizaron 5 mediciones, obteniéndose las curvas características de potencia, potencia por pérdidas mecánicas y par en cada medición, así como, las curvas promedio.



RESULTADOS DE LA PRUEBA EN CAMPO

La prueba de campo de la técnica Potencia y Par se realizó en las instalaciones de CODIESEL S.A. allí se obtuvieron los resultados, que se visualizan en el panel frontal de dicha técnica mostrada en la figura No. 2.

Figura 2. Panel frontal de resultados técnica potencia y par.



HOJA DE INSPECCION

 GIEMA	PROYECTO DIAGMA D-100 TÉCNICA POTENCIA Y PAR			 <small>LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉCNICAS ALTERNATIVAS</small>
Archivo de datos	C:\archivos del programa\Diagma\pruebas\potencia	Fecha	17 Sept de 2005	
Lugar	CODIESEL S.A.	Hora	8:00 a.m.	
Responsable	Oscar Camargo Angarita	Revisó	Ing. Jorge Luís Chacón	
DATOS VEHÍCULO			DATOS MOTOR	
Vehículo	Camión	Tipo Motor	ISUZU	
Placa	nuevo	Chasis No.	9GDNPR7123B968711	
Modelo	NPR 4HG1-2005	Cilindros	4 cilindros en línea	
DATOS DE LA PRUEBA				
TAD	National Instrum.	Referencia PMS	Imán	
Frec de muestreo	10000 Hz	Sensor rpm	Hall	
Momento inercia	0,65	No. puntos	1000	
ANÁLISIS EN DOMINIO TIEMPO				
	Potencia	Torque	CURVA PROMEDIO	
Medida 1	84	253		Máximo RPM
Medida 2	93	269	Potencia	87 Kw 3220 rpm
Medida 3	84	256		
Medida 4	92	275	Torque	261 N.m 3160 rpm
Medida 5	89	261		
Promedio	88,4	262,8		Velocidad de ralentí 850 rpm
Desv. Estandar	4,3	8,2		
Varianza	18,3	66,6		
OBSERVACIONES				
<p>Fabricamos una superficie inclinada para colocar el sensor con la cual pensamos ganar un pequeño ángulo que nos permita obtener una perpendicularidad perfecta y así una señal uniforme y constante, pero, lastimosamente al probar este dispositivo observamos que también se ganó un poco de altura que fue suficiente para alcanzar las aspas del ventilador, lo que provocaría un choque, por lo anterior no se pudo utilizar este dispositivo</p>				

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- La curva de potencia mostrada en la figura 2, presenta un comportamiento de acuerdo a la curva característica de un motor Diesel de cuatro tiempos.

- Los resultados obtenidos en todas las mediciones se mantuvieron muy uniformes durante toda la prueba (ver hoja de inspección) y por ende los promedios calculados de la Potencia y el Torque del motor, coinciden con los valores referidos en los catálogos del vehículo.
- La curva de potencia muestra una caída, debido a que el motor posee regulador de humos.

CONCLUSIONES

- El momento de inercia del motor de 0.65 se determinó experimentalmente, mediante prueba y error, a partir de los valores visualizados de par y potencia.
- El momento de inercia del motor se debe calibrar antes de iniciar la prueba.
- Se intentó utilizar una superficie inclinada para darle un ángulo al imán y por tanto al sensor HALL, para lograr una mejor perpendicularidad, pero, el espacio entre el enfocador del ventilador y la polea no permitieron su instalación.
- El software trabajó bien durante la prueba, pero presentó inestabilidades.
- Las mediciones realizadas se mantuvieron en un rango muy estable y cercano a los valores mostrados en el catálogo del vehículo.
- Se evaluó el uso de la hoja de inspección, implementando algunas modificaciones necesarias en su estructura y contenido.
- Se realizó la hoja de inspección, en la cual se encuentran los datos del vehículo y del motor, los resultados de la prueba, así como, las observaciones que se dieron en la ejecución de la prueba de potencia y par.

- Se llevo a cabo la prueba de potencia y par de manera satisfactoria en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros), obteniendo valores que nos permitirían establecer un patrón de comparación con las siguientes pruebas.
- Realizamos el cálculo de los datos estadísticos dentro de la hoja de inspección.
- Las curvas de comportamiento de potencia y par, así como las tablas de datos, se obtuvieron por medio del programa realizado en **LABVIEW 7.0**.

TÍTULO DEL PROYECTO:

**TÉCNICA DE POTENCIA Y PAR
PRUEBAS DE CAMPO**

PRESENTADO POR:

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIECER CASTELLANOS BENAVIDES**

INFORME N°: 4

FECHA: 24 DE SEPTIEMBRE DE 2005

PRUEBA DE POTENCIA Y PAR CODIESEL SEPTIEMBRE 24 DE 2005



RESUMEN

La prueba de potencia y par se realizó el día 24 de septiembre de 2005 en las instalaciones del taller de **CODIESEL S.A.** Localizado en el kilómetro 7 autopista Girón, estas fueron realizadas bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luis Chacón. El Prototipo Diagma D-100 se ubicó cerca del motor, allí se hicieron las conexiones necesarias; se montó el sensor Hall (para la medición de rpm) en el brazo articulado y el imán en la polea del cigüeñal con la correspondencia del punto muerto superior. Luego de alimentar el equipo y verificar el funcionamiento de todos los dispositivos se realizó la respectiva medición; se obtuvieron los datos y las curvas de potencia y par que describen el comportamiento del motor, con los cuales se calcularon los datos estadísticos para el análisis de la prueba.

INTRODUCCION

La prueba realizada tiene como fin obtener los datos de referencia utilizando un motor nuevo (cero kilómetros) con el objeto de tener un patrón de comparación que nos permita diagnosticar el estado de motores de uso prolongado.

OBJETIVOS

- Obtener valores de referencia de potencia relativa y par, en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros).
- Calcular y analizar los datos estadísticos de la prueba.

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

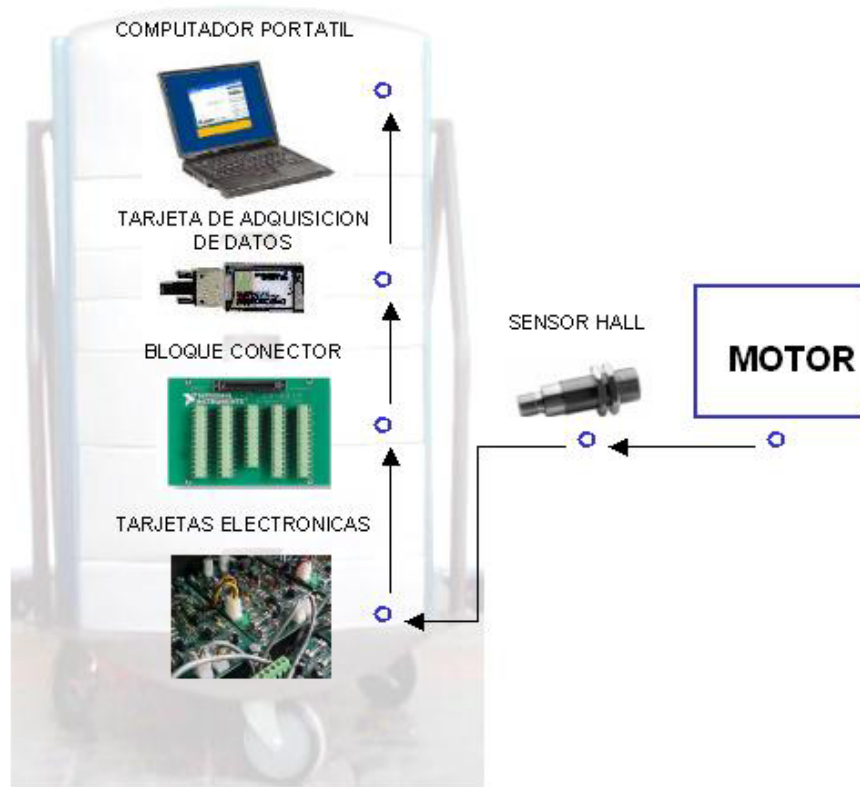
• INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

- PROTOTIPO DIAGMA D-100.
- Sensor Hall
- Extensión del sensor
- Soporte del sensor
- Imán
- Accesorios: cables, extensión eléctrica, multitomas eléctricas, pegante instantáneo.
- Herramientas: destornillador, llaves, pinzas.

• CADENA DE MEDICION

La señal realiza un recorrido desde punto donde esta se origina, pasando por todos los elementos necesarios para entregar un dato tangible al operario que realiza la prueba, la figura 1, nos muestra la cadena necesaria en la técnica de Potencia y Par para realizar el proceso de medición.

Figura 1. Cadena de medición.



- **PROCEDIMIENTO**

1. Ubicación del Prototipo Diagrama D-100: Alimentamos el equipo utilizando una extensión para ubicarlo cerca al motor con el fin de realizar las conexiones lo más cómodas posibles, se encienden las tarjetas electrónicas y el computador portátil instalado en el nivel superior del equipo, se conectó el sensor en el puerto correspondiente y se inició a la medición.
2. Montaje del sensor: Para tal prueba se montó el sensor inductivo Hall apoyado sobre una base metálica, ésta debe ser externa al vehículo, para evitar vibraciones del motor que induzcan errores de medición; el imán necesario para la medición se montó en la polea del cigüeñal fijado con pegante instantáneo. El sensor requiere *de una extensión, ya que en la mayoría de las pruebas el vehículo se encuentra retirado del prototipo.*

3. Software: las señales enviadas por el sensor conector son interpretadas por el programa realizado en el software LABVIEW obteniendo los datos y las gráficas que describen el comportamiento del motor.
4. Se realizaron 5 mediciones, obteniéndose las curvas características de potencia, potencia por pérdidas mecánicas y par en cada medición, así como, las curvas promedio.



RESULTADOS DE LA PRUEBA EN CAMPO

La prueba de campo de la técnica Potencia y Par se realizó en las instalaciones de CODIESEL S.A. allí se obtuvieron los resultados, que se visualizan en el panel frontal de dicha técnica mostrada en la figura No. 2.

Figura 2. Panel frontal de resultados técnica potencia y par.



HOJA DE INSPECCION

	PROYECTO DIAGMA D-100 TÉCNICA POTENCIA Y PAR				
Archivo de datos	C:\archivos del programa\Diagma\pruebas\potencia	Fecha	24 Sept de 2005		
Lugar	CODIESEL S.A.	Hora	8:00 a.m.		
Responsable	Oscar Camargo Angarita	Revisó	Ing. Jorge Luís Chacón		
DATOS VEHÍCULO		DATOS MOTOR			
Vehículo	Camión	Tipo Motor	ISUZU		
Placa	nuevo	Chasis No.	9GDNPR7126B004260		
Modelo	NPR 4HG1-2005	Cilindros	4 cilindros en línea		
DATOS DE LA PRUEBA					
TAD	National Instrum.	Referencia PMS	Imán		
Frec de muestreo	10000 Hz	Sensor rpm	Hall		
Momento inercia	0,65	No. puntos	1000		
ANÁLISIS EN DOMINIO TIEMPO					
	Potencia	Torque	CURVA PROMEDIO		
Medida 1	84	256		Máximo	RPM
Medida 2	85	255	Potencia	88 Kw	3340 rpm
Medida 3	88	261	Torque	263 N.m	3180 rpm
Medida 4	88	263			
Medida 5	96	283		Velocidad de ralentí	850 rpm
Promedio	88,2	263,6			
Desv. Estandar	4,7	10,2			
Varianza	22,2	103,0			
OBSERVACIONES					
<p>Hay que tener en cuenta que el brazo articulado que porta el sensor de rpm y la estructura a la que este se fija no debe tener ningún tipo de contacto con el vehículo o agente externo que provoque movimientos bruscos o vibraciones ya que estos interrumpen la señal del sensor.</p>					

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- La curva de potencia mostrada en la figura 2, presenta un comportamiento de acuerdo a la curva característica de un motor Diesel de cuatro tiempos.

- La medición número 5 de la hoja de inspección, fue la mas alta que se obtuvo, esta se alejo considerablemente de las otras mediciones, a pesar de esto, los promedios calculados de la Potencia y el par del motor, coinciden con los valores referidos en los catálogos del vehículo.
- La curva de potencia cae, debido a que el motor posee regulador de humos.

CONCLUSIONES

- El momento de inercia del motor de 0.65 se determinó experimentalmente, mediante prueba y error, a partir, de los valores visualizados de par y potencia.
- El momento de inercia del motor se debe calibrar antes de iniciar la prueba.
- No se logró conseguir una perfecta perpendicularidad entre el sensor Hall y el imán, pero, se cuadro lo mejor posible, esto fue suficiente para obtener una señal estable.
- El software trabajó bien durante la prueba, pero presentó inestabilidades.
- Notamos una variación brusca en una de las mediciones, por lo cual, el valor de la desviación estándar y la varianza se incrementó, el resto de mediciones estuvieron muy cercanas al valor promedio calculado.
- Recomendamos revisar muy bien que el montaje del sensor Hall no haga contacto con el vehículo, ya que provoca vibraciones que interrumpen la señal.
- Se llenó y evaluó el uso de la hoja de inspección, implementando algunas modificaciones necesarias en su estructura y contenido.

- Se realizó la hoja de inspección, en la cual se encuentran los datos del vehículo y del motor, los resultados de la prueba, así como, las observaciones que se dieron en la ejecución de la prueba de potencia y par.

- Se llevo a cabo la prueba de potencia y par de manera satisfactoria en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros), obteniendo valores que nos permitirían establecer un patrón de comparación con las siguientes pruebas.

- Las curvas de comportamiento de potencia y par, así como las tablas de datos, se obtuvieron por medio del programa realizado en **LABVIEW 7.0**.

- Realizamos el cálculo de los datos estadísticos dentro de la hoja de inspección.

TÍTULO DEL PROYECTO:

**TÉCNICA DE VARIACION DE LA VELOCIDAD ANGULAR
PRUEBAS DE CAMPO**

PRESENTADO POR:

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIECER CASTELLANOS BENAVIDES**

INFORME Nº: 1

FECHA: 20 DE AGOSTO DE 2005

PRUEBA DE VARIACION DE LA VELOCIDAD ANGULAR

CODIESEL AGOSTO 20 DE 2005



RESUMEN

La prueba de variación de la velocidad angular se realizó el día 20 de Agosto de 2005 en las instalaciones de **CODIESEL S.A.** ubicado en el kilómetro 7 autopista a Girón, realizadas bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luis Chacón V. Se realizó el montaje del Sensor Fotoeléctrico Reflexivo, Sensor Hall, y el Sensor Piezoeléctrico en la línea de inyección del cilindro número 1 con el fin de obtener la señal del referencia y de esta forma obtener los datos que describen el comportamiento del motor, con los cuales se calculan los datos estadísticos para el análisis de la prueba.

INTRODUCCION

La prueba tiene como fin obtener los valores de compresión relativa por medio de las fluctuaciones de la velocidad angular utilizando un motor nuevo (cero kilómetros) ISUZU NPR 4HG1 con el objeto de tener un patrón de comparación, que nos permita diagnosticar el estado de motores de uso prolongado.

OBJETIVOS

- Obtener los valores de referencia de compresión en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros).
- Calcular y analizar los datos estadísticos de la prueba.

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

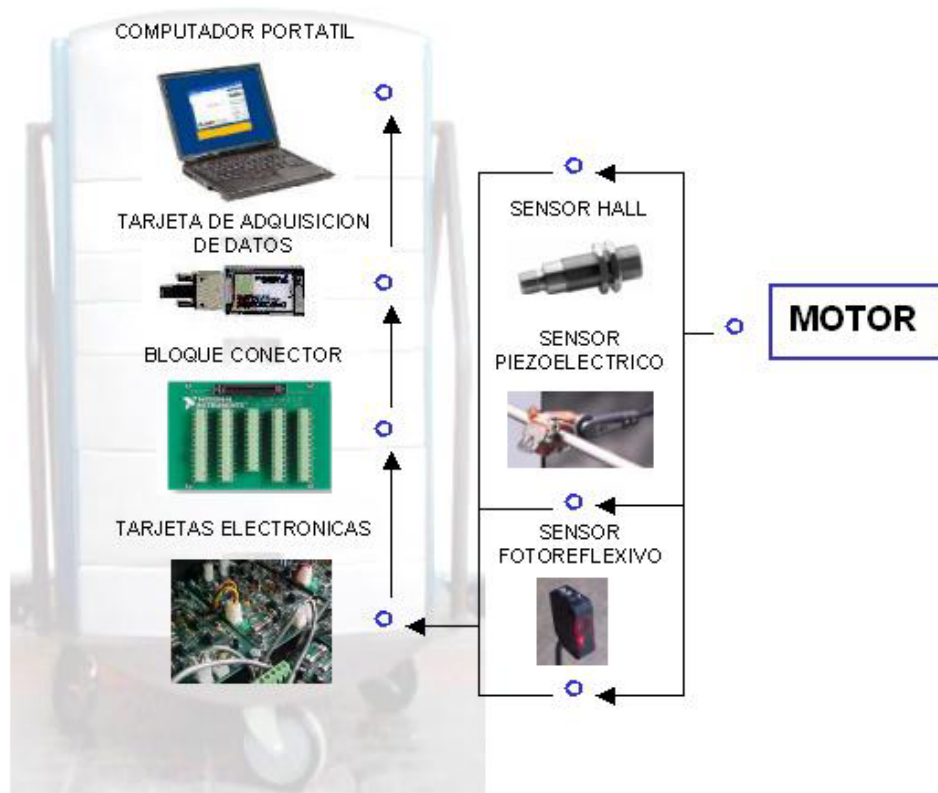
- **INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA**

1. Sensor Fotoeléctrico Reflexivo
2. Sensor Hall
3. Sensor Piezoeléctrico
4. Imán
5. Disco de franjas reflexivas
6. Prototipo DIAGMA D-100
7. Tarjeta de Adquisición de Datos Nacional Instruments
8. Motor Diesel
9. Accesorios: extensión eléctrica, pegante instantáneo.

- **CADENA DE MEDICIÓN**

Las señales de los sensores, Hall, piezoeléctrico y fotoreflexivo son enviadas al computador por medio de los dispositivos electrónicos necesarios para entregar un dato tangible al operario que realiza la prueba, la figura 1, nos muestra la cadena necesaria en la técnica de variación de la velocidad angular para realizar el proceso de medición.

Figura 1. Cadena de medición.



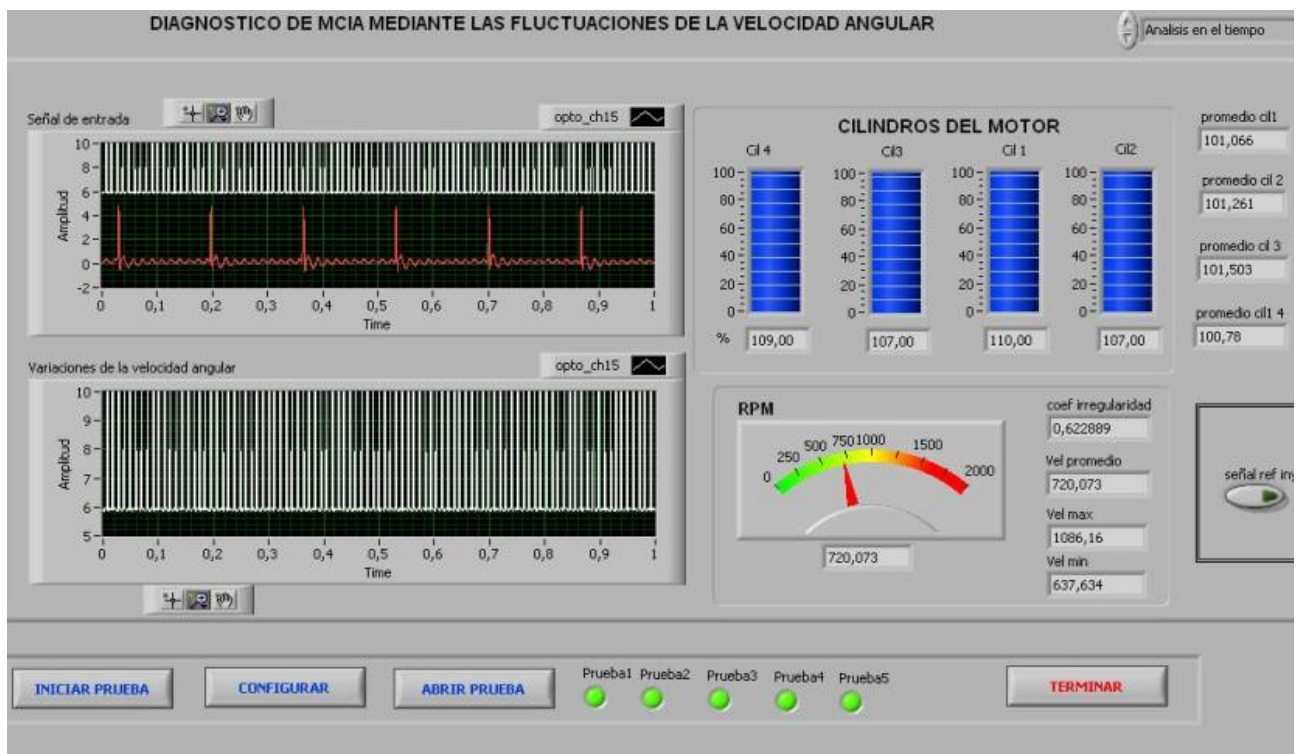
- **PROCEDIMIENTO**

1. Ubicar el prototipo DIAGMA D-100 en la parte delantera del vehículo.
2. Conectar las tarjetas acondicionadoras de la señal.
3. Pegar el disco de franjas reflexivas y el imán a la polea del cigüeñal del vehículo.
4. Realizar el montaje del Sensor Hall y del Sensor Fotoeléctrico reflexivo.
5. Ubicar el Sensor Piezoeléctrico en la línea de inyección del cilindro 1.
6. Conectar el Sensor Hall, el Sensor Fotoeléctrico reflexivo y el Sensor Piezoeléctrico al prototipo.
7. Seleccionar e iniciar el programa de la prueba.
8. Las señales enviadas son interpretadas por el programa realizado en el software LABVIEW obteniendo los datos y las gráficas que describen el comportamiento del motor.

RESULTADOS DE LA PRUEBA EN CAMPO

Los resultados de la prueba de campo de variación de velocidad angular se muestran por medio de tres ventanas, la figura 2, se refiere al análisis en el dominio del tiempo, sobre este panel frontal se ejecuta la prueba.

Figura 2. ANALISIS DOMINIO TIEMPO



La figura 3, muestra las gráficas correspondientes al dominio de la frecuencia, a partir de la cual se hallan las amplitudes. A su vez la figura 4, contiene el análisis en el dominio angular donde obtenemos la frecuencia de rotación correspondiente a las rpm del motor.

Figura 3. ANALISIS DOMINIO FRECUENCIA

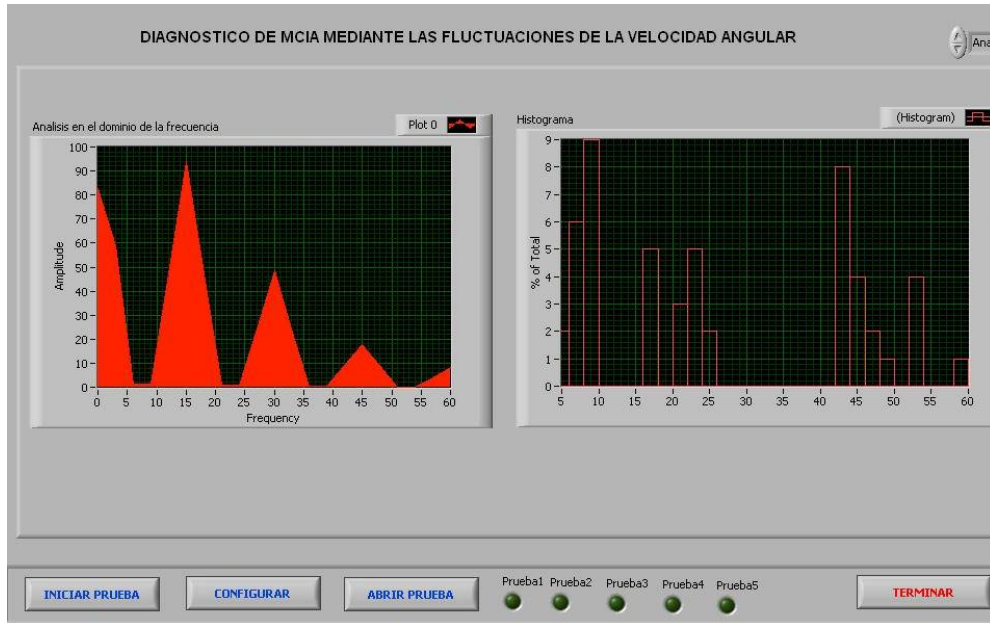




Figura 4. ANALISIS DOMINIO ANGULAR



HOJA DE INSPECCIÓN

	PROYECTO DIAGMA D-100 VARIACION DE LA VELOCIDAD ANGULAR			
Archivo de datos	C:\Archivos de programa\Diagma\Pruebas\Velocidad		Agosto 20 de 2005	
Lugar	CODIESEL S.A.	Hora	8:00 A.M.	
Responsable	Jorge Elíecer Castellanos B.	Revisó	Ing. Jorge Luis Chacón V.	
DATOS VEHÍCULO				
Vehículo	Camión	Tipo Motor	ISUZU	
Placa	Nuevo	Chasis No.	9GDNPR7122B532010	
Modelo	NPR 4HG1 2005	Cilindros	4 cilindros en línea	
DATOS DE LA PRUEBA				
TAD	National Instruments	Sensor Optico Reflexivo	E3ZR61	
Frec de muestreo	10000 hz	Sensor Inyección	KG 60	
Referencia PMS	Sensor Hall GS 1001	Tipo prueba	Ralentí	
Coef. Irregularidad	0,62	Vel. Promedio RPM	720,07	
Vel. Máxima	1086,16	Vel. Mínima RPM	637,63	
ANÁLISIS EN DOMINIO TIEMPO		ANÁLISIS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA		
	% COMPRESION		Frecuencia (Hz)	Valor de pico
Cilindro 1	101,07	Frec.encendido	15	95
Cilindro 2	101,26	Subarmónicos	30	48
Cilindro 3	101,50		45	18
Cilindro 4	100,78		60	10
Promedio	101,15			
Desviación estándar	0,26			
Varianza	0,07			
OBSERVACIONES				
<p>1) La polea del cigüeñal del vehículo presenta un tamaño menor que el diámetro de la polea del motor del LMTA.</p> <p>2) El disco de franjas reflexivas hace contacto con los tornillos del ventilador.</p> <p>3) Fue necesario recortar el disco de franjas reflexivas para adaptarse al diámetro de la polea del vehículo.</p> <p>4) El imán se pegó sobre la superficie del disco reflexivo.</p> <p>5) El imán ubicado sobre la superficie del disco queda muy cerca de las aspas del ventilador.</p>				

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- La compresión relativa del motor porcentualmente es muy estable en los cuatro cilindros, lo que permite afirmar que los cuatro cilindros comparativamente se encuentran en buen estado y la compresión relativa se desarrolla de manera similar en cada cilindro durante un ciclo de trabajo del motor.
- En el dominio de frecuencia se aprecian los armónicos más representativos de la señal de velocidad angular del motor, lo cual es un resultado esperado.

- En el dominio angular se aprecia que las fluctuaciones de la velocidad angular son muy estables durante cada ciclo de trabajo de los cuatro cilindros del motor.

CONCLUSIONES

- Se realizó la prueba en un motor nuevo (aproximadamente cero kilómetros) para obtener valores de referencia con respecto a la variación de la velocidad angular.
- Se calcularon los datos estadísticos de la prueba y se consignaron en la respectiva hoja de inspección.
- Se obtuvo el porcentaje de compresión relativa promedio de 101,78% , desviación estándar de 0,26 y una varianza de 0,07.
- En los resultados obtenidos de la prueba, el motor presenta un comportamiento estable de acuerdo a las fluctuaciones de la velocidad angular.
- Se llenó la hoja de inspección, en la cual se encuentran los datos del vehículo y del motor así como las observaciones que se dieron en la ejecución de la prueba.

TÍTULO DEL PROYECTO:

**TÉCNICA DE VARIACION DE LA VELOCIDAD ANGULAR
PRUEBAS DE CAMPO**

PRESENTADO POR:

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIECER CASTELLANOS BENAVIDES**

INFORME Nº: 2

FECHA: 17 DE SEPTIEMBRE DE 2005

PRUEBA DE VARIACION DE LA VELOCIDAD ANGULAR

CODIESEL SEPTIEMBRE 17 DE 2005



RESUMEN

La prueba de variación de la velocidad angular se realizó el día 17 de Septiembre de 2005 en las instalaciones de **CODIESEL S.A.** ubicado en el kilómetro 7 autopista a Girón, realizadas bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luis Chacón V. Se realizó el montaje del Sensor Fotoeléctrico Reflexivo, Sensor Hall, y el Sensor Piezoeléctrico en la línea de inyección del cilindro número 1 con el fin de obtener la señal de referencia y de esta forma obtener los datos que describen el comportamiento del motor, con los cuales se calculan los datos estadísticos para el análisis de la prueba.

INTRODUCCION

La prueba tiene como fin obtener los valores de compresión relativa por medio de las fluctuaciones de la velocidad angular utilizando un motor nuevo (cero kilómetros) ISUZU NPR 4HG1 con el objeto de tener un patrón de comparación, que nos permita diagnosticar el estado de motores de uso prolongado.

OBJETIVOS

- Obtener los valores de referencia de compresión en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros).
- Calcular y analizar los datos estadísticos de la prueba.

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

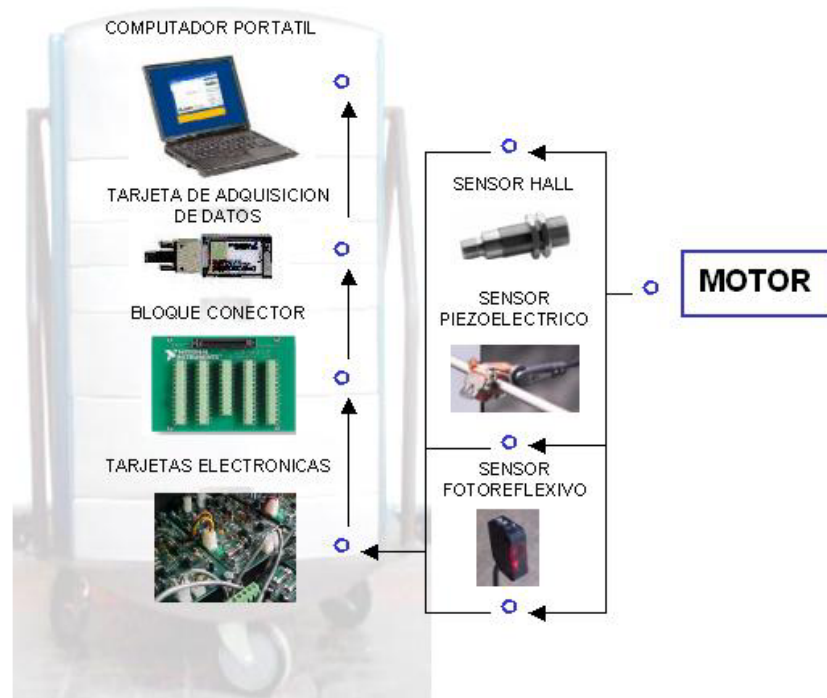
- **INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA**

1. Sensor Fotoeléctrico Reflexivo
2. Sensor Hall
3. Sensor Piezoeléctrico
4. Imán
5. Disco de franjas reflexivas
6. Prototipo DIAGMA D-100
7. Tarjeta de Adquisición de Datos National Instruments
8. Motor Diesel
9. Accesorios: extensión eléctrica, pegante instantáneo.

- **CADENA DE MEDICIÓN**

Las señales de los sensores, Hall, piezoeléctrico y fotoreflexivo son enviadas al computador por medio de los dispositivos electrónicos necesarios para entregar un dato tangible al operario que realiza la prueba, la figura 1, nos muestra la cadena necesaria en la técnica de variación de la velocidad angular para realizar el proceso de medición.

Figura 1. Cadena de medición.



• PROCEDIMIENTO

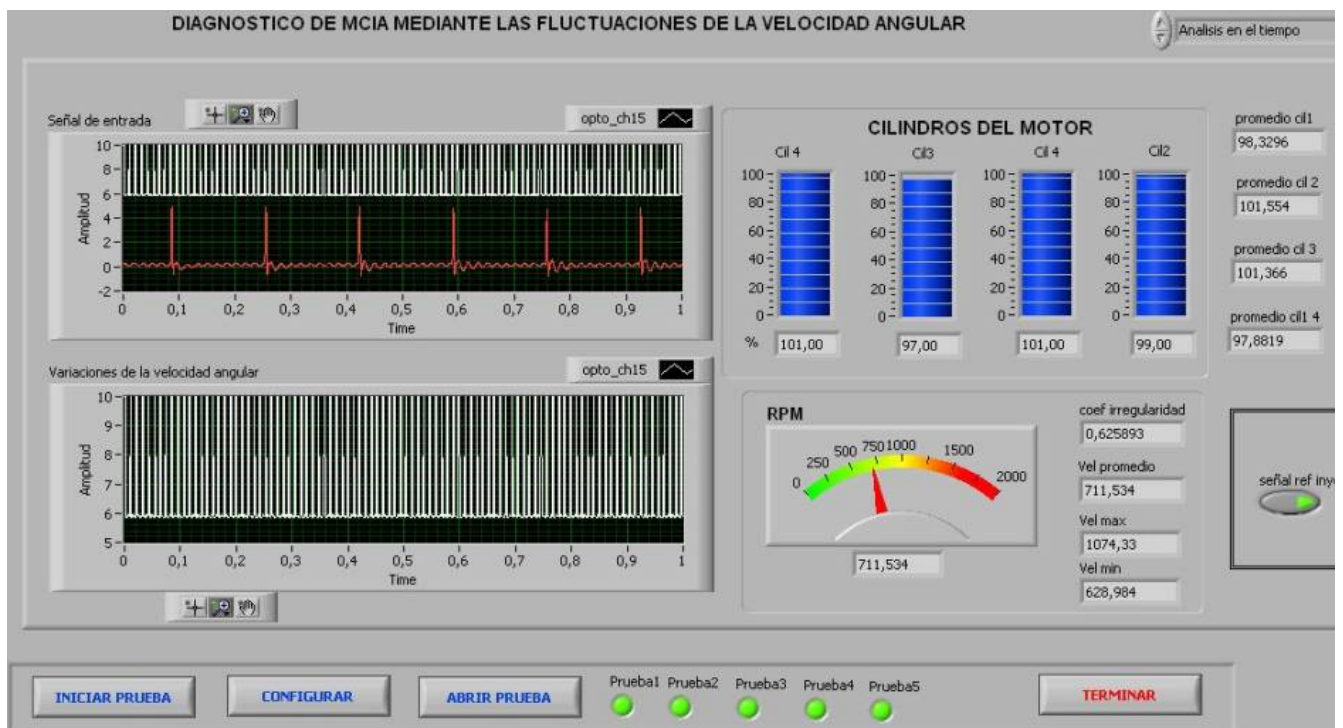
1. Ubicar el prototipo DIAGMA D-100 en la parte delantera del vehículo.
2. Conectar las tarjetas acondicionadoras de la señal.
3. Pegar el disco de franjas reflexivas y el imán a la polea del cigüeñal del vehículo.
4. Realizar el montaje del Sensor Hall y del Sensor Fotoeléctrico reflexivo.
5. Ubicar el Sensor Piezoeléctrico en la línea de inyección del cilindro 1.
6. Conectar el Sensor Hall, el Sensor Fotoeléctrico reflexivo y el Sensor Piezoeléctrico al prototipo.
7. Seleccionar e iniciar el programa de la prueba.

8. Las señales enviadas son interpretadas por el programa realizado en el software LABVIEW obteniendo los datos y las gráficas que describen el comportamiento del motor.

RESULTADOS DE LA PRUEBA EN CAMPO

Los resultados de la prueba de campo de variación de velocidad angular se muestran por medio de tres ventanas, la figura 2, se refiere al análisis en el dominio del tiempo, sobre este panel frontal se ejecuta la prueba;

Figura 2. ANALISIS DOMINIO TIEMPO



La figura 3, muestra las gráficas correspondientes al dominio de la frecuencia, a partir de la cual se hallan las amplitudes. A su vez la figura 4, contiene el análisis en el dominio angular donde obtenemos la frecuencia de rotación correspondiente a las rpm del motor.

FIGURA 3. ANALISIS DOMINIO FRECUENCIA

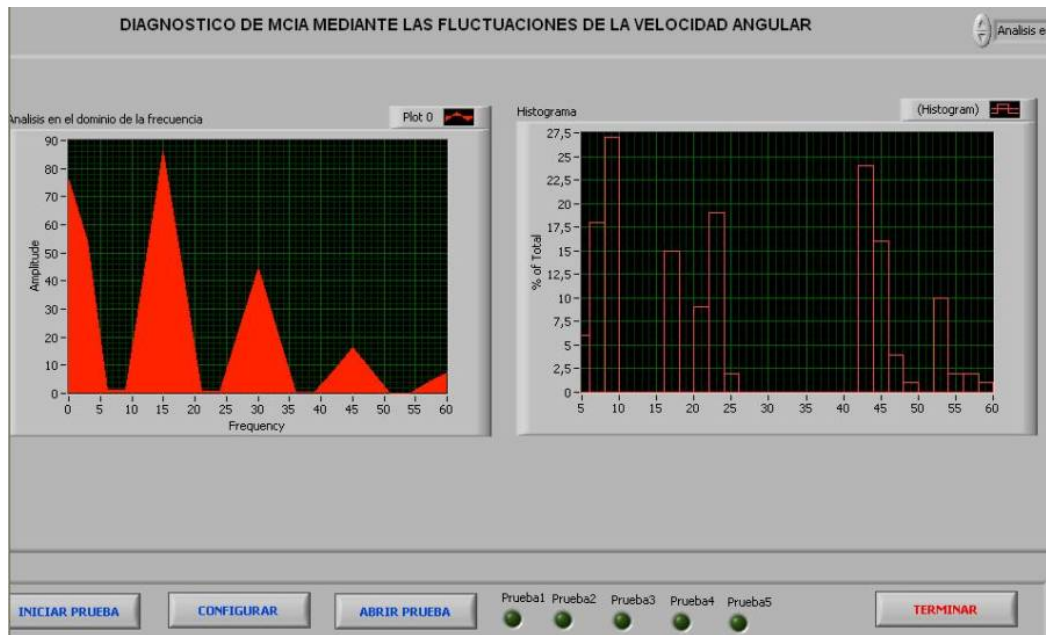




Figura 4. ANALISIS DOMINIO ANGULAR



HOJA DE INSPECCIÓN

 GIEMA	PROYECTO DIAGMA D-100 VARIACION DE LA VELOCIDAD ANGULAR			 <small>UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO</small> <small>MÁQUINAS TÉCNICAS ALTERNATIVAS</small>	
Archivo de datos	C:\Archivos de programa\Diagma\Pruebas\Velocidad		Sept. 17 de 2005		
Lugar	CODIESEL S.A.		Hora	8:00 A.M.	
Responsable	Jorge Eliécer Castellanos B.	Revisó	Ing. Jorge Luis Chacón V.		
DATOS VEHÍCULO					
Vehículo	Camión	Tipo Motor	ISUZU		
Placa	Nuevo	Motor No.	9GDNPR7123B968711		
Modelo	NPR 4HG1 2005	Cilindros	4 cilindros en línea		
DATOS DE LA PRUEBA					
TAD	National Instruments	Sensor Optico Reflexivo	E3ZR61		
Frec de muestreo	10000 hz	Sensor Inyección	KG 60		
Referencia PMS	Sensor Hall GS 1001	Tipo prueba	Ralentí		
Coef. Irregularidad	0,63	Vel. Promedio RPM	711,5		
Vel. Máxima	1074,33	Vel. Mínima RPM	628,98		
ANÁLISIS EN DOMINIO TIEMPO		ANÁLISIS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA			
	% COMPRESION		Frecuencia (Hz)	Valor de pico	
Cilindro 1	98,33	Subarmónicos	Frec. encendido	15	86
Cilindro 2	101,55		30	45	
Cilindro 3	101,55		45	17	
Cilindro 4	97,88		60	8	
Promedio	99,83				
Desviación estándar	1,73				
Varianza	3,00				
OBSERVACIONES					
<p>1) Se le hizo un corte al disco reflexivo para reducir la distancia entre el imán y las aspas del ventilador.</p> <p>2) El brazo soporte del sensor Fotoeléctrico reflexivo se agrietó en uno de los anillos iniciales de su sección flexible.</p> <p>3) Fue necesario realizar un montaje auxiliar para que la base del sensor funcionara correctamente.</p>					

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- La compresión relativa del motor porcentualmente es muy estable en los cuatro cilindros, lo que permite afirmar que los cuatro cilindros comparativamente se encuentran en buen estado y la compresión relativa se desarrolla de manera similar en cada cilindro durante un ciclo de trabajo del motor.

- En el dominio de frecuencia se aprecian los armónicos más representativos de la señal de velocidad angular del motor, lo cual es un resultado esperado.
- En el dominio angular se aprecia que las fluctuaciones de la velocidad angular son muy estables durante cada ciclo de trabajo de los cuatro cilindros del motor.

CONCLUSIONES

- Se realizó la prueba en un motor nuevo (aproximadamente cero kilómetros) para obtener valores de referencia con respecto a la variación de la velocidad angular.
- Se calcularon los datos estadísticos de la prueba y se consignaron en la respectiva hoja de inspección.
- Se obtuvo el porcentaje de compresión relativa promedio de 99,83%, desviación estándar de 1,73 y una varianza de 3,00.
- En los resultados obtenidos de la prueba, el motor presenta un comportamiento estable de acuerdo a las fluctuaciones de la velocidad angular.
- Se llenó la hoja de inspección, en la cual se encuentran los datos del vehículo y del motor así como las observaciones que se dieron en la ejecución de la prueba.

TÍTULO DEL PROYECTO:

**TÉCNICA DE VARIACION DE LA VELOCIDAD ANGULAR
PRUEBAS DE CAMPO**

PRESENTADO POR:

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIECER CASTELLANOS BENAVIDES**

INFORME N°: 3

FECHA: 24 DE SEPTIEMBRE DE 2005

PRUEBA DE VARIACION DE LA VELOCIDAD ANGULAR

CODIESEL SEPTIEMBRE 24 DE 2005



RESUMEN

La prueba de variación de la velocidad angular se realizó el día 24 de Septiembre de 2005 en las instalaciones de **CODIESEL S.A.** ubicado en el kilómetro 7 autopista a Girón, realizadas bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luis Chacón V. Se realizó el montaje del Sensor Fotoeléctrico Reflexivo, Sensor Hall, y el Sensor Piezoeléctrico en la línea de inyección del cilindro número 1 con el fin de obtener la señal del referencia y de esta forma obtener los datos que describen el comportamiento del motor, con los cuales se calculan los datos estadísticos para el análisis de la prueba.

INTRODUCCION

La prueba tiene como fin obtener los valores de compresión relativa por medio de las fluctuaciones de la velocidad angular utilizando un motor nuevo (cero kilómetros) ISUZU NPR 4HG1 con el objeto de tener un patrón de comparación, que nos permita diagnosticar el estado de motores de uso prolongado.

OBJETIVOS

- Obtener los valores de referencia de compresión en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros).
- Calcular y analizar los datos estadísticos de la prueba.

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

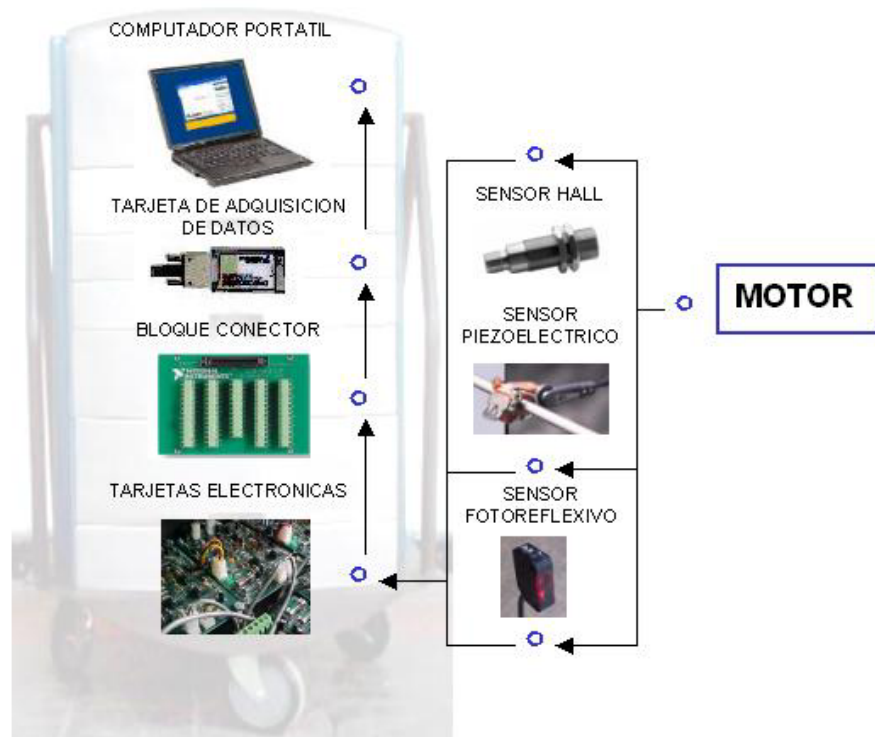
- **INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA**

1. Sensor Fotoeléctrico Reflexivo
2. Sensor Hall
3. Sensor Piezoeléctrico
4. Imán
5. Disco de franjas reflexivas
6. Prototipo DIAGMA D-100
7. Tarjeta de Adquisición de Datos Nacional Instruments
8. Motor Diesel
9. Accesorios: extensión eléctrica, pegante instantáneo.

- **CADENA DE MEDICIÓN**

Las señales de los sensores, Hall, piezoeléctrico y fotoreflexivo son enviadas al computador por medio de los dispositivos electrónicos necesarios para entregar un dato tangible al operario que realiza la prueba, la figura 1, nos muestra la cadena necesaria en la técnica de variación de la velocidad angular para realizar el proceso de medición.

Figura 1. Cadena de medición.



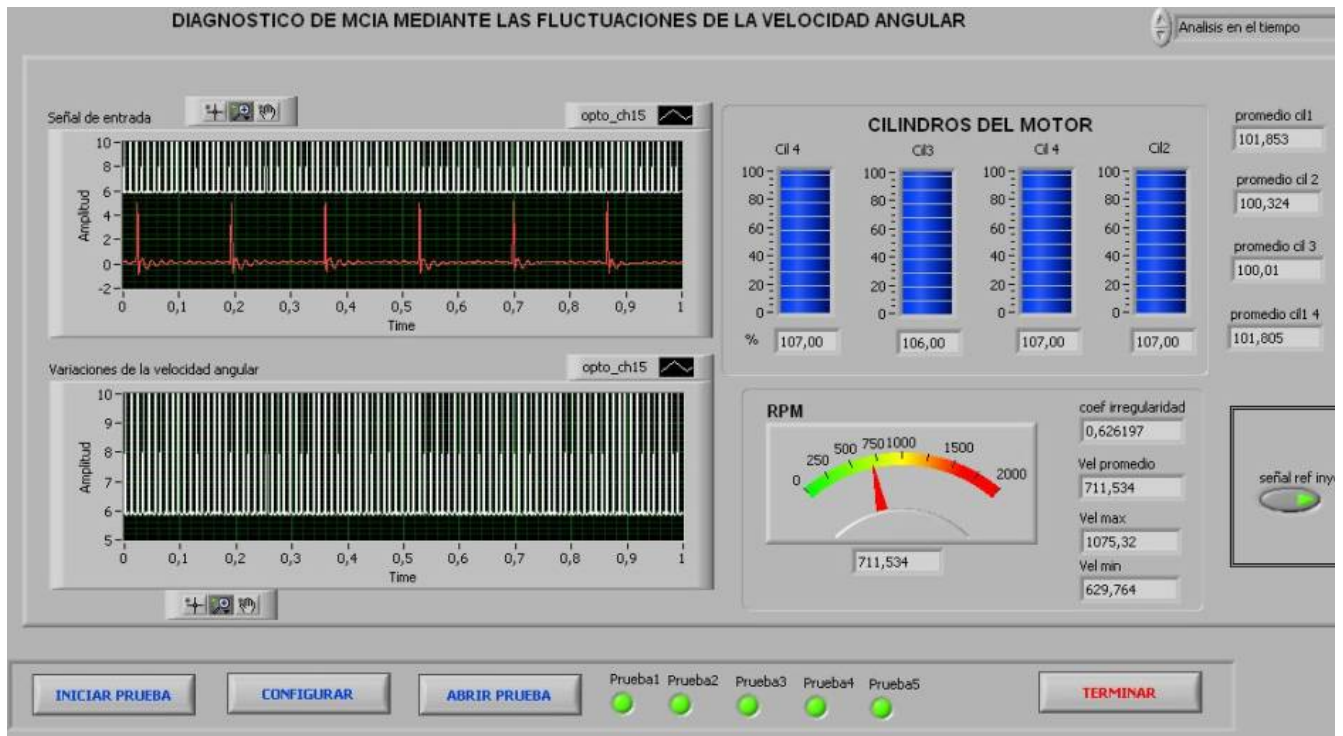
- **PROCEDIMIENTO**

1. Ubicar el prototipo DIAGMA D-100 en la parte delantera del vehículo.
2. Conectar las tarjetas acondicionadoras de la señal.
3. Pegar el disco de franjas reflexivas y el imán a la polea del cigüeñal del vehículo.
4. Realizar el montaje del Sensor Hall y del Sensor Fotoeléctrico reflexivo.
5. Ubicar el Sensor Piezoeléctrico en la línea de inyección del cilindro 1.
6. Conectar el Sensor Hall, el Sensor Fotoeléctrico reflexivo y el Sensor Piezoeléctrico al prototipo.
7. Seleccionar e iniciar el programa de la prueba.
8. Las señales enviadas son interpretadas por el programa realizado en el software LABVIEW obteniendo los datos y las gráficas que describen el comportamiento del motor.

RESULTADOS DE LA PRUEBA EN CAMPO

Los resultados de la prueba de campo de variación de velocidad angular se muestran por medio de tres ventanas, la figura 2, se refiere al análisis en el dominio del tiempo, sobre este panel frontal se ejecuta la prueba;

Figura 2. ANALISIS DOMINIO TIEMPO



La figura 3, muestra las gráficas correspondientes al dominio de la frecuencia, a partir de la cual se hallan las amplitudes. A su vez la figura 4, contiene el análisis en el dominio angular donde obtenemos la frecuencia de rotación correspondiente a las rpm del motor.

Figura 3. ANALISIS DOMINIO FRECUENCIA

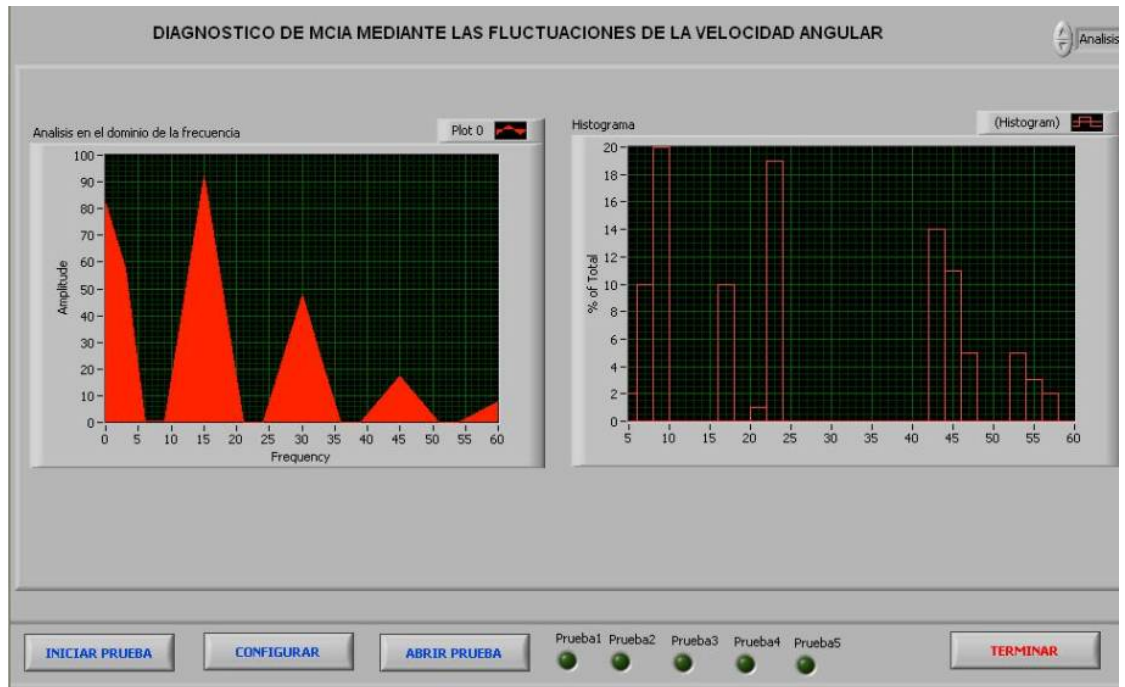
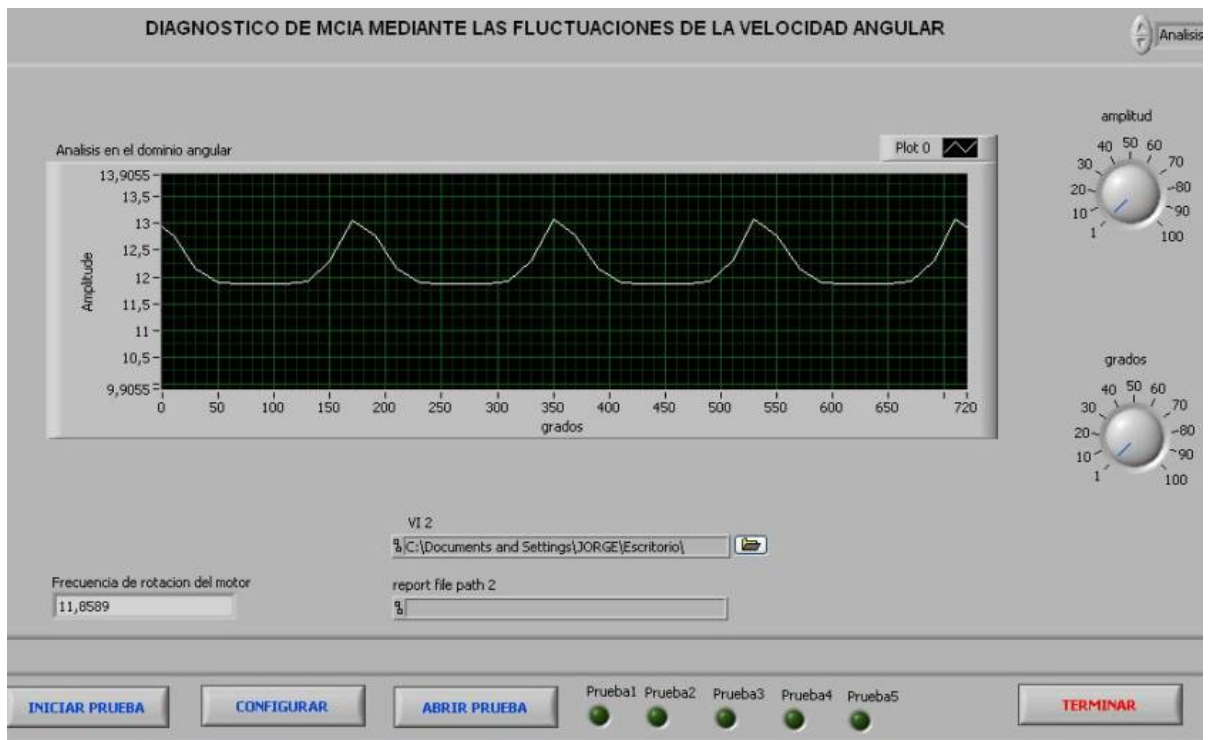




Figura 4. ANALISIS DOMINIO ANGULAR



HOJA DE INSPECCIÓN

	PROYECTO DIAGMA D-100 VARIACION DE LA VELOCIDAD ANGULAR			
Archivo de datos	C:\Archivos de programa\Diagma\Pruebas\Velocidad		Sept. 24 de 2005	
Lugar	CODIESEL S.A.	Hora	8:00 A.M.	
Responsable	Jorge Elíecer Castellanos B.	Revisó	Ing. Jorge Luis Chacón V.	
DATOS VEHÍCULO				
Vehículo	Camión	Tipo Motor	ISUZU	
Placa	Nuevo	Motor No.	9GDNPR7126B004260	
Modelo	NPR 4HG1 2005	Cilindros	4 cilindros en línea	
DATOS DE LA PRUEBA				
TAD	National Instruments	Sensor Optico Reflexivo	E3ZR61	
Frec de muestreo	10000 hz	Sensor Inyección	KG 60	
Referencia PMS	Sensor Hall GS 1001	Tipo prueba	Ralentí	
Coef. Irregularidad	0,63	Vel. Promedio RPM	711,53	
Vel. Máxima	1075,32	Vel. Mínima RPM	629,76	
ANÁLISIS EN DOMINIO TIEMPO		ANÁLISIS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA		
	% COMPRESION		Frecuencia (Hz)	Valor de pico
Cilindro 1	101,85	Frec.encendido	15	92
Cilindro 2	100,32	Subarmónicos	30	48
Cilindro 3	100,01		45	17
Cilindro 4	101,81		60	9
Promedio	101,00			
Desviación estándar	0,84			
Varianza	0,70			
OBSERVACIONES				
<p>1) Se reparó la sección del brazo soporte del sensor Fotoeléctrico reflexivo.</p> <p>2) Se realizarón cambios en el brazo soporte para ganar un grado de libertad y evitar que la parte flexible se doble excesivamente y ocurra nuevamente la fractura.</p>				

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- La compresión relativa del motor porcentualmente es muy estable en los cuatro cilindros, lo que permite afirmar que los cuatro cilindros comparativamente se encuentran en buen estado y la compresión relativa se desarrolla de manera similar en cada cilindro durante un ciclo de trabajo del motor.

- En el dominio de frecuencia se aprecian los armónicos más representativos de la señal de velocidad angular del motor, lo cual es un resultado esperado.
- En el dominio angular se aprecia que las fluctuaciones de la velocidad angular son muy estables durante cada ciclo de trabajo de los cuatro cilindros del motor.

CONCLUSIONES

- Se realizó la prueba en un motor nuevo (aproximadamente cero kilómetros) para obtener valores de referencia con respecto a la variación de la velocidad angular.
- Se calcularon los datos estadísticos de la prueba y se consignaron en la respectiva hoja de inspección.
- Se obtuvo el porcentaje de compresión relativa promedio de 101,85% , desviación estándar de 0,84 y una varianza de 0,70.
- En los resultados obtenidos de la prueba, el motor presenta un comportamiento estable de acuerdo a las fluctuaciones de la velocidad angular.
- Se llenó la hoja de inspección, en la cual se encuentran los datos del vehículo y del motor así como las observaciones que se dieron en la ejecución de la prueba.

TÍTULO DEL PROYECTO:

**TÉCNICA DE OSCILACIONES DEL BLOQUE
PRUEBAS DE CAMPO**

PRESENTADO POR:

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIECER CASTELLANOS BENAVIDES**

INFORME N°: 1

FECHA: 20 DE AGOSTO DE 2005

PRUEBA DE OSCILACIONES DEL BLOQUE CODIESEL AGOSTO 20 DE 2005



RESUMEN

La prueba de oscilaciones del bloque se realizó el día 20 de Agosto de 2005 en las instalaciones de **CODIESEL S.A.** ubicado en el kilómetro 7 autopista a Girón, realizadas bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luis Chacón V. Se realizó el montaje del Acelerómetro en el bloque del motor y del Sensor Piezoeléctrico en la línea de inyección del cilindro número 1 con el fin de obtener la señal del referencia y de esta forma obtener los datos que describen el comportamiento del motor, con los cuales se calculan los datos estadísticos para el análisis de la prueba.

INTRODUCCION

La prueba realizada tiene como fin identificar el comportamiento del motor por medio de las vibraciones del bloque y obtener los datos de referencia utilizando un motor nuevo (cero kilómetros) ISUZU NPR 4HG1 con el objeto de tener un patrón de comparación, que nos permita diagnosticar el estado de motores de uso prolongado.

OBJETIVOS

- Obtener valores de referencia de la aceleración en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros).
- Calcular y analizar los datos estadísticos de la prueba.

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

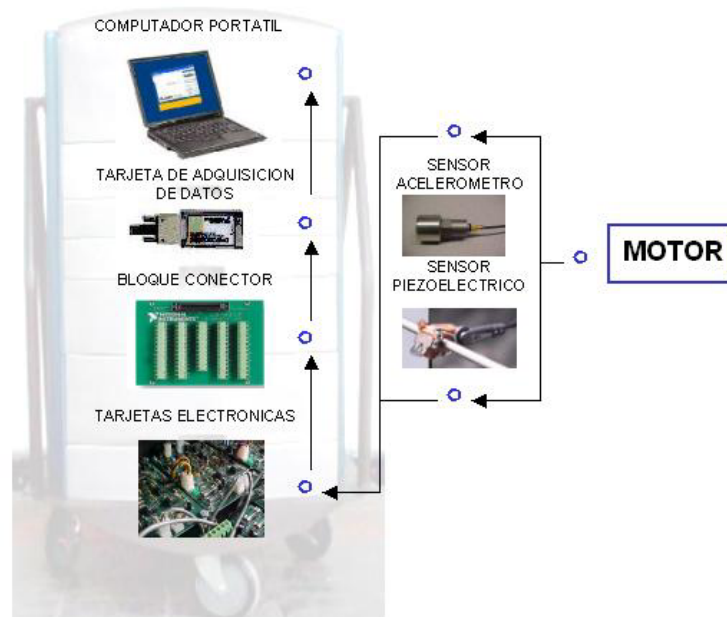
• INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

1. Acelerómetro
2. Sensor Piezoeléctrico
3. Prototipo DIAGMA D-100
4. Tarjeta de Adquisición de Datos National Instruments
5. Motor Diesel
6. Accesorios: extensión eléctrica, pegante instantáneo

• CADENA DE MEDICIÓN

La prueba de oscilaciones del bloque es la única que utiliza el acelerómetro, además, del sensor piezoeléctrico, estos son los primeros que capturan la señal en el motor y la envían a través de los otros elementos hasta llegar al computador donde se visualiza por medio del programa LabVIEW, en la figura 1 podemos reconocer los elementos de la cadena de medición de la técnica oscilaciones del bloque.

Figura 1. Cadena de Medición.



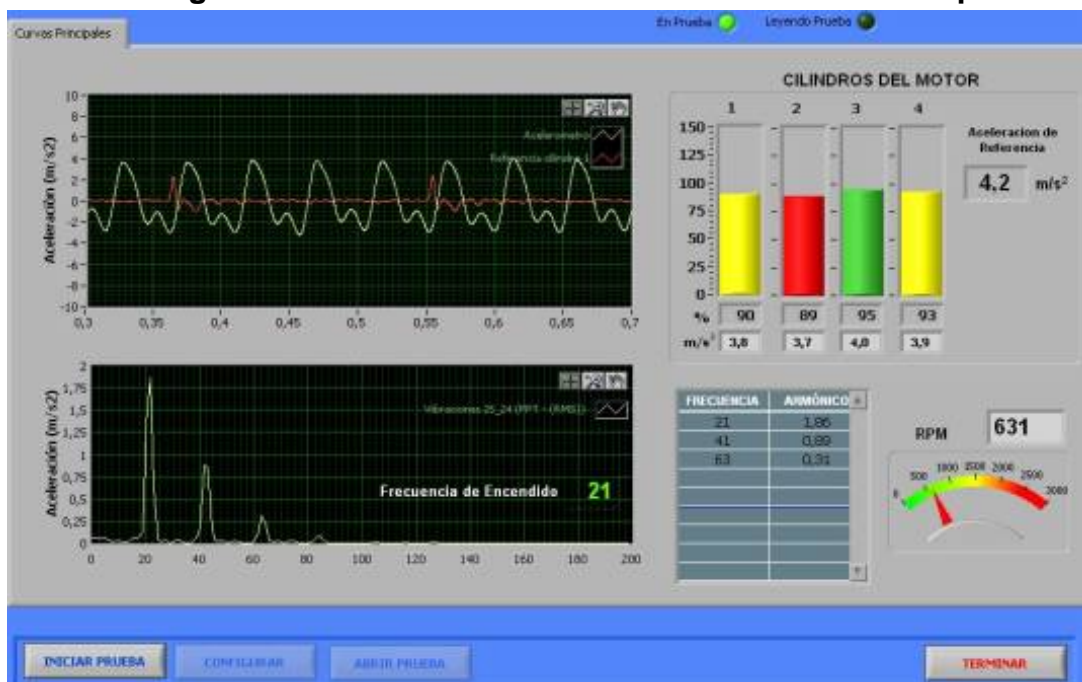
- **PROCEDIMIENTO**

1. Ubicar el prototipo DIAGMA D-100 en la parte delantera del vehículo.
2. Conectar las tarjetas acondicionadoras de la señal.
3. Ensamblar el Acelerómetro y ubicarlo en el bloque del motor en la parte más alejada del cigüeñal sobre una superficie limpia y lisa.
4. Ubicar el Sensor Piezoeléctrico en la línea de inyección del cilindro 1.
5. Conectar el Acelerómetro y el Sensor Piezoeléctrico al prototipo.
6. Seleccionar e iniciar el programa de la prueba.
7. Las señales enviadas son interpretadas por el programa realizado en el software LABVIEW obteniendo los datos y las gráficas que describen el comportamiento del motor.



RESULTADOS DE LA PRUEBA EN CAMPO

El panel frontal de la figura 2, muestra los resultados de la prueba de campo de oscilaciones del bloque realizada en CODIESEL S.A. estos valores significativos son consignados y evaluados en la hoja de inspección.

Figura 2. Panel Frontal técnica Oscilaciones del Bloque.



HOJA DE INSPECCIÓN

	PROYECTO DIAGMA D-100 TÉCNICA OSCILACIONES DEL BLOQUE				
Archivo	C:\Archivos de programa\Diagma\Pruebas\Vibraciones		Fecha	Agosto 20 de 2005	
Lugar	CODIESEL S.A.		Hora	8:00 a.m.	
Responsable	Jorge Eliecer Castellanos B.	Revisó	Ing. Jorge Luis Chacón V.		
DATOS VEHÍCULO			DATOS MOTOR		
Vehículo	Camión		Tipo Motor	ISUZU	
Placa	nuevo		Chasis No.	9GDNPR7122B532010	
Modelo	NPR 4HG1-2005		Cilindros	4 cilindros en línea	
MEDIDA					
Posición sensor	Un punto en el bloque del motor cerca al cárter		RPM	631	
Ciclo del Motor	4T		Frecuencia de muestreo (Hz)	10000 Hz	
Orden de encendido	1 - 3 - 4 - 2		Aceleración de referencia (m/s ²)	4,2	
ANÁLISIS EN DOMINIO TIEMPO			ANÁLISIS EN DOMINIO FRECUENCIA		
	Aceleración	%		Frecuencia (Hz)	Valor de pico
Cilindro 1	3,8	90	Subarmónicos	21	1,86
Cilindro 2	3,7	89		41	0,89
Cilindro 3	4,0	95		63	0,31
Cilindro 4	3,9	93			
PROMEDIO	3,85				
DESV. ESTAND.	0,10				
VARIANZA	0,01				
OBSERVACIONES					
Fue necesario utilizar cinta de papel para aislar el cable de las superficies calientes del motor.					

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- Se puede apreciar que el comportamiento de los cuatro cilindros es muy uniforme, con una aceleración promedio de 3,85 m/s².
- En el análisis dominio frecuencia se observan la frecuencia de encendido y los subarmónicos característicos de un motor nuevo (aproximadamente cero kilómetros) lo cual es el resultado esperado.

CONCLUSIONES

- Se realizó la prueba a un motor nuevo (aproximadamente cero kilómetros) para obtener valores de referencia con respecto a las oscilaciones del bloque.
- Se calcularon los datos estadísticos de la prueba y se registraron en la respectiva hoja de inspección.
- Se llenó la hoja de inspección, en la cual se encuentran los datos del vehículo y del motor así como las observaciones que se dieron en la ejecución de la prueba de oscilaciones del bloque.
- Para la realización de la prueba se utilizó el acelerómetro y el sensor piezoeléctrico para determinar el estado del motor en cuanto a compresión y combustión.

TÍTULO DEL PROYECTO:

**TÉCNICA DE OSCILACIONES DEL BLOQUE
PRUEBAS DE CAMPO**

PRESENTADO POR:

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIECER CASTELLANOS BENAVIDES**

INFORME Nº: 2

FECHA: 10 DE SEPTIEMBRE DE 2005

PRUEBA DE OSCILACIONES DEL BLOQUE CODIESEL SEPTIEMBRE 10 DE 2005



RESUMEN

La prueba de oscilaciones del bloque se realizó el día 10 de Septiembre de 2005 en las instalaciones de **CODIESEL S.A.** ubicado en el kilómetro 7 autopista a Girón, realizadas bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luis Chacón V. Se realizó el montaje del Acelerómetro en el bloque del motor y del Sensor Piezoeléctrico en la línea de inyección del cilindro número 1 con el fin de obtener la señal del referencia y de esta forma obtener los datos que describen el comportamiento del motor, con los cuales se calculan los datos estadísticos para el análisis de la prueba.

INTRODUCCION

La prueba realizada tiene como fin identificar el comportamiento del motor por medio de las vibraciones del bloque y obtener los datos de referencia utilizando un motor nuevo (cero kilómetros) ISUZU NPR 4HG1 con el objeto de tener un patrón de comparación, que nos permita diagnosticar el estado de motores de uso prolongado.

OBJETIVOS

- Obtener valores de referencia de la aceleración en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros).
- Calcular y analizar los datos estadísticos de la prueba.

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

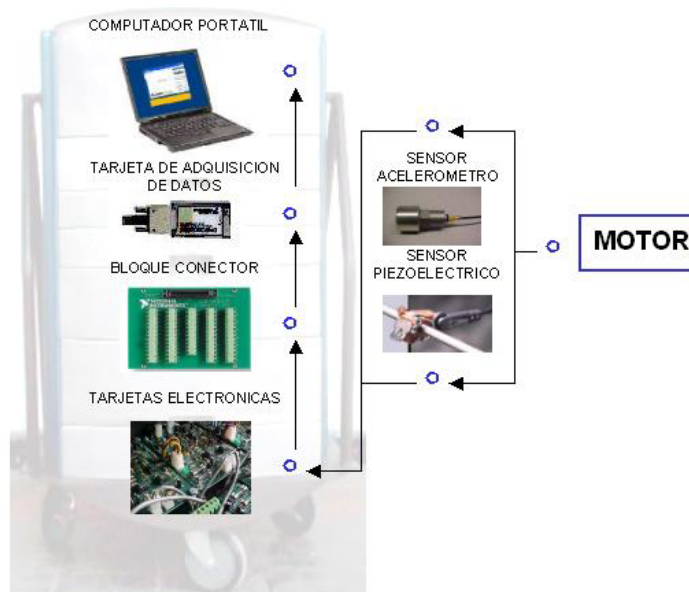
• INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

1. Acelerómetro
2. Sensor Piezoeléctrico
3. Prototipo DIAGMA D-100
4. Tarjeta de Adquisición de Datos National Instruments
5. Motor Diesel
6. Accesorios: extensión eléctrica, pegante instantáneo.

• CADENA DE MEDICIÓN

La prueba de oscilaciones del bloque es la única que utiliza el acelerómetro, además, del sensor piezoeléctrico, estos son los primeros que capturan la señal en el motor y la envían a través de los otros elementos hasta llegar al computador donde se visualiza por medio del programa LabVIEW, en la figura 1 podemos reconocer los elementos de la cadena de medición de la técnica oscilaciones del bloque.

Figura 1. Cadena de Medición.



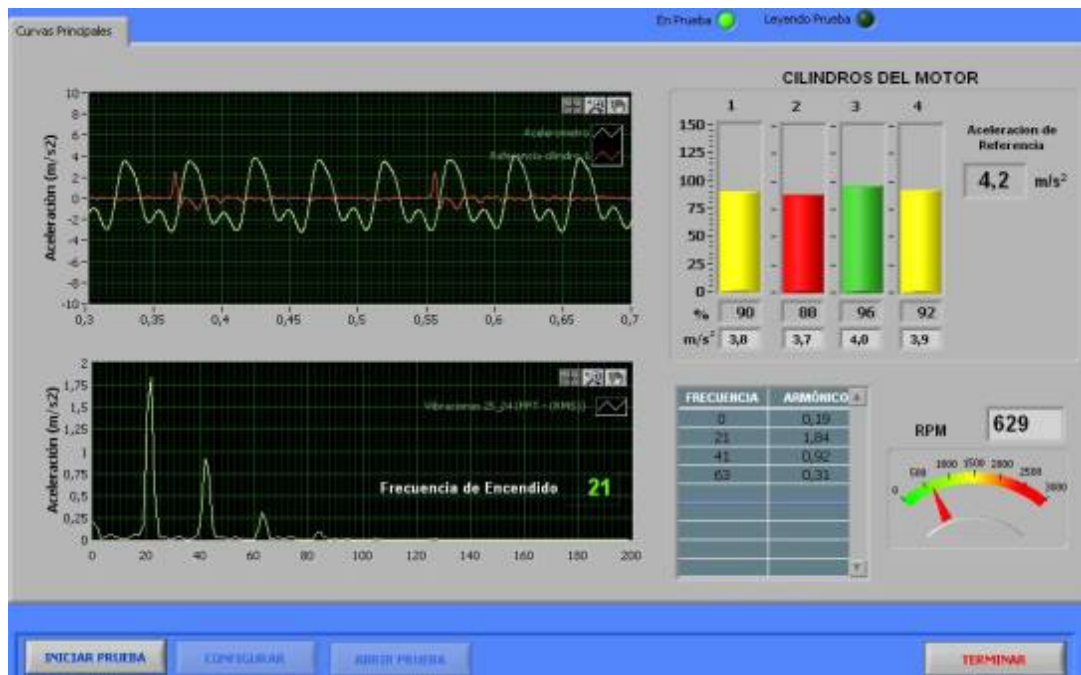
• PROCEDIMIENTO

1. Ubicar el prototipo DIAGMA D-100 en la parte delantera del vehículo.
2. Conectar las tarjetas acondicionadoras de la señal.
3. Ensamblar el Acelerómetro y ubicarlo en el bloque del motor en la parte más alejada del cigüeñal sobre una superficie limpia y lisa.
4. Ubicar el Sensor Piezoeléctrico en la línea de inyección del cilindro 1.
5. Conectar el Sensor Acelerómetro y el Sensor Piezoeléctrico al prototipo.
6. Seleccionar e iniciar el programa de la prueba.
7. Las señales enviadas son interpretadas por el programa realizado en el software LABVIEW obteniendo los datos y las gráficas que describen el comportamiento del motor.



RESULTADOS DE LA PRUEBA EN CAMPO

El panel frontal de la figura 2, muestra los resultados de la prueba de campo de oscilaciones del bloque realizada en CODIESEL S.A. estos valores significativos son consignados y evaluados en la hoja de inspección.

Figura 2. Panel Frontal técnica Oscilaciones del Bloque.



HOJA DE INSPECCIÓN

	PROYECTO DIAGMA D-100 TÉCNICA OSCILACIONES DEL BLOQUE				
Archivo	C:\Archivos de programa\Diagma\Pruebas\Vibraciones		Fecha	Sept. 10 de 2005	
Lugar	CODIESEL S.A.		Hora	8:00 a.m.	
Responsable	Jorge Eliecer Castellanos B.	Revisó	Ing. Jorge Luis Chacón V.		
DATOS VEHÍCULO			DATOS MOTOR		
Vehículo	Camión		Tipo Motor	ISUZU	
Placa	nuevo		Chasis No.	9GDNPR7123B970312	
Modelo	NPR 4HG1-2005		Cilindros	4 cilindros en línea	
MEDIDA					
Posición sensor	Un punto en el bloque del motor cerca al cárter		RPM	629	
Ciclo del Motor	4T		Frecuencia de muestreo (Hz)	10000 Hz	
Orden de encendido	1 - 3 - 4 - 2		Aceleración de referencia (m/s ²)	4,2	
ANÁLISIS EN DOMINIO TIEMPO			ANÁLISIS EN DOMINIO FRECUENCIA		
	Aceleración	%		Frecuencia (Hz)	Valor de pico
Cilindro 1	3,8	90	Frec. encendido	21	1,84
Cilindro 2	3,7	88	Subarmónicos	41	0,92
Cilindro 3	4,0	96		63	0,31
Cilindro 4	3,9	92			
PROMEDIO	3,84				
DESV. ESTAND.	0,12				
VARIANZA	0,02				
OBSERVACIONES					
Se realizó la prueba satisfactoriamente y sin contratiempos.					

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- Se puede apreciar que el comportamiento de los cuatro cilindros es muy uniforme, con una aceleración promedio de 3,84 m/s².
- En el análisis dominio frecuencia se observan la frecuencia de encendido y los subarmónicos característicos de un motor nuevo (aproximadamente cero kilómetros) lo cual es el resultado esperado.

CONCLUSIONES

- Se realizó la prueba a un motor nuevo (aproximadamente cero kilómetros) para obtener valores de referencia con respecto a las oscilaciones del bloque.
- Se calcularon los datos estadísticos de la prueba y se registraron en la respectiva hoja de inspección.
- Se llenó la hoja de inspección, en la cual se encuentran los datos del vehículo y del motor así como las observaciones que se dieron en la ejecución de la prueba de oscilaciones del bloque.
- Para la realización de la prueba se utilizó el acelerómetro y el sensor piezoeléctrico para determinar el estado del motor en cuanto a compresión y combustión.

TÍTULO DEL PROYECTO:

**TÉCNICA DE OSCILACIONES DEL BLOQUE
PRUEBAS DE CAMPO**

PRESENTADO POR:

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIECER CASTELLANOS BENAVIDES**

INFORME Nº: 3

FECHA: 17 DE SEPTIEMBRE DE 2005

PRUEBA DE OSCILACIONES DEL BLOQUE CODIESEL SEPTIEMBRE 17 DE 2005



RESUMEN

La prueba de oscilaciones del bloque se realizó el día 17 de Septiembre de 2005 en las instalaciones de **CODIESEL S.A.** ubicado en el kilómetro 7 autopista a Girón, realizadas bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luis Chacón V. Se realizó el montaje del Acelerómetro en el bloque del motor y del Sensor Piezoeléctrico en la línea de inyección del cilindro número 1 con el fin de obtener la señal del referencia y de esta forma obtener los datos que describen el comportamiento del motor, con los cuales se calculan los datos estadísticos para el análisis de la prueba.

INTRODUCCION

La prueba realizada tiene como fin identificar el comportamiento del motor por medio de las vibraciones del bloque y obtener los datos de referencia utilizando un motor nuevo (cero kilómetros) ISUZU NPR 4HG1 con el objeto de tener un patrón de comparación, que nos permita diagnosticar el estado de motores de uso prolongado.

OBJETIVOS

- *Obtener valores de referencia de la aceleración en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros).*

- *Calcular y analizar los datos estadísticos de la prueba.*

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

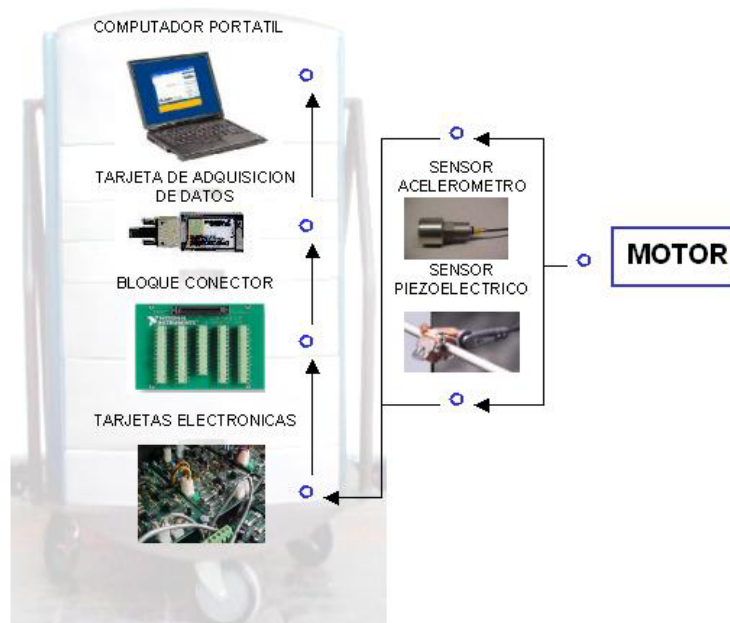
• INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

1. Acelerómetro
2. Sensor Piezoeléctrico
3. Prototipo DIAGMA D-100
4. Tarjeta de Adquisición de Datos National Instruments
5. Motor Diesel
6. Accesorios: extensión eléctrica, pegante instantáneo.

• CADENA DE MEDICIÓN

La prueba de oscilaciones del bloque es la única que utiliza el acelerómetro, además, del sensor piezoeléctrico, estos son los primeros que capturan la señal en el motor y la envían a través de los otros elementos hasta llegar al computador donde se visualiza por medio del programa LabVIEW, en la figura 1 podemos reconocer los elementos de la cadena de medición de la técnica oscilaciones del bloque.

Figura 1. Cadena de Medición.



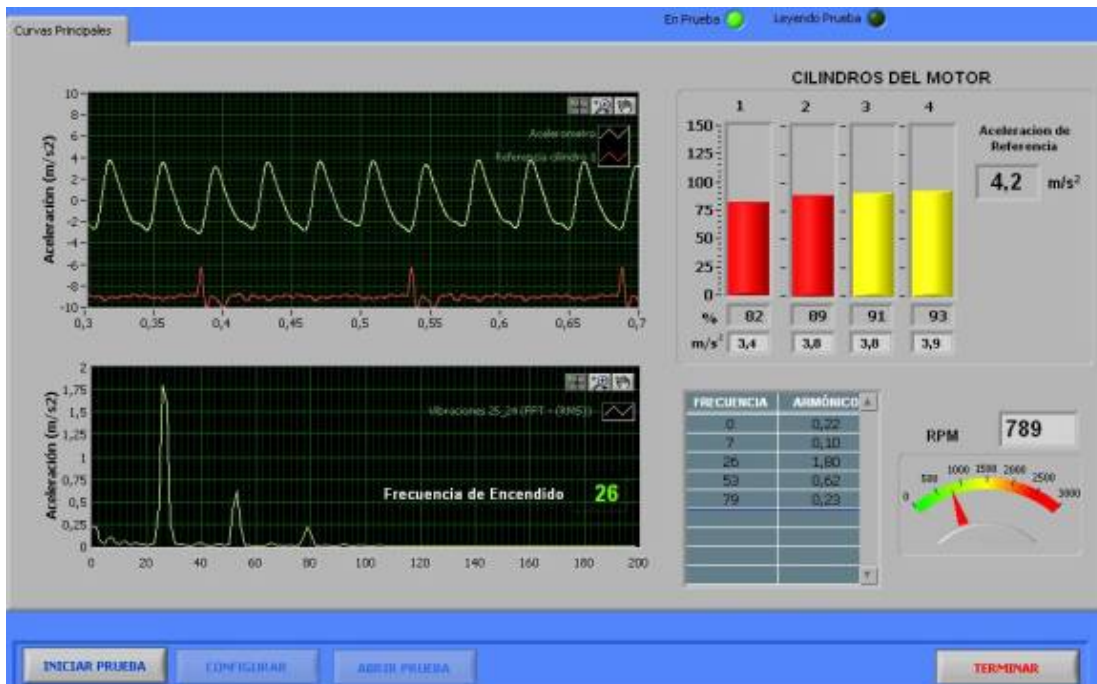
• PROCEDIMIENTO

1. Ubicar el prototipo DIAGMA D-100 en la parte delantera del vehículo.
2. Conectar las tarjetas acondicionadoras de la señal.
3. Ensamblar el Acelerómetro y ubicarlo en el bloque del motor en la parte más alejada del cigüeñal sobre una superficie limpia y lisa.
4. Ubicar el Sensor Piezoeléctrico en la línea de inyección del cilindro 1.
5. Conectar el Acelerómetro y el Sensor Piezoeléctrico al prototipo.
6. Seleccionar e iniciar el programa de la prueba.
7. Las señales enviadas son interpretadas por el programa realizado en el software LABVIEW obteniendo los datos y las gráficas que describen el comportamiento del motor.


RESULTADOS DE LA PRUEBA EN CAMPO

El panel frontal de la figura 2, muestra los resultados de la prueba de campo de oscilaciones del bloque realizada en CODIESEL S.A. estos valores significativos son consignados y evaluados en la hoja de inspección.

Figura 2. Panel Frontal técnica Oscilaciones del Bloque.



HOJA DE INSPECCIÓN

	PROYECTO DIAGMA D-100 TÉCNICA OSCILACIONES DEL BLOQUE				
Archivo	C:\Archivos de programa\Diagma\Pruebas\Vibraciones		Fecha	Sept. 17 2005	
Lugar	CODIESEL S.A.		Hora	8:00 a.m.	
Responsable	Jorge Eliecer Castellanos B.	Revisó	Ing. Jorge Luis Chacón V.		
DATOS VEHÍCULO			DATOS MOTOR		
Vehículo	Camión		Tipo Motor	ISUZU	
Placa	nuevo		Motor No.	9GDNPR7123B968711	
Modelo	NPR 4HG1-2005		Cilindros	4 cilindros en línea	
MEDIDA					
Posición sensor	Un punto en el bloque del motor cerca al cárter			RPM	789
Ciclo del Motor	4T		Frecuencia de muestreo (Hz)	10000 Hz	
Orden de encendido	1 - 3 - 4 - 2		Aceleración de referencia (m/s ²)	4,2	
ANÁLISIS EN DOMINIO TIEMPO			ANÁLISIS EN DOMINIO FRECUENCIA		
	Aceleración	%		Frecuencia (Hz)	Valor de pico
Cilindro 1	3,4	82	Subarmónicos	Frec. encendido	26
Cilindro 2	3,7	89		53	1,80
Cilindro 3	3,8	91		79	0,62
Cilindro 4	3,9	93			0,23
PROMEDIO	3,73				
DESV. ESTAND.	0,17				
VARIANZA	0,03				
OBSERVACIONES					
<p>1) El programa no registra la señal del sensor Acelerómetro.</p> <p>2) Fue necesario revisar el montaje del sensor y realizar la medición de continuidad de voltaje.</p>					

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- Se puede apreciar que el comportamiento de los cuatro cilindros es muy uniforme, con una aceleración promedio de 3,73 m/s².
- En el análisis dominio frecuencia se observan la frecuencia de encendido y los subarmónicos característicos de un motor nuevo (aproximadamente cero kilómetros) lo cual es el resultado esperado.

CONCLUSIONES

- Se realizó la prueba a un motor nuevo (aproximadamente cero kilómetros) para obtener valores de referencia con respecto a las oscilaciones del bloque.
- Se calcularon los datos estadísticos de la prueba y se registraron en la respectiva hoja de inspección.
- Se llenó la hoja de inspección, en la cual se encuentran los datos del vehículo y del motor así como las observaciones que se dieron en la ejecución de la prueba de oscilaciones del bloque.
- Para la realización de la prueba se utilizó el acelerómetro y el sensor piezoeléctrico para determinar el estado del motor en cuanto a compresión y combustión.

TÍTULO DEL PROYECTO:

**TÉCNICA DE OSCILACIONES DEL BLOQUE
PRUEBAS DE CAMPO**

PRESENTADO POR:

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIECER CASTELLANOS BENAVIDES**

INFORME Nº: 4

FECHA: 24 DE SEPTIEMBRE DE 2005

PRUEBA DE OSCILACIONES DEL BLOQUE CODIESEL SEPTIEMBRE 24 DE 2005



RESUMEN

La prueba de oscilaciones del bloque se realizó el día 24 de Septiembre de 2005 en las instalaciones de **CODIESEL S.A.** ubicado en el kilómetro 7 autopista a Girón, realizadas bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luis Chacón V. Se realizó el montaje del Acelerómetro en el bloque del motor y del Sensor Piezoeléctrico en la línea de inyección del cilindro número 1 con el fin de obtener la señal del referencia y de esta forma obtener los datos que describen el comportamiento del motor, con los cuales se calculan los datos estadísticos para el análisis de la prueba.

INTRODUCCION

La prueba realizada tiene como fin identificar el comportamiento del motor por medio de las vibraciones del bloque y obtener los datos de referencia utilizando un motor nuevo (cero kilómetros) ISUZU NPR 4HG1 con el objeto de tener un patrón de comparación, que nos permita diagnosticar el estado de motores de uso prolongado.

OBJETIVOS

- *Obtener valores de referencia de la aceleración en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros).*
- *Calcular y analizar los datos estadísticos de la prueba.*

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

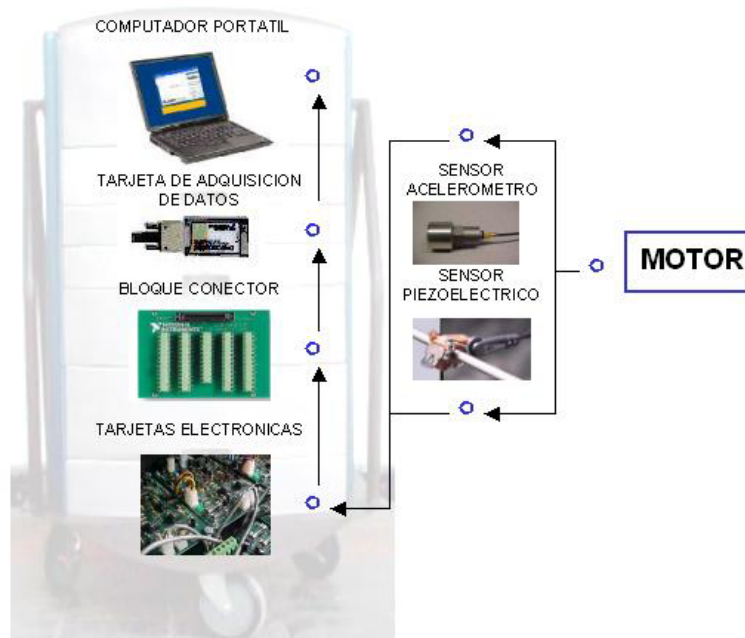
• INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

1. Acelerómetro
2. Sensor Piezoeléctrico
3. Prototipo DIAGMA D-100
4. Tarjeta de Adquisición de Datos National Instruments
5. Motor Diesel
6. Accesorios: extensión eléctrica, pegante instantáneo.

• CADENA DE MEDICIÓN

La prueba de oscilaciones del bloque es la única que utiliza el acelerómetro, además, del sensor piezoeléctrico, estos son los primeros que capturan la señal en el motor y la envían a través de los otros elementos hasta llegar al computador donde se visualiza por medio del programa LabVIEW, en la figura 1 podemos reconocer los elementos de la cadena de medición de la técnica oscilaciones del bloque.

Figura 1. Cadena de Medición.



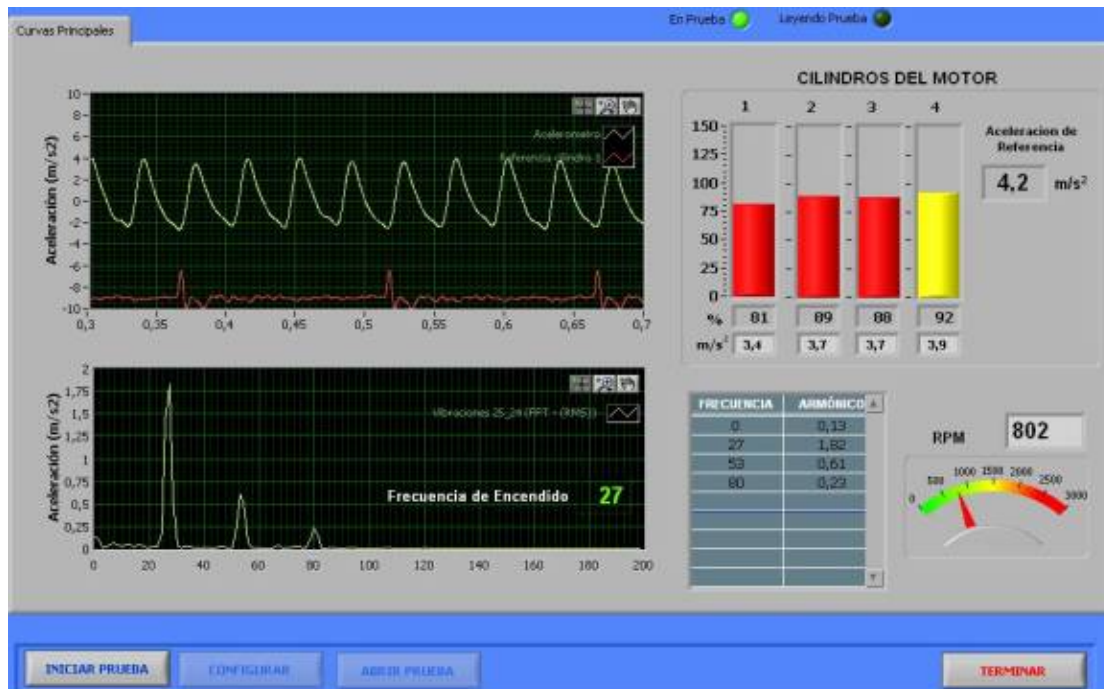
- **PROCEDIMIENTO**

1. Ubicar el prototipo DIAGMA D-100 en la parte delantera del vehículo.
2. Conectar las tarjetas acondicionadoras de la señal.
3. Ensamblar el Acelerómetro y ubicarlo en el bloque del motor en la parte más alejada del cigüeñal sobre una superficie limpia y lisa.
4. Ubicar el Sensor Piezoeléctrico en la línea de inyección del cilindro 1.
5. Conectar el Acelerómetro y el Sensor Piezoeléctrico al prototipo.
6. Seleccionar e iniciar el programa de la prueba.
7. Las señales enviadas son interpretadas por el programa realizado en el software LABVIEW obteniendo los datos y las gráficas que describen el comportamiento del motor.



RESULTADOS DE LA PRUEBA EN CAMPO

El panel frontal de la figura 2, muestra los resultados de la prueba de campo de oscilaciones del bloque realizada en CODIESEL S.A. estos valores significativos son consignados y evaluados en la hoja de inspección.

Figura 2. Panel Frontal técnica Oscilaciones del Bloque.



HOJA DE INSPECCIÓN

	PROYECTO DIAGMA D-100 TÉCNICA OSCILACIONES DEL BLOQUE			
Archivo	C:\Archivos del programa\Diagma\Pruebas\Vibraciones		Fecha	Sept. 24 de 2005
Lugar	CODIESEL S.A.		Hora	8:00 a.m.
Responsable	Jorge Eliecer Castellanos B.	Revisó	Ing. Jorge Luis Chacón V.	
DATOS VEHÍCULO			DATOS MOTOR	
Vehículo	Camión		Tipo Motor	ISUZU
Placa	nuevo		Chasis No.	9GDNPR7126B004260
Modelo	NPR 4HG1-2005		Cilindros	4 cilindros en línea
MEDIDA				
Posición sensor	Un punto en el bloque del motor cerca al cárter		RPM	802
Ciclo del Motor	4T	Frecuencia de muestreo (Hz)	10000 Hz	
Orden de encendido	1 - 3 - 4 - 2	Aceleración de referencia (m/s ²)	4,2	
ANÁLISIS EN DOMINIO TIEMPO			ANÁLISIS EN DOMINIO FRECUENCIA	
	Aceleración	%	Frecuencia (Hz)	Valor de pico
Cilindro 1	3,4	81	Frec. encendido	27
Cilindro 2	3,7	89	Subarmónicos	53
Cilindro 3	3,7	88		80
Cilindro 4	3,9	92		
PROMEDIO	3,68			
DESV. ESTAND.	0,17			
VARIANZA	0,03			
OBSERVACIONES				
Se realizó la prueba satisfactoriamente y sin contratiempos.				

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- Se puede apreciar que el comportamiento de los cuatro cilindros es muy uniforme, con una aceleración promedio de 3,68 m/s².

- En el análisis dominio frecuencia se observan la frecuencia de encendido y los subarmónicos característicos de un motor nuevo (aproximadamente cero kilómetros) lo cual es el resultado esperado.

CONCLUSIONES

- Se realizó la prueba a un motor nuevo (aproximadamente cero kilómetros) para obtener valores de referencia con respecto a las oscilaciones del bloque.
- Se calcularon los datos estadísticos de la prueba y se registraron en la respectiva hoja de inspección.
- Se llenó la hoja de inspección, en la cual se encuentran los datos del vehículo y del motor así como las observaciones que se dieron en la ejecución de la prueba de oscilaciones del bloque.
- Para la realización de la prueba se utilizó el acelerómetro y el sensor piezoeléctrico para determinar el estado del motor en cuanto a compresión y combustión.

TÍTULO DEL PROYECTO:

**TÉCNICA PRESIÓN EN LAS LÍNEAS DE INYECCIÓN
PRUEBAS DE CAMPO**

PRESENTADO POR:

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIECER CASTELLANOS BENAVIDES**

INFORME N°: 1

FECHA: 20 DE AGOSTO DE 2005

PRUEBA DE SISTEMA DE INYECCION CODIESEL AGOSTO 20 DE 2005



RESUMEN

La prueba del sistema de inyección se realizó el día 20 de Agosto de 2005 en las instalaciones del taller de **CODIESEL S.A.** ubicado en el kilómetro 7 autopista Girón, realizadas bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luís Chacón. Se instala el sensor Hall (para la medición de rpm) y el imán en la polea del cigüeñal con la correspondencia del punto muerto superior para obtener la señal de referencia, seguidamente se hace el montaje del sensor de presión (piezoeléctrico), tipo abrazadera KG60 AVL, en cada una de las líneas de inyección de los 4 cilindros del motor ISUZU 4HG1; dichos sensores se conectan al PROTOTIPO DIAGMA D-100, se inicia el programa y se realiza la medición. La prueba se lleva a cabo manteniendo el motor en ralentí y mediante el programa realizado en LABVIEW, se obtiene los datos y las curvas que describen el comportamiento del motor, con los cuales se calculan los datos estadísticos para el análisis de la prueba.

INTRODUCCION

La prueba realizada consiste en determinar y analizar la presión de inyección del motor a partir de las líneas de alta presión, para obtener los datos de referencia, tales como, presión máxima de inyección y ángulo de avance de la inyección; utilizando un motor

NPR 4HG1 nuevo (cero kilómetros) con el objeto de tener un patrón de comparación que nos permita diagnosticar el estado del sistema de inyección de motores de uso prolongado.

OBJETIVOS

- Obtener valores de referencia de presión máxima de inyección y ángulo de avance de la inyección, en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros).
- Calcular y analizar los datos estadísticos de la prueba.

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

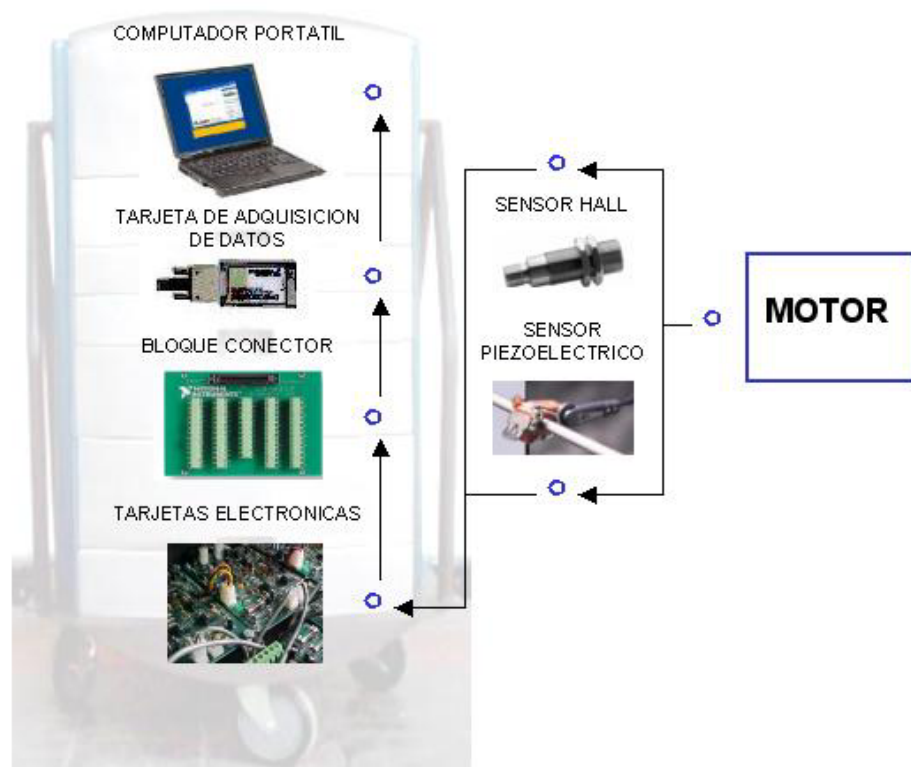
• INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

- PROTOTIPO DIAGMA D-100
- Sensor piezoeléctrico KG60 AVL
- Sensor Hall CHERRY GS100
- Extensión del sensor
- Soporte del sensor
- Imán
- Accesorios: cables, extensión eléctrica, multímetro eléctrico, pegante instantáneo.
- Herramientas: destornillador, llaves, pinzas.

- **CADENA DE MEDICION**

La señal realiza un recorrido desde el punto donde esta se origina, pasando por todos los elementos necesarios para entregar un dato tangible al operario que realiza la prueba, la figura 1, nos muestra la cadena necesaria en la técnica de Inyección, para realizar el proceso de medición.

Figura 1. Cadena de medición.



- **PROCEDIMIENTO**

1. Montaje del sensor piezoeléctrico: se montó el sensor en la línea de inyección evitando colocarlo en superficies sucias, superficies con curvaturas o muy calientes (temperaturas mayores a 70 °c) y lo mas cercano al inyector.

2. Montaje del sensor Hall: Para tal prueba se montó el sensor inductivo Hall, apoyado sobre una base metálica, ésta debe ser externa al vehículo, para evitar vibraciones del motor que induzcan errores de medición; el imán necesario para la medición se montó en la muesca grabada sobre la polea del cigüeñal.
3. Preparación del PROTOTIPO DIAGMA D-100: se alimenta el prototipo utilizando la extensión para ubicarlo cerca al motor, se encienden las tarjetas electrónicas y el computador portátil instalado en el nivel superior del equipo, se conectan los sensores en los puertos correspondientes y se da inicio a la medición.
4. Software: las señales enviadas son interpretadas por el programa realizado en el software LABVIEW obteniendo los datos y las gráficas que describen el comportamiento del motor.
5. Se realizó la medición en cada uno de los 4 cilindros, obteniéndose los valores representativos de presión máxima de inyección y ángulo de avance de la inyección a una velocidad de ralentí específica del motor destinado para la prueba.

RESULTADOS DE LA PRUEBA EN CAMPO

La medida de Presión en las Líneas de inyección fue tomada para los cuatro cilindros del motor NPR, por esa razón los resultados son mostrados en cuatro gráficas correspondientes a los paneles frontales de dicha técnica (figuras 2, 3, 4, 5).

Figura 2. CILINDRO 1

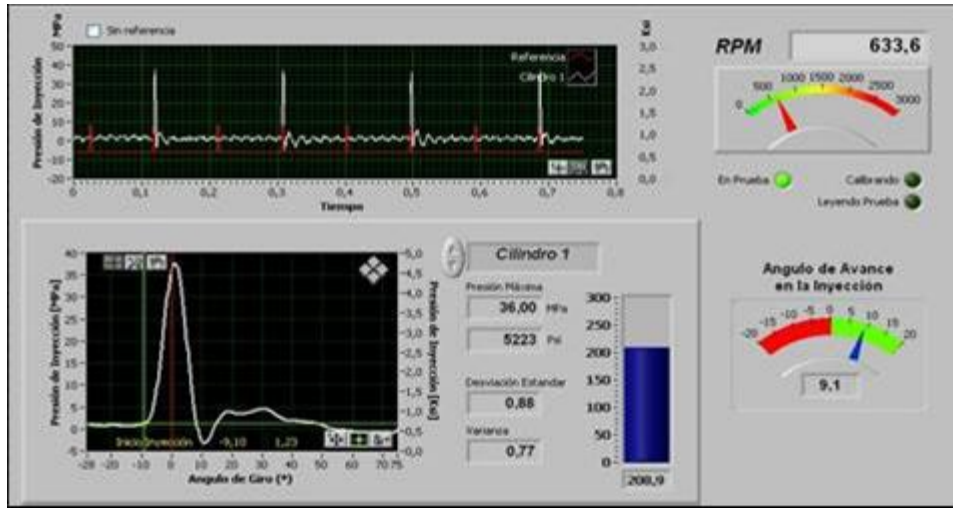


Figura 3. CILINDRO 2

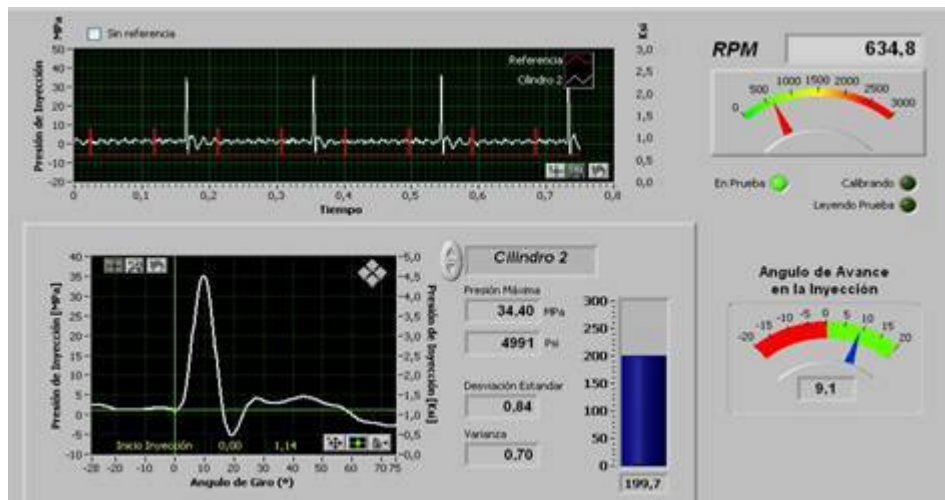


Figura 4. CILINDRO 3

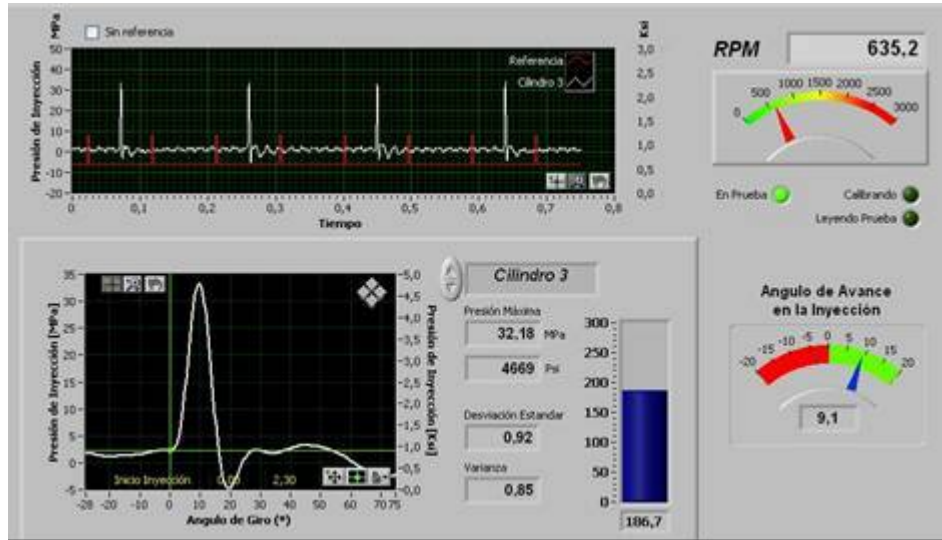
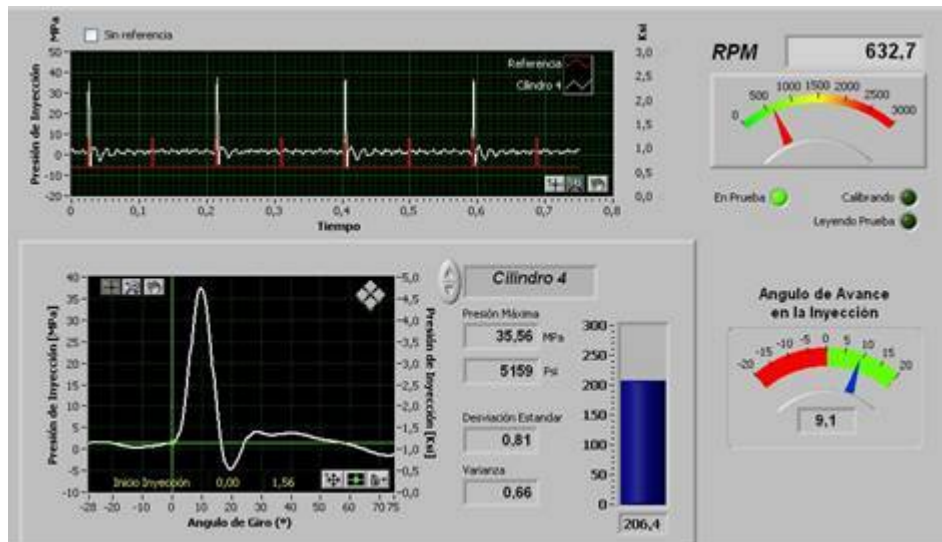




Figura 5. CILINDRO 4



HOJA DE INSPECCION

	PROYECTO DIAGMA D-100 TECNICA LINEAS DE INYECCION.						
Archivo	C:\archivos del programa\Diagma\pruebas\inyeccion			Fecha	20 de Agosto de 2005		
Lugar	CODIE SEL S.A			Hora	8:00 a.m.		
Responsable	Oscar Camargo Anzarita		Revisó	Ing. Jorge Luis Chacón.			
DATOS VEHICULO			DATOS MOTOR				
Vehiculo	Buseta	Tipo motor	ISUZU	Bomba Iny.	ZEXEL BOSCH	Inyector	Directo
Placa	Nuevo	Cilindros	4 en línea	Bomba tipo	EMBOLO	Diam. Tubería	6 mm
Modelo	NPR 4HG1 -2005	Chasis No.	9GDNPR 71228532010		Ang. Inyección	9	
DATOS DE LA PRUEBA							
Ubic. sensor	Línea de inyección c/u cilindros		frecuencia muestreo (Hz)	10000	Sensor PMS	HALL	
T. de med. (ms)	1/10000		Sensor Velocidad (rpm)	HALL			
ANALISIS ESTADISTICO DE LA INYECCION							
CILINDRO 1				CILINDRO 2			
Vel. Ralentí	633,6 rpm	Ang. Avance	9,1	Vel. Ralentí	634,8 rpm	Ang. Avance	9,1
P. Inyección	Media	Desv. estand	Varianza	P. Inyección	Media	Desv. estand	Varianza
	36 Mpa	0,88	0,77		34,4 Mpa	0,84	0,7
CILINDRO 3				CILINDRO 4			
Vel. Ralentí	635,2 rpm	Ang. Avance	9,1	Vel. Ralentí	632,7 rpm	Ang. Avance	9,1
P. Inyección	Media	Desv. estand	Varianza	P. Inyección	Media	Desv. estand	Varianza
	32,18 Mpa	0,92	0,85		35,56 Mpa	0,81	0,66
OBSERVACIONES							
<p>1) La velocidad de ralentí de este motor es pequeña en comparación con otros motores del mismo tipo.</p> <p>2) El valor de la presión de inyección varía con la aproximación al inyector, por tanto se debe intentar colocarlo lo más uniforme posible en los 4 cilindros</p>							

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- La curva de inyección presenta un comportamiento de acuerdo a la curva característica de un motor Diesel de cuatro tiempos.
- Los resultados de presión máxima observados en la hoja de inspección para cada uno de los cilindros son los frutos de la medición de una cantidad de valores tomados en un tiempo determinado, que por lo visto en la desviación estándar, se alejan muy poco del valor promedio, por lo anterior se deduce que el

comportamiento del motor en lo concerniente a la inyección de combustible es muy equilibrado por la uniformidad entre sus cilindros.

- Los valores de Presión de inyección obtenidos en esta prueba fueron muy uniformes, por lo cual asumimos que tienen una buena confiabilidad, entonces, tomamos un promedio entre sus cilindros (**34.53 MPa**), para ser tenido en cuenta en el momento de hallar los valores representativos para la *Presión de Inyección* de este tipo de motores.
- *El valor del Angulo de Avance de la Inyección calculado por el software (9.1), es muy cercano al valor teórico (9.0), su diferencia es tan solo del 1% con este último, encontrado en catálogos, proporcionados por CODIESEL S.A.*

CONCLUSIONES

- El software nos arrojó los datos correspondientes al ángulo de avance y presión máxima con los cuales se llenaron los requerimientos de la hoja de inspección.
- Es necesario tener un especial cuidado con el montaje del sensor piezoeléctrico, ya que las curvaturas en la línea de inyección y la distancia al inyector pueden variar la lectura de la señal que este envía.
- Es muy difícil conseguir una perfecta perpendicularidad entre el sensor HALL y el imán, debido a las dimensiones del sensor y el lugar en cual tiene que ser ubicado.
- La presión máxima de inyección observada en los cuatro cilindros (ver hoja de inspección), fue muy uniforme, ya que sus valores oscilan en un pequeño rango de 32.18 MPa a 36 MPa, estos resultados nos dan cierta confiabilidad que podemos tener en cuenta en el momento de establecer valores de referencia.

- La determinación del ángulo de avance de la inyección depende de la habilidad para colocar el sensor Hall y de los errores inducidos por la cadena de medición.
- Existen muchos factores que afectan la inyección, tales como, el desgaste de los orificios de tobera, crecimiento de los huelgos y por lo tanto de las fugas, el desgaste de los engranajes y las levas, ellos aparecen con el permanente uso de la máquina, por esta razón no serán tenidos en cuenta en estas pruebas ya que contamos con vehículos cero kilómetros.
- Algunos parámetros geométricos influyentes en la inyección, como, longitud y diámetro de la tubería fueron verificados.
- Se llenó y evaluó el uso de la hoja de inspección, implementando algunos cambios necesarios en su estructura y contenido.
- Se llevo a cabo la prueba de inyección de manera satisfactoria en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros), obteniendo los respectivos valores que pueden servir de referencia para establecer un patrón de comparación en las pruebas siguientes con motores de uso prolongado.
- Realizamos el cálculo de los datos estadísticos de la prueba (ver hoja de inspección).
- Las curvas de comportamiento del ángulo de avance, se obtuvieron por medio del programa realizado en **LABVIEW 7.0**.

TÍTULO DEL PROYECTO:

**TÉCNICA PRESIÓN EN LAS LÍNEAS DE INYECCIÓN
PRUEBAS DE CAMPO**

PRESENTADO POR:

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIECER CASTELLANOS BENAVIDES**

INFORME N°: 2

FECHA: 10 DE SEPTIEMBRE DE 2005

PRUEBA DE SISTEMA DE INYECCION CODIESEL SEPTIEMBRE 10 DE 2005



RESUMEN

La prueba del sistema de inyección se realizó el día 10 de Septiembre de 2005 en las instalaciones del taller de **CODIESEL S.A.** ubicado en el kilómetro 7 autopista Girón, realizadas bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luís Chacón. Se instala el sensor Hall (para la medición de rpm) y el imán en la polea del cigüeñal con la correspondencia del punto muerto superior para obtener la señal de referencia, seguidamente se hace el montaje del sensor de presión (piezoeléctrico), tipo abrazadera KG60 AVL, en cada una de las líneas de inyección de los 4 cilindros del motor ISUZU 4HG1; dichos sensores se conectan al PROTOTIPO DIAGMA D-100, se inicia el programa y se realiza la medición. La prueba se lleva a cabo manteniendo el motor en ralentí y mediante el programa realizado en LABVIEW, se obtiene los datos y las curvas que describen el comportamiento del motor, con los cuales se calculan los datos estadísticos para el análisis de la prueba.

INTRODUCCION

La prueba realizada consiste en determinar y analizar la presión de inyección del motor a partir de las líneas de alta presión, para obtener los datos de referencia, tales como, presión máxima de inyección y ángulo de avance de la inyección; utilizando un motor

NPR 4HG1 nuevo (cero kilómetros) con el objeto de tener un patrón de comparación que nos permita diagnosticar el estado del sistema de inyección de motores de uso prolongado.

OBJETIVOS

- Obtener valores de referencia de presión máxima de inyección y ángulo de avance de la inyección, en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros).
- Calcular y analizar los datos estadísticos de la prueba.

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

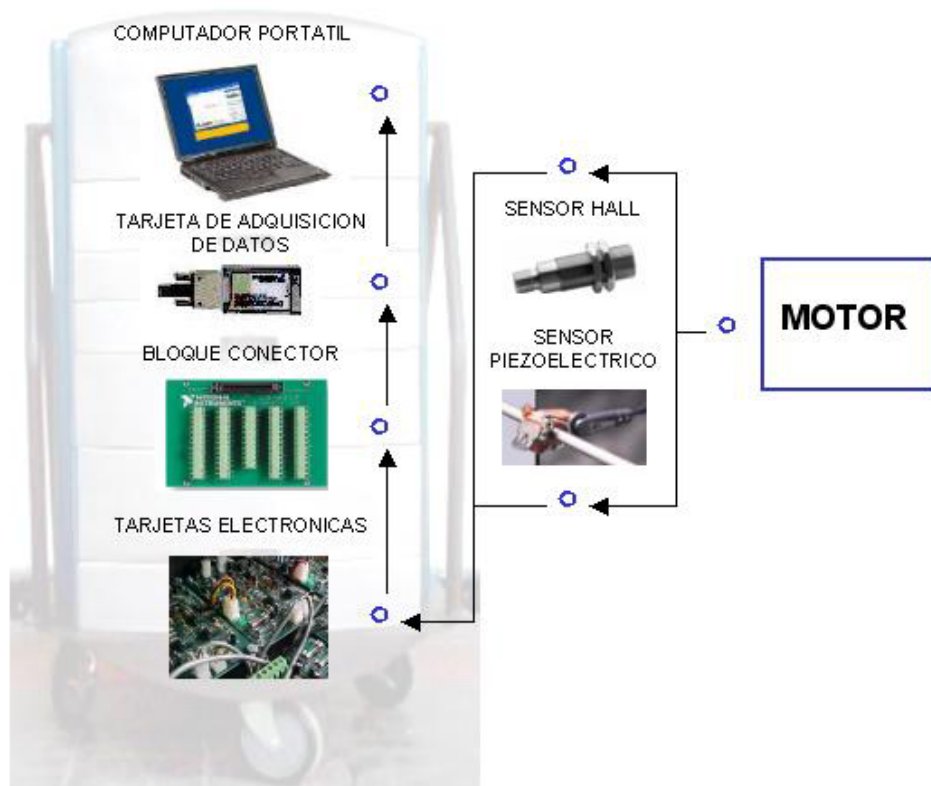
- **INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA**

- PROTOTIPO DIAGMA D-100
- Sensor piezoeléctrico KG60 AVL
- Sensor Hall CHERRY GS100
- Extensión del sensor
- Soporte del sensor
- Imán
- Accesorios: cables, extensión eléctrica, multímetro eléctrico, pegante instantáneo.
- Herramientas: destornillador, llaves, pinzas.

- **CADENA DE MEDICION**

La señal realiza un recorrido desde el punto donde esta se origina, pasando por todos los elementos necesarios para entregar un dato tangible al operario que realiza la prueba, la figura 1, nos muestra la cadena necesaria en la técnica de Inyección, para realizar el proceso de medición.

Figura 1. Cadena de medición.



- **PROCEDIMIENTO**

1. Montaje del sensor piezoeléctrico: se montó el sensor en la línea de inyección evitando colocarlo *en superficies sucias, superficies con curvaturas o muy calientes (temperaturas mayores a 70 °c) y lo mas cercano al inyector.*

2. Montaje del sensor Hall: Para tal prueba se montó el sensor inductivo Hall, apoyado sobre una base metálica, ésta debe ser externa al vehículo, para evitar vibraciones del motor que induzcan errores de medición; el imán necesario para la medición se montó en la muesca grabada sobre la polea del cigüeñal.
3. Preparación del PROTOTIPO DIAGMA D-100: se alimenta el prototipo utilizando la extensión para ubicarlo cerca al motor, se encienden las tarjetas electrónicas y el computador portátil instalado en el nivel superior del equipo, se conectan los sensores en los puertos correspondientes y se da inicio a la medición.
4. Software: las señales enviadas son interpretadas por el programa realizado en el software LABVIEW obteniendo los datos y las gráficas que describen el comportamiento del motor.
5. Se realizó la medición en cada uno de los 4 cilindros, obteniéndose los valores representativos de presión máxima de inyección y ángulo de avance de la inyección a una velocidad de ralentí específica del motor destinado para la prueba.

RESULTADOS DE LA PRUEBA EN CAMPO

La medida de Presión en las Líneas de inyección fue tomada para los cuatro cilindros del motor NPR, por esa razón los resultados son mostrados en cuatro gráficas correspondientes a los paneles frontales de dicha técnica (figuras 2, 3, 4, 5).

Figura 2.CILINDRO 1

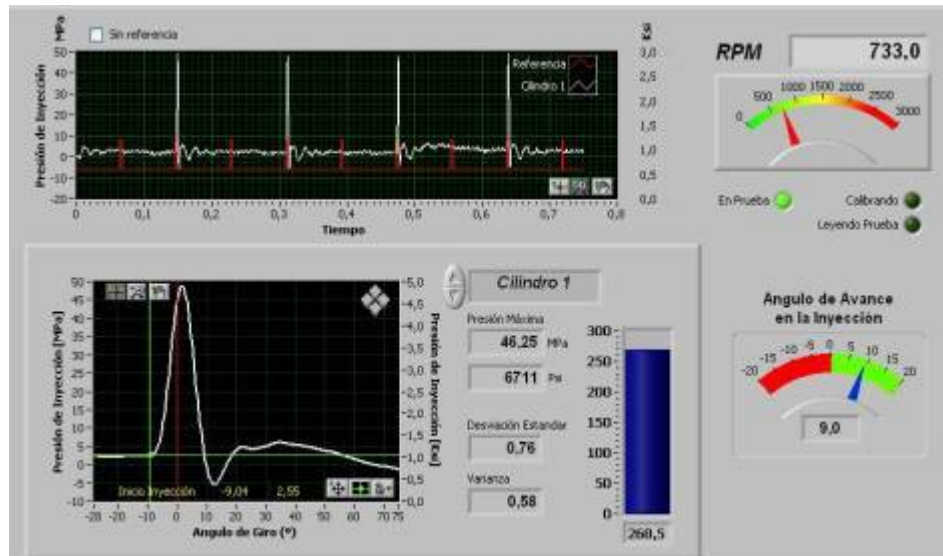


Figura 3.CILINDRO 2

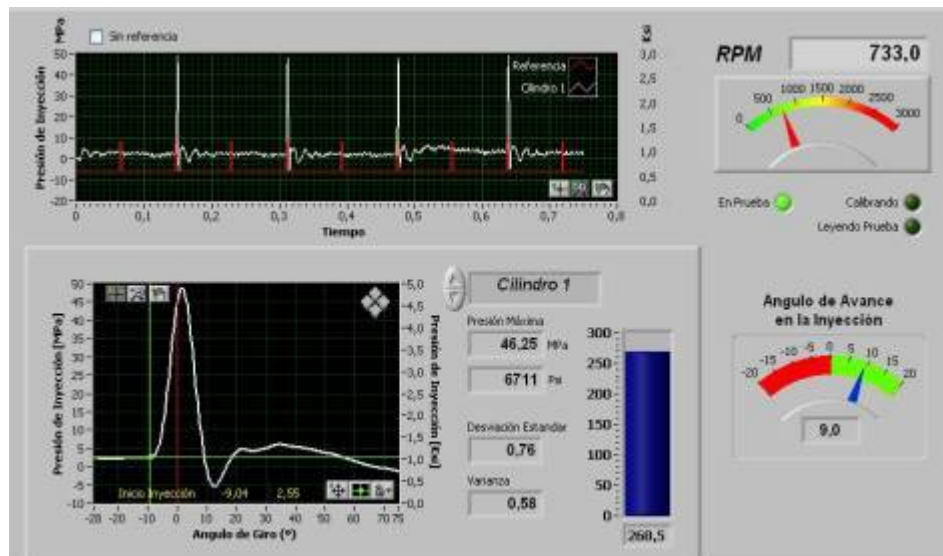


Figura 4. CILINDRO 3

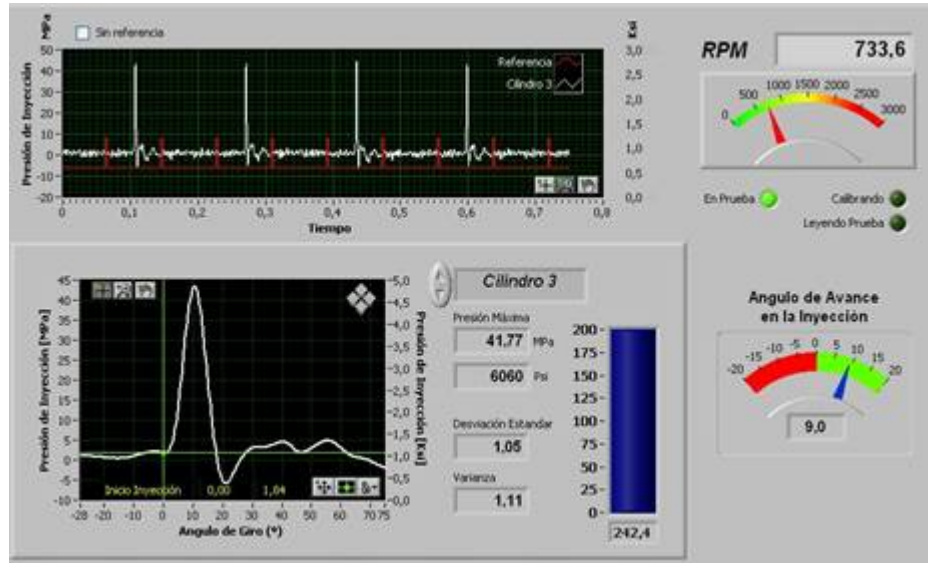
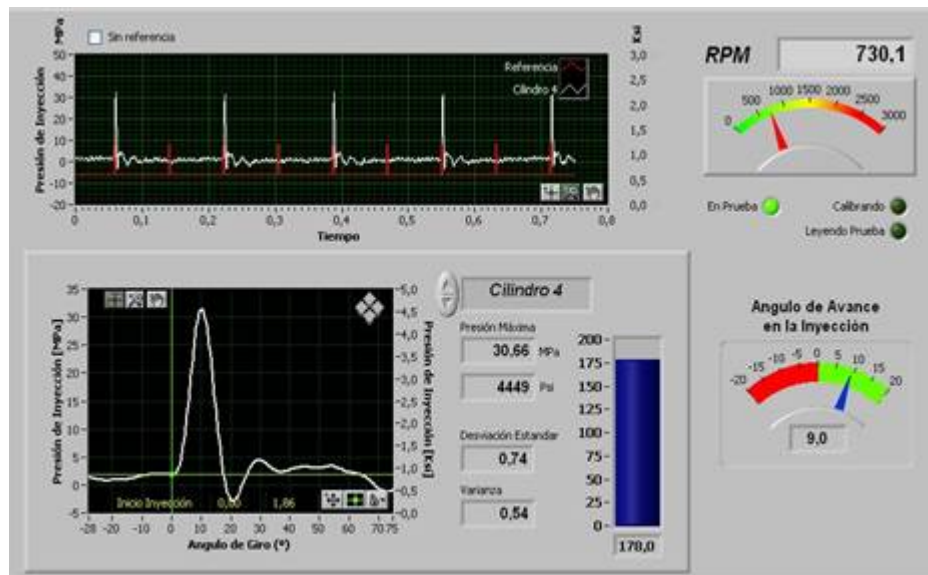


Figura 5. CILINDRO 4



HOJA DE INSPECCION

	PROYECTO DIAGMA D-100 TECNICA LINEAS DE INYECCION.						
Archivo	C:\archivos del programa\Diagma\pruebas\inyeccion				Fecha	10 de Septiembre de 2005	
Lugar	CODIESEL S.A				Hora	9:00 a.m.	
Responsable	Oscar Camargo Angarita			Revisó	Ing. Jorge Luis Chacón.		
DATOS VEHICULO				DATOS MOTOR			
Vehiculo	Buseta	Tipo motor	ISUZU	Bomba Iny.	ZEXEL BOSCH	Injector	Directo
Placa	Nuevo	Cilindros	4 en línea	Bomba tipo	EMBOLO	Diam. Tubería	6 mm
Modelo	NPR 4HG1-2005	C hasis No.	9GDNPR7123B970312			Ang. Inyección	9
DATOS DE LA PRUEBA							
Ubic. sensor	Línea de inyección c/u cilindros	frecuencia muestreo (Hz)	10000		Sensor PMS	HALL	
T. de med. (ms)	1/10000		Sensor Velocidad (rpm)	HALL			
ANALISIS ESTADISTICO DE LA INYECCION							
CILINDRO 1				CILINDRO 2			
Vel. Ralentí	733 rpm	Ang. Avance	9	Vel. Ralentí	732 rpm	Ang. Avance	9
P. Inyección	Media	Desv. estand	Varianza	P. Inyección	Media	Desv. estand	Varianza
	46,25 Mpa	0,76	0,58		35,77 Mpa	0,87	0,75
CILINDRO 3				CILINDRO 4			
Vel. Ralentí	733,6 rpm	Ang. Avance	9	Vel. Ralentí	730,1 rpm	Ang. Avance	9
P. Inyección	Media	Desv. estand	Varianza	P. Inyección	Media	Desv. estand	Varianza
	41,77 Mpa	1,05	1,11		30,66 Mpa	0,74	0,54
OBSERVACIONES							
<p>1) Notamos que las presiones de los cilindros 1 y 3 son muy superiores a los cilindros 2 y 4.</p> <p>2) El motor NPR tiene adaptado un compresor para frenos y otras aplicaciones</p>							

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- La curva de inyección presenta un comportamiento de acuerdo a la curva característica de un motor Diesel de cuatro tiempos.
- Los resultados de presión máxima observados en la hoja de inspección para cada uno de los cilindros difieren en una proporción bastante considerable, los cilindros 1 y 3 están sobre los 40 MPa, mientras los cilindros 2 y 4 están en el orden de los 30 MPa lo cual abre un brecha de aproximadamente 10 MPa, lo

cual no es normal para un motor en las condiciones tan favorables (cero kilómetros), en las que tenemos estos vehículos.

- El valor del Angulo de Avance de la Inyección calculado por el software (9.0), es idéntico al valor teórico, encontrado en catálogos, proporcionados por CODIESEL S.A.
- En pruebas realizadas en el laboratorio de Motores de la Universidad, observamos que el valor de la presión de inyección cambia, con el apriete de los inyectores, por esta razón, pensamos que el motor puede posiblemente tener este problema, ya que es un motor nuevo y es difícil plantear un problema de otro tipo.

CONCLUSIONES

- El software nos arrojó los datos correspondientes al ángulo de avance y presión máxima con los cuales se llenaron los requerimientos de la hoja de inspección.
- Es necesario tener un especial cuidado con el montaje del sensor piezoeléctrico, ya que las curvaturas en la línea de inyección y la distancia al inyector pueden variar la lectura de la señal que este envía.
- Es muy difícil conseguir una perfecta perpendicularidad entre el sensor HALL y el imán, debido a las dimensiones del sensor y el lugar en cual tiene que ser ubicado.
- Algunos de los camiones NPR que utilizamos para esta investigación están proveídos de un compresor que se alimenta por medio de una polea conectada por una correa a la polea del cigüeñal; valiéndonos de esta polea, intentamos hacer mas sencillo el montaje del sensor Hall, pero encontramos que su diámetro es distinto a la polea del cigüeñal por lo que no daba una lectura correcta de las rpm ni del punto muerto superior, por ello, no se pudo utilizar.

- La presión máxima de inyección observada en los cuatro cilindros (ver hoja de inspección), fue completamente diferente, esto nos dificulta la labor de buscar un valor significativo, por tanto, es necesario seguir observando próximas pruebas para detallar más el comportamiento de la inyección.
- La diferencia entre los valores de la presión máxima, puede deberse a un apriete incorrecto de los inyectores, ya que estos tienen un torque específico para su ajuste y una variación en ellos puede cambiar las condiciones de trabajo.
- Existen muchos factores que afectan la inyección, tales como, el desgaste de los orificios de tobera, crecimiento de los huelgos y por lo tanto de las fugas, el desgaste de los engranajes y las levas, ellos aparecen con el permanente uso de la máquina, por esta razón no serán tenidos en cuenta en estas pruebas ya que contamos con vehículos cero kilómetros.
- Algunos parámetros geométricos influyentes en la inyección, como, longitud y diámetro de la tubería fueron verificados.
- Se llenó y evaluó el uso de la hoja de inspección.
- Se llevo a cabo la prueba de inyección de manera satisfactoria en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros), obteniendo valores de comparación en las pruebas siguientes.
- Realizamos el cálculo de los datos estadísticos de la prueba (ver hoja de inspección).
- Las curvas de comportamiento del ángulo de avance, se obtuvieron por medio del programa realizado en **LABVIEW 7.0**.

TÍTULO DEL PROYECTO:

**TÉCNICA PRESIÓN EN LAS LÍNEAS DE INYECCIÓN
PRUEBAS DE CAMPO**

PRESENTADO POR:

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIECER CASTELLANOS BENAVIDES**

INFORME N°: 3

FECHA: 17 SEPTIEMBRE DE 2005

PRUEBA DE SISTEMA DE INYECCION CODIESEL SEPTIEMBRE 17 DE 2005



RESUMEN

La prueba del sistema de inyección se realizó el día 17 de Septiembre de 2005 en las instalaciones del taller de **CODIESEL S.A.** ubicado en el kilómetro 7 autopista Girón, realizadas bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luís Chacón. Se instaló el sensor Hall (para la medición de rpm) y el imán en la polea del cigüeñal con la correspondencia del punto muerto superior para obtener la señal de referencia, seguidamente se hizo el montaje del sensor de presión (piezoeléctrico), tipo abrazadera KG60 AVL, en cada una de las líneas de inyección de los 4 cilindros del motor ISUZU 4HG1; dicho sensor se conectó al PROTOTIPO DIAGMA D-100, ubicado cerca al motor para facilitar las conexiones; se inició el programa y se realizó la medición. La prueba se llevó a cabo manteniendo el motor en ralentí y mediante el programa realizado en LABVIEW, se obtuvieron los datos y las curvas que describen el comportamiento del motor, con los cuales se calculan los datos estadísticos para el análisis de la prueba. Durante la prueba se llenaron los datos necesarios en la hoja de inspección.

INTRODUCCION

La prueba realizada consiste en determinar y analizar la presión de inyección del motor a partir de las líneas de alta presión, para obtener los datos de referencia, tales como, presión máxima de inyección y ángulo de avance de la inyección; utilizando un motor NPR 4HG1 nuevo (cero kilómetros) con el objeto de tener un patrón de comparación que nos permita diagnosticar el estado del sistema de inyección de motores de uso prolongado.

OBJETIVOS

- Obtener valores de referencia de presión máxima de inyección y ángulo de avance de la inyección, en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros).

- Calcular y analizar los datos estadísticos de la prueba.

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

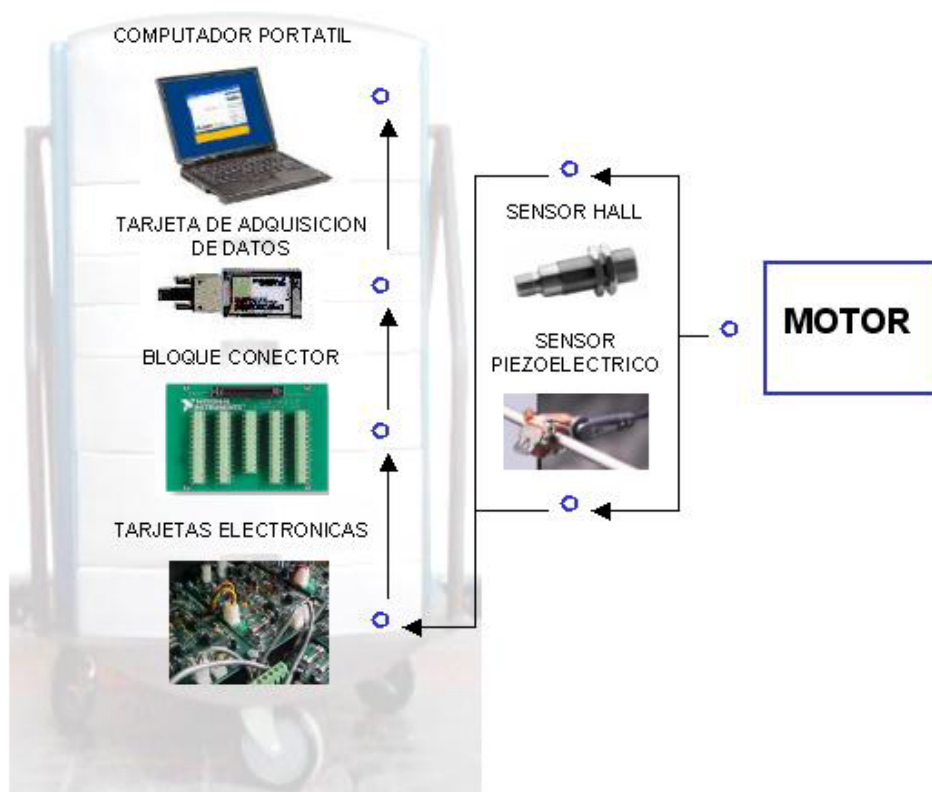
• INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

- PROTOTIPO DIAGMA D-100
- Sensor piezoeléctrico KG60 AVL
- Sensor Hall CHERRY GS100
- Extensión del sensor
- Soporte del sensor
- Imán
- Accesorios: cables, extensión eléctrica, multitomas eléctricas, pegante instantáneo.
- Herramientas: destornillador, llaves, pinzas.

- **CADENA DE MEDICION**

La señal realiza un recorrido desde el punto donde esta se origina, pasando por todos los elementos necesarios para entregar un dato tangible al operario que realiza la prueba, la figura 1, nos muestra la cadena necesaria en la técnica de Inyección, para realizar el proceso de medición.

Figura 1. Cadena de medición.



PROCEDIMIENTO

1. Montaje del sensor piezoeléctrico: se montó el sensor en la línea de inyección evitando colocarlo en superficies sucias, superficies con curvaturas o muy calientes (temperaturas mayores a 70 °c) y lo mas cercano al inyector.

2. Montaje del sensor Hall: Para tal prueba se montó el sensor inductivo Hall, apoyado sobre una base metálica, ésta debe ser externa al vehículo, para evitar vibraciones del motor que induzcan errores de medición; el imán necesario para la medición se montó en la muesca grabada sobre la polea del cigüeñal.
3. Preparación del PROTOTIPO DIAGMA D-100: se alimenta el prototipo utilizando la extensión para ubicarlo cerca al motor, se encienden las tarjetas electrónicas y el computador portátil instalado en el nivel superior del equipo, se conectan los sensores en los puertos correspondientes y se da inicio a la medición.
4. Software: las señales enviadas son interpretadas por el programa realizado en el software LABVIEW obteniendo los datos y las gráficas que describen el comportamiento del motor.
5. Se realizó la medición en cada uno de los 4 cilindros, obteniéndose los valores representativos de presión máxima de inyección y ángulo de avance de la inyección a una velocidad de ralentí específica del motor destinado para la prueba.

RESULTADOS DE LA PRUEBA EN CAMPO

La medida de Presión en las Líneas de inyección fue tomada para los cuatro cilindros del motor NPR, por esa razón los resultados son mostrados en cuatro gráficas correspondientes a los paneles frontales de dicha técnica (figuras 2, 3, 4, 5).

Figura 2. CILINDRO 1

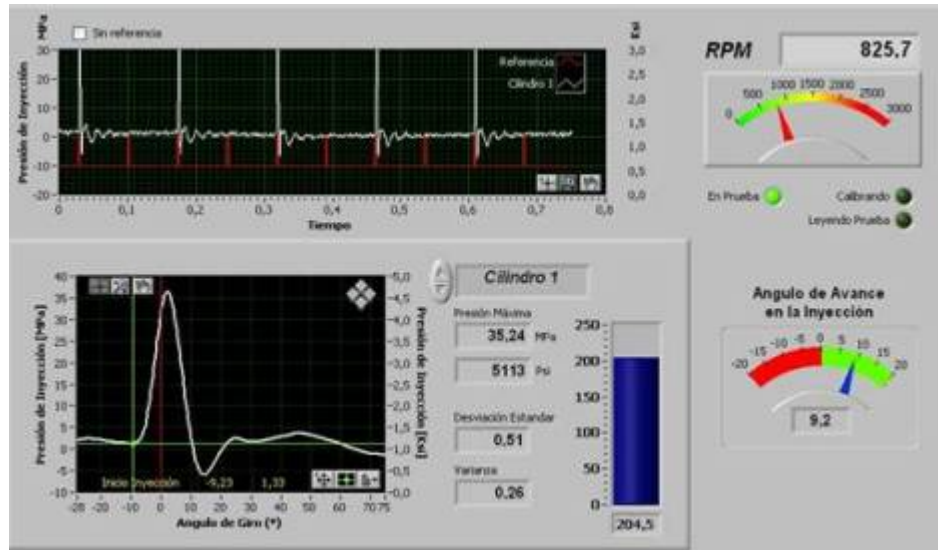


Figura 3. CILINDRO 2

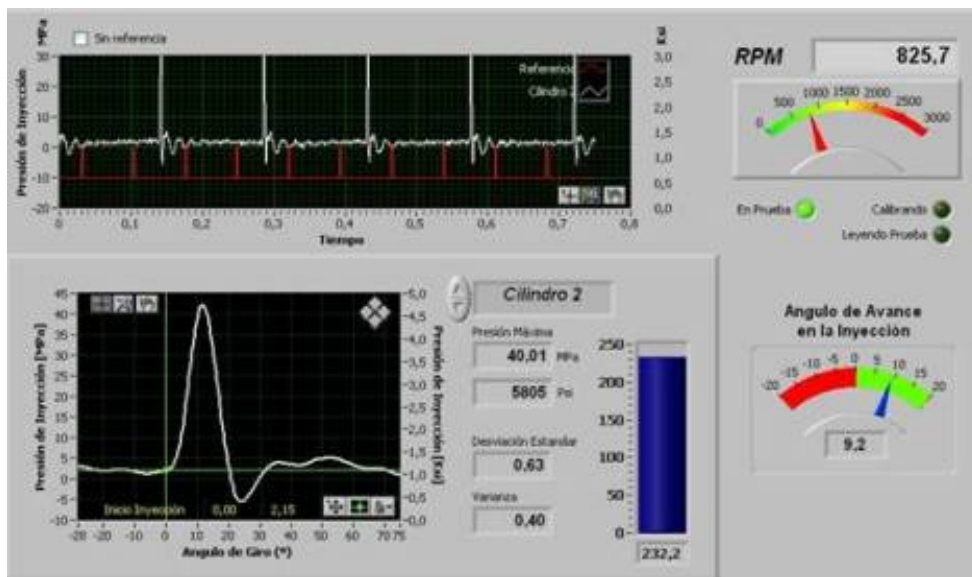


Figura 4. CILINDRO 3

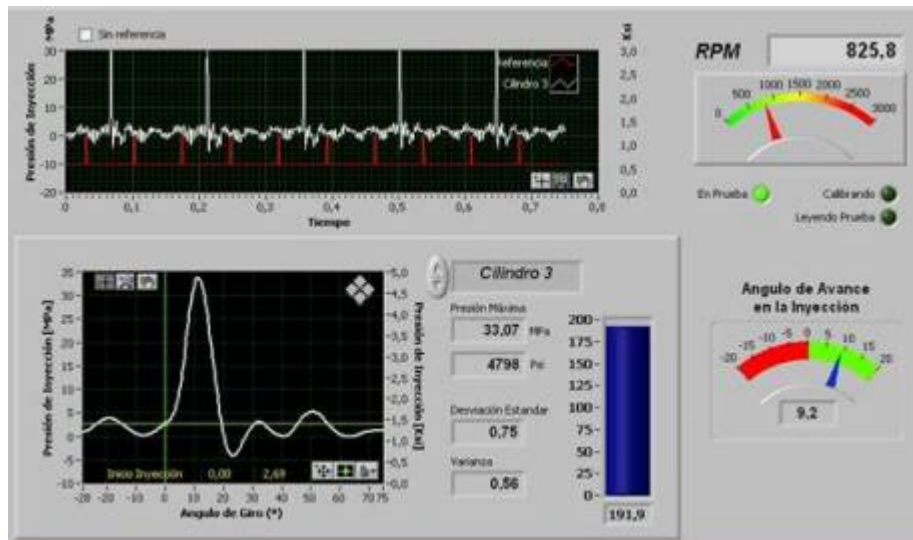
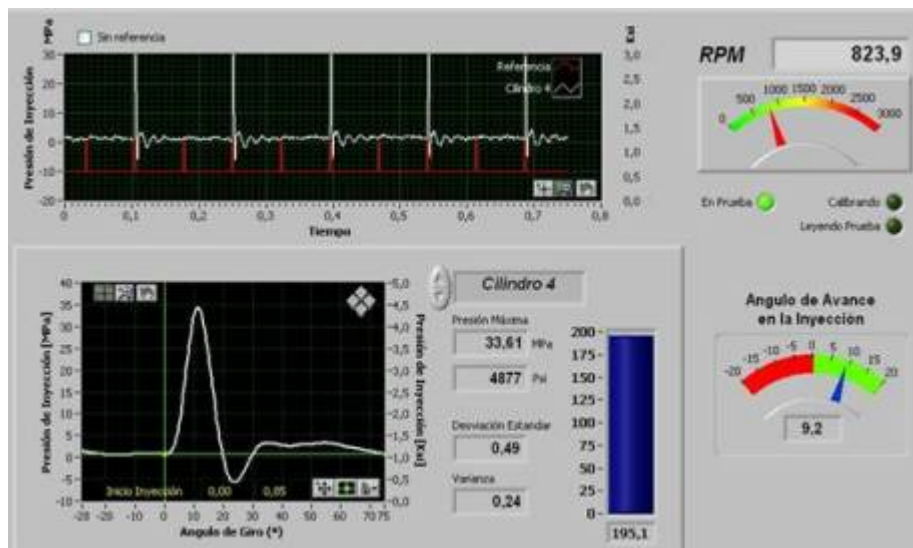




Figura 5. CILINDRO 4



HOJA DE INSPECCION

	PROYECTO DIAGMA D-100 TECNICA LINEAS DE INYECCION.						
Archivo	C:\archivos del programa\Diagma\pruebas\inyeccion				Fecha	17 de Septiembre de 2005	
Lugar	CODIESEL S.A.				Hora	8:00 a.m.	
Responsable	Oscar Camargo Angarita			Revisó	Ing. Jorge Luis Chacón.		
DATOS VEHÍCULO				DATOS MOTOR			
Vehículo	Buseta	Tipo motor	ISUZU	Bomba Iny.	ZEXEL BOSCH	Inyector	Directo
Placa	Nuevo	Cilindros	4 en línea	Bomba tipo	EMBOLO	Diam. Tubería	6 mm
Modelo	NPR 4HG1-2005	Chasis No.	9GDNPR7123B968711			Ang. Inyección	9
DATOS DE LA PRUEBA							
Ubic. sensor	Línea de inyección c/u cilindros		frecuencia muestreo (Hz)	10000	Sensor PMS	HALL	
T. de med. (ms)	1/10000		Sensor Velocidad (rpm)	HALL			
ANALISIS ESTADISTICO DE LA INYECCION							
CILINDRO 1				CILINDRO 2			
Vel. Ralentí	825,7 rpm	Ang. Avance	9,2	Vel. Ralentí	825,7 rpm	Ang. Avance	9,2
P. Inyección	Media	Desv.estand	Varianza	P. Inyección	Media	Desv.estand	Varianza
	35,24 Mpa	0,51	0,26		40,01 Mpa	0,63	0,4
CILINDRO 3				CILINDRO 4			
Vel. Ralentí	825,8 rpm	Ang. Avance	9,2	Vel. Ralentí	823,9 rpm	Ang. Avance	9,2
P. Inyección	Media	Desv.estand	Varianza	P. Inyección	Media	Desv.estand	Varianza
	33,07 Mpa	0,75	0,56		33,61 Mpa	0,49	0,24
OBSERVACIONES							
<p>1) se intentó utilizar una base inclinada para el imán, de esta forma se pensaba solucionar el problema de perpendicularidad con el sensor HALL pero la minúscula distancia entre polea y ventilador hizo imposible este montaje</p>							

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- La curva de inyección presenta un comportamiento de acuerdo a la curva característica de un motor Diesel de cuatro tiempos.
- Los resultados de presión máxima observados en la hoja de inspección para cada uno de los cilindros presentan un comportamiento estable en los cilindros 1, 3 y 4; mientras el cilindro 2 se aparta un poco de los valores del resto de cilindros. Los valores obtenidos de los cilindros 1,3 y 4 se acercan a un valor

medio confiable obtenido en una prueba anterior de aproximadamente 34 Mpa, lo cual afianza este dato significativo.

- El valor del Angulo de Avance de la Inyección calculado por el software es (9.2), es decir, el ángulo se atrasa 0,2 grados, aproximadamente un 2% del valor teórico (9.0), encontrado en catálogos, proporcionados por CODIESEL S.A. este valor es el más alejado de las pruebas de campo realizadas en la primera fase del proyecto.
- Hay que tener en cuenta que la determinación del ángulo de avance de la inyección depende de la habilidad para colocar el sensor Hall y de los errores inducidos por la cadena de medición.

CONCLUSIONES

- El software nos arrojó los datos correspondientes al ángulo de avance y presión máxima con los cuales se llenaron los requerimientos de la hoja de inspección.
- Es necesario tener un especial cuidado con el montaje del sensor piezoeléctrico, ya que las curvaturas en la línea de inyección y la distancia al inyector pueden variar la lectura de la señal que este envía.
- Es muy difícil conseguir una perfecta perpendicularidad entre el sensor HALL y el imán, debido a las dimensiones del sensor y el lugar en cual tiene que ser ubicado.
- Se intentó utilizar una superficie inclinada para darle un ángulo al imán y por tanto al sensor HALL, para lograr una mejor perpendicularidad, pero, el espacio entre el ventilador y la polea no permitieron su instalación.

- Algunos de los camiones NPR que utilizamos para esta investigación están proveídos de un compresor que se alimenta por medio de una polea conectada por una correa a la polea del cigüeñal.
- La presión máxima de inyección observada en los cuatro cilindros (ver hoja de inspección), fue muy cercana en los cilindros 1, 3 y 4, mientras el cilindro 2 se alejó un poco del rango de estos; los valores de los tres primeros oscilaron alrededor de 34 Mpa, valor que en pruebas anteriores ya habíamos identificado.
- Existen muchos factores que afectan la inyección, tales como, el desgaste de los orificios de tobera, crecimiento de los huelgos y por lo tanto de las fugas, el desgaste de los engranajes y las levas, ellos aparecen con el permanente uso de la máquina, por esta razón no serán tenidos en cuenta en estas pruebas ya que contamos con vehículos cero kilómetros.
- Algunos parámetros geométricos influyentes en la inyección, como, longitud y diámetro de la tubería fueron verificados.
- Se llenó y evaluó el uso de la hoja de inspección.
- Se llevo a cabo la prueba de inyección de manera satisfactoria en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros), obteniendo valores de comparación en las pruebas siguientes.
- Realizamos el cálculo de los datos estadísticos de la prueba (ver hoja de inspección).
- Las curvas de comportamiento del ángulo de avance, se obtuvieron por medio del programa realizado en **LABVIEW 7.0**.

TÍTULO DEL PROYECTO:

**TÉCNICA DE SISTEMA DE INYECCIÓN
PRUEBAS DE CAMPO**

PRESENTADO POR:

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIECER CASTELLANOS BENAVIDES**

INFORME N°: 4

FECHA: 24 SEPTIEMBRE DE 2005

PRUEBA DE SISTEMA DE INYECCION CODIESEL SEPTIEMBRE 24 DE 2005



RESUMEN

La prueba del sistema de inyección se realizó el día 24 de Septiembre de 2005 en las instalaciones del taller de **CODIESEL S.A.** ubicado en el kilómetro 7 autopista Girón, realizadas bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luís Chacón. Se instala el sensor Hall (para la medición de rpm) y el imán en la polea del cigüeñal con la correspondencia del punto muerto superior para obtener la señal de referencia, seguidamente se hace el montaje del sensor de presión (piezoeléctrico), tipo abrazadera KG60 AVL, en cada una de las líneas de inyección de los 4 cilindros del motor ISUZU 4HG1; dichos sensores se conectan al PROTOTIPO DIAGMA D-100, se inicia el programa y se realiza la medición. La prueba se lleva a cabo manteniendo el motor en ralentí y mediante el programa realizado en LABVIEW, se obtiene los datos y las curvas que describen el comportamiento del motor, con los cuales se calculan los datos estadísticos para el análisis de la prueba.

INTRODUCCION

La prueba realizada consiste en determinar y analizar la presión de inyección del motor a partir de las líneas de alta presión, para obtener los datos de referencia, tales como, presión máxima de inyección y ángulo de avance de la inyección; utilizando un motor

NPR 4HG1 nuevo (cero kilómetros) con el objeto de tener un patrón de comparación que nos permita diagnosticar el estado del sistema de inyección de motores de uso prolongado.

OBJETIVOS

- Obtener valores de referencia de presión máxima de inyección y ángulo de avance de la inyección, en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros).
- Calcular y analizar los datos estadísticos de la prueba.

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

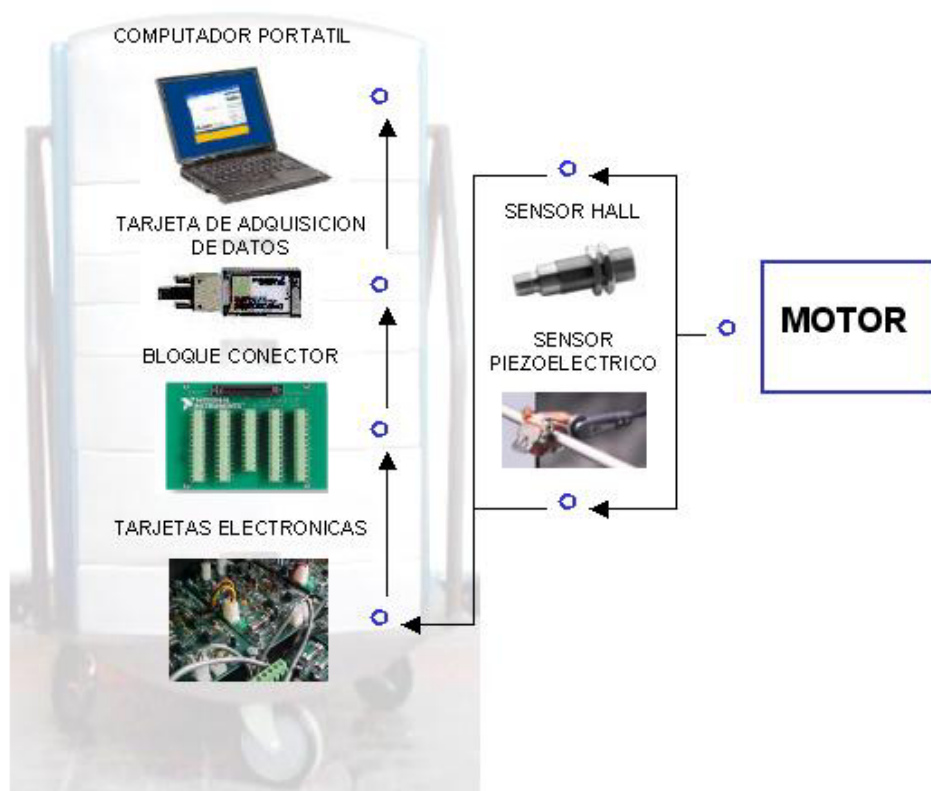
• INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

- PROTOTIPO DIAGMA D-100
- Sensor piezoeléctrico KG60 AVL
- Sensor Hall CHERRY GS100
- Extensión del sensor
- Soporte del sensor
- Imán
- Accesorios: cables, extensión eléctrica, multímetro eléctrico, pegante instantáneo.
- Herramientas: destornillador, llaves, pinzas.

- **CADENA DE MEDICION**

La señal realiza un recorrido desde el punto donde esta se origina, pasando por todos los elementos necesarios para entregar un dato tangible al operario que realiza la prueba, la figura 1, nos muestra la cadena necesaria en la técnica de Inyección, para realizar el proceso de medición.

Figura 1. Cadena de medición.



- **PROCEDIMIENTO**

1. Montaje del sensor piezoeléctrico: se montó el sensor en la línea de inyección evitando colocarlo en superficies sucias, superficies con curvaturas o muy calientes (temperaturas mayores a 70 °c) y lo mas cercano al inyector.

2. Montaje del sensor Hall: Para tal prueba se montó el sensor inductivo Hall, apoyado sobre una base metálica, ésta debe ser externa al vehículo, para evitar vibraciones del motor que induzcan errores de medición; el imán necesario para la medición se montó en la muesca grabada sobre la polea del cigüeñal.
3. Preparación del PROTOTIPO DIAGMA D-100: se alimenta el prototipo utilizando la extensión para ubicarlo cerca al motor, se encienden las tarjetas electrónicas y el computador portátil instalado en el nivel superior del equipo, se conectan los sensores en los puertos correspondientes y se da inicio a la medición.
4. Software: las señales enviadas son interpretadas por el programa realizado en el software LABVIEW obteniendo los datos y las gráficas que describen el comportamiento del motor.
5. Se realizó la medición en cada uno de los 4 cilindros, obteniéndose los valores representativos de presión máxima de inyección y ángulo de avance de la inyección a una velocidad de ralentí específica del motor destinado para la prueba.

RESULTADOS DE LA PRUEBA EN CAMPO

La medida de Presión en las Líneas de inyección fue tomada para los cuatro cilindros del motor NPR, por esa razón los resultados son mostrados en cuatro gráficas correspondientes a los paneles frontales de dicha técnica (figuras 2, 3, 4, 5).

Figura 2. CILINDRO 1

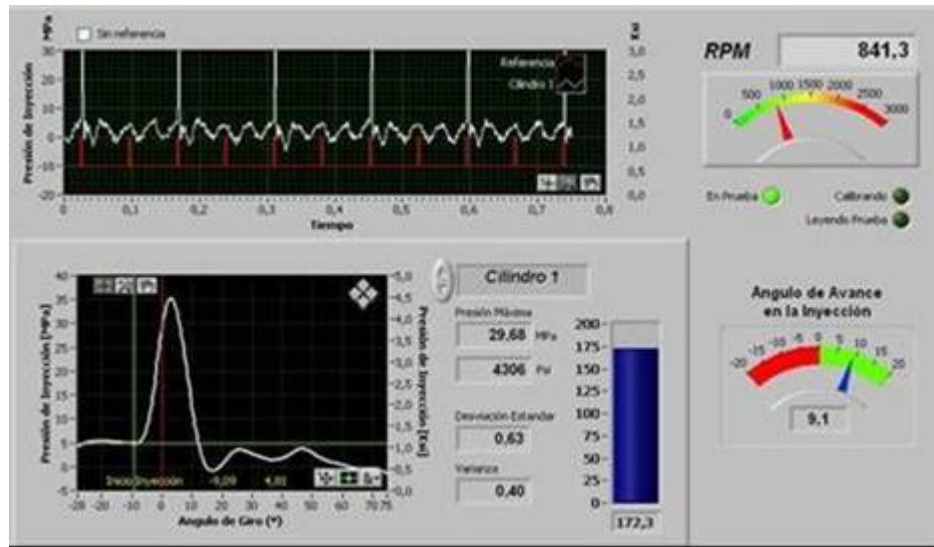


Figura 3. CILINDRO 2

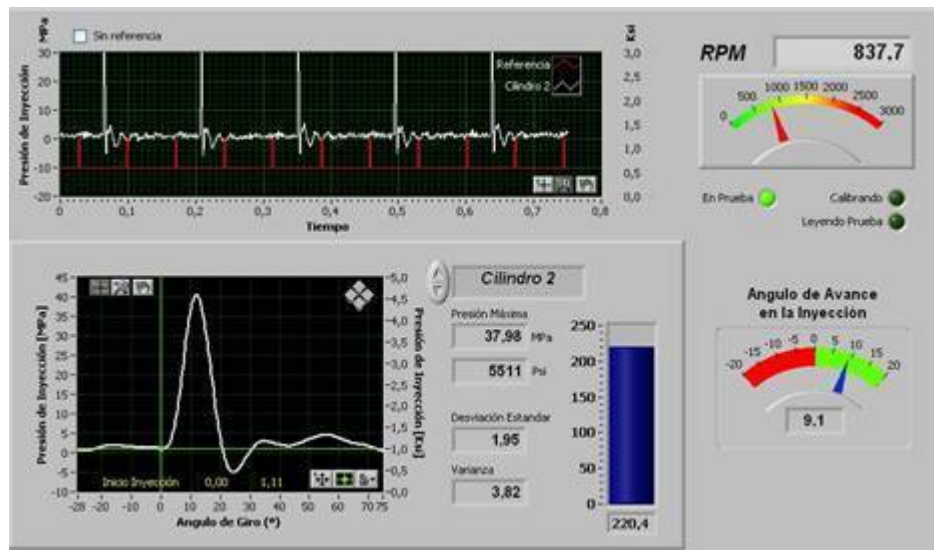


Figura 4. CILINDRO 3

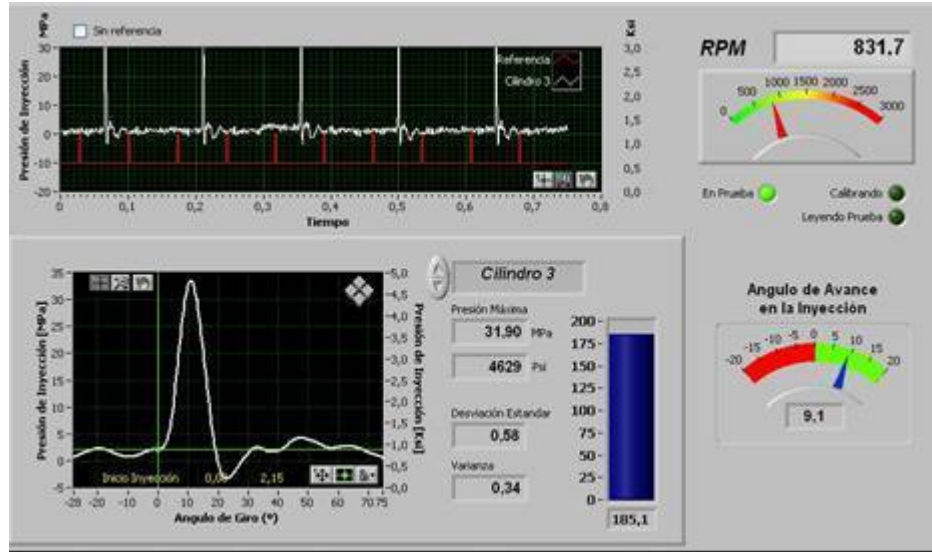
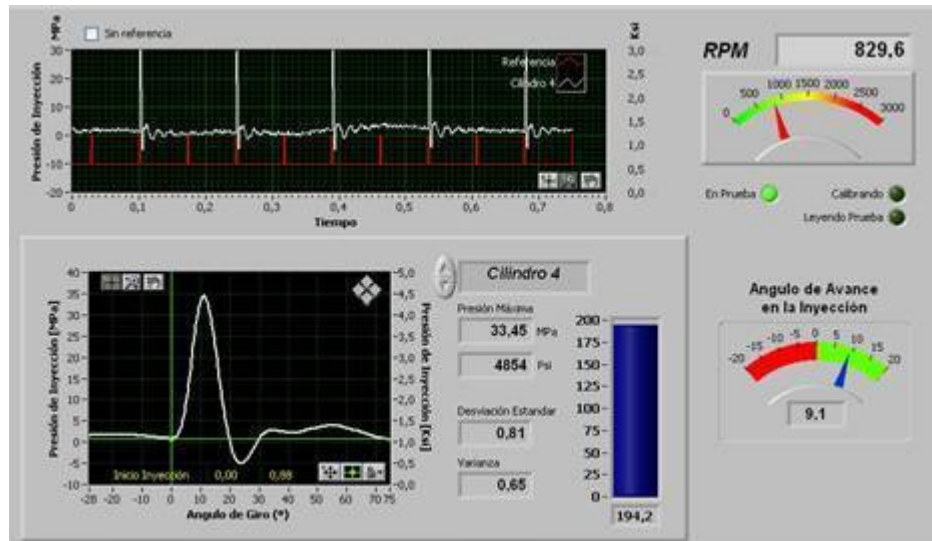




Figura 5. CILINDRO 4



HOJA DE INSPECCION

	PROYECTO DIAGMA D-100 TECNICA LINEAS DE INYECCION.						
Archivo	C:\archivos del programa\Diagma\pruebas\inyeccion				Fecha	24 de Septiembre de 2005	
Lugar	CODIESEL S.A.				Hora	8:00 a.m.	
Responsable	Oscar Camargo Angarita			Revisó	Ing. Jorge Luis Chacón.		
DATOS VEHÍCULO				DATOS MOTOR			
Vehiculo	Buseta	Tipo motor	ISUZU	Bomba Iny.	ZEXEL BOSCH	Inyector	Directo
Placa	Nuevo	Cilindros	4 en línea	Bomba tipo	EMBOLO	Diam. Tubería	6 mm
Modelo	NPR 4HG1-2005	Chasis No.	9GDNPR7126B004260			Ang. Inyección	9
DATOS DE LA PRUEBA							
Ubic. sensor	Línea de inyección c/u cilindros	frecuencia muestreo (Hz)	10000	Sensor PMS	HALL		
T. de med. (ms)	1/10000	Sensor Velocidad (rpm)	HALL				
ANALISIS ESTADISTICO DE LA INYECCION							
CILINDRO 1				CILINDRO 2			
Vel. Ralentí	841,3 rpm	Ang. Avance	9,1	Vel. Ralentí	837,7 rpm	Ang. Avance	9,1
P. Inyección	Media	Desv.estand	Varianza	P. Inyección	Media	Desv.estand	Varianza
	29,68 MPa	0,63	0,4		37,98 Mpa	1,95	3,82
CILINDRO 3				CILINDRO 4			
Vel. Ralentí	831,7 rpm	Ang. Avance	9,1	Vel. Ralentí	829,6 rpm	Ang. Avance	9,1
P. Inyección	Media	Desv.estand	Varianza	P. Inyección	Media	Desv.estand	Varianza
	31,9 Mpa	0,58	0,34		33,45 Mpa	0,81	0,65
OBSERVACIONES							
<p>1) El motor presentó una velocidad de ralentí bastante alta.</p> <p>2) Observamos presiones muy altas en el cilindro 2, el resto se mantubieron cerca del rango medido en las pruebas anteriores</p>							

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- La curva de inyección presenta un comportamiento de acuerdo a la curva característica de un motor Diesel de cuatro tiempos.
- Las presiones obtenidas de los cilindro 1, 3 y 4 son muy parecidas se encuentran aproximadamente en el rango de 30 a 34 MPa, mientras el cilindro 2 ostenta presiones un poco mas altas aproximadas a 38 MPa (ver hoja de inspección).

Los cilindros 1, 3 y 4 presentan un comportamiento ubicado en el rango de confiabilidad identificado a lo largo de las pruebas.

- El valor del Angulo de Avance de la Inyección calculado por el software (9.1), difiere solo en un 1% del valor teórico (9,0), encontrado en catálogos, proporcionados por CODIESEL S.A.

CONCLUSIONES

- El software nos arrojó los datos correspondientes al ángulo de avance y presión máxima con los cuales se llenaron los requerimientos de la hoja de inspección.
- Es necesario tener un especial cuidado con el montaje del sensor piezoeléctrico, ya que las curvaturas en la línea de inyección y la distancia al inyector pueden variar la lectura de la señal que este envía.
- Es muy difícil conseguir una perfecta perpendicularidad entre el sensor HALL y el imán, debido a las dimensiones del sensor y el lugar en cual tiene que ser ubicado.
- Algunos de los camiones NPR que utilizamos para esta investigación están proveídos de un compresor que se alimenta por medio de una polea conectada por una correa a la polea del cigüeñal.
- La presión máxima de inyección observada en los cuatro cilindros (ver hoja de inspección), fue muy cercana en los cilindros 1, 3 y 4, mientras el cilindro 2 se alejó un poco del rango de estos; los valores de los tres primeros oscilaron alrededor de 32 Mpa, valor ubicado en el rango de confiabilidad.
- La determinación del ángulo de avance de la inyección depende de la habilidad para colocar el sensor Hall y de los errores inducidos por la cadena de medición.

- La diferencia entre los valores de la presión máxima, puede deberse a un apriete incorrecto de los inyectores, ya que estos tienen un torque específico para su ajuste y una variación en ellos puede cambiar las condiciones de trabajo.
- Existen muchos factores que afectan la inyección, tales como, el desgaste de los orificios de tobera, crecimiento de los huelgos y por lo tanto de las fugas, el desgaste de los engranajes y las levas, ellos aparecen con el permanente uso de la máquina, por esta razón no serán tenidos en cuenta en estas pruebas ya que contamos con vehículos cero kilómetros.
- Algunos parámetros geométricos influyentes en la inyección, como, longitud y diámetro de la tubería fueron verificados.
- Se llenó y evaluó el uso de la hoja de inspección.
- Se llevo a cabo la prueba de inyección de manera satisfactoria en un motor Diesel cuatro tiempos nuevo (aproximadamente cero kilómetros), obteniendo valores de comparación en las pruebas siguientes.
- Realizamos el cálculo de los datos estadísticos de la prueba (ver hoja de inspección).
- Las curvas de comportamiento del ángulo de avance, se obtuvieron por medio del programa realizado en **LABVIEW 7.0**.

Anexo 2. INFORMES PRUEBAS DE CAMPO TRANSCOLOMBIA S.A.

TÍTULO DEL PROYECTO:

**TÉCNICA DE ANÁLISIS DE GASES Y PORCENTAJE DE OPACIDAD
PRUEBAS DE CAMPO**

PRESENTADO POR:

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIECER CASTELLANOS BENAVIDES**

INFORME N°: 4

FECHA: 7 DE ENERO DE 2006

PRUEBA DE ANÁLISIS DE GASES Y PORCENTAJE DE OPACIDAD TRANSCOLOMBIA S.A. ENERO 7 DE 2006



RESUMEN

La prueba de análisis de gases y porcentaje de opacidad se realizó el día 7 de Enero de 2006 en las instalaciones de la estación de buses de **TRANSCOLOMBIA S.A.** ubicado en la Carrera 15 No. 3 – 86 de Bucaramanga, bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luis Chacón V. Para la ejecución de la prueba se ubicó el prototipo DIAGMA D-100 cerca del tubo de escape de los gases del vehículo. Se realizó el montaje del sensor Hall, el tubo de acero en su respectiva base, la sonda de muestreo, la sonda tipo S, el tubo Pitot y las termocuplas tipo “J” y tipo “K”. Se realizó la calibración del programa con aire ambiente y con gas patrón y se efectuaron las tres aceleraciones, obteniendo los datos de la prueba. Las hojas de inspección se llenaron en el transcurso de la prueba.

INTRODUCCION

La prueba realizada tiene como fin obtener la concentración de los gases y el porcentaje de opacidad en un motor con uso prolongado representativo del parque automotor, con el objeto de compararlos con los valores de referencia obtenidos en la parte inicial de las pruebas de campo.

OBJETIVOS

- Obtener valores de ppm de HC, %V CO₂, %V CO, %V O₂, y % de opacidad, en un motor Diesel cuatro tiempos con uso prolongado.
- Calcular y analizar los datos estadísticos de la prueba.

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

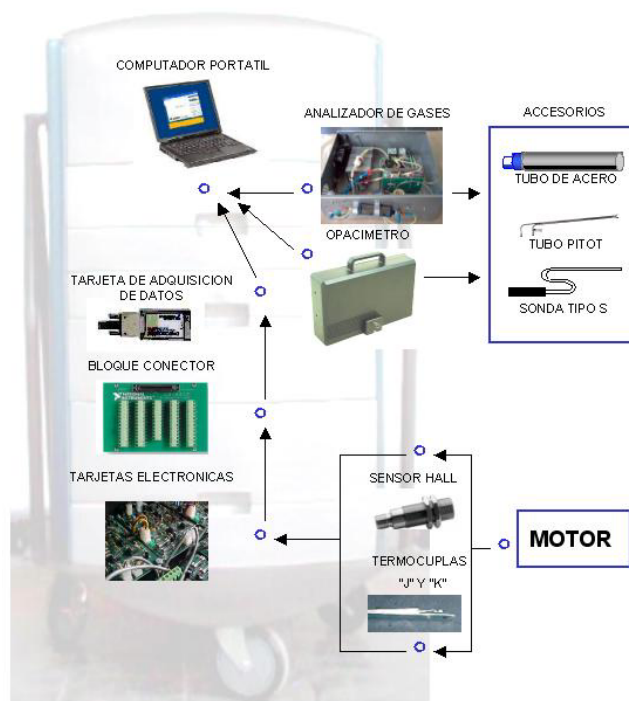
- **INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA**

1. Analizador de gases
2. Opacómetro
3. Sensor Hall
4. Prototipo DIAGMA D-100
5. Tubo de acero de 4 pulgadas
6. Unión flexible
7. Motor Diesel
8. Brazo soporte del sensor Hall
9. Accesorios: extensión eléctrica, cinta aislante, cinta de papel, pegante instantáneo.
10. Herramientas: destornillador, llaves, pinzas.

- **CADENA DE MEDICIÓN**

En la prueba de análisis de gases y porcentaje de opacidad existe la mayor cantidad de dispositivos entre sensores y accesorios que intervienen en la cadena de medición, en la figura 1, resumimos los más importantes componentes de esta prueba.

Figura 1. Cadena de Medición.



- **PROCEDIMIENTO**

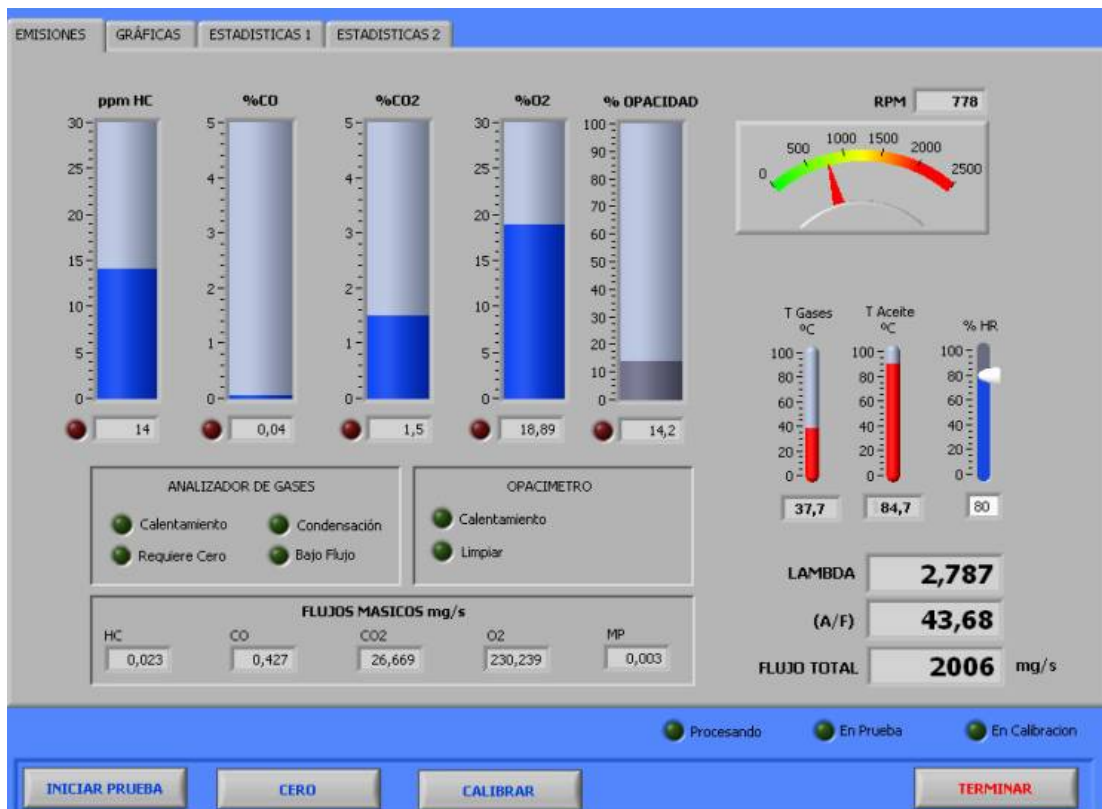
1. Ubicar el prototipo cerca del tubo de escape de los gases del vehículo.
2. Montar el sensor Hall.
3. Ubicar el tubo de acero con su respectiva base cerca del prototipo.
4. Acoplar la unión flexible al tubo de escape y al tubo de acero.
5. Ensamblar el tubo Pitot al tubo de acero.
6. Ubicar y conectar el transductor de presión al prototipo.
7. Ubicar la sonda de muestreo y la sonda tipo S a la salida del tubo de acero.
8. Conectar la termocupla tipo K y tipo J al prototipo.

9. Conectar el cable serial-USB (COM1) del opacímetro al puerto USB inferior del computador, y el cable serial-USB (COM2) del analizador al puerto USB superior del computador.
10. Conectar el cable de las tarjetas electrónicas a la tarjeta de adquisición de señales ubicada en el computador.
11. Realizar la calibración con aire y con gas patrón.
12. Iniciar la prueba.

RESULTADOS DE LA PRUEBA

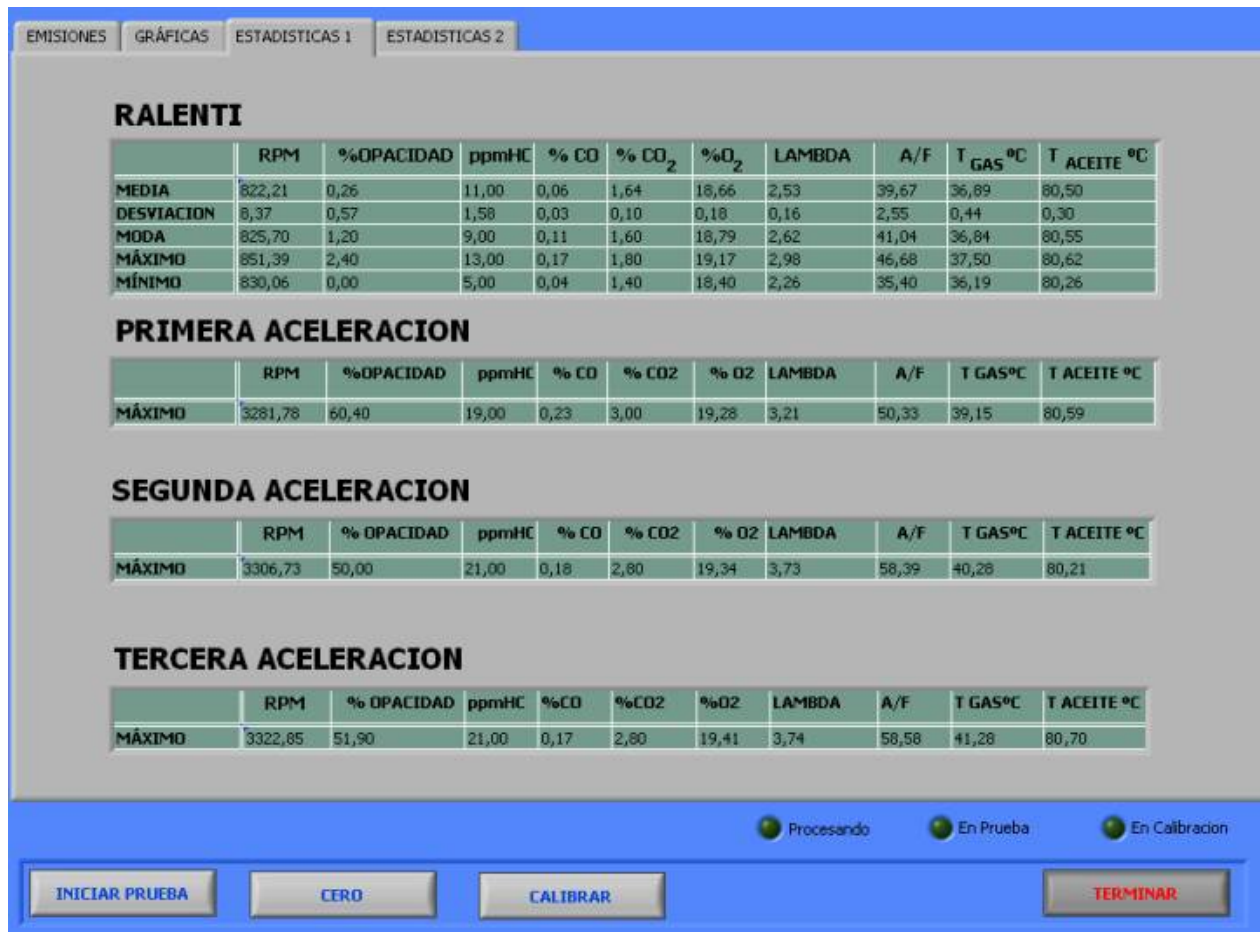
En esta prueba los resultados se encuentran en tres ventanas principales: la primera es el panel frontal (figura 2), utilizada durante la prueba para observar el comportamiento de la técnica;

Figura 2. PANEL FRONTAL DE LA PRUEBA



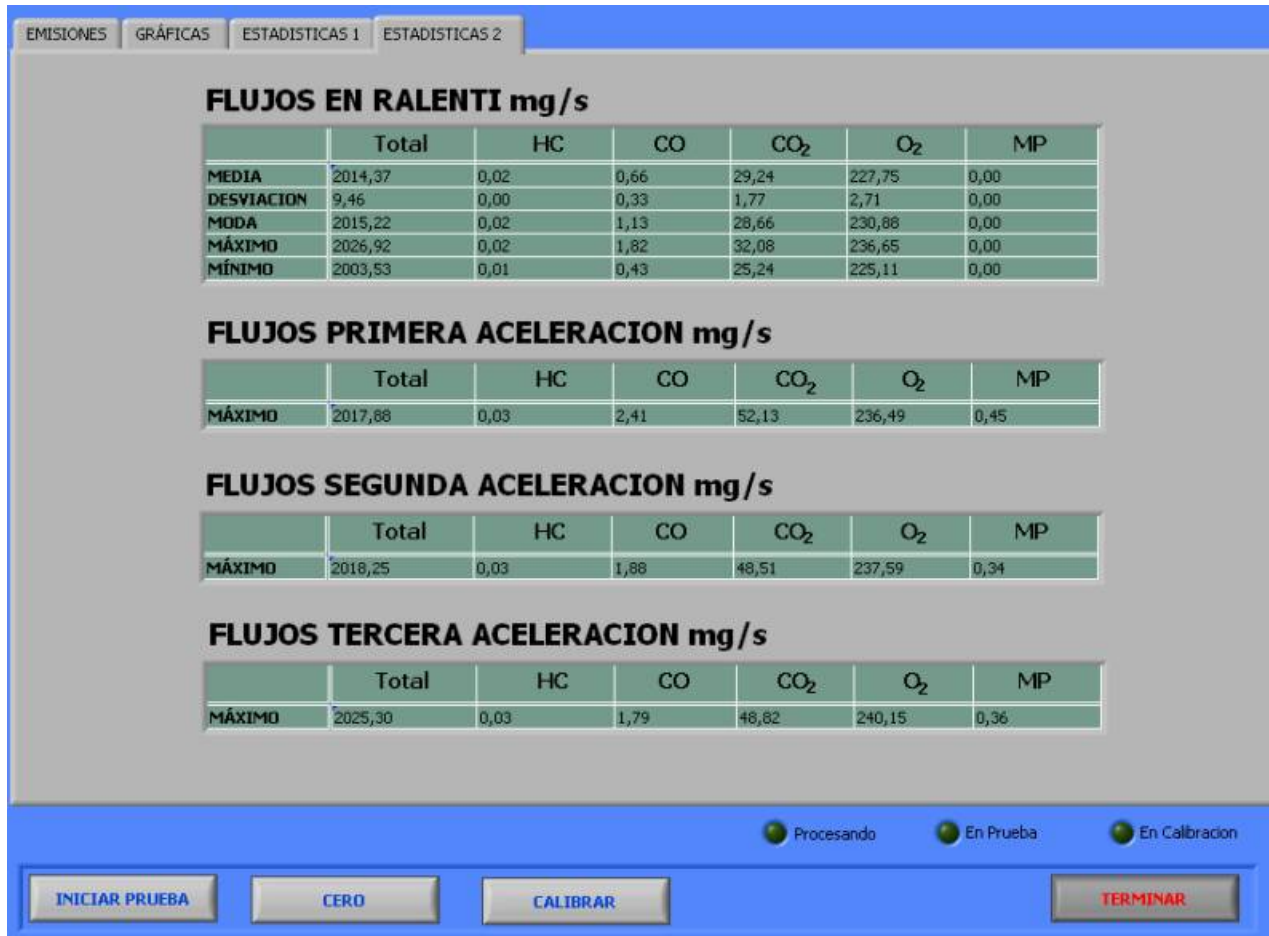
La segunda ventana, estadísticas 1 (figura 3) se muestra la concentración de los gases, el porcentaje de opacidad y la temperatura del aceite y de los gases.

Figura 3. ESTADISTICAS 1



Finalmente la tercera ventana, estadísticas 2 (figura 4), muestra el valor de los flujos másicos de los componentes del gas de escape.

Figura 4. ESTADISTICAS 2



HOJA DE INSPECCION DE LA PRUEBA

PROYECTO DIAGMA D-100 TECNICA ANÁLISIS DE GASES Y % DE OPACIDAD							
Archivo de datos	C:\Archivos de programa\Diagma\Pruebas\Emissiones		Fecha	Enero 7 de 2006			
Lugar	TRANSCOLOMBIA S.A.		Hora	3:00 P.M.			
Responsable	Jorge Eliécer Castellanos Benavides	Revisó	Ing. Jorge Luis Chacón V.				
DATOS DEL VEHÍCULO			DATOS DEL MOTOR				
Vehículo	Buseta	Tipo Motor	ISUZU	No. cilindros	4 en línea		
Placa	XMLM-800	Pot. Nominal	119.4 HP a 2850 rpm	Desplazamiento	4570 c.c.		
Modelo	NPR 4HG1-2002			Diámetro exhosto	60,5 mm		
ANÁLISIS DE GASES							
CALIBRACIÓN DEL ANALIZADOR							
		HC ppm	% V CO2	% V CO	% V O2		
Concentración Gas patrón		304,00	6,00	1,00			
Verificación		302,00	5,90	0,98	19,50		
PARTE EXPERIMENTAL							
RALENTÍ							
	T. GASES	T. ACEITE	RPM	HC ppm	% V CO	% V CO2	% V O2
Media	36,89	80,50	822,21	11,00	0,06	1,64	18,66
Dev. Estandar	0,44	0,30	8,37	1,58	0,03	0,10	0,18
Moda	36,84	80,55	825,70	9,00	0,11	1,60	18,79
Máximo	37,50	80,62	851,39	13,00	0,17	1,80	19,17
Mínimo	36,19	80,26	830,26	5,00	0,04	1,40	18,40
MEDICIÓN							
	T. GASES	T. ACEITE	RPM	HC ppm	% V CO	% V CO2	% V O2
Aceleración 1	39,15	80,59	3281,78	19,00	0,23	3,00	19,28
Aceleración 2	40,28	80,21	3306,73	21,00	0,18	2,80	19,34
Aceleración 3	41,28	80,70	3322,85	21,00	0,17	2,80	19,41
Promedio	40,24	80,50	3303,79	20,33	0,19	2,87	19,34
Desviación Estandar	0,870	0,210	16,895	0,943	0,026	0,094	0,053
Varianza	0,757	0,044	285,456	0,889	0,001	0,009	0,003

ANÁLISIS % DE OPACIDAD						
CALIBRACION DEL OPACIMETRO		PARTE EXPERIMENTAL				
		RALENTI				
	%		T. GASES	T. ACEITE	RPM	%OPACIDAD
Cero	0	Media	36,89	80,50	822,21	0,26
Esc. Maxima	100	Desviacion Estandar	0,44	0,30	8,37	0,57
Filtro No. 1	30	Moda	36,84	80,55	825,70	1,20
Filtro No. 2	60	Maximo	37,50	80,62	851,39	2,40
Filtro No. 3	70	Minimo	36,19	80,26	830,26	0,00
% OPACIDAD NORMAL		MEDICION				
Modelo	%	ENSAYOS	T. GASES	T. ACEITE	RPM	%OPACIDAD
2001 y post	40	Aceleracion 1	39,15	80,59	3281,78	60,40
1996-2000	50	Aceleracion 2	40,28	80,21	3306,73	50,00
1991-1995	55	Aceleracion 3	41,28	80,70	3322,85	51,90
1986-1990	60	Promedio	40,24	80,50	3303,79	54,10
1981-1985	65	Desviacion Estandar	0,870	0,210	16,895	4,522
1980 y ant.	70	Varianza	0,757	0,044	285,456	20,447

OBSERVACIONES

- 1) La buseta posee dos exhostos tipo chimenea, por lo tanto se debe tapar uno de los dos.
- 2) Se debe utilizar un tubo PVC de 3m de largo con su respectiva unión flexible para dirigir el flujo de los gases de escape hacia el tubo de acero.
- 3) Teniendo en cuenta que las busetas presentan exhostos de diferentes formas y diámetros, se utiliza una unión de caucho.



PROYECTO DIAGMA D-100
TECNICA ANALISIS DE GASES
MEDIDA DE FLUJO DE AIRE Y GAS DE ESCAPE



PARTE EXPERIMENTAL

RALENTI

	TOTAL	HC	CO	CO2	O2	MP	LAMBDA	A/F
Media	2014,37	0,02	0,66	29,24	227,75	0,00	2,53	39,67
Desv. Estandar	9,46	0,00	0,33	1,77	2,71	0,00	0,16	2,55
Moda	2015,22	0,02	1,13	28,66	230,88	0,00	2,62	41,04
Máximo	2026,92	0,02	1,82	32,08	236,65	0,00	2,98	46,68
Mínimo	2003,53	0,01	0,43	25,24	225,11	0,00	2,26	35,40

MEDICIÓN

	TOTAL	HC	CO	CO2	O2	MP	LAMBDA	A/F
Aceleración 1	2017,88	0,03	2,41	52,13	225,11	0,45	3,21	50,33
Aceleración 2	2018,25	0,03	1,88	48,51	236,49	0,34	3,73	58,39
Aceleración 3	2025,30	0,03	1,79	48,82	237,59	0,36	3,74	58,58
Promedio	2020,48	0,03	2,03	49,82	233,06	0,38	3,56	55,77
Desv. Estandar	3,414	0,000	0,274	1,638	5,642	0,048	0,248	3,845
Varianza	11,655	0,000	0,075	2,684	31,829	0,002	0,061	14,785

OBSERVACIONES

La prueba se llevo a cabo satisfactoriamente y sin contratiempos.

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- La temperatura de los gases de escape y la del aceite se encuentran dentro de los rangos normales de funcionamiento. (35-60°C para la temperatura de los gases de escape y 78-90°C para la temperatura del aceite).
- Al producir las aceleraciones, se produce un aumento aproximadamente del doble de los hidrocarburos no quemados y del porcentaje de CO₂.
- El porcentaje de CO presenta un aumento significativo al momento de realizar las aceleraciones.
- El porcentaje de opacidad muestra un aumento significativo al momento de acelerar el vehículo.

CONCLUSIONES

- Se realizó la prueba y se obtuvieron los datos de un motor de uso prolongado, en este caso, una buseta afiliada a la empresa TRANSCOLOMBIA S.A.

- Se calcularon los datos estadísticos de la prueba y se registraron en la respectiva hoja de inspección.
- Se llenó la hoja de inspección, en la cual se encuentran los datos del vehículo y del motor así como las observaciones que se dieron en la ejecución de la prueba.
- El alto porcentaje de CO indica que el motor está realizando combustión incompleta y por lo tanto está contaminando el ambiente.
- El porcentaje de opacidad del vehículo es de 54,10%, el cual se encuentra un poco alto, ya que el vehículo es modelo 2002 (ver tabla % OPACIDAD NORMAL en la hoja de inspección), y su valor ideal debe ser inferior a 40%.
- La presencia de hidrocarburos en los gases de escape indican combustión incompleta, sin embargo la presencia de O₂ indica exceso de aire, por lo tanto se puede concluir que la mezcla aire-combustible no se realiza correctamente al momento de acelerarse a fondo, debido a que no hay tiempo suficiente para que se forme.
- El aumento de la cantidad de hidrocarburos no quemados, del porcentaje de CO₂ y del porcentaje de opacidad, indican que hay un mayor suministro de combustible a medida que se acelera el motor.

TÍTULO DEL PROYECTO:

**TÉCNICA DE POTENCIA Y PAR
PRUEBAS DE CAMPO**

PRESENTADO POR:

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIECER CASTELLANOS BENAVIDES**

INFORME Nº: 5

FECHA: 28 DE DICIEMBRE DE 2005

PRUEBA DE POTENCIA Y PAR

TRANSCOLOMBIA S.A. DICIEMBRE 28 DE 2005



RESUMEN

La prueba de potencia y par se realizó el día 28 de diciembre de 2005 en las instalaciones de la estación de buses de **TRANSCOLOMBIA S.A.** localizada en la Carrera 15 No. 3-86 de Bucaramanga, estas fueron realizadas bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luis Chacón. La llegada a la empresa fue aproximadamente a las 3:00 p.m. allí nos asignaron el vehículo y luego de parquearlo adecuadamente procedimos a ubicar el Prototipo Diagma D-100 cerca del motor, allí se hicieron las conexiones necesarias; se montó el sensor Hall en el brazo articulado y el imán en la polea del cigüeñal, con la correspondencia del punto muerto superior. Luego de alimentar el equipo y verificar el funcionamiento de todos los dispositivos se realizó la respectiva medición; se obtuvieron los datos y las curvas de potencia y torque que describen el comportamiento del motor, con los cuales se calcularon los datos estadísticos para el análisis de la prueba.

INTRODUCCION

La prueba realizada tiene como fin obtener los valores de la Potencia y el Par de un motor con un número de horas acumuladas de desgaste significativas, con el objeto de compararlos con los valores de referencia obtenidos en la parte inicial de las pruebas de campo.

OBJETIVOS

- Obtener valores de potencia relativa y par, en un motor Diesel cuatro tiempos de uso prolongado.
- Calcular y analizar los datos estadísticos de la prueba.

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

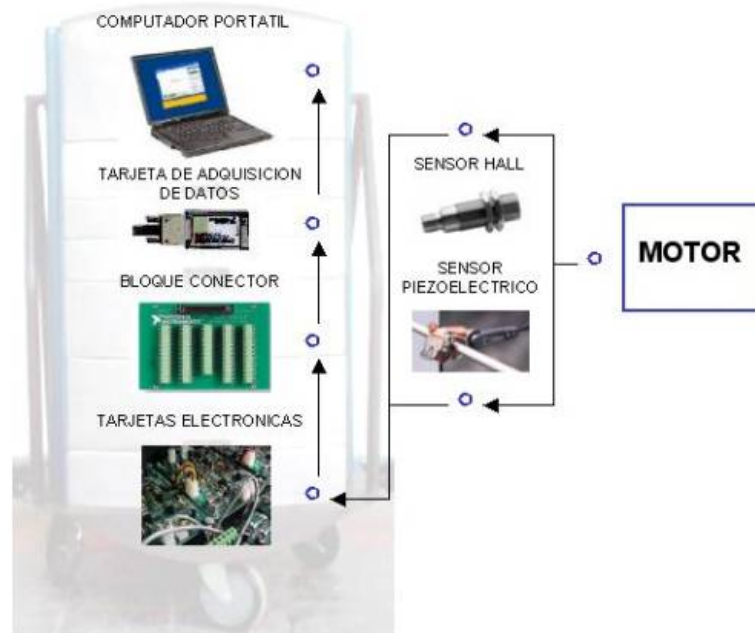
• INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

- PROTOTIPO DIAGMA D-100.
- Sensor Hall
- Extensión del sensor
- Brazo Soporte del sensor
- Imán
- Tarjeta de adquisición de datos National Instruments
- Accesorios: cables, extensión eléctrica, multitomas eléctricas, pegante instantáneo.
- Herramientas: destornillador, llaves, pinzas.

• CADENA DE MEDICION

La señal realiza un recorrido desde punto donde esta se origina, pasando por todos los elementos necesarios para entregar un dato tangible al operario que realiza la prueba. La figura 1 nos muestra la cadena necesaria en la técnica de Potencia y Par para realizar el proceso de medición.

Figura 1. Cadena de medición



- **PROCEDIMIENTO**

1. Ubicación del Prototipo Diagma D-100: Alimentamos el equipo utilizando una extensión para ubicarlo cerca al motor con el fin de realizar las conexiones lo más cómodas posibles, se encienden las tarjetas electrónicas y el computador portátil instalado en el nivel superior del equipo, se conectó el sensor en el puerto correspondiente y se inició a la medición.
2. Montaje del sensor: Para tal prueba se montó el sensor inductivo Hall apoyado sobre una base metálica, ésta debe ser externa al vehículo, para evitar vibraciones del motor que induzcan errores de medición; el imán necesario para la medición se montó en la polea del cigüeñal fijado con pegante instantáneo. El sensor requiere de una extensión, ya que en la mayoría de las pruebas el vehículo se encuentra retirado del prototipo.
3. Software: las señales enviadas por el sensor conector son interpretadas por el programa realizado en el software LABVIEW obteniendo los datos y las gráficas que describen el comportamiento del motor.

4. Se realizaron 5 mediciones, obteniéndose las curvas características de potencia, potencia por pérdidas mecánicas y par en cada medición, así como, las curvas promedio.

RESULTADOS DE LA PRUEBA EN CAMPO





TABLA DE VALORES ESTADÍSTICOS TOTALES

PARAMETROS	POTENCIA (Kw)	PAR (N.m)
Media	88,4	262,8
Desv. Estándar	4,3	8,2
Varianza	18,3	66,6

VALORES DE LA CURVA PROMEDIO

	POTENCIA (Kw)	PAR (N.m)
MÁXIMO	87	261

HOJA DE INSPECCION

	PROYECTO DIAGMA D-100 TÉCNICA POTENCIA Y PAR			
Archivo de datos	C:\archivos del programa\Diagma\pruebas\potencia		Fecha	28 Diciemb de 2005
Lugar	TRANSCOLOMBIA S.A.		Hora	3:00 p.m.
Responsable	Oscar Camargo Angarita	Revisó	Ing. Jorge Luís Chacón	
DATOS VEHÍCULO		DATOS MOTOR		
Vehículo	Buseta	Tipo Motor	ISUZU	
Placa	XLM 800	Motor No.		
Modelo	NPR 4HG1-2002	Cilindros	4 cilindros en línea	
DATOS DE LA PRUEBA				
TAD	National Instrum.	Referencia PMS	Imán	
Frec de muestreo	10000 Hz	Sensor rpm	Hall	
Momento inercia	0,65	No. puntos	1000	
ANÁLISIS EN DOMINIO TIEMPO				
	Potencia	Torque	CURVA PROMEDIO	
Medida 1	79	255	Máximo	RPM
Medida 2	98	292	Potencia	90 Kw
Medida 3	98	297		
Medida 4	88	264	Torque	273 N.m
Medida 5	89	268		
Promedio	90,4	275,2	Velocidad de ralentí	685 rpm
Desv. Estandar	8,0	16,4		
Varianza	63,3	268,6		
OBSERVACIONES				
<p>El diámetro de la polea del cigüeñal es un poco mas pequeño que en los motores de CODIESEL además, el protector del ventilador tambien es mas grande esto dificulta el montaje del sensor Hall. Es necesario realizar una buena limpieza de la polea para lograr una buena adherencia de los dispositivos (iman y disco)</p>				

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- La curva de potencia presenta un comportamiento de acuerdo a la curva característica de un motor Diesel de cuatro tiempos.
- La curva de potencia registra una caída, debido a que el motor posee regulador de humos.

- Los resultados obtenidos de la Potencia y el Par del motor, son similares a los valores de referencia obtenidos en las primeras pruebas de campo con vehículos cero kilómetros y a su vez con los valores referidos en los catálogos del vehículo.

CONCLUSIONES

- El momento de inercia del motor de 0.65 se determinó experimentalmente, mediante prueba y error, a partir, de los valores visualizados de par y potencia.
- De los sensores utilizados, el sensor más fácil de colocar fue el sensor Hall, pero, a pesar de ello, no se logró conseguir una perfecta perpendicularidad entre el sensor y el imán.
- Recomendamos buscar un sensor más corto ya que estos motores poseen una polea más pequeña y un protector del ventilador mas grande, por tanto la instalación del sensor Hall que actualmente utilizamos se torna más difícil que la realizada en los camiones NPR cero kilómetros de CODIESEL trabajados en la primera parte de las pruebas de campo, donde ya era difícil la instalación de dicho sensor.
- Es necesario hacer una observación de los valores que arroja el software (si son valores coherentes) antes de guardar una prueba ya que este presenta algunas inestabilidades.
- Se llenó y evaluó el uso de la hoja de inspección, implementando algunos cambios necesarios en su estructura y contenido.
- Se llevo a cabo la prueba de potencia y par de manera satisfactoria en un motor Diesel cuatro tiempos con un uso prolongado obteniendo valores que nos permiten establecer una comparación con los valores de referencia hallados en la primera parte.

- Las curvas de comportamiento de potencia y par, así como las tablas de datos, se obtuvieron por medio del programa realizado en **LABVIEW**.
- Se realizó la hoja de inspección, en la cual se encuentran los datos del vehículo y del motor, los resultados de la prueba, así como, las observaciones que se dieron en la ejecución de la prueba de potencia y par.

TÍTULO DEL PROYECTO:

**TÉCNICA DE VARIACION DE LA VELOCIDAD ANGULAR
PRUEBAS DE CAMPO**

PRESENTADO POR:

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIECER CASTELLANOS BENAVIDES**

INFORME N°: 4

FECHA: 7 DE ENERO DE 2006

PRUEBA DE VARIACION DE LA VELOCIDAD ANGULAR

TRANSCOLOMBIA S.A. ENERO 7 DE 2006



RESUMEN

La prueba de variación de la velocidad angular se realizó el día 7 de Enero de 2006 en las instalaciones de la estación de buses de **TRANSCOLOMBIA S.A.** ubicado en la Carrera 15 No. 3 – 86 de Bucaramanga, realizadas bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luis Chacón V. En las instalaciones de la empresa se nos adjudicó la buseta No. 100 de placas XLM-800 de Bucaramanga, a la cual se le realizó el montaje del Sensor Fotoeléctrico Reflexivo, Sensor Hall, y el Sensor Piezoeléctrico en la línea de inyección del cilindro número 1 con el fin de obtener la señal de referencia y de esta forma obtener los datos que describen el comportamiento del motor, con los cuales se calculan los datos estadísticos para el análisis de la prueba.

INTRODUCCION

La prueba tiene como fin obtener los porcentajes de compresión relativa por medio de las fluctuaciones de la velocidad angular utilizando un motor de uso prolongado ISUZU NPR 4HG1 con el objeto de comparar los valores obtenidos y determinar la desviación de estos con respecto al motor nuevo (aproximadamente cero kilómetros).

OBJETIVOS

- Obtener los porcentajes de compresión relativa en un motor Diesel cuatro tiempos de uso prolongado.
- Calcular y analizar los datos estadísticos de la prueba.

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

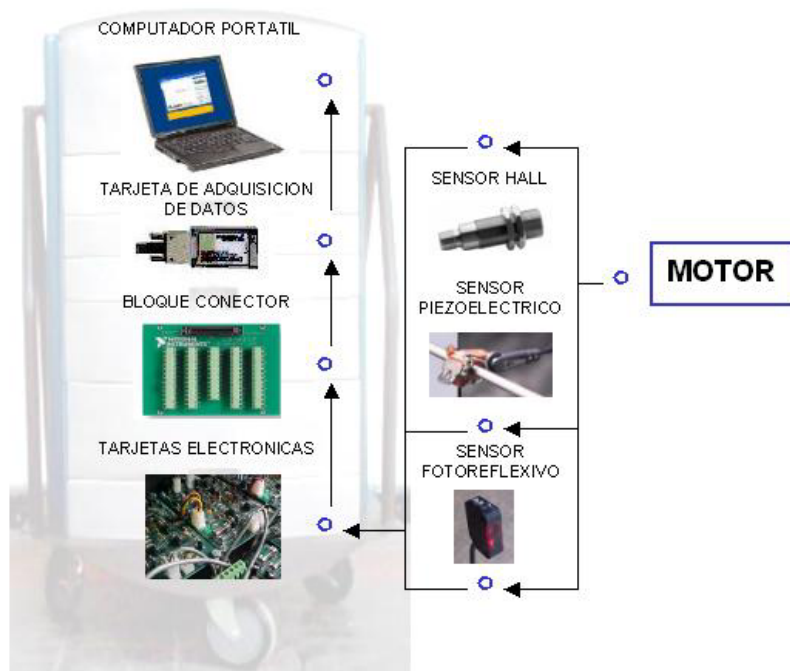
- **INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA**

1. Sensor Fotoeléctrico Reflexivo
2. Sensor Hall
3. Sensor Piezoeléctrico
4. Imán
5. Disco de franjas reflexivas
6. Prototipo DIAGMA D-100
7. Tarjeta de Adquisición de Datos National Instruments
8. Motor Diesel
9. Accesorios: extensión eléctrica, pegante instantáneo.

- **CADENA DE MEDICIÓN**

La figura 1 muestra la cadena de medición de la técnica de variación de la velocidad angular para realizar la prueba.

Figura 1. Cadena de medición.



- **PROCEDIMIENTO**

1. Ubicar el prototipo DIAGMA D-100 en la parte delantera del vehículo.
2. Conectar la tarjeta acondicionadora de la señal.
3. Pegar el disco de franjas reflexivas y el imán a la polea del cigüeñal del vehículo.
4. Realizar el montaje del Sensor Hall y del Sensor Fotoeléctrico reflexivo.
5. Ubicar el Sensor Piezoeléctrico en la línea de inyección del cilindro 1.
6. *Conectar el Sensor Hall, el Sensor Fotoeléctrico reflexivo y el Sensor Piezoeléctrico al prototipo.*
7. *Seleccionar e iniciar el programa de la prueba.*
8. Las señales enviadas son interpretadas por el programa realizado en el software LABVIEW obteniendo los datos y las gráficas que describen el comportamiento del motor.

RESULTADOS DE LA PRUEBA EN CAMPO

Los resultados de la prueba de campo se muestran por medio de tres ventanas. En la figura 2, se muestra la primera ventana del análisis en el dominio tiempo. Sobre este panel frontal se ejecuta la prueba;

Figura 2. ANALISIS DOMINIO TIEMPO

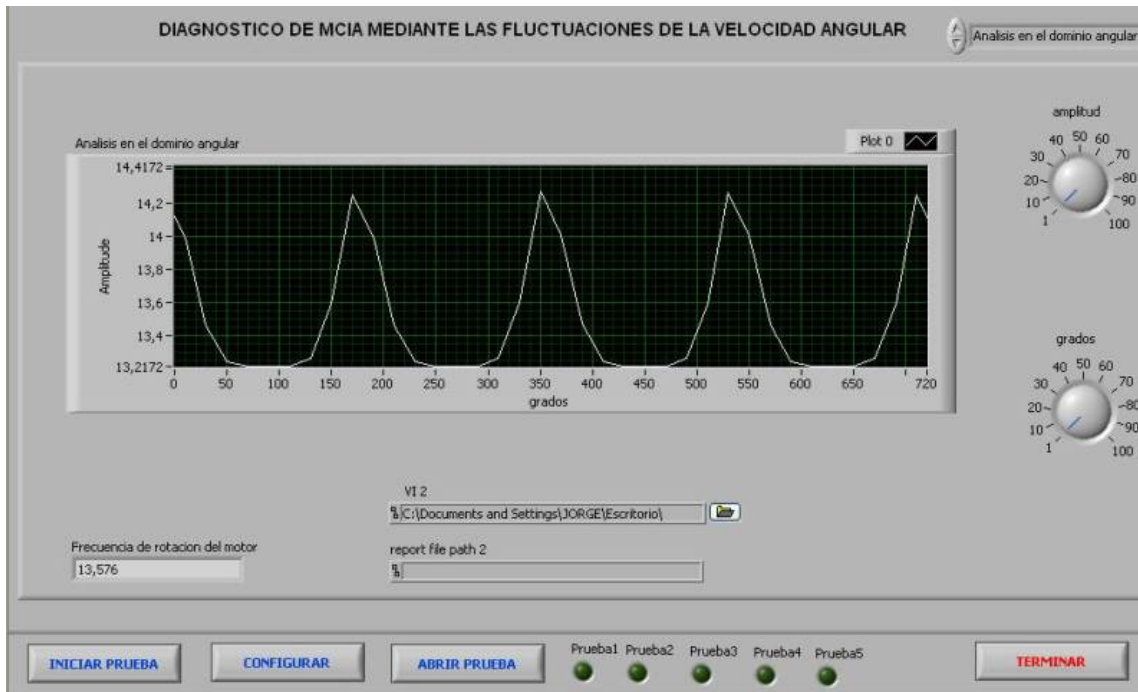


La figura 3, muestra las gráficas correspondientes al dominio de la frecuencia, a partir de la cual se hallan las amplitudes y por último la figura 4, contiene el análisis en el dominio angular donde obtenemos la frecuencia de rotación correspondiente a las rpm del motor.



Figura 3. ANALISIS DOMINIO FRECUENCIA



Figura 4. ANALISIS DOMINIO ANGULAR



HOJA DE INSPECCIÓN

	PROYECTO DIAGMA D-100 VARIACION DE LA VELOCIDAD ANGULAR			
Archivo de datos	C:\Archivos de programa\Diagma\Pruebas\Velocidad		Enero 7 de 2005	
Lugar	TRANSCOLOMBIA S.A.		Hora	3:00 P.M.
Responsable	Jorge E.Castellanos B.	Revisó	Ing. Jorge Luis Chacón V.	
DATOS VEHÍCULO				
Vehículo	Buseta	Tipo Motor	ISUZU	
Placa	XLM-800	Cilindros	4 cilindros en línea	
Modelo	NPR 4HG1 2002			
DATOS DE LA PRUEBA				
TAD	National Instruments	Sensor Optico Reflexivo	E3ZR61	
Frec de muestreo	10000 hz	Sensor Inyección	KG 60	
Referencia PMS	Sensor Hall GS 1001	Tipo prueba	Ralenti	
Coef. Irregularidad	0,57	Vel. Promedio RPM	814,56	
Vel. Máxima	1194,78	Vel. Mínima RPM	727,837	
ANÁLISIS EN DOMINIO TIEMPO		ANÁLISIS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA		
	% COMPRESION		Frecuencia (Hz)	Valor de pico
Cilindro 1	91,26	Frec.encendido	15	79
Cilindro 2	91,71	Subarmónicos	30	40
Cilindro 3	90,71		45	15
Cilindro 4	93,44		60	7
Promedio	91,78			
Desviacion estándar	1,02			
Varianza	1,04			
OBSERVACIONES				
<p>1) Encontramos que la polea del cigüeñal tiene un diámetro inferior a las poleas trabajadas en las pruebas de campo realizadas en CODIESEL.</p> <p>2) El enfocador del ventilador es un poco mas grande y esto dificulta el montaje del sensor fotoreflexivo.</p> <p>3) Fue necesario construir un disco de franjas reflexivas de menor diámetro para ajustarlo al diámetro de la polea del vehículo.</p>				

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- La compresión relativa del motor porcentualmente es muy estable en los cuatro cilindros, lo que permite afirmar que los cuatro cilindros comparativamente se encuentran en buen estado y la compresión relativa se desarrolla de manera similar en cada cilindro durante un ciclo de trabajo del motor.

- En el dominio de frecuencia se aprecian los armónicos más representativos de la señal de velocidad angular del motor, lo cual indica que éste se encuentra trabajando en buenas condiciones.
- En el dominio angular se aprecia que las fluctuaciones de la velocidad angular son muy estables durante cada ciclo de trabajo de los cuatro cilindros del motor.

CONCLUSIONES

- *Se realizó la prueba y se obtuvieron los datos de un motor de uso prolongado.*
- *Se obtuvo el porcentaje de compresión relativa promedio de 91,78% , desviación estándar de 1,02 y una varianza de 1,04.*
- *Se calcularon los datos estadísticos de la prueba y se registraron en la respectiva hoja de inspección.*
- *En los resultados obtenidos de la prueba, el vehículo presenta un comportamiento estable de acuerdo a las fluctuaciones de la velocidad angular.*
- *Se llenó la hoja de inspección, en la cual se encuentran los datos del vehículo y del motor así como las observaciones que se dieron en la ejecución de la prueba.*

TÍTULO DEL PROYECTO:

**TÉCNICA DE OSCILACIONES DEL BLOQUE
PRUEBAS DE CAMPO**

PRESENTADO POR:

**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIECER CASTELLANOS BENAVIDES**

INFORME N°: 5

FECHA: 8 DE DICIEMBRE DE 2005

PRUEBA DE OSCILACIONES DEL BLOQUE TRANSCOLOMBIA S.A. DICIEMBRE 8 DE 2005



RESUMEN

La prueba de oscilaciones del bloque se realizó el día 8 de Diciembre de 2005 en las instalaciones de la estación de buses de **TRANSCOLOMBIA S.A.** ubicado en la Carrera 15 No. 3 – 86 de Bucaramanga, realizadas bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luis Chacón V. Se realizó el montaje del Sensor de aceleración en el bloque del motor y del Sensor Piezoeléctrico en la línea de inyección del cilindro número 1 con el fin de obtener la señal de referencia y de esta forma obtener los datos que describen el comportamiento del motor, con los cuales se calculan los datos estadísticos para el análisis de la prueba.

INTRODUCCION

La prueba realizada tiene como fin identificar el comportamiento del motor por medio de las vibraciones del bloque y obtener los valores de la aceleración utilizando un motor de uso prolongado ISUZU NPR 4HG1 con el objeto de compararlos con los valores de referencia hallados con motores cero kilómetros

OBJETIVOS

- Obtener valores de la aceleración en un motor Diesel cuatro tiempos de uso prolongado.
- Calcular y analizar los datos estadísticos de la prueba.

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

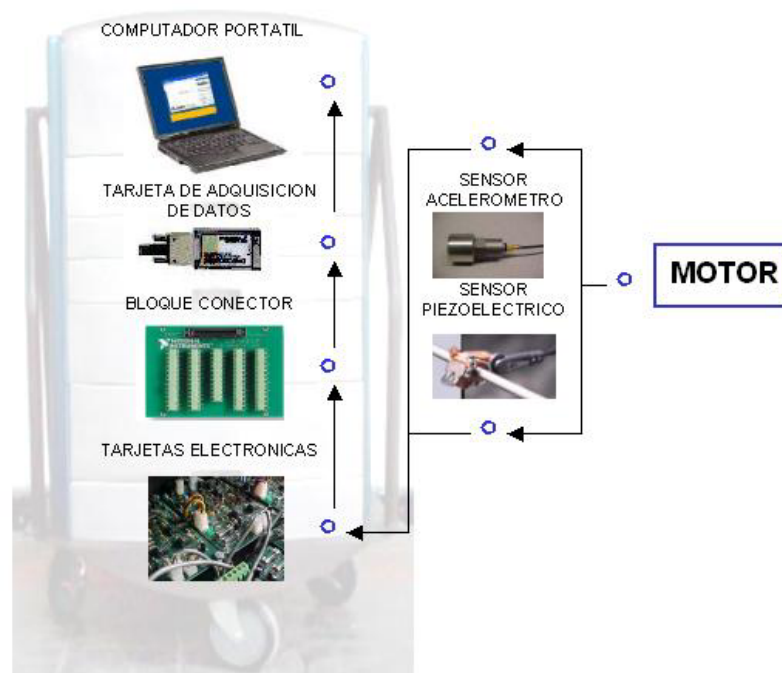
- **INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA**

1. Sensor Acelerómetro
2. Sensor Piezoeléctrico
3. Sensor Hall
4. Prototipo DIAGMA D-100
5. Tarjeta de Adquisición de Datos National Instruments
6. Motor Diesel
7. Accesorios: extensión eléctrica, pegante instantáneo.

- **CADENA DE MEDICIÓN**

La figura 1 muestra la cadena de medición necesaria de la técnica para la realización de la prueba.

Figura 1. Cadena de Medición.



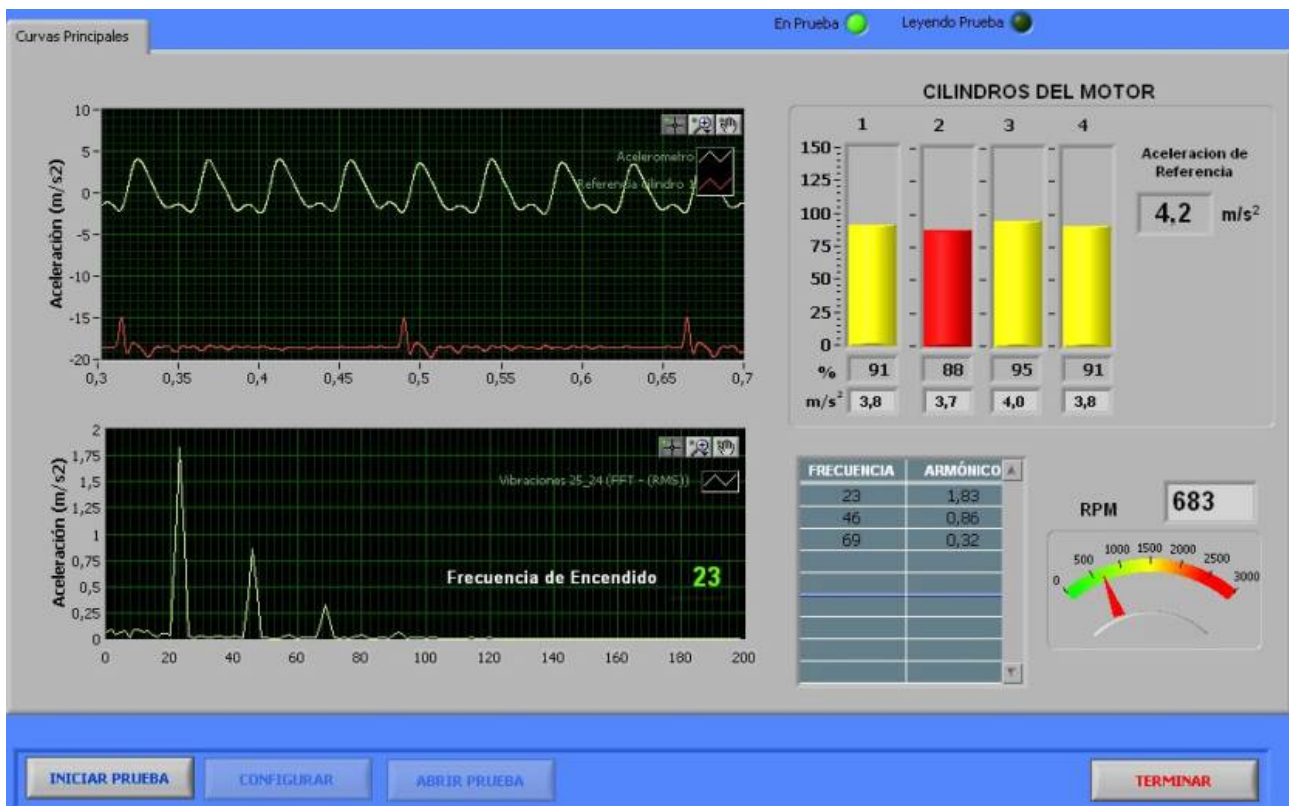
- **PROCEDIMIENTO**

1. Ubicar el prototipo DIAGMA D-100 en la parte delantera del vehículo.
2. Conectar las tarjetas acondicionadoras de la señal.
3. Ensamblar el Acelerómetro y ubicarlo en el bloque del motor en la parte más alejada del cigüeñal sobre una superficie limpia y lisa.
4. Ubicar el Sensor Piezoeléctrico en la línea de inyección del cilindro 1.
5. Conectar el Sensor de aceleración y el sensor piezoeléctrico al prototipo.
6. Seleccionar e iniciar el programa de la prueba.
7. Las señales enviadas son interpretadas por el programa realizado en el software LABVIEW obteniendo los datos y las gráficas que describen el comportamiento del motor.



RESULTADOS DE LA PRUEBA EN CAMPO

La figura 2 muestra el panel frontal de la técnica donde se muestran los resultados de la prueba de campo realizada en TRANSCOLOMBIA S.A. Estos valores son consignados y evaluados en la hoja de inspección.

Figura 2. Panel Frontal técnica Oscilaciones del Bloque.



HOJA DE INSPECCIÓN

	PROYECTO DIAGMA D-100 TÉCNICA OSCILACIONES DEL BLOQUE			
Archivo	C:\Archivos de programa\Diagma\Pruebas\Vibraciones	Fecha	Dic. 28 2005	
Lugar	TRANSCOLOMBIA S.A.	Hora	3:00 P.M.	
Responsable	Jorge Eliecer Castellanos B.	Revisó	Ing. Jorge Luis Chacón V.	
DATOS VEHÍCULO		DATOS MOTOR		
Vehículo	Buseta	Tipo Motor	ISUZU	
Placa	XLM-800	Cilindros	4 cilindros en línea	
Modelo	NPR 4HG1-2002			
MEDIDA				
Posición sensor	Un punto en el bloque del motor cerca al cárter	RPM	683	
Ciclo del Motor	4T	Frecuencia de muestreo (Hz)	10000 Hz	
Orden de encendido	1 - 3 - 4 - 2	Aceleración de referencia (m/s ²)	4,2	
ANÁLISIS EN DOMINIO TIEMPO		ANÁLISIS EN DOMINIO FRECUENCIA		
	Aceleración	%	Frecuencia (Hz)	Valor de pico
Cilindro 1	3,8	91	Frec. encendido	26
Cilindro 2	3,7	88	Subarmónicos	53
Cilindro 3	4,0	95		79
Cilindro 4	3,8	91		
PROMEDIO	3,83			
DESV. ESTAND.	0,10			
VARIANZA	0,01			
OBSERVACIONES				
La prueba se llevo a cabo satisfactoriamente y sin contratiempos.				

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- Se puede apreciar que el comportamiento de los cuatro cilindros es muy uniforme, con una aceleración promedio de 3,83 m/s².
- En el análisis dominio frecuencia se observan la frecuencia de encendido y los subarmónicos característicos de un motor nuevo (aproximadamente cero kilómetros) lo cual es el resultado esperado.

CONCLUSIONES

- Se realizó la prueba a un vehículo de uso prolongado para determinar su comportamiento en cuanto a oscilaciones del bloque.
- De acuerdo a los datos obtenidos, se puede concluir que los cuatro cilindros se encuentran en buenas condiciones de operación.
- Se calcularon los datos estadísticos de la prueba y se registraron en la respectiva hoja de inspección.
- Se llenó la hoja de inspección, en la cual se encuentran los datos del vehículo y del motor así como las observaciones que se dieron en la ejecución de la prueba de oscilaciones del bloque.
- Para la realización de la prueba se utilizó el acelerómetro y el sensor piezoeléctrico para determinar el estado del motor en cuanto a compresión y combustión.

TÍTULO DEL PROYECTO:

**TÉCNICA PRESIÓN EN LAS LÍNEAS DE INYECCIÓN
PRUEBAS DE CAMPO**

PRESENTADO POR:

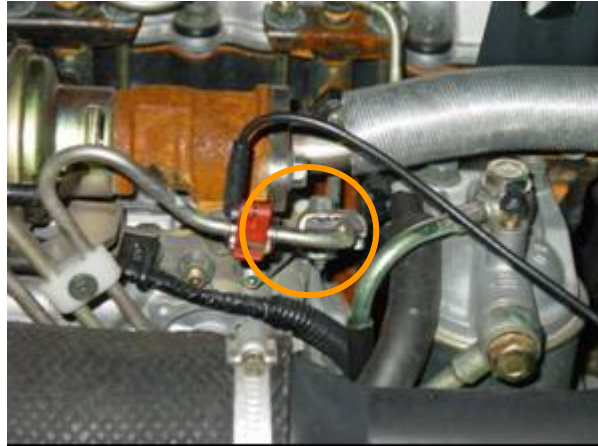
**OSCAR CAMARGO ANGARITA
JORGE ELIECER CASTELLANOS BENAVIDES**

INFORME Nº: 5

FECHA: 28 DICIEMBRE DE 2005

PRUEBA DE SISTEMA DE INYECCION

TRANSCOLOMBIA S.A. DICIEMBRE 28 DE 2005



RESUMEN

La prueba del sistema de inyección se realizó el día 28 de diciembre de 2005 en las instalaciones de la estación de **TRANSCOLOMBIA S.A.** ubicada en la Carrera 15 No. 3 – 86 de Bucaramanga, realizadas bajo la dirección del Ingeniero Jorge Luís Chacón. Llegamos aproximadamente a las 2:30 p.m. y contactamos a la persona encargada, para que nos fuera asignado el vehículo luego de parquearlo adecuadamente se procedió a instalar el sensor Hall (para la medición de rpm) y el imán en la polea del cigüeñal con la correspondencia del punto muerto superior para obtener la señal de referencia, seguidamente se hizo el montaje del sensor de presión (piezoeléctrico) tipo abrazadera KG60 AVL, en cada una de las líneas de inyección de los 4 cilindros del motor ISUZU 4HG1; dicho sensor se conectó al PROTOTIPO DIAGMA D-100, ubicado cerca al motor para facilitar las conexiones; se inició el programa y se realizó la medición. La prueba se llevó a cabo manteniendo el motor en ralentí y mediante el programa realizado en LABVIEW, se obtuvieron los datos y las curvas que describen el comportamiento del motor, con los cuales se calculan los datos estadísticos para el análisis de la prueba. Durante la prueba se llenaron los datos necesarios en la hoja de inspección.

INTRODUCCION

La prueba realizada consiste en determinar y analizar el sistema de inyección del motor a partir de las líneas de alta presión, para obtener los valores de la presión máxima de inyección y del ángulo de avance de la inyección; utilizando un motor NPR 4HG1 con un número de horas acumuladas de desgaste significativas debido al trabajo prolongado del vehículo, con el fin de realizar la respectiva comparación con los valores de referencia hallados en los vehículos nuevos (cero kilómetros).

OBJETIVOS

- Obtener los valores de presión máxima de inyección y ángulo de avance de la inyección, en un motor Diesel cuatro tiempos con un uso prolongado.
- Calcular y analizar los datos estadísticos de la prueba.

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

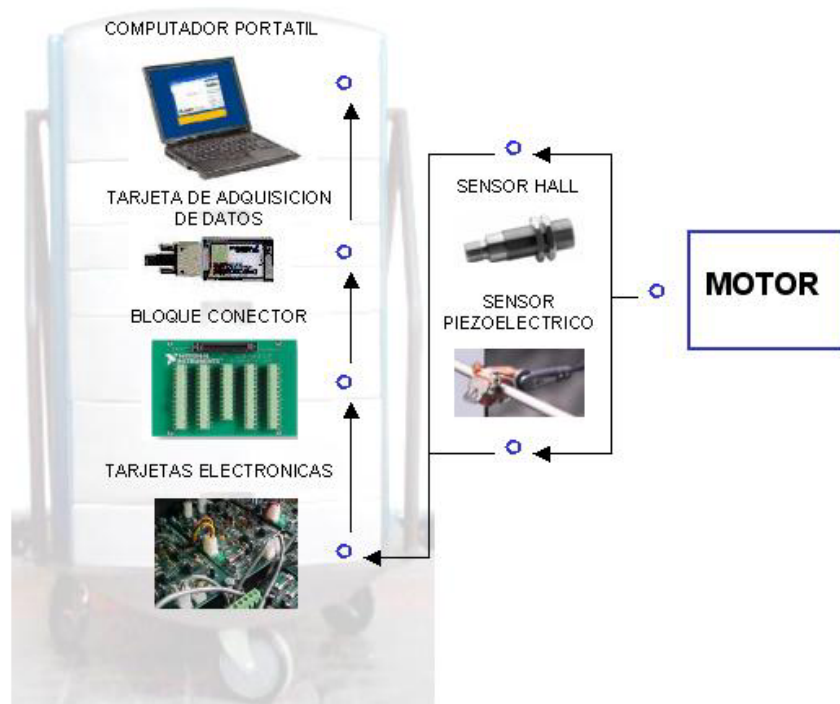
• INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

- PROTOTIPO DIAGMA D-100
- Sensor piezoeléctrico KG60 AVL
- Sensor Hall CHERRY GS100
- Extensión del sensor
- Soporte del sensor
- Imán
- Accesorios: cables, extensión eléctrica, multitomas eléctricas, pegante instantáneo.
- Herramientas: destornillador, llaves, pinzas.

- **CADENA DE MEDICION**

La figura 1 muestra la cadena de medición necesaria de la técnica para la realización de la prueba.

Figura 1. Cadena de medición



PROCEDIMIENTO

1. Montaje del sensor piezoeléctrico: se montó el sensor en la línea de inyección evitando colocarlo en superficies sucias, superficies con curvaturas o muy calientes (temperaturas mayores a 70 °c) y lo mas cercano al inyector.
2. Montaje del sensor Hall: Para tal prueba se montó el sensor inductivo Hall, apoyado sobre una base metálica, ésta debe ser externa al vehículo, para

evitar vibraciones del motor que induzcan errores de medición; el imán necesario para la medición se montó en la muesca grabada sobre la polea del cigüeñal.

3. Preparación del PROTOTIPO DIAGMA D-100: se alimenta el prototipo utilizando la extensión para ubicarlo cerca al motor, se encienden las tarjetas electrónicas y el computador portátil instalado en el nivel superior del equipo, se conectan los sensores en los puertos correspondientes y se da inicio a la medición.
4. Software: las señales enviadas son interpretadas por el programa realizado en el software LABVIEW obteniendo los datos y las gráficas que describen el comportamiento del motor.
5. Se realizó la medición en cada uno de los 4 cilindros, obteniéndose los valores de presión máxima de inyección y ángulo de avance de la inyección a una velocidad de ralentí específica del motor destinado para la prueba.

RESULTADOS DE LA PRUEBA EN CAMPO

Figura 2. CILINDRO 1

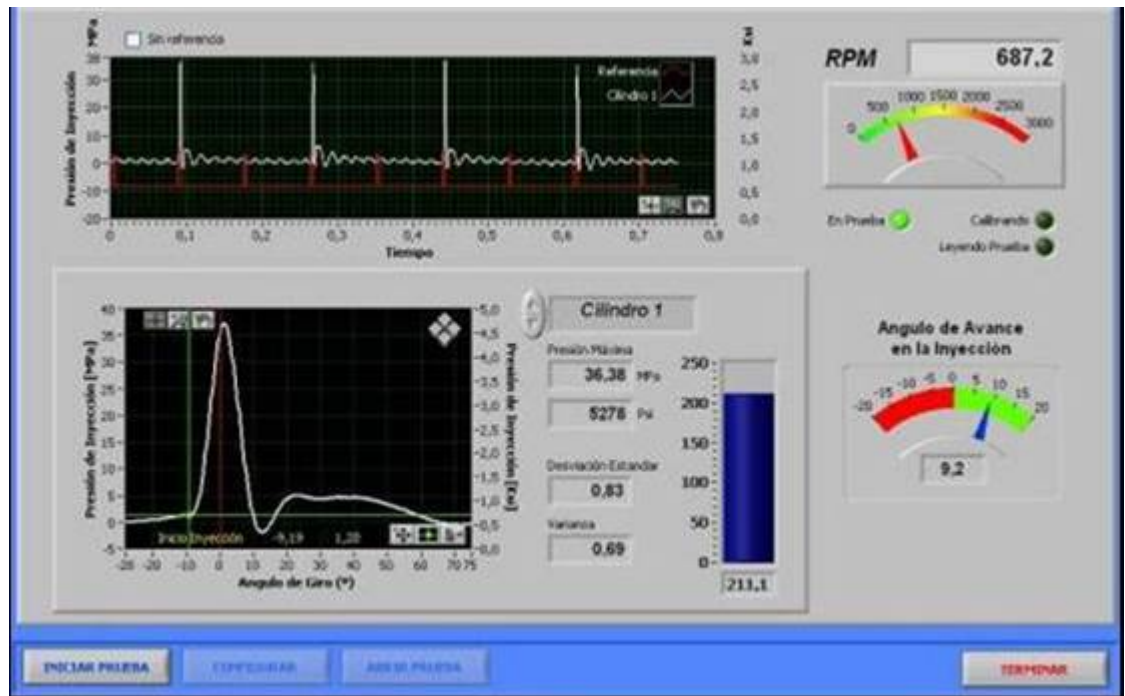


Figura 3. CILINDRO 2

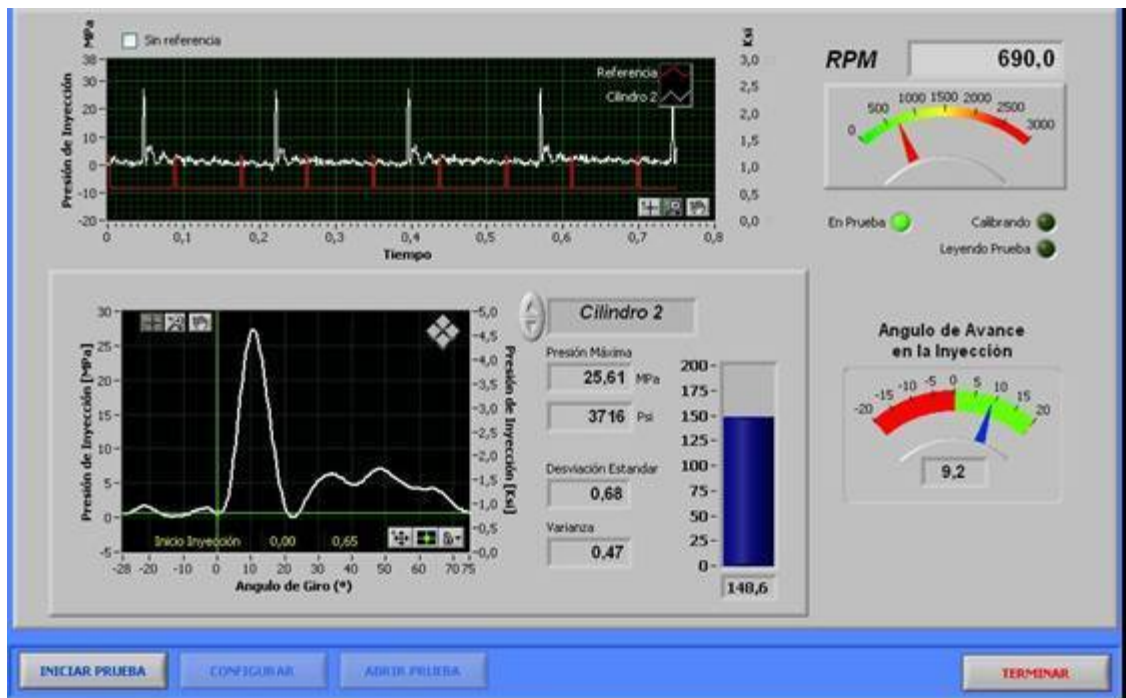


Figura 4. CILINDRO 3

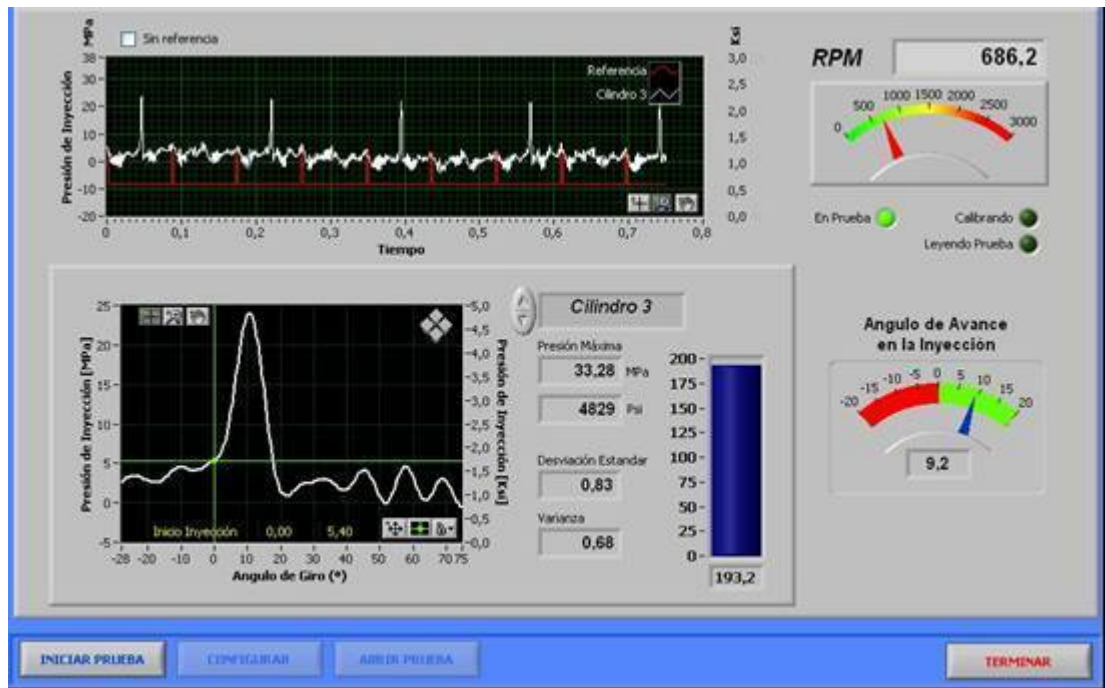
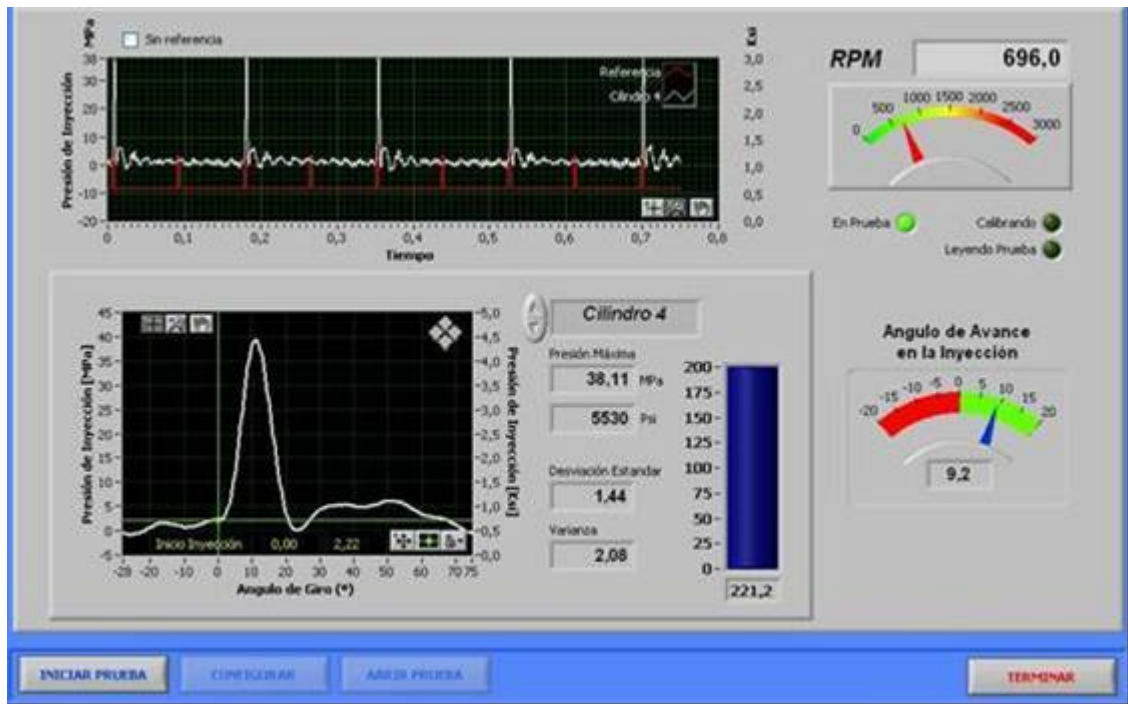




Figura 5. CILINDRO 4



HOJA DE INSPECCION

		PROYECTO DIAGMA D-100 TECNICA LINEAS DE INYECCION.					
Archivo	C:\archivos del programa\Diagma\pruebas\inyeccion			Fecha	28 Diciembre de 2005		
Lugar	TRANSCOLOMBIA S.A.			Hora	3:00 p.m.		
Responsable	Oscar Camargo Angarita		Revisó	Ing. Jorge Luis Chacón.			
DATOS VEHICULO				DATOS MOTOR			
Vehiculo	Buseta	Tipo motor	ISUZU	Bomba Iny.	ZEXEL BOSCH	Inyector	Directo
Placa	XLM 800	Cilindros	4 en línea	Bomba tipo	EMBOLO	Diam. Tuberia	6 mm
Modelo	NPR 4HG1-2002					Ang. Inyección	9
DATOS DE LA PRUEBA							
Ubic. sensor	Línea de inyección c/u cilindros	frecuencia muestreo (Hz)	10000	Sensor PMS	HALL		
T. de med. (ms)	1/10000	Sensor Velocidad (rpm)	HALL				
ANALISIS ESTADISTICO DE LA INYECCION							
CILINDRO 1				CILINDRO 2			
Vel. Ralentí	687,2 rpm	Ang. Avance	9,2	Vel. Ralentí	690 rpm	Ang. Avance	9,2
P. Inyección	Media	Desv.estand	Varianza	P. Inyección	Media	Desv.estand	Varianza
	36,38 Mpa	0,83	0,69		25,61 Mpa	0,68	0,47
CILINDRO 3				CILINDRO 4			
Vel. Ralentí	686,2 rpm	Ang. Avance	9,2	Vel. Ralentí	696 rpm	Ang. Avance	9,2
P. Inyección	Media	Desv.estand	Varianza	P. Inyección	Media	Desv.estand	Varianza
	33,28 Mpa	0,83	0,68		38,11	1,44	2,08
OBSERVACIONES							
1) Encontramos inestabilidades en la medición debidas a la dificultad en el montaje de las pinzas piezoeléctricas en las líneas de inyección. 2) las curvaturas en las líneas de inyección producen ruido en la señal. 3) El cilindro 1 presenta líneas rectas de facil utilización. 4) En el cilindro 2 notamos que los valores bajos se deben a la incomodidad del montaje del sensor, ya que alcanzamos a visualizar valores similares a los de los otros cilindros.							

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- La curva de inyección presenta un comportamiento de acuerdo a la curva característica de un motor Diesel de cuatro tiempos.
- Los resultados de presión máxima observados en la hoja de inspección para los cilindros 1 y 3 presentan valores cercano a los valores de referencia mientras los cilindros 2 y 4 presentan una cuantía diferente, el cilindro 2 muestra una presión de 25,21 aproximadamente un 25% menos que el valor de referencia y por su parte el cilindro 4 con una presión de 38,11 supera el valor de referencia en un 13% aproximadamente.

- El valor del Angulo de Avance de la Inyección calculado por el software es (9.2), es decir, el ángulo se atrasó 0,2 grados, aproximadamente un 2% del valor teórico (9.0), encontrado en catálogos, proporcionados por CODIESEL S.A.



CONCLUSIONES

- El software nos arrojó los datos correspondientes al ángulo de avance y presión máxima con los cuales se llenaron los requerimientos de la hoja de inspección.
- Es muy difícil conseguir una perfecta perpendicularidad entre el sensor HALL y el imán, debido a las dimensiones del sensor y el lugar en cual tiene que ser ubicado.
- La presión máxima de inyección observada en los cuatro cilindros, fue muy cercana a los valores de referencia en los cilindros 1, y 3, mientras la presión en el cilindro 2 fue bastante menor y en el cilindro 4 estuvo por encima de la referencia en un porcentaje considerable.
- Existen muchos factores que afectan la inyección, tales como, el desgaste de los orificios de tobera, crecimiento de los huelgos y por lo tanto de las fugas, el desgaste de los engranajes y las levas, ellos aparecen con el permanente uso de la máquina, modificando sus condiciones de trabajo y disminuyendo la eficiencia del vehículo.
- Algunos parámetros geométricos influyentes en la inyección, como, longitud y diámetro de la tubería fueron verificados.
- Se llenó y evaluó el uso de la hoja de inspección.

- Se llevo a cabo la prueba de inyección de manera satisfactoria en un motor Diesel cuatro tiempos con un uso prolongado, obteniendo valores para la comparación con las pruebas iniciales.
- Las curvas de comportamiento del ángulo de avance, se obtuvieron por medio del programa realizado en **LABVIEW**.

Anexo 3. HOJAS DE INSPECCION PRUEBAS

HOJA DE INSPECCIÓN TÉCNICA ANÁLISIS DE GASES Y % DE OPACIDAD

 PROYECTO DIAGMA D-100 TECNICA ANÁLISIS DE GASES Y % DE OPACIDAD			
Archivo de datos		Fecha	
Lugar		Hora	
Responsable		Revisó	
DATOS DEL VEHÍCULO		DATOS DEL MOTOR	
Vehículo		Tipo Motor	No. cilindros
Placa		Chasis No.	Desplazamiento
Modelo		Pot. Nominal	Diámetro exhosto
ANÁLISIS DE GASES			
CALIBRACIÓN DEL ANALIZADOR			
		HC ppm	% V CO2
Concentración Gas patrón		%V CO	% V O2
Verificación			
PARTE EXPERIMENTAL			
RALENTÍ			
	T. GASES	T. ACEITE	RPM
Media			HC ppm
Desv. Estandar			% V CO2
Moda			% V CO
Máximo			% V O2
Mínimo			
MEDICIÓN			
	T. GASES	T. ACEITE	RPM
Aceleración 1			HC ppm
Aceleración 2			% V CO2
Aceleración 3			% V CO
Promedio			% V O2
Desviación Estandar			
Varianza			
ANÁLISIS % DE OPACIDAD			
CALIBRACION DEL OPACIMETRO		PARTE EXPERIMENTAL	
		RALENTI	
		T. GASES	T.ACEITE
Cero	Media	RPM	%OPACIDAD
Esc. Maxima	Desviacion Estandar		
Filtro No. 1	Moda		
Filtro No. 2	Maximo		
Filtro No. 3	Minimo		
% OPACIDAD NORMAL		MEDICION	
Modelo	%	ENSAYOS	T. GASES
2001 y post	40	Aceleracion 1	T.ACEITE
1996-2000	50	Aceleracion 2	RPM
1991-1995	55	Aceleracion 3	%OPACIDAD
1986-1990	60	Promedio	
1981-1985	65	Desviacion Estandar	
1980 y ant.	70	Varianza	
OBSERVACIONES			



PROYECTO DIAGMA D-100
TECNICA ANALISIS DE GASES
MEDIDA DE FLUJO DE AIRE Y GAS DE ESCAPE



PARTE EXPERIMENTAL

RALENTÍ

	TOTAL	HC	CO	CO2	O2	MP	LAMBDA	A/F
Media								
Desv. Estandar								
Moda								
Máximo								
Mínimo								



MEDICIÓN

	TOTAL	HC	CO	CO2	O2	MP	LAMBDA	A/F
Aceleración 1								
Aceleración 2								
Aceleración 3								
Promedio								
Desv. Estandar								
Varianza								


OBSERVACIONES

--



HOJA DE INSPECCIÓN TÉCNICA POTENCIA Y PAR

 PROYECTO DIAGMA D-100 TÉCNICA POTENCIA Y PAR				
Archivo de datos		Fecha		
Lugar		Hora		
Responsable		Revisó		
<i>DATOS VEHÍCULO</i>		<i>DATOS MOTOR</i>		
Vehículo		Tipo Motor		
Placa		Motor No.		
Modelo		Cilindros		
<i>DATOS DE LA PRUEBA</i>				
TAD		Referencia PMS		
Frec de muestreo		Sensor rpm		
Momento inercia		No de puntos		
<i>ANÁLISIS EN DOMINIO TIEMPO</i>				
	Potencia	Torque	<i>CURVA PROMEDIO</i>	
Medida 1			Máximo	RPM
Medida 2			Potencia	
Medida 3				
Medida 4			Torque	
Medida 5				
Promedio			Velocidad	
Desv. Estandar			de ralenti	
Varianza				
OBSERVACIONES				



HOJA DE INSPECCIÓN TÉCNICA VARIACIÓN DE VELOCIDAD ANGULAR

 GIEMA <small>GRUPO INSTITUCIONAL DE INVESTIGACIONES EN MECÁNICA</small>	PROYECTO DIAGMA D-100 VARIACION DE LA VELOCIDAD ANGULAR			 <small>CENTRO DE INVESTIGACIONES EN MÁQUINAS TÉCNICAS ALTERNATIVAS</small>
Archivo de datos			Fecha	
Lugar			Hora	
Responsable			Revisó	
DATOS VEHÍCULO				
Vehículo			Tipo Motor	
Placa			Chasis No.	
Modelo			Cilindros	
DATOS DE LA PRUEBA				
TAD			Sensor Optico Reflexivo	
Frec de muestreo			Sensor Inyección	
Referencia PMS			Tipo prueba	
Coef. Irregularidad			Vel. Promedio RPM	
Vel. Máxima			Vel. Mínima RPM	
ANÁLISIS EN DOMINIO TIEMPO			ANÁLISIS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA	
	% COMPRESION		Frecuencia (Hz)	Valor de pico
Cilindro 1		Frec.encendido		
Cilindro 2		Subarmónicos		
Cilindro 3				
Cilindro 4				
Promedio				
Desviacion estándar				
Varianza				
OBSERVACIONES				

HOJA DE INSPECCIÓN TÉCNICA OSCILACIONES DEL BLOQUE

		PROYECTO DIAGMA D-100 TÉCNICA OSCILACIONES DEL BLOQUE					
Archivo				Fecha			
Lugar				Hora			
Responsable			Revisó				
<i>DATOS VEHÍCULO</i>			<i>DATOS MOTOR</i>				
Vehículo			Tipo Motor				
Placa			Chasis No.				
Modelo			Cilindros				
<i>MEDIDA</i>							
Posición sensor	Un punto en el bloque del motor cerca al cárter			RPM			
Ciclo del Motor	4T		Frecuencia de muestreo (Hz)	10000 Hz			
Orden de encendido	1 - 3 - 4 - 2		Aceleración de referencia	4,2			
<i>ANÁLISIS EN DOMINIO TIEMPO</i>			<i>ANÁLISIS EN DOMINIO FRECUENCIA</i>				
	Aceleración	%		Frecuencia (Hz)	Valor de pico		
Cilindro 1			Subarmónicos	Frec. encendido			
Cilindro 2							
Cilindro 3							
Cilindro 4							
PROMEDIO							
DESV. ESTAND.							
VARIANZA							
<i>OBSERVACIONES</i>							

HOJA DE INPECCIÓN TÉCNICA PRESIÓN EN LAS LÍNEAS DE INYECCIÓN

		PROYECTO DIAGMA D-100 TECNICA LINEAS DE INYECCION.									
Archivo						Fecha					
Lugar						Hora					
Responsable					Revisó						
DATOS VEHÍCULO			DATOS MOTOR								
Vehículo			Tipo motor			Bomba Iny.			Inyector		
Placa			Cilindros			Bomba tipo			Diam. Tubería		
Modelo			Chasis No.					Ang. Inyección			
DATOS DE LA PRUEBA											
Ubic. sensor				frecuencia muestreo (Hz)				Sensor PMS			
T. de med. (ms)				Sensor Velocidad (rpm)							
ANALISIS ESTADISTICO DE LA INYECCION											
CILINDRO 1						CILINDRO 2					
Vel. Ralentí			Ang. Avance			Vel. Ralentí			Ang. Avance		
P. Inyección	Media	Desv.estand	Varianza			P. Inyección	Media	Desv.estand	Varianza		
CILINDRO 3						CILINDRO 4					
Vel. Ralentí			Ang. Avance			Vel. Ralentí			Ang. Avance		
P. Inyección	Media	Desv.estand	Varianza			P. Inyección	Media	Desv.estand	Varianza		
OBSERVACIONES											

Anexo 4. INSTRUMENTACION

INSTRUMENTACIÓN PROYECTO DIAGMA D-100

SENSOR DE EFECTO HALL PARA MEDICIÓN DE R.P.M.

El sensor de efecto Hall (figura 1) es un sensor del tipo captador magnético acoplado al volante del motor. Envía pulsos digitales al ser acercado a los dientes magnetizados del volante o al colocar un imán en el punto muerto superior si los dientes no están magnetizados. Su función es informar a la unidad de control electrónico la velocidad a la que va circulando el eje del cigüeñal del motor.

En todo sensor de efecto Hall se ven tres conexiones: masa, señal y alimentación, por lo tanto para probarlos se conecta el positivo del multímetro en la conexión de salida de señal, el negativo a masa, y se alimenta en un rango de 5 a 24V DC.

Figura 1. Sensor de efecto Hall para medición de R.P.M.



SENSOR DE PRESION TIPO PIEZOELECTRICO

Este tipo de sensor se sujeta a la línea de alta presión como se ve en la figura 2 y gracias a sus propiedades piezoeléctricas arroja una carga proporcional a la deformación del tubo, producto del incremento de la presión en el instante de la inyección. Este sensor es compacto, de fácil manejo y proporciona un contacto constante debido a una abrazadera con resorte.

Figura 2. Sensor Piezoeléctrico instalado en la línea de alta presión de un motor Diesel.



El sensor de presión tipo piezoeléctrico utilizado es el AVL KG60, el cual presenta las siguientes especificaciones técnicas:

Diámetro de la Línea 4.4 ... 4.7 mm; 5.9 ... 6.35 mm

Rango de Presión: 0 ... 3000 bar

Sensibilidad: 0.43 ... 0.55 pC / bar

Compensación de señal de interferencia: 0 ... 10 kHz (Línea doblada, Vibración)

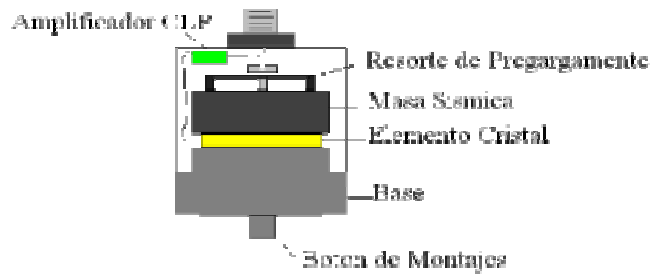
Temperatura de Operación: 20 ... 70 °C

ACELERÓMETRO PIEZOELÉCTRICO

Se puede considerar al acelerómetro piezoeléctrico como el transductor estándar para medición de vibración en máquinas. Se produce en varias configuraciones, pero la ilustración del tipo compresión (figura 3) sirve para describir el principio de la operación. La masa sísmica está acoplada a la base con un perno axial, que se apoya en un resorte circular. El elemento piezoeléctrico está ajustado entre la base y la masa. Cuando un material está sujeto a una fuerza, se genera una carga eléctrica entre sus superficies. Hay muchos materiales de este tipo. El cuarzo es el más utilizado. También hay materiales piezoeléctricos sintéticos que funcionan bien y en algunos casos son capaces de funcionar a temperaturas más altas que el cuarzo. Si se incrementa la temperatura de un material piezoeléctrico, se llega

al llamado "punto curie" o " temperatura curie" y se pierde la propiedad piezoeléctrica. Una vez que esto pasa, el transductor queda defectuoso y no se puede reparar.

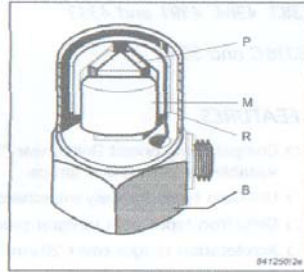
Figura 3. Sensor acelerómetro piezoeléctrico tipo compresión



Cuando se coloca un acelerómetro es importante que la ruta de vibración desde la fuente hacia el acelerómetro sea la más corta posible, especialmente si se está midiendo la vibración en rodamientos con elementos rodantes. El sistema sísmico resorte–masa representa el elemento básico transductor de muchos instrumentos para medir la vibración.

El acelerómetro piezoeléctrico se utiliza para medir vibraciones cuya frecuencia sea inferior a unos 2 KHz, porque su frecuencia natural es del orden de los 5 KHz. El sensor acelerómetro utilizado es el 4384 Brüel & Kjær de tipo pasivo (figura 4), es decir, no incluye los circuitos internos para convertir la carga a una señal de voltaje, y es direccional, solo mide aceleración en un eje.

Figura 4. Sensor acelerómetro piezoeléctrico 4384



P: elemento piezoeléctrico

M: masa Sísmica

B: base

R: resorte

Fuente: Product Data: accelerometer Brüel & Kjær

SENSOR DE CORRIENTE HALL

El sensor de corriente Hall (figura 5) se acondiciona en una caja metálica de tal forma que las interferencias debidas al ruido eléctrico sean mínimas. Este sensor se encuentra dotado de una alimentación, tierra y señal de salida por medio de una extensión con un cable de tres hilos; este provee una señal de voltaje que varia entre 2.5 V a 5.5 V según la corriente que pase por el elemento sensor.

Figura 5. Sensor Hall de corriente



SENSOR FOTOELÉCTRICO REFLEXIVO DE VELOCIDAD

Este sensor es muy usado para aplicaciones de automóviles ya que reemplazan los dispositivos mecánicos por un rayo de luz que puede ser usado en distancias de menos de 20 mm hasta varios centímetros, de acuerdo con los lentes ópticos empleados.

Funciona con una fuente de luz que va desde el tipo incandescente, hasta los diodos emisores de luz (LED), y operan al detectar un cambio en la luz recibida por el fotodetector.

Los fotodetectores son típicamente fotodiodos o fototransistores, inclinándose los fabricantes por los primeros por su insensibilidad a campos de radiofrecuencia, que podrían causar interferencia.

Algunos modelos de estos sensores son fabricados con inmunidad a la luz solar incidente o reflejada. Para ello emplean haces de luz modulada que únicamente pueden ser detectados por receptores sintonizados a la frecuencia de modulación.

TUBO PITOT

Se utiliza un tubo Pitot tipo S (figura 6) para determinar la caída de presión del gas, el cual es diseñado específicamente para la medida de flujo de gases con alto contenido de material particulado y para resistir obturaciones. Este método está basado en la determinación del caudal de gases por medio de tubo Pitot, recomendado por la EPA.

El tubo Pitot tipo S tiene dos tubos, cuyas aberturas deben estar en dirección normal al flujo del fluido, dispuestas para sensor la presión total y estática simultáneamente de la corriente de gas en un ducto o tubería; la presión total

corresponde a la suma de la presión estática ejercida en las paredes del tubo y la presión dinámica del gas en movimiento; la diferencia entre las presiones total y estática es indicada por un transductor de presión diferencial, a partir del cual se puede obtener la velocidad del fluido.

Figura 6. Tubo Pitot



El tubo pitot corresponde a un medidor de la serie 160S, marca Dwyer, diseñado para elaborar pruebas en campo y medir de la forma más real el flujo de gas con material particulado, usa tubería en acero inoxidable de 5/16" de diámetro y posee dos adaptadores de tubería para conectar manguera de 3/16" de diámetro interno.

SENSOR DE PRESION DIFERENCIAL

El diferencial de presión es medido por medio de un sensor de presión diferencial (figura 7), cuyo rango de operación es de 0 a 1 pulgada de agua, el cual convierte la señal de presión en una señal análoga.

Figura 7. Sensor de presión diferencial

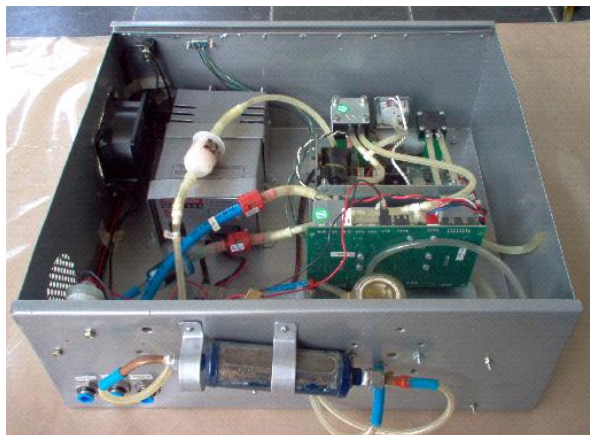


El transductor de presión corresponde a un transmisor indicador serie 604D, marca Dwyer, que provee indicación local en una escala análoga compacta y de fácil lectura. Este modelo contiene el acondicionamiento eléctrico y la amplificación de un cambio de resistencia producido por un medidor de tensión de silicona.

ANALIZADOR DE GASES

El analizador de gases diseñado para el proyecto DIAGMA D-100 (figura 8) se compone de un módulo sensor genérico AMBII para determinar las concentraciones de CO, CO₂ Y HC en el gas de escape, basado en una tecnología infrarroja no dispersiva, cuya radiación infrarroja se hace pasar a través de una celda conteniendo el gas de la muestra que se desea analizar, y la absorción cuantitativa de energía del gas, es medida por un detector apropiado en el fotómetro no dispersivo. El módulo, también cuenta con un dispositivo para medir la concentración de oxígeno mediante una celda electroquímica, a la que se le introduce la muestra de gas en una solución electrolítica a través de una membrana permeable. El oxígeno se difunde en el electrolito y es electrolizado a un potencial constante. Dicha reacción genera una corriente eléctrica que es función de la concentración de oxígeno.

Figura 8. Analizador de gases



Para operar el AMBII, fue necesario adquirir una bomba de diafragma de doble efecto, drenaje y muestreo, una válvula solenoide, fuente de energía, filtros para retirar humedad y el material particulado para evitar el daño de los sensores.

SENSOR DE TEMPERATURA

La medida de la temperatura es importante para poder determinar la densidad del gas y así conocer su velocidad. La temperatura se mide por medio de una termocupla tipo J blindada de 1 m de largo y 5 mm de diámetro, la cual se coloca junto con el tubo pitot tipo S.

TRANSDUCTOR DE OPACIDAD LCS

El transductor de Opacidad LCS de flujo parcial (figura 9), está diseñado para medir las emisiones de humo de los motores Diesel. El LCS usa la técnica de corriente parcial y mide la atenuación (o la transmisión) de un haz de luz al pasar a través de un flujo de gas conteniendo material particulado en suspensión. El método se basa en el principio que las partículas absorben parte de la luz o son reflectadas por la misma. Una opacidad de cero indica que no hay humo en la celda de la muestra y una opacidad de cien indica que el tubo está completamente bloqueado.

Figura 9. Transductor de opacidad LCS



SONDA DE MUESTREO

La sonda de muestreo (figura 10) está formada por una punta de malla de acero inoxidable de 1.3 cm de diámetro externo y 1.05 cm de diámetro interno con un dispositivo de agarre que asegura que la sonda quede centrada en el tubo, y por 3 m de manguera de silicona de 2.25 cm de diámetro externo y 1.3 cm de diámetro interno. Se utiliza para llevar la muestra de los gases de escape hasta el opacímetro.

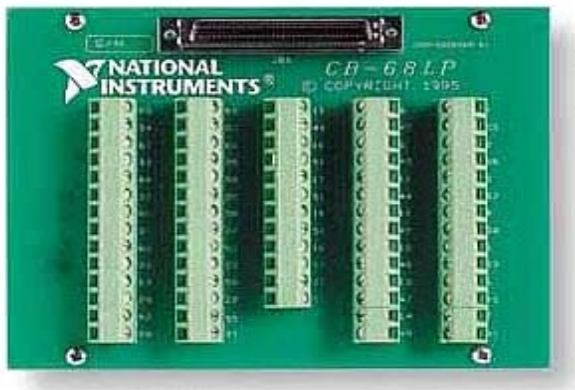
Figura 10. Sonda de muestreo



BLOQUE CONECTOR NATIONAL INSTRUMENTS

El bloque conector National Instruments (figura 11) es una plataforma que consta de terminales, dispuestos de tornillos para fijar los cables provenientes del acondicionamiento del sensor, para enviar las señales a la tarjeta de adquisición de datos PCMCIA, a través del Cable ASSY, DAQ, tipo RC 68-68, al computador.

Figura 11. Bloque Conector National Instruments



FUENTE DUAL

La unidad **FUENTE DUAL DIAGMA D-100** trabaja con transformadores que poseen doble devanado secundario con tab central para aplicaciones de seguridad y aislamiento del equipo de diagnóstico de motores Diesel. Cuenta con un sistema novedoso y funcional para implementar la conexión de las tarjetas que conforman el hardware central del equipo de diagnóstico. Las características novedosas de cableado y configuración permiten un sistema flexible y escalable a las necesidades del usuario.

CARACTERÍSTICAS

- Conexión de hasta dos transformadores de aislamiento de 110VAC/13VAC con dos devanados secundarios y tab central de 3 Amperios.
- 8 Salidas de voltaje dual reguladas distribuidas en 4 salidas de voltaje de +/- 12 Volts y 4 de +/-5 Volts.
- Led indicador de on/off.
- Bajo consumo de corriente lo que permite ahorro de energía.
- Compatible con el hardware de control y monitoreo del equipo de diagnóstico DIAGMA D-100.
- Equipo provisto de partes robustas para mayor durabilidad.

TARJETAS ELECTRÓNICAS

La unidad **TARJETA INYECCIÓN Y VIBRACIÓN DIAGMA D-100** trabaja con alimentación dual de 12 Volts proveniente de la fuente dual DIAGMA D-100. Cuenta con un sistema novedoso y funcional para implementar la conexión de las tarjetas que conforman el hardware central del equipo de diagnóstico DIAGMA D-100. Las características novedosas de cableado y configuración permiten un sistema flexible y escalable a las necesidades del usuario.

CARACTERÍSTICAS

- Alimentación con fuente dual de 12 Volts.
- 2 canales de acondicionamiento de señal para adquirir señales de acelerómetros referencia 4384 de Brüel & Kjær y sensores de presión piezoeléctricos tipo abrazadera referencia AVL KG60.
- Amplificador de carga para acelerómetros y sensores de presión piezoeléctricos.
- Filtro banda de rechazo para ruido de 60 Hz.

- Amplificador de bajo ruido para niveles de salida de 0-5 Volts.
- Led indicador de on/off.
- Bajo consumo de corriente lo que permite ahorro de energía.
- Compatible con el hardware de control y monitoreo del equipo de diagnostico DIAGMA D-100.
- Equipo provisto de partes robustas para mayor durabilidad.

La unidad **TARJETA TEMPERATURA Y FLUJO DIAGMA D-100** trabaja con dos fuentes de alimentación dual de 12 Volts. Posee seis canales para medición de temperatura y dos para medición de flujo. Cuenta con un sistema novedoso y funcional para implementar la conexión de las tarjetas que conforman el hardware central del equipo de diagnóstico. Las características novedosas de cableado y configuración permiten un sistema flexible y escalable a las necesidades del usuario.

CARACTERÍSTICAS

- Alimentación con dos fuentes duales aisladas de 12 Volts.
- 6 canales de acondicionamiento de señal de temperatura, 2 para termocupla tipo K y 4 para termocupla tipo J.
- 2 canales de acondicionamiento de señal para medición de flujo, mediante de un conversor de corriente a voltaje de 4-20 mA a 0-5 Volts.
- Leds indicadores de estado y de flujo máximo.
- Bajo consumo de corriente lo que permite ahorro de energía.
- Compatible con el hardware de control y monitoreo del equipo de diagnostico DIAGMA D-100.
- Equipo provisto de partes robustas para mayor durabilidad.

La unidad **TARJETA VELOCIDAD Y CORRIENTE DIAGMA D-100** trabaja con una fuente de alimentación dual de 12 Volts y una fuente de alimentación sencilla

de 5 Volts. Posee seis canales para medición de temperatura y dos para medición de flujo. Cuenta con un sistema novedoso y funcional para implementar la conexión de las tarjetas que conforman el hardware central del equipo de diagnóstico. Las características novedosas de cableado y configuración permiten un sistema flexible y escalable a las necesidades del usuario.

CARACTERÍSTICAS

- Alimentación con una fuentes dual de 12 Volts y una fuente sencilla de 5 Volts.
- 6 canales de acondicionamiento de señal de temperatura, 2 para termocupla tipo K y 4 para termocupla tipo J.
- 2 canales de acondicionamiento de señal para medición de flujo.
- Leds indicadores de.
- Bajo consumo de corriente lo que permite ahorro de energía.
- Compatible con el hardware de control y monitoreo del equipo de diagnostico DIAGMA D-100.
- Equipo provisto de partes robustas para mayor durabilidad.

Anexo 5. RESUMEN ESTADISTICA

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS EXPERIMENTALES

Cuando se toma un conjunto de datos de lecturas de un instrumento, las lecturas individuales pueden variar un poco, y por lo general el investigador se interesa en la media de todas las lecturas. Si se denota cada lectura por x , y hay n lecturas, la media aritmética la da

$$x_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

La desviación d_i para cada lectura la define

$$d_i = x_i - x_m \quad (2)$$

Puede observarse que el promedio de las desviaciones de todas las lecturas es cero, ya que

$$\bar{d}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_m) \quad (3)$$

$$= x_m - \frac{1}{n} (nx_m) \quad (4)$$

El promedio de los valores absolutos de las desviaciones lo da

$$|\bar{d}_i| = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |d_i| = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - x_m| \quad (5)$$

Debe observarse que esta cantidad no siempre es cero.

La desviación estándar o desviación de la raíz media cuadrática se define como

$$\sigma = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

y el cuadrado de la desviación estándar σ^2 se llama varianza, algunas veces denominada desviación estándar de la población o desviación estándar sesgada, debido a que, en sentido estricto, se aplica solo cuando se toma un gran número de muestras para describir la población.

En muchas circunstancias al ingeniero no le será posible coleccionar tantos puntos de datos como es necesario para describir la población subyacente. En términos generales, es deseable tener cuanto menos 20 mediciones, con objeto de obtener estimaciones confiables de la desviación estándar y una validez general de los datos. Para pequeños conjuntos de datos, una desviación estándar de la muestra, o no sesgada, se define como

$$\sigma = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2}{n-1} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

El factor n-1 se usa en lugar de n como en la ecuación (6). La desviación estándar no sesgada, o de muestra, debe usarse cuando la población subyacente no se conoce; sin embargo, cuando se hacen comparaciones con una población conocida o estándar, la ecuación (6) es la apropiada como desviación estándar. Un ejemplo en la calibración de un voltímetro, comparada con una fuente de voltaje conocido.

Hay otras clases de valores medios de interés que se presentan en el análisis estadístico. La mediana es el valor que divide los puntos de datos a la mitad; por ejemplo, si las mediciones de cinco resistencias de producción dan 10, 12, 13, 14 y 15 kΩ, el valor de la mediana es 13 kΩ; pero la media aritmética es

$$R_m = \frac{10+12+13+14+15}{5} = 12.8 \text{ k}\Omega$$

Algunas veces es útil usar una media geométrica cuando se estudian fenómenos que crecen en proporción a su tamaño. Esto puede aplicarse a procesos biológicos y a tasas de crecimiento de recursos financieros. La media geométrica se define como

$$x_g = [x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdots x_n]^{\frac{1}{n}}$$

CRITERIO DE CHAUVENET

Es una prueba que se utiliza para eliminar puntos desviados de un conjunto de datos. La tabla 1 muestra los valores de la razón de la desviación estándar para diversos valores de n , de acuerdo con este criterio.

Tabla 1. Criterio de Chauvenet para rechazar una lectura

Numero de lecturas n	Razón de las desviación máxima aceptable a la desviación estándar d_{max}/σ
3	1.38
4	1.54
5	1.65
6	1.73
7	1.80
10	1.96
15	2.13
25	2.33
50	2.57
100	2.81
300	3.14
500	3.29
1000	3.48

Fuente: Holman. Jack. Métodos experimentales para ingenieros. 1986

En la aplicación del criterio de Chauvenet para eliminar los puntos dudosos del conjunto de datos, primero se calcula la media y la desviación estándar usando todos los puntos del conjunto. Las desviaciones de los puntos individuales se comparan con la desviación estándar de acuerdo con la desviación dada por la tabla 1 (o por la aplicación directa del criterio) y se eliminan los puntos dudosos. Para la presentación final del conjunto de datos, se calcula una nueva media y una desviación estándar con los puntos dudosos eliminados del cálculo.