



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

TÍTULO DEL INFORME

“Pruebas de durabilidad y desempeño automotriz a 40,000 [km] en un
vehículo compacto”

MODALIDAD DE TITULACIÓN:

“TRABAJO PROFESIONAL”

NOMBRE DEL ALUMNO: ALBERTO MARTÍNEZ MARTÍNEZ

NÚMERO DE CUENTA: 300323502

CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA

ASESOR: M.I. ANTONIO ZEPEDA SÁNCHEZ

AÑO: 2013

Agradecimientos

A mis padres Teófilo y Marcelina por su gran apoyo a lo largo de mi formación académica, por su cariño, por sus consejos y por los valores que me inculcaron y que me ayudaron a conseguir mis metas y a formarme como la persona que soy.

A mis hermanos Sergio, Luis y Valentín por su apoyo incondicional y sus esfuerzos para que pudiera conseguir mi sueño de ser un profesionista, por su ayuda, sus enseñanzas, por la motivación que me dieron y por todo lo que pasamos juntos.

A mis dos queridas hermanas Teresa y Cristina por ser un gran ejemplo de estudio y dedicación, por creer en mí todo el tiempo y por darme ánimos para poder concluir este gran sueño.

A mis tíos Mary y Chayo por su cariño y el apoyo que me brindaron para que pudiera terminar mi carrera.

A la empresa OFF ROAD MÉXICO por haberme dado mi primera oportunidad de desarrollo profesional, en especial a mis extraordinarios compañeros y amigos del equipo de ingeniería por el tiempo que pasamos juntos de gratas y enriquecidas experiencias.

A la UNAM y en especial a la Facultad de Ingeniería por haberme permitido formar parte de esta gran institución, por todos los conocimientos adquiridos y por haberme permitido sentir el orgullo de ser egresado de una de las mejores universidades de América Latina.

ÍNDICE TEMÁTICO

| | |
|--|-----------|
| A. Objetivo..... | 4 |
| B. Introducción..... | 4 |
| CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA “OFF ROAD MÉXICO” | |
| A. Historia..... | 6 |
| B. Organigrama..... | 8 |
| C. Descripción del puesto de trabajo..... | 10 |
| a. El ingeniero de prueba de desempeño automotriz..... | 10 |
| b. Perfil del ingeniero de pruebas..... | 11 |
| c. Asignaciones..... | 11 |
| d. Relación de las actividades desempeñadas con la ingeniería mecánica..... | 12 |
| CAPÍTULO 2. PRUEBAS DE DURABILIDAD Y DESEMPEÑO AUTOMOTRIZ EN UN VEHÍCULO COMPACTO. | |
| A. Prueba de durabilidad a 40,000 [km]..... | 14 |
| a. Requerimientos para la prueba de durabilidad a 40,000 [km]..... | 14 |
| b. Preparación de rutas..... | 15 |
| c. Preparación del vehículo para la prueba de durabilidad..... | 18 |
| i. Recolección de datos iniciales..... | 18 |
| d. Comunicación con la armadora..... | 25 |
| i. Estructura del reporte diario..... | 25 |
| ii. Estructura del reporte de apreciación subjetiva a 0, 50 y 100 % de la prueba de durabilidad y desempeño..... | 29 |
| iii. Estructura del reporte de servicio..... | 29 |
| iv. Estructura del reporte de fallos e incidentes..... | 30 |
| e. Prueba de benchmarking comparativo..... | 30 |
| B. Análisis de datos..... | 32 |
| a. Métodos de análisis..... | 32 |
| i. Consumo de combustible..... | 32 |
| ii. Consumo de fluidos..... | 33 |
| iii. Desgaste en balatas..... | 34 |
| iv. Desgaste en llantas..... | 36 |
| b. Análisis de durabilidad en partes y componentes del vehículo..... | 38 |
| c. Análisis del desempeño del vehículo | 40 |
| C. Resultados y recomendaciones..... | 41 |
| CONCLUSIONES..... | 44 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 46 |
| ANEXOS..... | 47 |

A. OBJETIVO

Analizar por medio del desgaste acelerado, la durabilidad y el desempeño del vehículo en el mercado donde será introducido con el fin de recabar información de fallos, errores y daños originados por uso, así como verificar el cumplimiento y satisfacción de las especificaciones de ingeniería, y con esto tomar medidas preventivas y correctivas para adecuarlo al contexto del mercado.

B. INTRODUCCIÓN

Dado que los automóviles, en su mayoría, se diseñan y prueban en condiciones ideales y diferentes a las del mercado donde serán introducidos, y en algunos casos estos ya son comercializados en diferentes partes del mundo, bajo diferentes procedimientos de calidad y adecuados a los requerimientos del mercado local. Los representantes de las armadoras al introducir su producto a nuevos mercados deben tener la certeza de su adecuado funcionamiento en el contexto del país. Para esto, las diferentes empresas automotrices han diseñado metodologías de pruebas estáticas y dinámicas para verificar el comportamiento de los vehículos, para con esto garantizar su desempeño a medida de las necesidades locales. La *Society Automotive Engineers* (SAE) ha desarrollado protocolos para la evaluación de numerosos parámetros que definen el comportamiento de los vehículos. Estos protocolos están aprobados internacionalmente, por lo tanto algunas armadoras las adoptan para la evaluación de sus vehículos.

En este trabajo se describen las diferentes evaluaciones realizadas a un vehículo compacto durante la prueba de durabilidad y desempeño a 40,000 [km]; con la finalidad de analizar el deterioro sufrido por uso en un determinado intervalo de tiempo en partes, sistemas y componentes sometidos a desgaste, así como verificar la funcionalidad del vehículo en las condiciones del mercado. Utilizando el protocolo de uso normal y por medio del desgaste acelerado, se generó un esquema de rutas sobre los diferentes caminos de México en los cuales el vehículo podría recorrer en su vida útil, como son: autopista, terreno montañoso y ciudad.

Realizando durante la prueba de durabilidad y desempeño, la supervisión y recopilación de información del comportamiento y el deterioro del vehículo en los diferentes caminos, detectando defectos de diseño, fallos, problemas en partes, componentes y sistemas del vehículo a lo largo de la prueba, realizando diferentes pruebas de funcionalidad y realizando mediciones en ciertos periodos establecidos de los diferentes sistemas del vehículo, como son: desgaste en llantas, desgaste en balatas, consumo de fluidos (aceite para motor, aceite para transmisión, aceite para dirección, líquido para frenos y refrigerante), además de esto, se superviso continuamente: consumo y eficiencia de combustible, desgaste, daños y fallos sufrido en carrocería y en los sistemas mecánicos y eléctricos. También se llevaron a cabo pruebas dinámicas y estáticas para el análisis del comportamiento del vehículo en las diferentes condiciones de operación. Algunas de estas pruebas realizadas sobre parámetros normalizados y en su mayoría bajo parámetros de referencia dados por la armadora.

La Información recopilada fue analizada y enviada a la armadora por medio de diferentes reportes y evaluaciones, objetivas y subjetivas del comportamiento del vehículo, para el conocimiento del avance de la prueba y del cumplimiento de los objetivos establecidos, para su análisis y con esto efectuar medidas preventivas y correctivas sobre el vehículo.

Ya que con la realización de estas pruebas de durabilidad y desempeño se logra la adecuación del vehículo a los diferentes condiciones y requerimientos del mercado donde será introducido. Ofreciendo la armadora, un vehículo durable, competitivo y eficiente para el usuario final.

CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA “OFF ROAD MÉXICO S.A. DE C.V.”

A. HISTORIA DE LA EMPRESA

OFF ROAD MÉXICO S.A. DE C.V.

Off Road México (ORM) se ha destacado por ser una empresa especializada en la planeación, realización, organización y logística de diferentes eventos automotrices, a lo largo de su historia ha desarrollado diversos trabajos, dentro de los cuales destacan:

- Pruebas de manejo en pista on y off road.
- Generación de rutas 4x4.
- Presentación de producto.
- Capacitación de producto a fuerza de ventas.
- Escuelas de manejo deportivo.
- Eventos automotrices al público.
- Patrocinio de nuevos talentos.
- Realización de proyectos de ingeniería.

La capacidad del equipo de ORM para poder localizar espacios en cualquier lugar de la República Mexicana para diseñar, construir, operar dichos eventos ha sido de gran relevancia, ya que con esto ha podido brindar sus servicios a diferentes marcas automotrices como los son: Dodge, Chrysler, Jeep, Mitsubishi, Alfa romeo, Audi, Porsche, Mercedes Benz, etc. (Solo por mencionar algunas), realizando diferentes trabajos para las marcas antes mencionadas.

A través de los años ORM ha sido el encargado del desarrollo de diversos eventos automotrices públicos y privados, como son: On-Road Tour Mercedes-Benz, Jeep 70 aniversario, Gala internacional del automóvil, Prueba de manejo Prestige, Porsche Driving School México, entre otros. Al igual que ha sido encargado del lanzamiento a prensa de diferentes modelos de las marcas: Audi, Jeep, Dodge, Chrysler, Mitsubishi, Porsche, Mercedes Benz y Mazda.

Además cuenta con el *OFF ROAD TRAINING CENTER* ubicado en Ocoyoacac, Estado de México (figura 1), centro de aprendizaje y práctica automotriz, diseñado para la capacitación, realización de pruebas de manejo, pruebas de ingeniería y performance, contando con un espacio de 50,000 [m²]. Dividido en una pista Off Road de 8,000 [m²] diseñada con obstáculos naturales para demostrar las capacidades de los vehículos todo terreno; una pista asfáltica con 25,000 [m²] de plataforma de asfalto y circuito con superficie deslizante donde se pueden trazar diferentes ejercicios dinámicos y 200 [m²] de salones donde se pueden realizar diferentes capacitaciones teóricas y recibir autos para exhibición (figura 2).

En 2010 ORM comienza el desarrollo del proyecto “Pruebas de durabilidad y desempeño automotriz”, proyecto en el cual se realiza la prueba de durabilidad y desempeño a 40,000 [km] en un vehículo compacto, en este proyecto se somete el vehículo a un desgaste acelerado y por uso

común para detectar fallos en partes, componentes y sistemas del vehículo; además de verificar la funcionalidad del vehículo en las diferentes condiciones de operación, y con esto tomar medidas preventivas y correctivas, para lograr la adecuación del vehículo al contexto del país; teniendo a cargo la logística, realización de pruebas y coordinación del proyecto, etc.

En el siguiente año se continúa las pruebas de durabilidad y desempeño en vehículos, pero ahora además realizando pruebas de emisiones al mismo tiempo, pruebas hechas con apoyo del laboratorio de emisiones de Chrysler de México; contando ORM ahora con su departamento de ingeniería conformado por 6 ingenieros de pruebas. El departamento de ingeniería de ORM ha trabajado con ingenieros de diferentes empresas como Bosch Alemania, Power training de Fiat Italia e ingenieros de la armadora (propietarios de los vehículos sometidos a las pruebas), en la puesta a punto de los vehículos, así como con Autofin México.

El equipo de ingeniería de ORM ha desarrollado diferentes proyectos como son: Prueba de durabilidad a 40,000 [km] (vehículo compacto y subcompacto), pruebas de durabilidad y desempeño 40,000 km + 10,000 [km] (vehículo compacto y subcompacto), pruebas de durabilidad y emisiones 25,000 [km] (vehículo compacto y subcompacto), prueba de durabilidad a 40,000 [km] (vehículo subcompacto) y prueba en gradientes 5,000 [km].



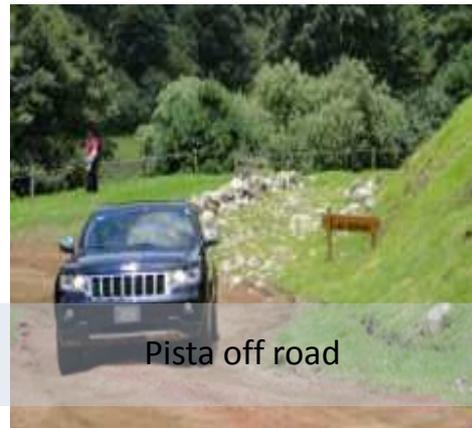


Figura 2. INSTALACIONES DEL "OFF ROAD TRAINING CENTER".

B. ORGANIGRAMA OFF ROAD MÉXICO.

En la figura 3 se ilustra el organigrama empresarial¹ de Off Road México, en el cual se muestra el departamento de ingeniería creado para la realización de diferentes proyectos de ingeniería dirigidos al performance de los vehículos, este departamento es dirigido por el Ing. Jesús Armando Aguillón Godínez, y en el cual me desempeñaba como ingeniero de pruebas de desempeño automotriz.

¹ Aportación realizada por el Ing. Alberto Martínez Martínez.

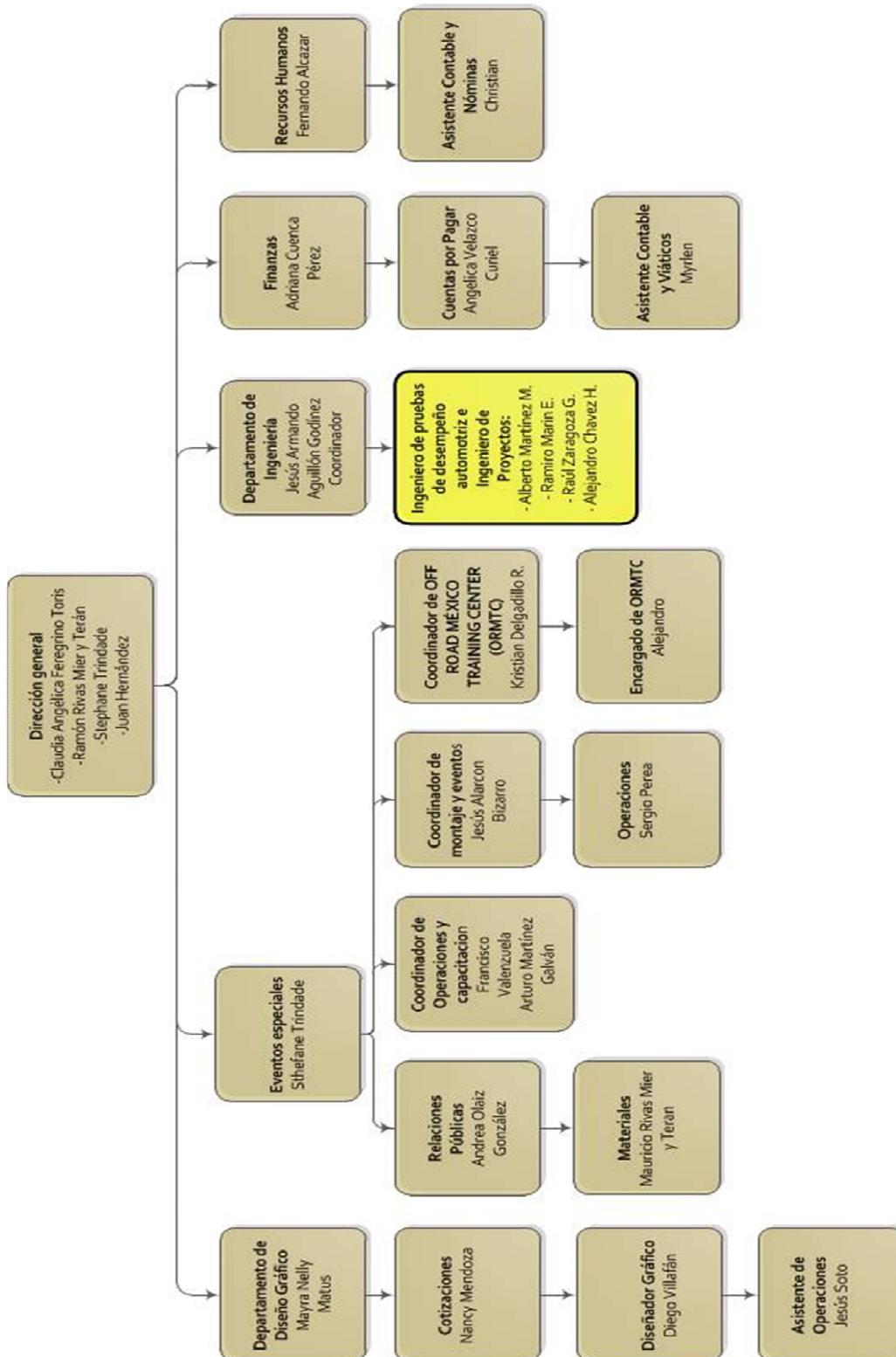


Figura 3. Organigrama empresarial OFF ROAD MÉXICO.

C. DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO

a. El ingeniero de pruebas desempeño automotriz

Al pensar en las situaciones en las cuales un producto será sometido a desgaste en su vida útil, los ingenieros de pruebas trabajan en una variedad de campos para asegurar que los productos cumplan con las exigencias cotidianas de uso de los consumidores, los ingenieros de prueba se podría decir son responsables de la calidad con la cual el producto llegara al usuario final.² Mediante la implementación de procesos, estándares, requerimientos, dados por normas y fabricantes se verifica el funcionamiento del producto para ofrecer un producto competitivo y de calidad en el mercado.

Los ingenieros de pruebas de desempeño automotriz (IPDA) fuimos los encargados de la realización de las diferentes pruebas de funcionalidad del vehículo, para verificar y evaluar su durabilidad y desempeño en las condiciones del país, utilizando las diferentes carreteras de México como escenarios de prueba en la simulación de un ciclo de vida de 40,000 [km] del vehículo, encargándonos de realizar y coordinar las diferentes pruebas estáticas y dinámicas en el producto prototipo, también fuimos encargados de:

- Verificar estándares y requerimientos.
- Ejecutar y documentar las pruebas.
- Encontrar fallas, problemas de diseño, errores y daños, etc.
- Generar informes de fallos, avance y resultados en las pruebas de durabilidad.
- Recolectar datos sobre las pruebas en carretera.
- Aportar soluciones y recomendaciones al fabricante.

Por medio de diferentes evaluaciones al vehículo, como se mencionó, se realizó la simulación de uso común del producto en un periodo de 40,000 [km], mediante el método de desgaste acelerado en el vehículo se fueron encontrando fallos, errores de diseño y problemas ocasionados por el uso, además de recabar información acerca del desgaste por uso normal en diferentes partes del mismo para analizarse, también realizando la verificación de datos técnicos, y en caso de ser necesario tomar medidas u acciones preventivas y correctivas.

Los ingenieros de pruebas también estamos enfocados a la verificación de requerimientos y estándares marcados por el mercado y el fabricante y con esto a la mejora del producto. El objetivo de los IPDA es encontrar todos aquellos problemas en el producto que ocasionados por uso, por daños externos o por diseño que pudieran perjudicar al producto en su comercialización identificándose antes de que el producto sea lanzado al mercado y con esto evitar que sean experimentadas por el consumidor o usuario final.

² "What does the testing engineer do?", [en línea] <<http://www.wisegeekedu.com/what-does-a-testing-engineer-do.htm>> [consulta 27-02-2013]

b. Perfil del ingeniero de pruebas de desempeño automotriz

Para desempeñar las funciones de ingeniero de pruebas era necesario tener con conocimientos en ingeniería mecánica, ser pasante o titulado con conocimientos de mecánica general de vehículos y comportamiento dinámico de estos.

Con Habilidades personales como: puntual, ordenado, metódico, sistemático, propositivo, tolerante, etc.

Con experiencia en el manejo de vehículos en diferentes caminos mínima de tres años.

c. Asignaciones

Como ingenieros de prueba de desempeño (IPDA) en el proyecto de durabilidad a 40,000 [km], fuimos los encargados de coordinar, operar y realizar las diferentes evaluaciones para verificar la durabilidad de las diferentes partes, componentes y sistemas del vehículo, así como verificar las especificaciones técnicas proporcionadas por la armadora acerca del desempeño del vehículo, con ayuda del **“Request for quotation In market testing”** en el cual se especificaba los requerimientos, alcances, procesos de prueba, etc. Las diferentes evaluaciones de funcionalidad se fueron realizando en tiempo y forma, para recabar la información necesaria para el análisis de la durabilidad y el desempeño del vehículo en México.

Para la prueba de durabilidad los IPDA, además de lo anterior, fuimos los encargados de la preparación del vehículo para la puesta en marcha del proyecto, mantenimiento periódico, recorrido e inspección diaria del vehículo, recolección de datos, realización de reportes, etc. Además de la generación de rutas para las pruebas, formatos de reportes para la prueba, formato de mantenimiento y los diferentes documentos para mantenernos en comunicación constante con la armadora, al igual que la optimización de recursos y métodos de análisis, etc.

Las partes y sistemas analizados en la prueba por los IPDA son los enlistados a continuación:

- Desgaste en llantas.
- Desgaste en balatas.
- Consumo y eficiencia de combustible.
- Consumo de fluidos (aceite para motor, transmisión, dirección, fluido para frenos, refrigerante, etc.).
- Desgaste en componentes de carrocería, mecánicos y eléctricos.
- Monitoreo y recolección de temperaturas de los fluidos (aceite para motor, transmisión, refrigerante y temperatura ambiente) por medio del sistema de adquisición de datos (DAS).
- Desempeño de todos los sistemas del vehículo.
- Durabilidad general del vehículo.

d. Relación de las actividades desempeñadas con la ingeniería mecánica

A lo largo de la duración de este proyecto pude poner en práctica los diferentes conocimientos adquiridos en las materias cursadas durante mi formación como ingeniero mecánico, aportando soluciones a los diferentes problemas presentados a lo largo del proyecto, no solo en el área matemática, sino también en el área socio-humanística, con las materias humanísticas cursadas en la carrera. Ya que en la mayoría de los casos cuando eres estudiante piensas que no son tan importantes como las enfocadas a ingeniería, pero que en realidad son las que te forman el pensamiento de las necesidades sociales, económicas y políticas de nuestro país. Y que dan los primeros indicios de solución de diferentes problemas y necesidades por los cuales atraviesa el país.

A continuación se enlistan algunas de las materias que utilicé en el desarrollo del proyecto pruebas de durabilidad y desempeño automotriz, estas fueron:

- Ciencias básicas. Las materias de ciencias básicas fueron fundamentales en el desarrollo de este proyecto ya que me ayudaron para la formación del pensamiento analítico para la solución de los diferentes problemas, utilizando análisis de fuerzas, realizando diagramas de cuerpo libre, sistemas de unidades, utilización de instrumentos, toma de medidas, etc.
- Métodos numéricos. Es una de las materias que me brindó los conocimientos para la utilización de métodos analíticos para la solución de problemas en los cuales implican el análisis de datos, minimizando errores y con ayuda de programas de cómputo como herramientas para su análisis.
- Recursos y necesidades de México. Materia humanística que te brinda una visión de las necesidades sociales, económicas y políticas de nuestro país. Presentándote los diferentes recursos humanos, materiales y económicos con los que se cuenta, al igual que nos muestra un panorama general de la situación del país.
- Costos e Ingeniería económica. Esta materia muy importante que me ayudó en la evaluación de las alternativas para la asignación de los recursos, así como en el manejo de los diferentes aspectos financieros y fiscales en el desarrollo del proyecto.
- Ingeniería automotriz. Fue una de las materias con mayor aplicación ya que fue la que me dio el conocimiento previo de los diferentes sistemas que integran el automóvil además de darme los conocimientos necesarios para poder realizar el análisis por medio de los diferentes métodos matemáticos y el conocimiento de herramientas de cómputo en el laboratorio que facilitan el análisis de diferentes partes que conforman un vehículo.
- Laboratorio de Máquinas térmicas. Aquí fue donde conocimos físicamente los diferentes sistemas y equipos que hay en la industria (compresores, motores, bombas, etc.) además de poder conocer su funcionamiento, nos brindó los conocimientos para su análisis.

Dentro de ellos los motores de combustión interna, dándome las bases para la realización de análisis de desempeño, por medio de bases teóricas y prácticas.

- Dibujo mecánico. Esta materia es la base del conocimiento para la realización de planos de ingeniería como herramienta de comunicación, aquí se nos brindan los conocimientos de las diferentes normas para diseñar, crear y analizar diferentes objetos, además de poder conocer la interpretación de planos y las diferentes herramientas de cómputo para poder generarlos.

Pero lo más importante es que en mayor o en menor proporción todas las materias cursadas en mi formación como ingeniero mecánico fueron utilizadas para el desarrollo del proyecto pruebas de durabilidad y desempeño automotriz, ya que la formación ingenieril nos brinda el conocimiento para poder desempeñar cualquier puesto dentro de la industria.

CAPÍTULO 2. PRUEBA DE DURABILIDAD Y DESEMPEÑO AUTOMOTRIZ EN UN VEHÍCULO COMPACTO.

A. PRUEBA DE DURABILIDAD A 40,000 [km]

a. Requerimientos para la prueba de durabilidad a 40,000 [km]

Para la realización de la prueba de durabilidad y desempeño en un vehículo compacto se tuvieron que cumplir diferentes requerimientos establecidos por la armadora, el primero fue realizar la distribución de kilometraje para los diferentes caminos, los cuales tenían que ser cubiertos y divididos en tres tipos: autopista (*Highway*), terreno montañoso (*Hilly terrain*) y ciudad (*City*).

La distribución de kilometraje para cubrir los 40, 000 [km] en las pruebas se realizó de acuerdo a los requerimientos mostrados en la tabla 1. La cual muestra los kilómetros y el porcentaje asignado a recorrer por cada tipo de camino:

| Route type | % | Total [km] |
|--------------|-------------|---------------|
| highway | 50% | 20,000 |
| City | 35% | 14,000 |
| Hillyterrain | 15% | 6,000 |
| Total | 100% | 40,000 |

Tabla 1. Porcentaje asignado por tipo de camino.

La secuencia de las pruebas, basada en la cobertura del odómetro del vehículo, fue predispuesta por la armadora y es la mostrada a continuación, en la tabla 2:

| From odo [km] | To odo [km] | Road Terrain | Loading |
|---------------|-------------|---------------|---------|
| 0 | 4000 | Highway | 250 Kg |
| 4000 | 6800 | City | 250 kg |
| 6800 | 8000 | Hilly terrain | 250 Kg |
| 8000 | 12000 | Highway | 250 Kg |
| 12000 | 14800 | City | 250 kg |
| 14800 | 16000 | Hilly terrain | 250 Kg |
| 16000 | 20000 | Highway | 250 Kg |
| 20000 | 22800 | City | 250 kg |
| 22800 | 24000 | Hilly terrain | 250 Kg |
| 24000 | 28000 | Highway | 250 Kg |
| 28000 | 30800 | City | 250 kg |
| 30800 | 32000 | Hilly terrain | 250 Kg |

| | | | |
|-------|-------|---------------|--------|
| 32000 | 36000 | Highway | 250 Kg |
| 36000 | 38200 | City | 250 kg |
| 38200 | 40000 | Hilly terrain | 250 Kg |

Tabla 2. Secuencia de pruebas basada en la cobertura del odómetro.

De acuerdo con la tabla anterior y para conocer el desempeño del vehículo con carga, se colocó un peso muerto (dummy) que simulaba pasajeros en el asiento trasero y en la cajuela del equipaje. Las pruebas se realizaron con un peso de 250 kg incluyendo el peso del conductor y con la distribución de pesos de acuerdo con el siguiente requerimiento (figura 4):

1. 75 kg de peso conductor.
2. 75 kg de peso copiloto.
3. 75 kg de peso distribuidos en el asiento trasero del vehículo.
4. 25 kg de peso distribuidos en la cajuela del vehículo.

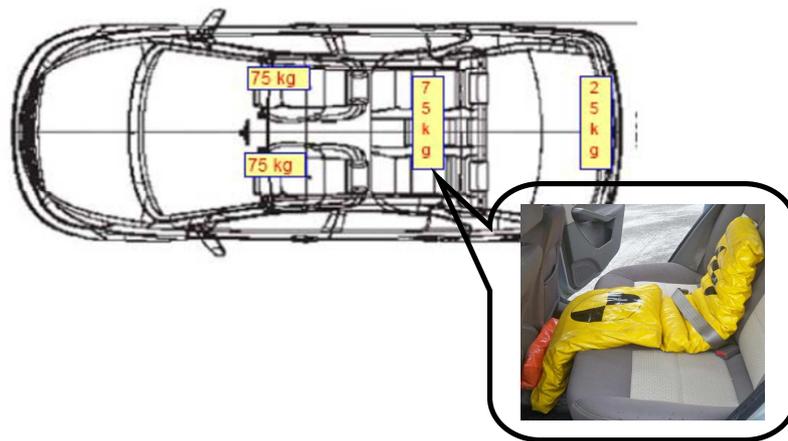


Figura 4. Distribución de pesos en el vehículo.

b. Preparación de rutas

Como se sabe no todos los caminos son iguales y en la República Mexicana podemos encontrar un gran número de carreteras con diferentes características geográficas, características que nos ayudaron a realizar las distintas evaluaciones de durabilidad y funcionalidad en el vehículo. Para la prueba de durabilidad y desempeño se generaron distintas rutas de ciudad (*City*), autopista (*Highway*) y terreno montañoso (*Hilly terrain/up hill*) que simulaban las diversas condiciones ambientales, físicas y climatológicas a las cuales el vehículo podría ser sometido en su vida útil, con cambios de altitud, carreteras en mal estado y dependiendo el caso con tráfico, etc. Esto con el fin de conocer la durabilidad y el desempeño del vehículo en los diferentes contextos del país y en las diferentes condiciones de uso.

La distribución de kilometraje para cada ruta se realizó de acuerdo a los requerimientos mostrados en la tabla 1 y 2. Con lo cual la distribución de kilometraje por cada día de prueba se muestra en la tabla 3:

| Type | Kilometres for route |
|---------------|----------------------|
| City | 300 each day |
| Hilly terrain | 600 each day |
| Highway | 1000 each day |

Tabla 3. Distribución de kilometraje por tipo de carretera.

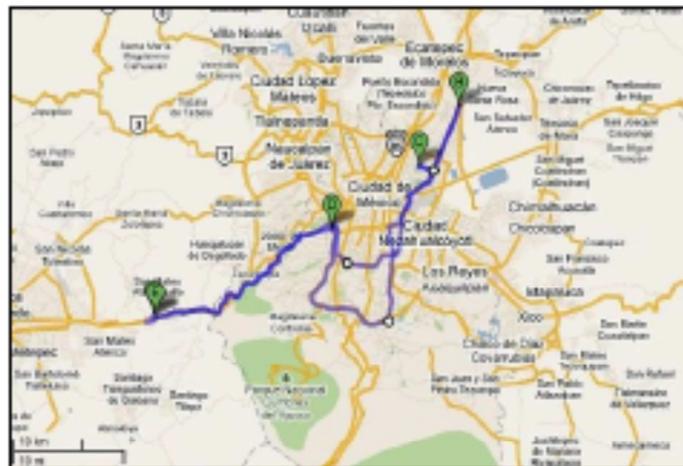
Las rutas fueron diseñadas tomando como punto inicial (0) km las instalaciones del *OFF ROAD TRAINING CENTER* ubicado en Ocoyoacac, Estado de México con las coordenadas (latitud 19.29, longitud -99.44) para su ubicación por medio de Global Position System (GPS) y trazados a diferentes puntos de la República Mexicana, así que los IPDA fuimos los encargados de diseñar las diferentes rutas para cada día de prueba, para las rutas de autopista se tenían como destino: San Luis potosí, Aguascalientes, Acapulco, Veracruz, Guanajuato; para terreno montañoso: Querétaro, el Ajusco México, Iguala; y diferentes partes del Distrito Federal, zona metropolitana de la Ciudad de México, Toluca, Estado de México, para las rutas de ciudad; Solo por mencionar algunas.

En la figura 5 se muestra un ejemplo de las rutas generadas y las características tomadas en cuenta para su realización. Las cuales constan de nombre de la ruta, gráfica de cambios de altitud, coordenadas geográficas, kilómetros a recorrer en cada prueba y en su caso peajes.

Route to Mexico City 1

| Place | Coordinates [°] | | Altitude [msnm] | Distance [km] |
|---|-----------------|-----------|-----------------|---------------|
| | Latitude | Longitude | | |
| Off road Mexico Training Center, Mexico | 19.29 | -99.44 | 2,744 | 0 |
| Central Avenue, D.F. | 19.53 | -99.02 | 2,236 | 75 |
| 412 Avenue, D.F. | 19.46 | -99.07 | 2,241 | 150 |
| Constituyentes Avenue, D.F. | 19.39 | -99.21 | 2,369 | 225 |
| Off road Mexico Training Center, Mexico | 19.29 | -99.44 | 2,744 | 300 |

Detailed map of the route



Altitude details

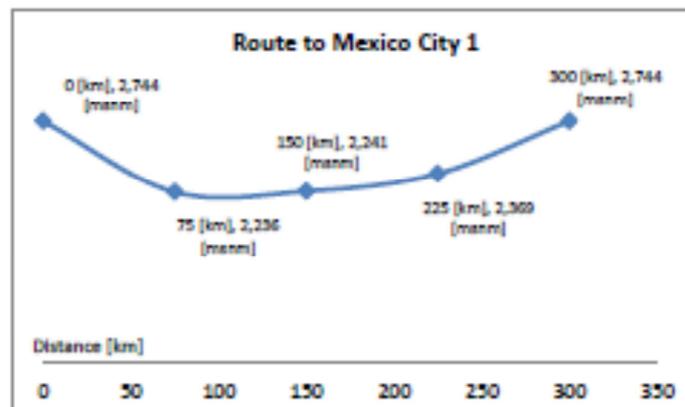


Figura 5. Ejemplo de ruta.

Para el control de la distribución de las rutas y las diferentes evaluaciones a realizarse en el vehículo, fue creado el calendario de pruebas en el cual se realizaba el registro de las rutas de prueba por día y fecha, el tipo de ruta, los kilómetros reales recorridos en cada prueba y el odómetro final registrado en el vehículo, con esto se pudo llevar control de la predicción de las diferentes evaluaciones a realizarse como: mantenimientos del vehículo, días de asueto, problemas en el vehículo y días asignados a las diferentes empresas involucradas en el proyecto. En la figura 6 se muestra una parte del calendario utilizado.

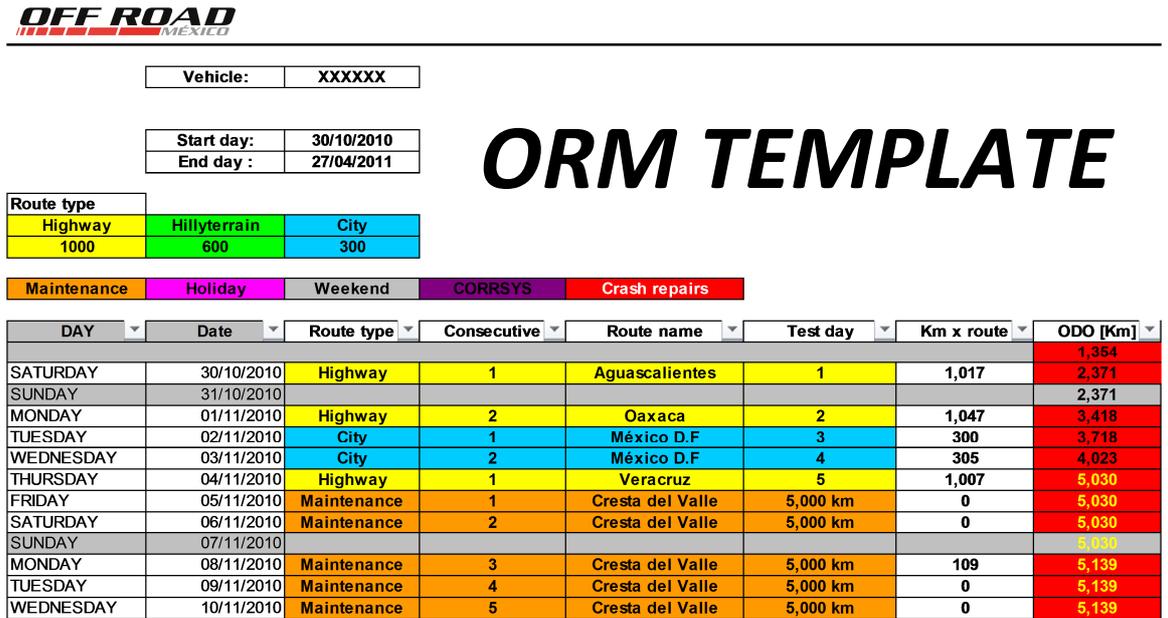


Figura 6. Calendario de pruebas.

c. Preparación del vehículo para la prueba de durabilidad

i. Recolección de datos iniciales

Antes de comenzar el recorrido de los vehículos se realizó la recolección de datos de las diferentes partes sometidos a desgaste; llantas, sistema de frenos y los diferentes fluidos utilizados en el vehículo, con la finalidad de obtener valores de referencia. También se realizó una sesión fotográfica de las diferentes partes de la carrocería, motor, llantas, etc. Los componentes antes mencionados se supervisaron constantemente para conocer el desgaste y daños sufridos con respecto al kilometraje recorrido en la prueba de durabilidad.

Para recabar estos datos se midió lo siguiente:

- a) Espesor inicial de la banda de rodamiento del neumático.

El neumático se dividió en cuatro puntos, en los cuales se tomaron ocho medidas en lo ancho de la banda de rodadura (figura 7). Los datos recolectados fueron documentados en el formato correspondiente "Tyre life prediction" mostrado en el anexo 1.

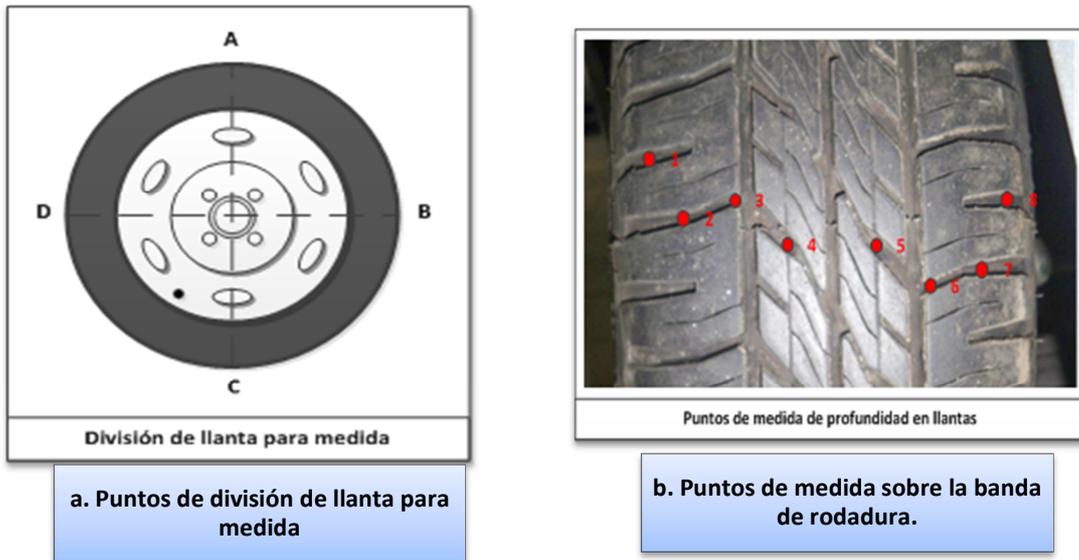


Figura 7. División de neumático para toma de medidas.

La medición de desgaste en cada neumático posteriormente se realizó cada 5,000 [km].

Para conocer el desgaste de cada neumático también se marcó la posición inicial de estos en el vehículo (figura 8) y se supervisó la posición que iban tomando los neumáticos a lo largo de la prueba.

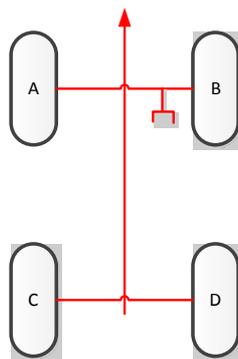


Figura 8. Posición inicial de neumáticos en el vehículo.

La primera rotación fue realizada a los 10,000 [km] de recorrido y después subsecuentemente cada 5,000 [km].

- b)** Espesor inicial de las pastas, discos de frenado y diámetro de tambores.

Para las pastillas de frenado delanteras se tomó como referencia la posición en la que se encontraban en el vehículo, se dividieron en pastilla interior y exterior, y se midió el espesor de estas en tres puntos, como se muestra en la figura 9.

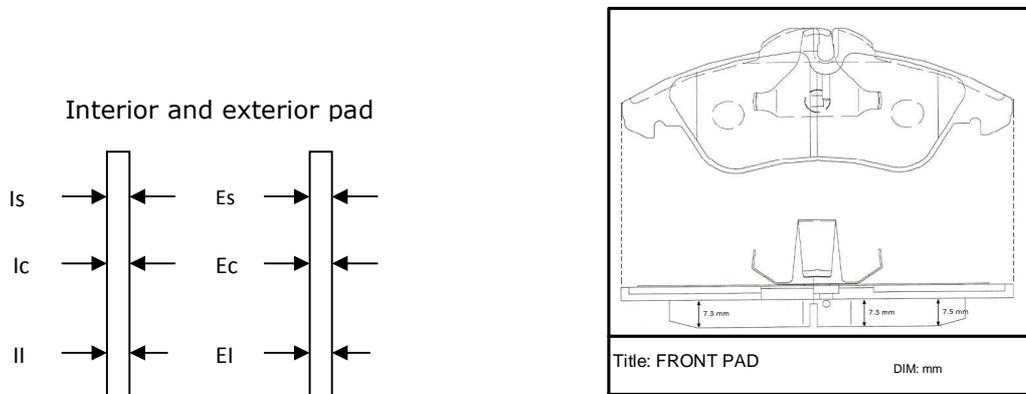


Figura 9. Puntos de medida sobre pastillas de frenado delanteras.

Donde las medidas tomadas son las siguientes:

Is: Interior superior [mm]

Es: Exterior superior [mm]

Ic: Interior central [mm]

Ec: Exterior central [mm]

Il: Interior low [mm]

El: Exterior low [mm]

Para las balatas traseras se tomó como referencia, visto de frente el sistema de zapatas, izquierda y derecha y se midió, al igual que en las delanteras, en tres puntos del espesor del material, como se muestra en la figura 10.

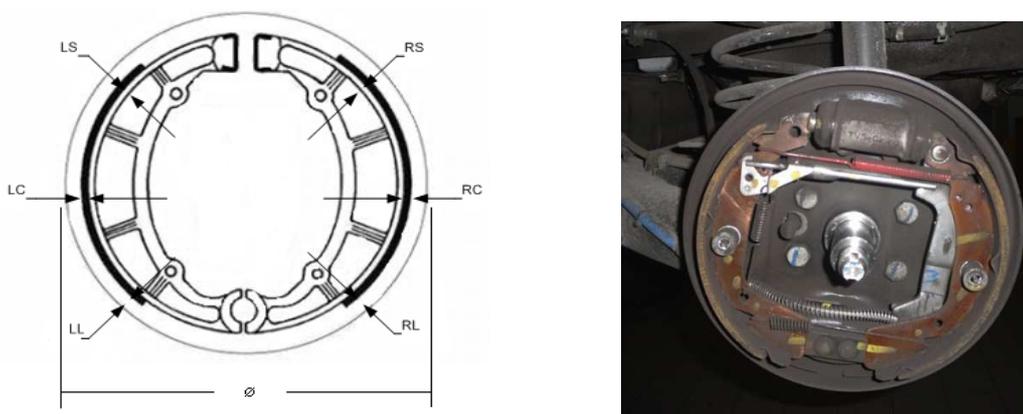


Figura 10. Puntos de medida sobre balatas traseras.

Donde los puntos medidos eran:

LS: Left superior [mm] RS: Right superior [mm]

LC: Left central [mm] RC: Right central [mm]

LL: Left low [mm] RL: Right low [mm]

Para el caso de los discos se midió el espesor de la superficie de frenado y para los tambores el diámetro interior inicial de la superficie de frenado (figura 11).

Donde:

Ts: espesor del disco de frenado [mm]

\emptyset =diámetro del tambor de frenado [mm]

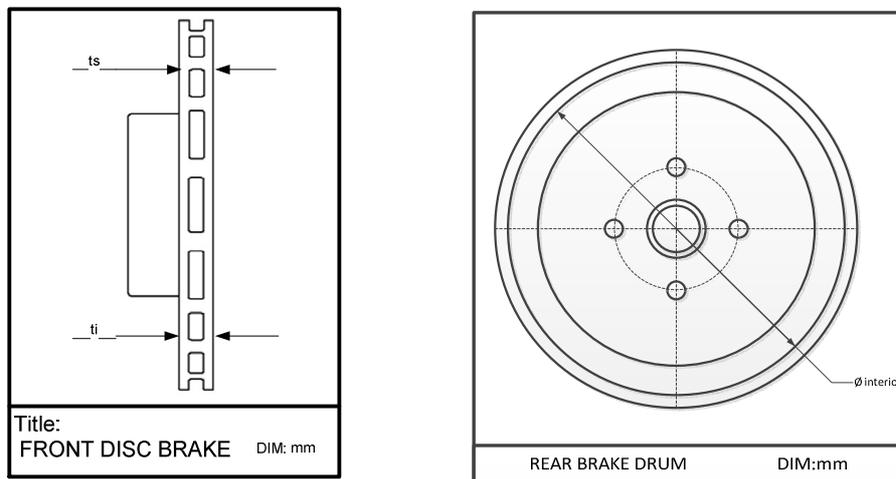


Figura 11. Medida de espesor para disco de frenado delantero, medida de diámetro para tambor de frenado trasero.

Posteriormente estas mediciones se realizaron cada 10,000 [km].

- c) Se identificaron los niveles iniciales de los fluidos del vehículo: aceite de motor, refrigerante, líquido para frenos y lubricante para la dirección.

Además de identificar los depósitos correspondientes para cada fluido y el intervalo existente entre los niveles mínimos y máximos necesarios para cada uno, para tomarlos como referencia en las evaluaciones de los consumos a lo largo de la prueba (figura 12).



Figura 12. Identificación de depósitos para fluidos en el vehículo.

Los datos de características, especificaciones y cantidad de fluido necesario para cada sistema son mostrados en la siguiente tabla 4.

| | Parts detail | Specifications | Quantity required |
|---|--------------------|-----------------------|-------------------|
| 1 | Engine oil | Higher grade 15W40 | 3.2 liters |
| 2 | coolant | 50:50 ratio pre mixed | 5.4 liters |
| 3 | Transmission oil | 75W90 | 2.2 liters |
| 4 | Power steering oil | ATF-A dextron III | 0.9 liters |
| 5 | Brake fluid | SAE J 1703, DOT3 | As required |

Tabla 4. Fluidos recomendados para el vehículo.

d) Alineación inicial de la suspensión

Se comprobaron los valores iniciales de ajuste en la suspensión y fueron comparados con los valores proporcionados por el fabricante (tabla 5).

| | SPEC |
|--------------|-------------|
| Front Camber | 0°30'±30' |
| Castor | 2°42' |
| Front Toe | 0 to -0°13' |

Tabla 5. Valores de ajuste para suspensión.

Posteriormente fueron revisados estos valores cada 5,000 [km], solo se ajustaban si estos se encontraban fuera de las especificaciones técnicas proporcionadas por la armadora.

e) Se instaló el sistema de adquisición de datos (DAS) en el vehículo midiendo los siguientes parámetros cada 30 segundos:

1. Temperatura de refrigerante en la manguera superior.
2. Temperatura de refrigerante en la manguera inferior.
3. Temperatura de aceite de motor.
4. Temperatura de aceite de transmisión.
5. Temperatura ambiente.
6. Velocidad del vehículo.
7. RPM del motor.

La colocación del sistema de adquisición de datos fue a cargo de la empresa *Corrsys de México*, al igual que fue la encargada de la recolección y procesamiento de los datos obtenidos por cada día de prueba, para su envío al equipo de ingeniería de la armadora.

El equipo de ingenieros de prueba de ORM solo tuvimos a cargo la verificación del correcto funcionamiento del equipo y en caso que se ocurriera alguna falla o mal funcionamiento en el DAS (figura 13), se notificaba a la empresa que proveía el servicio para su reparación (figura 13).

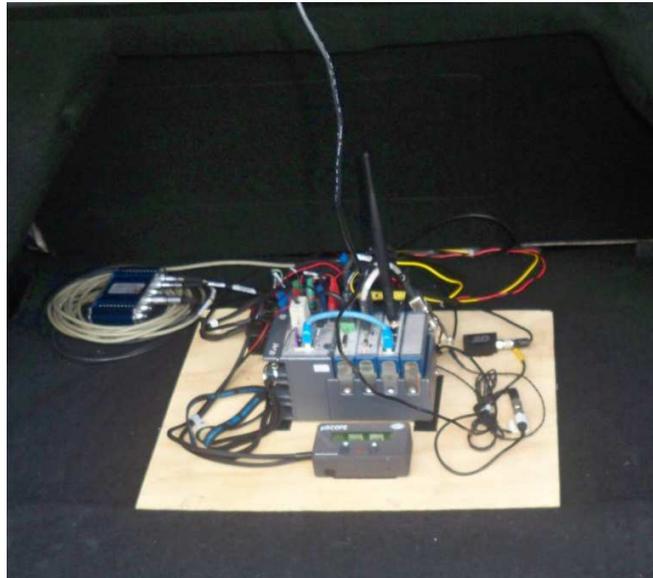


Figura 13. Data Acquisition System (DAS) instalado en el vehículo a prueba.

f) Camuflaje del vehículo.

Como ocurre en el ámbito militar, el camuflaje tiene como fin principal de quien lo lleva puesto pasar inadvertido ante enemigos, en este caso el camuflaje del vehículo se realizó principalmente

para pasar inadvertido ante fotógrafos espía en el mundo del motor³, así como, para que el vehículo a prueba no fuera identificado por las diferentes armadoras competidoras.

La necesidad de rodar los prototipos en carreteras abiertas al tráfico para así poder realizar las pruebas correspondientes a durabilidad y desempeño, hacen que el camuflaje de prototipos tenga gran importancia para que este no pueda ser reconocido por los competidores. La finalidad principal es mantener la confidencialidad del modelo y marca de la armadora, ya que en algunos casos estos modelos ya son conocidos en otros países.

Para disimular las formas originales del vehículo a prueba se realizó la colocación de vinilos en diferentes partes de la carrocería. Así como se procedió al retiro de emblemas y logotipos correspondientes a la marca. Por seguridad en los componentes de alumbrado, intermitentes y luz de freno no se colocan vinilos ya que estos debían conservar sus funciones operativas.

En las siguientes imágenes⁴ se muestra un ejemplo de cómo se realiza el camuflaje de los vehículos prototipo (figura 14).



Figura 14. Camuflaje de vehículos prototipo.

³ "Así se camufla un coche" [EN LÍNEA], NOTICIAS MOTOR<<http://www.autopista.es/noticias/todas-las-noticias/articulo/asi-camufla-coche-42611.htm>>, [CONSULTA 23 JULIO 2013].

⁴ Fotos cortesía de <<http://www.autopista.es/noticias/todas-las-noticias/articulo/asi-camufla-coche-42611.htm>>,[CONSULTA 23 JULIO 2013].

d. Comunicación con la armadora

Para el conocimiento del progreso diario de las pruebas y mantener comunicación continua con la armadora se elaboraron diferentes reportes, los cuales englobaban el progreso de las pruebas, así como las diferentes partes y sistemas analizados, estos son los enlistados a continuación:

- Reporte diario de prueba.
- Reporte de acumulación diaria de kilometraje y eficiencia de combustible.
- Gráfica de progreso de acumulación de kilometraje
- Reporte de observaciones, fallos e incidentes (con fotografías).
- Gráfica de temperaturas grabadas por el sistema de adquisición de datos (DAS).

Además de la comunicación diaria con la armadora por medio de los reportes antes mencionados, se realizaron otros reportes adicionales con los datos recabados en determinados intervalos de tiempo marcados por el progreso de las pruebas, como los eran:

- Reporte de servicios (conformado además por el reporte de consumos de fluidos, desgaste de llantas, desgaste de balatas, etc.).
- Reporte de apreciación subjetiva a 0, 50 y 100 % de la prueba de durabilidad y desempeño.
- Reporte de resultados y recomendaciones.

i. Estructura del reporte diario

Acorde con los requerimientos y para mantener comunicación continua con el departamento de ingeniería de la armadora, se elaboró el reporte diario de prueba en el cual se englobaban diferentes aspectos del vehículo, así como, partes y sistemas que se supervisaban en el vehículo durante cada día de prueba en los diferentes caminos.

El reporte diario de prueba era conformado de la siguiente manera, además de que para cada reporte se desarrolló una nomenclatura con la finalidad de dar control por cada reporte y diferenciar los datos que en cada uno eran recabados:

- a) Reporte diario de prueba. (ANEXO 2).
ORMTMLDR#test.daynumber_vehicle.name_testday_date.
- b) Reporte diario de acumulación de kilómetros y consumo de combustible.(ANEXO 3)
ORMTMLDR#test.day_vehicle.name.
- c) Gráfica de progreso de acumulación de kilometraje. (ANEXO 4).
ORMTMLDR#test.daynumber_vehicle.name_WOCH).
- d) Reporte de fallas e incidentes.⁵(ANEXO 5).
ORMTML_FAILURE_report#

⁵ Este reporte solo era anexado al reporte diario en caso de que existiera algún daño o falla que ocurriera en el día de prueba o en su caso si se presentaba algún incidente automovilístico.

Para la realización del reporte diario de prueba se utilizaron diferentes aparatos e instrumentos para la recolección de datos como lo era: presión de los neumáticos, pérdida por consumo de fluidos y driftbox^{MR} (anexo 6), etc. El equipo utilizado era:

- a. Medidor de presión de neumáticos
- b. Calibrador vernier
- c. Para medir la distancia del recorrido por día de prueba del vehículo se utilizó el medidor de distancia instalado en este "Trip A", el cual tenía que ser reiniciado en cada inicio de prueba.
- d. El driftbox^{MR} era utilizado también para conocer la distancia recorrida, velocidad, localizador GPS y para realizar algunas pruebas de performance.
- e. Cámara fotográfica para documentar daños en caso de haberlos.

Para el completar el llenado del reporte diario se tenían que realizar con los siguientes datos enlistados a continuación.

Al inicio de cada día de prueba:

- a. Verificar el funcionamiento del DAS.
- b. Nombre del vehículo.
- c. Día de prueba.
- d. Fecha (día-mes-año).
- e. Tipo de ruta (highway, hilly terrain or city).
- f. Nombre de la ruta.
- g. Distancia a recorrer.
- h. Hora de inicio (en formato a.m. y p.m.).
- i. Nombre de los ingenieros de prueba.
- j. Nombre del supervisor.
- k. Odómetro inicial.
- l. Presión inicial de los neumáticos.
- m. Temperatura ambiente inicial.
- n. Coordenadas iniciales (latitud, longitud), altura sobre el nivel del mar (altitud) y hora de inicio.

Además de lo mencionado anteriormente se tenían que realizar:

- o. La revisión de funcionalidad de los sistemas de acuerdo a la hoja 2 del reporte de pruebas.
- p. Inspección general de los sistemas por fugas, falta de fluidos o daños.

Dependiendo del tipo de ruta se dividía el kilometraje para la realización de los puntos de revisión (check point), en los cuales se tenían que recolectar los siguientes datos:

- q. Nombre de lugar donde se realiza el "check point", kilómetros recorridos acorde al "Trip A", coordenadas geográficas, altitud y hora.

- r. Presión de los neumáticos, niveles de los fluidos, odómetro del vehículo, condiciones climáticas, temperatura ambiente e inspección general del vehículo por daños ocasionados por elementos externos o fallos.

Al finalizar el día de prueba y para concluir con el llenado del reporte de día de prueba se recolectaban los siguientes datos:

- s. Hora de terminó de pruebas, odómetro al final de las pruebas, temperatura ambiente final, presión de los neumáticos, revisión general por daños u fallos en el vehículo.
- t. Observaciones generales.

Era necesario verificar que los neumáticos del vehículo se encontraran inflados a la presión especificada por la armadora al inicio de cada prueba, en este caso 32 [psi].

En el caso de haber sufrido algún daño u fallos que pudiera impedir la continuación del día de prueba se tenía que dar aviso del mismo para ser evaluado acerca de continuar o no con el día de prueba.

El reporte por día de prueba tenía que ser llenado en su totalidad por lo cual para el cálculo de los consumos de combustible se utilizó el medidor de distancia instalado en el vehículo "Trip B", en cual nos proporcionaba la distancia recorrida entre cada recarga y se tenían que registrar los litros recargados para realizar el cálculo correspondiente de eficiencia de combustible.

Las pruebas en el vehículo podían únicamente ser de día evitando realizar pruebas durante la noche en el intervalo de tiempo de 12:00 a.m. – 5 a.m. según especificaciones de la armadora.

Los puntos antes mencionados para completar el reporte del día se engloban en el siguiente diagrama de procedimiento (figura 15).

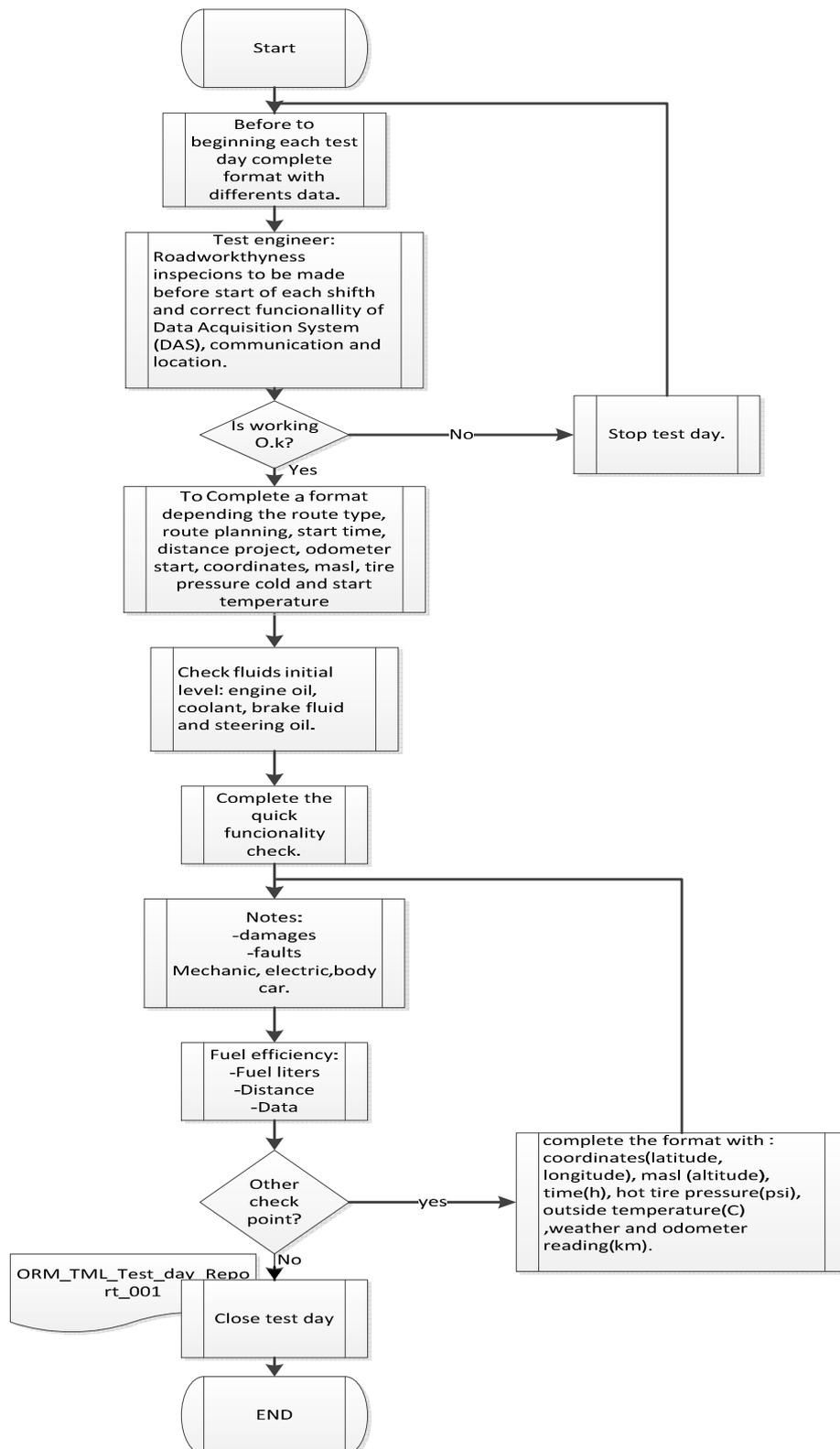


Figura 15. Diagrama de procedimiento para llenado de reporte diario (aportación realizada por el ing. Alberto Martínez Martínez).

ii. Estructura del reporte de apreciación subjetiva a 0, 50 y 100 % de la prueba de durabilidad y desempeño.

La evaluación subjetiva está vinculada a una interpretación que se realiza sobre la experiencia, por lo que sólo es accesible a la persona que atravesó la vivencia en cuestión. De esta forma, el sujeto desarrolla sus propias opiniones, de acuerdo a su percepción particular y determinadas por lo vivido.⁶

Este reporte se presentaba las apreciaciones subjetivas de los IPDA acerca del vehículo en el transcurso de la prueba, abordando diferentes aspectos del comportamiento y el rendimiento del vehículo, tales como:

- Calidad de desplazamiento en línea recta y en pendiente.
- Desempeño en curvas.
- Maniobrabilidad.
- Confort.
- Sistema de freno.
- Suspensión.
- Neumáticos y rines.
- Eficiencia de combustible.
- Visibilidad.

Los puntos anteriores proporcionaban una guía para obtener información acerca del comportamiento del vehículo durante cada día de prueba y englobando los puntos anteriores en la realización del reporte de apreciación subjetiva, al inicio (0%), a la mitad (50%) y al concluir (100%) las pruebas de durabilidad y desempeño, realizando un reporte por cada ingeniero de pruebas. Esta apreciación subjetiva se utilizaba como retroalimentación entre los IPDA y la armadora, dando a opinión acerca del desempeño del vehículo según su experiencia y vivencias.

iii. Estructura del reporte de servicio

El reporte de servicio se elaboró con base al manual de usuario el cual marca los servicios en tiempo y forma para el vehículo a prueba (anexo 7). Dependiendo del kilometraje acumulado se realizaba el servicio de mantenimiento.

- Para 5 000 , 15 000, 25 000 y 35 000 [km](servicio menor) se revisaron los puntos de acuerdo al esquema de servicio proporcionado por la armadora y con los incisos marcados en el anexo 7.
- Para 10 000, 20 000, 30 000 y 40 000 [km] (servicio mayor) se revisaron los puntos de acuerdo al esquema de servicio proporcionado por la armadora y con los puntos marcados en el anexo 7.

⁶ Definición de subjetividad. <<http://definicion.de/subjetividad/#ixzz2LxLVWjIP>>. [consulta 25 de febrero de 2013].

Adicionalmente a lo marcado en cada servicio y como se mencionó anteriormente se realizaban las siguientes mediciones en llantas, fluidos y balatas para conocer el desgaste sufrido con respecto al kilometraje acumulado de la prueba, a su vez estas mediciones eran documentadas en los formatos correspondientes.

- Llantas cada 5,000 [km].
- Balatas y pastillas de frenado cada 10,000 [km].
- Fluidos cada 10,000 [km].
- Rotación de llantas.

a) La primera rotación se realizó después de los primeros 10,000 [km] y fue realizada de acuerdo con la siguiente figura (16).

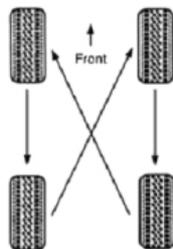


Figura 16. Patrón de rotación de llantas.

b) Las subsecuentes rotaciones se realizaron cada 5,000 [km].

iv. Estructura del reporte de fallos e incidentes

Este reporte se realizaba en el caso de que en el transcurso de las pruebas ocurriera alguna descompostura, daño o algún incidente en el vehículo, ocasionados por el uso o por algún otro medio que no perteneciera al vehículo, ya que como estos se encontraba transitando por las diferentes carreteras algunas veces podrían ser producidos por objetos encontrados en la misma (piedras, palos, tornillos, etc.); además del riesgo de encontrarse involucrado en algún incidente vial, por lo cual el reporte contenía una descripción del problema, la acción tomada y fotografías para documentar el fallo u incidente ocurrido.

e. Prueba de benchmarking comparativo

Para realizar nuestro estudio de benchmarking en la prueba de durabilidad y desempeño automotriz utilizamos la definición dada por Michael J. Spendolini “El benchmarking un proceso sistemático y continuo para evaluar los productos, servicios y procesos de trabajo de las organizaciones que son reconocidas como representantes de las mejores prácticas con el propósito de realizar mejoras organizacionales”.⁷

⁷ Michael J. Spendolini es un reconocido profesor norteamericano autor del libro Benchmarking 1994.

Adecuamos el concepto de Benchmarking tomando como referencia la definición antes mencionada con el fin de reconocer los vehículos de las armadoras más representativas en México con los cuales el vehículo se encontraría en competencia en el mercado, realizando una comparativa entre los vehículos.

Para esto se identificaron tres vehículos de las marcas más reconocidas en México, clasificándolos por segmento, precio y características similares al vehículo a prueba, generando una tabla comparativa con diferentes puntos a evaluarse en los vehículos para mostrar un panorama de ventajas y desventajas del producto con los existentes en el mercado nacional.

En la figura 17 se muestran las características utilizadas por el equipo de ingeniería para realizar la comparativa.

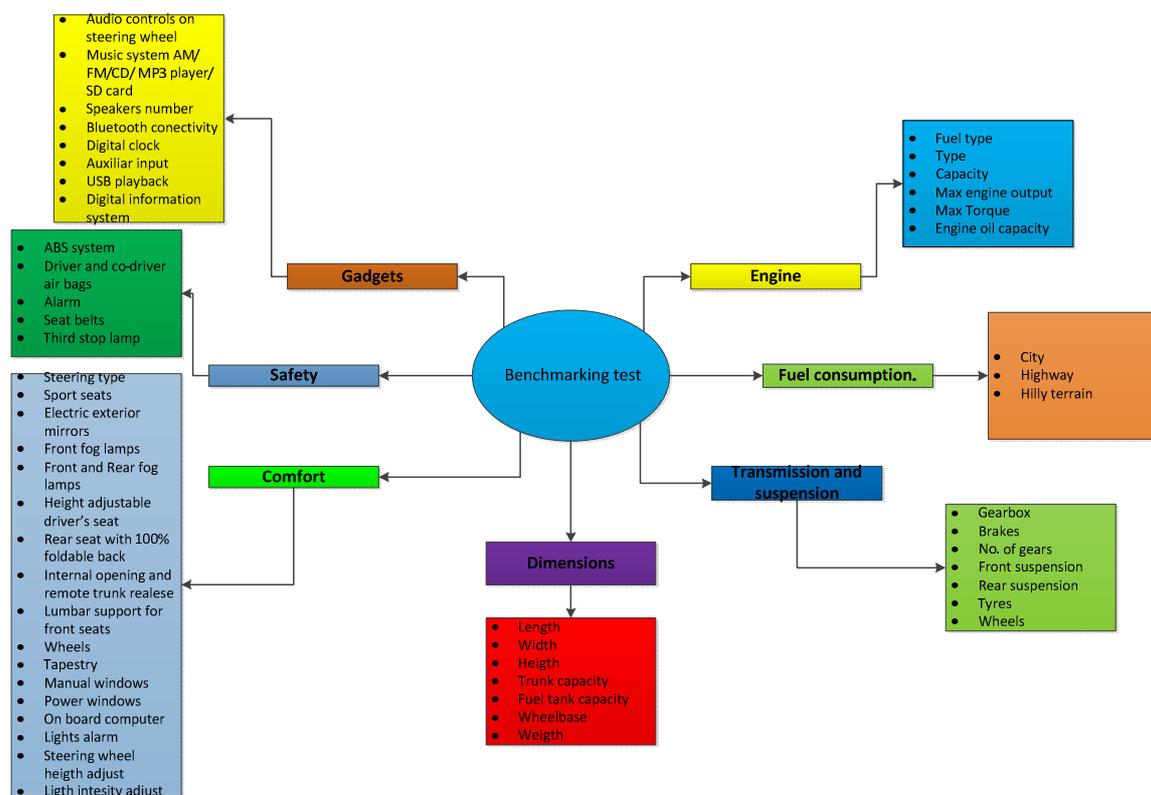


Figura 17. Características utilizadas para realizar la prueba de benchmarking.

Con la realización de esta prueba se evaluaron además diferentes aspectos del vehículo como: potencia, eficiencia de combustible, aceleración, recuperación, eficiencia de frenado, etc., aspectos que en el ámbito automotriz se tornan importantes en la descripción de su comportamiento y que influyen a gran escala para producir efectos positivos o negativos al usuario sobre el desempeño del vehículo.

Adicionalmente de que con la realización de esta prueba se pudo recopilar información importante del desempeño del vehículo ante sus competidores, también se pudieron evaluar

aspectos de equipamiento, calidad en materiales, calidad en acabados, confort, seguridad, etc., información que sería procesada para su análisis para poder realizar las mejoras y adecuaciones necesarias en el vehículo a prueba y con esto poder posicionarlo como un vehículo competitivo en el mercado al introducirse ante sus competidores nacionales.

B. ANÁLISIS DE DATOS

a. Métodos de análisis.

Para realizar el análisis de datos durante la prueba de durabilidad y desempeño se utilizaron algunas fórmulas básicas y en su caso programas de cómputo para efectuar los diferentes cálculos en la evaluación de la durabilidad del vehículo a prueba.

Además para poder efectuar las diferentes mediciones se utilizaron instrumentos para la recopilación de la información; para medir los fluidos y calcular el consumo de estos se utilizó una probeta graduada de 1000 [ml] para medir el volumen de cada fluido, para el caso de los desgastes se utilizó un calibrador vernier y para el desgaste de las llantas se utilizó un medidor de profundidad.

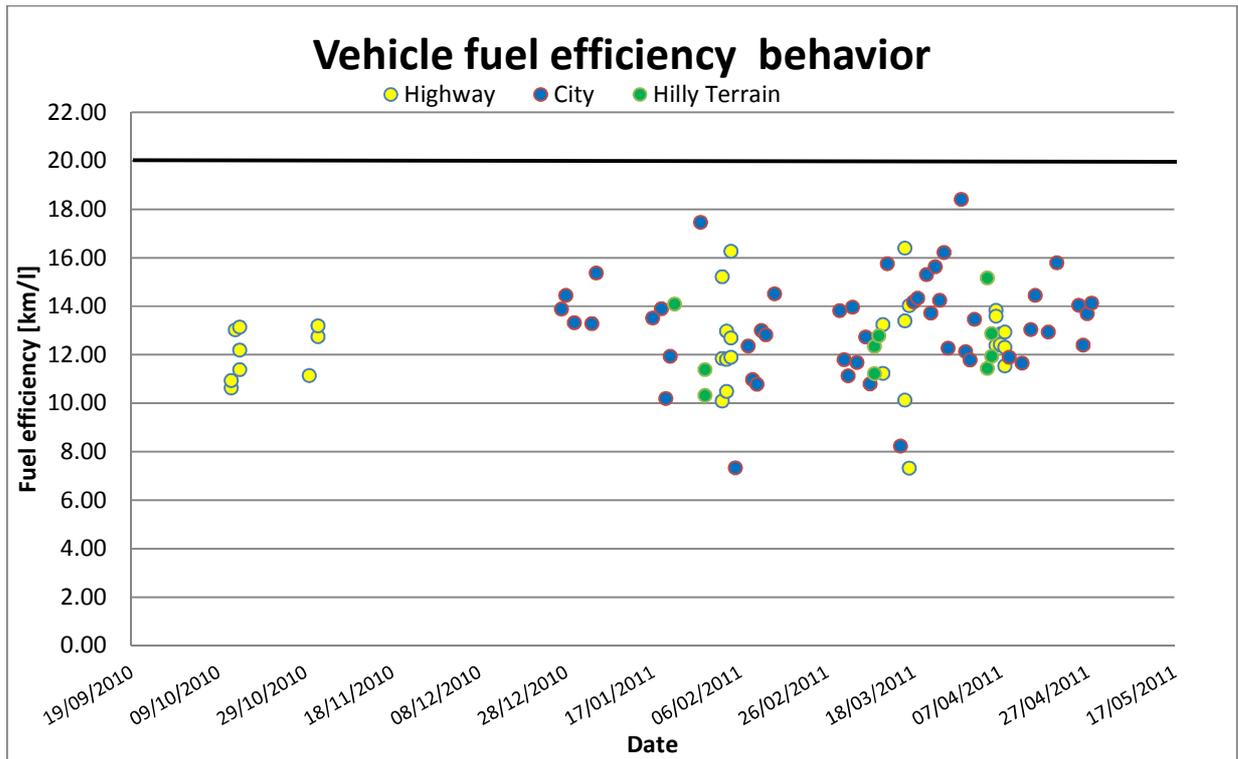
i. Consumo de combustible

Para el cálculo de los consumos de combustible se utilizó el medidor de distancia instalado en el vehículo como se mencionó anteriormente, ya que este contaba con dos medidores de kilometraje digitales colocados por la armadora, el primero "Trip A" era utilizado para medir la distancia de la ruta a completar en el día de prueba.

El segundo, el "Trip B", que como ya se había mencionado fue utilizado para medir el kilometraje recorrido entre cada recarga que se le realizaba al vehículo de prueba, efectuando el cociente del kilometraje recorrido entre los litros recargados de combustible:

$$\text{Consumo de combustible} = \frac{\text{kilómetros recorridos [km]}}{\text{litros recargados [l]}}$$

Con los datos recolectados a lo largo de la prueba se generó la gráfica 1 en la cual se muestra la variación de los consumos con respecto a cada tipo de camino.



Gráfica 1. Variación del consumo de combustible.

La gráfica anterior además de ayudarnos a reconocer la variación de consumos dependiendo el tipo de ruta para el vehículo, también nos ayudó para reconocer el consumo máximo y mínimo de combustible del vehículo en cada ruta. Al igual que con los valores obtenidos pudimos verificar los datos de consumos proporcionados por la armadora para los diferentes tipos de camino.

ii. Consumo de fluidos

Para el cálculo de los consumos de fluidos se tomó como referencia los datos proporcionados por la armadora en la ficha técnica del vehículo (tabla 4), en la cual se proporciona la cantidad de fluido necesario para cada sistema analizado: aceite para motor, aceite para transmisión, refrigerante, fluido para frenos, etc.

Las siguientes ecuaciones muestran la manera de como se realizó el cálculo de consumo por cada tipo de fluido.

Motor:

$$\Delta\text{Consumo}_{\text{aceite para motor}} = \text{Cantidad requerida de aceite} - \text{Cantidad de aceite drenado [ml]}$$

Transmisión:

$$\Delta\text{Consumo}_{\text{aceite para transmisión}} = \text{Cantidad requerida de aceite} - \text{Cantidad de aceite drenado [ml]}$$

Refrigerante:

$$\Delta \text{Consumo}_{\text{refrigerante}} = \text{Cantidad requerida de refrigerante} - \text{Cantidad de refrigerante drenado [ml]}$$

La figura 18 ilustra la manera en como se realizaba el cálculo de los consumos.



Figura 18. Pasos para medir el consumo de fluidos.

Los datos medidos para cada fluido fueron recolectados en la siguiente formato para su análisis correspondiente (tabla 6).

| SERVICE TYPE | DATE | ODO [km] | DRAIN [ml] | BRAND | CONSUMPTION [ml] |
|--------------|------------|----------|------------|---------------|------------------|
| 5,000.00 | 30/08/2011 | | | | 2.4 |
| 10,000 | 5/01/2011 | 10,251 | 2850 | Castrol 10w40 | 350 |

Tabla 6. Formato de recolección de datos para cálculo de consumos.

iii. Desgaste en balatas

Para la evaluación de desgaste en las pastas de frenado delanteras y trasera se utilizó el mismo método en el cual, se tomó como referencia el valor medido del espesor de la pasta de frenado a los (0) km de recorrido del vehículo de prueba y se le resto el espesor medido en las pastas de frenado a (x) kilómetros de recorrido de la prueba, obteniendo con esto el desgaste a (x) kilómetros de la prueba. Este cálculo es expresado en la siguiente ecuación.

$$D_{pf}(x)km = E_r(0)km - E_m(x)km [mm]$$

Donde:

D_{pf} =Desgaste de pastas de frenado a (x) kilómetros de recorrido.

E_r =Espesor de referencia a (0) kilómetros de prueba.

E_m =Espesor medido a (x) kilómetros de prueba.

Los datos eran recolectados en el formato correspondiente (wear brakes lining and drums) anexo 8 y por medio del programa microsoft excel se calculó el desgaste en los puntos medidos en las pastas de frenado (figura 19).



Figura 19. Medida de desgaste en balatas.

Para medir el desgaste de las pastas de frenado trasera se utilizó la misma fórmula que utilizada en la parte delantera, tomando como referencia el espesor inicial de las pastas de frenado a (0)km de la prueba y restándole el espesor medido a (x) km de la prueba, para con esto obtener el desgaste sufrido por uso a (x) km de la prueba.

a. Desgaste en discos y tambores de frenado

En el caso del desgaste en los discos se midió el espesor a (x) kilómetros de la prueba y con el valor de referencia tomado a (0) kilómetros de la prueba se realizó la sustracción correspondiente para conocer el desgaste sufrido a (x) kilómetros de recorrido.

$$D_{df}(X)km = E_{rm}(0)km - E_{mx}(x)km [mm]$$

Donde:

D_{df} =Desgaste de los discos de frenado a (x) kilómetros de la prueba.

E_{rm} =Espesor de referencia a (0) km de la prueba.

E_{mx} =Espesor medido a (x) km de la prueba.

Para los tambores de frenado se midió el diámetro a (x) kilómetros de recorrido y se realizó la resta del diámetro inicial para conocer el desgaste sufrido a (x) kilómetros de prueba.

$$\varnothing Tf(x)km = \varnothing Tf(0)km - \varnothing Tf(x)km [mm]$$

Donde:

$\varnothing Tf(x) km =$ Desgaste de tambor de frenado a (x) kilómetros de prueba.

$\varnothing Tf(0) km =$ Diámetro inicial a (0) kilómetros de recorrido.

$\varnothing Tf(x) km =$ Diámetro medido a (x) kilómetros de recorrido.

iv. Desgaste en llantas

Para evaluar el desgaste en las llantas a (x) kilómetros de recorrido, se midió el desgaste sufrido en la banda de rodadura de las llantas, para esto se utilizó un medidor de profundidad con el cual se tomaron medidas en 8 puntos de la banda de rodadura y 4 puntos de la llanta y se le resto el valor obtenido a (0) kilómetros de recorrido de la prueba. Obteniendo el desgaste de la llanta que se expresa en la siguiente ecuación.

$$Dpbr(x)km = Pr(0)km - Pmpd(x)km [mm]$$

Donde:

$Dpbr =$ Desgaste promedio de banda de rodadura (x) kilómetros de prueba

$Pr =$ Profundidad de referencia a (0) kilómetros de recorrido

$Pmpd =$ Promedio de mediciones de profundidad por desgaste a (x) kilómetros de prueba.

Y con ayuda del programa *microsoft excel* se calculó el promedio de las mediciones realizadas en la llanta a (x) kilómetros recorridos de la prueba y se obtuvo el desgaste sufrido a (x) kilómetros de prueba para cada neumático instalado en el vehículo (figura 20).

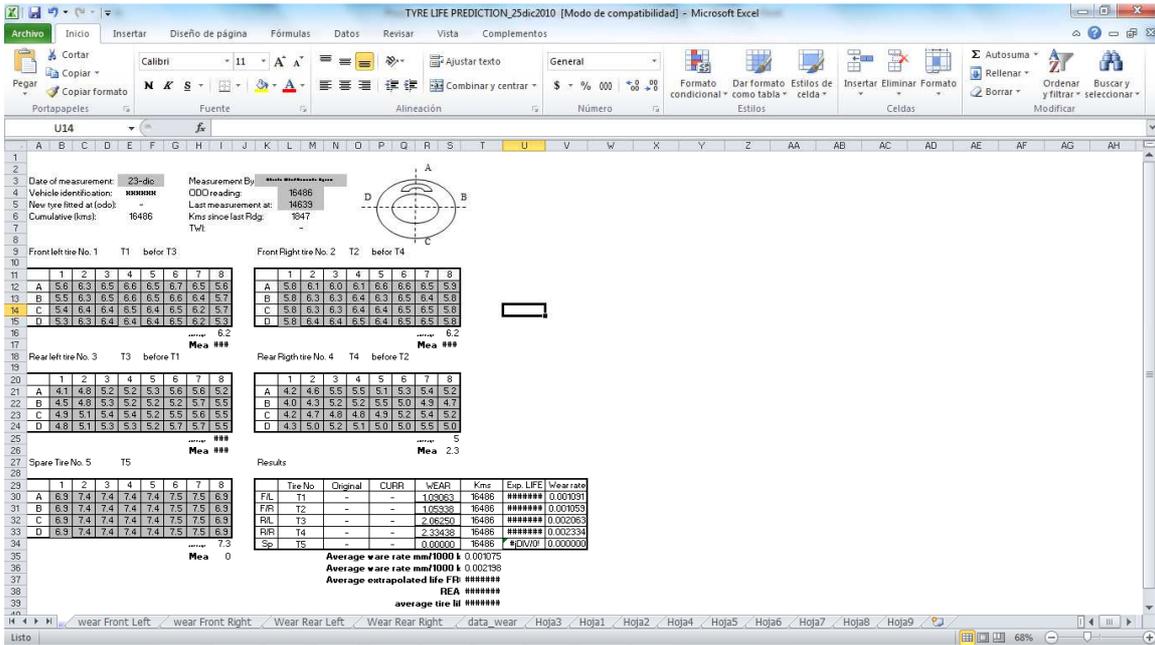


Figura 20. Método de cálculo de desgaste en los neumáticos.

Y con los valores obtenidos de desgaste para cada llanta se generó la gráfica de desgaste que se muestra a continuación (figura 21).

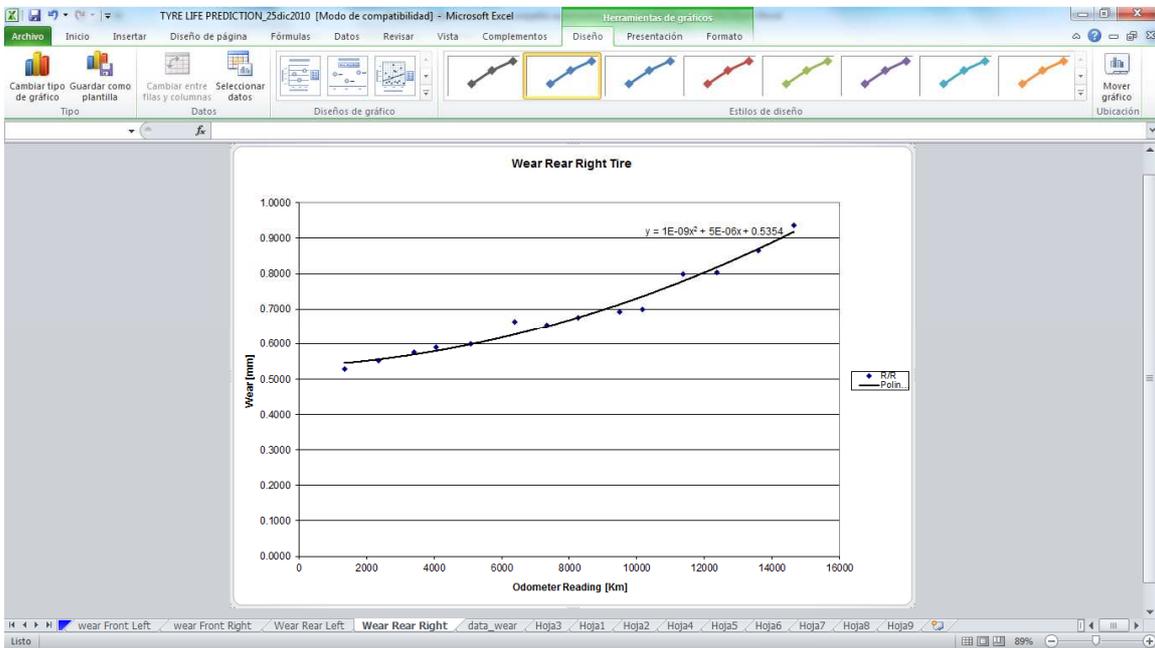


Figura 21. Gráfica de desgaste para cada neumático.

b. Análisis de la durabilidad de partes y componentes en el vehículo

Para realizar el análisis de la durabilidad del vehículo, los ingenieros de prueba nos encargamos de verificar el correcto funcionamiento de éste en su totalidad, realizando diferentes evaluaciones de funcionalidad y supervisando el deterioro, descomposturas y daños en el vehículo a lo largo de la prueba .

Para el análisis diario de la durabilidad (además de lo ya antes mencionado) se tenía que realizar el “quick functionality check” el cual englobaba el funcionamiento de diferentes partes del vehículo sometidas a uso constante, esta tabla formaba parte del reporte diario de prueba (tabla 7).

| Sr. No. | Quick functionality checks to be done at the START of each shift | Observations satisfactory? | | |
|---------|---|----------------------------|----|--------|
| | | Yes | No | Remark |
| 1 | Unlock Driver side door using key | | | |
| 2 | Turn steering wheel right to left & from top down | | | |
| 3 | Move driver seat fore & aft fully | | | |
| 4 | Operate seat back/height adjuster/lumbar support/swing adjuster | | | |
| 5 | Close door through inner armrest & lock | | | |
| 6 | open door through interior handle | | | |
| 7 | Apply handbrake | | | |
| 8 | Release handbrake | | | |
| 9 | Check if brake stop lamps are working or not | | | |
| 10 | Turn interior lights on & off | | | |
| 11 | Operate all power window down/up | | | |
| 12 | Fasten/release seat belts driver side | | | |
| 13 | Energize parking lights ON for 10 sec | | | |
| 14 | Energize Headlight Low beams for 10 sec with engine ON | | | |
| 15 | Energize Headlight High beams for 10 sec with engine ON | | | |
| 16 | Turn off High beam | | | |
| 17 | Turn off Low beam | | | |
| 18 | Turn off Parking lights | | | |
| 19 | Make steering wheel in straight condition. Turn ON left indicator for 10 sec. Rotate steering wheel from Straight condition to RH side by @180 degree & check for the self cancellation | | | |
| 20 | Make steering wheel in straight condition. Turn ON Right indicator for 10 sec. Rotate steering wheel from Straight condition to LH side by @180 degree & check for the self cancellation. | | | |
| 21 | Press hazard switch for ON & OFF | | | |
| 22 | Turn the windscreen washer at ON position allow water to spray for 5 sec.make it off .Operate wiper in slow mode till the wind screen glass gets dry.Turn wiper to off position. | | | |
| 23 | Turn the windscreen washer at ON position allow water to spray for 5 sec.make it off .Operate wiper in fast mode till the wind screen glass get dry.Turn wiper to off position. | | | |
| 24 | Check headlights for flashing operation | | | |
| 25 | Operate fog lamp ON/OFF front | | | |
| 26 | Operate fog lamp ON/OFF rear | | | |
| 27 | Operate air conditioning, heating & air recirculation controls | | | |
| 28 | Operate sun visor up/down | | | |
| 29 | Operate the bonnet opening knob | | | |
| 30 | Open bonnet.put the stay rod. Take stay rod off & close the bonnet | | | |
| 31 | Unlock & lock tailgate with key | | | |

ORM TEMPLATE

Tabla 7. Verificación de funcionamiento de los sistemas del vehículo.

Además de lo anterior y antes de comenzar las pruebas se revisaron los puntos enlistados en la tabla 8.

| ROADWORTHYNESS INSPECTIONS TO BE MADE BEFORE START OF EACH SHIFT | |
|--|---|
| ATTRIBUTES | CHECK |
| Levels of oil in engine and transmission | Check engine oil level & gearbox oil level |
| | Check for oil leakage & stain in the engine compartment. |
| | <i>As a rule, do not refill until oil is at the lower level.</i> |
| Coolant level | Visually check the aux tank for coolant level |
| | Check the engine & radiator for water leakage & stain. <i>Do not refill until fluids are at the lower level.</i> |
| Level of brake fluid & fluid leakage. | Visually check the brake fluid reservoir |
| | Check the brake pipe for fluid leakage. |
| | <i>Do not refill until oil is at the lower level.</i> |
| Level of power steering oil & leakage. | Visually check the power steering fluid reservoir |
| | Check steering hoses for any PAS oil leakages |
| | <i>Do not refill until oil is at the lower level.</i> |
| Windscreen washer fluid | Top up windscreen washing fluid |
| Tires and wheels. | Visually check for correct inflation pressure, abnormal tyre wear & any looseness / play in the wheel |
| Entire engine compartment. | Check for cleanliness and rust. |
| Auxillary belts | Check for any cut marks, intactness |
| Engine Idling | Check for idling stability and any abnormal engine noises |
| Underbody | Visually check for damages from flying rocks, ground contact & rust. |
| Suspension (front & rear) | Visually check for cracks and looseness. |
| Drive shaft, Tie-rod end, lower arm. | Manually check for grease leakage, looseness. |
| Exhaust pipe | Check for any hitting marks, looseness |
| Fuel tank. | Visually check for fuel leakage, damages from flying rocks & hitting marks |

Tabla 8. Inspección general del vehículo para cada día de prueba.

Con lo anterior los IPDA nos encargamos de supervisar a lo largo de la prueba cualquier tipo de falla, problema o daño en el vehículo; identificando ruidos en carrocería, componentes de mala calidad, desgaste en telas, problemas en ensamblajes en las diferentes partes del vehículo, fallos en el sistema eléctrico como: faros fundidos, mal funcionamiento de elevadores de ventanillas, etc. Y documentando cualquiera de los aspectos antes mencionados, que el vehículo iba sufriendo a lo largo de la prueba de durabilidad ya fuera del tipo mecánico, eléctrico o por desgaste, para ser

enviado a la armadora para su análisis y tomar las acciones necesarias para su mejora o corrección.

Por lo anterior los ingenieros de prueba teníamos que detectar cualquier anomalía presentada en el vehículo, teniendo una visión amplia para la identificación de problemas en el vehículo, por lo que no se podía descartar ningún desperfecto, daño o problema en el vehículo por insignificante que este pareciera.

Todos los fallos y desperfectos en el vehículo se documentaron en el formato “table fault” con la finalidad de llevar una bitácora de los problemas ocurridos en el vehículo, por lo cual se anotaba el tipo de camino, el odómetro registrado, el tipo de fallo (eléctrico, mecánico o en su caso de carrocería, etc.), la revisión realizada, acción tomada y la posible causa.

c. Análisis del desempeño del vehículo

Las condiciones geográficas de la Ciudad de México y de los diferentes estados del país fueron los escenarios que nos facilitaron los medios para evaluar el desempeño del vehículo en los diferentes contextos del país, como se menciona anteriormente para realizar este análisis del desempeño del vehículo, se tomaron varios aspectos en cuenta como lo fue:

- *Calidad de desplazamiento en línea recta y en pendiente.* En este punto se analizó la aceleración, recuperación del vehículo en los diferentes caminos recorridos, la facilidad para realizar rebases en carretera y en pendientes, la facilidad para recorrer pendientes y la pérdida de potencia en estas.
- *Desempeño en curvas.* En esta parte evaluamos la estabilidad del vehículo al tomar las curvas a ciertas velocidades, es decir la tendencia del vehículo a seguir la trayectoria deseada sin tener problemas de inestabilidad (subviraje⁸) que tornarían peligrosa la conducción del vehículo.
- *Maniobrabilidad.* Para evaluar esta parte principalmente nos enfocamos al mecanismo de la dirección del vehículo ya que es uno de los más importantes y del cual depende en gran parte de la seguridad en carretera, ya que éste debe reunir una serie de cualidades que proporcionen al conductor, durante la marcha del vehículo, la comodidad y seguridad necesaria en la conducción⁹; estas cualidades son:
 - Reversibilidad controlada
 - Suavidad
 - Precisión
 - Estabilidad

⁸ Es la tendencia del vehículo, a causa de las fuerzas inerciales, cuando se toma una curva a sacarlo de la trayectoria deseada. Siendo este comportamiento habitual en vehículos con tracción delantera.

⁹ José Font Mezquita. Tratado sobre automóviles. Tomo 2. Universidad politécnica de valencia. Editorial Alfaomega. 2001. Cap. 10.

- *Confort.* En este punto se evaluó en su mayoría el equipamiento del vehículo, es decir, los sistemas que se incorporan al vehículo para facilitar y proporcionan al conductor un viaje más cómodo y seguro.
- *Sistema de frenos.* En este aspecto evaluamos la eficacia del sistema para detener el vehículo, siendo este sistema uno de los más importantes para la seguridad del conductor éste debe de ser capaz de detener el vehículo en todo momento y de manera segura, en una distancia más corta posible y en diversas condiciones de carga y estado del piso¹⁰, etc. Al igual que se verificó el correcto funcionamiento de los sistemas de seguridad, instalados en el vehículo como lo es el *ABS (Anti-lock Braking System)*.
- *Suspensión.* Para este caso se verificó el correcto funcionamiento del sistema de suspensión, el deterioro de sus componentes y así como que no hubiera una excesiva transmisión de vibraciones a la carrocería, ya que es una de las partes principales del vehículo, encargada de absorber las reacciones producidas por las irregularidades del terreno, la cual asegura la comodidad de los pasajeros así como la protección de la carga y de los órganos mecánicos del vehículo.
- *Neumáticos y rines.* En este punto evaluamos el desempeño de los neumáticos en los diferentes caminos, verificando el agarre de estos en las diferentes condiciones de las carreteras y ante las diferentes condiciones del clima. Al mismo tiempo se evaluó el deterioro sufrido en los rines debido al mal estado de las carreteras, siendo estas muy comunes en México.
- *Eficiencia de combustible.* Para este caso se analizaron los diferentes consumos de combustibles obtenidos en cada tipo de camino en los cuales se probaba el vehículo con la finalidad de obtener datos de la eficiencia de combustible del vehículo y para verificar los datos proporcionados por la armadora.
- *Visibilidad.* Para este caso verificamos que ninguno de objeto instalado dentro o fuera del vehículo obstruyera la visión del conductor.

Con la realización de estas evaluaciones en el vehículo los IPDA pudimos forjar diferentes opiniones acerca del comportamiento y equipamiento del vehículo, las cuales nos dieron visión para poder proporcionar mejoras y recomendaciones en el desempeño del vehículo, y con esto poder introducir un vehículo, durable, eficiente y competitivo al mercado.

C. RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

Con la realización de las diferentes evaluaciones durante las pruebas de durabilidad y desempeño a 40, 000 [km] en el vehículo prototipo, los resultados obtenidos en las pruebas fueron satisfactorios ya que el objetivo de encontrar diferentes problemas ocasionados por el uso continuo del vehículo así como diferentes aspectos acerca de su desempeño se cumplió, identificamos diferentes problemas en la durabilidad de los componentes del vehículo y varios aspectos en el desempeño del mismo que lo ponían en desventaja ante sus competidores nacionales.

¹⁰ IBID. Cap. 12.

Al igual que con la verificación de los datos técnicos pudimos encontrar que estos, en particular los consumos de combustible, no se cumplían en las condiciones de operación de México.

A continuación se muestra una lista con los diferentes problemas encontrados en el vehículo:

- 1) Motor.
 - Respuesta forzada del motor para avanzar en 1^{ra} velocidad en plano.
 - Lento despegue y repuesta forzada en subidas.
 - Perdida excesiva de potencia en pendientes.
 - Dificultad para realizar rebases en carretera.
 - Amplio intervalo de variación del consumo de combustible medido para los diferentes caminos recorridos. Y en algunos casos excesivos; fuera de los datos proporcionados por la armadora ¹¹.
- 2) Suspensión.
 - Se percibió una excesiva transmisión de vibraciones al interior del vehículo.
 - Desalineamiento fácil de la suspensión. En cada servicio tenía que ser ajustada.
- 3) Frenos.
 - El sistema de frenos en pendientes sin realizar frenadas constantes, bruscas o de emergencia, disminuía su eficiencia de frenado y se percibía el calentamiento del material de las balatas.
- 4) Exterior e interior.
 - Se encontró una mala calidad en los ensambles de los plásticos de diferentes partes del vehículo como eran: cubiertas y manijas de puertas, guarda fangos, cubiertas de los cinturones de seguridad, cubierta del volante, etc.
 - Problemas con los elementos de sujeción de diferentes partes como: cubiertas plásticas de diferentes partes (interiores y exteriores) de la carrocería, facias y salpicaderas del vehículo.
 - Ruptura prematura en la alfombra del vehículo debido al uso.
 - Poca visibilidad hacia el tablero de instrumentos.
 - El material de acojinamiento de los asientos era demasiado duro, haciendo el viaje para los pasajeros muy incomodo y cansado.
- 5) Llantas y rines.
 - Los rines del vehículo tuvieron que ser balanceados en cada servicio por lo cual se encontró que estos se deformaban con facilidad.
 - Desgaste irregular en los neumáticos.
- 6) Eléctrico.
 - Los focos de las luces y faros de niebla se fundían muy constantemente.

¹¹ Cabe mencionar que en la mayoría de los casos el consumo de combustible se ve influenciado por los hábitos de conducción.

Con base en lo descrito anteriormente se realizaron recomendaciones a la armadora para la mejora de los diferentes aspectos antes mencionados del vehículo, dando prioridad en la calidad los materiales, uniones de las partes y realizando mejoras en potencia y respuesta del vehículo.

Al igual que se recomendó realizar mejoras en el consumo de combustible, ya que es un aspecto importante en la actualidad, debido a los altos costos de los combustibles.

Pero al igual que sin restarle importancia a las diferentes recomendaciones efectuadas por los IPDA, ya que al realizarse estas mejoras el vehículo se podría adecuar a los estándares de calidad y a las necesidades y exigencias de los usuarios en México.

Y con estas mejoras se podría posicionar el producto al nivel de los vehículos ya comercializados en el país y además de esto se podría obtener una mayor satisfacción de los posibles usuarios brindando un vehículo, confiable, confortable, durable y eficiente.

CONCLUSIONES

Haber desarrollado este proyecto de pruebas de durabilidad y desempeño automotriz me dio muchas satisfacciones en lo personal y en el ámbito laboral, ya que al haber podido aplicar todos los conocimientos adquiridos en mi formación como ingeniero; me pude dar cuenta que todas las materias impartidas durante la carrera son importantes, algunas veces cuando eres aún alumno crees que no van a ser aplicadas en el mundo laboral, como se piensa de las materias humanísticas y algunas administrativas, pero cuando te encuentras con problemas de este tipo y te puedes enfrentar ante ellos y ante cualquier dificultad reconoces la gran importancia del aprendizaje adquirido y que ninguna materia se le debe restar importancia.

Los logros alcanzados con este proyecto fueron de gran satisfacción ya que pudimos mejorar el vehículo en muchos aspectos para poder adecuarlo al contexto del mercado y con esto posicionarlo en competencia con los vehículos comercializados en México; debido al gusto de la armadora por trabajo realizado, el éxito de la primera fase del proyecto se tradujo en más pruebas en otros vehículos de la armadora, no sólo en pruebas de durabilidad, también realizando otras pruebas como: emisiones contaminantes y pruebas en gradientes; y estas a su vez me permitieron trabajar con diferentes equipos de trabajo internacionales de las diferentes empresas involucradas en el desarrollo del proyecto, dándome cuenta que el trabajo en equipo y una base sólida de conocimientos te brindan grandes resultados. Al igual que la mejora continua y el intercambio de conocimientos en los equipos de trabajo son también otro camino que trae buenos resultados.

Dentro de los logros obtenidos en el desarrollo del proyecto estuvo la conformación del departamento de ingeniería dentro de la empresa Off Road México, ya como un departamento creado para la evaluación del performance en vehículos, logro alcanzado gracias al esmero del equipo de ingenieros, que con las diferentes aportaciones de conocimiento brindado al proyecto pudimos obtener dicho resultado. Logrando un posicionamiento dentro del ámbito de ingeniería automotriz.

La mayoría de las veces los egresados de las diferentes carreras nos enfrentamos al principal requisito que es la experiencia, además que se le suma el manejo del idioma Inglés y del uso de diferente paquetería de cómputo como ayuda para la solución de diferentes problemas de ingeniería, ya que al vernos rechazados de diferentes empleos identificamos las carencias que tuvimos en nuestra formación académica, pero estos requisitos se pueden cubrir en las futuras generaciones de egresados con la implementación de mejoras en los planes de estudio, para poder brindar a la sociedad ingenieros capacitados y adecuados a las necesidades del mercado laboral, principalmente se podría implementar el idioma inglés como una materia obligatoria dentro del plan de estudios, además del uso de la computadora como herramienta de estudio, ya que esta ha aumentado su uso en la última década como una herramienta para la solución de diferentes problemas, así como el manejo de paquetería de cómputo, por ejemplo : autocad y solidworks. Además de introducir más laboratorios para poder poner en práctica los conocimientos adquiridos en las materias teóricas, ya que en algunos casos estos son el primer contacto con las máquinas, herramientas, equipos y procesos que hay en la industria.

Brindando así la Facultad de Ingeniería una base sólida de conocimientos y preparando ingenieros más competitivos al mercado laboral. Y con esto poder obtener cualquier empleo que te propongas. Al igual que teniendo una visión emprendedora y darse cuenta de ser orgullosamente egresado de unas de las mejores universidades de América Latina la UNAM.

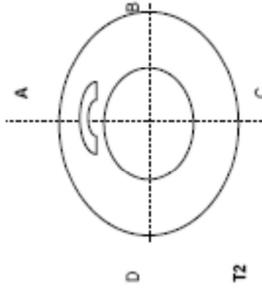
BIBLIOGRAFÍA

- José Font Mezquita y Juan F. Dols Ruiz. Tratado sobre automóviles. Tomo 2. Universidad politécnica de valencia. Ed. Alfaomega. 2001.
- Pruebas de durabilidad. <<http://www.intertek.com.mx/electronicos/laboratorio/pruebas-durabilidad/>>. [consulta 20 de enero de 2013].
- Juan Forero Martínez, Alexander Valencia Cruz y Chris Ángela Bedoya. Evaluación de vehículos en carretera.[En línea]<<https://revistaing.uniandes.edu.co/pdf/Rev18-9.pdf>>[consulta 15 de febrero de 2012]
- Guía para el cuidado de los neumáticos. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. [En línea] <http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7364/2/TRANM6_AE1_A1_ANEXO17.pdf>. [consulta 25 de febrero de 2013]
- “What does the testing engineer do?”, [en línea] <<http://www.wisegeekedu.com/what-does-a-testing-engineer-do.htm>> [consult 27-02-2013]
- “Así se camufla un coche” [en línea], noticias motor<<http://www.autopista.es/noticias/todas-las-noticias/articulo/asi-camufla-coche-42611.htm>>, [consulta 23 julio 2013].
- Página web de Off Road México: www.offroadmexico.com. [consulta 5 de enero de 2013].
- Michael J. Spendolini, El proceso del benchmarking [PDF] <http://www.minsa.gob.pe/dgsp/documentos/decs/2006/SegPac/El_Proceso_de_Benchmarking.pdf> [consulta 27 de abril 2013].
- Página web de la armadora.[confidencial] 

ANEXO 1. TYRE LIFE PREDICTION FORMAT

TYRE LIFE FORMAT

Date of Measurement :
 Vehicle Identification :
 New tyre fitted at (ODO) :
 Cumulative Kms :
 Measured By :
 ODO reading :
 Last Measurement at :
 Kms Since last Rog :
 TWI :



Front Left Tyre No. 1 T1

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | | | | | | | |
| B | | | | | | | |
| C | | | | | | | |
| D | | | | | | | |
| | | | | | | | Mean #DW/0! |

Rear Left Tyre No. 3 T3

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | | | | | | | |
| B | | | | | | | |
| C | | | | | | | |
| D | | | | | | | |
| | | | | | | | Mean #DW/0! |

Spare Tyre No. 5 T5

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | | | | | | | |
| B | | | | | | | |
| C | | | | | | | |
| D | | | | | | | |
| | | | | | | | Mean #DW/0! |

Front Right Tyre No. 2 T2

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | | | | | | | |
| B | | | | | | | |
| C | | | | | | | |
| D | | | | | | | |
| | | | | | | | Mean #DW/0! |

Rear Right Tyre No. 4 T4

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | | | | | | | |
| B | | | | | | | |
| C | | | | | | | |
| D | | | | | | | |
| | | | | | | | Mean #DW/0! |

ORM TEMPLATE

Results

| | | | | | | | | |
|-----|----------|----|------|-----|------|-----|-----------|-----------|
| F/L | Type No. | SD | CURR | NSD | WEAR | Kms | Exp. LIFE | Wear rate |
| F/R | T1 | | | | 0.00 | 0 | #DW/0! | #DW/0! |
| R/L | T2 | | | | 0.00 | 0 | #DW/0! | #DW/0! |
| R/R | T3 | | | | 0.00 | 0 | #DW/0! | #DW/0! |
| Sp | T4 | | | | 0.00 | 0 | #DW/0! | #DW/0! |
| | T5 | | | | 0.00 | 0 | #DW/0! | #DW/0! |

Average wear rate mm/1000Km (front) #DW/0!
 Average wear rate mm/1000Km (rear) #DW/0!
 Average extrapolated life FRONT REAR
 average tyre life #DW/0!

ANEXO 2. FORMATO DE REPORTE DIARIO DE PRUEBA

CONFIDENTIAL



In-market road durability of 40,000 km In Mexico; Test Drive

Vehicle:

Test day number:

Date: DD-MM-YYYY

Car Photography

Route Planning:

Route type:

Route Name:

Projected distance: [km]

Driver(s):

Supervisor:

Time and Distance:

Starting time: [h]

Ending time: [h]

Total Time: 0:00 [h]

Odo start: [km]

Odo Finish: [km]

Total: 0 [km]

Average Speed: 00.00 [km/h]

Type Pressure:

Gold tyre [psi]

A

B

C

D

ORM TEMPLATE

in [psi]

out [psi]

Check Point:

| Place | [km] | Coordinates | | Altitude [m] | Standard time [h] |
|-------|------|-------------|---------|--------------|-------------------|
| | | Lat [°] | Lon [°] | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Opening & Closing during the test:

| | | Refueling | | | |
|---------|-------------------------------------|-----------|---------------|----------|-------------------|
| | | ODO [km] | Distance [km] | Fuel [l] | Efficiency [km/l] |
| Doors | <input type="text"/> [Open / close] | | | | |
| Windows | <input type="text"/> [Up / down] | | | | |
| Trunk | <input type="text"/> [Open / close] | | | | |

Notes:

Report of faults or damage

ANEXO 2. FORMATO DE REPORTE DIARIO DE PRUEBA

CONFIDENTIAL



In-market road durability of 40,000 km in Mexico; Test Drive

Vehicle:
 Test day number:
 Date: 00-MM-YYYY

Car Photography

Quick Funcionality Checks to be done at the START of each shift

| Item Num. | Description | Observations Satisfactory? | | Remark |
|-----------|--|----------------------------|----|--------|
| | | Yes | NO | |
| 1 | Unlock Driver side door using key | | | |
| 2 | Turn Steering Wheel right to left & from top down | | | |
| 3 | Move driver seat fore & all fully | | | |
| 4 | Operate seat back / height adjust / lumbar support / swing adjuster | | | |
| 5 | Close door through | | | |
| 6 | Open door through | | | |
| 7 | Apply handbrake | | | |
| 8 | Release handbrake | | | |
| 9 | Check if brake stop | | | |
| 10 | Turn interior lights | | | |
| 11 | Operate all power | | | |
| 12 | Fasten / release se | | | |
| 13 | Energize parking lights on for 10 sec. | | | |
| 14 | Energize headlight low beam for 10 sec with engine ON | | | |
| 15 | Energize headlight high beam for 10 sec with engine ON | | | |
| 16 | Turn off High beam | | | |
| 17 | Turn Off Low beam | | | |
| 18 | Turn Off Parking Lights | | | |
| 19 | Make steering wheel in straight condition. Turn ON left indicator for 10 sec. Rotate Steering wheel from straight condition to RH side by @ 180 degree and check for the self cancellation. | | | |
| 20 | Make steering wheel in straight condition. Turn ON right indicator for 10 sec. Rotate Steering wheel from straight condition to RH side by @ 180 degree and check for the self cancellation. | | | |
| 21 | Press hazard switch for ON & OFF | | | |
| 22 | Turn the windscreen washer at ON position allow water to spray for 5 sec. Make it off Operate wiper in slow mode till the windscreen glass gets dry. Turn wiper to off position | | | |
| 23 | Turn the windscreen washer at ON position allow water to spray for 5 sec. Make it off Operate wiper in fast mode till the windscreen glass gets dry. Turn wiper to off position | | | |
| 24 | Check headlights for flashing operation | | | |
| 25 | Operate Fog Lamp ON/OFF Front | | | |
| 26 | Operate Fog Lamp ON/OFF Rear | | | |
| 27 | Operate air conditioning heating & air recirculation controls | | | |
| 28 | Operate sun visor up / down | | | |
| 29 | Operate the bonnet opening knob | | | |
| 30 | Open bonnet put the stay rod. Take stay rod Off & close the bonnet | | | |
| 31 | Unlock and lock tail gate with key | | | |

ORM TEMPLATE

ANEXO 2. FORMATO DE REPORTE DIARIO DE PRUEBA

CONFIDENTIAL



In-market road durability of 40,000 km in Mexico; Test Drive

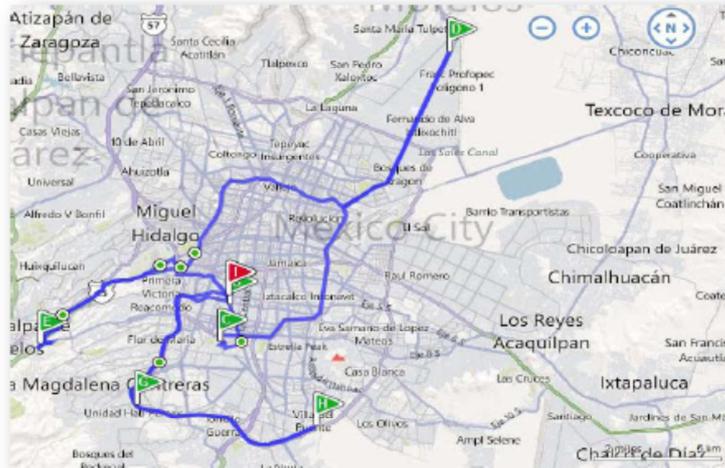
Vehicle: _____
Test day number: _____
Date: _____ DD-MM-YYYY

Car Photography

ORM TEMPLATE

Route to

| | |
|---|---|
| A | 0 |
| B | 0 |
| C | 0 |
| D | 0 |
| E | 0 |



ANEXO 2. FORMATO DE REPORTE DIARIO DE PRUEBA



Vehicle: Test day: 0 Date: DD-MM-YYYY

| Check point | Hot tire pressure [psi] | | | Seat belts [cm] | | | | Fluids levels [mm] | | | Battery | | Odo [km] |
|-------------|-------------------------|---|---|-----------------|------------|-----------|------------|--------------------|-----|--------|----------|------------|----------|
| | A | B | C | D | Front:left | Rear:left | Rear:right | Coolant | Oil | Brakes | Steering | Fluid [mm] | |
| Num | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | |

| Seq [h] | Speed average [km/h] | | | Sunny | | Rainy | | Temp [C] | | Temp [C] | | Temp [C] | |
|---------|----------------------|-------|-------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| | 15/30 | 30/60 | 45/90 | Start [h] | End [h] |
| 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | |

ORM TEMPLATE

Body car damage

| | |
|--|-------|
| | Right |
| | Left |
| | Front |
| | Rear |

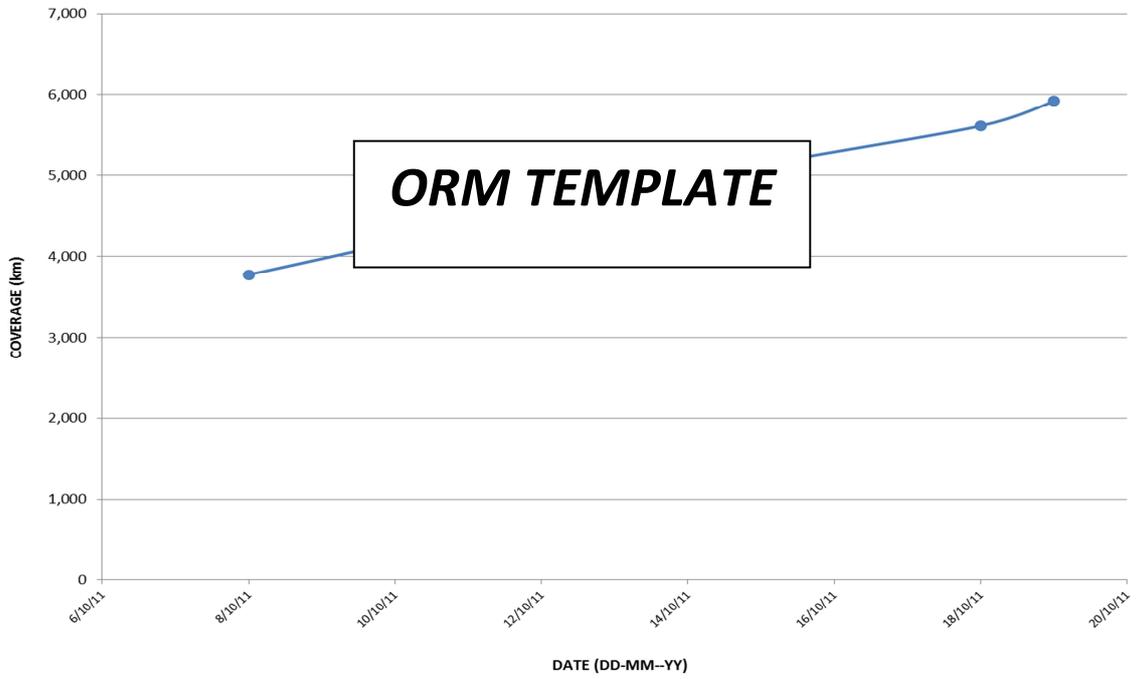
| [km] | Description |
|------|-----------------------------|
| | Mechanic & electric failure |
| | |
| | |
| | |
| | |

Notes:

ANEXO 4. GRÁFICA DE PROGRESO DE ACUMULACIÓN DE KILOMETRAJE



MILEAGE ACCUMULATION - WORM CHART



ANEXO 5. REPORTE DE FALLOS E INCIDENTES

| | | |
|---|--|--|
|  | Project | |
| | In-market Road durability of 40,000 kms in Mexico | |

Test Incident Report (TIR)
Number – xxx

| | | | |
|-------------------|------------------------|------------------------|--|
| PROJECT: | | INCIDENT EVENT DATE: | |
| PROJECT ENGINEER: | | VEHICLE No.: | |
| TEST ACTIVITY: | Road Durability | ODOMETER (km): | |
| PHOTOS TAKEN: | 1/2/3/4/5 DATE SENT: | VEHICLE TEST (cycles): | |

Observations (Apparence/Symptoms) / Failure (with Photographs)

Description of the issue / observation

ORM TEMPLATE

Add photo(s)

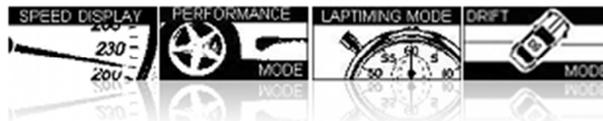
Investigation and Action Taken:

ANEXO 6. DRIFTBOX^{MR}



El DriftBox es un medidor de desempeño con tecnología GPS, capaz de medir y registrar la velocidad, posición, aceleraciones, **Ángulo de Drift** y otros parámetros de un vehículo en movimiento. Basados en el VBOX de Racelogic, las diferentes versiones del DriftBox son herramientas para evaluar el desempeño de un piloto y del vehículo en pista. Tiene una precisión de $\pm 0.1\text{km/h}$, medición y registro de datos GPS 10 veces por segundo.

Funciones:



Data Logger - Almacenamiento en tarjeta SD. Canales GPS VBOX estándar + Micro Input Module.

Speed Display - Visualizar velocidad en pantalla LCD.

Performance Mode- Evalúa el desempeño con pruebas predefinidas y definidas por usuario.

Laptimer - Análisis de tiempos en circuito.

Line Snap - Retroalimentación en tiempo real sobre el tiempo de vuelta.

Drift Analyser - Mide y registra el ángulo de drift de un vehículo en movimiento.

GPS



Un motor GPS a 10Hz desarrollado usando el LabSat de Racelogic proporciona gran precisión en todas sus mediciones. Con almacenamiento en memoria extraíble SD, instalación en segundos, facilidad de uso, software para análisis de datos incluido, pantalla LCD retro iluminada, comunicación USB, antena GPS interna/externa, el DriftBox es una herramienta para un gran número de aplicaciones a un precio muy accesible.

ANEXO 7. ESQUEMA DE SERVICIOS

| SR. NO. | MAINTENANCE SCHEDULE OPERATIONS | FREQUENCY (In km) | 1000-1500 | 5000-5500 | 10000-10500 | 20000- 20500 | 30000-30500 | 40000-40500 | 50000-50500 | 60000-60500 | 70000-70500 | 80000-80500 | 90000-90500 | 100000-100500 | 1100000-110500 | 120000-120500 |
|---------|--|---------------------------------|-----------|-----------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|----------------|---------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GENERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Wash the vehicle and Clean Condenser Fins | EVERY Service | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | | |
| 2 | Check and top up fluids (If required):Coolant, Brake Fluid, Battery Electrolyte, Wind Screen washer fluid, Power steering oil. (If fitted) | EVERY Service | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | | |
| 3 | Check fuel lines for leakage, | EVERY Service | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | | |
| 4 | Check clutch pedal height and cable | EVERY Service | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | | |
| 5 | All standard checks as per DQCTC manual | EVERY Service | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | | |
| 6 | Check rubber boots and bushes for damages | 30,000 | | | | | • | | • | | | | • | | | |
| | ENGINE | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Clean air filter element (more frequently for vehicle operating in dusty condition or as TAXI) | 5000 & thereafter EVERY Service | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | | |
| 2 | Change engine oil and oil filter Option 1 - If 15W40 CH4 then replace at 10,000 km Or 12 months, whichever is early Option 2 - If Synthetic 0W40 then replace at 20,000 km Or 12 months whichever is early | 10,000 20,000 | | | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | | |
| 3 | Replace fuel filter | 10,000 | | | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | | |
| 4 | Check all auxiliary drive belts and auto tensioners | 5000 & thereafter EVERY Service | | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | | |
| 5 | Replace Spark Plugs and Check Ignition Cable | 30,000 | | | | | • | | • | | | | • | | | |

| SR. NO. | MAINTENANCE SCHEDULE OPERATIONS | FREQUENCY | 1000-1500 | 5000-5500 | 10000-10500 | 20000- 20500 | 30000-30500 | 40000-40500 | 50000-50500 | 60000-60500 | 70000-70500 | 80000-80500 | 90000-90500 | 100000-100500 | 1100000-110500 | 120000-120500 |
|---------|---|--|-----------|-----------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|----------------|---------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ENGINE | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Check for the DTCs in the "Engine Control Unit". Take corrective action if necessary. Clear DTCs after recording | 5000 & thereafter EVERY Service | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | | |
| 7 | Replace air filter element (more frequently for vehicle operating in dusty condition or as taxi) | 40,000 | | | | | | • | | | | • | | | | |
| 8 | Change coolant (40,000 km or two years whichever is earlier) | 40,000 | | | | | | • | | | | • | | | | |
| 9 | Replace timing belt | 1,20,000 km or 5 years, whichever is early | | | | | | | | | | | | | | |
| | TRANSAXLE | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Check oil level and top up if necessary | 80,000 | | | | | | | | | | • | | | | |
| | BRAKES | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Check front brake pads and rear brake linings. Replace if necessary | 20,000 | | | | • | | • | | • | | • | | • | | |
| 2 | Change brake fluid (40,000 kms or 2 years whichever is earlier) Check brake system components for leakages | 40,000 | | | | | | • | | | | • | | | | |
| | WHEELS and TYRES | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Rotate tyres | 20,000 | | | | • | | • | | • | | • | | • | | |
| | FRONT and REAR SUSPENSION | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Check and Adjust Wheel alignment and Balancing if required | 20,000 | | | | • | | • | | • | | • | | • | | |
| | STEERING | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Replace power steering oil | 100,000 | | | | | | | | | | | | • | | |

ANEXO 7. ESQUEMA DE SERVICIOS

| SR. NO. | MAINTENANCE SCHEDULE OPERATIONS | FREQUENCY | 1000-1500 | 5000-5500 | 10000-10500 | 20000- 20500 | 30000-30500 | 40000-40500 | 50000-50500 | 60000-60500 | 70000-70500 | 80000-80500 | 90000-90500 | 100000-100500 | 1100000-110500 | 120000-120500 |
|---------|--|---------------|-----------|-----------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|----------------|---------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ELECTRICAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Check headlamp focusing, check headlamp bulbs if blackened replace (every two years) EVERY Service | 30,000 | | | | | • | | | • | | | • | | | |
| 2 | Visually check battery cables and their connections | 20,000 | | | | • | | • | | • | | • | | • | | |
| | A.C. SYSTEM | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Check Airconditioning/HVAC System for satisfactory performance, Clean A/C Filter | EVERY Service | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | |

Precautions to be taken while cleaning Engine Compartment: It is recommended to use Dry Low pressure Compressed Air and NOT Pressurised WATER

ANEXO 8. BRAKES PADS, LINING AND DRUMS

Date of measurement:
 Vehicle identification: **xxxx**
 New lining fitted at (odo): -
 Cumulative (km): 0

Measurement By:
 ODO reading: 0
 Last measurement at: 0
 km since last Rdg: 0

Front Left Brake No.1 B1

| | LS | LC | LL | RS | RC | RL |
|---|----------------|----|----|----|----|----|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| | average: ##### | | | | | |
| | Mean ##### | | | | | |

Rear Left Brake No.3 B3

| | LS | LC | LL | RS | RC | RL |
|---|----------------|----|----|----|----|----|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| | average: ##### | | | | | |
| | Mean ##### | | | | | |

Front Right Brake No.2 B2

| | LS | LC | LL | RS | RC | RL |
|---|----------------|----|----|----|----|----|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| | average: ##### | | | | | |
| | Mean ##### | | | | | |

Rear Right Brake No.4 B4

| | RS | RC | RL |
|---|----------------|----|----|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| | average: ##### | | |
| | Mean ##### | | |

ORM TEMPLATE

Brakes lining and diameter drum reference

| | LS | LC | LL | RS | RC | RL |
|---|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| A | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| B | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| C | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| D | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| | average: 4.0 | | | | | |
| | Mean 0.0 | | | | | |

| | Brake No | Wear | km | Exp. Life | Wear rate | Ø |
|-----|----------|---------|----|-----------|-----------|---------|
| F/L | B1 | #DIV/0! | 0 | | #DIV/0! | #DIV/0! |
| F/R | B2 | #DIV/0! | 0 | | #DIV/0! | #DIV/0! |
| R/L | B3 | #DIV/0! | 0 | | #DIV/0! | #DIV/0! |
| R/R | B4 | #DIV/0! | 0 | | #DIV/0! | #DIV/0! |
| ref | RB | 0.0000 | 0 | | 0.0000 | 0E+00 |

Average wear rate mm/1000 km (front): #DIV/0!
 Average wear rate mm/1000 km (rear): #DIV/0!
 Average extrapolated life FRONT: #DIV/0!
 REAR: #DIV/0!
 average lining life: #DIV/0!