

**DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE
PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE MANTENIBILIDAD EN
MOTORES DIESEL**

OSCAR DARÍO CASTELLANOS DUARTE

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2005

**DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE
PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE MANTENIBILIDAD EN
MOTORES DIESEL**

OSCAR DARÍO CASTELLANOS DUARTE

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

Director

JORGE LUIS CHACON

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2005

DEDICATORIA

A Dios,

A mis padres.

A mis hermanas

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Jorge Luis Chacon, ingeniero mecánico, director del proyecto y amigo, por su respaldo, confianza y colaboración oportuna.

Al ingeniero mecánico Jorge García por ser la base fundamental para el desarrollo de este proyecto y de todo el proyecto DIAGMA D-100

A mis padres y hermanas por su apoyo incondicional en todos los momentos importantes.

A mis amigos Juan Pablo y Cesar.

Oscar D. castellanos.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. MANTENIMIENTO EN MOTORES DIESEL	4
1.1 INTRODUCCIÓN A LOS MOTORES DIESEL	5
1.1.1 Algunas características de los motores Diesel	6
1.1.2 los avances técnicos en los motores Diesel	8
1.2 NUEVAS TENDENCIAS DEL MANTENIMIENTO A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL	13
2. DISPONIBILIDAD, CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD Y CAPACIDAD	15
2.1 LA EFICIENCIA	15
2.2 LA DISPONIBILIDAD	17
2.3 LA CONFIABILIDAD	18
2.4 LA MANTENIBILIDAD	20
2.5 LA CAPACIDAD	21
2.6 ÍNDICE DE MANTENIBILIDAD	22
2.6.1 Como se obtiene un índice de mantenibilidad	23
2.6.2 Principales parámetros de operación de los motores diesel	23

3. OBTENCIÓN DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE MOTORES DIESEL POR MEDIO DE LAS TÉCNICAS DESARROLLADAS A TRAVÉS DEL PROYECTO DIAGMA D-100	42
3.1 QUE ES EL PROYECTO DIAGMA D-100	42
3.1.1 Diseño e Implementación de la metodología de I/M	43
3.1.2 Muestra representativa seleccionada del AMB	45
3.2 ESQUEMA GENERAL DE DIAGNOSTICO	45
3.2.1 Potencia y Par	47
3.2.2 Opacidad	48
3.2.3 Corriente de Arranque	50
3.2.4 Oscilaciones del Bloque	51
3.2.5 Análisis de la Variación de la Velocidad angular	52
3.2.6 Análisis de los Gases de Escape	54
3.2.7 Análisis de las líneas de inyección de combustible	55
4. ORGANIZACIÓN DE LAS TÉCNICAS DESARROLLADAS POR EL PROYECTO DIAGMA D-100 EN UNA METODOLOGÍA ORDENADA MEDIANTE EL SOFTWARE DIAGMA D-100	58
4.1 PORQUE SE ESCOGIÓ LAB VIEW COMO LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	59
4.2 ESTRUCTURA DEL SOFTWARE	59
4.2.1 Software de Diagnóstico	59
4.3 PROPUESTA DEL SOFTWARE DIAGMA D-100 PARA ADMINISTRAR LAS TÉCNICAS DEL PROYECTO	63

5. OBTENCIÓN DEL ÍNDICE DE MANTENIBILIDAD	78
5.1 ECUACIÓN MATEMÁTICA UTILIZADA PARA EVALUAR EL ÍNDICE DE MANTENIBILIDAD	79
5.2 HOJAS DE INSPECCIÓN	81
5.2.1 Hojas de inspección clase A	82
5.2.2 Hojas de inspección clase B	100
5.2.3 Hojas de inspección clase C	102
5.3 REALIZACIÓN DEL SOFTWARE PARA OBTENER EL ÍNDICE DE MANTENIBILIDAD	103
6. BASE DE DATOS	113
CONCLUSIONES	118
BIBLIOGRAFÍA	120
ANEXOS	122

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Volúmenes Generados en el cilindro	24
Figura 2. Relaciones entre la geometría del motor	25
Figura 3. Pirámide de diagnostico en niveles	46
Figura 4. Montaje del sensor para la prueba de Potencia y Par	48
Figura 5. Esquema de montaje del opacimetro y su conexión al PC	49
Figura 6. Montaje del acelerómetro en el bloque del motor	52
Figura 7. Analizador de Gases	55
Figura 8. Diagrama de presiones en la inyección de combustible	56
Figura 9. Pirámide de diagnóstico final	58
Figura 10. Esquema general de Diseño	60
Figura 11. Panel de control básico	61
Figura 12. Modularidad del software	62
Figura 13. Interacción entre módulos	62
Figura 14. Inicio del software DIAGMA D-100	64
Figura 15. Datos de la prueba	65
Figura 16. Procedimiento General	66
Figura 17. Niveles de Diagnostico	67
Figura 18. Medición de la potencia y el par	68
Figura 19. Medición de la opacidad	69
Figura 20. Variación de la velocidad angular	70
Figura 21. Oscilaciones del bloque	72
Figura 22. Medición de la corriente de arranque	73
Figura 23. Medición de las emisiones	75

Figura 24. Análisis de las líneas de inyección de combustible	76
Figura 25. Índice de mantenibilidad	81
Figura 26. Subdivisión de las hojas de inspección en CLASES	82
Figura 27. Motor representativo en CODIESEL S.A.	84
Figura 28. Hoja de inspección datos del vehículo	86
Figura 29. Hoja de inspección de especificaciones del motor	88
Figura 30. Hoja de inspección del sistema de admisión y escape	91
Figura 31. Hoja de inspección del sistema de lubricación	93
Figura 32. Hoja de inspección del sistema de inyección de combustible	95
Figura 33. Hoja de inspección del sistema de arranque y eléctrico	96
Figura 34. Hoja de inspección del sistema de refrigeración	97
Figura 35. Hoja de inspección de opacidad, potencia y torque	99
Figura 36. Hoja de inspección CLASE B	101
Figura 37. Hoja de inspección CLASE C	103
Figura 38. Clasificación del IM	105
Figura 39. Inicio del programa INDMANT	106
Figura 40. Barra de navegación principal	107
Figura 41. Clase A del software INDMANT	108
Figura 42. Hoja de inspección visual del sistema de admisión y escape	109
Figura 43. Subgrupo de la ventana de especificaciones del vehículo	111
Figura 44. Organigrama de la base de datos	113
Figura 45. Tablas existentes en la base de datos	115
Figura 46. Relaciones entre tablas en la base de datos	116
Figura 47. Cuadro de dialogo OPCIONES	117

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE INDIMAN	132
Anexo B. Hojas de inspección CLASE A, CLASE B Y CLASE C	150

RESUMEN

TÍTULO:

DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE MANTENIBILIDAD EN MOTORES DIESEL

AUTORES:

Oscar Darío Castellanos Duarte

PALABRAS CLAVES:

Índice de mantenibilidad, motores diesel,

DESCRIPCIÓN:

El objetivo primordial de este proyecto es realizar un software para determinar el índice de mantenibilidad en motores diesel, el cual contribuye con la misión del proyecto interinstitucional DIAGMA D-100 que propone herramientas efectivas para realizar el mantenimiento predictivo de toda la flota de transporte del área metropolitana de Bucaramanga. El software está diseñado para administrar en una metodología clara y ordenada las técnicas desarrolladas por este proyecto de investigación. Estas técnicas se encargan de encontrar: los niveles de opacidad, la potencia y el torque, la relación de compresión, el análisis de las líneas de inyección, y el análisis de los gases de escape. Después de encontrados estos valores puntuales, se pueden comparar con un resultado estándar que nos indicara por medio de los niveles de alerta y alarma, de forma tanto cuantitativa como cualitativa, la clasificación real de este resultado.

Para lograr un resultado global que nos indique el estado real del motor estudiado, se tienen que sumar los resultados parciales obtenidos de cada una de estas técnicas además del examen visual de cada uno de los subsistemas que conforman el motor. A cada uno de estos resultados parciales se le adjuntará un peso en la fórmula del índice de mantenibilidad de acuerdo a su influencia en el estado general del motor. El resultado es un software de fácil manejo que nos permite recorrer en una secuencia de pasos ordenados y específicos cada una de las técnicas de investigación descritas anteriormente y emitir un resultado final que nos garantiza el estado real de un motor. Con esto se busca reducir los tiempos de diagnóstico de fallos, reducir las emisiones contaminantes, reducir el consumo de combustible, y además, llevar una base de datos que nos maneje los resultados obtenidos, conformando la hoja de vida de cada vehículo.

Este paquete informático se implementó primero en el Laboratorio de Maquinas Térmicas Alternativas (LMTA), y después en el prototipo realizado en el proyecto DIAGMA D-100 y de esta forma se benefician tanto estudiantes como profesores que estén interesados en abarcar el tema del mantenimiento de motores Diesel.

Estos paquetes informáticos se desarrollaron en el lenguaje de programación LabView 7.0 y Visual Basic los cuales nos facilitan el manejo de señales y nos provee una interfase grafica muy explicita y fácil de usar, el cual es uno de los requerimientos de este proyecto de grado.

SUMMARY

TITLE:

I DESIGN, DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A SOFTWARE TO DETERMINE THE INDEX OF MAINTAINABILITY IN MOTORS DIESEL

AUTHORS:

Oscar Darío Castellanos Duarte

KEY WORDS:

Index of maintainability, motors diesel,

DESCRIPTION:

The primordial objective of this project is to carry out a software to determine the index of maintainability in motors diesel, which contributes with the mission of the project interinstitutional DIAGMA D-100 that proposes effective tools to carry out the maintenance predictivo of the whole fleet of transport of the metropolitan area of Bucaramanga. The software this designed to administer in a clear methodology and ordinate the techniques developed by the investigation project DIAGMA D-100. These techniques take charge of finding: the levels of opacity, the power and the torque, the compression relationship, the analysis of the injection lines, and the analysis of the escape gases. After having found these punctual values, they can be compared with a standard result that indicated us by means of the levels of alert and it alarms, in way so much quantitative as qualitative, the real classification of this result.

To achieve a global result that indicates us the real state of the studied motor, they are had to add the partial obtained results of each one of these techniques besides the visual exam of each one of the subsystems that you/they conform the motor. To each one of these partial results he/she was attached a weight in it formulates it of the index of maintainability according to their influence in the general state of the motor. The result is software of easy handling that allows us to travel in a sequence of orderly and specific steps each one of the investigation techniques described previously and to emit a final result that guarantees us the real state of a motor. With this it is looked for to reduce the times of I diagnose of shortcomings, to reduce the

polluting emissions, to reduce the consumption of fuel, and also, to take a database that manages us the obtained results, conforming the leaf of life of each vehicle.

This computer package was implemented first in the Laboratory of you Scheme Thermal Alternative (LMTA), and later in the prototype carried out in the project DIAGMA D-100 and this way they benefit so much studying as professors that are interested in embracing the topic of the Diesel maintenance of motors. These computer packages were developed in the programming language LabView 7.0 and Visual Basic which facilitate us the handling of signs and it provides us a graphic very explicit and easy interface of using, which is one of the requirements of this grade project.

INTRODUCCIÓN

En el área metropolitana de Bucaramanga se inicio un proyecto de investigación en motores Diesel, el cual busca reducir las emisiones contaminantes y el consumo de combustible para el sector del transporte publico, y además implementar la primera etapa de mantenimiento predictivo para estas flotas de transporte de una forma moderna, que este a la vanguardia del mantenimiento y que además de todo se pueda implementar de forma económica y versátil.

Este proyecto interinstitucional, llamado DIAGMA D-100, patrocinado por COLCIENCIAS y que vincula a la Universidad Industrial de Santander con el apoyo de la escuela de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Química, e Ingeniería Electrónica, ha impulsado la investigación en técnicas muy puntuales, como: el análisis de los gases de escape, la obtención de la potencia y el par motor, la relación de compresión, el análisis de las líneas de inyección de combustible. La gran diferencia entre estas novedosas técnicas y las técnicas utilizadas actualmente en el diagnóstico del mantenimiento de motores diesel, es la forma no intrusiva como se desarrolla la inspección, es decir, no hay necesidad de desarmar un motor para poder diagnosticarlo.

Después de realizado este proyecto se ve claramente la necesidad de ordenar estas técnicas desarrolladas en una metodología, y de esta forma presentar una interfase hombre maquina, que nos permita acceder a estas técnicas, utilizarlas de la mejor manera, y además almacenar los datos obtenidos para

llevar un registro y control de los sucesos que involucren el mantenimiento del parque automotor.

Para poder aprovechar al máximo los resultados cada una de las técnicas desarrolladas por el DIAGMA D-100, se analizan y se comparan con los índices de alerta y alarma de cada una de estas técnicas para poder encasillar de forma verídica los resultados obtenidos para cada uno de los motores estudiados por el proyecto y de esta forma poder emitir un resultado cuantitativo y cualitativo del estado general del motor el cual llamaremos ÍNDICE DE MANTENIBILIDAD.

El capítulo 1 tiene como fin, resaltar la importancia del mantenimiento en los motores Diesel, y situarnos en nuestro entorno regional para analizar los métodos de mantenimiento empleados hasta el momento.

El capítulo 2 nos proporciona la primera introducción hacia lo que es el índice de mantenibilidad y que necesitamos para poder obtener un buen índice de mantenibilidad que nos pueda representar de forma verídica el estado general del motor

En el capítulo 3 veremos los alcances del proyecto DIAGMA D-100 y una breve presentación de cada una de las técnicas de investigación desarrolladas para el proyecto.

En el capítulo 4 se organizan las técnicas desarrolladas en un primer software, que nos permite jerarquizarlas de acuerdo a su grado de importancia en el mantenimiento del automotor, esta organización es ascendente de tipo piramidal, de esta forma se establece la Interfase Hombre Maquina (IHM).

En el capítulo 5 se desarrolla el software del Índice de Mantenibilidad (IM) teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el software descrito en el capítulo anterior y agregando una inspección visual cualitativa y cuantitativa de cada uno de los subsistemas que componen el motor Diesel. Este software se encarga de analizar los resultados obtenidos anteriormente, y proporciona las herramientas para que el operario pueda establecer dentro de los límites de alerta y alarma en que rango estadístico se encuentran estos resultados y de esta forma poder llevar al registro estos datos dentro del software y obtener por medio de un cálculo matemático el Índice de Mantenibilidad.

Se incluye como anexo 1 la implementación del software del índice de mantenibilidad INDIMAN en un vehículo de muestra.

Anexo 2 las hojas de inspección CLASE A, CLASE B Y CLASE C.

1. MANTENIMIENTO EN MOTORES DIESEL

Este capítulo abarca los parámetros principales de operación de los motores diesel en general, además de una comparación con los motores a gasolina. Finalizando con el tipo de mantenimiento que se efectúa hasta el momento en la región.

El estudio de metodologías y modelos implementados, y de los que están en desarrollo para la optimización de la operación de los motores diesel, usados en el sector del transporte público urbano y en general de este tipo de motores como fuente eficiente de transformación energética, presenta a la fecha un alto nivel de progreso en el ámbito internacional, no obstante, en nuestro medio son muchas las condiciones que influyen en un atraso considerable en cuanto a la apropiación de tecnologías modernas. Esto es debido a que el tamaño de las empresas de transporte no es suficiente como para adquirir nuevas tecnologías de diagnóstico, limitándose prácticamente al mantenimiento correctivo, el cual se ha demostrado con el pasar de los años que no es eficiente con respecto a las nuevas técnicas de mantenimiento predictivo y proactivo, las cuales están implementadas con éxito a nivel mundial.

1.1 INTRODUCCIÓN A LOS MOTORES DIESEL

A continuación se presenta un resumen de carácter general del estado del arte de los motores Diesel.¹

El motor Diesel es la principal fuente de potencia de vehículos de transporte público urbano. El liderazgo se lo debe en gran medida a su eficiencia en el consumo de combustible, lo que repercute en costos de operación menores que un motor de gasolina comparable. Sin embargo contamina, por lo cual es necesario crear las condiciones para que el impacto medioambiental sea el mínimo posible.

El desarrollo del motor Diesel ha apuntado a obtener mayor potencia por menos combustible. En la actualidad un motor Diesel utiliza solo un 70% del combustible que utilizaría un motor a gasolina de características similares para una misma potencia. La difusión de la llama de la combustión Diesel es más lenta lo que limita la velocidad máxima de operación. El motor Diesel y su infraestructura afecta todos los aspectos del medio ambiente (tierra, agua y aire). Los gases de escape contienen los típicos productos de combustión como dióxido de carbono CO₂, hidrogeno, oxígeno, vapor de agua, a su vez monóxido de carbono CO, hidrocarburos no quemados (HC), y óxidos de azufre (SO_x), compuestos resultantes de una combustión incompleta. Las emisiones de hidrocarburos (HC) y de óxidos nitrosos (NO_x) contribuyen a la formación de smog, y de material particulado.

Un mejor rendimiento de los motores Diesel implica que emiten menos CO₂ que los motores a gasolina similares, como el CO₂ es la principal causa del efecto invernadero los motores Diesel aparecían como una alternativa a los vehículos a gasolina.

Existen razones de peso en términos de eficiencia energética para que la difusión de los motores Diesel haya sido alta, siendo mayor por ejemplo en Europa que en USA. En Colombia, entre otras cosas, la diferencia de precios con

¹ Tomado del último informe presentado a COLCIENCIAS

las gasolinas y aunque no muy notables, los avances tecnológicos impulsaron también su penetración, actualmente incluso en automóviles pequeños. Por tanto es importante establecer comparativos que justifiquen el uso de los motores Diesel y la necesaria aplicación de los desarrollos tecnológicos, para su mejor funcionamiento en nuestro medio.

1.1.1 Algunas características de los motores Diesel. Generalidades:

Los elementos que constituyen el motor Diesel son parecidos a los que poseen los motores a explosión pero hay diferencias apreciables en el funcionamiento, además de las provenientes de los dos ciclos termodinámicos distintos.

Así los motores a explosión:

- ✚ Queman naftas (gasolinas)
- ✚ Introducen una mezcla de aire y gasolina pulverizada
- ✚ La inflamación es por chispa
- ✚ Tienen sistema de encendido
- ✚ La relación de compresión oscila entre 7 y 11
- ✚ Tienen carburador
- ✚ Se quema toda la mezcla
- ✚ Algunos motores tienen sistemas de inyección electrónica
- ✚ Son de construcción "liviana"

En cambio los motores diesel:

- ✚ Queman gas oil (ACPM)
- ✚ Sólo aspiran aire puro
- ✚ El combustible se inflama por la compresión
- ✚ No tienen sistema de encendido por chispa
- ✚ La relación de compresión es alta, oscila entre 12 y 22
- ✚ No tienen carburador
- ✚ La combustión se realiza a medida que entra el gas oil (ACPM)

- ✚ Todos tienen sistemas de inyección
- ✚ Son de construcción "pesada"

El gas oil entra al cilindro, inyectado en el aire muy comprimido y a alta temperatura, y para eso se requiere su envío a presión elevada. Esto se consigue en forma de un pequeño chorro en un equipo de inyección. Como se aspira el máximo de aire no tienen el inconveniente de las "mezclas pobres" de los motores a explosión. El rendimiento de los motores diesel de los automotores a la salida del cigüeñal llega casi al 34% y mas, frente al 24% de los a explosión.

En muchos países, como en el nuestro, a esa ventaja termodinámica, se une el menor precio del gas oil respecto de las gasolinas, pero como contrapartida el costo del motor Diesel es mayor. Esto obedece a que debe ser más pesado y robusto (tiene más peso por unidad de potencia), dado que está sometido a mayores presiones de trabajo y temperaturas debido a las mayores relaciones de compresión. Además al requerir exceso de aire los cilindros son mayores y la bomba de inyección es más costosa que el carburador.

Otra característica diferencial de los motores Diesel es su mayor lentitud con respecto a los motores a gasolina, es decir, se mueven a menor número de revoluciones por minuto. En cuanto al combustible, el gas oil, además de las características propias debe estar muy bien filtrado para evitar obstrucciones en la inyección y para generar menos hollín y humos negros en el escape.

En síntesis el motor diesel tiene:

- ✚ Alta compresión y por eso alto rendimiento, lo cual exige mayor peso y robustez constructiva
- ✚ Un golpeteo que exige medidas suplementarias para que no sea muy ruidoso
- ✚ Funciona a relativamente bajo número de revoluciones, por ejemplo 2000 rpm en autobuses
- ✚ El exceso de aire favorece una buena combustión y produce menos CO

- ✚ Si no está bien regulada la inyección se producen humos y hollín
- ✚ No emite vapores fácilmente inflamables y es menor el peligro de incendio

1.1.2 Los avances técnicos en los motores Diesel: El objetivo de los avances técnicos para mejorar los motores Diesel es doble, al igual que en el caso de los motores a gasolina, bajar los consumos para ahorrar energía y reducir las emisiones de gases de escape.

La idea, en cuanto a los consumos, es reducir el de gas oil (ACPM), del motor diesel en un 18% respecto del motor a gasolina equivalente.

Las medidas a tomar en los motores diesel, en particular en los que accionan los automóviles serían:

- ✚ Pasar los motores que usan inyección directa a inyección electrónica controlada
- ✚ Recircular los gases de escape
- ✚ Variar la geometría de la turbina con control electrónico de inyección adicionando la de cuatro válvulas (que es bastante más cara)

En los vehículos diesel livianos las mejoras deberían comenzar con el rediseño de los motores y de sus partes componentes:

- ✚ Introduciendo tres válvulas (que incrementa la potencia específica en un 20%; puede reducir las emisiones gaseosas entre un 10% y 40% y las de partículas en un 25%).
- ✚ Rediseñando las cámaras de combustión (con cámaras para turbulencia) y los equipos inyectores de diesel controlados electrónicamente
- ✚ Recirculando los gases de escape
- ✚ Mejorando la calidad del ACPM
- ✚ Introduciendo los convertidores catalíticos

- ✚ Incluyendo sobrealimentación mediante turbocargadores y el ingreso de aire refrigerado (intercooling)

Con este tipo de medidas se reducirían las emisiones de gases contaminantes del modo siguiente:

- ✚ Las de CO no son un problema porque los motores Diesel trabajan con exceso de aire
- ✚ Las de CO₂ (que dependen de la carga del motor) se reducen más con inyección directa que con indirecta (casi en un 15%)
- ✚ Las emisiones de NO_x se favorecen por las altas temperaturas en partes del motor y el alto contenido de oxígeno (exceso de aire). Para disminuirlas se puede optimizar el inicio de la ignición electrónicamente y recircular los gases de escape
- ✚ Las emisiones de HC se reducen optimizando permanentemente la inyección
- ✚ Las emisiones de partículas requieren el agregado de un separador tipo ciclónico, mientras que el hollín disminuye limitando la carga y bajando el desempeño de potencia.

El uso de catalizadores (por ejemplo de oxidación) puede reducir apreciablemente las emisiones de CO, HC y partículas, pero a condición de que los motores sean turbo-alimentados. Es esencial para que el efecto sea adecuado, que el gas oil no tenga azufre o tenga menos de 0.05% en volumen.

De todas maneras la interacción entre las mejoras tecnológicas, los costos y el control de las emisiones requiere soluciones de compromiso. Así, las medidas para reducir los NO_x implican incrementar las emisiones de partículas por escape y el consumo.

Además una cosa son los resultados que se alcanzan en las pruebas de laboratorio y otra en la fase de industrialización de las propuestas técnicas

En los vehículos con motor Diesel para el transporte de personas los objetivos a alcanzar son similares a los mencionados para los vehículos livianos. Para conseguirlos se proponen medidas similares, como por ejemplo:

- ✚ Rediseño de las cámaras de combustión
- ✚ Adaptación de nuevos sistemas de inyección
- ✚ Inclusión de turbocompresores
- ✚ Ajustes en el tiempo de inicio de la combustión

Los componentes modulares electrónicos, la incorporación del control lambda, el control electrónico de los motores, las bombas de inyección electrónicas, el control de la velocidad, la reducción del flujo con control del deslizamiento de la aceleración, el catalizador de oxidación y el bajo contenido de S (Azufre) en el Diesel han permitido mejorar el rendimiento y bajar las emisiones.

Pero cuando por ejemplo con turbocompresores se mejora la emisión de NO_x se emiten más partículas. La inclusión de cargas de aire frío al motor, parece un prerequisite que optimiza el trabajo en un solo cilindro y requiere retrasar el inicio de la inyección. Lo ideal sería equipar a todos los vehículos con aire enfriado.

En vehículos de prueba se han implementado acciones como las siguientes:

- ✚ Turbocompresores con refrigeración de aire
- ✚ Inyección
- ✚ Inyectores para plena carga
- ✚ Control electrónico del motor
- ✚ Sistemas electrónicos totales
- ✚ Convertidores catalíticos de oxidación
- ✚ Tratamiento de gases de escape con trampas para partículas
- ✚ Sistemas de corte de llama
- ✚ Sistemas de recirculación de gases de escape (EGR)

La calidad del Combustible (ACPM) y las emisiones

- ✚ El bajo contenido de azufre (0 o menos del 0.05%), como ya se mencionó, afecta en grado sumo el comportamiento de los convertidores de oxidación e incrementa la emisión de partículas.
- ✚ La poca variabilidad en las especificaciones de densidad permite la adecuada calibración de la bomba inyectora y de la relación aire / combustible. Si el ACPM es muy pesado genera más humos
- ✚ Un alto Índice Cetano indica mayor participación de los hidrocarburos parafínicos en la composición del gas oil (ACPM) mejorándose así la combustión y produciendo menos CO y partículas.
- ✚ Si el punto final de la curva de destilación del gas oil (90% del destilado) es liviana, se producen más poliaromáticos y partículas
- ✚ Con poca variabilidad en la viscosidad se puede calibrar mejor la bomba inyectora.

En síntesis los progresos alcanzados y en vías de concreción para mejorar los motores diesel serían los siguientes:

- ✚ Mejoras de combustión e inyección.
- ✚ Introducción de válvulas múltiples.
- ✚ Sobrealimentación (turbocompresión).
- ✚ Intercooling.
- ✚ Inyección electrónica.
- ✚ En los gases de escape: catalizadores de oxidación- filtros de partículas.
- ✚ Recirculación de los gases de escape (EGR).
- ✚ Mejorar la calidad del gas oil (ACPM).

1.2 NUEVAS TENDENCIAS DEL MANTENIMIENTO A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL.

El mantenimiento de las flotas de transporte a nivel nacional se basa en recomendaciones de los fabricantes de los vehículos, en estas recomendaciones se encuentran los kilometrajes promedio a los cuales hay que remplazar ciertas piezas, pero estas recomendaciones quedan sin piso al hacer el remplazo de las piezas originales del vehículo por piezas de fabricación nacional, las cuales son de menor calidad.

También se ha visto la preocupación de las empresas fabricantes de lubricantes como MOBIL S.A y TERPEL S.A, por empezar a organizar el mantenimiento de las flotas de transporte girando entorno a los análisis de aceite. Por medio de los análisis de aceite se pueden determinar varias anomalías importantes y de esta forma presentar un esquema de diagnostico, pero no cubre las expectativas de un mantenimiento verdadero.

Hasta el momento en el país se ve un generalizado antieconómico y de baja productividad plan de mantenimiento correctivo, el cual genera muchos costos inherentes a su implantación, por ejemplo, se generan costos por estrategias incorrectas de reparación, por tiempos más largos para encontrar las fallas y además por tener los vehículos en parada sin generar el dinero del cual depende por lo menos el propietario del vehículo y su conductor para su sustento diario.

A nivel internacional, España y Estados Unidos se encuentran a la vanguardia del mantenimiento predictivo de motores diesel.

En España se realiza una Inspección Técnica Vehicular (ITV) periódicamente dependiendo del modelo del vehículo y con ellas buscan disminuir los índices de contaminación y aumentar la seguridad en todo el parque automotor que

circula por este país. Por medio de este ITV se revisan todos los componentes de un automotor, desde análisis de gases para evaluar la contaminación siguiendo con la prueba de opacidad, hasta llegar a sistemas mas específicos, como por ejemplo, el sistema eléctrico , de frenos, de luces, y de componentes que solamente estén autorizados por el fabricante.

En Estados Unidos la Agencia de Protección Ambiental EPA, de sus siglas en ingles, se encarga en una de sus divisiones de generar las normas que rigen los automotores Diesel y tienen como principal objetivo la disminución de la contaminación ambiental producida por este tipo de automotores. En estados unidos también se hacen revisiones periódicas sobre sus vehículos y en ellas se realizan las pruebas necesarias para identificar si el vehículo cumple con toda la normativa de la EPA y de esta forma emiten un certificado que le permite su circulación por un periodo de tiempo, y no podrá circular hasta no haber corregido los problemas encontrados en la prueba.

2. DISPONIBILIDAD, CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD Y CAPACIDAD²

Para este capítulo nos centraremos en entender el concepto de mantenibilidad, las ventajas de obtenerlo y su importancia en la fórmula general de la eficiencia. Disponibilidad, Confiabilidad, Mantenibilidad y Capacidad son los componentes de la ecuación de efectividad. La ecuación de efectividad es una figura meritoria útil para encontrar cual componente(s) influye(n) negativamente en la medición de desempeño. En los motores Diesel la confiabilidad de un componente es el más grande atacante para un mejor desempeño.

2.1 LA EFICIENCIA

Está definida mediante una ecuación que dimensiona la eficiencia en la oportunidad para producir los resultados propuestos. La ecuación de Eficiencia está descrita en diferentes formatos (**Blanchard** 1995, **Kececioglu** 1995, **Landers** 1996, **Pecht** 1995, **Raheja** 1991). Cada elemento de eficiencia varía como una probabilidad. Dado que los componentes de la ecuación tienen diferentes formas, éstos varían de un autor a otro.

Las definiciones de la ecuación de eficiencia, y sus componentes, generan muchos argumentos técnicos. El principal (e incontrovertible argumento económico) es la búsqueda de un valor de eficiencia del sistema que produzca el más bajo costo de la inversión a largo plazo,

El costo es una medida del uso de los recursos. Un bajo costo es generalmente mejor que un costo alto. Las estimaciones del costo nunca incluyen todos los elementos posibles pero se espera que incluyan los elementos más importantes.

² Tomado de la referencia bibliográfica (2) Where is My Data For Making Reliability Improvements?

La eficiencia es una medida del valor recibido. **Clements** (1991) describe la eficiencia como aquello que nos dice que tan bien un proceso/producto satisface las demandas del usuario final. Una forma es descrita por **Berger** (1993):

Eficiencia = disponibilidad * confiabilidad * mantenibilidad * capacidad {1}

En un lenguaje claro, la ecuación de la eficiencia es el producto de:

- ✚ La oportunidad del equipo o sistema de estar disponible para desempeñar su trabajo,
- ✚ Si operará por un tiempo dado sin falla,
- ✚ Si es reparado sin pérdidas excesivas de tiempo de Mantenimiento y
- ✚ Si puede desempeñar su actividad productiva para la cual fue creado, de acuerdo a estándares determinados.

Cada elemento de la ecuación de la eficiencia requiere un dato consistente, el cual cambia con las condiciones de operación, por un valor real dado entre 0 y 1.

Pocos cuantifican la confiabilidad o la mantenibilidad en términos que cualquiera entendería. La ecuación de la eficiencia es simplemente un índice relativo para la medición de *“cómo lo estamos haciendo”*.

El primer elemento que destruye la eficiencia es el componente confiabilidad (**Barringer** 1996b) – dado que este es el que dice dónde hay que hacer los mejoramientos.

La importancia de cuantificar los elementos de la ecuación de la eficiencia (y sus costos asociados) es encontrar las áreas de mejoramiento. Por ejemplo, si la disponibilidad es del 98%, la confiabilidad es del 70%, la mantenibilidad es del

70%, y la capacidad es del 65%, la oportunidad de mejorar la capacidad es mucho más grande que la de mejorar la disponibilidad.

2.2 LA DISPONIBILIDAD (A)

Diverge de la duración del tiempo en servicio por operaciones, y es una medida de qué tan frecuente el sistema está bien y listo para operar. Esta es frecuentemente expresada como

$$\text{DISP} = (\text{tiempo en servicio}) / (\text{tiempo en servicio} + \text{tiempo en parada}) \quad \{2\}$$

Con muchas variantes. El tiempo en servicio y el tiempo en parada son dos únicas condiciones extremas en servicio o en parada, (sin considerar situaciones intermedias).

El tiempo en servicio se refiere a la capacidad para desempeñar la tarea y el tiempo de parada se refiere a cuando éste no esté en capacidad de desempeñar tal tarea, así, tiempo en servicio = no-tiempo en parada. Además, la Disponibilidad puede ser el producto de varios términos diferentes, tales como:

$$A = A_H + A_S + A_{\text{HUM}} + A_I + A_P \quad \{3\}$$

A_H = Disponibilidad hardware

A_S = Disponibilidad software

A_{HUM} = Disponibilidad humano

A_I = Disponibilidad interfaces

A_P = Disponibilidad proceso

Y configuraciones similares. La Disponibilidad está determinada por el más pequeño de estos tres principales factores (**Davidson** 1988):

- 1) incremento del tiempo para fallar,
- 2) decremento de las paradas por reparaciones o Mantenimiento programado, y
- 3) acompañamiento de los numerales 1 y 2 de forma efectiva en costos.

A medida que la disponibilidad crece, la capacidad para producir se incrementa, porque el equipo estará en servicio un mayor porcentaje de tiempo.

La pérdida de disponibilidad es un problema relacionado primariamente con las fallas de los motores. Pero la causa raíz de la falla puede estar en áreas diferentes a las inicialmente esperadas. El deterioro frecuente, seguido de la falla económica, causa conflictos en las definiciones de confiabilidad, mantenibilidad, y capacidad - la vida de operación suministrada, es raramente simple e independiente.

Para los propósitos de producción, un sistema debe estar totalmente disponible (listo para trabajar) y confiable (ausencia de fallas) para producir resultados efectivos.

2.3 LA CONFIABILIDAD (R)

Se relaciona con la reducción en la frecuencia de las fallas en un intervalo de tiempo, y es una medida de la probabilidad para una operación libre de fallas, durante un intervalo de tiempo dado; así, es una medida del éxito para una operación libre de fallas.

La confiabilidad puede ser el producto de diferentes componentes de confiabilidad tales como:

$$R = R_S + R_{AS} + R_P + R_E + R_{ENV} \quad \{4\}$$

R_S = Confiabilidad de servicio

R_{AS} = Confiabilidad alimentación del sistema

R_P = Confiabilidad procesamiento

R_E = Confiabilidad empaque

R_{ENV} = Confiabilidad envío

Y configuraciones similares. Para el usuario de un automotor, la confiabilidad es medida como una larga operación sin fallas. Grandes periodos de interrupciones sin fallas, son resultantes de una capacidad productiva incrementada, requiriendo pocas partes de repuesto y una menor fuerza laboral para las actividades de Mantenimiento, lo cual redundará en bajos costos. Para el proveedor del producto, la confiabilidad es medida mediante el completamiento de un periodo de garantía libre de fallas, bajo condiciones de operación específicas, y con pocas fallas durante la vida de diseño del producto.

El mejoramiento de la confiabilidad ocurre con un incremento del costo del capital pero éste es sobrepasado por las expectativas de mejoramiento de la disponibilidad, el decremento de las paradas con costos de Mantenimiento más bajos, el mejoramiento de los costos secundarios de fallas, y como resultados, mejores oportunidades para hacer dinero, dado que los equipos están libres de fallas por largos periodos de tiempo.

Una alta confiabilidad (pocas fallas) y una alta mantenibilidad (tiempos predecibles de mantenimiento) son la tendencia de sistemas altamente efectivos.

2.4 LA MANTENIBILIDAD

Tiene que ver con la duración de las paradas por Mantenimiento, o en que tanto tiempo se toma en lograr (fácil y rápido) las acciones de mantenimiento, en relación con los datos. Los datos incluyen el mantenimiento (todas las acciones necesarias para mantener un componente como tal, o restablecerlo a una condición específica) desempeñado por el personal que tiene niveles de especialización, que usa procedimientos y recursos preestablecidos, para cada nivel de mantenimiento establecido. Las características de mantenibilidad son

usualmente determinadas por el diseño del equipo, el cual determina los procedimientos de Mantenimiento y la duración de los tiempos de reparación.

El índice clave para la mantenibilidad es frecuentemente el tiempo medio entre reparaciones y es un límite para el tiempo máximo de reparación. Cualitativamente, este se refiere a la facilidad con que el hardware y el software son restablecidos a su estado de funcionamiento. Cuantitativamente este es una probabilidad y es medido con base en el tiempo de parada por mantenimiento, incluyendo todos los tiempos por: diagnóstico, problemas de "descarga", desarme, remoción/reemplazo, tiempo activo de reparación, pruebas de verificación para saber si la reparación fue adecuada, demoras por movimientos logísticos, y demoras administrativas de mantenimiento.

El resultado de la mantenibilidad es el logro de cortos tiempos de reparación para mantener una alta disponibilidad, de tal manera que sean minimizadas las paradas de los equipos productivos para el control de costos, cuando la disponibilidad es crítica.

2.5 LA CAPACIDAD

Está relacionada con la entrega productiva comparada con la entrega productiva inherente, la cual es medida en términos de qué tan bien es desempeñada la actividad productiva en comparación con los datos. Este índice mide la capacidad del sistema para desempeñar la función para la cual fue construido sobre la base del sistema.

Frecuentemente, este término es sinónimo de productividad, la cual es el producto de la eficiencia multiplicada por la utilización. La eficiencia mide la salida de trabajo productivo versus el trabajo de entrada. La utilización es la relación entre el tiempo gastado en esfuerzos productivos con el total del tiempo consumido.

En Resumen,

Los elementos de la ecuación de eficiencia suministran una visión acerca de cómo las cosas trabajan en un proceso continuo. En la ecuación de eficiencia se dan indicios de donde se pueden hacer acciones correctivas, por lo cual es particularmente útil. Esto es importante para entender tanto la confiabilidad como la mantenibilidad junto con la información tradicional de disponibilidad y capacidad. En todos los casos, deben ser consideradas varias alternativas, basadas en los costos de ciclos de vida, para priorizar los altos costos de los problemas, de tal manera que los resultados importantes sean identificados para dar las acciones correctivas.

2.6 ÍNDICE DE MANTENIBILIDAD

Como se menciono anteriormente “el resultado de la mantenibilidad es el logro de cortos tiempos de reparación para mantener una alta disponibilidad, de tal manera que sean minimizadas las paradas de los equipos productivos para el control de costos, cuando la disponibilidad es crítica”.

Para el sector del transporte publico del AMB es una prioridad mantener la disponibilidad de operación de su flota de transporte, con el objetivo de poder cumplir con la movilización de los usuarios de este medio de transporte, si se cumple este objetivo se mantendrá la entrada efectiva de dinero con el cual se sustentaría económicamente el trabajo de toda la gente implicada en este sector.

Al representar la mantenibilidad en forma de un índice, que nos agrupa de forma global, la suma de los resultados de las mediciones de los parámetros principales de operación de los motores diesel, estamos generando unos valores que al interpretarlos podremos determinar rápidamente el estado del mantenimiento del motor evaluado. Teniendo esta información se centraran todos los esfuerzos del mantenimiento en corregir la falla detectada, y no se

desperdiciara el tiempo buscando la falla en lugares escogidos al azar o basados en la experiencia del técnico en reparación, el cual tiene un porcentaje de error demasiado alto.

2.6.1 Como se obtiene un buen índice de mantenibilidad. Un buen índice de mantenibilidad, se obtiene evaluando cada uno de los parámetros principales que determinan el buen funcionamiento de un motor Diesel y comparándolos con parámetros de referencia. Estos parámetros se presentan a continuación.

2.6.2 Principales parámetros de operación de los motores Diesel.³ A continuación se presentan las propiedades geométricas de motores reciprocantes. Los siguientes parámetros definen la geometría básica de un motor reciprocante:

Relación de compresión r_c :

$$r_c = \frac{\text{maximo - volumen - del - cilindro}}{\text{minimo - volumen - del - cilindro}} = \frac{V_d + V_c}{V_c} \quad \{5\}$$

Donde V_d es el desplazamiento o volumen barrido y V_c es el volumen del claro según se muestra en la figura 1:

³ Tomado del libro: Internal Combustion Engine Fundamentals.

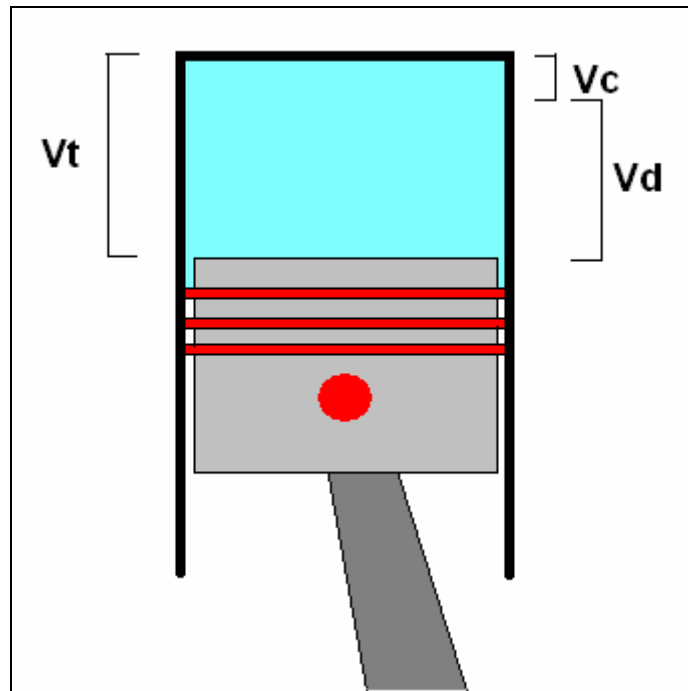


Figura 1. Volúmenes generados en el cilindro

En la figura 2 se encuentra la proporción entre el hueco del cilindro y la carrera del pistón

$$R_{bs} = \frac{B}{L} \quad \{6\}$$

Proporción de conexión entre la biela y la manivela del cigüeñal

$$R = \frac{l}{a} \quad \{7\}$$

Y adicionalmente, la carrera y el radio de la manivela son relacionados por:

$$L = 2a \quad \{8\}$$

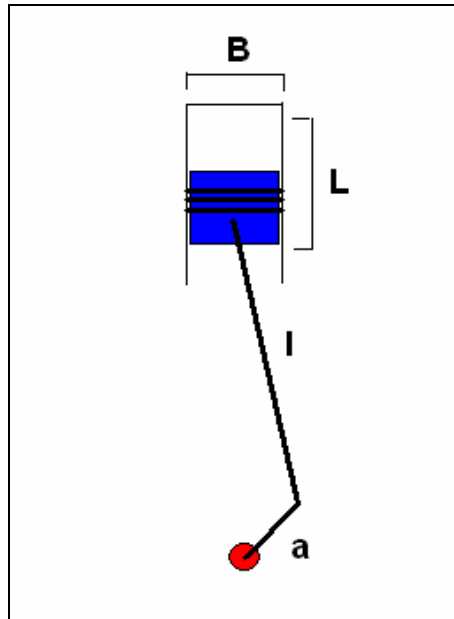


Figura 2. Relaciones entre la geometría del motor

Valores típicos de estos parámetros son: $r_c = 8$ a 12 para motores SI y $r_c = 12$ a 24 para motores CI ; $B/L = 0.8$ a 1.2 para motores de tamaños pequeños y medianos, decreciendo cerca de 0.5 para motores CI de baja velocidad ; $R = 3$ a 4 para motores de tamaños pequeños a medianos, incrementándose de 5 a 9 para motores CI de baja velocidad .

La resistencia a la circulación del gas dentro del motor o esfuerzo exactamente a la inercia de las piezas en movimiento limita la máxima velocidad media del pistón dentro del rango de los 8 a los 15 m/s . Los motores de automóviles operan en topes altos del rango; los finales bajos son típicos de motores diesel marinos

POTENCIA Y TORQUE AL FRENO

El torque en los motores es normalmente medido con un dinamómetro. El motor es sujetado sobre una cama de test y el eje es conectado al dinamómetro.

El rotor es conectado electromagnéticamente, hidráulicamente o por fricción mecánica al estator, que es soportado en rodillos de baja fricción. El estator es balanceado con el rotor estacionario. El par ejercido sobre el estator con el rotor cambia y es medido por balanceo del estator con contrapesos, saltos o medios neumáticos

Usando la notación en la figura si el par ejercido por el motor es T:

$$T = F(N) \cdot b(m) \quad \{9\}$$

La potencia P desarrollada por el motor y absorbida por el dinamómetro es el producto del torque y la velocidad angular:

$$P = 2\pi N \left(\frac{\text{rev}}{s} \right) T (N \cdot m) \quad \{10\}$$

Donde N es la velocidad rotacional del cigüeñal. En unidades SI:

$$P(\text{kW}) = 2\pi N \left(\frac{\text{rev}}{s} \right) T (N \cdot m) \times 10^{-3} \quad \{11\}$$

Ó en unidades del sistema Ingles:

$$P(\text{hp}) = \frac{N \left(\frac{\text{rev}}{\text{min}} \right) T (\text{lbf} \cdot \text{ft})}{5252} \quad \{12\}$$

El par es una medida de la habilidad de un motor de hacer un trabajo; potencia es la velocidad a la cual se hace el trabajo.

Esta potencia es la potencia útil repartida por el motor a la carga, en este caso un freno. El valor de la medida de la potencia del motor es descrito antes como la llamada potencia al freno

EFICIENCIA MECÁNICA

Se ha visto que el área del trabajo indicado por ciclo o potencia es usada para expeler gases del exhosto e inducir carga fresca. Una porción adicional es usada para vencer la fricción de los cojinetes, pistones y otros componentes mecánicos del motor, y maneja los accesorios del motor. Todos estos requerimientos de potencia están agrupados juntos y son llamados potencia de fricción P_f ; es:

$$P_{ig} = P_b + P_f \quad \{13\}$$

Potencia de fricción es difícil de determinar con exactitud. Una aproximación común para motores de alta velocidad es manejar el motor con un dinamómetro (operar el motor apagado) y medir la potencia que tiene que ser suplida al dinamómetro para superar todas estas perdidas por fricción.

La velocidad del motor, el ajuste del obturador de la gasolina, temperaturas de aceite y agua, y condiciones ambientales, son tomadas igual en una prueba de motores como en condiciones de encendido. El mayor origen de inexactitudes con este método son que las fuerzas de presión del gas sobre el pistón y anillos son bajos comparados con el motor encendido, además la temperatura sobre las paredes del cilindro son también bajas en estas condiciones.

La proporción de la potencia al freno (o útil) desarrollada por el motor sobre la potencia indicada es llamada la eficiencia mecánica η_m :

$$\eta_m = \frac{P_b}{P_{ig}} = 1 - \frac{P_f}{P_{ig}} \quad \{14\}$$

De la potencia de fricción, incluida la potencia requerida para bombear combustible dentro y fuera del motor, la eficiencia mecánica depende de la posición del obturador del combustible, así como también del diseño y de la velocidad el motor. Valores típicos para motores de automóviles modernos con el obturador abierto de par en par o al 90%, da velocidades por debajo de de 30 a 40 rev/s(1800 a 2400 rev/min), decreciendo a 75 % de la máxima velocidad ,

como el motor esta estrangulado, la eficiencia mecánica decrece , eventualmente a cero en operación sin carga.

POTENCIA DE CARGA

Una parte de la potencia de carga útil como punto de referencia para probar motores de automóviles es la potencia requerida para manejar un vehículo sobre un camino inclinado a una velocidad regular. Llamada potencia de carga, esta potencia vence la resistencia de los rodillos, que proviene de la fricción de las llantas y del arrastre aerodinámico del vehículo. Resistencia de los rodillos y coeficiente de arrastre, C_R y C_A , respectivamente, se determinan empíricamente.

Una formula aproximada para determinar la potencia de carga P_r es:

$$P_r = \left(C_R M_v g + \frac{1}{2} \rho_a C_D A_v S_v^2 \right) S_v \quad \{15\}$$

Donde C_R = coeficiente de resistencia de rodillos ($0.012 < C_R < 0.015$)³

M_v = masa del vehículo

g = aceleración de la gravedad

ρ_a = densidad del aire ambiente

C_D = coeficiente de arrastre (para carros: $0.3 < C_D < 0.5$)³

A_v = velocidad del vehículo

Con las cantidades en las unidades indicadas se obtiene:

$$P_r (kW) = \left[2.73 C_R M_v (kg) + 0.0126 C_D A_v (m^2) S_v \left(\frac{km}{h} \right)^2 \right] S_v \left(\frac{km}{h} \right) * 10^{-3} \quad \{16\}$$

PRESIÓN EFECTIVA MEDIA

Mientras el par de torsión es un valor medido como la habilidad de un motor en particular para hacer un trabajo, este depende del tamaño del motor. Una medida más útil del rendimiento relativo de un motor es obtenido de dividir el trabajo por ciclo en el volumen desplazado del cilindro por ciclo. El parámetro obtenido tiene unidades de fuerza por unidad de área y es llamado la presión efectiva media (mep)

$$\text{Trabajo} - \text{por} - \text{ciclo} = \frac{Pn_R}{N} \quad \{17\}$$

Donde n_R es el número de revoluciones de la manivela por cada carrera de potencia por cilindro (dos para ciclos de cuatro tiempos y una para ciclos de dos tiempos), luego:

$$mep = \frac{Pn_R}{V_d N} \quad \{18\}$$

Para unidades del SI

$$mep(kPa) = \frac{P(kW)n_R * 10^3}{V_d(dm^3)N(rev/s)} \quad \{19\}$$

La presión efectiva media puede también expresarse en términos del par empleando la siguiente ecuación:

$$mep(kPa) = \frac{6.28n_R T(N.m)}{V_d(dm^3)} \quad \{20\}$$

La máxima presión media efectiva (bmep) al freno para motores con buenos diseños está bien establecida, y es esencialmente constante sobre un amplio rango de tamaño de motores. Por lo tanto, la actual bmep desarrollado en motores particulares puede ser comparada con sus estándares. Y la eficacia con

que el diseñador del motor ha utilizado el desplazamiento del motor puede ser determinada.

También, por cálculos de diseño, los requerimientos de desplazamiento del motor para proporcionar el par o la potencia a desarrollar, en una velocidad específica, puede ser estimado asumiendo valores apropiados para la bmep para diferentes aplicaciones en particular.

Los valores típicos para la bmep son los siguientes. Para motores de aspiración natural, valores máximos están en el rango 850 a 1050 kPa (125 a 150 lb/in²) en los motores rápidos donde el máximo torque se obtiene (cerca de 3000 rev/min). En la máxima potencia nominal, valores de bmep son del 10% al 15% más bajo.

Para motores turbocargados de ignición por chispa el máximo bmep esta entre el rango de 1250 a 1700 kPa (180 a 250 lb/in²). A la máxima rata de potencia, bmep esta en el rango de 900 a 1400 kPa (130 a 200 lb/in²). Para motores diesel aspirados naturalmente de cuatro tiempos, el máximo bmep esta en el rango de 700 a 900 kPa (100 a 130 lb/in²). Con el bmp a la máxima rata de potencia de cerca de 700 kPa (100lb/in²). En motores diesel turbocargados de 4 tiempos los valores de bmep están típicamente entre el rango de de 100 a 1200 kpa (145 a 175 lb/in²); para motores turbocargados e interenfriados esto puede estar cerca de 1400 kPa. A la máxima rata de potencia, bmep esta cerca de 850 a 950 kPa (125 a 140 lb/in²). Para ciclos diesel de dos tiempos tienen rendimiento comparable a los motores con ciclos de 4 tiempos. Los grandes motores de baja velocidad y de ciclos de dos tiempos pueden lograr valores de bmep cercanos a 1600kPa.

CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE Y EFICIENCIA

En una prueba de motores, el consumo de combustible es medido como una variación de flujo – flujo de masa por unidad de tiempo \dot{m}_f . Un parámetro mas útil es el consumo específico de combustible (sfc) – la variación de flujo de combustible por unidad de salida de potencia. En la medición de la eficiencia de un motor se emplea como la cantidad de combustible suministrado para producir trabajo:

$$sfc = \frac{\dot{m}_f}{P} \quad \{21\}$$

En el sistema internacional se utilizan las siguientes unidades:

$$sfc \left(\frac{mg}{j} \right) = \frac{\dot{m}_f \left(\frac{g}{s} \right)}{P(kW)} \quad \{22\}$$

ó en el sistema ingles:

$$sfc \left(\frac{g}{kW.h} \right) = \frac{\dot{m}_f \left(\frac{g}{h} \right)}{P(kW)} = 608.3 \cdot sfc \left(\frac{lbm}{hp.h} \right) \quad \{23\}$$

$$\text{ó} \quad sfc \left(\frac{lbm}{hp.h} \right) = \frac{\dot{m}_f \left(\frac{lbm}{h} \right)}{P(hp)} = 1.644 * 10^3 sfc \left(\frac{g}{kW.h} \right) \quad \{24\}$$

Bajos valores de sfc son obviamente descartables. Para motores típicos de Spark Ignition (SI) los mejores valores de sfc son cercanos $75 \mu g/J = 270 g/kW = 0.47 lbm/hp.h$. Par motores de ignición por compresión (CI), los mejores valores son mas bajos que en los motores SI y en motores grandes pueden estar debajo de $55 \mu g/J = 200 g/kW.h = 0.32 lbm/hp.h$. Estas son las unidades del consumo específico de combustible.

Un parámetro adimensional que relaciona la salida de potencia deseada (trabajo por ciclo o potencia) y la entrada necesaria (flujo de combustible) debe tener mas valores fundamentales. El porcentaje del trabajo producido por ciclo y la cantidad de energía del combustible suministrada por ciclo, puede ser

relacionado en los procesos de combustión comúnmente para este propósito. Esto es una medida de la eficiencia del motor. La energía del combustible suministrado que puede ser relacionada en la combustión esta dado por la masa de combustible suministrado al motor por los tiempos de ciclo y el valor del poder calorífico del combustible. El poder calorífico de un combustible, Q_{HV} , define esta energía química contenida o potencial químico.

Esto es determinado en una prueba estandarizada por la norma ASTM, procedimiento en el que una masa conocida de combustible es completamente quemada con aire, y la relación de energía térmica por el proceso de combustión es absorbida por un calorímetro como los productos de la combustión fríos debajo de su temperatura original.

Esta medida de la eficiencia de un motor, que puede ser llamada la eficiencia de conversión de combustible η_f , esta dado por

$$\eta_f = \frac{W_c}{m_f Q_{HV}} = \frac{\left(\frac{P n_g}{N} \right)}{\left(\frac{\dot{m}_f n_R}{N} \right) Q_{HV}} = \frac{P}{\dot{m}_f Q_{HV}} \quad \{25\}$$

Donde m_f es la masa d combustible inducida por ciclo. Sustituyendo por

$\frac{P}{\dot{m}_f}$ da:

$$\eta_f = \frac{1}{sfc Q_{HV}} \quad \{26\}$$

O con unidades:

$$\eta_f = \frac{1}{sfc \left(\frac{mg}{J} \right) Q_{HV} \left(\frac{Mj}{kg} \right)} \quad \{26\}$$

En unidades del SI:

$$\eta_f = \frac{3600}{sfc \left(\frac{g}{kW \cdot h} \right) Q_{HV} \left(\frac{Mj}{kg} \right)} \quad \{27\}$$

o, en unidades del sistema ingles:

$$\eta_f = \frac{2545}{sfc \left(\frac{lbm}{hp \cdot h} \right) Q_{HV} \left(\frac{Btu}{lbm} \right)} \quad \{28\}$$

Valores típicos para el poder calorífico de combustibles hidrocarbonatos comerciales usados en motores están en el rango de 42 a 44 Mj/kg (18000 a 19000Btu/lbm), por lo tanto, el consumo de combustible específico es inversamente proporcional a la eficiencia de conversión de combustible para combustibles de hidrocarburos normales.

La energía suplida del combustible por ciclo al motor no es completamente liberada como energía térmica en el proceso de combustión; porque el proceso de combustión actual es incompleto. Cuando esta presente suficiente cantidad de aire en el cilindro para oxidar el combustible completamente, casi todo (mas de un 96%) de esta energía suministrada del combustible se transfiere como energía térmica a el fluido de trabajo. Cuando el aire presente es insuficiente para oxidar el combustible completamente, la falta de oxígeno impide que la energía liberada por el combustible conduzca en esencia una combustión completa.

RELACIONES AIRE/COMBUSTIBLE (A/C) Y
COMBUSTIBLE/AIRE (C/A)

En las pruebas de los motores, tanto el flujo de masa de aire \dot{m}_a y el flujo de masa de combustible \dot{m}_f normalmente se miden. La proporción de esa velocidad de flujo es útil en la definición de las condiciones de operación de los motores:

$$\text{La proporción } \frac{\text{Aire}}{\text{Combustible}} \left(\frac{A}{F} \right) = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} \quad \{29\}$$

$$\text{La proporción } \frac{\text{Combustible}}{\text{Aire}} \left(\frac{F}{A} \right) = \frac{\dot{m}_f}{\dot{m}_a} \quad \{30\}$$

Los rangos de operación normal para un motor convencional de SI usando gasolina como combustible están entre: $12 \leq A/F \leq 18$ ($0.056 \leq F/A \leq 0.083$). Para los motores de CI con combustible Diesel, los rangos de operación normal son: $18 \leq A/F \leq 70$ ($0.014 \leq F/A \leq 0.056$).

EFICIENCIA VOLUMÉTRICA

El sistema de admisión - el filtro de aire, el carburador, y el plato de estrangulación (en motores de ignición por chispa), el colector de entrada, los puertos de entrada, las válvulas de entrada - restringen la cantidad de aire que el desplazamiento del embolo del motor puede introducir.

El parámetro usado para medir la eficiencia del proceso de admisión de un motor es la eficiencia volumétrica η_v . La eficiencia volumétrica es solamente usada con motores de ciclos de 4 tiempos que tienen un proceso de admisión distinto. Este es definido como el volumen de la tasa de flujo de aire en el sistema de entrada dividido por la tasa a la que el volumen es desplazado por el pistón en las condiciones de la admisión (T_a, P_a, ρ_a):

$$\eta_v = \frac{2\dot{m}_a}{\rho_{a,i} V_d N} \quad \{31\}$$

Donde $\rho_{a,i}$ es la densidad de aire a la entrada, una definición alternativa equivalente para la eficiencia volumétrica es:

$$\eta_v = \frac{m_a}{\rho_{a,i} V_d} \quad \{32\}$$

Donde m_a es la masa de aire introducido dentro del cilindro por ciclo.

La densidad de entrada puede ser tomada, o como la densidad de aire atmosférico (en este caso η_v mide el rendimiento del bombeo a en el sistema de entrada completo) o puede ser tomado como la densidad del aire en la entrada del colector (en este caso η_v mide el rendimiento del bombeo en los puertos d entrada y en las válvulas únicamente. Los valores máximos típicos de η_v para motores aspirados naturalmente están en el rango de 80 al 90%. La eficiencia volumétrica para motores Diesel es algo mas alto que para los motores SI.

PESO ESPECÍFICO Y VOLUMEN ESPECIFICO EN MOTORES

El peso del motor y la mayor parte del volumen para evaluar una potencia dada es importante en muchas aplicaciones. Dos parámetros útiles para comparar esos atributos entre un motor y otro son:

Peso específico: $Specific - weight = \frac{engine - weight}{rated - power} \quad \{33\}$

Volumen específico: $Specific - volumen = \frac{engine - volume}{rated - power} \quad \{34\}$

Para que estos parámetros sean útiles en comparaciones de motores, debe señalarse una definición consistente de que componentes y componentes auxiliares son incluidos en el término “motor”. Estos parámetros indican la eficiencia con que el diseñador del motor ha usado los materiales del motor y el diseño de los componentes del motor.

EMISIONES ESPECÍFICAS E ÍNDICE DE EMISIONES

Los niveles de emisiones de óxido de nitrógeno (óxido nítrico, NO, y dióxido de nitrógeno, NO₂; usualmente agrupados juntos como NO_x), monóxido de carbono (CO), hidrocarburos no quemados (HC), y material particulado (PM), son características de operación importantes en los motores.

La concentración de emisiones gaseosas en los gases del exhosto del motor son usualmente medidas en partículas por millón o en porcentaje en volumen (que corresponde a la fracción molar multiplicado por 10⁶ o por 10², respectivamente). Los indicadores normalizados de los niveles de emisiones son más útiles, sin embargo, dos de estos son de uso común. Las emisiones específicas son la tasa del flujo de masa de contaminación por unidad de potencia de salida:

$$sNO_x = \frac{\dot{m}_{NO_x}}{P} \quad \{35\}$$

$$sCO = \frac{\dot{m}_{CO}}{P} \quad \{36\}$$

$$sHC = \frac{\dot{m}_{HC}}{P} \quad \{37\}$$

$$sPart = \frac{\dot{m}_{part}}{P} \quad \{38\}$$

Las emisiones específicas indicadas y al freno también pueden ser definidas.

Las unidades comúnmente empleadas son $\mu\text{g}/\text{j}$, $\text{g}/\text{kW.h}$ y g/bph .

Alternativamente, las tasas de emisiones pueden ser normalizadas a través de la tasa de flujo de combustible.

El índice de emisiones (EI) es un parámetro usado comúnmente:

$$EI_{\text{NOX}} = \frac{\dot{m}_{\text{NOX}} \left[\frac{\text{g}}{\text{s}} \right]}{\dot{m}_f \left(\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right)} \quad \{39\}$$

También, se emplea con expresiones similares para CO, HC y MP.

RELACIONES ENTRE PARÁMETROS DE RENDIMIENTO

La importancia de los parámetros definidos anteriormente del rendimiento del motor, son evidentes con la potencia, el torque, y la presión efectiva media que son expresados en términos de estos parámetros. De las definiciones de potencia del motor, presión media efectiva, eficiencia de conversión de combustible, proporción combustible/aire y volumen específico, las relaciones entre parámetros de rendimiento del motor se pueden desarrollar.

Para la potencia P:

$$P = \frac{\eta_f m_a Q_{HV} \left(\frac{\text{F}}{\text{A}} \right)}{n_R} \quad \{40\}$$

Para motores con ciclos de cuatro tiempos, se puede introducir la eficiencia volumétrica.

$$P = \frac{\eta_f \eta_v N V_d Q_{HV} \rho_{a,i} (F/A)}{2} \quad \{41\}$$

Para el par T:

$$T = \frac{\eta_f \eta_v V_d Q_{HV} \rho_{a,i} (F/A)}{4\pi} \quad \{42\}$$

Y para la presión media efectiva mep:

$$mep = \eta_f \eta_v Q_{HV} \rho_{a,i} (F/A) \quad \{43\}$$

La potencia por unidad de área del pistón, frecuentemente llamada la potencia específica, es una medida del éxito del diseñador del motor en la utilización del área disponible del pistón, con respecto a todo el tamaño del cilindro.

$$\frac{P}{A_p} = \frac{\eta_f \eta_v N L Q_{HV} \rho_{a,i} (F/A)}{2} \quad \{44\}$$

La velocidad media del pistón puede ser definida mediante:

$$\frac{P}{A_p} = \frac{\eta_f \eta_v \bar{S}_p Q_{HV} \rho_{a,i} (F/A)}{4} \quad \{45\}$$

La potencia específica es, por lo tanto, proporcional al producto de la presión media efectiva y la velocidad media del pistón.

Estas relaciones ilustran su importancia directa en el rendimiento del motor:

1. Alta eficiencia en la conversión de combustible
2. Alta eficiencia volumétrica

3. Incrementando la salida de un desplazamiento dado por el incremento de la densidad de aire a la entrada.
4. Proporción máxima combustible/aire puede ser quemada en el motor.
5. Alta velocidad media del pistón.

En resumen:

Los parámetros necesarios para identificar el funcionamiento del motor diesel son:

- ✚ La potencia y el par
- ✚ Las pérdidas mecánicas del motor
- ✚ La relación de compresión o la compresión relativa en cada cilindro del motor
- ✚ La relación aire/combustible
- ✚ Los análisis de los gases de escape

Si se pueden evaluar cada uno de estos parámetros, (o por lo menos la mayoría de ellos) y se pueden comparar con los mismos parámetros obtenidos de un motor en su estado original, se puede generar un coeficiente que nos va a medir que tan alejados estamos de estos parámetros originales, y al sumar todos estos coeficientes podremos generar un índice de global de los parámetros de operación de los motores diesel al cual se le llamará **ÍNDICE DE MANTENIBILIDAD**.

3. OBTENCIÓN DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE MOTORES DIESEL POR MEDIO DE LAS TÉCNICAS DESARROLLADAS A TRAVÉS DEL PROYECTO DIAGMA D-100

Después de haber estudiado los parámetros de operación principales de un motor Diesel, y de haber entendido el significado de Índice de Mantenibilidad, entraremos de lleno a explicar los alcances del proyecto DIAGMA D-100, cuales fueron sus resultados y de que forma encontramos el Índice de Mantenibilidad (IM) con las herramientas de este proyecto.

3.1 QUE ES EL PROYECTO DIAGMA D 100

El proyecto DIAGMA D-100 es un proyecto de investigación patrocinado por COLCIENCIAS, el cual esta encaminado a dos objetivos principales: reducir los índices de contaminación para el AMB y además reducir el consumo de combustible en todas las flotas de transporte. Esto se logra explorando nuevas técnicas de mantenimiento no intrusivo, con las cuales podremos medir de forma mucho más rápida los principales parámetros de operación de un motor Diesel, comparadas con las técnicas de mantenimiento existentes hasta el momento.

En este proyecto se invirtieron aproximadamente trescientos millones de pesos (\$300'000.000), y es solamente una primera fase de esta investigación, se busca diseñar e implementar una nueva metodología de inspección y mantenimiento (I/M) en motores Diesel en las diferentes empresas de transporte publico del AMB.

3.1.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE I/M: La experiencia de los investigadores, el enfoque sistemático de las operaciones de mantenimiento y en términos generales la necesidad de generar un modelo acorde con el cumplimiento del propósito principal, han apuntado a proponer una subdivisión de líneas de trabajo según los métodos parciales de Inspección y Mantenimiento a los diferentes componentes (sistemas) del motor Diesel general a saber: Admisión y escape; Lubricación; Enfriamiento; Distribución; Eléctrico, Inyección y elementos constitutivos.

La elevada complejidad de los motores Diesel, como máquinas que trabajan a altas velocidades, presiones y temperaturas, junto con los importantes costes de explotación y mantenimiento y unido esto, a las exigencias de fiabilidad y seguridad que se requieren en el sector del transporte, especialmente en el de pasajeros, hacen que el uso del mantenimiento predictivo sea una prioridad en las flotas de transporte.

La implantación del mantenimiento predictivo requiere una componente logística importante para la gestión de la numerosa información que se genera y las múltiples decisiones y acciones que hay que llevar a cabo, pero tal vez, una de las componentes más crítica sea la parte técnica. En el proceso: inspección-evaluación de síntomas, diagnóstico de fallos, la condición fundamental es obtener un número suficiente de síntomas que permitan determinar el estado de la máquina y en caso de anomalía averiguar la causa de la misma.

Así pues, el propósito de la investigación se enmarca en presentar una serie de posibles técnicas de inspección y los síntomas asociados que son aplicables a los motores Diesel. Las técnicas tradicionalmente usadas para el diagnóstico del fallo, una vez se ha producido, son en general poco útiles para el mantenimiento predictivo por su intrusividad y la necesidad de parar o desmontar los elementos o el motor del vehículo. Las que aquí se presentan se caracterizan en general por ser no intrusivas, aunque la información que ofrecen es en su mayoría comparativa con condiciones estándar de buen

funcionamiento; desgraciadamente en muchos casos esto lleva a técnicas costosas en cuanto a equipos y de elevada dificultad de interpretación, situación que se pretende resolver parcialmente con el proceso de investigación y desarrollo.

Se han agrupado estas técnicas en diversas áreas: análisis de prestaciones del motor (potencia, compresión, inyección y régimen), análisis de las líneas de alta presión en cada cilindro (diagnóstico del sistema de inyección), análisis de las oscilaciones del bloque (estudio de la aportación de cada cilindro al proceso de combustión), y posibles análisis rápidos del aceite (parámetros de degradación y contaminación del lubricante), emisiones, compresión relativa.

Con todas estas técnicas se obtiene un número suficiente de síntomas que permiten conocer con una mayor certeza el estado del motor. Hay que resaltar que ninguna por sí sola ofrece una visión general, es la aplicación de una variedad de ellas lo que permite plantear un mantenimiento predictivo robusto; la selección del mejor conjunto de técnicas en cuanto a coste de equipos, necesidad de formación de operadores, tiempo de inspección e información obtenida depende de múltiples factores, propios de cada aplicación industrial. Para el caso del sector del transporte público, dada las necesidades enunciadas antes, existe fundamental importancia en equilibrar los factores de confiabilidad, con una buena relación costo - beneficio, lógicamente sin dejar de lado el factor tiempo de ejecución de las operaciones de diagnóstico.

3.1.2 Muestra representativa seleccionada del AMB: Para la consecución de este proyecto se necesitaba encontrar una muestra representativa del parque automotor del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB), dada la gran variedad de motores que utiliza el sector transporte y sus correspondientes diferencias, se enfocaron los esfuerzos en encontrar el motor más utilizado mediante una encuesta que cubrió las diferentes empresas de transporte con el fin de conseguir esa información.

Después de superar varios inconvenientes con respecto a la negligencia de los conductores, varios de los cuales se negaban sin ninguna explicación a colaborar con la encuesta, se pudo obtener la información necesaria, la cual fue recopilada y estudiada para poder obtener el motor representativo.

El motor seleccionado por la encuesta fue el Chevrolet **NPR** y la referencia es **4HG1-T**.

Al tener el motor identificado se contacto con el representante a nivel local CODIESEL S.A. , el cual demostró gran interés en este proyecto y facilito el acceso a varios vehículos de la referencia citada anteriormente, demostrando desde este momento un apoyo incondicional para la terminación de este proyecto.

3.2 ESQUEMA GENERAL DE DIAGNÓSTICO

El diagrama general de diagnóstico permite esquematizar la jerarquía existente entre las distintas técnicas que soportan la metodología de inspección y mantenimiento. Dicho diagrama o esquema de diagnóstico correspondiente al equipo desarrollado (ver figura #3), se ha estructurado en una pirámide de tres niveles, de acuerdo al nivel de profundidad en los resultados que se obtienen en cada técnica de diagnóstico.

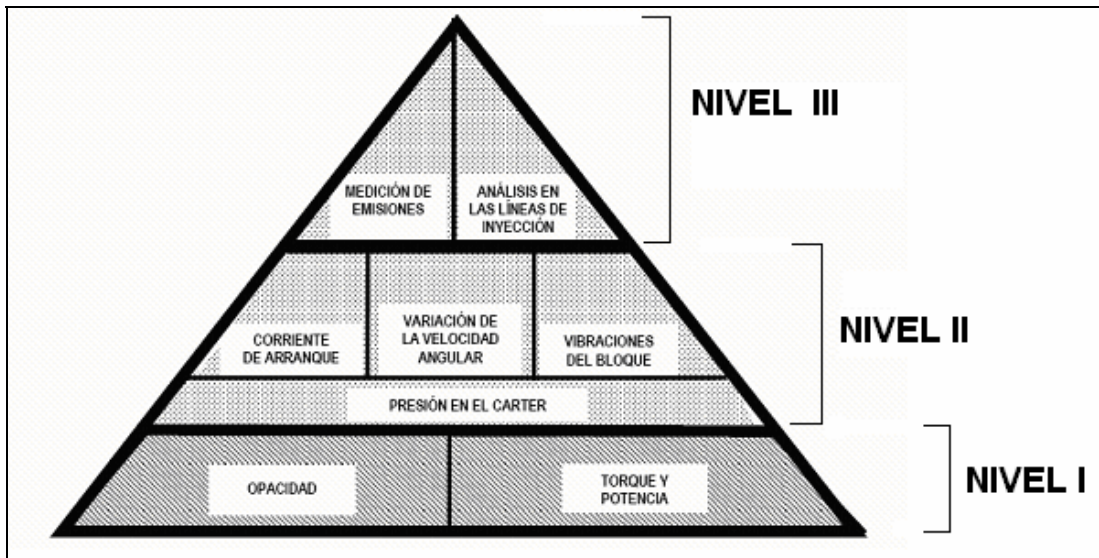


Figura 3. Pirámide de diagnóstico en niveles

La base, nivel I de diagnóstico que conforma la pirámide, está compuesta por las técnicas de OPACIDAD y DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA Y EL PAR. Estas son las técnicas más comúnmente utilizadas en nuestro medio para el diagnóstico de motores diesel.

El nivel II de diagnóstico está conformado por las técnicas de CORRIENTE DE ARRANQUE, VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD, VIBRACIONES DEL BLOQUE y LA MEDICIÓN DE LA PRESIÓN EN EL CARTER. Estas técnicas están dirigidas a encontrar la compresión relativa de cada uno de los cilindros del motor, y son más especializadas que el nivel I de diagnóstico.

Y un nivel avanzado de diagnóstico, nivel III, por encima del nivel anterior, conformado por aquellas técnicas que producen diagnósticos más específicos sobre algunos de los sistemas del motor. Dentro de este nivel están LA MEDICIÓN DE EMISIONES y EL ANÁLISIS DE LAS LÍNEAS DE INYECCIÓN. Cada una de estas técnicas se explican brevemente a continuación:

3.2.1 POTENCIA Y PAR: Determinación de la potencia y el par en motores de combustión interna Diesel mediante la técnica de la aceleración libre.

La técnica implementada se basa en el análisis dinámico del motor, y posteriormente en la medición de las variables que están ligadas al modelo matemático, tales como la velocidad angular del motor, el tiempo y el momento de inercia. La velocidad angular se obtiene mediante sensores ubicados en la polea del cigüeñal del motor y el momento de inercia se obtiene de un procedimiento estadístico al realizar pruebas en varios automotores nuevos. Al encontrar estos valores el algoritmo matemático se encarga de calcular el correspondiente valor de potencia y par. La importancia de esta técnica es que no hay que hacer uso de un dinamómetro, y que no existe la posibilidad de tener que desmontar ninguna parte del automotor, para lograr dicho fin.

Los requerimientos de hardware para la adquisición de estos parámetros es muy sencilla y económica, consta de un sensor hall, una tarjeta de acondicionamiento de la señal, una tarjeta de adquisición de datos y el PC.

El sensor hall y su posicionamiento en la polea de salida del cigüeñal del motor se puede apreciar en la figura #4.



Figura 4. Montaje del sensor para la prueba de Potencia y Par

3.2.2 OPACIDAD: Una de las adquisiciones más representativas dentro del proyecto DIAGMA D-100 corresponde a un transductor de Opacidad LCS de flujo parcial, el cual está diseñado para medir las emisiones de humo de los vehículos movidos por motores Diesel. El transductor 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 reflejadas 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.

Para la determinación de la velocidad de flujo con que circulan los gases de escape a través del exhosto de un vehículo se utilizara un tubo pitot tipo S, el cual es diseñado específicamente para la medida de flujo de gases con alto contenido de material particulado y para resistir obturaciones. Además convierte la señal de presión en una señal análoga. Esta determinación es importante para poder evaluar la cantidad de materia que entra y sale del motor, y la calidad de la combustión y, desde el punto de vista ambiental, es fundamental para determinar la carga contaminante generada por los motores Diesel.

Debido a que la mayoría de vehículos Diesel tienen un tubo de escape de diámetro variable, el tubo pitot se instala en una tubería de acero inoxidable de 4" de diámetro y 1.5m de longitud el cual se acopla a las diferentes formas de exhosto por medio de un tubo flexible. La figura 5 presenta el esquema de montaje del opacimetro y su conexión al PC.

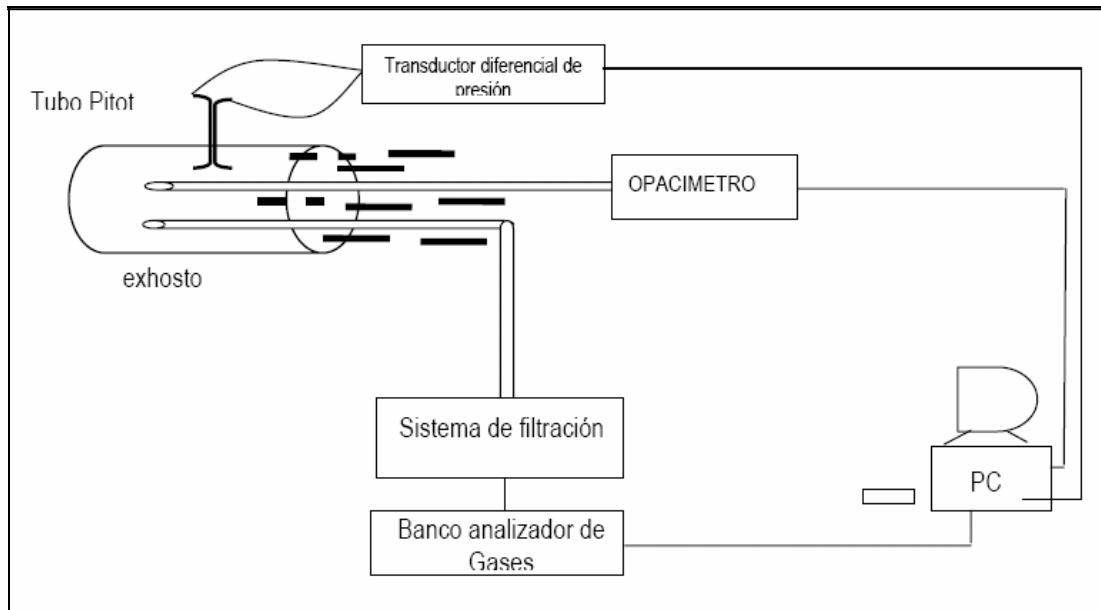


Figura 5. Esquema de montaje del opacímetro y su conexión al PC

3.2.3 CORRIENTE DE ARRANQUE: La medición de la compresión relativa a partir de la variación de la corriente de arranque es una técnica práctica para medir indirectamente la compresión de los cilindros en motores de combustión interna.

DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

La técnica consiste en evaluar la compresión relativa de los motores de combustión interna por medio de la medición de corriente de arranque al inicio del encendido del motor con un sensor de corriente Hall Tamura referencia LOZ05, el cual realiza la medida del consumo de corriente en cada cilindro en el arranque del motor Diesel.

Lo que se espera de un motor de combustión interna con compresión aceptable, es que el consumo de corriente sea mayor al momento del inicio del encendido debido a que el motor de arranque debe aplicar mayor par para vencer la inercia del motor de combustión interna, por lo tanto el motor de arranque exigirá mayor corriente de encendido que será proporcional a la compresión del

motor de combustión interna. La corriente producida al momento del arranque del motor de combustión es convertida en voltaje a su salida por el sensor de corriente Hall y será proporcional a la compresión de cada cilindro en el motor Diesel.

La señal de voltaje obtenida por el sensor de corriente es acondicionada y llevada a una tarjeta de adquisición de datos (TAD) de National Instruments.

3.2.4 OSCILACIONES DEL BLOQUE: Dentro de la variedad de técnicas y procedimientos de los sistemas de mantenimiento que se realizan a las maquinas térmicas reciprocantes, cabe destacar la técnica de diagnóstico por **análisis de las vibraciones mecánicas del bloque**, la cual presenta ciertos atributos técnico - operativos, que la hacen una de las aplicaciones de mayor potencial en la parte que corresponde específicamente al mantenimiento predictivo de este tipo de máquinas.

DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA:

Las oscilaciones del bloque motor pueden medirse colocando un acelerómetro lo más lejos posible del eje de oscilación y transversalmente al mismo, de manera que se obtenga la aceleración tangencial de ese punto que es proporcional a la oscilación del bloque. Bajo ciertas condiciones, la aceleración angular del bloque es proporcional al par generado por el motor (incluyendo las fuerzas de inercia), de esta forma se puede evaluar el aporte que realiza cada uno de los cilindros al par total generado por el motor y correlacionarlo con la compresión relativa de cada uno de los cilindros mediante un algoritmo matemático.

Los requerimientos de hardware para la realización de esta técnica son muy parecidos a los de las técnicas anteriores, solo necesita el acelerómetro, la tarjeta de acondicionamiento de señal, la tarjeta de adquisición de datos de National Instruments y el PC

En la figura #6 se muestra el montaje del acelerómetro en bloque del motor representativo.



Figura 6. Montaje del acelerómetro en el motor

3.2.5 ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR EN MOTORES DIESEL: La técnica de medición de la velocidad angular en el motor Diesel representativo NPR implementa una metodología rápida de diagnóstico de tipo no invasivo para detectar fallos de combustión y compresión, mediante la medición de la velocidad angular y sus variaciones por medio de un sensor de tipo óptico reflexivo acoplado en la parte delantera del cigüeñal del motor.

FALLOS QUE SE PUEDEN DETECTAR CON ESTA TÉCNICA

Esta técnica permite 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 medida en la polea del cigüeñal del motor de combustión interna.

FALLO DE COMBUSTIÓN

La detección de fallos de combustión en los cilindros individuales, se deriva de la habilidad de estimar el torque indicado al llevar a cabo la medición de la velocidad angular en el cigüeñal. La velocidad angular es obtenida directamente del sensor óptico reflexivo acoplado en la polea del cigüeñal del motor o del sensor hall acoplado al volante del motor, dependiendo del tipo de motor y el acceso al mismo así como el transductor y la configuración empleada para las mediciones.

FALLO DE COMPRESIÓN

Pequeñas aceleraciones y desaceleraciones del eje cigüeñal tienen lugar alrededor de la velocidad media debido a pulsaciones de presión en los cilindros individuales. El efecto de este término de aceleración es pequeño con respecto a la velocidad angular, pero se relaciona con la componente de AC de torque indicado T_e . Existe una relación entre la frecuencia de rotación del motor y su frecuencia de encendido. Si ocurre una falla en un cilindro de un motor, el volante pierde algo de momentum. El tiempo entre el incremento o decremento y una falla debería ser fácilmente detectado. Esto por supuesto no es tan sencillo donde existen muchas variables en un motor y estas están asociadas a la salida.

El hardware necesario para la realización de esta prueba es un codificador incremental en la polea cigüeñal, un sensor de posición óptico, un sensor de presión en la línea de inyección, además de las correspondientes tarjetas de acondicionamiento y adquisición de la señal y el PC.

3.2.6. ANÁLISIS DE LOS GASES DE ESCAPE: El fin primordial del análisis de gases es el de 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. El analizador de gases (ver figura 7), no interpreta las emisiones sólo las mide. De los valores que el analizador suministra se puede comenzar a diagnosticar cuales sistemas se encuentran funcionando fuera de especificaciones o con ajustes imprecisos, verificando los niveles que están muy altos o muy bajos.

La medida de los gases permite controlar la emisión para cualquier inspección y programa de mantenimiento.

Con base en investigaciones realizadas, se utilizará la técnica de infrarrojo no dispersivo, NDIR, para el análisis de las concentraciones de CO, CO₂, HC, la técnica de extinción de luz para determinar el porcentaje de opacidad, la técnica de celda electroquímica para O₂ y el método del tubo pitot tipo S para determinar el caudal de gases generado por los motores Diesel.



Figura 7. Analizador de gases

3.2.7 ANÁLISIS DE LAS LÍNEAS DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE:

Debido a la importancia que tiene en el motor el sistema de inyección, se desarrolló una técnica experimental no intrusiva que permita el diagnóstico parcial del estado de los inyectores, las líneas de alta presión y la bomba de inyección.

Mediante fallas inducidas en los diferentes componentes del sistema, se estudia el comportamiento o la respuesta del sistema de inyección mediante el análisis de los cambios observados en los diagramas de presión en cada cilindro para compararlos entre si, buscando una relación entre falla inducida y una respuesta particular del sistema. La relación encontrada permite evaluar y diagnosticar el estado del sistema de inyección.

La técnica consiste básicamente en la obtención del diagrama de presiones en las líneas de alta presión. El diagrama de presiones mostrado en la figura #8 representa el comportamiento de la presión en el eje ordenado versus el ángulo de giro del cigüeñal en el eje abcisa, como se observa en la figura; este diagrama se obtendrá en tiempo real para todos los cilindros simultáneamente (máximo seis).

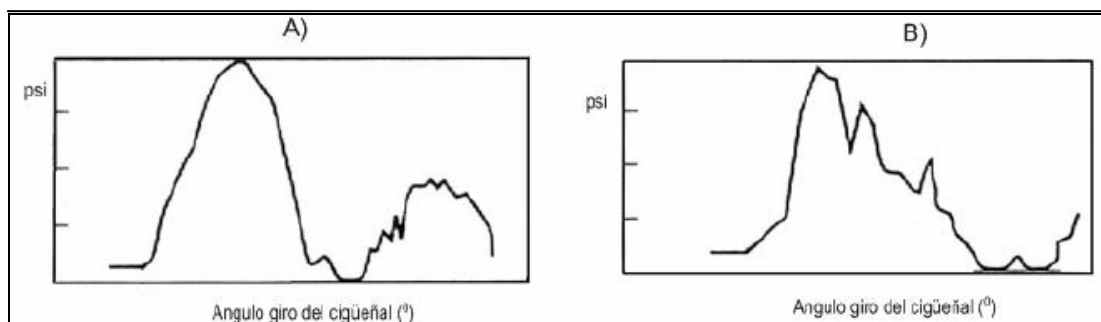


Figura 8. Diagrama de presiones en la inyección de combustible

Para la obtención de los valores en las líneas de alta presión se utilizarán sensores de presión (piezoeléctricos) en forma de abrazaderas. Estos sensores se sujetarán a la línea de alta presión y, gracias a sus propiedades, arrojarán 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 obtendrá 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.

Par la realización de esta técnica solo se necesitan los sensores de presión piezoeléctricos, las tarjetas de acondicionamiento y adquisición de señales y el PC con el algoritmo matemático necesario.

4. ORGANIZACIÓN DE LAS TÉCNICAS DESARROLLADAS PARA EL PROYECTO DIAGMA D-100 EN UNA METODOLOGÍA ORDENADA MEDIANTE EL SOFTWARE DIAGMA D-100

La organización de las técnicas de investigación desarrolladas para el proyecto DIAGMA D-100, descritas anteriormente, en una secuencia de pasos acordes a

la organización planteada inicialmente, será el objetivo primordial de este software.

Esta organización esta planteada por el diagrama de la pirámide que se presento en el capitulo anterior, pero que se ajusto para que diera paso solamente a las técnicas que si se desarrollaron. Esta organización se planteo entonces de la siguiente manera: (ver figura 9)

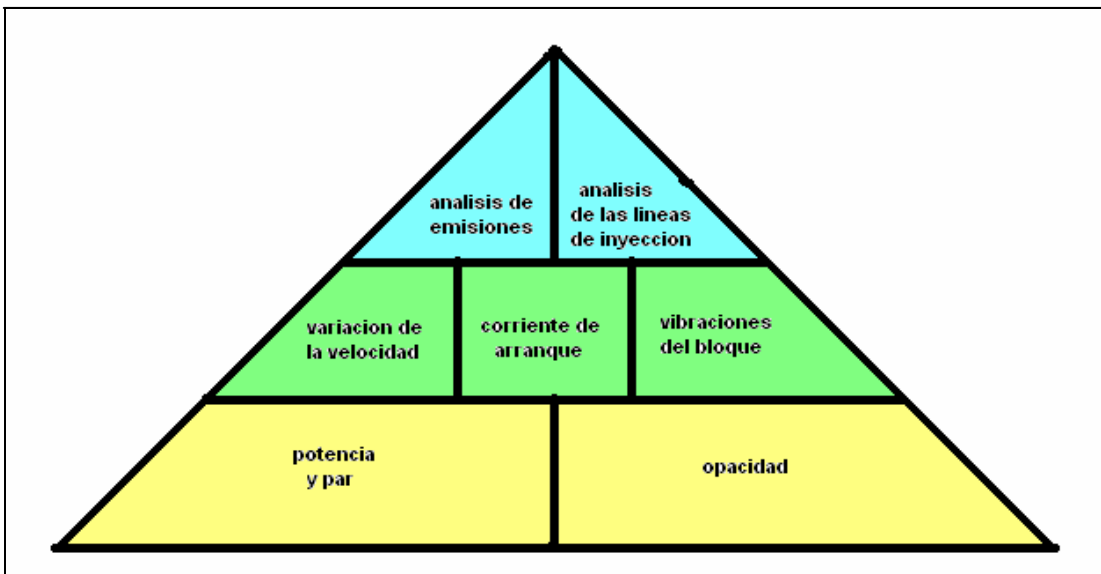


Figura 9. Pirámide de diagnóstico final

4.1 POR QUE SE ESCOGIÓ EL SOFTWARE LAB VIEW COMO LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

El lenguaje de programación empleado para realizar el software es Lab View, nuevo en nuestro medio, pero que sin lugar a dudas es una de las herramientas mas eficientes para lograr interfaces amigables en el campo de la adquisición, manejo y presentación de señales adquiridas de sensores, además otra razón importante es que la tarjeta de adquisición de señales que se utilizó necesita la administración de las mismas por el paquete informático presentado por Lab View. Por estas razones, al hacer la compra de la tarjeta de adquisición de señales a Nacional Instruments, se adquirió también la licencia del software de Lab View.

4.2 ESTRUCTURA DEL SOFTWARE

Los principios más generales sobre la estructura del software de diagnóstico se muestran a continuación, sin embargo será la implementación la que determine el modelo definitivo a seguir.

4.2.1 Software de Diagnóstico: Para el desarrollo del software de diagnóstico de motores Diesel, se ha empleado el modelo de desarrollo en cascada, el cual cubre los aspectos principales concernientes a los requerimientos básicos, el diseño de la Interfaz Hombre Máquina, su implementación y las pruebas a que se somete la aplicación final.

En la figura 10 se presenta el esquema general de diseño.

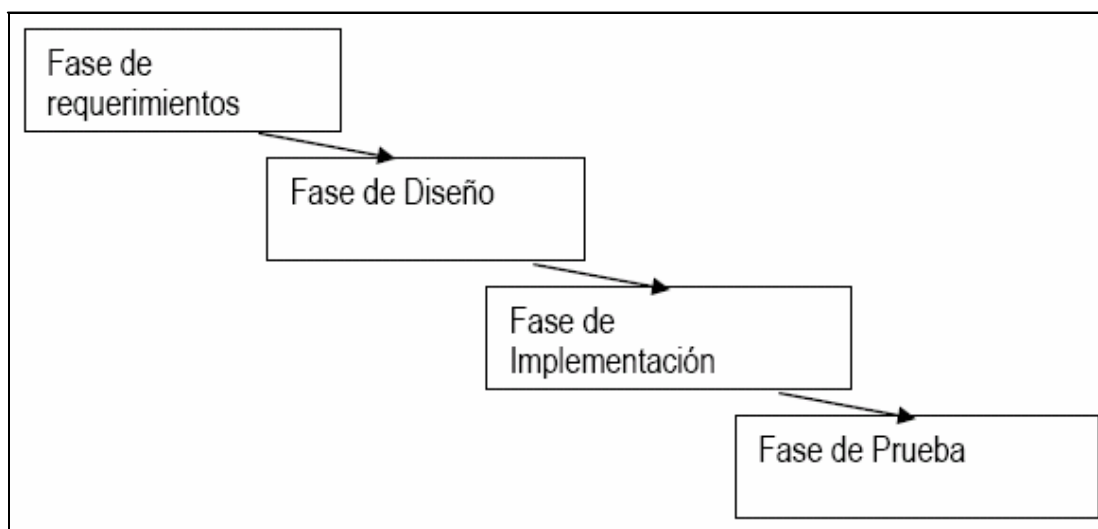


Figura 10. Esquema general de diseño

La documentación de todas las fases es importante en este modelo y se orienta a las etapas que corresponden en el tiempo. Cada fase de trabajo es documentada y aprobada antes de proceder a la siguiente etapa. Hay muchos *requerimientos* de hardware y software detrás de esta filosofía de trabajo en el prototipo y

existen requerimientos de usuario además de exigencias básicas que son derivadas del modelo de programación.

La *fase de diseño* consiste en decidir la estructura de la aplicación en detalle. En este estado se decide como se implementarán los requerimientos, estos incluyen el desarrollo del diseño o la arquitectura de la aplicación a alto nivel y el desarrollo lógico para el cumplimiento de los objetivos.

La fase de codificación incluye la *implementación* y desarrollo del software, esto se llevó a cabo en pasos ordenados. Este software tiene como característica su modularidad, para poder ir avanzando en cada una de las técnicas por separado, sin tener que correr todo el paquete informático completo, de esta forma podremos hacer pruebas con cada una de las técnicas hasta lograr su correcto funcionamiento.

Para la *fase de pruebas* se tiene planeada la depuración del código y la integración de los diversos módulos correspondientes, en este punto se comprobarán las especificaciones y los requerimientos iniciales de la aplicación. El plan de pruebas será desarrollado para verificar y validar que la programación de la aplicación cumpla con los requerimientos para el total desarrollo de las técnicas de diagnóstico en motores Diesel.

El panel frontal en Lab view esta conformado por un marco común y una serie de submódulos donde se concentran cada una de las técnicas de aislamiento y diagnóstico de fallas en el motor de inspección. La figura 11 muestra el panel de control básico del prototipo de análisis.



Figura 11. Panel de control básico

El diagrama de bloques de las técnicas implementadas en el prototipo se ajusta a los submódulos en los que se divide la programación gráfica permitiendo la modularidad del panel y la disposición para el manejo de las variables en cada tipo de prueba desarrollada. (Ver figura 12).

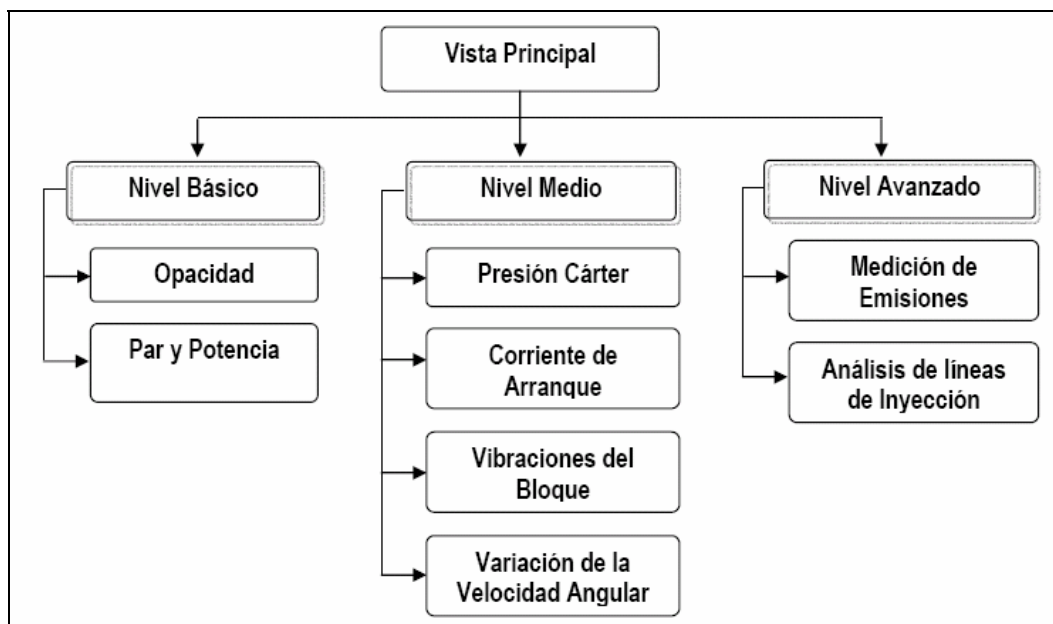


Figura 12. Modularidad del software

La aplicación principal interactúa con el modulo de comunicaciones, la interfaz de usuario y posee una documentación para entrenamiento del operario, según la figura 13:

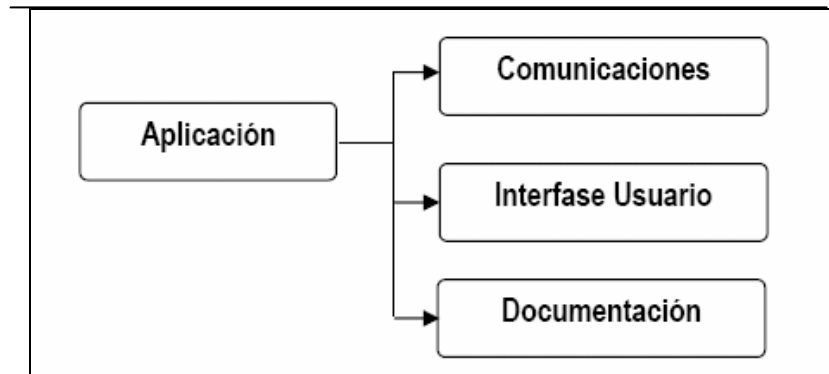


Figura 13. Interacción entre módulos

Después de aprender a manejar el software, encontramos grandes dificultades para poder enlazar la base de datos con el software final, para solucionar este problema se decidió realizar otro software, en un lenguaje mas asequible, como Visual Basic, que nos administrara la base de datos de las pruebas a los automotores y dejar el software en Lab View solamente para la adquisición de los *factores de operación de los motores Diesel*.

4.3 PROPUESTA DEL SOFTWARE DIAGMA D-100 PARA ADMINISTRAR LAS TÉCNICAS DEL PROYECTO

Como se explico anteriormente, este software fue realizado en el lenguaje Lab View. Su característica principal es que el software no es un archivo ejecutable independiente, sino que va ligado a la instalación obligatoria del software Lab View para poder ver la Interfase Hombre Maquina (IHM) y poder recibir las señales de la tarjeta de adquisición, que son necesarias para poder llevar a cabo las diferentes pruebas.

Un objetivo importante en la Interfase Hombre Maquina (IHM) es el de crear este software en un ambiente amigable con el operador, es decir, que no necesite un alto nivel técnico para poder entender los pasos necesarios para completar todas las pruebas sobre el automotor.

Dentro del proyecto de investigación se requirió comprar un computador portátil y la ya mencionada tarjeta de adquisición de datos de National Instruments (NI) por esto solamente en este computador se podrá ver correr el programa de forma correcta y además, obtener las señales de los sensores.

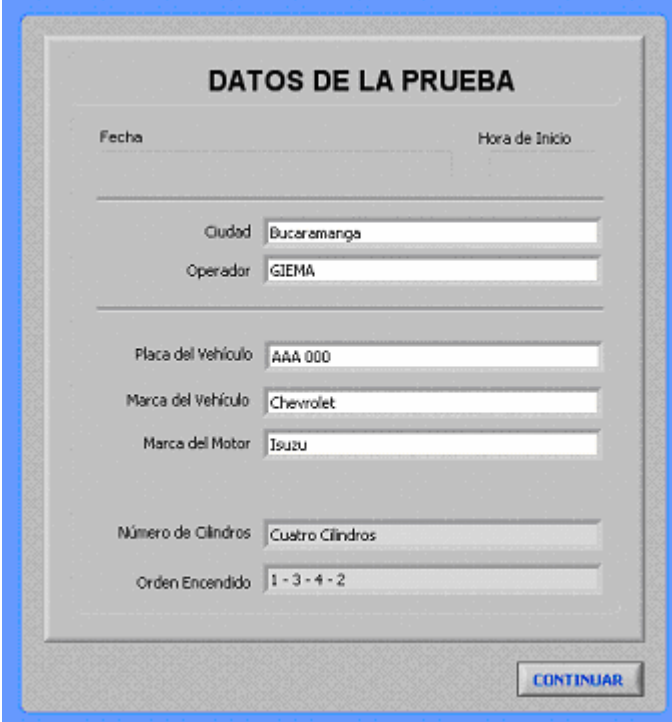
Cabe mencionar que el responsable del funcionamiento de cada técnica es solamente el miembro del grupo de investigación al cual se le asignó la tarea de sacar adelante cada técnica en particular como proyecto de grado o maestría, por ello para la realización de la Interfase Hombre Maquina solamente se va generar el ambiente necesario para poder recorrer toda las técnicas de forma ordenada según su rango dentro del mantenimiento del motor, más no de que las técnicas propuestas funcionen como tal.

Este es el panel inicial donde se muestra el correcto arranque del programa y se activara al dar clic sobre el botón continuar. (Ver figura 14)



Figura 14. Inicio del software DIAGMA D-100

Prosiguiendo con el programa llegamos a la pantalla donde se piden algunos datos del vehículo al cual se le esta realizando la prueba: (Ver figura 15)



El formulario, titulado "DATOS DE LA PRUEBA", está dividido en varias secciones de entrada de datos. En la parte superior, hay campos para "Fecha" y "Hora de Inicio". A continuación, se encuentran los campos "Ciudad" (con el valor "Bucaramanga") y "Operador" (con el valor "GIEMA"). La sección de datos del vehículo incluye "Placa del Vehículo" (AAA 000), "Marca del Vehículo" (Chevrolet) y "Marca del Motor" (Isuzu). En la parte inferior, se especifica el "Número de Cilindros" (Cuatro Cilindros) y el "Orden Encendido" (1 - 3 - 4 - 2). Un botón "CONTINUAR" está ubicado en la esquina inferior derecha del formulario.

DATOS DE LA PRUEBA	
Fecha	Hora de Inicio
Ciudad	Bucaramanga
Operador	GIEMA
Placa del Vehículo	AAA 000
Marca del Vehículo	Chevrolet
Marca del Motor	Isuzu
Número de Cilindros	Cuatro Cilindros
Orden Encendido	1 - 3 - 4 - 2
CONTINUAR	

Figura 15. Datos de la prueba

En estos datos encontramos casillas para llenar como por ejemplo la fecha, la ciudad, el responsable de la prueba y los datos del vehículo. Pasaremos al siguiente panel, al hacer clic sobre el botón continuar.

Llegamos a la preparación de la prueba, (ver figura 16), en este panel se hacen unas recomendaciones para poder realizar la prueba con éxito. Por ejemplo se pide que inmovilice el vehículo, para evitar un eventual accidente, se pone el vehículo en neutro, esto se exige para poder encender el vehículo sin ningún impedimento y para completar revisar los niveles de aceite y agua, porque el vehículo va a permanecer encendido durante largo tiempo. Pasaremos al siguiente panel al cumplir con estos requisitos y dar clic en continuar.



Figura 16. Procedimiento general

Ahora si entraremos en el panel de organización de las técnicas, en la cual encontraremos estas técnicas agrupadas por niveles.

Son tres niveles, **BÁSICO**, **INTERMEDIO** Y **AVANZADO** los cuales representan cada uno de los escalones de la pirámide final que se diseño anteriormente, que representa los niveles de diagnostico en una escala que los agrupa según su importancia. (Ver figura 17).



Figura 17. Niveles de diagnostico

Empezaremos con inspeccionar el nivel básico, el cual presenta dos técnicas: La potencia y el par, y la opacidad.

Podemos ver en la misma ventana tres botones en la parte inferior. Los datos generales nos muestran el panel inicial donde se introducen los datos del vehículo y la fecha. La revisión de canales, nos ayuda a inspeccionar si los canales utilizados para la adquisición de datos son los correctos y si están funcionando en ese momento. Y por último el botón de finalizar la prueba, en donde si no se puede continuar con la prueba, se sale de la misma para poder iniciarla mas adelante.

POTENCIA Y PAR

Al hacer clic sobre el botón de POTENCIA Y PAR entraremos al panel donde se realiza esta prueba, que se presenta en la figura 18:

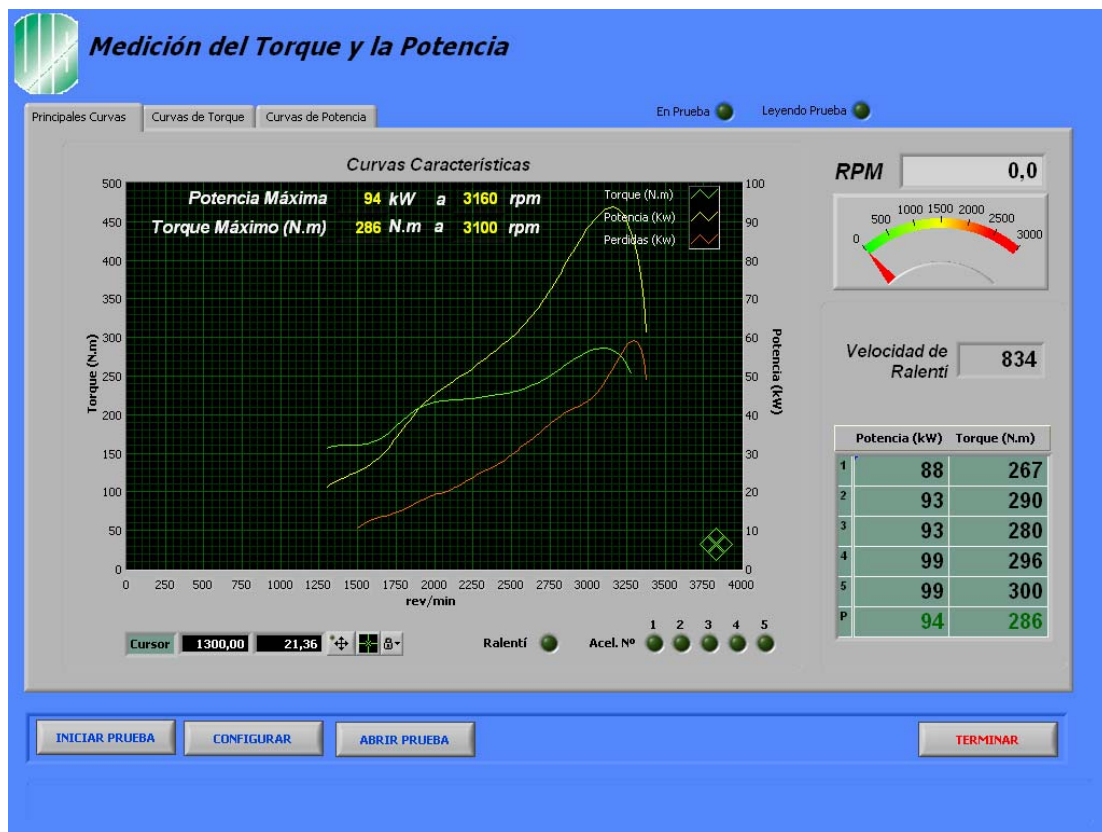


Figura 18. Medición de la potencia y el par

En esta ventana podemos apreciar primero que todo un contador de revoluciones digital y análogo, un cuadro donde se señala la velocidad de ralentí del motor, una tabla donde se indica la potencia y el par, en donde se obtendrán los datos de cada una de las pruebas que se efectúen, ya que el valor total de la potencia y el par se obtienen del promedio de tres pruebas de aceleración. También se observan dos pestañas, las cuales nos mostraran las graficas de la potencia y el par por separado en función de la revoluciones del motor. Además cuenta con varios leds que nos indicaran el número de intentos para obtener el promedio de la potencia y el par.

Al terminar la prueba se observa dentro de la grafica principal el valor obtenido de la potencia y del torque por separado, con las respectivas revoluciones a las cuales fue alcanzado este valor. En esta misma ventana principal se irán graficando los valores obtenidos de la señal de entrada del sensor.

MEDICIÓN DE LA OPACIDAD

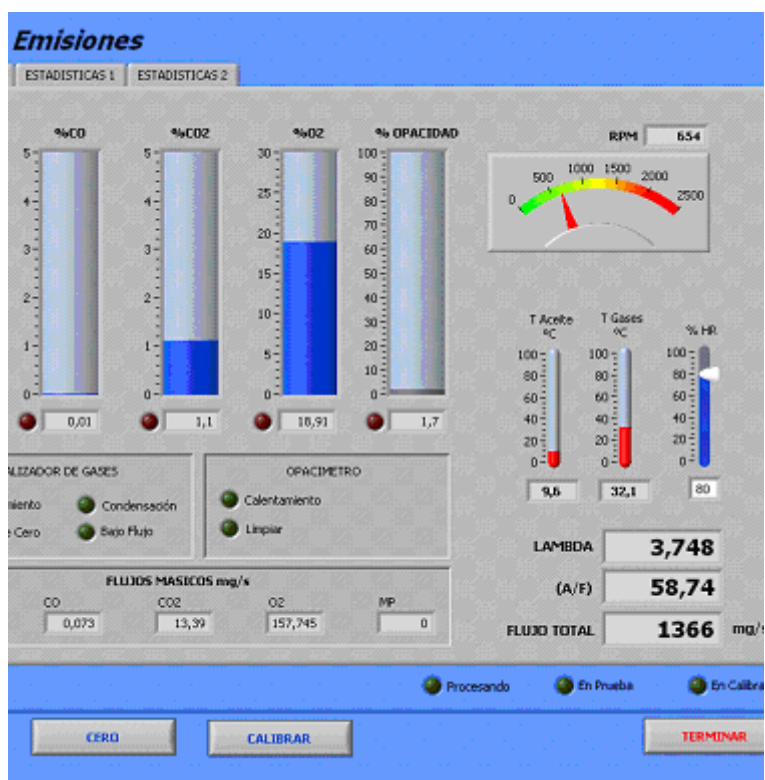


Figura 19. Medición de la opacidad

Para la medición de la opacidad, según nuestro diagrama de la pirámide, la opacidad es una prueba independiente, pero en la práctica, necesitamos tener conectados una serie de aparatos que hacen esta sola prueba muy dispendiosa, por ello se incluyó esta prueba dentro del grupo de análisis de gases de escape, (ver figura 19), y hasta que no realicemos esta prueba no podremos ver el resultado del análisis de opacidad de los gases de escape.

Después de realizar las dos pruebas volvemos al panel inicial, donde se escoge el nivel de diagnóstico y escogeremos la segunda opción, nivel Intermedio. Al hacer clic sobre este botón, se abrirán en el panel las tres técnicas que pertenecen a este nivel: LA VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD, LAS VIBRACIONES DEL BLOQUE y LA CORRIENTE DE ARRANQUE.

VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR

Para la técnica de variación de la velocidad angular utilizaremos la siguiente interfaz: (ver figura 20)

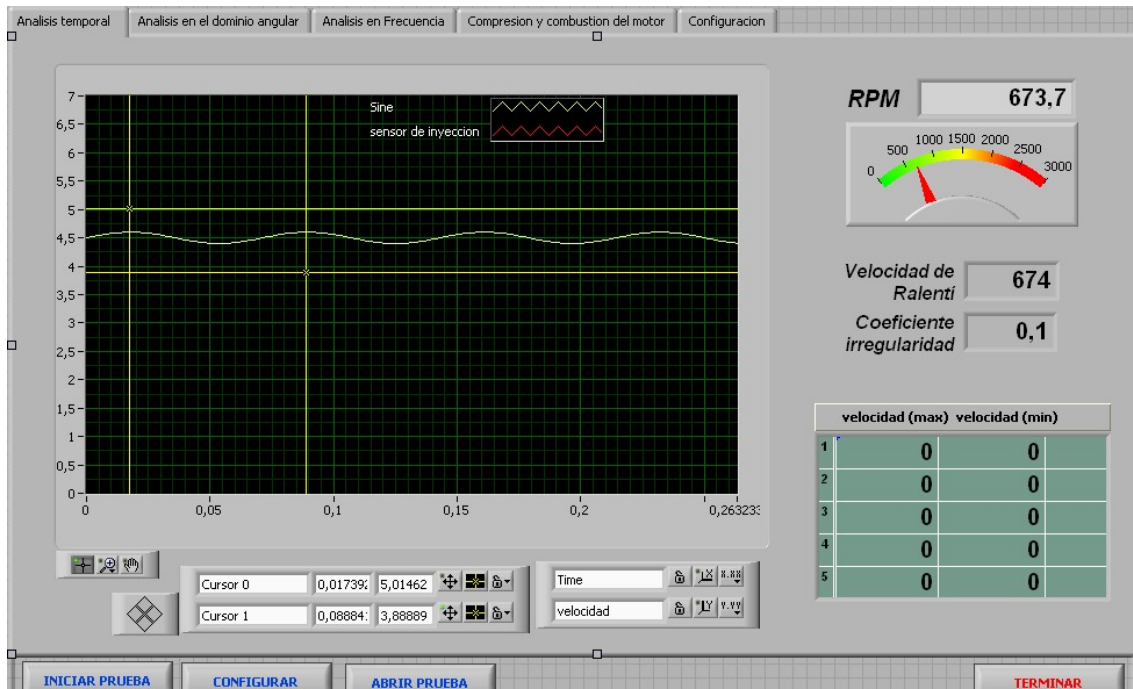


Figura 20. Variación de la velocidad angular

Se pueden apreciar cinco lengüetas en la parte superior de la ventana, el análisis temporal, análisis en el dominio temporal, análisis en frecuencia, la compresión y monitoreo del motor, y la de configuración.

Esta técnica se encuentra en desarrollo, como una tesis de maestría por ello se puede apreciar una interfaz más difícil de entender.

Se puede apreciar también el tacómetro digital y análogo, además de un visor de la velocidad de ralentí y su coeficiente de irregularidad, este coeficiente nos muestra la estabilidad de las revoluciones del motor en ralentí.

En el espacio gráfico se captará el comportamiento de la señal, y se podrá representar en dominio de la frecuencia, del tiempo y angular, para de esta forma poder determinar las fallas en la combustión y en la compresión de cada cilindro, por medio del estudio del comportamiento de la velocidad angular en la p Polea del cigüeñal.

OSCILACIONES DEL BLOQUE

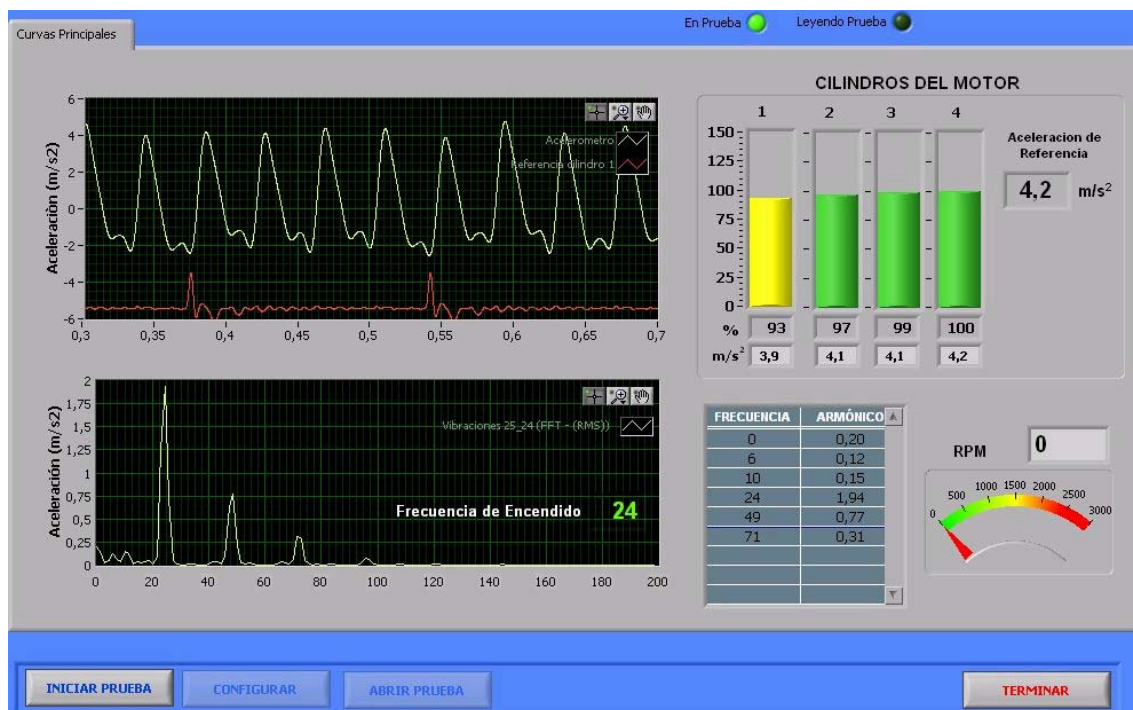


Figura 21. Oscilaciones del bloque

La técnica de Oscilaciones del bloque, (Ver figura 21), tiene una interfaz bastante ilustrativa, en ella podemos ver una sola lengüeta donde se presentan las curvas principales obtenidas de los sensores, estas curvas representan la aceleración Vs frecuencia.

Se puede apreciar el tacómetro digital y análogo, una tabla con los picos de frecuencia más representativos con su amplitud correspondiente y lo principal una grafica de barras donde se ilustra la compresión relativa de cada uno de los cilindros del motor. Por se compresión relativa, no nos presenta la compresión de cada uno de los cilindros, sino la compresión de cada cilindro con respecto al cilindro que mas compresión presente. El cilindro que se presenta en amarillo nos indica que este nivel de compresión es muy bajo y se clasifica dentro de los niveles de alarma de compresión relativa.

Tenemos en la parte inferior tres botones, el primero para dar inicio a la prueba, el segundo para configurar los canales de adquisición de datos y el tercero para abrir una prueba realizada anteriormente.

En la parte inferior derecha tenemos el botón de terminar la prueba el cual se podrá oprimir en el momento en el que deseemos terminar la prueba.

CORRIENTE DE ARRANQUE

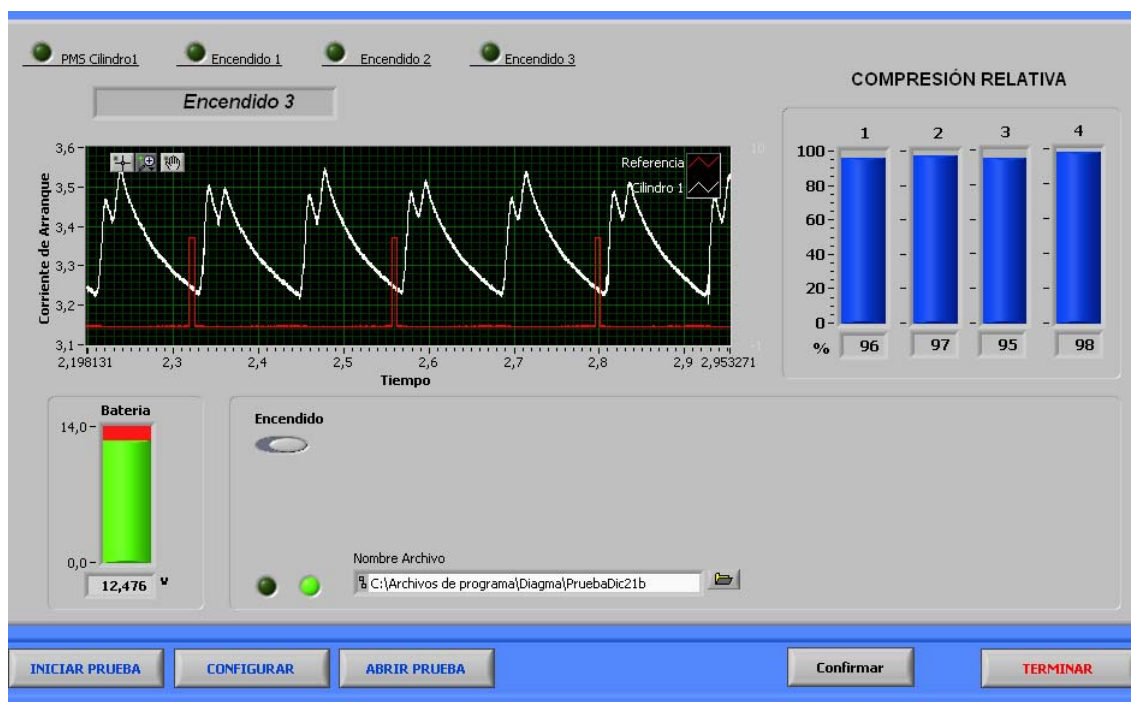


Figura 22. Medición de la corriente de arranque

La técnica de análisis de la corriente de arranque en el motor para determinar la compresión relativa en el motor, mostrada en la figura 22, presenta una interfaz muy sencilla y amigable, en ella podemos apreciar 4 leds en la parte superior, estos leds nos indicaran si los sensores están bien colocados y el número de la prueba que estemos realizando. También, representa una gráfica en tiempo real de los picos de corriente generados por el motor al momento de intentar encender el vehículo, esta gráfica representa la corriente de arranque en función del tiempo. Al igual que la anterior técnica encontramos las barras que nos indican la compresión relativa de cada uno de los cilindros en forma de porcentaje. Hacia el lado izquierdo encontraremos el indicador de voltaje de la batería. También observamos los mismos cuatro botones de iniciar prueba, configuración y abrir prueba existente y el botón de terminar.

Al haber terminado con las tres pruebas anteriores, debemos continuar con el tercer nivel de mantenimiento, el nivel avanzado. Dentro encontraremos dos pruebas: el ANÁLISIS DE LOS GASES DE ESCAPE y el ANÁLISIS DE LAS LÍNEAS DE INYECCIÓN.

ANÁLISIS DE LOS GASES DE ESCAPE

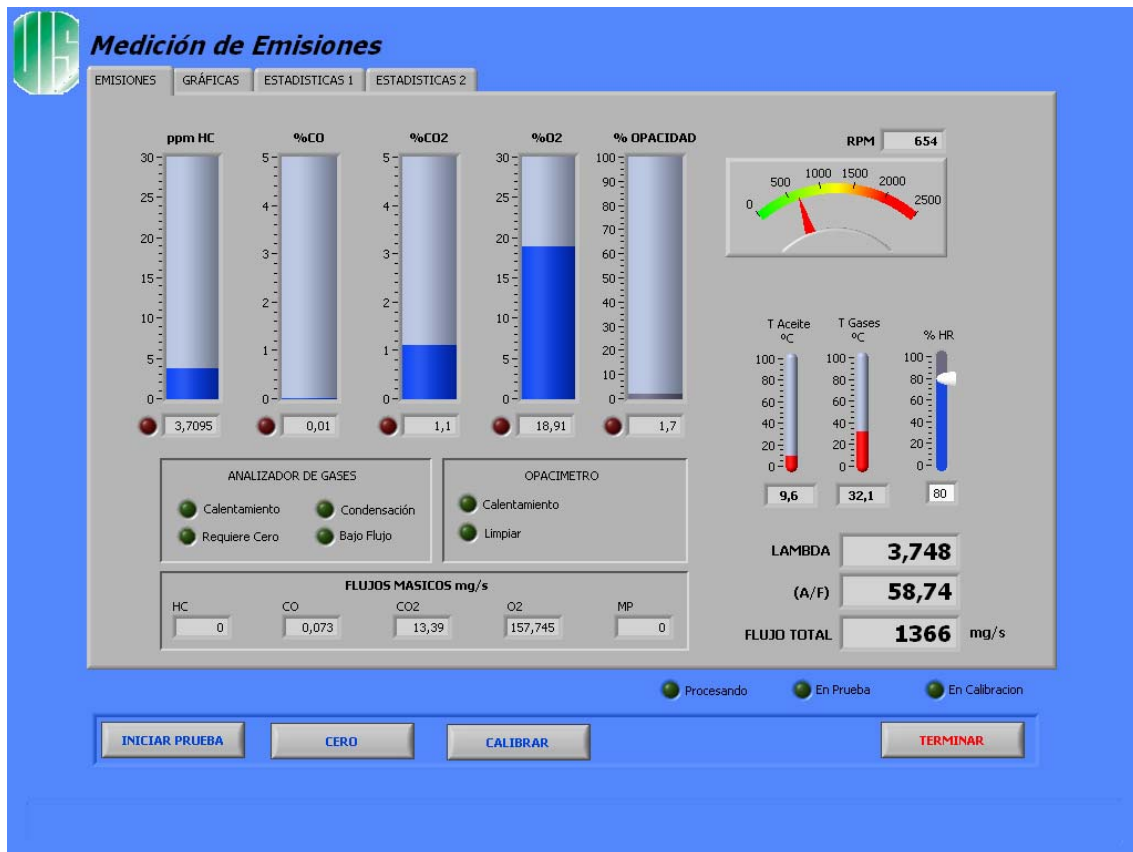


Figura 23. Medición de las emisiones

La prueba de medición de emisiones, (Ver figura 23), es una de las más completas de todo el grupo de técnicas, al realizar la prueba veremos el tacómetro digital y análogo de las revoluciones del motor, los niveles de temperatura de los gases de escape y de aceite del motor, así como el porcentaje de Humedad Relativa (HR).

Se determina en una casilla el coeficiente lambda de la prueba, la relación aire combustible y el flujo total de gases de escape. Estas son las variables más importantes a medir en la prueba. En la parte superior izquierda vemos el diagrama de barras en el cual se muestran en tiempo real los niveles de % opacidad, % de CO, % de CO₂, % de O₂ y las partículas por millón de HC. Se encuentran también unas casillas en la parte inferior en las cuales se presentan unos leds indicadores de posibles problemas en la prueba, por ejemplo un

recalentamiento o un taponamiento de los sensores tanto del opacimetro como del analizador de gases.

Se pueden distinguir en la parte inferior tres botones, el de iniciar prueba, el de poner a cero los niveles, y el de calibración, para configurar los parámetros de la prueba. Además de el botón de terminar prueba en la parte derecha inferior.

ANÁLISIS DE LAS LÍNEAS DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE

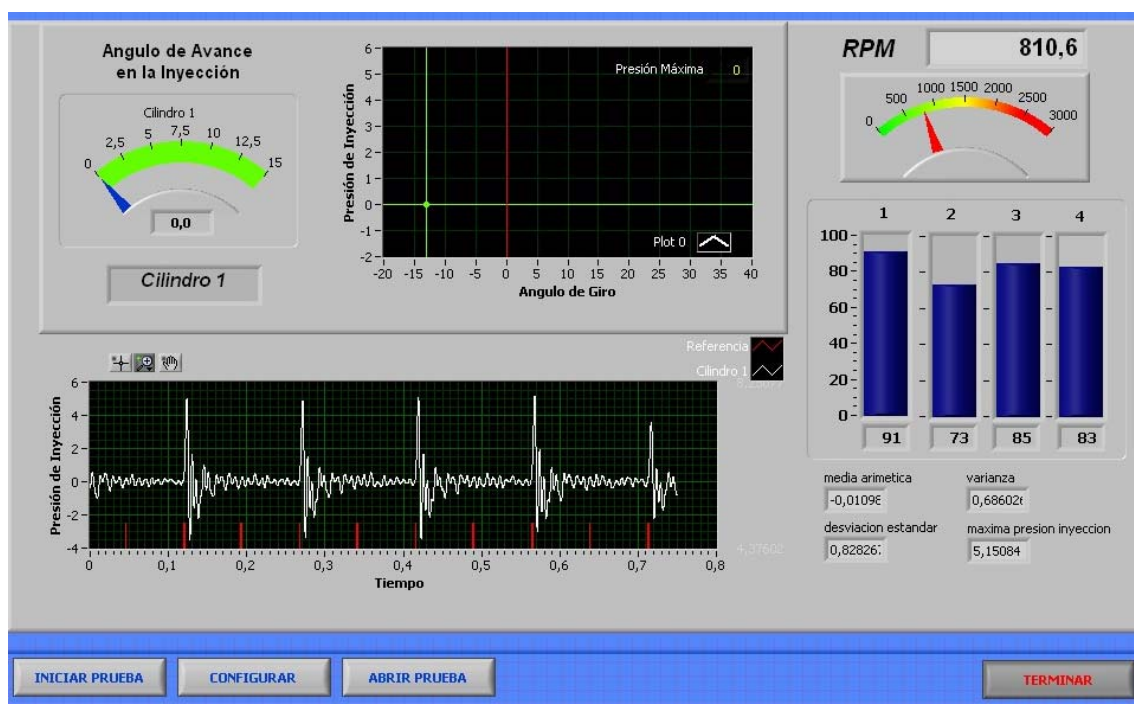


Figura 24. Análisis de las líneas de inyección de combustible

En la interfaz de la prueba de análisis de las líneas de inyección de combustible (ver figura 24), se visualizan varios factores en tiempo real. Comenzamos con el grafico del ángulo de avance de la inyección, este se muestra en un reloj en la parte superior izquierda, al lado derecho de esta grafica vemos una grafica de la presión de inyección con respecto al ángulo de giro y en la parte inferior podremos apreciar la presión de inyección Vs el tiempo. En la parte superior derecha de la interfaz vemos los mismos tacómetros utilizados en las demás técnicas, y debajo de estos la grafica de la presión de inyección verificada en

cada una de las líneas de alta presión de inyección de combustible en su respectivo porcentaje.

Cabe resaltar que esta prueba se hace para cada cilindro y al finalizar se muestra el consolidado de todos los cilindros.

También se muestran los tres botones típicos de casi todas las pruebas, de inicio, de configuración y de abrir una prueba ya existente y al lado izquierdo de estos el botón terminar para interrumpir la prueba cuando sea necesario.

De esta forma se termina de correr el programa en su totalidad, cabe resaltar que cada una de las técnicas se puede imprimir en formato TXT para su archivo o para entregar una copia al cliente. Como ya se menciono anteriormente para realizar la interfaz entre la base de datos y Lab View se generan muchos errores e inconvenientes. Por ello la base de datos la desarrollaremos en el siguiente software.

5. OBTENCIÓN DEL ÍNDICE DE MANTENIBILIDAD

En el capítulo 2 se definió el índice de mantenibilidad, en este capítulo vamos a mostrar la forma como obtendremos nuestro índice de mantenibilidad apoyándonos en las técnicas desarrolladas por el proyecto DIAGMA D-100.

El índice de mantenibilidad como se había planteado desde un comienzo corresponde a la suma de factores que representan los parámetros de operación

medidos en el motor Diesel en una prueba. A continuación vamos a identificar los factores que intervienen en nuestro índice de mantenibilidad:

1. Inspección Visual de los subsistemas del motor
2. Medición de la potencia y el torque
3. Medición de la opacidad
4. Medición de la compresión relativa
5. medición de las vibraciones del bloque
6. Análisis del sistema de inyección
7. Análisis de los gases de escape

Estos factores representan los parámetros principales de operación del motor al cual le realizamos la prueba, sin embargo, estos valores tendrán que ser comparados con los obtenidos de las pruebas a un motor nuevo, para poder clasificar estos resultados; y para ello se cuenta con los límites de alerta y alarma, que nos indican para cada factor los rangos en los cuales pueden estar clasificados los resultados y de esta forma obtener un valor cualitativo del resultado.

5.1 ECUACIÓN MATEMÁTICA UTILIZADA PARA EVALUAR EL ÍNDICE DE MANTENIBILIDAD

Los factores mencionados anteriormente tienen un valor o un peso dentro de el índice de mantenibilidad, pero tras un estudio detallado, se encontró que unos factores son más importantes que otros, por eso se recurrió a las referencias bibliográficas para encontrar esta diferencia.

Se encontró que el valor del factor determinado por el primer nivel de la pirámide de diagnóstico, en el cual se encuentran la medición de la POTENCIA Y EL PAR Y LA OPACIDAD de un motor tienen un mayor peso dentro de la

formula del índice de mantenibilidad, por ello se estimo este valor en el 40% del valor total del Índice.

El segundo valor más representativo es la INSPECCIÓN VISUAL que se hace a cada uno de los subsistemas del motor. Mediante la inspección visual se utilizan varios de los sentidos de percepción de señales para nosotros, como el tacto, la vista y el oído, con los cuales podremos detectar los problemas superficiales que pueda tener un motor Diesel, como por ejemplo una fuga de líquidos, una vibración extraña en un eje o en una balinera, calor excesivo en una tubería, un ruido extraño dentro del motor. Todo esto nos indica si un motor esta funcionando de forma correcta o si por el contrario se presentan fallas evidentes dentro de él. Claro esta que para realizar esta inspección visual se necesita contar con un grado mínimo de experiencia en la evaluación de estos síntomas para poder emitir un juicio satisfactorio.

Por esto, esta revisión visual del estado general de un motor ocupa el segundo puesto en importancia dentro del índice de mantenibilidad y se le asigno el 30% del total.

Para las técnicas que faltan, como la de análisis de OSCILACIONES DEL BLOQUE, la técnica de la evaluación de la CORRIENTE DE ARRANQUE, la VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR, el ANÁLISIS DE LAS LÍNEAS DE INYECCIÓN, el ANÁLISIS DE GASES, por ser unas técnicas nuevas y que están presentándose como un prototipo en este proyecto, sumaran todas los 30% restantes del índice de mantenibilidad.

De esta forma la ecuación matemática para evaluar el índice de mantenibilidad será:

$$IM = 0.3Iv + 0.2Pt + 0.2Op + 0.05Vv + 0.05Ca + 0.05Ob + 0.075Ai + 0.075Ag \quad \{46\}$$

Donde:

IM = Índice de Mantenibilidad

Iv = Inspección Visual

Pt = Medición de la Potencia y el Par

Op= Medición de la Opacidad

Vv = Variación de la Velocidad Angular

Ca = Corriente de Arranque

Ob = Oscilaciones del Bloque

Ai = Análisis de el sistema de inyección

Ag = Análisis de las emisiones de los gases de escape

Esta formula se puede entender más fácilmente en la figura25:

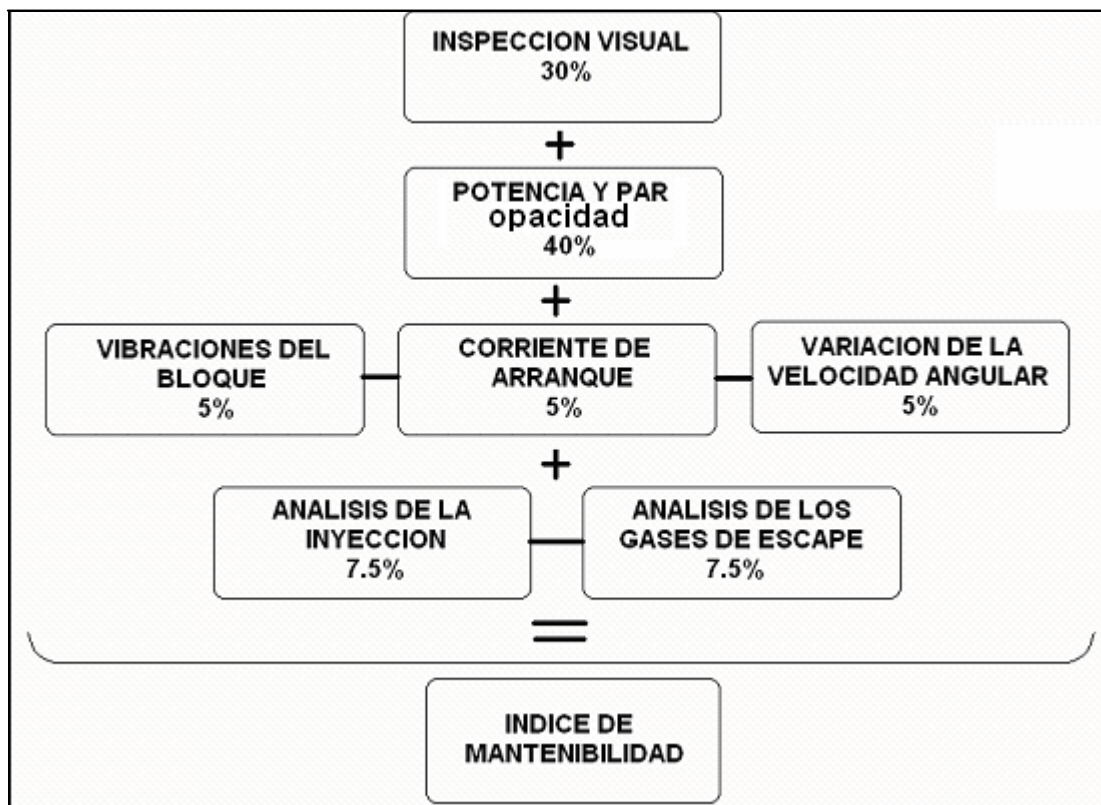


Figura 25. Índice de mantenibilidad

La forma como se desarrollara la inspección visual será mostrada en el siguiente ítem.

5.2 HOJAS DE INSPECCIÓN:

Para la realización de las hojas de Inspección necesarias par recopilar la información tanto visual como la del resultado de las técnicas de investigación, se agruparon en tres grupos, siguiendo el esquema de la pirámide de mantenimiento que se divide en tres niveles, añadiendo al primer nivel donde se encuentran las pruebas de POTENCIA Y PAR y OPACIDAD, las HOJAS DE INSPECCIÓN VISUAL del automotor.

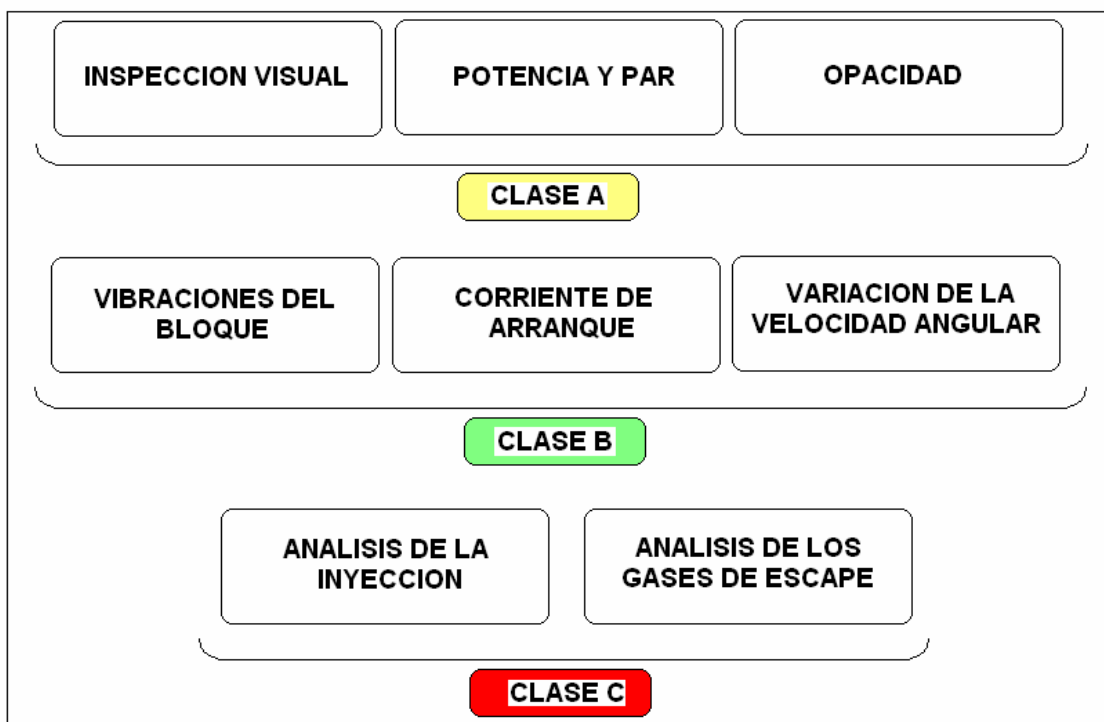


Figura 26. Subdivisión de las hojas de inspección en CLASES

De esta forma vamos a trabajar el diagrama de la pirámide final con las hojas de inspección como se muestra en la figura 26.

5.2.1 HOJAS DE INSPECCIÓN CLASE A: En este grupo de hojas de inspección se realiza la inspección de los subsistemas representativos del motor diesel y además incluiremos los resultados obtenidos en el primer nivel de la

pirámide de mantenimiento, que cubre la potencia y el torque y el nivel de opacidad.

a) Hojas de inspección visual

Por medio de las hojas de inspección visual, que se encargan de determinar el estado operativo del motor Chevrolet NPR de referencia 4HG1T, mediante información cualitativa y cuantitativa.

Para la realización de este objetivo se realizó un estudio detallado de cada uno de los subsistemas que componen el motor Diesel de la marca Chevrolet referencia NPR 4HGI-T, se definieron los siguientes subsistemas:

- ✚ SUBSISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE
- ✚ SUBSISTEMA DE LUBRICACIÓN
- ✚ SUBSISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE
- ✚ SUBSISTEMA DE ARRANQUE Y ELÉCTRICO
- ✚ SUBSISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Para poder realizar las hojas de inspección se contó con el respaldo de la empresa CODIESEL S.A. el cual nos facilitó el ingreso a sus instalaciones en la ciudad de Girón sobre el Km. 7, y el acceso a sus automotores de la referencia citada anteriormente, (ver figura 27), éste motor se estudió físicamente por alrededor de 80 horas, y durante este tiempo se logró identificar cada uno de los componentes que conformaban cada subsistema, registrándolos con material fotográfico y de esta forma se pudo dar inicio a la metodología de inspección y mantenimiento de este motor.



Figura 27. Motor representativo en CODIESEL S.A.

Además, se requirió el manual de servicio y taller del motor de referencia, el cual fue facilitado en parte por CODIESEL S.A. pero al encontrarse incompleto se vio la necesidad de adquirirlo y para ello se contacto por Internet con el vendedor de este tipo de manuales en Argentina.

Al tener la información recopilada se dio inicio a su estudio y se determino la forma en la cual se podría plantear las hojas de inspección del motor de referencia. Al determinar los subsistemas se revisó con base en los manuales de servicio cuales eran los problemas mas frecuentes en cada una de las partes constitutivas de cada uno de los sistemas, a continuación describiremos cada una de las hojas de inspección.

Como el objetivo principal de generar las hojas de inspección de forma física es el de poder organizarlas en una base de datos y de esta forma dar inicio a las hojas de vida de cada uno de los vehículos que vayan a utilizar nuestro sistema de inspección y mantenimiento. Las hojas de vida que se generen, se convertirán en prenda de garantía del mantenimiento que se efectúan sobre los automotores, y de esta forma producirán un valor agregado al automotor.

Hojas de inspección físicas

Primero que todo se necesita obtener los datos del vehículo que lo hace único e identificable ante el ministerio de transporte, algunos de los principales datos son la placa del vehículo, el numero de referencia del motor, hasta terminar con los datos que identifican al conductor y a su propietario. Después de realizado este paso proseguimos con la fecha y hora de la inspección y quien es el responsable de dirigir la prueba. De esta forma cuando se requiera se podrá tener acceso a esa base de datos para determinar que hace falta en el mantenimiento del vehículo o si se cumplieron las recomendaciones que se habían determinado. Además se tendrá un control de cada una de las inspecciones realizadas asignándole un número interno a cada una de ellas.

Esta hoja de inspección se llama datos del vehículo, y se muestra en la figura 28:



1. DATOS DEL VEHICULO

FECHA Y HORA DE LA PRUEBA																																									
AÑO	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>2004</td> <td>2005</td> <td>2006</td> <td>2007</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						2004	2005	2006	2007																															
2004	2005	2006	2007																																						
MES	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>ENERO</td> <td>FEBRERO</td> <td>MARZO</td> <td>ABRIL</td> <td>MAYO</td> <td>JUNIO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>JULIO</td> <td>AGOSTO</td> <td>SEPTIEMBRE</td> <td>OCTUBRE</td> <td>NOVIEMBRE</td> <td>DICIEMBRE</td> <td></td> </tr> </table>						ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO		JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE																						
ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO																																				
JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE																																				
DA	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td> </tr> <tr> <td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td> </tr> <tr> <td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td> </tr> <tr> <td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td> </tr> <tr> <td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
1	2	3	4	5	6	7																																			
8	9	10	11	12	13	14																																			
15	16	17	18	19	20	21																																			
22	23	24	25	26	27	28																																			
29	30	31																																							
HORA	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>0</td><td>15</td><td>30</td><td>45</td> </tr> <tr> <td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td> </tr> </table>		0	15	30	45	2	3	4	5																															
0	15	30	45																																						
2	3	4	5																																						
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;">NÚMERO DE ORDEN DE INSPECCION:</td> <td style="text-align: center;">23</td> </tr> <tr> <td>RESPONSABLE:</td> <td>OSCAR D. CASTELLANOS DUARTE</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: right;">FIRMA: _____</td> </tr> <tr> <td>TIPO DE VEHICULO:</td> <td>BUSETA</td> </tr> <tr> <td>MARCA DE VEHICULO:</td> <td>CHEVROLET NVR</td> </tr> <tr> <td>EMPRESA:</td> <td>UNIVARSA</td> </tr> <tr> <td>NÚMERO INTERNO:</td> <td>650</td> </tr> <tr> <td>PLACA:</td> <td>XLM408</td> </tr> <tr> <td>CUIDADO:</td> <td>BUCARANGA</td> </tr> <tr> <td>MODELO:</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>KILOMETRAJE:</td> <td>250.000 KM</td> </tr> <tr> <td>FECHA DE ÚLTIMA INSPECCION:</td> <td>20 DE ABRIL DEL 2006</td> </tr> <tr> <td>CONDUCTOR:</td> <td>CARLOS MEROJAN</td> </tr> <tr> <td>TELÉFONO:</td> <td>036524</td> </tr> <tr> <td>PROPIETARIO:</td> <td>CARLOS MEROJAN</td> </tr> <tr> <td>TELÉFONO:</td> <td>036524</td> </tr> <tr> <td colspan="2">DIRECCIÓN DEL PROPIETARIO: _____</td> </tr> </table>							NÚMERO DE ORDEN DE INSPECCION:	23	RESPONSABLE:	OSCAR D. CASTELLANOS DUARTE	FIRMA: _____		TIPO DE VEHICULO:	BUSETA	MARCA DE VEHICULO:	CHEVROLET NVR	EMPRESA:	UNIVARSA	NÚMERO INTERNO:	650	PLACA:	XLM408	CUIDADO:	BUCARANGA	MODELO:	2000	KILOMETRAJE:	250.000 KM	FECHA DE ÚLTIMA INSPECCION:	20 DE ABRIL DEL 2006	CONDUCTOR:	CARLOS MEROJAN	TELÉFONO:	036524	PROPIETARIO:	CARLOS MEROJAN	TELÉFONO:	036524	DIRECCIÓN DEL PROPIETARIO: _____		
NÚMERO DE ORDEN DE INSPECCION:	23																																								
RESPONSABLE:	OSCAR D. CASTELLANOS DUARTE																																								
FIRMA: _____																																									
TIPO DE VEHICULO:	BUSETA																																								
MARCA DE VEHICULO:	CHEVROLET NVR																																								
EMPRESA:	UNIVARSA																																								
NÚMERO INTERNO:	650																																								
PLACA:	XLM408																																								
CUIDADO:	BUCARANGA																																								
MODELO:	2000																																								
KILOMETRAJE:	250.000 KM																																								
FECHA DE ÚLTIMA INSPECCION:	20 DE ABRIL DEL 2006																																								
CONDUCTOR:	CARLOS MEROJAN																																								
TELÉFONO:	036524																																								
PROPIETARIO:	CARLOS MEROJAN																																								
TELÉFONO:	036524																																								
DIRECCIÓN DEL PROPIETARIO: _____																																									

Figura 28. Hoja de inspección Datos del Vehículo

En la segunda hoja se mostrara la ficha técnica completa del motor, para que el operario de la hoja de inspección pueda consultarla o referenciarla cuando sea necesario. Esta hoja se llamara especificaciones del motor y presentará todos los

datos técnicos como: sistema de combustible, de válvulas, de lubricación, de refrigeración, eléctrico, sistema de escape de gases y sus prestaciones oficiales. Estos datos son generales y básicos.

Al tener a la mano el operario esta hoja de especificaciones, se le da una herramienta efectiva a la hora de tener dudas en cualquier pregunta en las posteriores hojas de inspección.

Un ejemplo de esta hoja es la mostrada en la figura 29:

escape por la boquilla del exhosto, preguntando en que estado se encuentran cada una de las piezas que intervienen en la circulación del aire dentro y hacia afuera del motor. En cada una de las piezas constitutivas se pregunta en que estado se encuentra y solamente se puede marcar con una X en una de las tres posibilidades, BUENO, si su estado es el optimo, no presenta daños visibles, ni ruidos extraños, REGULAR, si se encuentra funcionando, pero no llena las expectativas del operario, y MALO si se encuentra en mal estado de forma evidente. Además, se preguntan en cada una de las piezas que manejen líquidos o gases si se presentan fugas y se cuantifican en tres posibilidades: ALTAS, cuando la fuga se puede apreciar de forma evidente, MEDIAS, cuando se puede sentir la presencia de una fuga, al palparla o escucharla, pero que su magnitud no es demasiado alta, y NULAS, cuando no se presenta fugas.

Esta hoja cuenta con una casilla de observación, en la cual se registraran las fallas mas graves del subsistema y una recomendación por parte del operario para su corrección; también se podrá determinar si la falla es tan grave como para no poder proseguir con la prueba.

En la parte inferior se muestran unas fotos reales del motor en las cuales se señala la ubicación de las piezas mas importantes, las cuales se encuentran numeradas en cada hoja.

El formato de esta hoja de inspección es compartido con el resto de hojas de inspección, se revisan y cuantifican las fugas, y se registraran los datos del estado de cada parte constitutiva, cuantificándolos como BUENO REGULAR Y MALO. Se utilizo este sistema porque este proyecto de investigación esta en sus fases iniciales y para poder refinarlo se necesitan por lo menos dos fases más.

También se presentan fotos de las piezas más importantes en la inspección del vehículo, para ubicarlo más fácilmente.

En la figura 30, se muestra un ejemplo de la hoja de inspección del subsistema de admisión y escape.

La siguiente hoja de inspección es la del subsistema de LUBRICACIÓN, comienza describiendo exactamente el tipo de aceite utilizado en el motor, en que estado se encuentra, además de su kilometraje recorrido. Prosigue con el estado de componentes y recorre cada uno de los empaques que evita la salida del aceite en el motor, como por ejemplo el del cárter, la tapa de válvulas, las poleas transmisoras, hasta llegar a la respectiva tapa que se encuentra en la parte superior, por donde se llena de aceite el motor, las varillas medidoras y los manómetros que puedan indicarnos la presión del aceite; también se encuentran las preguntas concernientes a las fugas, el espacio dedicado para las observaciones y las fotos de las partes mas representativas de este subsistema

La figura 31, muestra la hoja de inspección del sistema de LUBRICACIÓN:



3. SISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE

1. FILTRO DE AIRE	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	REFERENCIA: ORIGINAL <input type="checkbox"/> OTRO <input type="checkbox"/>
ESTADO DEL FILTRO	BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	
VALVULA DE DESCARGA DEL FILTRO	BUENA <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALA <input type="checkbox"/>	
2. CONDUCTO DE ENTRADA DE AIRE	BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
3. CONDUCTO DEL FILTRO AL TURBOCARGADOR	BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
4. TURBOCARGADOR	BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
RUIDOS Y VIBRACIONES EN EL TURBOCARGADOR	ALTOS <input type="checkbox"/> MEDIOS <input type="checkbox"/> NORMALES <input type="checkbox"/>	
5. DUCTO DE SALIDA DEL TURBOCARGADOR	BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
6. INTERCAMBIADOR DE CALOR	BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
DUCTO DE SALIDA DEL INTERCOOLER	BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
7. MULTIPLE DE ADMISION	BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
8. MULTIPLE DE ESCAPE	BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
9. CONDUCTO DE ENTRADA DE GASES DE ESCAPE AL TURBOCARGADOR	BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
CONDUCTO DE SALIDA DE GASES DE ESCAPE DEL TURBOCARGADOR	BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
TUBERIA DEL EXHOTO	BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
SIENZIADOR	BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
TUBERIA FINAL DEL EXOTO	BUENA <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALA <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
DIAMETRO FINAL DE TUBERIA	2" <input type="checkbox"/> 2.5" <input type="checkbox"/> 3" <input type="checkbox"/> 3.5" <input type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:



Figura 30. Hoja de inspección Sistema de admisión y escape

4. SISTEMA DE LUBRICACION

TIPO DE ACEITE	<input type="checkbox"/> MOBIL <input type="checkbox"/> TERPOL <input type="checkbox"/> URSA <input type="checkbox"/> SHELL <input type="checkbox"/> OTRO <input type="checkbox"/>
REFERENCIA	<input type="checkbox"/> MONIGRADO <input type="checkbox"/> MULTIGRADO <input type="checkbox"/> NUMEROS: <input style="width: 100px;" type="text"/>
NIVEL DE ACEITE	<input type="checkbox"/> NORMAL <input type="checkbox"/> MEDIO <input type="checkbox"/> BAJO <input type="checkbox"/>
KILOMETRAJE DEL ULTIMO CAMBIO DE ACEITE: <input style="width: 100px;" type="text"/>	KILOMETRAJE VENCIMIENTO: <input style="width: 100px;" type="text"/>
ESTADO VISUAL DEL ACEITE	<input type="checkbox"/> BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>
ESTADO DE COMPONENTES	
ESTADO DEL MEDIDOR DE PRESION DE ACEITE	<input type="checkbox"/> BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/> FUGAS: <input type="checkbox"/> ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NINGUNA <input type="checkbox"/>
INDICADOR DE LA PRESION DEL ACEITE EN EL TABLERO	<input type="checkbox"/> BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/> PRESION DEL ACEITE: <input type="checkbox"/> ALTA <input type="checkbox"/> BAJA <input type="checkbox"/> NORMAL <input type="checkbox"/>
1. ESTADO DE LA TAPA DE ACEITE EN LA CULATA	<input type="checkbox"/> BUENA <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALA <input type="checkbox"/> FUGAS: <input type="checkbox"/> ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NINGUNA <input type="checkbox"/>
ESTADO DE LA BOMBERA DE RECIRCULACION DE GASES	<input type="checkbox"/> BUENA <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALA <input type="checkbox"/> FUGAS: <input type="checkbox"/> ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NINGUNA <input type="checkbox"/>
2. ESTADO DEL INTERCAMBIADOR DE ACEITE	<input type="checkbox"/> BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/> FUGAS: <input type="checkbox"/> ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NINGUNA <input type="checkbox"/>
3. ESTADO DEL EMPAQUE DE LA CULATA	<input type="checkbox"/> BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/> FUGAS: <input type="checkbox"/> ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NINGUNA <input type="checkbox"/>
4. ESTADO DEL EMPAQUE DEL CARTER	<input type="checkbox"/> BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/> FUGAS: <input type="checkbox"/> ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NINGUNA <input type="checkbox"/>
5. ESTADO DE LOS SELLOS DEL OGUENAL PARTE DE LA WETTERA	<input type="checkbox"/> BUENOS <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/> FUGAS: <input type="checkbox"/> ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NINGUNA <input type="checkbox"/>
ESTADO DEL SELLO DEL OGUENAL LADO EMBRAGUE	<input type="checkbox"/> BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/> FUGAS: <input type="checkbox"/> ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NINGUNA <input type="checkbox"/>
6. ESTADO DE LA BARRILLA MEDIDORA DE ACEITE	<input type="checkbox"/> BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/> FUGAS: <input type="checkbox"/> ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NINGUNA <input type="checkbox"/>
7. ESTADO DEL TAPON DE ACEITE EN EL CARTER	<input type="checkbox"/> BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/> FUGAS: <input type="checkbox"/> ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NINGUNA <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES:	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>

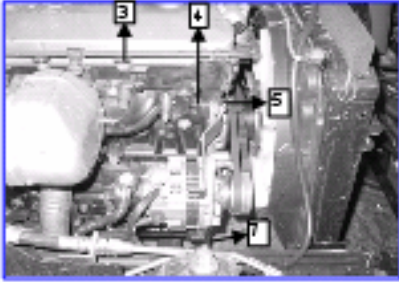
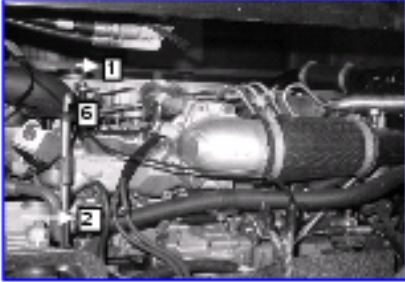



Figura 31. Hoja de inspección Sistema de lubricación

La siguiente hoja de inspección es la del SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE. En ella se recorre todo el camino que recorre el combustible desde su entrada en el tanque de almacenamiento hasta su llegada a los inyectores que lo descargarán en el cilindro.

Al recorrer este camino se inspeccionan como en las anteriores hojas el estado de cada uno de los componentes del motor que intervienen en el transporte y control del combustible, utilizando los sentidos para realizar esta evaluación.

También se presentan unas fotografías que servirán para ubicar el componente más rápidamente. Esencialmente se evaluarán las fugas u obstrucciones en el transporte del combustible durante su paso por el tanque, los filtros, las líneas de entrada a la bomba de combustible, los ruidos presentes en la bomba, las tuberías de alta presión a la salida de la bomba y el estado de los inyectores.

A continuación se presenta un ejemplo de esta hoja en la figura 32:



5. SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE

MEDIDOR DE COMBUSTIBLE EN EL TABLERO	BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	NIVEL FULL <input type="checkbox"/> MEDIO <input type="checkbox"/> VACIO <input type="checkbox"/>
ESTADO DE COMPONENTES		
1. TAPA DEL TANQUE	BUENA <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALA <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
2. TANQUE DE COMBUSTIBLE	BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
CAPACIDAD DEL TANQUE	30 GAL <input type="checkbox"/> 35 GAL <input type="checkbox"/> 40 GAL <input type="checkbox"/>	
BOMBA DE COMBUSTIBLE	BUENA <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALA <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> BAJAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
3. SEPARADOR DE AGUA DEL COMBUSTIBLE	BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> BAJAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
ABRAZADERAS DEL SEPARADOR	BUENA <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALA <input type="checkbox"/>	
4. FILTROS DE COMBUSTIBLE	BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> BAJAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
ABRAZADERAS DEL FILTRO	BUENA <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALA <input type="checkbox"/>	
5. LINEA DE COMBUSTIBLE DESDE EL FILTRO	BUENA <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALA <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
6. TANQUE DE RESERVA	BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
7. LINEAS DE RETORNO DE LOS INYECTORES	BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
8. BOMBA DE INYECCIÓN	BUENA <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALA <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
ABRAZADERAS DE LA BOMBA	BUENA <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALA <input type="checkbox"/>	
RUIDO EN LA BOMBA DE INYECCIÓN	ALTO <input type="checkbox"/> MEDIO <input type="checkbox"/> NORMAL <input type="checkbox"/>	
9. TUBERÍA DE ALTA PRESIÓN HACIA LOS INYECTORES	BUENA <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALA <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
10. INYECTORES	BUENOS <input type="checkbox"/> REGULARS <input type="checkbox"/> MALOS <input type="checkbox"/>	FUGAS ALTAS <input type="checkbox"/> MEDIAS <input type="checkbox"/> NULAS <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES:		

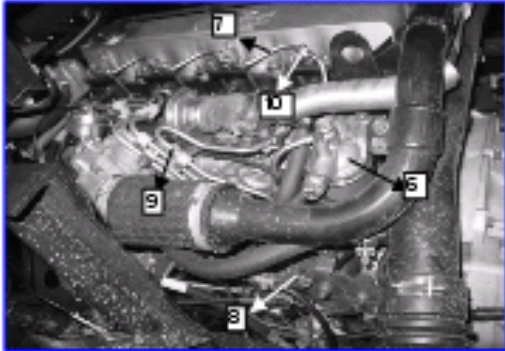
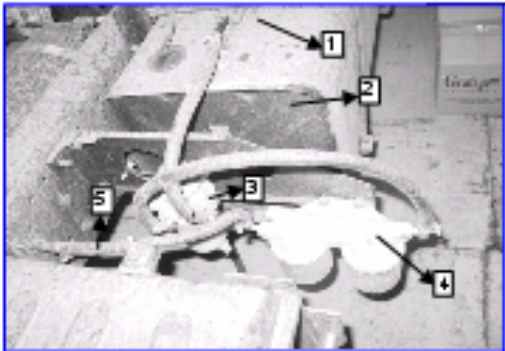



Figura 32. Hoja de inspección del sistema de inyección de combustible

La siguiente hoja es la que evalúa el sistema de ARRANQUE Y ELÉCTRICO, en ella se revisan todos los componentes eléctricos del motor, comenzando por la batería, la planta eléctrica, el motor de arranque y su respectivo cableado, ya que es indispensable su buen estado para poder realizar la prueba de la

medición de la corriente de arranque. En esta hoja se indicaran de igual manera el estado de cada uno de los componentes anteriores de forma cualitativa, con un resultado como BUENO, REGULAR Y MALO dependiendo del estado en que se encuentre.

Se muestra un ejemplo de esta hoja en la figura 33:

Para terminar esta inspección visual, nos falta analizar el estado del sistema de **REFRIGERACIÓN** del motor. En esta hoja se analizan los componentes asociados a la refrigeración del motor, y se seguirá el camino que atraviesa el refrigerante desde su almacenamiento en el tanque de reserva, pasando por el radiador de calor, la bomba de refrigerante, su entrada en el bloque del motor hasta su consecuente regreso al radiador para terminar el ciclo. Se inspeccionan todos los componentes con la misma filosofía que las anteriores hojas, de inspeccionarlos de forma cuantitativa.

Un ejemplo de esta hoja se muestra en la figura 34:



6. SISTEMA DE ARRANQUE Y ELECTRICO

BATERIA			
BARCA	MAC <input type="checkbox"/>	TH <input type="checkbox"/>	WARTA <input type="checkbox"/> OTRA <input type="checkbox"/>
CANTIDAD	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	CONFIGURACION 2 EN PARALELO
VOLTAJE DE BATERIA	12V <input type="checkbox"/>	24V <input type="checkbox"/>	
NIVEL DE LIQUIDO	ALTO <input type="checkbox"/>	MEDIO <input type="checkbox"/>	BAJO <input type="checkbox"/>
ESTADO DE LOS BORNES	BUENO <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALO <input type="checkbox"/>
INDICADOR DEL VOLTAJE EN EL TABLERO	BUENO <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALO <input type="checkbox"/>
			VOLTAJE 12V <input type="checkbox"/> 24V <input type="checkbox"/>
COMPONENTES			
1. MOTOR DE ARRANQUE	BUENO <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALO <input type="checkbox"/>
2. CABLEADO DEL MOTOR DE ARRANQUE	BUENO <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALO <input type="checkbox"/>
3. AJUSTE DE LOS TORNELOS DEL MOTOR DE ARRANQUE	BUENO <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALO <input type="checkbox"/>
4. ALTERNADOR	BUENO <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALO <input type="checkbox"/>
5. CABLEADO DEL ALTERNADOR	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
RUIDO EN LAS BALANZAS DEL ALTERNADOR	NORMAL <input type="checkbox"/>	MEDIO <input type="checkbox"/>	ALTO <input type="checkbox"/>
TEMPERATURA DE LA POLEA DEL ALTERNADOR	NORMAL <input type="checkbox"/>	MODIA <input type="checkbox"/>	ALTA <input type="checkbox"/>
6. ESTADO DE LAS CORREAS TRANSMISORA	BUENO <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALO <input type="checkbox"/>
7. TENSION DE LAS CORREAS	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
8. BOMBA DE VACIO	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
ABRAZADERAS DE LA BOMBA DE VACIO	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES:	_____		

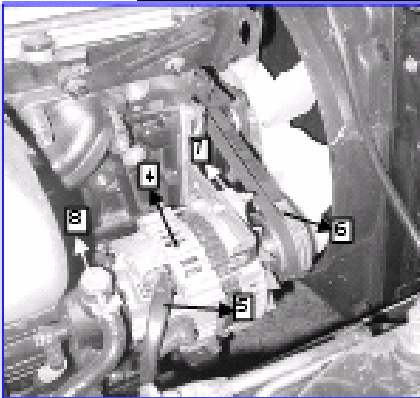
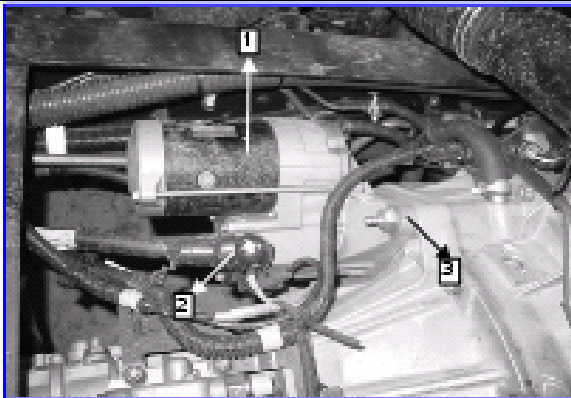



Figura 33. Hoja de inspección del sistema de arranque y eléctrico



7. SISTEMA DE REFRIGERACION

DESCRIPCION DE L REFRIGERANTE	AGUA <input type="checkbox"/>	ETILENGLICOL <input type="checkbox"/>	PORCENTAJE: _____
NIVEL EN EL TANQUE DE RESERVA	NORMAL <input type="checkbox"/>	MEDIO <input type="checkbox"/>	BAJO <input type="checkbox"/>
ESTADO DE COMPONENTES			
REGULADOR DE TEMPERATURA EN EL TABLERO	BUENO <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALO <input type="checkbox"/>
1 TAPA DE RADIADOR	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
2 RADIADOR	BUENO <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALO <input type="checkbox"/>
ALITAS DEL RADIADOR	BUENO <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALO <input type="checkbox"/>
3 MANGUERA DE ENTRADA AL RADIADOR	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
MANGUERA DE SALIDA DEL RADIADOR	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
4 VENTILADOR DEL RADIADOR	BUENO <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALO <input type="checkbox"/>
5 TERMOSTATO	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	
BOMBA DE REFRIGERANTE	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
RUIDO EN LA BOMBA DE REFRIGERANTE	ALTO <input type="checkbox"/>	MEDIO <input type="checkbox"/>	NORMA <input type="checkbox"/>
6 INTERCAMBIADOR DE CALOR DEL ACEITE	BUENO <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALO <input type="checkbox"/>
MANGUERA DE ENTRADA A LA CALEFACCION	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
MANGUERA DE SALIDA DE LA CALEFACCION	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
INTERCOOLER	BUENO <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALO <input type="checkbox"/>
MANGUERA DE ENTRADA AL INTERCOOLER	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
MANGUERA DE SALIDA DE L INTERCOOLER	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
TEMPERATURA DEL MOTOR	ALTA <input type="checkbox"/>	BAJA <input type="checkbox"/>	NORMA <input type="checkbox"/>
FUGAS ALTAS	<input type="checkbox"/>	MEDIAS <input type="checkbox"/>	NULAS <input type="checkbox"/>
FUGAS ALTAS	<input type="checkbox"/>	MEDIAS <input type="checkbox"/>	NULAS <input type="checkbox"/>
FUGAS ALTAS	<input type="checkbox"/>	MEDIAS <input type="checkbox"/>	NULAS <input type="checkbox"/>
FUGAS ALTAS	<input type="checkbox"/>	MEDIAS <input type="checkbox"/>	NULAS <input type="checkbox"/>
FUGAS ALTAS	<input type="checkbox"/>	MEDIAS <input type="checkbox"/>	NULAS <input type="checkbox"/>
CORREA DEL VENTILADOR	BUENO <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALO <input type="checkbox"/>
ESTADO DEL TERMOSTATO	BUENO <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALO <input type="checkbox"/>
FUGAS ALTAS	<input type="checkbox"/>	MEDIAS <input type="checkbox"/>	NULAS <input type="checkbox"/>
FUGAS ALTAS	<input type="checkbox"/>	MEDIAS <input type="checkbox"/>	NULAS <input type="checkbox"/>
FUGAS ALTAS	<input type="checkbox"/>	MEDIAS <input type="checkbox"/>	NULAS <input type="checkbox"/>
FUGAS ALTAS	<input type="checkbox"/>	MEDIAS <input type="checkbox"/>	NULAS <input type="checkbox"/>
FUGAS ALTAS	<input type="checkbox"/>	MEDIAS <input type="checkbox"/>	NULAS <input type="checkbox"/>
FUGAS ALTAS	<input type="checkbox"/>	MEDIAS <input type="checkbox"/>	NULAS <input type="checkbox"/>
FUGAS ALTAS	<input type="checkbox"/>	MEDIAS <input type="checkbox"/>	NULAS <input type="checkbox"/>
FUGAS ALTAS	<input type="checkbox"/>	MEDIAS <input type="checkbox"/>	NULAS <input type="checkbox"/>
FUGAS ALTAS	<input type="checkbox"/>	MEDIAS <input type="checkbox"/>	NULAS <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES:			

Figura 34. Hoja de inspección del sistema de refrigeración

b) Hojas de inspección de las técnicas de potencia, torque y opacidad

Las hojas de inspección de las técnicas desarrolladas por el DIAGMA D-100 son un poco más sencillas que las que se utilizan en la inspección visual, debido a

que con estas solo vamos a registrar los valores cualitativos de los resultados obtenidos de las técnicas, así por ejemplo, si en la medición de la potencia y el torque por medio de la técnica de la aceleración libre nos registra que el automotor produce 110 caballos de fuerza y al compararlo con los niveles de alerta y alarma vemos que esta disminuido en un 10%, este porcentaje clasifica dentro de los niveles de alerta y seleccionaremos la opción cualitativa de REGULAR, dentro de las tres posibilidades de elección, que son BUENO, REGULAR Y MALO, siguiendo con el ejemplo, si se hubiera obtenido una potencia que diferenciara con la original en solo un 2% entonces se clasificaría esta respuesta dentro de la opción BUENA.

Cada una de las técnicas del DIAGMA tiene sus propios niveles de alerta y alarma, así que el operario solo debe estar presente en el momento de correr el programa e ir anotando estos datos en la hoja de inspección.

Hoja de inspección de Potencia - Par y Opacidad

En la hoja de inspección se registrarán los datos de la potencia y el par obtenidos de la prueba, en números, y además su clasificación dentro de las casillas de BUENA, REGULAR o MALA.

Para la prueba de Opacidad solo se registra en las casillas de calificación.



PROYECTO
DIAGMA D-100



HOJA DE INSPECCION
CLASE A



8. ANÁLISIS DE % DE OPACIDAD

OPACIDAD DE LOS GASES DE ESCAPE	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES			

9. TECNICA DE POTENCIA Y PAR

POTENCIA: _____	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
TORQUE _____	BUENO <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALO <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES:			

Figura 35. Hoja de inspección de opacidad, potencia y par

Esta hoja de inspección (ver figura 35), tiene una casilla de observaciones, en este espacio se podrá anotar los factores mas importantes que incidieron en la prueba, si se pudo realizar, o las causas por las cuales no se pudo llevar a cabo.

5.2.2 HOJAS DE INSPECCIÓN CLASE B: Las hojas de inspección clase B representan el segundo nivel de la metodología de inspección y mantenimiento en ellas se recopilaran los datos de las técnicas de: VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR, VIBRACIONES EN EL BLOQUE, y CORRIENTE DE ARRANQUE.

En estas hojas, como en las de la CLASE A, solamente se registraran los datos obtenidos por cada una de estas técnicas, ya después de haber revisado según los índices de alerta y alarma su clasificación en BUENA, REGULAR Y MALA.

También se presenta el espacio dedicado para las observaciones de cada una de las pruebas.

Un ejemplo de la hoja de inspección CLASE B se muestra en la figura 36:



1. DETERMINACION DE LA RELACION DE COMPRESION MEDIANTE EL ANALISIS DE LAS OSCILACIONES DEL BLOQUE			
RELACION DE COMPRESION:	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES:			
2. DETERMINACION DE LA COMPRESION RELATIVA MEDIANTE LA MEDICION DE LA CORRIENTE DE ARRANQUE			
RELACION DE COMPRESION:	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES:			
3. DETERMINACION DE LA COMPRESION RELATIVA MEDIANTE LA VARIACION DE LA VELOCIDAD ANGULAR			
RELACION DE COMPRESION:	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES:			
4. MEDICION DE LA PRESION EN EL CARTER			
PRESION EN EL CARTER	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES			

Figura 36. Hoja de inspección CLASE B

5.2.3 HOJAS DE INSPECCIÓN CLASE C: Las hojas de inspección CLASE C, son el último nivel en la escala en la pirámide de inspección y mantenimiento, en ella se recorren las técnicas de ANÁLISIS DE LAS LÍNEAS DE INYECCIÓN

DE COMBUSTIBLE Y ANÁLISIS DE LOS GASES DE ESCAPE. Al igual que la CLASE B estas hojas son solo de registro de datos técnicos cuantitativos de las pruebas efectuadas sobre el motor.

Para el análisis de las líneas de inyección se tienen que registrar los valores obtenidos de: el aspecto general de las líneas de inyección, el ángulo de avance de la inyección, la presión residual y de la presión de inyección máxima. Además se encuentra la casilla de observaciones típica del resto de pruebas anteriores

Para el análisis de los gases de escape se pide el registro de los datos obtenidos de: emisiones contaminantes, de concentraciones de HC, CO y CO₂, las temperaturas de gases de escape y del aceite, y de los flujos máxicos particulados PM

Al terminar el operario de llenar estas hojas con base en los resultados del proyecto DIAGMA D-100, se tendrá una base de datos física, la cual se podrá consultar en posteriores ocasiones.

En la figura 37 se muestra un ejemplo de la hoja de inspección CLASE C:



1. ANÁLISIS DE LAS LÍNEAS DE INYECCION

ASPECTO DEL SISTEMA DE INYECCION	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
ANGULO DE AVANCE DE LA INYECCION	BUENO <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALO <input type="checkbox"/>
PRESION RESIDUAL	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
PRESION DE INYECCION	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES:			

2. ANÁLISIS DE LOS GASES DE ESCAPE

EMISIONES CONTAMINANTES		BUENAS <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALAS <input type="checkbox"/>
CONCENTRACIONES	HC	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
	CO	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
	CO2	BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
FLUJOS MASIVOS DE MATERIAL PARTICULADO		BUENO <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALO <input type="checkbox"/>
TEMPERATURA DEL ACEITE		BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
TEMPERATURA DE LOS GASES DE ESCAPE		BUENA <input type="checkbox"/>	REGULAR <input type="checkbox"/>	MALA <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES:				

Figura 37. Hoja de inspección CLASE C

5.3 SOFTWARE PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE MANTENIBILIDAD

El software para determinar el índice de mantenibilidad se realizó en el lenguaje de programación VISUAL BASIC. La intención inicial era el de realizar

los dos programas en el software LAB VIEW 7.0 pero al hacer un estudio exhaustivo del programa, se vio que este no manejaba base de datos y para poder implementarle la base de datos se requeriría de un proceso muy dispendioso, que por cuestiones de tiempo no se iba a poder llevar a cabo.

De esta manera se decidió hacer este programa en el formato de VISUAL BASIC. Esta es una herramienta fácil de utilizar y que puede compenetrarse fácilmente con bases de datos como ACCESS.

SOFTWARE INDIMAN

El software INDIMAN (**Índice de Mantenimiento**) se encargará de realizar las preguntas descritas en las hojas de inspección visual y de cada técnica, a las cuales llamamos CLASE A, CLASE B Y CLASE C. El operador del software se encargara de ir respondiendo a cada una de las preguntas que le realice este software y las ira consignando, simplemente con hacer un clic sobre las posibles respuestas.

Además este software ira calculando a medida que se ingresan las respuestas el índice de mantenibilidad, el cual será un número que arrojará al finalizar cada uno de los pasos de que consta este software.

El índice de mantenibilidad, estará en forma de coeficiente entre 0 y 1, y se clasificara dentro de una tabla de rangos que van de la siguiente manera:



Figura 38. Clasificación del IM

De esta forma se consigue el objetivo de encontrar el índice de mantenibilidad.

Además mediante este software llevamos un control en una base de datos digitalizada que nos permitirá guardar esta información en un computador para poder implementar un plan de mantenimiento por medio del estudio de las hojas de vida de los automotores estudiados.

Se muestran en la figura 39, unas imágenes del programa del índice de mantenibilidad en el cual se puede ver la forma tan versátil como un operario interactúa con el software, demostrando su fácil manejo. Para una mejor

comprensión del software se presenta en el anexo 1 la forma como se implemento el software y un manual de procedimiento.

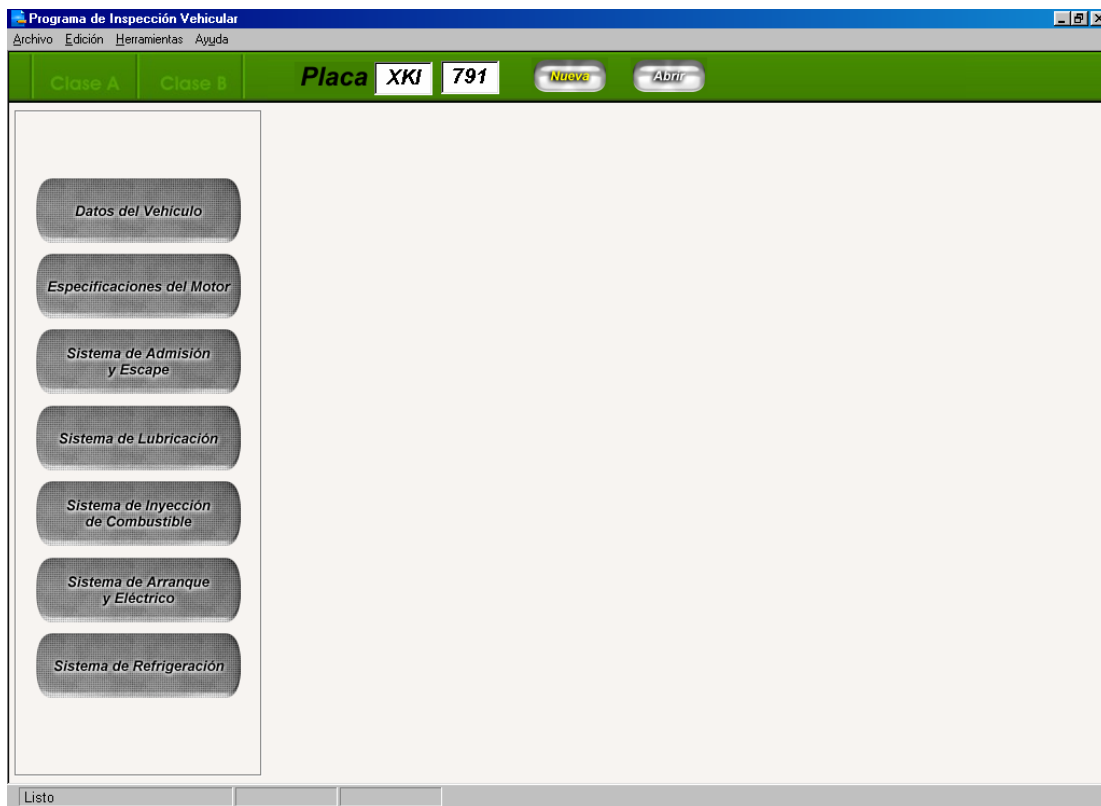


Figura 39. Inicio del programa INDIMAN

En la figura 39 se aprecian dos barras de herramientas, la superior horizontal de color verde llamada barra de navegación principal y la vertical izquierda, de color gris, llamada barra de navegación secundaria, con las cuales se interactúa permanentemente, para poder recorrer cada una de las CLASES y su posterior registro en la base de datos, o para también consultar una prueba guardada en la base de datos.

La barra de navegación principal. Ver figura 40



Figura 40. Barra de navegación principal

En ella se puede ver una casilla con dos ventanas con el nombre de placa, en ella se introduce la placa del vehículo al cual se le esta haciendo la prueba, comenzando con las letras y terminando con los números. (El programa no dejara intercambiar este orden). Al terminar de ingresar la placa del vehículo, se puede escoger solo una de tres opciones. La primera es si ya se tiene una prueba realizada en este vehículo se pueda abrir para consultarla, dando clic en el botón abrir, la segunda si quiere realizar una prueba nueva se da un clic en el botón nueva prueba y la tercera es cancelar la prueba para esta placa, cerrando el programa.

Si seleccionamos abrir prueba ya existente, solamente se mostraran los resultados obtenidos, y no se podrán realizar cambios a los valores ya capturados. Esto con el fin de imprimirle confiabilidad a estos datos a tal punto de tomarlos como una hoja de vida del motor de estos vehículos.

Si se selecciona abrir una prueba nueva, se activaran las casillas presentes en el lado izquierdo de esta barra las cuales se encuentran presentes, pero ocultas. Estas corresponden a la clase A y la Clase B.

En la clase A encontraremos la inspección visual del automotor, que ya se había descrito anteriormente, y que esta conformada por datos del vehículo, especificaciones del motor, y los sistemas de: lubricación, admisión y escape, inyección, refrigeración y eléctrico. Y se trataran de la misma forma como se trabajo en las hojas de inspección físicas. (Ver figura 41)

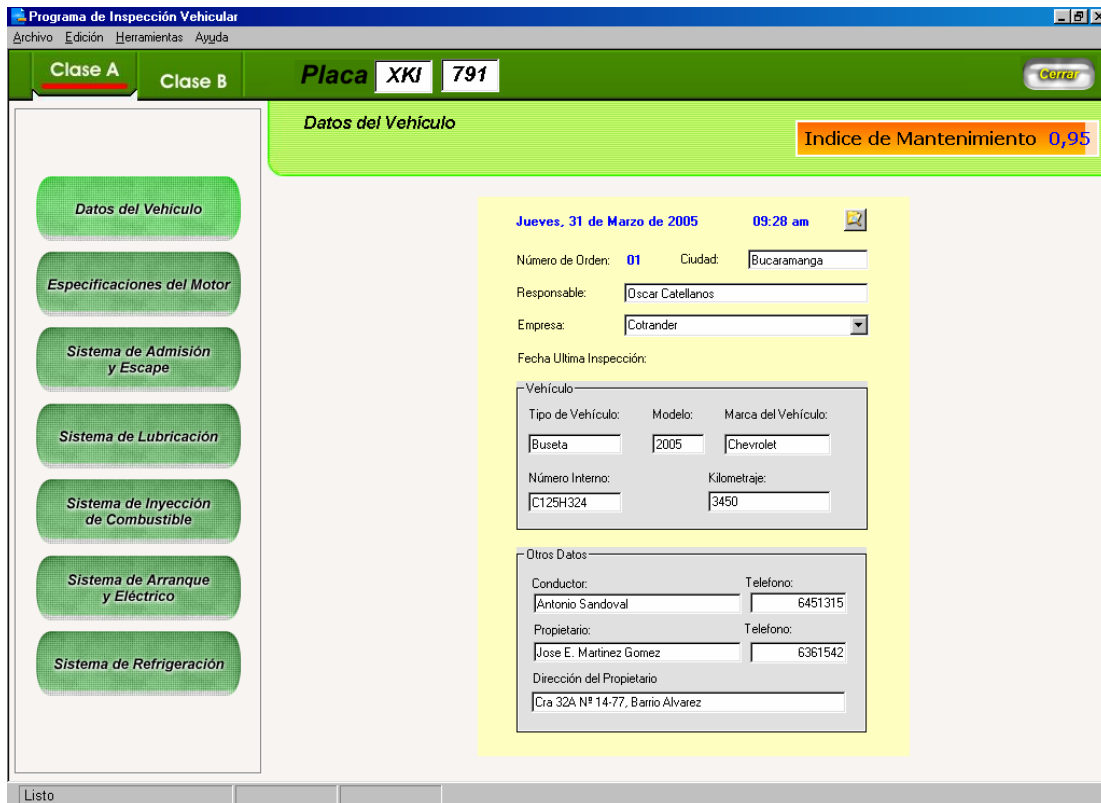


Figura 41. Clase A del software INMANT

Al dar clic sobre el botón datos del vehículo se aprecia una ventana debajo de la barra de navegación principal que representa el índice de mantenibilidad, el cual va estar visible todo el tiempo y se ira recalculando con cada respuesta ingresada en el programa. Esto con el fin de poder apreciar cualquier cambio significativo en el índice que estamos buscando y de esta manera poder registrarlo en la casilla de observaciones.

Este índice se representa de forma numérica y de forma grafica con la barra de color anaranjada, la cual se disminuirá en tamaño y en número para poder vigilar constantemente este índice y encontrar de manera rápida cuales factores influyen negativamente en su crecimiento.

Un ejemplo de la hoja del programa que nos presenta la inspección visual del sistema de admisión y escape se presenta en la figura 42:

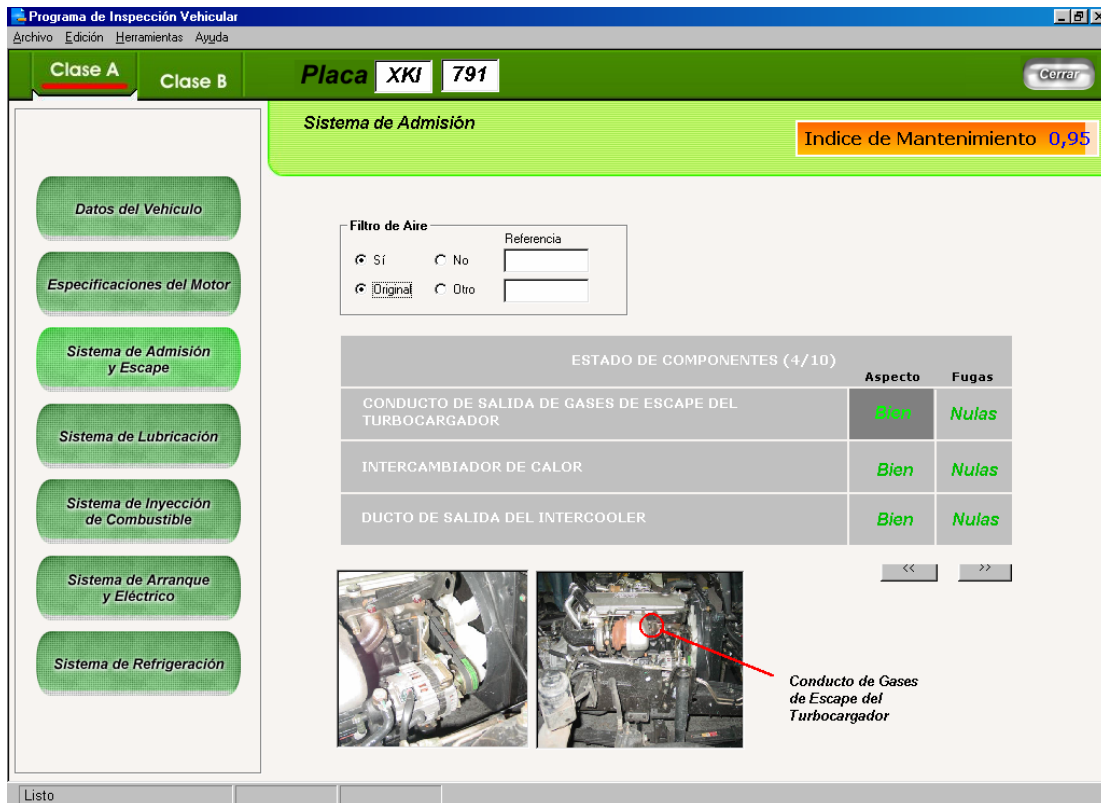


Figura 42. Hoja de inspección visual del sistema de admisión y escape

Se puede apreciar en la figura 42, primero que todo, las fotografías que señalan cada componente para que el operario lo encuentre con más facilidad, además de la tabla en la cual se hacen las correspondientes preguntas de los principales componentes del subsistema, y la respuesta necesaria. Para no llenar la pantalla con botones de las posibles respuestas, se realizaron botones activos, que al dar clic sobre cada uno de ellos irán cambiando al siguiente valor en jerarquía, por ejemplo de BUENO a REGULAR. Se ofrecen por defecto las mejores condiciones en las respuestas, por ejemplo siempre va a empezar con la casilla de BUENO en el estado del cualquier componente. Con ello se le ofrece mas versatilidad al programa.

Para la confirmación de que la pregunta ya fue contestada se emplea una casilla en la cual se tendrá que activar el signo de aprobado, solamente de esta manera se podrán ingresar los datos obtenidos en esta hoja en la base de datos.

También existen datos que no son representativos para el cálculo del IM, como por ejemplo la marca de la batería, pero que también se pedirá su respuesta, con el fin de realizar completamente la hoja de vida del automotor.

Por defecto el programa empezara con el índice de mantenibilidad de 0 y este empezara a aumentar a medida que se le ingresen los datos, hasta llegar al valor máximo de 1.

También se presentaran hojas que por su gran cantidad de información se tienen que dividir en grupos, como es el caso de las especificaciones del vehículo. En ella se abre otro grupo de botones y cada uno representa una categoría diferente dentro del mismo grupo. Esto se aprecia en la figura 43.

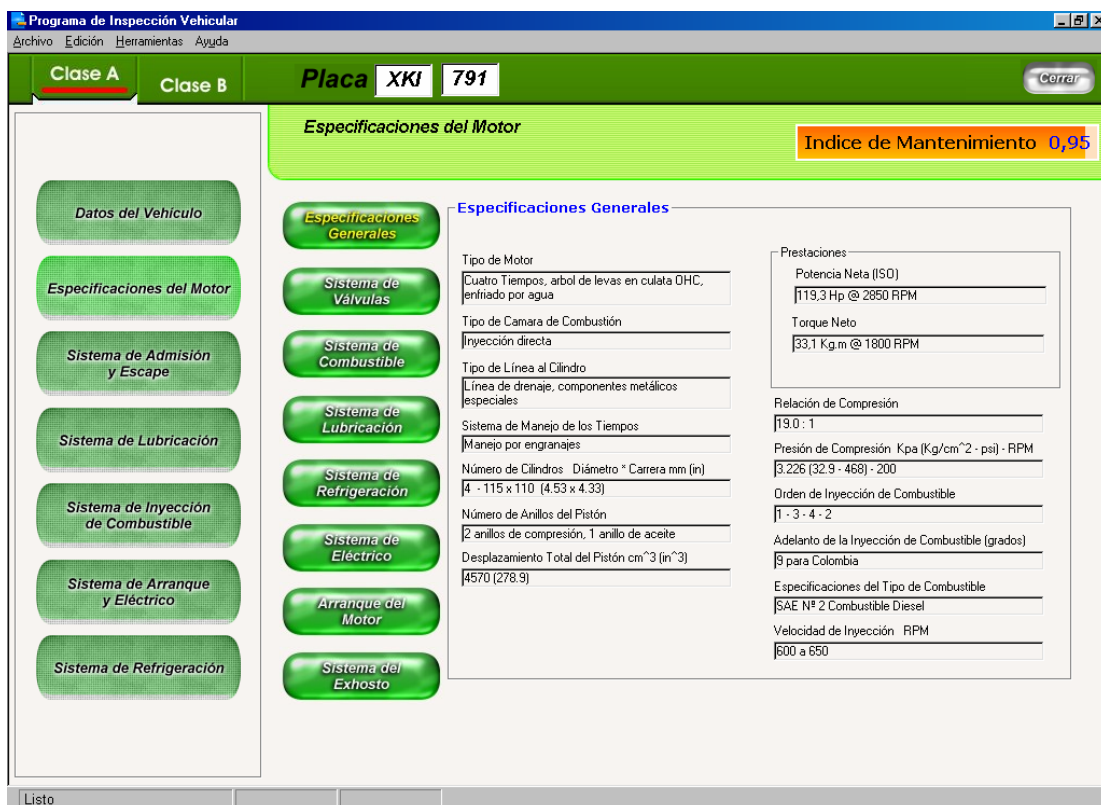


Figura 43. Subgrupos de la ventana datos del vehículo

Al terminar el recorrido por todas las ventanas de la clase A pasmos a el siguiente nivel de diagnostico que es la clase B. En ella se agrupan todos los

resultados obtenidos por las técnicas de investigación del software DIAGMA D-100, y solamente se registrarán los datos obtenidos por cada una de ellas y sus correspondientes observaciones, comenzando con la técnica de potencia y para y terminando con el análisis de las líneas de inyección.

Al terminar de recorrer todas estas ventanas se generará el índice de mantenibilidad resultado de esta prueba y se guardará en el archivo de la prueba para este automotor específicamente. De esta forma se cumple el objetivo de realizar un software para medir el índice de mantenibilidad para este motor específicamente y se espera en un futuro, poder abarcar en las siguientes etapas de estos proyectos de investigación, diferentes tipos de automotores, para poder cubrir la totalidad de la demanda de vehículos.

6. BASE DE DATOS

La base de datos del software se realizó en el software Microsoft ACCESS 2000, porque tiene gran compatibilidad con el software VISUAL BASIC en el cual se realizó el software.

La base de datos se encarga de administrar y guardar la información que vamos obteniendo a medida que manejamos el software INDIMAN. La forma en la cual se organizan los datos para los diferentes vehículos se representa en la siguiente figura 44:

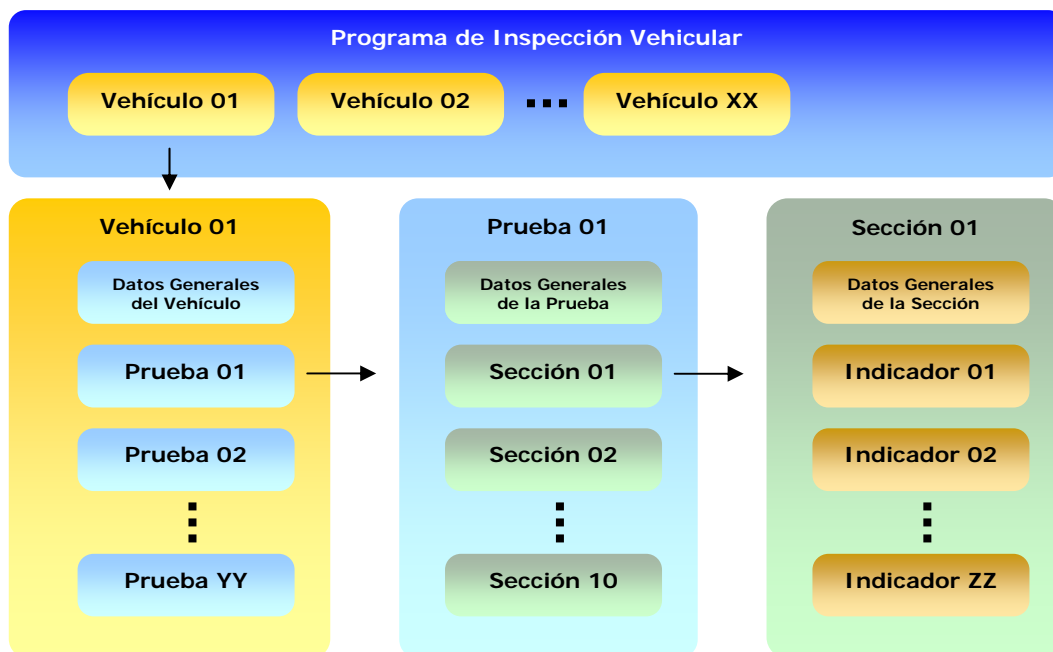


Figura 44. Organigrama de la base de datos

Cada vehículo está representado a nivel nacional, por un registro que consta de 3 letras y 3 números a los cuales se les denomina placa vehicular. Para cada número de placa definido se podrán realizar y guardar varias pruebas diferenciando cada una por un número único llamado **NUMERO DE ORDEN**, este número de orden es irrepetible dentro del software, y además identifica una prueba realizada a un vehículo específico en una fecha determinada.

Se llama prueba al conjunto de preguntas que realiza el software INDIMAN para encontrar el índice de mantenibilidad y cada prueba a su vez esta definida por 10 secciones. Las secciones son las hojas que contienen las preguntas de cada una de las diferentes hojas de inspección, por ejemplo la sección de el subsistema de admisión y escape, la sección de potencia y par, y opacidad, etc.

En la base de datos se definen unas tablas, correspondientes a los vehículos, las pruebas realizadas y las secciones de cada prueba, que servirán para poder realizar las relaciones entre ellas en la base de datos. La consulta de estas tablas las realizara internamente dentro del código

Las principales tablas se muestran en la figura 45, esta es una imagen tomada de la base de datos. Además de estas tablas existe otras que no están relacionadas, que contienen información de atributos, tales como las empresas o los tipos de vehículos existentes.

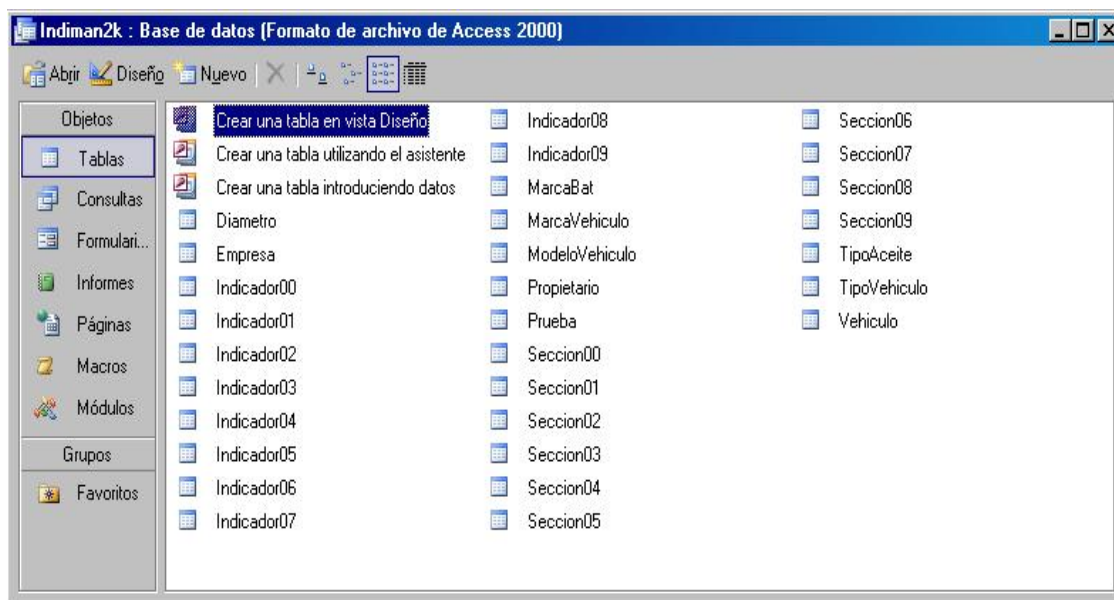


Figura 45, tablas existentes en la base de datos

Las relaciones entre las diferentes tablas en la base de datos se muestran en la figura 46, y en ellas se señalan las relaciones entre cada una de las tablas. Por ejemplo:

La tabla vehículos: contiene la información general de cada uno de los vehículos registrados, cada uno de ellos se identifica unívocamente con la placa.

La tabla prueba: contiene la información general de cada prueba realizada en los vehículos, cada una de ellas se identifica unívocamente con el número de orden.

Las tablas secciones: en ellas se guardan el estado en el cual quedaron los indicadores y los datos generales de cada una. Se identifican con el número de orden de la prueba.

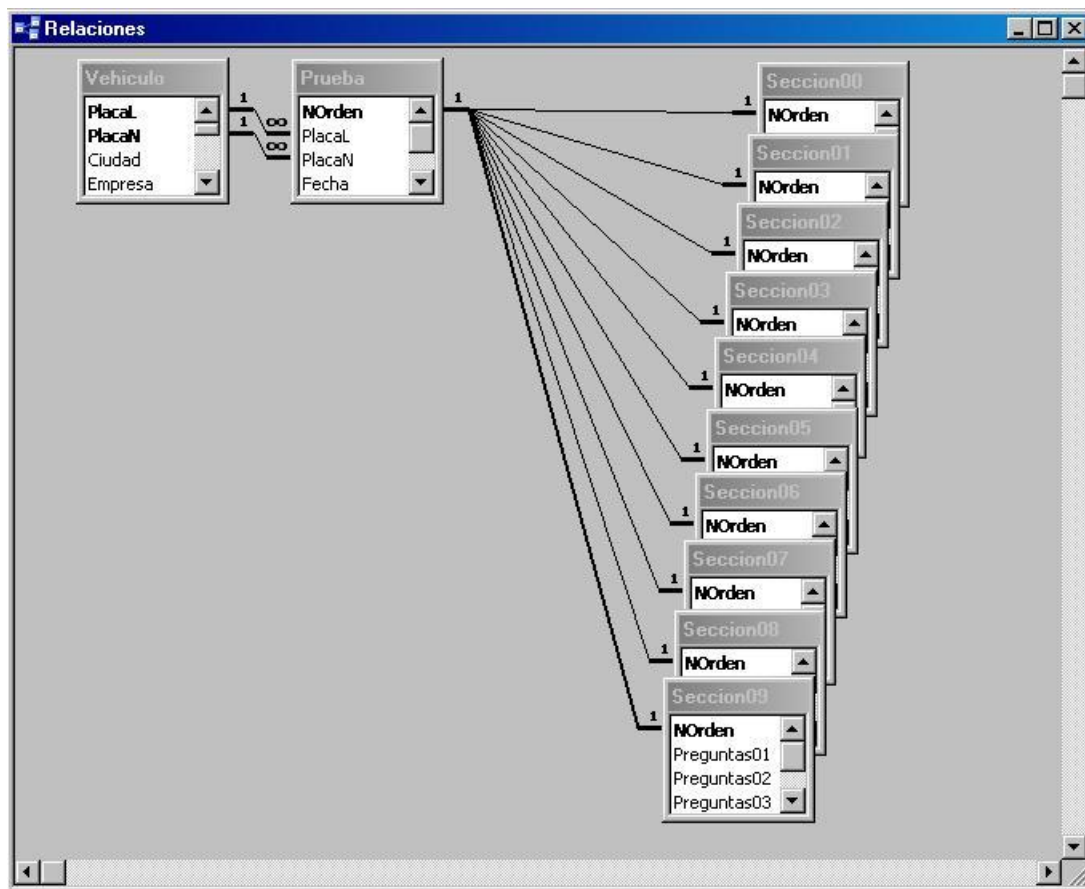


Figura 46. Relaciones entre tablas en la base de datos

Además dentro del software se presenta el cuadro de dialogo opciones que contiene los porcentajes con los cuales se calculo el índice de mantenibilidad.

El cuadro de dialogo Opciones del software se muestra en la figura 47

The screenshot shows a dialog box titled "Opciones del Programa" with a close button (X) in the top right corner. It contains two main sections:

- Ruta de la Base de Datos:** A text field containing the path "C:\Indimant\V1.2\Indiman.mdb" and a browse button (folder icon).
- Pesos Asignados a la Inspección:** A hierarchical tree structure for assigning weights to inspection categories. Each node is a text box with a numerical value.

The tree structure is as follows:

- Inspección (100)**
 - Visual (30)**
 - Admisión (5)
 - Lubricacion (5)
 - Combustible (10)
 - Electrico (5)
 - Refrigeración (5)
 - Técnicas (70)**
 - Nivel 1 (40)**
 - Potencia (20)
 - Opacidad (20)
 - Otras (30)**
 - Nivel 2 (14)**
 - Vibraciones (4)
 - Corriente (4)
 - Velocidad (4)
 - Carter (2)
 - Nivel 3 (16)**
 - Gases (8)
 - Inyeccion (8)

At the bottom right of the dialog box are two buttons: "Cancelar" and "Aceptar".

Figura 47. Cuadro de dialogo OPCIONES

CONCLUSIONES

1. Se desarrollaron las hojas de inspección de complejidad creciente y se clasificaron como CLASE A, CLASE B, CLASE C.
2. Se hizo la integración de las diferentes técnicas a través de la metodología de Inspección y Mantenimiento I/M.
3. Se desarrollo una base de datos y una Interfase Hombre Maquina IHM para la metodología de Inspección y mantenimiento I/M.
4. Los dos software desarrollados en este proyecto de grado, son de gran utilidad tanto para la universidad como para los patrocinantes del proyecto de investigación, porque representa una herramienta efectiva y útil para el diagnóstico de motores Diesel.
5. Con la realización de este software estamos dejando una ventana abierta hacia el mejoramiento continuo en cuanto a las áreas relacionadas con el mantenimiento predictivo de motores Diesel, y además se generan expectativas en los estudiantes que utilicen estos software en el estudio de técnicas innovadoras de mantenimiento.
6. La importancia de este proyecto radica en la innovación de nuevas técnicas de mantenimiento de motores Diesel, de implementar interfases amigables que nos puedan ayudar en la correcta operación de estos software y de además aprovechar estas nuevas tecnologías para

descubrir metodologías nuevas de inspección y mantenimiento de motores Diesel.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ **DUFFUAA, S. ; CAMPBELL, Jhon Dixon.** Sistemas de Mantenimiento, Planeación y Control. Editorial Limusa. Primera edición 2002.
- ✓ **HEYWOOD, John B.** Internal Combustion Engine Fundamentals. Mc Graw Hill. New York. 1988.
- ✓ **Barringer, H. Paul ; David W.** Where is My Data For Making Reliability Improvements?, 4th conferencia internacional sobre confiabilidad en plantas de procesos, patrocinada por Hydrocarbons Processing and Gulf Publishing Company, Houston, TX. (1995),
- ✓ **BOSCH, R.** Diesel-engine management. Manual Bosch. Segunda Edición 1999
- ✓ **ZHAO, H; LADOMMATOS, Nicos.** Engine Combustión instrumentation and Diagnostic. SAE 2001
- ✓ **SPIEGEL, et al.** Probabilidad y Estadística. Series Mc Graw Hill segunda edición 2001
- ✓ **SCHILLING, Alphonse.** Los aceites para motores y la lubricación de los motores. Tomo II. 1985
- ✓ **MAY, Ed.** Mecánica para motores Diesel, Teoría, mantenimiento y reparación. Tomo I. segunda edición .1988

- ✓ **ALBARRACIN AGUILLON, Pedro Ramón.** Tribología y lubricación Industrial y automotriz. Tomo I. Segunda edición. 1993.

ANEXOS

1. IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE INDIMAN

Para la implementación de este proyecto de grado, se instaló el software DIAGMA D-100 y el software INDIMAN en el computador portátil que se adquirió en el desarrollo del proyecto de investigación. En este portátil se realizó el diseño y desarrollo de cada una de las técnicas desarrolladas por el proyecto de investigación DIAGMA D-100, y en el cual, también se realizó la implementación.

Esta implementación consiste en la prueba del software INDIMAN en un vehículo seleccionado y el análisis de los resultados.

El vehículo seleccionado se encuentra en la empresa CODIESEL SA. En el kilómetro 7 vía a Girón. El vehículo es un chasis nuevo de buseta de marca CHEVROLET NPR modelo 2005 el cual estaba disponible en el momento de la prueba, y que sería entregado a su dueño este mismo día.

Después de iniciar el programa, empezaremos por introducir el primer dato que nos pide el programa, la placa del vehículo, para este caso es BNL 236 de la ciudad de Floridablanca. A continuación se da un clic sobre el botón **NUEVA** para abrir una nueva hoja de inspección vehicular.

A medida que se ingresen los datos se puede ir guardando la prueba haciendo clic en el botón **GUARDAR** de la barra superior o si se prefiere hasta el final de la prueba.

Programa de Inspección Vehicular

Archivo Edición Herramientas Ayuda

Clase A Clase B Placa **BNL 236** Guardar Cerrar

DATOS DEL VEHÍCULO Indice de Mantenimiento 0,00

FECHA DE LA PRUEBA martes, 3 de mayo de 2005 HORA 11:02 am NÚMERO DE ORDEN 002

RESPONSABLE Oscar Castellanos ULTIMA INSPECCIÓN lunes, 30 de mayo de 2005 KILOMETRAJE 3000

EMPRESA Cotrander CIUDAD Floridablanca NÚMERO INTERNO 265

TIPO DE VEHÍCULO Buseta MARCA Chevrolet MODELO 2005

CONDUCTOR Javier Peña TELEFONOS 315-8206754

PROPIETARIO Javier Peña TELEFONOS 315-8206754

DIRECCION DEL PROPIETARIO os de cañaverál 2 etapa T2 201

Listo

Inicio Programa de Inspección Vehicular Dibujo - Paint prueba 3.bmp - Visor de imágenes Escritorio 11:11 a.m.

Datos del vehículo

En esta hoja llamada datos del vehículo, introduciremos los datos del propietario, del conductor, del responsable de la prueba y además del vehículo.

Inmediatamente se hace abre una nueva prueba, se le asignara su numero de orden único.

Para introducir la fecha de la prueba se hace clic en el cuadro ubicado al lado derecho de la hora, de ahí se despliega un calendario, en el cual, al hacer clic se actualizar inmediatamente la hora y la fecha de la prueba.

Después de ingresar estos datos se puede proseguir con verificar las especificaciones del motor, pero si se prefiere se puede saltar esta opción y proseguir con la siguiente sección, que se llama sistema de admisión y escape.

Programa de Inspección Vehicular

Archivo Edición Herramientas Ayuda

Clase A Clase B Placa **BNL 236** Guardar Cancelar

ESPECIFICACIONES DEL MOTOR

Indice de Mantenimiento 0,00

Especificaciones Generales

Tipo de Motor	Cuatro Tiempos, arbol de levas en culata OHC, enfriado por agua
Tipo de Camara de Combustion	Inyección directa
Tipo de Línea al Cilindro	Línea de drenaje, componentes metálicos especiales
Sistema de Manejo de los Tiempos	Manejo por engranajes
Número de Cilindros Diámetro * Carrera mm (in)	4 - 115 x 110 (4.53 x 4.33)
Número de Anillos del Pistón	2 anillos de compresión, 1 anillo de aceite
Desplazamiento Total del Pistón cm ³ (in ³)	4570 (278.9)

Prestaciones

Potencia Neta (ISO)	119,3 Hp @ 2850 RPM
Torque Neto	33,1 Kg.m @ 1800 RPM
Relación de Compresión	19,0 : 1
Presión de Compresión Kpa (Kg/cm ² - psi) - RPM	3.226 (32.9 - 468) - 200
Orden de Inyección de Combustible	1 - 3 - 4 - 2
Adelanto de la Inyección de Combustible (grados)	9 para Colombia
Especificaciones del Tipo de Combustible	SAE Nº 2 Combustible Diesel
Velocidad de Inyección RPM	600 a 650

Lista

Inicio Programa de Inspección... Dibujo - Paint prueba Escritorio 11:11 a.m.

Especificaciones del motor

En el sistema de admisión y escape se realizan todas las preguntas concernientes a este ítem, estas preguntas están divididas en varias hojas, y para moverse a través de estas hojas se hace clic sobre las flechas anaranjadas que están ubicadas en la parte derecha y superior de las preguntas.

Cada pregunta consta de una casilla de verificación, la respectiva pregunta y los botones de posible respuesta, al hacer clic sobre cada uno de estos se cambiara su estado a la próxima posible respuesta, en este caso pasara de BUENO a REGULAR, al hacer clic otra vez se pasara de REGULAR a MALO. Y de esta misma forma se trataran los botones que preguntan sobre las fugas de un componente, pasando de NULAS a MEDIAS y a ALTAS.

El sistema de Admisión y Escape consta de 5 hojas:



Sistema de admisión y escape 1.


Programa de Inspección Vehicular
 Archivo Edición Herramientas Ayuda

Clase A Clase B **Placa BNL 236** Guardar Cerrar

SISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE Índice de Mantenimiento 0,03

2. << >>

<input checked="" type="checkbox"/> Ruidos y vibraciones en el turbocargador	Buena	
<input checked="" type="checkbox"/> Ducto de salida del turbocargador	Buena	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Intercambiador de calor	Buena	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Ducto de salida del Intercooler	Buena	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Múltiple de admisión	Buena	Ninguna



Listo

Inicio Programa de Inspec... Dibujo - Paint prueba 3.bmp - Visor de imá... Escritorio 11:13 a.m

Sistema de admisión y escape 2

Programa de Inspección Vehicular
 Archivo Edición Herramientas Ayuda

Clase A Clase B **Placa BNL 236** Guardar Cerrar

SISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE Índice de Mantenimiento 0,05

3. << >>

<input checked="" type="checkbox"/> Múltiple de escape	Buena	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Conducto de entrada de gases de escape al turbocargador	Buena	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Conducto de salida de gases de escape al turbocargador	Buena	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Tubería del exhosto	Buena	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Silenciador	Buena	Ninguna



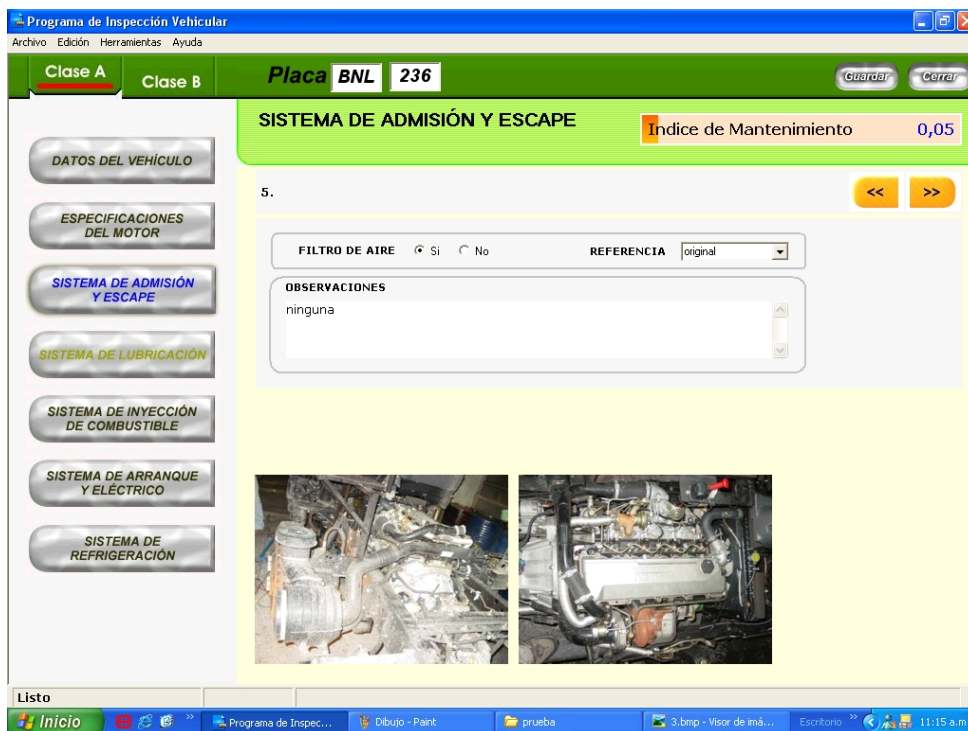
Listo

Inicio Programa de Inspec... Dibujo - Paint prueba 3.bmp - Visor de imá... Escritorio 11:13 a.m

Sistema de admisión y escape 3.



Sistema de admisión y escape 4



Sistema de admisión y escape 5

Proseguimos con el sistema de lubricación al hacer clic sobre su icono la barra de navegación izquierda. Y allí se desplegarán también 5 hojas.

Cabe destacar que a medida que vayamos contestando las preguntas, el índice de mantenibilidad ira aumentando de acuerdo el estado de cada componente que sea analizado. Este índice se representa de forma grafica con una barra anaranjada y en forma numérica por medio de un coeficiente que fluctúa entre 0 y 1, por defecto empezara en 0 e ira aumentando a medida que se respondan las preguntas.

En este ítem se analizará el estado de los componentes que pertenecen a este sistema y además si se presentan fugas, y la magnitud de estas fugas.



Sistema de lubricación 1

Programa de Inspección Vehicular

Archivo Edición Herramientas Ayuda

Clase A Clase B **Placa BNL 236** Guardar Correr

SISTEMA DE LUBRICACIÓN Índice de Mantenimiento 0,09

2.

<input checked="" type="checkbox"/> Estado de la tapa de aceite en la culata	Bueno	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Estado de la manguera de recirculación de gases	Bueno	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Estado del intercambiador de aceite	Bueno	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Estado del empaque de la culata	Bueno	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Estado del empaque del carter	Bueno	Ninguna



Listo

Inicio Programa de Inspec... Dibujo - Paint prueba 3.bmp - Visor de imá... Escritorio 11:18 a.m

Sistema de lubricación 2

Programa de Inspección Vehicular

Archivo Edición Herramientas Ayuda

Clase A Clase B **Placa BNL 236** Guardar Correr

SISTEMA DE LUBRICACIÓN Índice de Mantenimiento 0,10

3.

<input checked="" type="checkbox"/> Estado de los sellos del cigüeñal parte delantera	Bueno	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Estado del sello del cigüeñal lado embrague	Bueno	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Estado de la barilla medidora de aceite	Bueno	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Estado del tapón de aceite en el carter	Bueno	Ninguna



Listo

Inicio Programa de Inspec... Dibujo - Paint prueba 3.bmp - Visor de imá... Escritorio 11:18 a.m

Sistema de lubricación 3



Sistema de lubricación 4

Continuamos con el sistema de Inyección de Combustible, en este recorremos todos los componentes propios de este sistema desde el tanque de combustible, hasta los inyectores de combustible, se analizará su estado físico y además sus fugas.

Este sistema esta compuesto de 5 hojas, en cada hoja se muestra una imagen del motor en la cual se puede apreciar el lugar donde están los principales componentes del sistema específico en estudio.

En la hoja final de cada sistema se encuentra una casilla en la cual se registraran las observaciones que se hubieran encontrado al recorrer cada sistema del motor.

Programa de Inspección Vehicular
 Archivo Edición Herramientas Ayuda

Clase A Clase B **Placa BNL 236** Guardar Cerrar

SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE Índice de Mantenimiento 0,13

1. << >>

<input checked="" type="checkbox"/> Medidor de combustible en el tablero	Bueno	
<input checked="" type="checkbox"/> Nivel de combustible	Bueno	
<input checked="" type="checkbox"/> Tapa del tanque	Bueno	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Tanque de combustible	Bueno	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Bomba de combustible	Bueno	Ninguna



Listo

Inicio Programa de Inspec... Dibujo - Paint prueba 3.bmp - Visor de Imá... Escritorio 11:19 a.m

Sistema de inyección de combustible 1.

Programa de Inspección Vehicular
 Archivo Edición Herramientas Ayuda

Clase A Clase B **Placa BNL 236** Guardar Cerrar

SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE Índice de Mantenimiento 0,16

2. << >>

<input checked="" type="checkbox"/> Separador de agua del combustible	Bueno	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Abrazaderas del separador	Bueno	
<input checked="" type="checkbox"/> Filtros de combustible	Bueno	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Abrazaderas del filtro	Bueno	
<input checked="" type="checkbox"/> Línea de combustible desde el filtro	Bueno	Ninguna



Listo

Inicio Programa de Inspec... Dibujo - Paint prueba 13.bmp - Visor de Imá... Escritorio 11:21 a.m

Sistema de inyección de combustible 2.

Programa de Inspección Vehicular

Archivo Edición Herramientas Ayuda

Clase A Clase B Placa **BNL 236** Guardar Cerrar

SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE Índice de Mantenimiento 0,19

3.

<input checked="" type="checkbox"/> Tanque de reserva	Bueno	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Líneas de retorno de los inyectores	Bueno	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Bomba de inyección	Bueno	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Abrazaderas de la Bomba	Bueno	
<input checked="" type="checkbox"/> Ruido en la bomba de inyección	Bueno	



Listo

Inicio Programa de Inspección Dibujo - Paint prueba 13.bmp - Visor de im... Escritorio 11:22 a.m

Sistema de inyección de combustible 3.

Programa de Inspección Vehicular

Archivo Edición Herramientas Ayuda

Clase A Clase B Placa **BNL 236** Guardar Cerrar

SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE Índice de Mantenimiento 0,20

4.

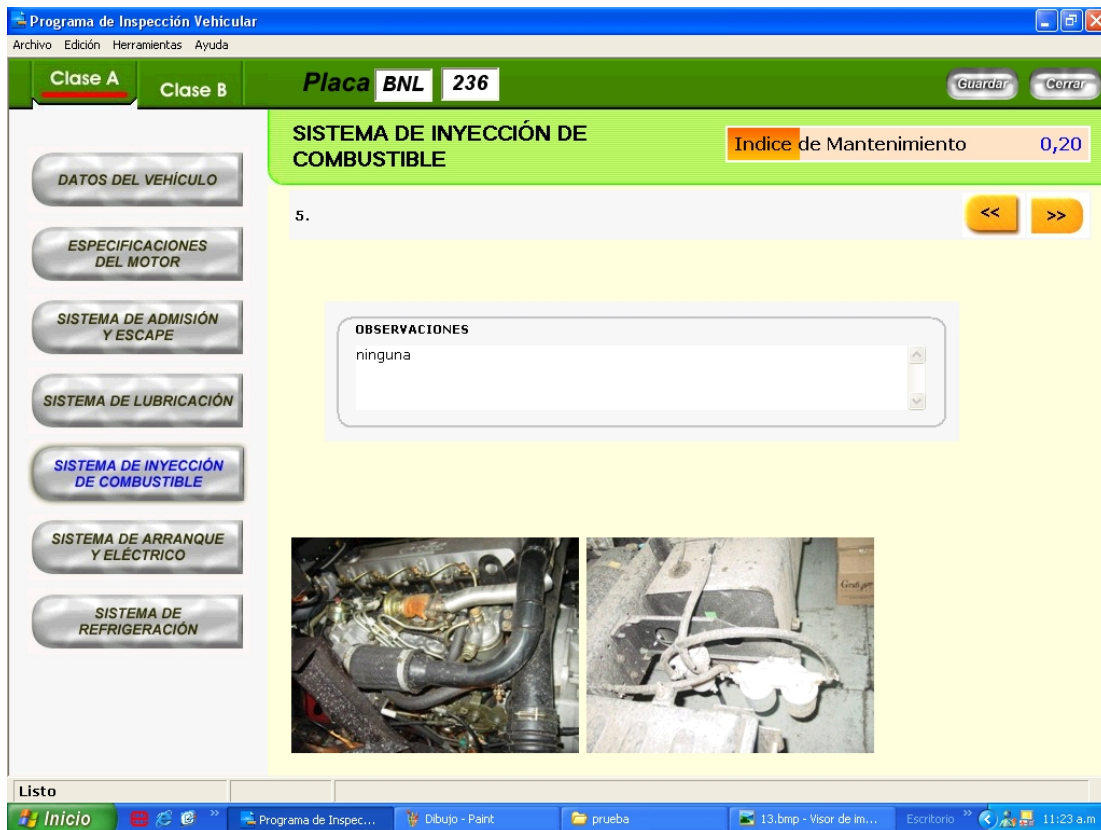
<input checked="" type="checkbox"/> Tubería de alta presión hacia los inyectores	Bueno	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Inyectores	Bueno	Ninguna



Listo

Inicio Programa de Inspección Dibujo - Paint prueba 13.bmp - Visor de im... Escritorio 11:22 a.m

Sistema de inyección de combustible 4.



Sistema de inyección de combustible 5.

Continuamos con el sistema de Arranque y Eléctrico haciendo clic sobre su ítem en la barra izquierda de navegación. Se verificara el estado de todos los componentes eléctricos del motor, comenzando desde la batería, hasta llegar al alternador.

También se revisan los instrumentos que se encuentran dentro del vehículo en el tablero del motor, como por ejemplo los medidores de voltaje de la batería y los bombillos testigos de daños.

Además se verificara que no presenten ruidos extraños ni temperaturas elevadas en los componentes giratorios, como el alternador o el motor de arranque

Programa de Inspección Vehicular

Archivo Edición Herramientas Ayuda

Clase A Clase B Placa **BNL 236** Guardar Cerrar

SISTEMA DE ARRANQUE Y ELÉCTRICO Índice de Mantenimiento 0,22

1. << >>

<input checked="" type="checkbox"/> Nivel del líquido en la batería	Bueno	
<input checked="" type="checkbox"/> Estado de los bornes	Bueno	
<input checked="" type="checkbox"/> Medidor del voltaje en el tablero	Bueno	
<input checked="" type="checkbox"/> Motor de arranque	Bueno	
<input checked="" type="checkbox"/> Cableado del motor de arranque	Bueno	



Listo

Inicio Programa de Inspec... Dibujo - Paint prueba 13.bmp - Visor de m... Escritorio 11:24 a.m

Sistema de arranque y eléctrico 1.

Programa de Inspección Vehicular

Archivo Edición Herramientas Ayuda

Clase A Clase B Placa **BNL 236** Guardar Cerrar

SISTEMA DE ARRANQUE Y ELÉCTRICO Índice de Mantenimiento 0,24

2. << >>

<input checked="" type="checkbox"/> Ajuste de los tornillos del motor de arranque	Bueno	
<input checked="" type="checkbox"/> Alternador	Bueno	
<input checked="" type="checkbox"/> Cableado del alternador	Bueno	
<input checked="" type="checkbox"/> Ruido en las balineras del alternador	Bueno	
<input checked="" type="checkbox"/> Temperatura de la poléa del alternador	Bueno	



Listo

Inicio Programa de Inspec... Dibujo - Paint prueba 13.bmp - Visor de m... Escritorio 11:24 a.m

Sistema de Arranque y Eléctrico 2.



Sistema de arranque y Eléctrico 3.



Sistema de arranque y Eléctrico 4.

Continuamos con el último sistema, el de Refrigeración haciendo clic sobre este ítem en la barra de navegación izquierda. Este consta de 5 hojas y en ellas se

analizan desde el radiador, el ventilador, las mangueras y abrazaderas hasta el tanque de reserva.

Con este sistema del motor terminamos la clase A de inspección en la cual se abarco toda la inspección visual del motor y que corresponde a un 30 % del total del índice de mantenibilidad, por esto hasta el momento, con todas las respuestas en las mejores condiciones hemos llegado a un índice de 0.3.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN		Indice de Mantenimiento	0,26
1. << >>			
<input checked="" type="checkbox"/>	Nivel en el tanque de reserva	Buena	
<input checked="" type="checkbox"/>	Medidor de temperatura en el tablero	Buena	
<input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura del motor	Buena	
<input checked="" type="checkbox"/>	Tapa del radiador	Buena	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/>	Radiador	Buena	Ninguna

Sistema de Refrigeración 1

Programa de Inspección Vehicular
 Archivo Edición Herramientas Ayuda

Clase A Clase B **Placa BNL 236** Guardar Correr

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Índice de Mantenimiento 0,28

2. << >>

<input checked="" type="checkbox"/> Aletas del radiador	Bueno	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Manguera de entrada al radiador	Bueno	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Manguera de salida del radiador	Bueno	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Ventilador del radiador	Bueno	
<input checked="" type="checkbox"/> Correa del ventilador	Bueno	



Listo

Inicio Programa de Inspec... Dibujo - Paint prueba 13.bmp - Visor de Im... Escritorio 11:26 a.m

Sistema de Refrigeración 2.

Programa de Inspección Vehicular
 Archivo Edición Herramientas Ayuda

Clase A Clase B **Placa BNL 236** Guardar Correr

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Índice de Mantenimiento 0,29

3. << >>

<input checked="" type="checkbox"/> Estado del termostato	Bueno	
<input checked="" type="checkbox"/> Bomba de refrigerante	Bueno	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Ruido en la bomba de refrigerante	Bueno	
<input checked="" type="checkbox"/> Intercambiador de calor del aceite	Bueno	Ninguna
<input checked="" type="checkbox"/> Manguera de entrada a la calefacción	Bueno	Ninguna



Listo

Inicio Programa de Inspec... Dibujo - Paint prueba 13.bmp - Visor de Im... Escritorio 11:26 a.m

Sistema de Refrigeración 3.



Sistema de Refrigeración 4.



Sistema de Refrigeración 5.

Al terminar la clase A, proseguiremos con la clase B haciendo clic en la barra de navegación superior, en esta clase B se desarrollará la pirámide de diagnóstico que describimos en los capítulos anteriores. La siguiente figura muestra el

pantallazo inicial de la clase B, comenzando con un índice de mantenibilidad del 0.3.

La clase B tal y como se presenta en la pirámide de diagnóstico se divide en 3 niveles. Comenzaremos con el Nivel Básico de Diagnóstico que comprende el resultado de los niveles de opacidad y de la potencia y el par.

La barra de navegación ubicada en la parte izquierda se actualiza para solo contener 3 botones, correspondientes a los 3 niveles de diagnóstico de la pirámide.



Clase B

En el nivel básico de diagnóstico también se presentan los botones de posible respuesta de BUENO REGULAR y MALO con solamente hace clic sobre este botón.

Entonces de acuerdo a el software DIAGMA D-100 y de sus correspondientes niveles de alerta y alarma de cada una de las técnicas de investigación se

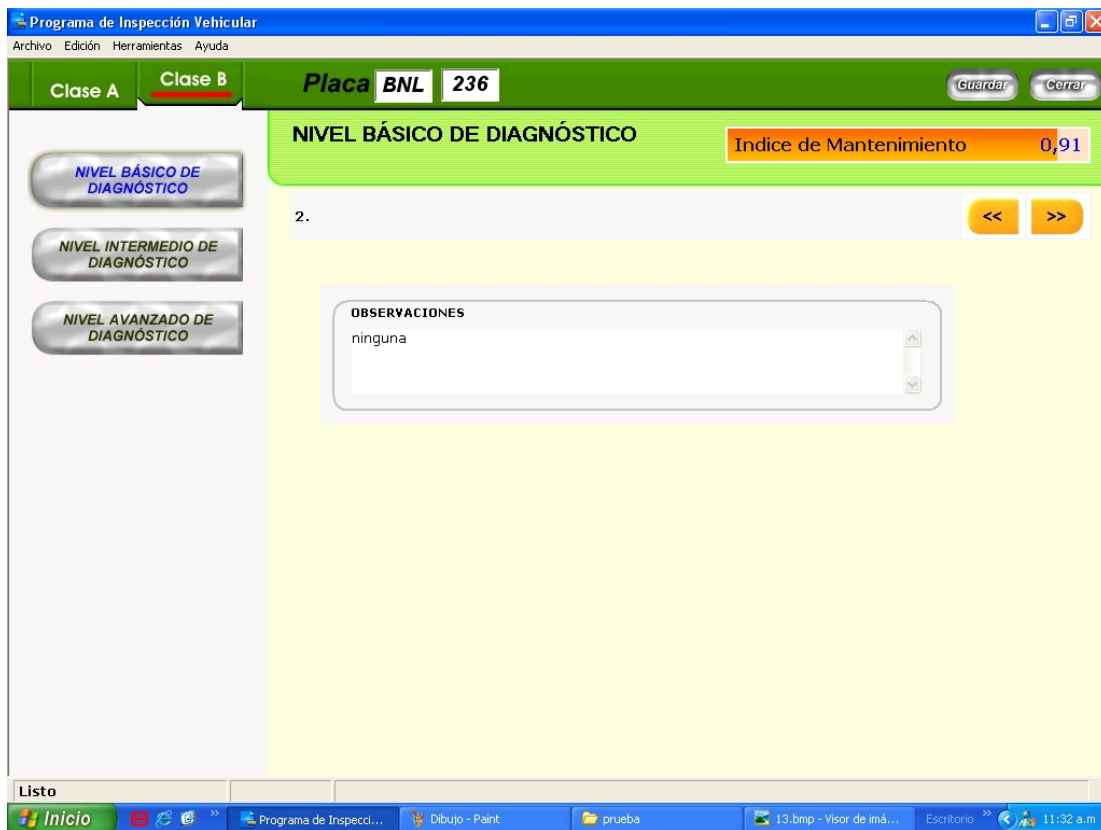
encontrara si la potencia que se obtuvo del automotor es buena, o regular, o mala.



Nivel Básico de Diagnóstico

Al terminar de ingresar las repuestas de este nivel, veremos un cambio notable en el índice, debido a que este nivel es el que mas peso tiene en el total del índice de mantenimiento.

La segunda hoja de este nivel básico de diagnostico sirve para consignar las observaciones encontradas al realizar cada una de las pruebas con el software DIAGMA D-100.



Observaciones del Nivel Básico de Diagnóstico

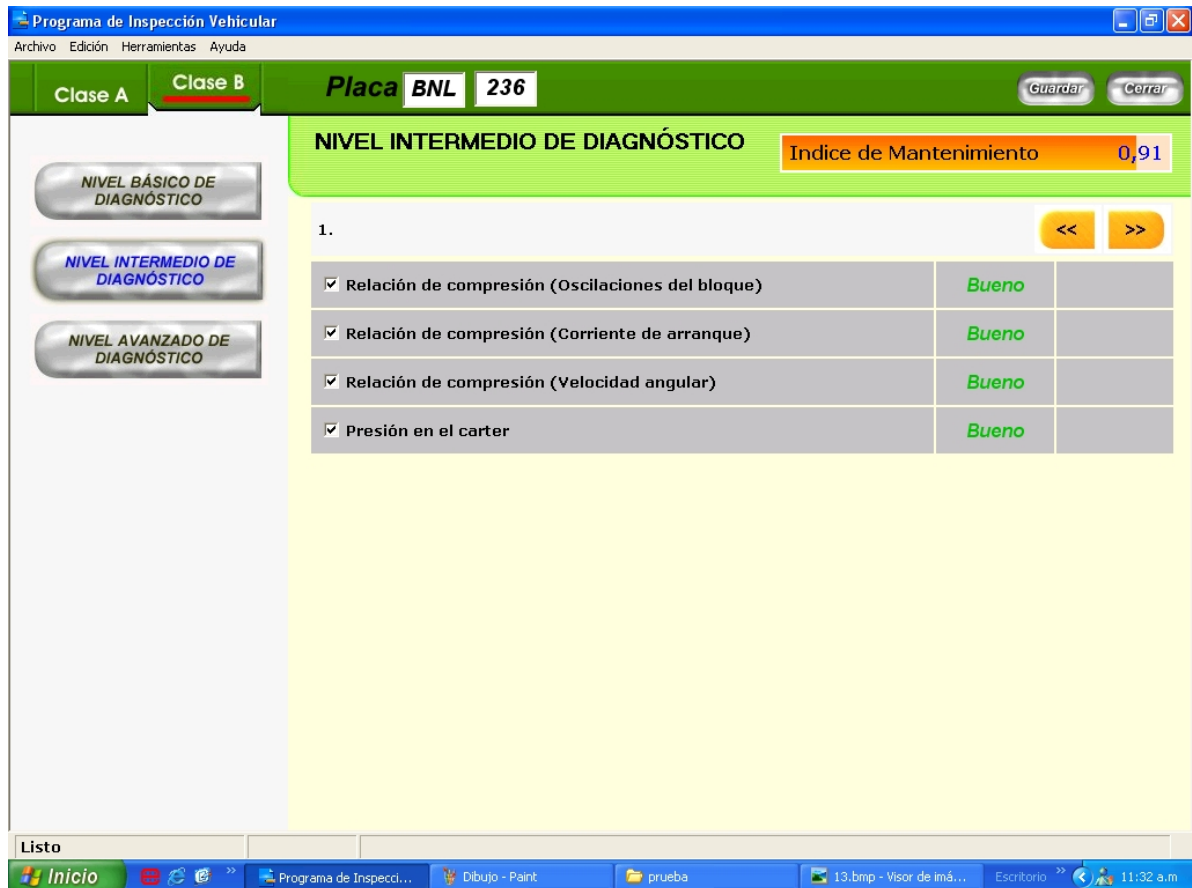
Continuamos con el siguiente nivel, el Nivel Intermedio de Diagnóstico al hacer clic sobre su ítem en la barra de navegación de la izquierda.

Este nivel esta compuesto por 2 hojas al igual que el nivel anterior.

Este nivel esta compuesto por el nivel intermedio de la pirámide de diagnostico donde se encuentran las técnicas de obtienen la relación de compresión del motor de tres formas diferentes. La primera es la técnica de oscilaciones del bloque, la segunda la técnica de la corriente de arranque, y la tercera la técnica de la variación de la velocidad angular.

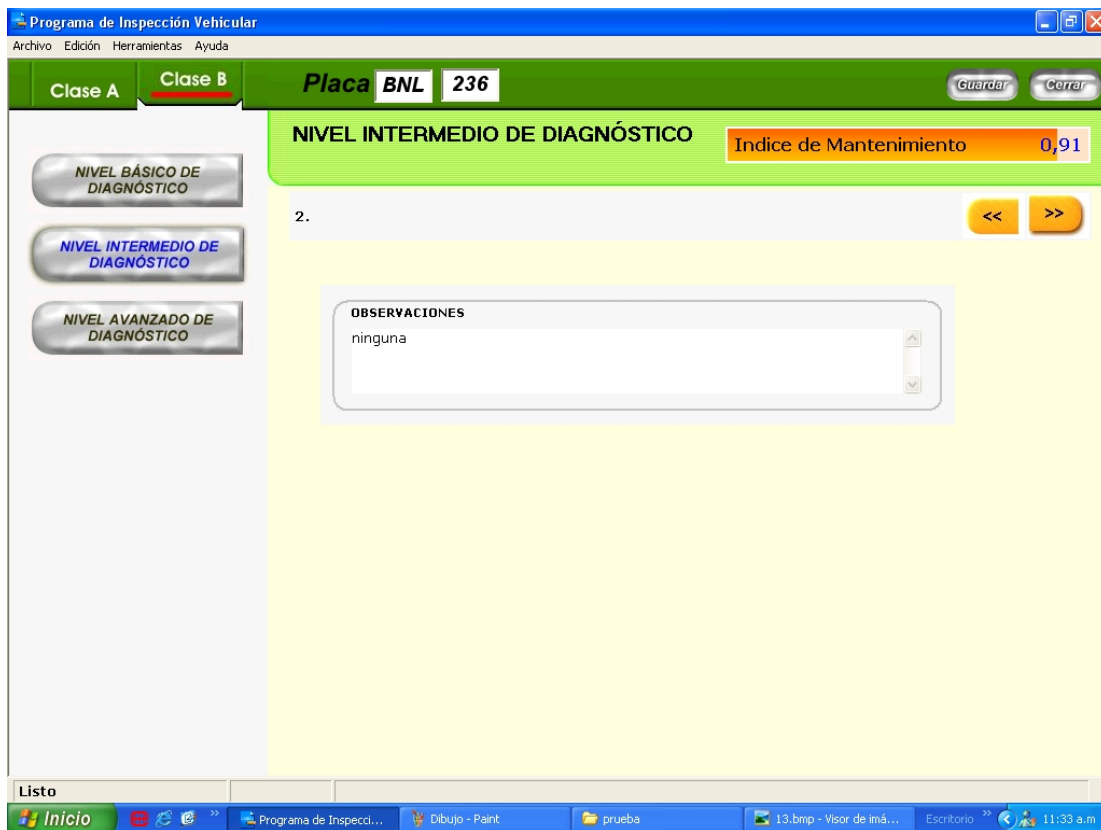
Dentro de esta categoría existe un ítem que se llama “presión en el carter”, que es una técnica que consiste en medir la presión en el carter para verificar si parte de la compresión en los cilindro se esta pasando al carter, y de esta forma se pueda estar contaminado el aceite del motor. Por problemas con el

presupuesto no se ha podido desarrollar, pero de todas maneras se dejara su casilla abierta para que dentro de poco tiempo se implemente y se pueda contar con este resultado, haciendo mas completa la inspección vehicular.



Nivel Intermedio de Diagnostico

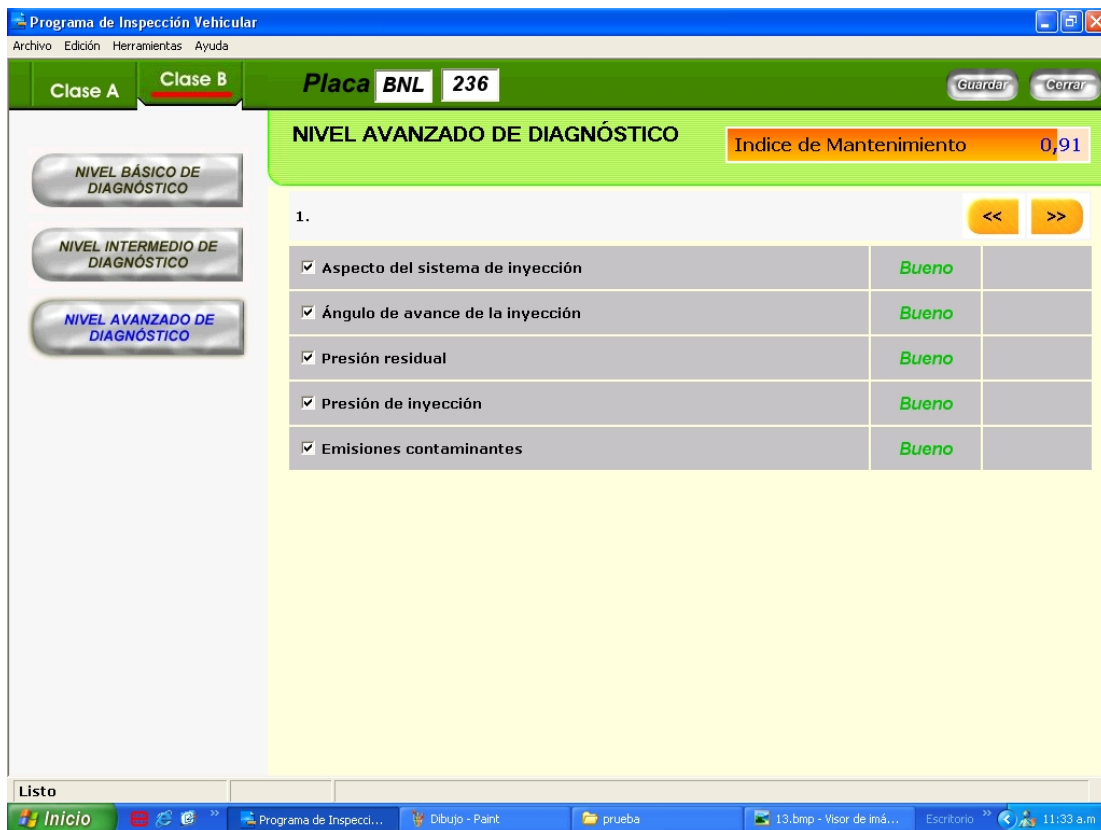
Al terminar de responder a estas preguntas se pasa a la segunda hoja de este nivel por medio de las los botones en forma de flecha de color naranja. En esta segunda hoja se encontrara la casilla de observaciones de este nivel.



Observaciones del nivel intermedio de diagnostico

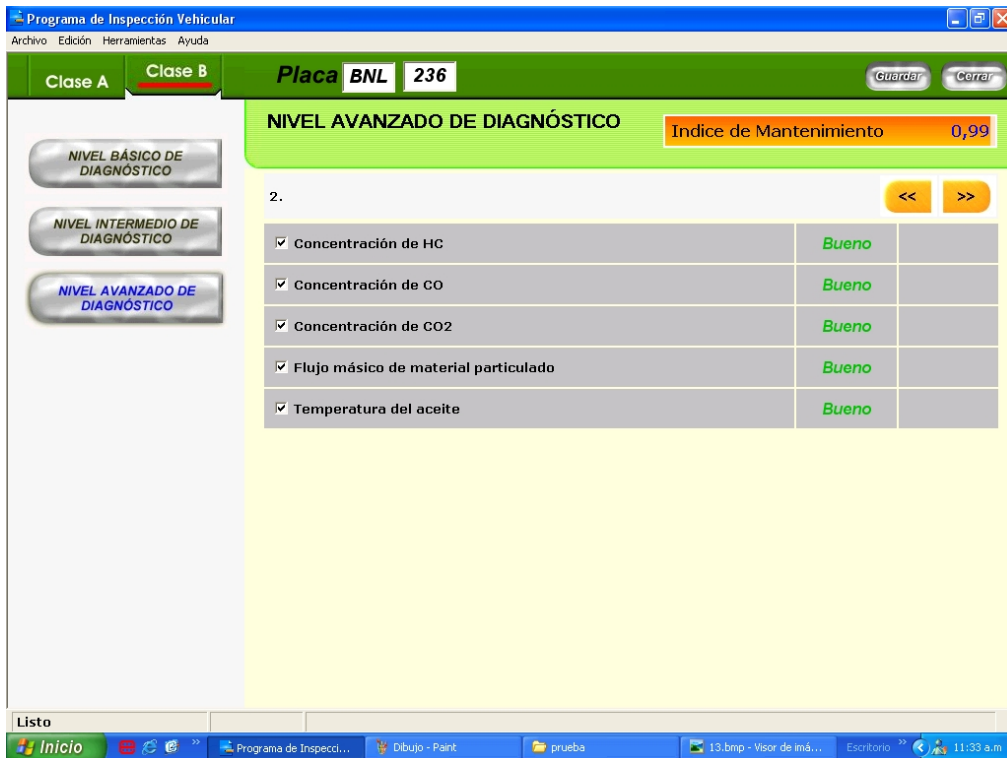
Continuamos con el ultimo nivel de diagnostico, el Nivel Avanzado de Diagnostico. A este nivel se llega haciendo clic sobre el ultimo botón de la barra de navegación de la izquierda.

Este nivel avanzado esta compuesto por las técnicas de Análisis de los Gases de Escape y del análisis del sistema de inyección.



Nivel Avanzado de Diagnostico 1

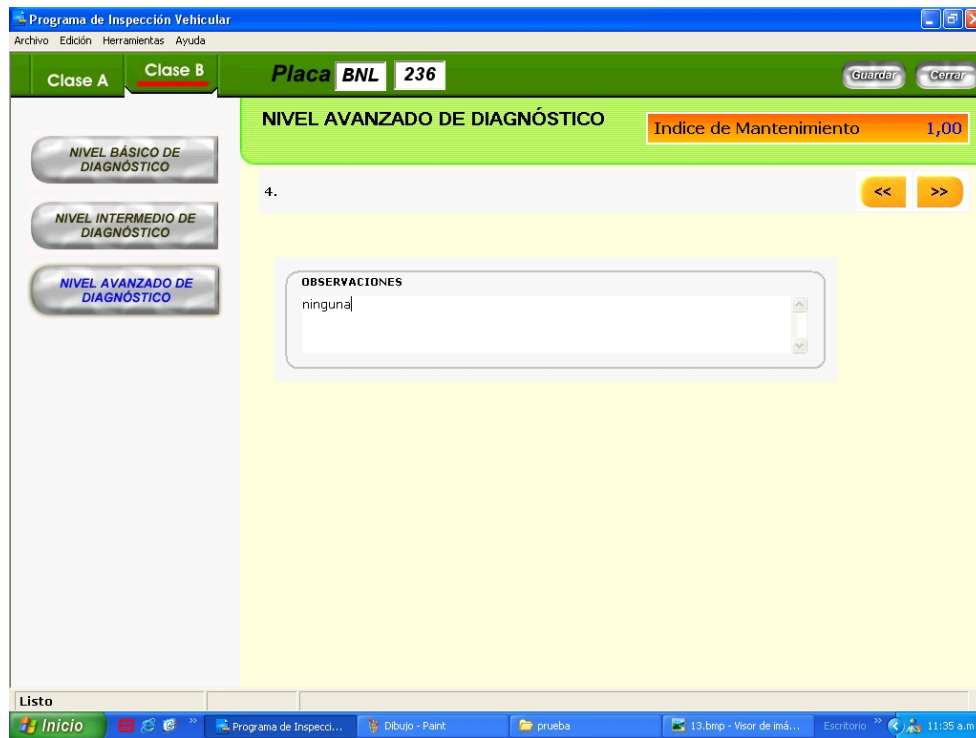
Este nivel consta de 4 hojas, comienza con el sistema de inyección, su aspecto, el ángulo de avance de la inyección, y las presiones que maneja la bomba. Continúa con el análisis de los gases de escape, del material particulado y de las temperaturas de los gases de escape y del aceite, y finaliza con la hoja de observaciones.



Nivel Avanzado de diagnóstico 2



Nivel Avanzado de Diagnóstico 3



Nivel Avanzado de Diagnóstico 4

Como se puede apreciar el índice de mantenibilidad es de **1** porque todas las respuestas fueron las mejores posibles, de esta forma podemos encontrar que la calificación para el motor de esta buseta es de excelente, esto debido a que la buseta es nueva y no ha tenido el uso correspondiente para el cual fue adquirida.

De esta forma se implementa el software INDIMAN y de paso se realiza un manual del usuario de este software, porque se sigue paso a paso el software de principio a fin.