



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO SOBRE LA APLICACIÓN DE UNA
NORMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN
VEHÍCULOS PESADOS NUEVOS EN MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

P R E S E N T A:

XOCHITL FELICIANO MIGUEL

DIRECTOR DE TESIS

ING. FRANCISCO JAVIER GARCÍA OSORIO



CD. UNIVERSITARIA, JUNIO DE 2012.

*Nuestra recompensa se encuentra
en el esfuerzo y no en el resultado.
Un esfuerzo total es una victoria completa.
Mohandas K. Gandhi*

*No hay errores.
Los acontecimientos que atraemos hacia nosotros,
por desagradables que sean,
son necesarios para aprender lo que necesitamos aprender;
todos los pasos que damos son necesarios
para llegar adonde hemos escogido
Richard Bach*

Agradecimientos

Al Ingeniero Francisco Javier García Osorio por todo el apoyo moral e intelectual brindado, por sus enseñanzas como profesor y director de tesis y por la paciencia para enseñarme, no pude haber tenido un mejor asesor.

A mi madre María Inocente Miguel Romero, por cada uno de sus sacrificios realizados, que a pesar de las adversidades siempre ha sabido como seguir adelante, impulsándome día a día a luchar por lo que se desea alcanzar, cada lágrima derramada ahora tiene una gran recompensa, el logro alcanzado por su hija; a mis hermanas Yazmín, Dalía y Karla Marlene que han sido y serán unos de mis motivos para seguir prosperando, a mis abuelos maternos Petroníla Romero Vásquez y Eugenio Castillo por su cariño.

A mis abuelos Rafaela y nato por que a pesar de que no son mi abuelos paternos yo los considero así, por su gran cariño incondicional por estar ahí para nosotras siendo siempre un gran apoyo.

A Jorge Alfredo Robles Guzmán, el amor de mi vida, porque desde que lo conocí siempre encontraba las palabras adecuadas para no desistir y seguir luchando contra las adversidades, por su compañía, por su cariño, por su amor y gracias por hacer de mí una persona de carácter, valiente y triunfadora.

Al Ingeniero Jorge Robles Guzmán por su valiosa ayuda y tiempo que me dedico durante toda la realización de esta tesis, a pesar de los regaños cuando no ponía empeño en este trabajo.

A Samuel Alfaro por todo su apoyo incondicional, por su amistad, y por todos aquellos momentos de alegrías por que a pesar de todo crecimos como si fuéramos hermanos de verdad.

A mis amigas Araceli, Adriana, Jimena, Dulce, Fabián y otros muchos, con los que compartí grandes momentos de alegrías, tristezas y frustraciones durante la estancia en la UNIVERSIDAD, experiencias que jamás olvidare y que siempre estarán presentes en mi vida, gracias por su apoyo incondicional que tuve de cada una de ellas.

Pero el más grande de los agradecimientos es para LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, MI ALMA MATER, LA QUE TODOS LLAMAMOS CON ORGULLO NUESTRA MÁXIMA CASA DE ESTUDIOS E IMPLÍCITAMENTE PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA, porque me dio la oportunidad de estar entre sus aulas y formarme como ingeniera y como persona, nunca terminare de agradecerle todo lo que me otorgó desde que fui aceptado como universitario, gracias por todo.

Xóchitl Feliciano Miguel

ÍNDICE

OBJETIVO

INTRODUCCIÓN

| | |
|---|-----------|
| 1. GENERALIDADES..... | 1 |
| 1.1 Parque vehicular que circula en México..... | 1 |
| 1.1.1 Automóviles..... | 2 |
| 1.1.2 Camiones..... | 3 |
| 1.1.3 Tractocamiones..... | 3 |
| 1.2 Consumo de energía en el transporte..... | 4 |
| 1.3 Exportación, producción y ventas de vehículos en México..... | 7 |
| 2. SITUACIÓN DEL AUTOTRANSPORTE EN MÉXICO: EMPRESAS, HOMBRE-CAMIÓN Y TIPOS DE VEHÍCULOS..... | 11 |
| 2.1 Parque vehicular con mayor trascendencia y antigüedad dirigida al servicio federal de carga en México..... | 11 |
| 2.2 Situación actual de las otorgaciones de concesiones a los distintos tipos de empresas para operar el autotransporte de carga..... | 16 |
| 3. TECNOLOGÍAS EN VEHÍCULOS PESADOS..... | 18 |
| 3.1 Introducción..... | 18 |
| 3.2 Tipos de combustibles utilizados en el transporte de carga..... | 19 |
| 3.3 Características relevantes del tren-motriz..... | 31 |
| 3.3.1 Motor Diesel..... | 33 |
| 3.3.1.1 Ciclo Diesel teórico y real..... | 33 |
| 3.3.1.2 Partes del Motor Diesel..... | 35 |
| 3.3.1.3 Emisiones del transporte de carga..... | 37 |
| 3.3.1.4 Dispositivos para la reducción de Emisiones SCR y EGR..... | 39 |
| 3.3.2 Transmisión..... | 40 |
| 3.4 Aspectos sobre resistencia al avance..... | 41 |
| 3.4.1 Aerodinámica..... | 42 |
| 3.4.2 Rodamiento..... | 45 |
| 3.4.3 Inercia..... | 47 |

| | |
|---|-----------|
| 4 ANALISIS COSTO-BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACION DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN VEHÍCULOS PESADOS..... | 49 |
| 4.1 Introducción..... | 49 |
| 4.2 Costos y beneficios directos de la aplicación de las tecnologías a las clases específicas de los vehículos..... | 49 |
| 4.3 Costos de operación y mantenimiento..... | 55 |
| 4.4 Impacto económico de las tecnologías sobre los vehículos..... | 56 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 61 |
| REFERENCIAS..... | 63 |
| ANEXOS..... | 66 |
| Neumáticos..... | 66 |
| Vehículo híbrido..... | 69 |
| Glosario..... | 71 |
| Nomenclatura..... | 73 |

INTRODUCCIÓN

La importancia en México del parque vehicular de autotransporte pesado radica en las largas distancias que recorren para llevar la carga a su destino final, ya que son los únicos vehículos que cubren las necesidades para llevar cargas pesadas y por tal razón la importancia de adecuar estándares para implementar tecnologías nuevas que ayuden a eficientar el autotransporte. Este estudio aborda en primer capítulo la caracterización del parque vehicular existente en el país así como del nuevo, con la finalidad de conocer la cantidad de vehículos de carga, el consumo total de combustible y las emisiones de gases tóxicos; con estos resultados se puede determinar si se tiene una eficiencia energética en vehículos pesados, ya que de acuerdo con estudios realizados por asociaciones dedicadas al análisis estadístico de población vehicular en México se ha demostrado que las tecnologías actuales comparadas con las tecnologías en desarrollo no son tan eficientes.

En el capítulo 2 se analiza la situación del autotransporte en México, conociendo con ello la antigüedad del parque vehicular con el fin de tener un panorama más amplio del comportamiento de la producción de estos vehículos y tener la posibilidad de estimar a futuro la manufactura de la industria automotriz, tomando en cuenta la división en los tipos de carga, general y especializada; respecto a las estadísticas actuales las que tienen mayor presencia en el país son los de carga general, debido a que la mayor parte de carga transportada en México no requiere de un manejo cuidadoso así como de contenedores con características especiales.

En el capítulo 3 se da a conocer una de las soluciones para reducir los costos causados por los altos consumos de combustibles que es implementar las nuevas tecnologías o en desarrollo en las cuales se incluyen sistemas externos e internos, tales como: paquetes aerodinámicos de diferentes tipos, reducción del peso, neumáticos, transmisiones, hibridación, entre otros.

La eficiencia energética en vehículos pesados depende de factores externos e internos los cuales se deben identificar de manera precisa para determinar que causa que el vehículo no sea tan eficiente como se desea, es decir, definir las partes posibles que causan un mayor consumo de combustible por ejemplo; en las externas se tiene que verificar que el operador tenga una buena conducción del vehículo, por otro lado el diseño del vehículo, que engloba factores tales como geometrías rectas que contribuyen al gasto innecesario de combustible y por consecuencia un mayor desgaste del motor, lo cual no sucede si se cuenta con geometrías curvas que contribuyen a la disminución de fuerzas de arrastre generadas por el vehículo; en cuanto a las internas está el combustible y el motor, por parte del combustible se debe conocer

propiedades como: la viscosidad, densidad, poder calorífico, etc., para determinar cual es el combustible apropiado para el vehículo y así tener los resultados que ofrece el fabricante, ya que el seguir estas reglas contribuye a un buen manejo del vehículo y no requerir de un mantenimiento frecuente debido al deterioro del vehículo causado por un combustible de mala calidad.

Y finalmente en el capítulo 4 la aplicación de nuevas tecnologías a vehículos de carga que han dado resultados lo suficientemente alentadores para considerar una inversión por parte de empresas dedicadas al transporte de carga y obtener un costo-beneficio a corto plazo, ya que se ha demostrado que la implementación de estos sistemas reducen un gran porcentaje el consumo de combustible y por consecuencia las emisiones de gases de efecto invernadero, cumpliendo así con Normas Internacionales en desarrollo y las de México.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1. PARQUE VEHICULAR QUE CIRCULA EN MÉXICO

Los primeros registros de un parque vehicular datan de comienzos del siglo XX, dado por la necesidad de llevar un control de importaciones de autos en la ciudad; en ese momento se tuvo un conteo de 2400 vehículos de motor registrados en México. En la mitad del siglo en curso hubo la carencia de cambiar la terminología de los vehículos dependiendo su uso y condición, haciendo la división de uso particular y público.^[5]

La importancia de llevar a cabo un control vehicular en México radica en conocer y ubicar la mayor concentración de vehículos en las 32 entidades federativas con el fin de desarrollar un plan integral de reordenamiento vial, así como promover el desarrollo de sectores económicos como el traslado de bienes y servicios, y de transporte público de pasajeros, usando los indicadores básicos proporcionados por las estadísticas de Vehículos de Motor Registrados en Circulación (VMRC), por otra parte se necesita cuantificar y aplicar las medidas que permitan el control de las flotillas de vehículos destinadas al transporte de carga, para poder llevarla a cabo se necesita hacer una clasificación y conocer factores como: la demanda de vehículos, combustibles y observar el incremento de gases tóxicos liberados en la atmósfera, entre otros.

Hay diversos métodos de cuantificación de parque vehicular existentes en una determinada ciudad o país y es llevado a cabo por Asociaciones tales como AMIA y ANPACT en México. El procedimiento de la recopilación de datos puede darse por visita personal a la fuente, envió de los cuestionarios a las oficinas estatales para ser llenados de acuerdo a un formato establecido por el INEGI, vía mensajería o entrega personal.

En la figura 1.1 se presenta el parque vehicular total que circula en México con la finalidad de conocer cual de los sectores de transporte terrestre predomina en el país; los automóviles constituyen mas de la mitad del parque, debido a que estos en su mayoría son utilizados para uso personal, mientras que el restante esta dividido en camiones, tractocamiones y autobuses integrales, estos vehículos tienen otro uso, la mayoría de ellos son para transportar cargas pesadas y recorrer largas trayectorias.

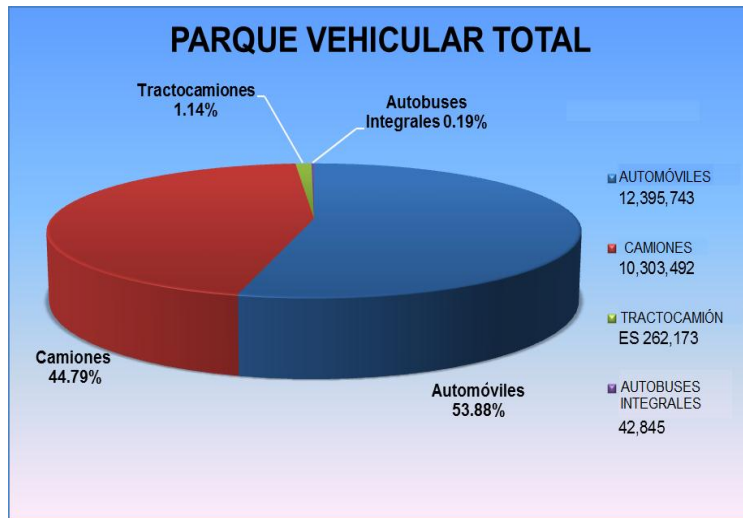


Figura 1.1 Parque vehicular total en circulación en México.[6]

1.1.1 AUTOMOVILES

El propósito del análisis Estadístico de la Población de Vehículos en México [EPVM] es conocer la cantidad aproximada de vehículos en circulación y con ello conocer la perspectiva de la población automotriz para los años próximos. En la actualidad diez de las principales fabricantes de automóviles en el mundo tienen plantas ensambladoras en México, estas son: Chrysler®, Ford Motor Company®, General Motors®, Honda®, Nissan®, Toyota® y Volkswagen®, entre otras. Durante el periodo de 1972-2008 estas fábricas armadoras produjeron en conjunto un total de 12, 395,743 automóviles [Figura 1.2].

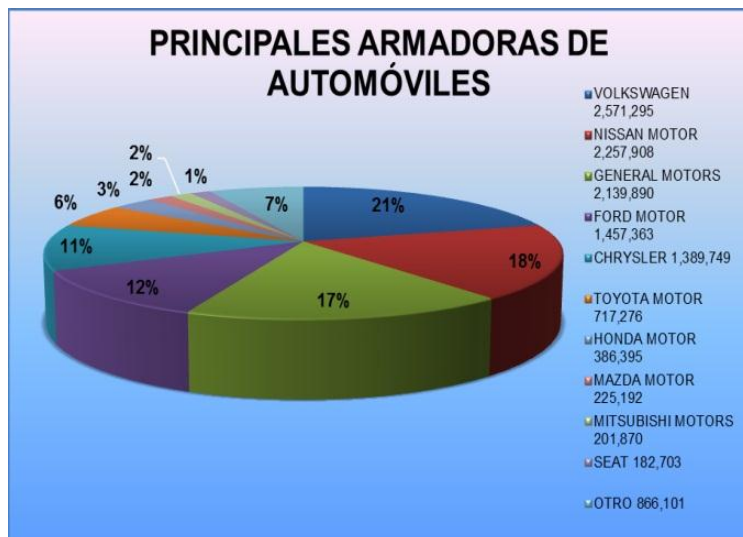


Figura 1.2 Las diez importantes armadoras en automoviles en el año 2009. [6]

1.1.2 CAMIONES

En este rubro es necesario presentar la diferencia que existe de un automóvil y un camión, ya que el concepto de camión incluye a los diferentes segmentos: Usos Múltiples y de Clase 8, además se caracteriza por ser un vehículo motorizado para el transporte de bienes y por la capacidad de carga [Tabla 1.1].

Tabla 1.1 Clasificación de vehículos de carga [29]

| Clase/PBV | Carga (Kg _i) | Carga (lb _i) |
|-----------|-----------------------------|--------------------------|
| Clase 1 | Menor a 2721 | 6,000 |
| Clase 2 | Entre 2722 y 4536 | 6,000 a 10,000 |
| Clase 3 | Mayor a 4,536 hasta 6,350 | 10,001 a 14,000 |
| Clase 4 | Mayor a 6,350 hasta 7,257 | 14,001 a 16,000 |
| Clase 5 | Mayor a 7,257 hasta 8,845 | 16,001 a 19,500 |
| Clase 6 | Mayor a 8,845 hasta 11,793 | 19,501 a 26,000 |
| Clase 7 | Mayor a 11,793 hasta 14,968 | 26,001 a 33,000 |
| Clase 8 | Mayor a 14,968 | Mayor de 33,001 |

La producción de camiones en México del año 1972 al 2008 fue de 10, 303, 492 unidades del total población de vehículos; en la figura 1.3 se muestran las armadoras con mayor presencia. La importancia de los datos estadísticos presentados por Melgar y Asociados es percatarse cual armadora tiene mayor número de unidades como ilegales y regularizadas, con la finalidad de exigir a estas empresas que regulen sus flotillas.

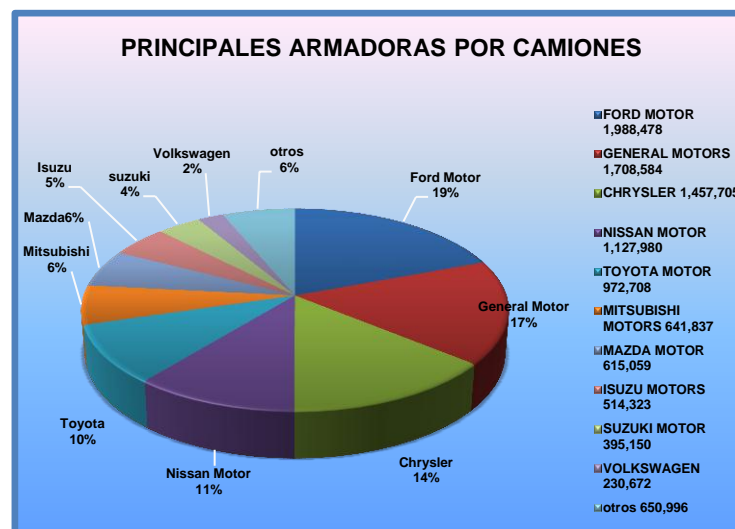


Figura 1.3 Armadoras con mayor presencia de camiones en México en el año 2009.[6]

1.1.3 TRACTOCAMIONES

Los tractocamiones son vehículos destinados a soportar y arrastrar semirremolques y remolques. La siguiente figura solo muestra las principales armadoras de esta clase de vehículos la cual encabeza Kenworth. La perspectiva de estos vehículos es que su demanda

crecerá, pero este crecimiento se dará en tractocamiones ilegales debido a su alto costo de venta. [6]

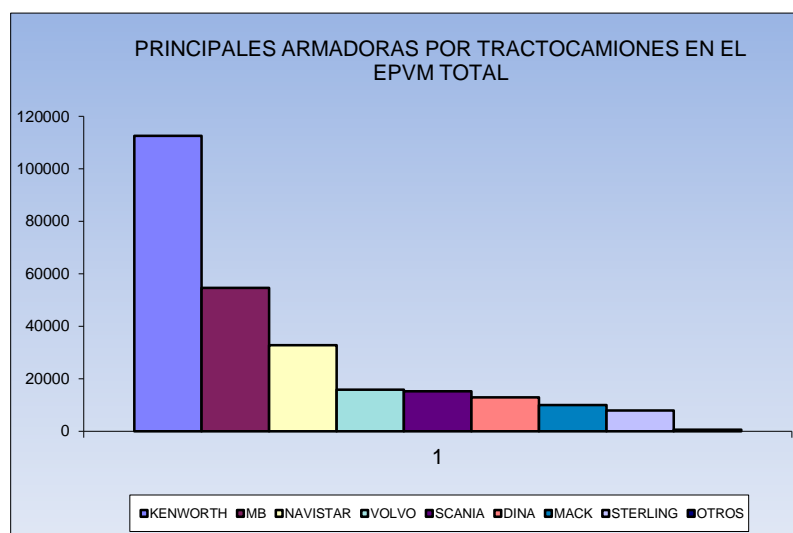


Figura 1.4 Las importantes armadoras de tractocamiones en Mexico en el año 2009.[6]

1.2. CONSUMO DE ENERGÍA EN EL TRANSPORTE

Los datos que se tienen en cuanto al consumo de energía en México se encuentran basados en el uso de hidrocarburos. En el sector transporte muestra un incremento en el consumo de energía en el periodo 2002 al 2003 se mantuvo un 40% del total de consumo de energía, en el periodo 2004 al 2006 el rango fue de 41% al 42% del total, y del periodo de 2007 al 2008 el rango fue entre el 44% y el 47% y un decremento en el 2009 del 1% del total del consumo de energía con respecto al año anterior [tabla 1.2], el cual se ve reflejado en la figura 1.5.

Tabla 1.2 Consumo total de energía a partir del año 2002 al 2009 en Petajoule. [7]

| TABLA 1.2 CONSUMO FINAL TOTAL DE ENERGIA (PetaJoule) | | | | | | | | |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| Consumo final total | 4,080.6 | 4,159.6 | 4,503.5 | 4,452.5 | 4,582.1 | 4,862.9 | 5,129.4 | 4,795.2 |
| Consumo no energético total | 218.5 | 227.3 | 230.0 | 258.6 | 234.5 | 216.4 | 221.3 | 227.2 |
| Petroquímica de PEMEX | 127.3 | 133.7 | 139.7 | 142.4 | 145.5 | 109.0 | 110.0 | 115.8 |
| Otros sectores | 91.1 | 93.6 | 90.3 | 116.2 | 89.1 | 107.3 | 111.3 | 111.4 |
| Consumo energético total | 3,862.1 | 3,932.3 | 4,273.5 | 4,193.9 | 4,347.5 | 4,646.6 | 4,908.1 | 4,568.1 |
| Residencial | 719.7 | 732.7 | 739.9 | 725.6 | 730.6 | 762.4 | 770.9 | 761.8 |
| Comercial | 122.6 | 118.8 | 119.1 | 116.2 | 123.1 | 126.3 | 126.4 | 123.5 |
| Público | 21.8 | 22.1 | 22.6 | 23.2 | 23.7 | 24.5 | 25.5 | 28.1 |
| Transporte | 1,632.9 | 1,683.8 | 1,911.9 | 1,864.4 | 1,966.5 | 2,158.9 | 2,433.3 | 2,224.5 |
| Agropecuario | 107.5 | 112.8 | 118.6 | 122.5 | 126.7 | 134.5 | 149.1 | 146.5 |
| Industrial | 1,257.6 | 1,262.0 | 1,361.3 | 1,342.0 | 1,377.0 | 1,439.9 | 1,402.9 | 1,283.6 |
| | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| Relación del consumo de energía en transporte/ consumo final total | 40% | 40% | 42% | 41% | 42% | 44% | 47% | 46% |

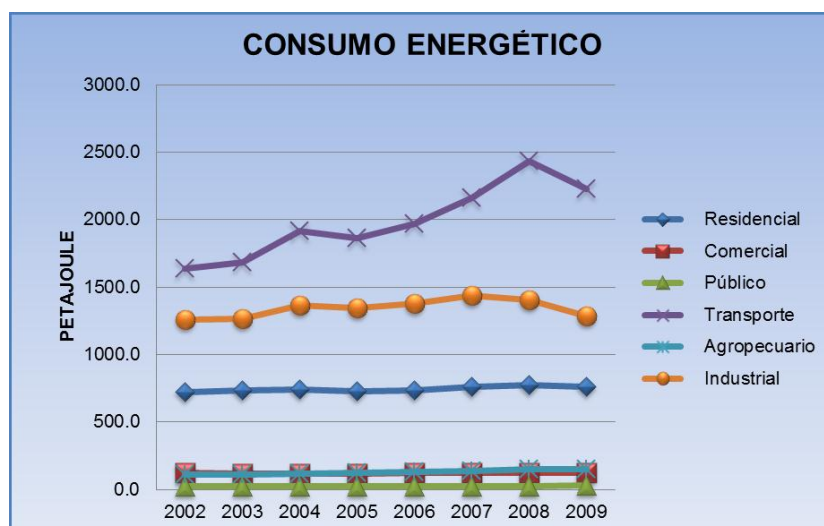


Figura 1.5. Consumo total energético a partir del año 2002 al 2009. [7]

En la tabla 1.3 se muestran datos del consumo de energía total en el sector transporte, dividiendo los subsectores de este del 2002 al 2009, esto permite conocer el comportamiento del transporte de cada uno de ellos y así observar el patrón de consumo de energía enfocándolo en el sector autotransporte, durante este periodo se observa un comportamiento estable el mismo de un $90\% \pm 2\%$ en el consumo de energía en este rubro en relación con el consumo final del transporte, el cual se ve reflejado en la figura 1.6

Tabla 1.3 Recopilación de datos del Consumo Final del Transporte a partir del año 2002 al 2009 [7]

| CONSUMO FINAL DEL TRANSPORTE (PetaJoule) | | | | | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Subsector | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| Autotransporte | 1,465.4 | 1,518.1 | 1,733.1 | 1,690.7 | 1,785.7 | 1,959.6 | 2,230.0 | 2,056.2 |
| Aéreo | 109.8 | 106.8 | 118.0 | 112.8 | 117.5 | 134.1 | 130.6 | 110.8 |
| Marítimo | 32.4 | 33.1 | 32.6 | 33.6 | 34.4 | 36.7 | 44.4 | 31.3 |
| Ferroviano | 21.4 | 22.0 | 24.4 | 23.5 | 25.1 | 24.7 | 24.4 | 22.3 |
| Eléctrico | 3.9 | 3.9 | 3.8 | 3.8 | 3.8 | 3.8 | 3.9 | 3.9 |
| Total | 1,632.9 | 1,683.8 | 1,911.9 | 1,864.4 | 1,966.5 | 2,158.9 | 2,433.3 | 2,224.5 |
| Relación del consumo de energía en autotransporte/ consumo final del transporte | 89% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 91% | 92% |

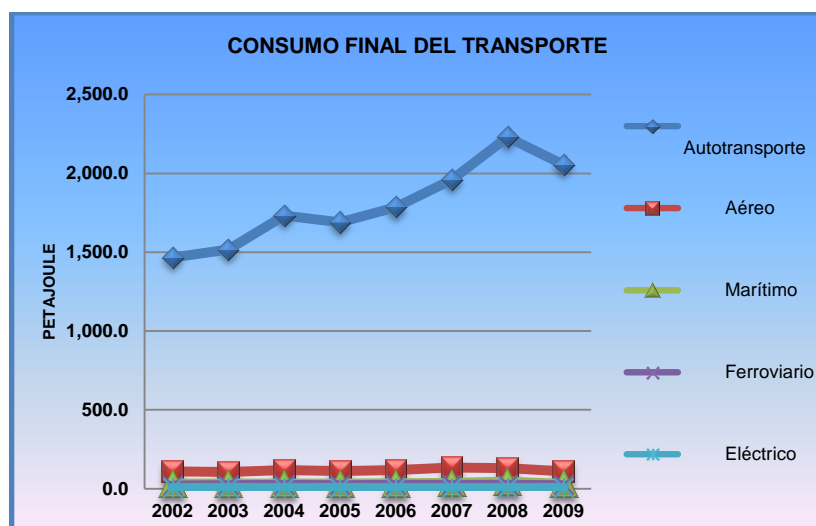


Figura 1.6. Comportamiento del Consumo Final del Transporte a partir del año 2002 hasta el 2009. [7]

La tabla 1.4 muestra los dos tipos de combustibles más utilizados en el autotransporte en relación al consumo total de combustibles, las gasolinas tienen un comportamiento constante de $70\% \pm 2\%$ durante el periodo de 2002 al 2009 y el porcentaje restante corresponde casi en su totalidad al diesel con un $25\% \pm 1\%$ con respecto al total de combustible en el autotransporte, cuyo comportamiento se observa en la figura 1.7.

Tabla 1.4 Recopilación de datos del Consumo de Combustible en el Autotransporte a partir del año 2002 al 2009. [7]

| CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN EL AUTOTRANSPORTE (PetaJoule) | | | | | | | | |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Combustible | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| Gas licuado | 53.8 | 57.2 | 57.3 | 58.2 | 38.6 | 46.5 | 41.7 | 38.9 |
| Gasolinas y naftas | 1,042.0 | 1,064.6 | 1,240.9 | 1,194.1 | 1,277.3 | 1,394.5 | 1,606.5 | 1,497.8 |
| Diesel | 369.0 | 395.6 | 434.2 | 437.8 | 469.1 | 518.0 | 581.3 | 518.9 |
| Gas seco (1) | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.5 |
| Consumo total de combustible en el Autotransporte | 1465.4 | 1518.1 | 1733.1 | 1690.7 | 1785.7 | 1959.6 | 2230.0 | 2056.2 |
| Relación del consumo de gasolinas y naftas/ consumo total de combustible en el autotransporte | 71% | 70% | 71% | 70% | 71% | 71% | 72% | 72% |
| Relación del consumo de diesel/ consumo total de combustible en el autotransporte | 25% | 26% | 25% | 25% | 26% | 26% | 26% | 25% |

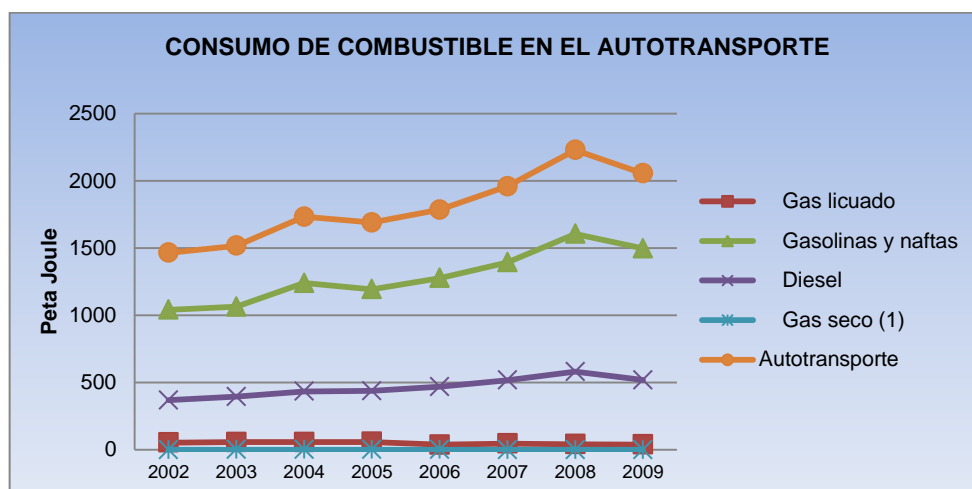


Figura 1.7. Comportamiento del Consumo de combustible en el autotransporte en el periodo 2002 - 2009. [7]

1.3 EXPORTACION , PRODUCCION Y VENTAS DE VEHÍCULOS PESADOS EN MÉXICO

Los datos que se tienen en cuanto a exportación, producción y ventas de vehículos en México a partir del 2000 al 2010 presentan comportamientos dependiendo del tipo de segmento, para esto se analiza la tasa de crecimiento de las ventas de vehículos de autotransporte durante dicho periodo en sus tipos de usos: camiones, chasis para pasaje, tractocamión quinta rueda, construcción y finalmente autobuses foráneos, los cuales se muestran en las tabla 1.5, 1.6 y 1.7.

Exportación del autotransporte

La tasa de crecimiento durante 2000 - 2010 correspondiente a camiones de acuerdo a los datos estadísticos expresados en la tabla 1.5 y su comportamiento [Figura 1.8], se tiene un promedio del 7.2% de crecimiento, a pesar de que en el año 2008 la exportación cayó con una tasa del 26% y por lo tanto fue la más significativa durante estos años debido a que se dieron caídas consecutivas por dos años, la contraparte y por la cual se llegó a tener esta tasa del 7.2% es por las grandes exportaciones durante el año 2004 al 2006. Por otro lado la tasa de crecimiento de Tractocamión Quinta Rueda fue del 64.9%, este resultado se deriva de las importantes exportaciones realizadas durante dicho periodo, a pesar de que en algunos años hubo un decremento en las exportaciones del autotransporte.

Tabla 1.5 Exportación de vehiculos en el autotransporte en mexico apartir del año 2000 al 2010 de clase 4 a 8. [15]

| VENTAS DE VEHÍCULOS AUTOTRANSPORTE 2000-2010 | | | | | | | | | | | |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Segmentos | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
| Camiones | 12,131 | 9,200 | 12,880 | 13,875 | 17,440 | 25,435 | 28,911 | 22,265 | 16,372 | 15,866 | 18,414 |
| Chasis para pasaje | 318 | 64 | 181 | 19 | 18 | 75 | 102 | 85 | 187 | 48 | 48 |
| Tractocamió n Quinta Rueda | 4,275 | 1,654 | 10,209 | 11,058 | 20,338 | 17,569 | 20,187 | 15,515 | 17,713 | 26220 | 41,975 |
| Segmento Construcción n/otros | 3 | 0 | 0 | 31 | 120 | 92 | 1,202 | 2,041 | 2,469 | 429 | 1,829 |
| Autobuses foráneos | 95 | 176 | 356 | 43 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 73 | 68 |
| Total | 16,822 | 11,094 | 23,626 | 25,026 | 37,916 | 43,171 | 50,402 | 39,906 | 36,741 | 42,636 | 62,334 |

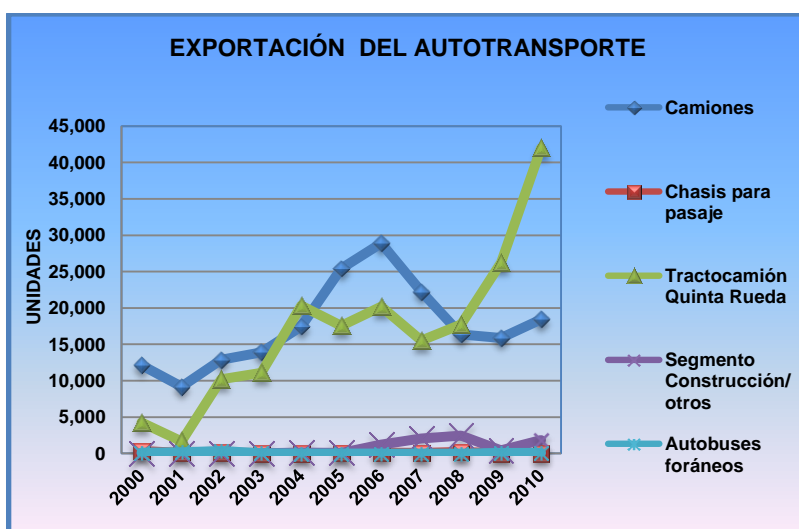


Figura 1.8. Unidades de exportación del autotransporte apartir del año 2000 al 2010. [15]

Producción del autotransporte

La producción de vehiculos de carga por las armadoras es de suma importancia ya que de ahí depende tener un censo del crecimiento del parque vehicular en México y su control en la tabla 1.6 se proporcionan datos del periodo 2000 -2010, donde la mayor producción se dio en el año 2006 y la menor producción en 2001. El segmento que tuvo mayor demanda fue el de camiones en el mismo año 2006, el segmento que mostró menor demanda fue el de construcción en 2001.

Tabla 1.6 Produccion de Vehiculos en el Autotransporte en México apartir del año 2000 al 2010 de clase 4 a 8. [15]

| PRODUCCION DE VEHÍCULOS AUTOTRANSPORTE 2000-2010 | | | | | | | | | | | |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Segmentos | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
| Camiones | 27,303 | 25,783 | 30,594 | 31,443 | 31,868 | 43,750 | 46,014 | 42,298 | 34,262 | 22,017 | 29,543 |
| Chasis para pasaje | 8,028 | 9,138 | 7,540 | 6,887 | 7,517 | 9,596 | 9,001 | 8,011 | 9,467 | 4,432 | 5,190 |
| Tractocamión Quinta Rueda | 13,065 | 6,948 | 15,502 | 16,431 | 27,279 | 28,576 | 32,575 | 31,020 | 30,280 | 28,747 | 48,944 |
| Segmento Construcción /otros | 214 | 136 | 216 | 382 | 822 | 708 | 2,761 | 3,715 | 3,097 | 551 | 2,113 |
| Autobuses foráneos | 1,515 | 2,710 | 1,809 | 1,751 | 1,528 | 1,788 | 1,933 | 1,298 | 1,827 | 895 | 958 |
| Total | 50,125 | 44,715 | 55,661 | 56,894 | 69,014 | 84,418 | 92,284 | 86,342 | 78,933 | 56,642 | 86,748 |

La producción de vehículos durante 2000 - 2010 se observa el siguiente comportamiento, en la categoría de camiones se presentó un crecimiento del 3.1%, chasis para pasaje tuvo un decremento del 1.1%, el segmento que tuvo un buen incremento es el de tractocamiones de quinta rueda con un 22.5%, pero el de crecimiento mas sustancial fue construcción con una tasa del 71.1%, por otro lado para los autobuses foráneos la tasa de crecimiento fue de solo 1.9% [Figural 1.9].

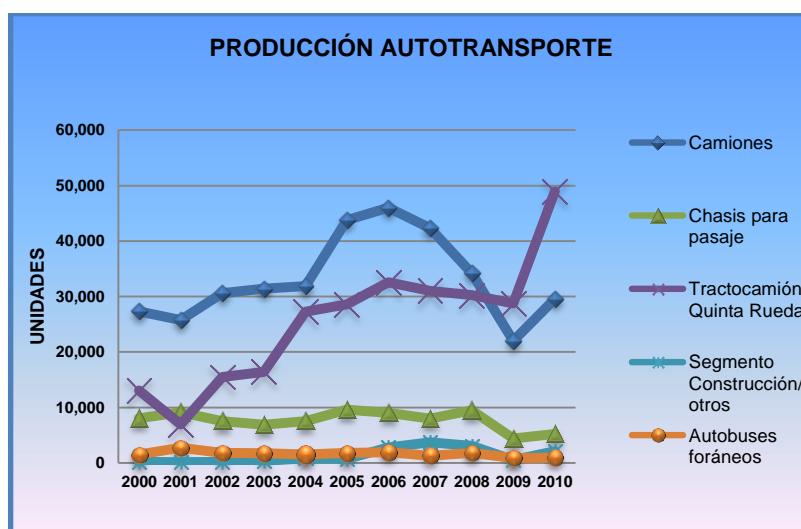


Figura 1.9 Produccion del Autotransporte en México del año 2000 al 2010. [15]

Ventas de vehículos del autotransporte

Las ventas de vehículos enfocados al auto transporte del 2000 al 2003 presentaron una baja sustancial en sus transacciones, del 2004 al 2007 hubo una recuperación favorable para las armadoras en México, siendo este ultimo año el de mayor trascendencia del periodo señalado [Tabla 1.7] al exhibir la mayor cantidad de unidades vendidas, del año 2008 al 2010 hubo un déficit en las ventas, siendo el año 2009 el mas critico con un decremento del 58 % respecto al anterior, que argumenta el cierre de armadoras en ese año.

Tabla 1.7 Ventas de Vehículos en el Autotransporte en México 2000 - 2010. [15]

| VENTAS DE VEHÍCULOS AUTOTRANSPORTE 2000-2010 | | | | | | | | | | | |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Segmentos | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
| Camiones | 18,199 | 17,258 | 17,713 | 16,496 | 17,002 | 18,693 | 22,545 | 22,959 | 23,873 | 12,127 | 16,100 |
| Chasis para pasaje | 8,848 | 9,191 | 7,494 | 7,120 | 7,561 | 9,334 | 8,758 | 7,954 | 9,080 | 4,697 | 4,685 |
| Tractocamión Quinta Rueda | 12,287 | 6,958 | 6,073 | 6,221 | 7,956 | 11,539 | 13,829 | 17,733 | 14,400 | 3,563 | 7,565 |
| Segmento Construcción/ otros | 410 | 293 | 328 | 410 | 879 | 946 | 1,412 | 1,856 | 881 | 215 | 344 |
| Autobuses foráneos | 1,783 | 2,818 | 1,915 | 1,927 | 1,641 | 1,890 | 1,859 | 1,371 | 2,024 | 855 | 1,024 |
| Total | 41,527 | 36,518 | 33,523 | 32,174 | 35,039 | 42,402 | 48,403 | 51,873 | 50,258 | 21,457 | 29,718 |

La figura 1.10 muestra el comportamiento de las ventas en el autotransporte con una tasa de crecimiento de camiones que en promedio fue de 1.36%, chasis de pasajero con una tasa de decremento del 3.97%, tractocamión quinta rueda con un decremento del 8.56% y el segmento de construcción creció en un 14.30% y finalmente con 0.86% en el segmento Autobuses Foráneos.

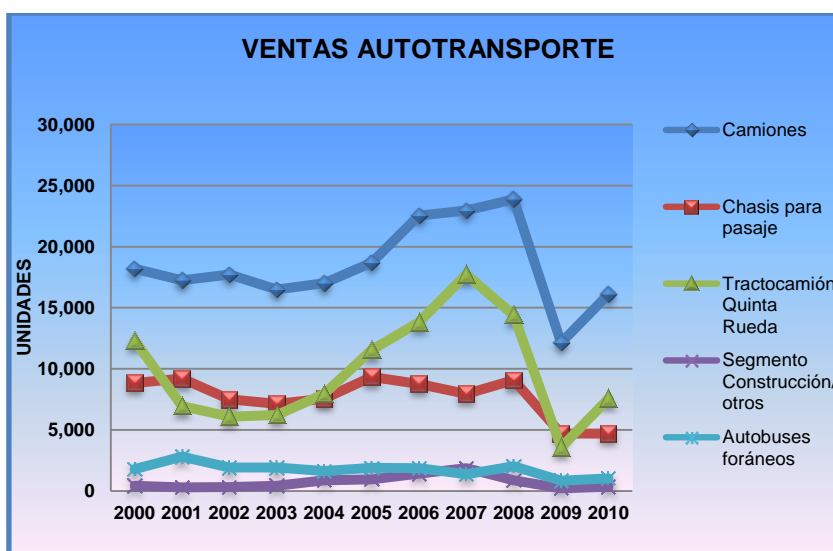


Figura 1.10 Ventas del Autotransporte en México 2000 - 2010. [15]

De acuerdo a los datos presentados en éste capítulo se deduce que pese a las caídas en ventas de vehículos, el parque vehicular de México sigue en un crecimiento general. Esto coloca a México como uno de los países con mayor crecimiento de parque vehicular en el mundo, esto obliga a México a revisar factores que la situación actual en el autotransporte por ejemplo: la antigüedad del parque vehicular y las concesiones otorgadas a las empresas que utilizan estos vehículos con la finalidad de dar soluciones para que estos vehículos disminuyan las emisiones de gases tóxicos, información que se desarrollara y analizará en el capítulo 2.

CAPÍTULO 2

SITUACIÓN DEL AUTOTRANSPORTE EN MÉXICO: EMPRESAS, HOMBRE-CAMIÓN Y TIPOS DE VEHÍCULOS.

2.1 PARQUE VEHICULAR CON MAYOR TRANSCENDENCIA Y ANTIGÜEDAD DIRIGIDA AL SERVICIO FEDERAL DE CARGA EN MÉXICO.

El autotransporte de carga y pasajeros constituye un factor estratégico para la actividad económica de México y establece el modo de transporte de mayor relevancia dada la gran flexibilidad de este servicio para adecuarse a las necesidades de los clientes y la amplia cobertura lograda por la red carretera. Una parte importante del parque vehicular (autotransporte) considerado como vehículo pesado se concentra en el servicio federal de pasaje y carga. Por lo tanto para conocer un poco más se muestran datos de acuerdo con el tipo de vehículo del cual el 94.5% representa 12 tipos de vehículos con mayor porcentaje y de mayor trascendencia y el 5.5% restante considera vehículos con presencia en el censo menor al 1%. En la figura 2.1 se presentan los porcentajes de cada tipo de vehículo de carga, con el propósito de distinguir cual es el más utilizado por las empresas de transporte, de los cuales el de mayor uso es el tractor, seguido del de caja cerrada, debido a que estos vehículos pueden arrastrar cargas mayores respecto a los demás.

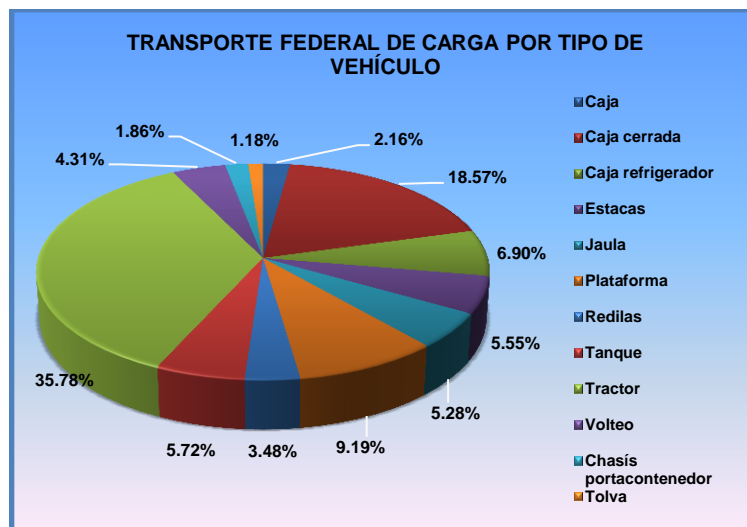


Figura 2.1 Principales tipos de vehículos con mayor número de Unidades en el Transporte Federal de Carga. [16]

La figura 2.2 muestra datos por clase de servicio donde por una parte se considera la carga general, ésta se puede presentar en cualquier estado físico (sólido, líquido o gaseoso), siempre está embalada y puede ser manejada como unidad y carga especializada; la de mayor interés ya que contempla varios tipos como son: materiales peligrosos, automóviles sin rodar, fondos y valores, grúas para arrastre, grúas de arrastre y salvamento y materiales voluminosos. En el caso de carga general cubre el 86.44% esto se debe a que en ella abarca la mayor cantidad de cargas como son: fraccionaria, unitaria, perecedera y a granel entre otras, mientras que la especializada es del 13.56% y está dividida por varios sectores del cual el 11% lo ocupa la clase destinada al material peligroso seguido de los otros 5 grupos que ocupan menos del 1%.

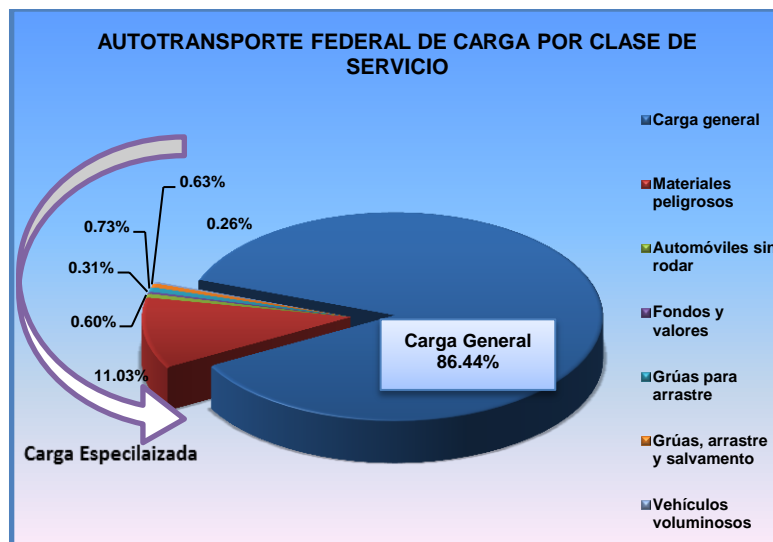


Figura 2.2 Autotransporte Federal de Carga por Clase de Servicio: Carga General y Carga Especializada. [16]

En cuanto a unidades de arrastre se refiere, se contemplan dos clases de vehículos: los semirremolques y remolques estos dos requieren para su movilización ser acoplado a una unidad motriz por lo tanto el más utilizado como carga es el semirremolque de dos ejes seguido del de tres ejes. Algunos factores por los cuales influye que se elija usar mas la configuración T3S2 es debido a la mejor adaptación en el autotransporte por rentabilidad, mantenimiento, inversión y las distancias recorridas que pueda hacer esta configuración [Figura 2.3].

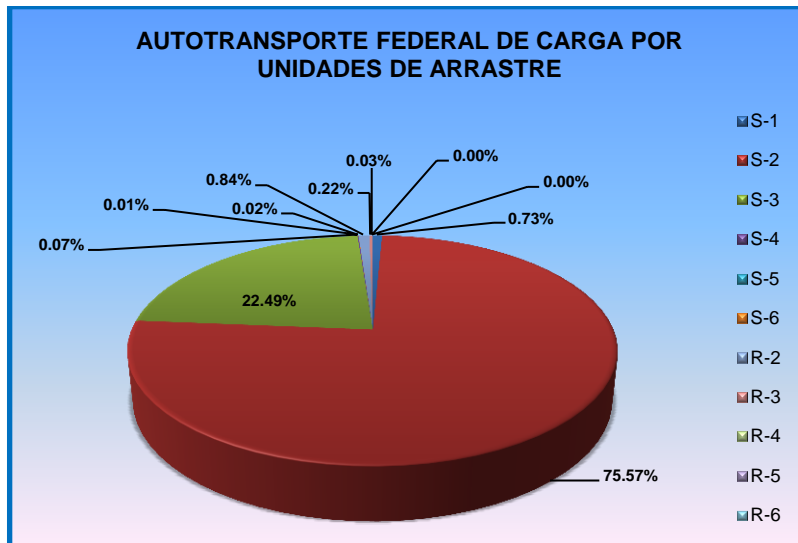


Figura 2.3 Autotransporte Federal de Carga por Clase de Arrastre como son: Semirremolques de 1-6 ejes y Remolques de 2-6 ejes. [16]

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha analizado estadísticamente los diferentes tipos de combustibles con el fin de conocer la demanda y proponer condiciones internas que ayuden al autotransporte, de los cuales el más utilizado en la división de carga es el diesel y la gasolina, aunque la gasolina es más barata el consumo de diesel se encuentra por encima del 80% y se debe a las ventajas que representa en cuanto a eficiencia de la combustión por lo que genera menor desperdicio, mas rendimiento, disponibilidad, y menores costos de mantenimiento, entre otros [Figura 2.4].

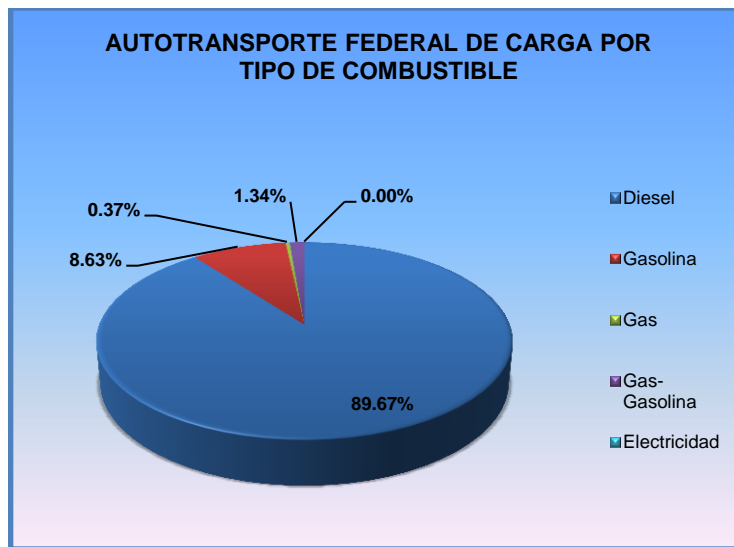


Figura 2.4 Autotransporte Federal de Carga por Tipo de Combustible (Diesel, Gasolina, Gas, Gas-Gasolina y Electricidad). [16]

Las unidades motrices por clase de vehículo se concentran en los tractocamiones de 3 ejes con un 61.63% del total de las unidades y que también son las de mayor consumo de combustible debido a sus características de peso y tamaño, pero también por los intensos recorridos que realizan; las empresas grandes cuentan mayormente con este tipo de unidades. Los camiones de 2 y 3 ejes son los siguientes más populares en su uso y juntos reúnen más del 37% del parque vehicular, y el restante corresponde a camiones de clase 4 y tractocamión de dos ejes [Figura 2.5].

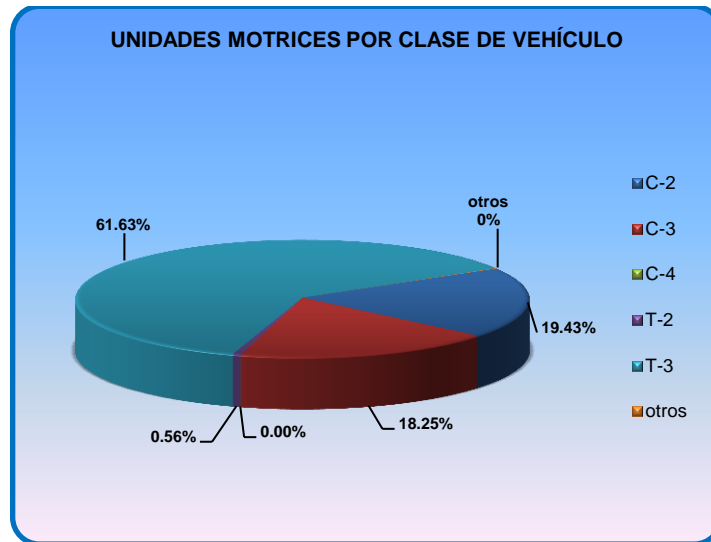


Figura 2.5 Autotransporte Federal de Carga por unidades motrices se incluye los camiones de 2-4 ejes y tractocamiones de 2 y 3 ejes [16]

Los préstamos de servicio de autotransporte federal están dirigidos hacia dos clases de personas, a las morales y físicas los cuales deben acreditar los requisitos establecidos en el reglamento del autotransporte [Figura 2.6].

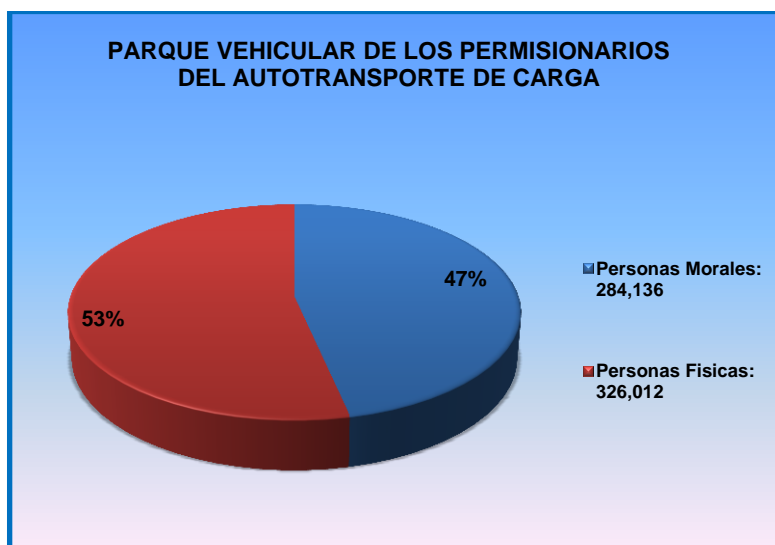


Figura 2.6 Parque Vehicular de los Permisos de servicio del Autotransporte de carga, divididos en personas Morales y Físicas. [16]

La figura 2.7 proporciona información suficiente para conocer la antigüedad que tiene el parque vehicular en México y los años donde se dieron la mayor demanda de las unidades motrices, siendo el de mayor antigüedad el de aproximadamente 33 años y corresponde a los camiones de clase 4, esto se debe a que durante un periodo de 9 años hubo una producción nula de unidades motrices desde 1960-1969, posteriormente el camión de 3 ejes con 24.24 años de antigüedad y el de menor antigüedad es el tractocamión de 3 ejes con 16.22 años.

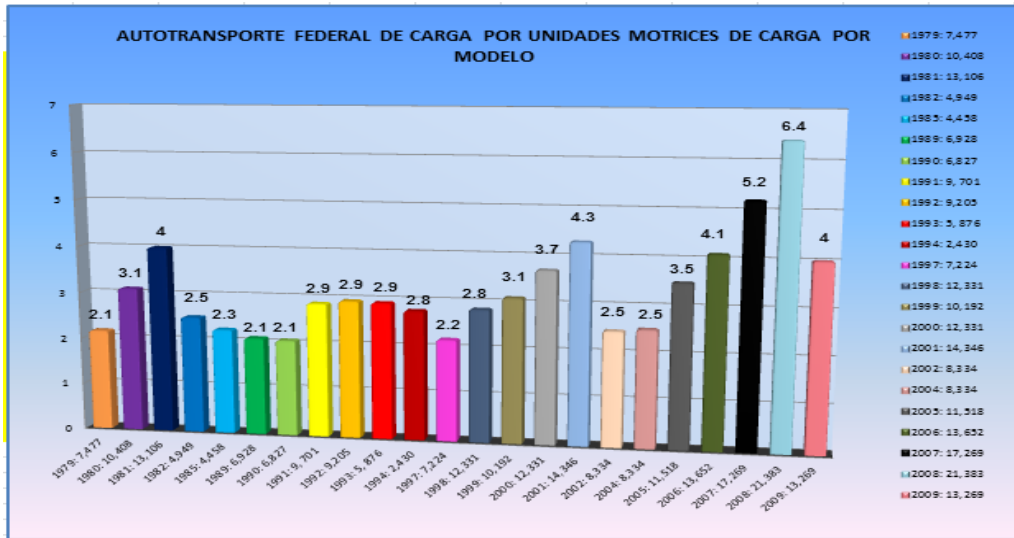


Figura 2.7 Autotransporte Federal de Carga por Unidades Motrices considerando los modelos con mayor porcentaje. [16]

Respecto a las unidades de arrastre el comportamiento es diferente ya que se observa en la figura 2.8 que a partir de los años 1980 y hasta 1996 los modelos tienen porcentajes de producción similares, se mostró un pico en la producción de unidades de arrastre durante el periodo comprendido de 1998 a 2001, después hubo un decremento de la producción y su recuperación se dio a partir de 2006, a diferencia de los datos anteriores en el 2008 las unidades de arrastre cuentan con un menor porcentaje que las unidades motrices, es decir los semirremolques y remolques son menos solicitados por las empresas para llevar a cabo operaciones de carga, a pesar de que son vehículos que operan grandes cargas que las unidades motrices.

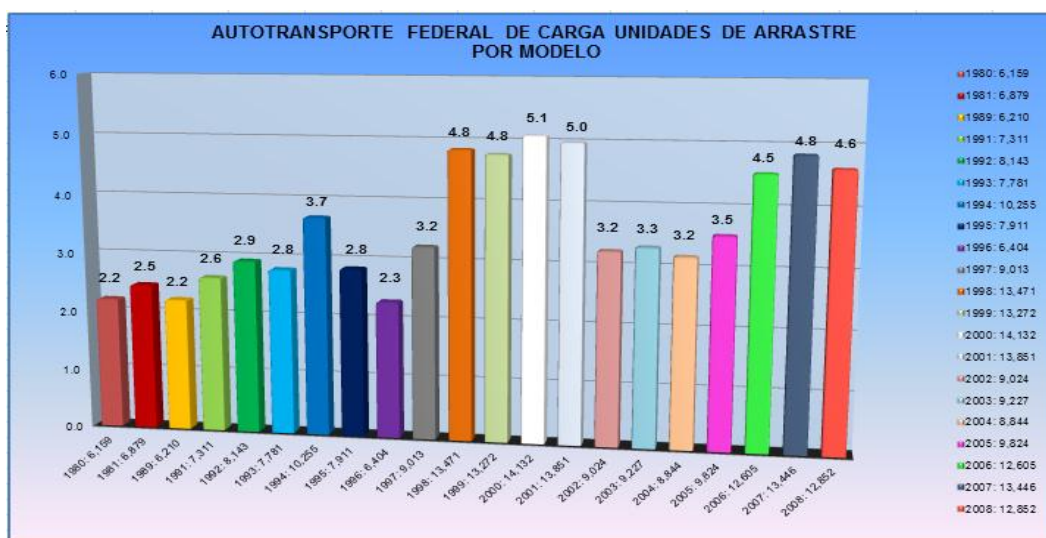


Figura 2.8 Autotransporte Federal de Carga por Unidades Arrastre considerando los modelos con mayor porcentaje. [16]

2.2 SITUACIÓN ACTUAL DE OTORGACIONES DE CONCESIONES A LOS DISTINTOS TIPOS DE EMPRESAS PARA OPERAR EL AUTOTRANSPORTE DE CARGA

La figura 2.9 ilustra el porcentaje de permisos de servicio de autotransporte federal del cual más del 50% los poseen las personas físicas y uno de los factores importantes por lo cual se les otorga estas concesiones es porque una parte considerable lo utilizan para distribuir carga general, por ello 103,163 empresas son las encargadas de operar el autotransporte para esta clase de servicio y solo 6,372 empresas están comisionadas a la carga especializada.

En cuanto a las personas morales 12,098 empresas se encargan de la carga general y 3,412 empresas de carga especializada, se considera que la mayor cantidad de empresas que operan el autotransporte de carga se inclina por manejar carga general.

Así mismo las empresas de servicios fomentan el uso de autotransporte de carga general ya que en el territorio nacional se lleva a cabo una gran actividad comercial interna para distribución de mercancías, tales como: computadoras, zapatos, artículos de piel, ropa, telas, perecederos, manufacturas en general, etc., debido a que son distribuidas en mayor cantidad que aquellos que se encuentran en carga especializada.

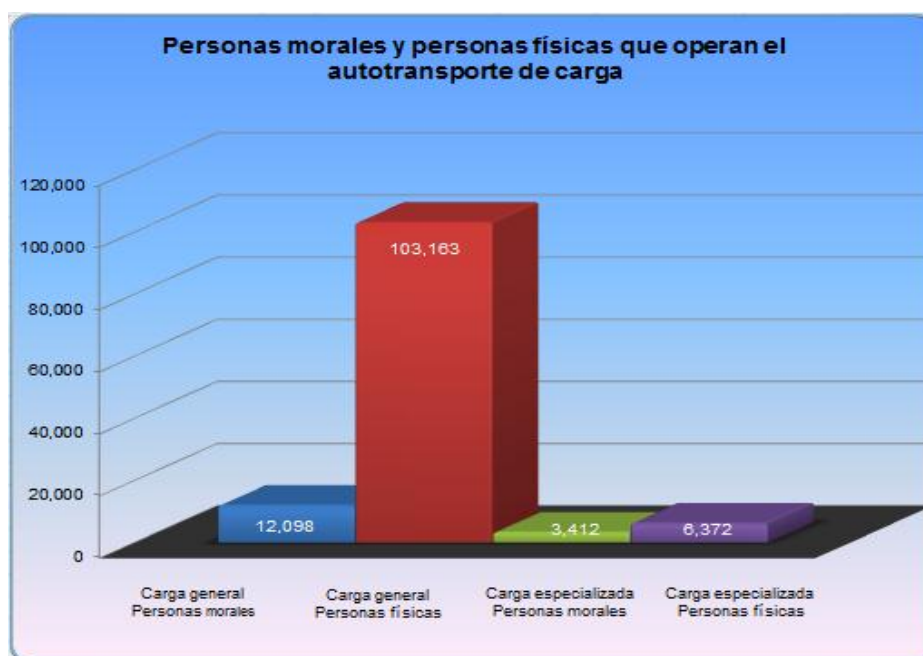


Figura 2.9 Número de empresas que operan el autotransporte por clase de servicio. [16]

En la Tabla 2.2 se detalla un reparto de unidades entre Hombre-Camión con 82.21% de las empresas y 27.95% de número de unidades, la pequeña empresa con un 25.45% de número de empresas y un 31.68% de número de unidades, mientras que la empresa grande es menor al 1% y dispone de un 23.37% de unidades, finalmente la mediana empresa solo cuenta con un 1.82% de empresas y un 17.01% de unidades, lo cual indica que las empresas pequeña, mediana y grande no consideran rentable la adquisición de vehículos de carga, ya que ello involucra tenerlos en uso constante y darles un mantenimiento consecuente.

Tabla 2.2 Estructura por tipo de empresa y estrato en unidades a nivel nacional [16]

| Tipo de empresa | Estrato en unidades | Número de empresas | % | Número de unidades | % |
|-----------------|---------------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|
| Hombre Camión | 1 a 5 | 90,775 | 82.21 | 170,543 | 27.95 |
| Pequeña | 6 a 30 | 17,056 | 15.45 | 193,269 | 31.68 |
| Mediana | 31 a 100 | 2,012 | 1.82 | 103,774 | 17.01 |
| Grande | más de 100 | 582 | 0.53 | 142,562 | 23.37 |
| Total | | 110,425 | 100.0 | 610,148 | 100.0 |

De acuerdo a los datos que se muestran en la tabla anterior el tipo de empresa con mayor adquisición de vehículos de carga es hombre camion por lo tanto es conveniente conocer si son vehículos legales y regularizados y que tecnologías cuentan actualmente estos camiones con el objetivo de corroborar los datos proporcionados por las asociaciones que manejan esta información además de observar tanto el impacto ambiental como el económico.

CAPÍTULO 3

TECNOLOGÍAS EN VEHÍCULOS PESADOS

3.1 INTRODUCCIÓN

El motor diesel fue inventado y patentado por Rudolf Diesel en 1892 y sus trabajos preliminares duraron más de diez años, en ese año publicó en Berlín un fascículo titulado: “Teoría y construcción de un motor térmico racional”, donde exponía sus ideas para la realización práctica del ciclo de Carnot. En 1897 Diesel construyó un nuevo motor que funcionaba de manera satisfactoria, mono cilíndrico, desarrollaba 20 CV a 172 r.p.m. Con un diámetro de 250 mm y carrera de 400mm y no consumía más que 247 g de combustible, y su eficiencia térmica era del 26.2%, mientras que los motores de cuatro tiempos, que utilizaban gasolina, apenas alcanzaban por entonces el 20% de eficiencia, y las máquinas de vapor el 10% de eficiencia. ^[1]

En 1907 el ingeniero L'Orange proyectó el primer motor diesel de inyección mecánica para Deutz, quien construyó en 1917 un motor de inyección directa. Después de la Primera Guerra Mundial que promovió la adaptación de motores diesel sobre barcos de gran tonelaje y submarinos, Peugeot en 1921, volvió a considerar el problema de adaptación del motor diesel al automóvil, con la ayuda del ingeniero Tartrais, construyendo un coche con este motor, que efectuó el trayecto París-Burdeos-París sin ningún incidente importante.

El motor de dos cilindros, desarrollaba 16 CV a 1,200 r.p.m. y llevaba un sistema mecánico de inyección. Este fue el primer coche con motor diesel anterior al Mercedes Benz, aunque no tuvo realización comercial. Hanomag, Krupp y M.A.N en Alemania, CLM y Renault en Francia, Saurer en Suiza, Cummins y Packard en Estados Unidos fueron los primeros constructores que adoptaron los motores diesel. De 1930 a 1939, el motor Diesel empezó a generalizarse en los camiones de gran tonelaje, apareciendo tímidamente en Alemania, aplicado a un automóvil de turismo de la casa Mercedes, el 260 D, que fue fabricado en pequeña serie. Desde 1945, es conocido el éxito de los automóviles fabricados en gran serie por las casas Mercedes y Peugeot, equipados con motor Diesel.

Esta rápida ascensión del motor diesel fue posible por la invención de una bomba mecánica de inyección con pistón ranurado bien adaptada a las variaciones de carga y régimen de los motores de locomoción por carretera. Esta bomba, debida a Robert Bosch y Frantz Lang este

último inventor del sistema de inyección "Acron", largo tiempo utilizado por Saurer y Berliet permanece todavía como el modelo de base de las bombas actuales de inyección con pistones individuales en línea. Desde 1940 tanto el motor diesel propiamente dicho como la inyección, han hecho grandes progresos.

3.2 COMBUSTIBLES UTILIZADOS EN EL TRANSPORTE DE CARGA

Los combustibles para los motores de combustión generalmente se derivan del petróleo, el cual es una mezcla compleja de hidrocarburos; en un futuro muy cercano se espera que combustibles elaborados con productos del campo sean la fuente de potencia motriz.

El combustible para los motores diesel debe satisfacer ciertas cualidades, no solo debe ser un combustible puro, sino que también debe poseer propiedades bien determinadas. Para un motor diesel las propiedades que pueden tomarse en consideración para escoger el combustible son: facilidad de encenderse, la viscosidad, el punto de ebullición y la ausencia de impurezas. Con el método Conradson se determinan ciertos valores para el carbono, azufre, cenizas y punto de solidificación.^[19]

La característica principal del motor diesel es quemar todo el combustible, evitando la elevación de la presión del cilindro sobre la de compresión, dado que la inyección empieza en un momento dado, la presión alcanzada durante la segunda fase de la combustión dependerá del tiempo empleado en la primera fase de la combustión, por lo tanto en cuanto más largo sea el periodo inicial aumentará la presión y el valor de la presión final, ya que se encontrará mayor cantidad de combustible en el momento en que empiece la segunda fase.

Es esencial, para obtener una buena combustión, reducir el periodo inicial (la duración dependerá del motor y disponiendo en la cámara de combustión de un punto caliente que servirá de foco de ignición), puesto que cuanto más corto sea más largo será el siguiente periodo.

En los motores de gasolina se desea una temperatura de inflamación tan alta como sea posible, para evitar que la última porción de la carga queme con detonación, mientras que en los de diesel es todo lo contrario, para que el combustible pueda encenderse al cabo de un tiempo muy pequeño de haber entrado en la cámara de combustión.

A continuación se presentan las propiedades más relevantes de cada uno de los combustibles gasolina, diesel, biodiesel y etanol.

I. Diesel

➤ El número e índice de cetanos

El Número de cetano es una medida del comportamiento de encendido por compresión de un combustible e influye en la capacidad de arranque en frío, las emisiones de escape y el ruido de combustión, mientras que el índice de cetano se basa en las propiedades del combustible medido, es decir mide la calidad de ignición de un diesel y es un valor calculado que se aproxima al "natural" de cetano de un combustible de referencia y es igual al número de cetano del combustible cuando no contiene ningún mejorador de cetano por lo que, los niveles naturales de cetano puede afectar el rendimiento del vehículo a diferentes niveles de

concentración y puede ser logrado a través de los aditivos, por lo tanto para evitar la excesiva dosis de aditivos, la diferencia mínima entre el índice de cetano y el número de cetano debe ser mantenida.

La influencia de cetano de las emisiones de NOx y el consumo de combustible se muestra en función de la carga del motor lo cual está claramente demostrado tener un efecto significativo sobre emisiones de NOx (Figura 3.1) en especial con cargas bajas, donde las reducciones logran hasta un 9%. (Tomando en cuenta que cada punto en el siguiente gráfico muestra la reducción de NOx para lograr un aumento de cetano en una carga determinada.) El aumento de cetano, además, origina una reducción del 30-40% de las emisiones de HC (hidrocarburos).

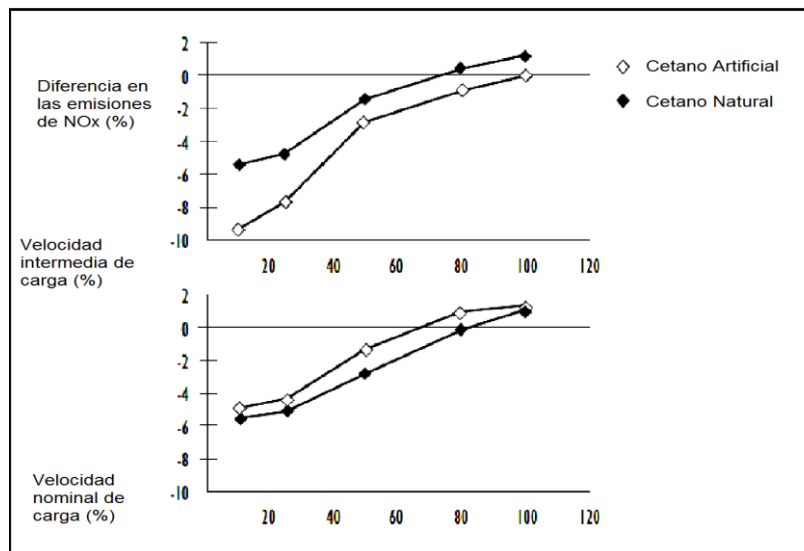


Figura 3.1 Efectos del cetano en las emisiones del NOx de 50 a 58 CN. [19]

Un aumento en cetano natural se ha demostrado que reduce el consumo de combustible. Los datos mostrados en la Figura 3.2 muestra la importancia de cetano natural (índice de cetano) en comparación con el índice de cetano artificial en el Consumo Específico de Combustible al Freno (BSFC, por sus siglas en inglés). El aumento de cetano natural (de 50% a 58%) mejoró en todos los niveles BSFC en la prueba con carga.

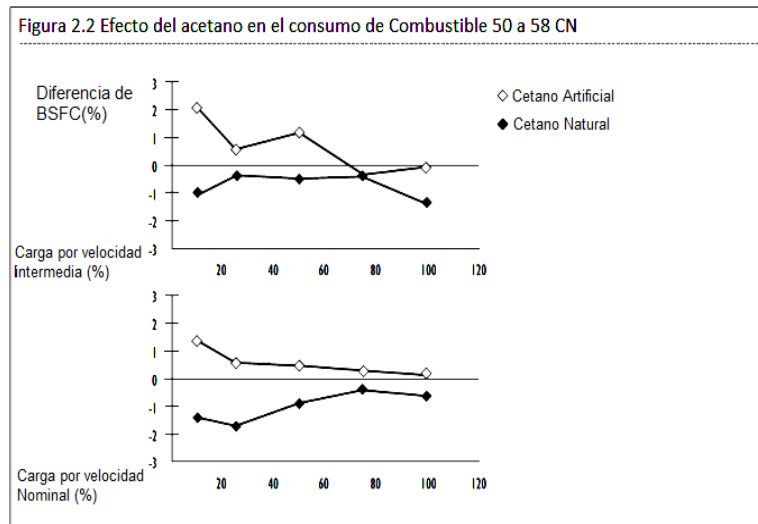


Figura 3.2 Efecto del cetano en el consumo de combustible 50 a 58 CN. [19]

➤ DENSIDAD Y VISCOSIDAD

Las Pruebas del Programa Europeo sobre Emisiones, Combustibles y Tecnología del motor (*EPEFE* por sus siglas en inglés), han demostrado que la reducción en la densidad del combustible disminuye la potencia del motor y aumenta el consumo volumétrico. Las variaciones en la viscosidad del combustible (es decir, reducción de la densidad general reduce la viscosidad) puede acentuar los efectos de la densidad de la energía (no necesariamente el consumo de combustible), particularmente en combinación con bombas de inyección de tipo distribuidor.

El abastecimiento de combustible y sincronización de la inyección también depende de la viscosidad del combustible. La alta viscosidad puede reducir los gastos de flujo de combustible, lo que resulta en insuficiencia de abastecimiento de combustible. Una muy alta viscosidad en realidad puede dar lugar a distorsiones del flujo de la bomba. Baja viscosidad, por otra parte, aumentará la fuga de los elementos de bombeo, y en el peor de los casos (de baja viscosidad, alta temperatura) puede resultar en una fuga total. Como la viscosidad se ve afectada por la temperatura ambiente, es importante reducir al mínimo el rango entre los límites mínimo y máximo de viscosidad para permitir la optimización del rendimiento del motor.

➤ Azufre

Si el azufre no se elimina durante el proceso de refinación provocará que contamine el combustible del vehículo y a medida que aumenta el nivel de azufre, la vida del motor relativa disminuye. El azufre puede conducir a la corrosión y el desgaste de los sistemas del motor, además, la eficacia de algunos sistemas de escape de pos-tratamiento se reduce a medida que aumenta el contenido de azufre del combustible.

En el programa Auto-Oil Europea, se predijo que una reducción de 500 ppm a 30 ppm se traduciría en reducciones de emisiones de Partículas en Suspensión (*PM*, por sus siglas en inglés) del 7% de los vehículos ligeros y el 4% de los camiones de servicio pesado. Sin

embargo, las ecuaciones de predicción no se tienen en cuenta el nivel de PM absoluta o el consumo de combustible.

El azufre en el combustible se oxida durante la combustión para formar SO_2 , que es el principal compuesto de azufre emitido por el motor. Algunos de los SO_2 son oxidados a SO_4 . El sulfato y el agua asociados se unen en torno al núcleo de carbono de las partículas, esto aumenta la masa de la PM y por lo tanto el azufre en el combustible tiene una influencia significativa.

El azufre contenido en el combustible diesel es probable que se transforme en compuestos de azufre gaseoso en el catalizador de oxidación contenida en el sistema de Filtro de Partículas Diesel (DPF, por sus siglas en ingles), y puede ser transformado a través de las partículas de sulfato en la atmósfera secundaria. Por lo tanto, el uso de combustibles libres de azufre en los vehículos con sistemas DPF es muy recomendable para evitar este fenómeno.

La tabla 2.1 muestra las propiedades de Pemex diesel y diesel con la finalidad de observar los beneficios que pueden aportar hacia el motor.

Tabla 3.1 Propiedades de Pemex Diesel y Diesel. [17]

| PROPIEDAD | PEMEX DIESEL | DIESEL |
|---|---|---|
| Peso específico a 20°C | Informar | Informar |
| Temperaturas de destilación: | Informar | ----- |
| Tempe. Inicial de ebullición: | 275 máximo | Informar |
| 10% destila a | Informar | ----- |
| 50% destila a | 345 máximo | 350 máximo |
| 90% destila a | Informar | ----- |
| Tempe. Final de ebullición | | |
| Temperatura de inflamación | 45 mínimo | 60 mínimo |
| Temperatura de escurrimiento | | Marzo a octubre:: 0°C Máximo; Noviembre a febrero: -5°C Máximo |
| Temperatura de Nublamiento | Informar | Informar |
| Numero de cetano | 48 mínimo | --- |
| Indice de cetano | 48 mínimo | 40 mínimo |
| Azufre total | 500 máximo Zona fronteriza Norte Enero 2007 15 máximo ZMVM, ZMG, ZMM Enero 2009 15 máximo Resto del país Septiembre 2009: 15 máximo | 500 Máximo |
| Corrosión al Cu, 3 horas a 50°C | Estándar # 1 máximo | Estándar # 2 máximo |
| Residuos de carbono (en 10% de residuo) | 0.25 máximo | 0.25 máximo |
| Agua y sedimento | 0.05 máximo | 0.05maximo |
| Viscosidad cinemática a 40°C | 1.9 a 4.1 | 1.9 a 4.1 |
| Cenizas | 0.001 máximo | 0.001 máximo |
| Color | 2.5 máximo | Morado |
| Contenido de aromáticos | 30 máximo | -- |
| Lubricidad | 520 máximo | |
| HAPS | | Informar |

➤ Cenizas

Las cenizas del combustible y el lubricante pueden contribuir a la formación de coque de boquillas de los inyectores por lo tanto una disminución de vida de los filtros de partículas diesel. Los metales que forman cenizas, pueden estar presentes en los aditivos de combustible, aditivos para lubricantes o como un subproducto del proceso de refinación.

Las cenizas pueden estar presentes en el combustible en cuatro formas:

- Sólidos abrasivos, tales como los sólidos en suspensión y compuestos órgano-metálicos que contribuyen a los inyectores, bomba de combustible.
- Jabones Metálicos Solubles, que tienen poco efecto sobre el desgaste, pero puede contribuir a generar depósitos en el motor.
- Metales solubles, que pueden estar presentes en los combustibles derivados de vegetales como consecuencia de la absorción por la fuente de la planta y la eliminación inadecuada durante el proceso. El combustible biodiesel, por ejemplo, puede contener metales que se quedaron en el residuo resultante de los métodos comunes de producción de catalizadores.
- Los metales que se originan en el agua arrastrados por el combustible.

➤ Aromáticos

El combustible diesel con aromáticos influye en la temperatura de llama, y por lo tanto, las emisiones de NOx durante la combustión. Los hidrocarburos aromáticos poli cíclicos (PAH) en el combustible afectan a la formación de las partículas y las emisiones de PAH a través de un motor diesel.

➤ Lubricidad

Los componentes de la lubricación del combustible diesel se cree que son los hidrocarburos más pesados y los compuestos polares del combustible. Las bombas de combustible diesel, sin un sistema de lubricación externa, dependen de las propiedades lubricantes del combustible diesel para garantizar un funcionamiento adecuado. La lubricación inadecuada puede producir un aumento de las emisiones, excesivo desgaste de la bomba y en algunos casos una falla catastrófica.

➤ Partículas contaminadas

Finalmente se tiene que una contaminación excesiva de combustible diesel puede causar una obstrucción prematura de los filtros de combustible diesel y dependerá por una parte por las partículas contaminadas y el desgaste prematuro de las piezas modernas de inyección de combustible. Y por parte del tamaño y naturaleza de las partículas contaminada dará lugar a:

- Mal funcionamiento
- Falla de motor
- El aumento de las emisiones de gases de escape.

➤ E-DIESEL

El E-diesel suele tener un punto de inflamación extremadamente bajo, de alrededor de 13°C (55°F), que está muy por debajo del límite mínimo establecido por diferentes organizaciones: ASTM D975 de 52°C (126°F), 590 de nivel de 55°C mínimo (131°F), JIS K2204 estándar de 45°C (113°F).

Estos niveles de punto de inflamación es probable que generen riesgos para los motores, los vehículos y las instalaciones de distribución de combustibles, y plantea serias preocupaciones de seguridad (tales como las explosiones), para el manejo de combustible, almacenamiento y uso. Los fabricantes de vehículos y motores están preocupados que el e-diesel puede dañar partes de vehículos, especialmente los inyectores de combustible, y causar otros tipos de fallo del vehículo debido a la baja lubricidad. El conocer las propiedades importantes que ofrece combustible diesel también es importante conocer las que proporciona la gasolina y así hacer un comparativo de cual de estos dos tipos de combustible proporciona un mayor rendimiento para los vehículos.

II. Gasolina

La gasolina es una mezcla de productos obtenidos mediante diferentes procesos y mezclas, se ajustan las propiedades del combustible para obtener las características de funcionamiento deseadas, por lo tanto independientemente de su origen, la gasolina debe tener las propiedades siguientes:

- Características de golpeteo

Actualmente, el patrón de comparación es el número octano por lo tanto el mejor combustible es el que tiene mayor número de octano.

Los vehículos están diseñados y calibrados para un octanaje determinado, por lo tanto si se utiliza gasolina con un octanaje inferior a la requerida, puede dar lugar a golpes que podría conducir a graves daños al motor. Los motores equipados con sensores de detonación puede manejar bajos niveles de octanaje al retrasar la sincronización de la chispa, sin embargo, afecta el consumo de combustible, la facilidad de conducción y los niveles de bajo octanaje puede generar el golpeteo.

- Volatilidad

La volatilidad de la gasolina adecuada es fundamental para el funcionamiento de los motores de encendido por chispa con respecto al rendimiento y las emisiones, por lo que la volatilidad se caracteriza por dos medidas fundamentalmente, la presión de vapor y destilación así como ciertas características que se mencionan de la siguiente forma.

- Características de arranque. Una gasolina con un punto bajo de ebullición, es decir una mezcla del combustible a temperatura ambiente moverá con mayor rapidez al motor.
- Características de vaporización. En las tuberías y el flotador el combustible debe tener bajas presiones para evitar la evaporización, de no ser así limitara o impedirá el flujo del combustible líquido.

- Presión de vapor. Un buen control de presión de vapor, es decir, a altas temperaturas para reducir problemas de manipulación del combustible caliente, como el bloqueo de vapor o filtro de carbón activo sobrecarga y la reducción de las emisiones por evaporación. A bajas temperaturas superiores a la presión de vapor es necesaria para permitir la facilidad de arranque y un buen rendimiento de calentamiento.
- Comportamiento en la carrera. Combustibles con temperaturas bajas de destilación, son los mejores.
- Dilución en el cárter. La dilución del aceite lubricante tiene lugar cuando se condensa el combustible, o cuando deja de vaporizarse en el motor, siendo deseable una temperatura de destilación baja.
- Destilación. Los rendimientos de la gasolina o bien un conjunto de 'T' puntos (T50 es la temperatura a la cual el 50% de la gasolina destila) o 'E' puntos (E100 es el porcentaje de gasolina destilada a 100 grados). T50 excesivamente alto (bajo E100) puede conducir a un mal desempeño de partida y calentamiento moderado en la temperatura ambiente.

- Deposito gomosos y barniz.

El combustible no deberá depositar en el motor, ni goma ni barniz.

- Corrosión.

El combustible y los productos de la combustión no deben ser corrosivos.

- Costo.

El combustible deberá ser barato.

- Aditivos que forman Cenizas.

Los vehículos actuales emplean sofisticados equipos de control de emisiones como catalizadores de tres vías de escape y los sensores de oxígeno para proporcionar información precisa, y por otra parte, puede afectar negativamente el funcionamiento de los catalizadores y sensores de oxígeno, por lo tanto se debe utilizar gasolina de alta calidad y evitar las cenizas que forman los aditivos.

- Plomo.

Los aditivos de plomo tiene efectos para la salud por lo cual la necesidad de la gasolina sin plomo para apoyar las tecnologías de control de emisiones del vehículo, tales como los convertidores catalíticos y sensores de oxígeno, por lo que, la tolerancia a la contaminación por plomo es muy bajo y una leve proporción de plomo puede envenenar el catalizador.

- Manganeso (MMT)

El Tricarbonilo Metilciclopentadienilo de Manganeso (MMT), se utiliza como un aditivo de combustible para mejorar la gasolina, así como para el uso en el combustible diesel como un aditivo reductor de humo. La figura 3.3 proporciona el impacto del manganeso que se obtuvo de los vehículos de bajas emisiones y los depósitos de color marrón rojizo han sido identificados como el manganeso oxidado



Figura 3.3 Impacto del Manganeso en el nivel I/ Vehículos de bajas emisiones. [19]

- Hierro

El Hierro se ha utilizado para sustituir al plomo como un potenciador del octanaje de los combustibles sin plomo. Los depósitos pueden causar la falla prematura de las bujías de tal forma que reduce su vida útil hasta en un 90% en comparación con las expectativas normales de servicio lo que puede ocasionar un cortocircuito y así mismo causar fallas de encendido en caliente y finalmente causar daños térmicos en el catalizador de escape.

- Silicio

Los compuestos de silicio se utiliza como componente de mezcla de gasolina después de que el combustible ha salido de la refinería, por lo que el silicio en bajas concentraciones puede causar la falla de los sensores de oxígeno y altos niveles de depósitos en los motores catalíticos.

- Olefinas

Las olefinas en la gasolina puede llevar a la formación de depósitos y aumento de las emisiones, además son térmicamente inestables y pueden conducir a la formación de goma en los depósitos del sistema de admisión del motor, además su evaporación en la atmosfera contribuye a la formación de ozono y sus productos de combustión tóxicos forman dienos.

- Aromáticos

Los aromáticos son buenos componentes de octanaje de la gasolina, el contenido aromático en el combustible puede aumentar las emisiones por el tubo de escape, además los aromáticos pesados y otros compuestos de alto peso molecular, se han vinculado a la formación de depósitos en la cámara de combustión. El reducir los niveles de aromáticos en la gasolina reduce significativamente las emisiones tóxicas.

- Benceno

El control de los niveles de benceno en la gasolina es la forma más directa para limitar la evaporación y las emisiones de escape de benceno de los automóviles.

III. Biodiesel

Los biocombustibles son de especial interés hoy en día debido a su potencial para ayudar a reducir el uso de combustibles derivados del petróleo, mejorar la seguridad energética y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. El biodiesel es uno de los combustibles que es viable y en uso hoy en día, a lo largo de otros combustibles diésel es una prometedora alternativa como combustible diesel renovable (aceite vegetal con hidrógeno (HVO)).

Combustible biodiesel y las mezclas de biodiesel debe tener propiedades uniformes en todas partes, para asegurar una calidad constante, tanto antes como después de la mezcla.

➤ Contenido de Éster

Una baja cantidad de éster puede indicar que los compuestos que no ha reaccionado, como triglicéridos, o compuestos relacionados con el proceso, tales como catalizadores (KOH / NaOH) o metanol, se mantienen en el combustible. Los bajos niveles también puede indicar contaminación con compuestos no (Ésteres metílicos de ácidos grasos) (Fatty Acid Methyl Esters) FAME. Estas impurezas pueden causar obstrucción del filtro de combustible, depósitos en el motor u otros problemas.

➤ Número de Yodo

Índice de yodo indica el número total de enlaces dobles en la mezcla de moléculas, por lo que puede proporcionar información sobre la tendencia del combustible a formar sedimento, afectar la calidad del lubricante y / o causar corrosión. Por otra parte el limitar el número de yodo a 130 máximos puede impedir el uso de ciertas materias primas que se destacan en las diferentes regiones, especialmente de soja, girasol y otros aceites no saturados, pero el control puede no ser necesario si el combustible tiene una buena estabilidad a la oxidación.

➤ Número de acidez

Índice de acidez es una medida de los ácidos en el combustible. Estos ácidos provienen de dos fuentes: (i) los ácidos utilizados en la producción del biodiesel, que no se eliminan por completo en el proceso de producción, y (ii) como un subproducto de la degradación por oxidación lo cual la presencia de ácidos en el combustible puede dañar los sistemas de inyección y otros componentes metálicos.

➤ Metanol y otros alcoholes

El metanol es una materia prima utilizada para producir FAME. Otros alcoholes como el etanol, también se puede utilizar para producir éster etílico del ácido graso (FAEE), pero existe poca

experiencia en la producción de FAEE. Los glicéridos, que son de alto peso molecular reactivos en el proceso de producción de biodiesel, y por otro lado son indeseables porque pueden causar obstrucción del filtro, sobre todo a bajas temperaturas, al inyector y depósitos en el motor, además puede limitar la operatividad del vehículo en un amplio rango de condiciones.

➤ Densidad

La densidad de biodiesel es usualmente mayor que el del combustible diesel de origen fósil, con los valores específicos en función de la composición de ácidos grasos y la pureza. La contaminación puede afectar significativamente la densidad de FAME, por lo que esta propiedad puede ser utilizada para indicar la contaminación por parte de algunos compuestos no deseados y para controlar la calidad del combustible.

➤ Viscosidad cinemática

La viscosidad cinemática afecta a la lubricación de inyección y la atomización del combustible. Las mezclas de combustibles de biodiesel a niveles más altos de viscosidad tienden a formar gotas más grandes en la inyección que puede causar una mala combustión. Para una temperatura igual o inferior a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, la viscosidad debe ser igual o inferior a $48\text{ mm}^2/\text{s}$ ^[20] para evitar cargas peligrosas en el sistema de inyección de combustible.

➤ Punto de inflamación

La temperatura de punto de inflamación es la temperatura mínima a la cual el combustible se inflama sobre la aplicación de una fuente de ignición bajo condiciones específicas, las temperaturas mínimas del punto de inflamación es necesario para la seguridad y manejo del combustible. El punto de inflamación es inversamente proporcional a la volatilidad del combustible, y el punto de inflamación del biodiesel se puede disminuir rápidamente a medida que aumenta la cantidad de alcohol residual. Por lo tanto, la medición del punto de inflamación del biodiesel ayuda a indicar la presencia de metanol.

| | | |
|----------------------|----------|--------------------------------------|
| Punto de inflamación | 1000 min | $^{\circ}\text{C}$ ISO 3679/ASTM D93 |
|----------------------|----------|--------------------------------------|

➤ Cenizas

Las cenizas es una medida de la cantidad de metales y otros contaminantes inorgánicos contenidos en el combustible. Precursores de la ceniza puede estar presente en tres formas: (i) los sólidos abrasivos, (ii) los jabones metálicos solubles, y (iii) un catalizador biodiesel residual, cuando se oxida durante la combustión, estos materiales forman cenizas y los límites más estrictos son indicados en el siguiente cuadro.

| | | | |
|----------------------|-----------|-------|--------------------|
| Contenido de cenizas | 0.001 Max | % m/m | ISO 6245/ASTM D482 |
| Cenizas sulfatadas | 0.005 Max | % m/m | ISO 3987/ASTM D874 |

➤ Azufre

Se regulan los niveles de azufre en el combustible para asegurar la compatibilidad con los sistemas de control de emisiones. Las mezclas de biodiesel no podrán exceder los niveles máximos de azufre aplicables definidas para el diesel de petróleo, afortunadamente, la mayoría de biodiesel natural contiene menos de 10 ppm de azufre.

| | | | |
|--------|--------|-----|------------------------------------|
| Azufre | 10 Max | ppm | En 20846/20884 ASTM D5453/D2622 |
|--------|--------|-----|------------------------------------|

➤ Fósforo

El fósforo en gran medida puede afectar la eficacia de los sistemas de control de emisiones. Su influencia es acumulativa, lo que significa que incluso niveles muy bajos en el combustible puede llevar a un deterioro prematuro en el transcurso del tiempo, especialmente cuando el motor consume una cantidad significativa de combustible contaminado.

| | | | |
|---------|-------|-------|------------------------------|
| Fósforo | 4 Max | mg/kg | En 14107 ASTM D4951,D3231 |
|---------|-------|-------|------------------------------|

IV. Etanol

El etanol es uno de los combustibles que es viable y en uso hoy en día como un aditivo de la gasolina directa, así como materia prima para la fabricación de aditivos para la gasolina éter. La buena calidad del etanol es fundamental para su éxito como combustible y como materia prima para los aditivos de combustible.

- Etanol para C5 alcoholes saturados (anhidro)

Este límite recomendado, que se aplica al etanol anhidro, es una medida de calidad que deben considerarse en conjunto con los límites de metanol y agua. Se trata de un límite aceptable de menor nivel de mezcla de etanol, un mínimo de 99,5% v / v, se recomienda, sin embargo, para las mezclas entre E5 y E10 (10% ethanol blended gasoline).

- Agua

El agua en el combustible puede promover el crecimiento y la corrosión microbiana. Si el contenido de agua es demasiado alto, la separación de fases puede ocurrir después de su mezcla con gasolina. El agua sin disolver en la línea de combustible puede causar que el motor funcione de manera desigual o se estanca.

El etanol se disuelve en la gasolina y el agua, pero el agua no se disuelve en la gasolina limpia, excepto en pequeñas cantidades. Esto significa que si el etanol se mezcla con gasolina se dispondrá de más agua en la mezcla de combustible, lo que aumenta el potencial de crecimiento y de la corrosión microbiana. También significa que la separación de fases se produce más fácilmente en los niveles más bajos de etanol en la mezcla de gasolina. El límite

de las aguas a bajas tasas de nivel de mezcla de etanol (por ejemplo, en o por debajo de 5% en volumen) y un mayor nivel de agua, hasta el 0,7% m / m, está permitido. Se deben tratar de minimizar el contenido de agua durante la distribución a través de un manejo cuidadoso y un buen mantenimiento. La presencia de agua indica la necesidad de mejorar las prácticas de manejo de etanol.

| | | | |
|------|---------|------|--------------------|
| Agua | 0.3 Max | %m/m | En 15489/ASTM E203 |
|------|---------|------|--------------------|

- Densidad

La densidad es una medida de la calidad de la mezcla de los valores. El combustible etanol debe estar compuesto casi en su totalidad de las moléculas de etanol, por lo que su densidad debe aproximarse a la de etanol puro.

- Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica se correlaciona estrechamente con la cantidad de iones metálicos, tales como cloruro, sulfato, sodio y hierro en el combustible. A mayor conductividad eléctrica significa que el combustible contiene una mayor cantidad de iones metálicos y corrosivos que promueven la corrosión y fallas en la línea de combustible del vehículo y que también causan depósitos en los inyectores. Este límite es equivalente a 5 ppm para la suma de los iones de sodio, sulfato y cloruro.

- Cloruro inorgánico

El cloruro inorgánico es extremadamente corrosivo y corroe los metales en las líneas de combustible del vehículo, incluso a niveles bajos de contaminación. El control de la conductividad eléctrica ayudará a minimizar la presencia del ión de cloruro.

| | | | |
|--------------------|----------|------|---------------------|
| Cloruro inorgánico | 10.0 Max | mg/l | En 15489/ASTM D7328 |
|--------------------|----------|------|---------------------|

- Sulfato

El sulfato es muy corrosivo y corroe los metales en el sistema de combustible del vehículo, incluso a niveles bajos de contaminación. El control de la conductividad eléctrica ayudará a minimizar la presencia de sulfato.

| | | | |
|---------|-------|-------|---------------------|
| Sulfato | 4 Max | mg/kg | En 15492/ASTM D7318 |
|---------|-------|-------|---------------------|

- Cobre

La producción de etanol en los materiales hechos con cobre puede causar que el metal se introduzca en el combustible. El control de la conductividad eléctrica ayudará a minimizar la presencia de cobre. El plasma de acoplamiento inductivo (ICP) espectrometría puede ser usado para medir el cobre, sodio, hierro y fósforo en una prueba.

- Fósforo

El fósforo puede entrar en el etanol a través de absorción de la planta de productos químicos agrícolas. El fósforo es un catalizador venenoso poderoso y hará que las emisiones de escape aumenten.

- Azufre

La mayoría del etanol no contiene azufre, pero ciertos métodos de producción pueden introducir compuestos de azufre en el combustible, por lo que no debe exceder de 10 por cada mg/kg de acuerdo a la ASTM.

- Metales pesados

El combustible de etanol no debe contener metales pesados, ya que es un veneno para los catalizadores y causan un aumento de las emisiones en el escape. En el caso de etanol desnaturalizado, este límite puede ser innecesario.

- El pH e

El valor de la acidez y la alcalinidad, proporcionan que tanto puede aumentar la corrosión. Un valor más alto significa que el combustible contiene los componentes más alcalinos, y un valor más bajo significa que contiene los componentes más ácidos. Un valor de 7 indica la neutralidad, y el combustible debe ser lo más cercano a neutral como sea posible.

- Presentación

El combustible debe tener un aspecto limpio y libre de agua y sedimentos visibles. La presencia de estos materiales en general, indica las malas prácticas de manejo de combustible.

3.3 CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DEL TREN-MOTRIZ

El tren motriz de un vehículo es el conjunto de sistemas y elementos que permiten transformar la energía interna del combustible que se introduce en el motor en trabajo y movimiento del vehículo, a través de una serie de transformaciones termoquímicas de la energía proporcionada por el combustible.^[8]

La selección del tren motriz tiene una gran importancia debido a que por las condiciones geográficas del país y por otra parte por el incremento del costo del combustible que repercute directamente en los costos de operación, exclusivamente cuando el tren motriz no es el adecuado. Un tren motriz idóneo debe proporcionar las siguientes características a un vehículo:

- Capacidad de arranque en pendiente (startability).
- Capacidad de ascenso en pendiente (gradeability).
- Velocidad máxima.
- Aceleración.
- Capacidad de carga.

Al seleccionar un vehículo, la selección del tren motriz del mismo, es la etapa que requiere de más atención, ya que depende de la configuración que se seleccione, los problemas o ventajas que se tendrán durante la operación del vehículo. El tren motriz está integrado por:

- ◆ Motor
- ◆ Embrague
- ◆ Transmisión
- ◆ Diferencial
- ◆ Llantas

3.3.1 MOTOR

3.3.1.1 CICLO DIESEL TEÓRICO Y REAL

Los vehículos en el autotransporte disponen de motores de combustión interna que aportan potencia a partir de la combustión de un hidrocarburo con el aire ambiente. Los hidrocarburos manejados en este tipo de motores son gasolina o diesel, sin embargo, debido a que en el autotransporte de servicio pesado el motor utilizado de manera general es el motor a diesel, por tal motivo, es preciso conocer el principio de funcionamiento de este tipo de motor. El motor diesel es un motor de encendido por compresión constituido por un conjunto de mecanismos de precisión que al trabajar en forma sincronizada, convierte la energía química almacenada en el combustible en trabajo mecánico, utilizando el principio de cuatro o dos tiempos.

Ciclo Diesel Teórico

Representando en un sistema de ejes coordenados **P-V** el funcionamiento teórico de estos motores queda determinado por el diagrama de la siguiente figura:

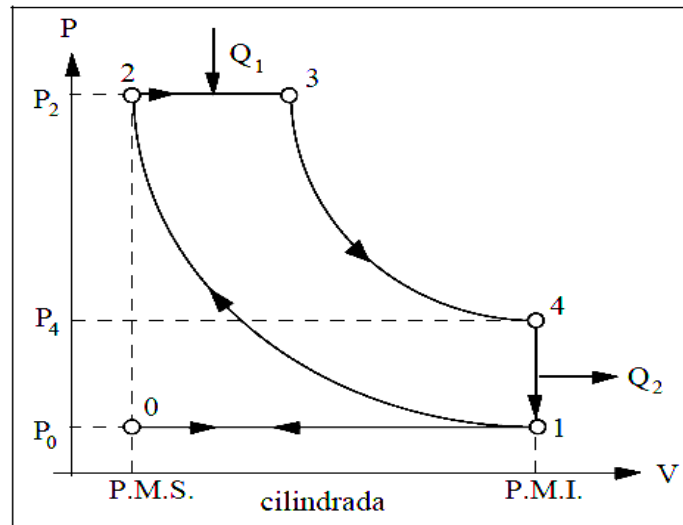


Figura 3.4 Diagrama P-V del ciclo Diesel teórico. [22]

0-1.- Admisión (Isóbara): Durante la admisión el cilindro se llena totalmente de aire que circula sin rozamiento por los conductos de admisión, por lo que se puede considerar que la presión se mantiene constante e igual a la presión atmosférica. Es por lo que esta carrera puede ser representada por una transformación isóbara. ($P=K$)

1-2.- Compresión (adiabática): Durante esta carrera el aire es comprimido hasta ocupar el volumen correspondiente a la cámara de combustión y alcanza en el punto (2) presiones de, orden de 50 Kp/cm^2 y por hacerse muy rápidamente no hay que considerar pérdidas de calor por lo que esta transformación puede considerarse como adiabática. La temperatura alcanzada al finalizar la compresión supera los 600 °C , que es la temperatura necesaria para producir la auto-inflamación del combustible sin necesidad de chispa eléctrica.

2-3.- Inyección y combustión (Isobara); Durante el tiempo que dura la inyección, el pistón inicia su descenso, pero la presión del interior del cilindro por lo que se mantiene constante, transformación isobara, debido a que el combustible que entra se quema progresivamente a medida que entra en el cilindro, compensando el aumento de volumen que genera el desplazamiento del pistón. Esto se conoce como retraso de combustión.

3-4.- Terminada la inyección se produce una expansión (3-4), la cual como la compresión se realiza sin intercambio de calor con el medio exterior, por lo que se considera una transformación adiabática. La presión interna descendiendo a medida que el cilindro aumenta de volumen.

4-1.- Primera fase del escape (Isocora): En el punto (4) se supone que se abre instantáneamente la válvula de escape y los gases quemados salen tan rápidamente al

exterior, que el pistón no se mueve, por lo que se puede considerar que la transformación que experimentan es una isocora. La presión en el cilindro baja hasta la presión atmosférica una cantidad de calor Q_2 no transformado en trabajo es cedido a la atmosfera.

1-0.- Segunda fase del escape (Isobara): Los gases residuales que quedan en el interior del cilindro son expulsados al exterior por el pistón durante su recorrido (1-0) hasta el Punto Muerto Superior (PMS). Al llegar a él de forma instantánea se cierra la válvula de escape y se abre la de admisión para iniciar un nuevo ciclo. Como no hay pérdida de carga deba al razonamiento de los gases quemados al circular por los conductos de escape, la transformación (1-0) puede ser considerada como isobara.

Ciclo Diesel Real

El ciclo real refleja las condiciones reales de funcionamiento de un motor y se identifica con el diagrama de las presiones medidas en el cilindro correspondiente a las diferentes posiciones del pistón.

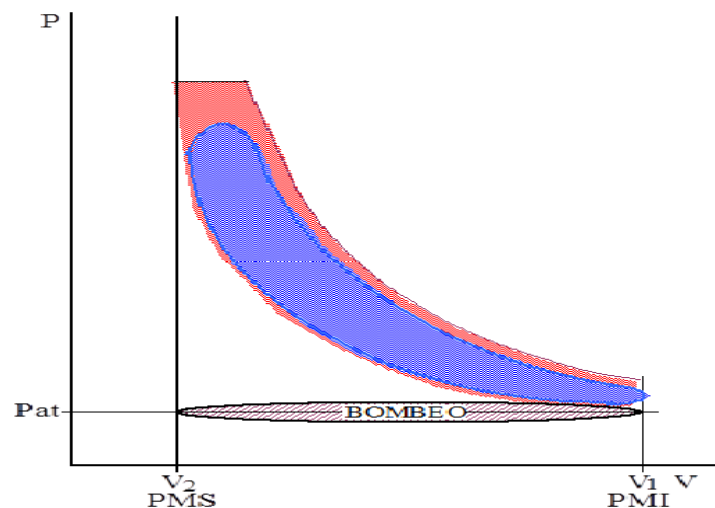


Figura 3.5 Comparación entre los ciclos Diesel teórico e indicado. [23]

Las diferencias que surgen entre el ciclo indicado y el ciclo teórico, están causadas por:

- Pérdidas de calor, las cuales son bastante importantes en el ciclo real, ya que al estar el cilindro refrigerado, para asegurar el buen funcionamiento del pistón, una cierta parte de calor del fluido se transmite a las paredes, y las líneas de compresión y expansión no son adiabáticas sino poli trópicas y con exponente n .
- Tiempo de apertura y cierre de la válvula de admisión y de escape, aunque en el ciclo teórico se supuso que la apertura y cierre de válvulas ocurría instantáneamente, al ser físicamente imposible, esta acción tiene lugar en un tiempo relativamente largo, por lo que, para mejorar el llenado y vaciado del cilindro, las válvulas de admisión y de escape se abren con anticipación lo que provoca una pérdida de trabajo útil.

- Combustión no instantánea, ya que aunque en el ciclo teórico se supone que la combustión se realiza según una transformación isocora instantánea, en el ciclo real la combustión dura un cierto tiempo. Por ello, si el encendido o la inyección tuviese lugar justamente en el P.M.S., la combustión ocurriría mientras el pistón se aleja de dicho punto, con la correspondiente pérdida de trabajo.
- Pérdidas por bombeo, las cuales aunque en el ciclo teórico se supone que tanto la admisión como el escape se realizan a presión constante, considerando que el fluido activo circula por los conductos de admisión y escape sin rozamiento, en el ciclo aparece una pérdida de carga debida al rozamiento, que causa una notable pérdida energética.

3.3.1.2 PARTES DEL MOTOR DIESEL

Los principales sistemas que componen un motor diesel son:

- Sistema de aire de admisión
- Sistema de combustible
- Sistema de lubricación
- Sistema de enfriamiento
- Los gases de escape del sistema o de escape
- Sistema de arranque

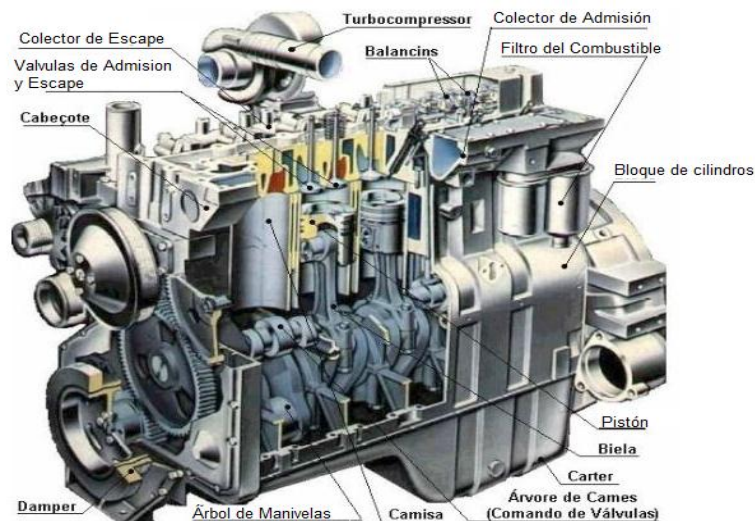


Figura 3.6 partes del motor Diesel [25]

Filtros

Existen básicamente 4 grupos principales de componentes de filtración o tipos de filtros en un vehículo: el filtro de aceite, el filtro de aire, el filtro de combustible (tanto para gasolina como para diesel) y el filtro de habitáculo.

Filtro de Aceite: Un filtro de aceite puede obstruirse o bloquearse debido a su uso. En ese caso, el aceite sucio se vierte en el motor, acortando la vida del mismo (al provocar el recalentamiento y la corrosión de ciertas partes del propulsor). Se recomienda reemplazar aproximadamente cada 10.000 kilómetros.

Filtro de aire: Si el filtro de aire se obstruye, el rendimiento del motor se reduce, provocando disminuciones en la potencia y un mayor desgaste del motor. Se recomienda reemplazar cada 15 ó 20 mil kilómetros, especialmente en zonas muy urbanizadas (donde se concentran gran cantidad de partículas de polvo y suciedad) o se circula habitualmente por calzadas no asfaltadas.

Filtro de combustible: En un vehículo de gasolina, un filtro sucio puede interferir en el flujo de gasolina hacia el motor, provocando un menor rendimiento del propulsor del vehículo, pudiendo llegar en casos extremos a producir su parada total. En un vehículo diesel, la bomba de combustible y los inyectores son especialmente sensibles al agua. Por ello, el filtro de combustible de los motores diesel tiene la función principal de separar el agua del combustible para prevenir, gracias a un correcto funcionamiento, la corrosión y el desgaste prematuro del motor. La recomendación es reemplazar el filtro de motores diesel cada 20.000 kilómetros y el de vehículos de gasolina aproximadamente cada 40.000 kilómetros.

Filtro de habitáculo: Si este tipo de filtro no es sustituido con regularidad, el aire del habitáculo no puede regenerarse, ni tampoco pueden ser eliminadas las impurezas que contiene, como el polvo o el polen. Aunque no afecta directamente a la seguridad del vehículo, si puede ocasionar alergias en el conductor y provocar un accidente.^[26]

Bloque de cilindros

El bloque de cilindros forma el armazón del motor. Generalmente está hecho de hierro fundido, pero a fin de reducir el peso, así como para mejorar la eficiencia de enfriamiento, muchos son hechos de aleación de aluminio. Las partes principales del bloque de cilindros son las siguientes:

Cilindros: estos son los tubos cilíndricos en los cuales los pistones se mueven arriba y abajo.

Camisas de Agua: estas proveen conductos para el refrigerante usado para enfriar los cilindros.

Galerías de Aceite: estas proveen conductos para la entrega del aceite de motor al bloque de cilindros y culata de cilindros.

Rodamientos del Cigüeñal: estas partes sostienen al cigüeñal vía rodamientos.

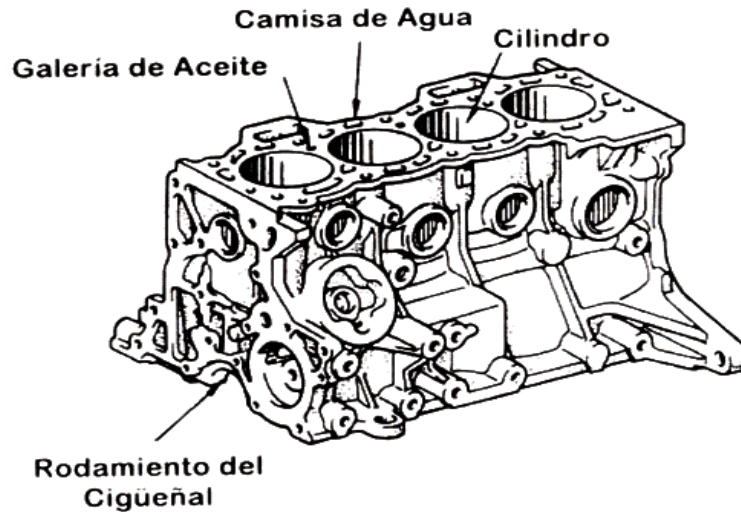


Figura 3.7 Configuración del bloque de cilindros [27]

Culata de cilindros

La culata de cilindros es montada en la parte superior del bloque de cilindros, que en unión con los cilindros y pistones, forman la cámara de combustión. Como en el bloque de cilindros, la culata de cilindros, está hecha de hierro fundido o aleación de aluminio. Las partes principales de la culata de cilindros tienen los siguientes nombres y funciones:

Cámara de Combustión: esta cámara es donde la mezcla de aire-combustible es quemada y donde las bujías de encendido prenden la mezcla aire-combustible que es ingresada.

Orificios de Admisión y Escape: estos son conductos a través de los cuales la mezcla aire-combustible es entregada al cilindro y a través de los cuales los gases de escape son expulsados desde los cilindros. Ellos son abiertos y cerrados por sus respectivas válvulas.

Camisa de Agua y Galería de Aceite: estas proveen conductos para el refrigerante y aceite del motor alrededor de las cámaras de combustión para enfriarlas. [27]

3.3.1.3 EMISIONES DEL AUTOTRANSPORTE

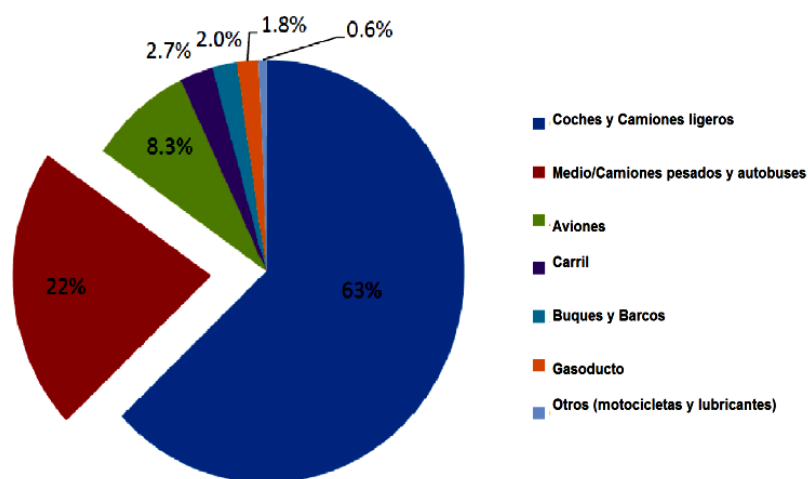
Las emisiones contaminantes de los vehículos pesados están reguladas en términos de emisiones de sus motores. La forma de regular las emisiones dadas la gran diversidad de vehículos pesados, la Agencia de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés) decidió hace muchos años regular los fabricantes de motores. Las normas de emisiones para motores de servicio pesado se expresan en términos de masa (gramos) por unidad de producción de energía.

La certificación consiste en realizar pruebas, donde el motor de datos se ejecuta durante 125 horas y se mide con el procedimiento de prueba federal (FTP, por sus siglas en inglés) y en el ciclo modal rampa (RMC). El factor de durabilidad / deterioro (DF por sus siglas en inglés) del motor, se ejecuta por un período de tiempo que represente un 35 por ciento de la vida útil del motor y para demostrar la durabilidad del sistema de control de emisiones y establecer el

deterioro. Las emisiones se miden en tres puntos durante la prueba DF (125 horas, punto medio y final de la prueba) en el FTP y RMC. Después de las pruebas, todos los datos son presentados a la EPA como parte de la solicitud de certificación.

La EPA también puede hacer uso de ensayos de emisiones de los vehículos en servicio regular. Esta prueba se realiza mediante un sistema de medición de emisiones portátil ya sea sobre el terreno o en un dinamómetro de chasis. Se miden las emisiones durante un período de 30 minutos (en constante actualización) y se realiza una determinación de que las emisiones no superen o excedan los valores (por lo general ya sea 125 o 150 por ciento de los valores regulados en función de la familia de motores).

Los camiones de carga pesada en los EE.UU son la mayor fuente de emisiones de gases de efecto invernadero (GHG por sus siglas en ingles) en el sector del transporte después de los vehículos ligeros. El sector transporte representa aproximadamente el 22 por ciento de todas las emisiones de GHG, como se muestra en la Figura 3.7 Camiones pesados son una fuente de crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero, las emisiones totales de GHG de este sector aumentó en 72 por ciento de 1990 a 2008, mientras que las emisiones de gases de efecto invernadero del turismo creció aproximadamente un 20 por ciento durante el mismo período.



Fuente: EPA de los EE.UU., el Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y los sumideros: 1990-2008, publicado en abril de 2010

Figura 3.8 Emisiones de gases de efecto invernadero de los diferentes tipos de transporte [11].

El sector transporte es una de las fuentes mas importantes de gases de efecto invernadero a escala mundial, así mismo la tendencia de las emisiones causadas por el transporte en México es a crecer, pues en 1990 aportaba un 4.8 GtCO_{2eq} y en 2004 aumentó a 6.4 por lo que es uno de los principales contrapesos del desarrollo sustentable [Figura 3.9].

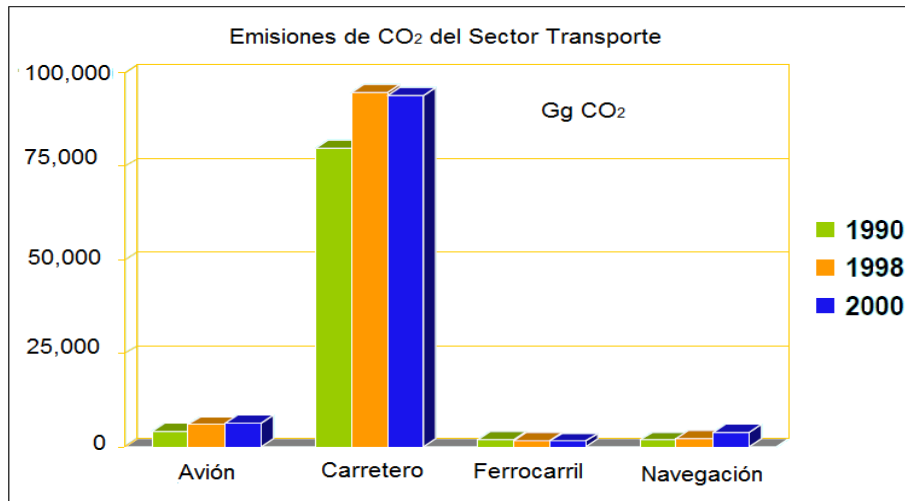


Figura 3.9 Emisiones del sector transporte en México. [28]

3.3.1.4 DISPOSITIVOS PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES SCR Y EGR

SCR

La tecnología reducción catalítica selectiva (SCR por sus siglas en inglés) es utilizada para cumplir con las más exigentes normas ambientales, en lo que se refiere a emisión de gases de escape. La Reducción Catalítica Selectiva (SCR) es un sistema de postratamiento que inyecta una pequeña cantidad de líquido de una solución de diesel a base de agua de urea en los gases de escape. [24]

La gran mayoría de los fabricantes de motores han optado por la tecnología SCR para cumplir con dichas normas. Sus principales ventajas son:

1. Reducción en el consumo de diesel de hasta un 6%, comparado con los motores Euro 3.
2. Optimización en la performance de los motores diesel. La combustión se optimiza, sin importar los NO_x generados, ya que los mismos serán tratados luego en el sistema SCR.
3. Los motores con tecnología SCR, generan menos partículas - PM - (formadas por la combustión incompleta) que los motores con tecnología EGR, por lo que los filtros que separan las mismas, tienen una mayor durabilidad.
4. Mayores intervalos entre los cambios de aceite, comparado con los motores Euro 3.
5. El mantenimiento del sistema SCR no tiene costo extra alguno, el mismo está diseñado para durar toda la vida útil del vehículo.
6. Trabaja con distintas calidades de combustible (hasta 500ppm de azufre).
7. La tecnología SCR ha sido implementada y utilizada satisfactoriamente en toda Europa.

EGR

La recirculación de gases de escape (EGR, por sus siglas en inglés), es una tecnología mediante la cual se recirculan los gases de escape nuevamente al sistema de combustión, a los cilindros, reduciendo de esta manera la concentración de oxígeno en la combustión. Esto reduce la temperatura de combustión, por ende la formación de óxidos de nitrógeno (NOx).

Las válvulas de control dosifican el porcentaje de gases de escape que volverán al sistema de combustión. Con la tecnología EGR, se logra cumplir con las más exigente normas para la emisión de gases de escape. En contrapartida la recirculación de los gases de escape, disminuye la densidad de potencia y aumenta la formación de partículas (formadas por la combustión incompleta). Para lograr cumplir con la norma Euro 4 la cantidad de azufre presente en el combustible, no debe ser superior a los 50 ppm de azufre. En el caso de Euro 5, la restricción aumenta a 15 ppm de Azufre.

3.3.2 TRANSMISIÓN

La transmisión o caja de cambio de velocidades es la parte del tren motriz que aprovecha el torque y las revoluciones por minuto que desarrolla el motor para modificarlos mediante una serie de engranes y transmitirlos a las ruedas motrices, permitiendo al vehículo desarrollar una variedad de velocidades.^[8]

La transmisión y el diferencial proporcionan la relación de engranes necesarios para utilizar de manera efectiva la potencia del motor. Por lo que la selección cuidadosa de la relación de engranes hace posible alcanzar la operación del motor dentro de su rango de trabajo para maximizar el desempeño al menor costo.

Para la selección de la relación de engranes para el acoplamiento de la transmisión con el eje trasero es conveniente considerar lo siguiente:

- Seleccionar la relación correcta de engranes a través de la experiencia del desempeño de las unidades bajo condiciones similares a las requeridas.
- Las relaciones de los engranes deberán ser numéricamente lo suficientemente rápidos para
- asegurar la velocidad deseada durante la operación en autopistas. La velocidad límite se deberá alcanzar cerca del 90% de la velocidad gobernada del motor.
- La relación de engranes deberá ser numéricamente baja para proporcionar un máximo desempeño con combinaciones de engranes menores, y una arrancabilidad (startability) bajo todas las condiciones de operación. Para arrancar un vehículo sobre una pendiente se requerirá una reducción que permita arrancar la unidad equivalente al 10% más la reducción requerida para negociar la pendiente deseada. La reducción total del engrane bajo en el tren de engranes es equivalente al producto del menor engrane en cada componente.

- Lograr con la última relación de caja y sobre carreteras planas o autopistas, una velocidad que corresponda al límite legal y que permite al motor girar alrededor del régimen de consumo mínimo.
- Una transmisión mal seleccionada para un vehículo de carga, puede hacer que el régimen del motor disminuya al grado de no permitir el avance del vehículo. Existen transmisiones con sobre marcha (overdrive) que permiten operar al vehículo dentro de la velocidad crucero, controlando la velocidad del motor.

El rango de las relaciones de la sobremarcha se encuentra entre 0.6:1.0 y 0.8:1.0, que proporcionan una velocidad mayor del vehículo a bajas r.p.m. del motor. La vida de una transmisión se ve afectada por el uso inadecuado de la sobremarcha como es el caso de operación con cargas pesadas o en combinación con la relación del diferencial bajo. Se recomienda el uso de la sobremarcha solamente cuando se puedan mantener altas velocidades del vehículo y el motor pueda sostenerlas. ^[14]

El controlador de la transmisión manual automatizada (AMT, por sus siglas en inglés) puede igualar el desempeño de cambio (cambio de hora y suavidad) de un conductor experto, siempre que los controles estén bien diseñados y adaptados cuidadosamente. El AMT ofrece varias ventajas sobre una transmisión manual convencional:

- El requisito de la habilidad del piloto es menor.
- Hay menos distracciones del conductor, mejorando la seguridad de vehículos y la productividad.
- El módulo de control decide cuándo hacer el cambio, que se puede utilizar para reducir el consumo de combustible en comparación con un conductor medio.
- Los cambios siempre se realizan sin problemas, que pueden mejorar la durabilidad de la transmisión.

3.4 ASPECTOS SOBRE RESISTENCIA AL AVANCE.

Los vehículos pueden mantener una velocidad, acelerar y subir pendientes, debido a que las ruedas motrices ejercen una fuerza de empuje sobre el eje y en contra del suelo, transmitida por el rozamiento neumático-superficie de rodamiento. Esta es la denominada fuerza de tracción en rueda que se puede obtener dividiendo el par en rueda entre el radio de la rueda. La fuerza de tracción en rueda, vence a una serie de fuerzas que son las que contrarrestan el avance y aceleración del vehículo, conocidas como “fuerzas de resistencia al avance”, y que a continuación se detallan: [8]

- La resistencia aerodinámica
- La resistencia al rodamiento
- La resistencia por pendiente
- La resistencia por inercia

3.4.1 AERODINÁMICA

La resistencia aerodinámica resulta de las fuerzas que actúan sobre un vehículo a su paso por el aire. La magnitud de las fuerzas que ejercen sobre un vehículo depende de la velocidad, el área frontal del vehículo, la forma del camión y la densidad del aire que incrementa con el aumento de la velocidad al cuadrado, por lo tanto en cuanto mayor es la velocidad, mucho mayor es la potencia necesaria para vencer la resistencia aerodinámica.

El movimiento de un vehículo en el aire se ve afectado por la fuerza aerodinámica, la cual se puede dividir en dos fuerzas:

- Fuerza de sustentación, es vertical hacia arriba. Es por ello que a los vehículos se les colocan alerones para que estos no se eleven a altas velocidades.
- Fuerza de arrastre, es horizontal y se opone al movimiento del vehículo. Esta tiene mayor influencia porque se opone al movimiento del vehículo fuerza de arrastre, la cual se calcula por medio de la fórmula: ^[8]

$$F_1 = 0.5C_x\rho SV^2$$

Donde:

F_1 = Fuerza de arrastre
 C_x = Coeficiente de arrastre y su valor se encuentra ente 0.1 y 1.0 dependiendo de la forma del perfil aerodinamico
 Valor de la densidad del aire $\approx 1.2 \text{ Kg/m}^3$
 V = Velocidad del vehículo
 S = Área frontal del vehículo

La figura 3.10 muestra las ayudas aerodinámicas pueden tener un gran impacto en la economía de combustible del vehículo en un ciclo de trabajo interestatal y muy poco impacto en un ciclo de servicio interurbano.

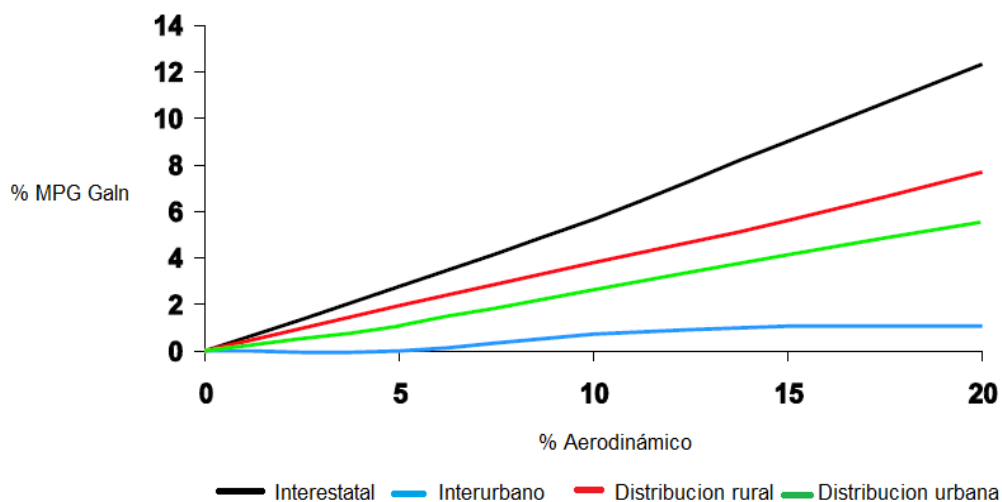


Figura 3.10 Ayudas aerodinámicas para los diferentes servicios. [9]

Ahora bien para mejorar la eficacia aerodinámica de la cabina se debe considerar algunos elementos que pueden lograr este objetivo pero todo dependerá del tipo de remolque y cargas

transportadas, además de la velocidad del vehículo se determinará la efectividad de un elemento determinado, por ejemplo:

- Accesorios primarios
- Carenados
- Capo inclinado
- Esquinas redondeadas
- Parachoques aerodinámicos
- Aire presa
- Luces aerodinámicas
- Parabrisas inclinadas
- Parabrisas curvos
- Espejos aerodinámicos
- Lado de extensión
- Faldones laterales
- Filtros de aire exteriores
- Sistemas de escape
- Bisagras
- Agarra asas

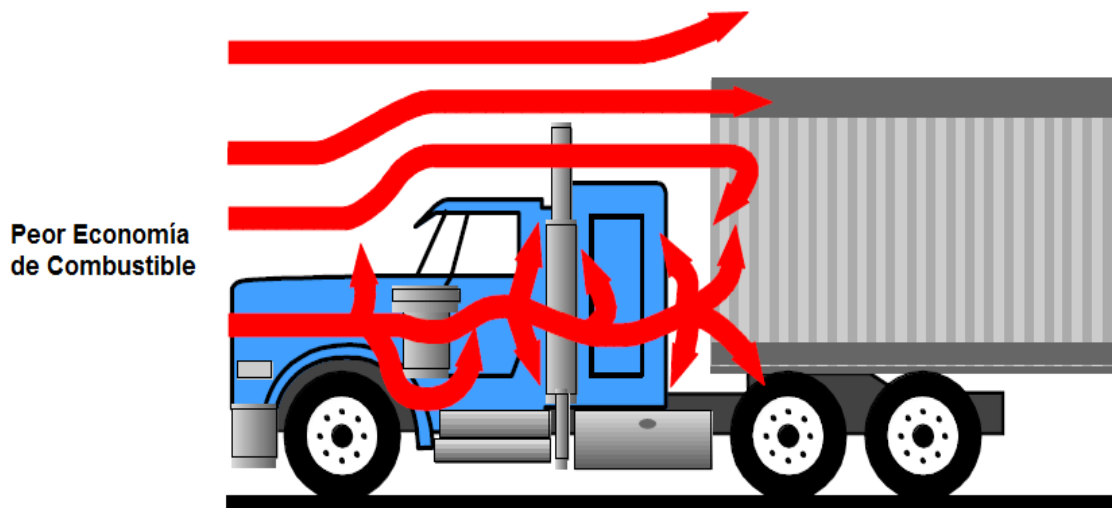


Figura 3.11 Vehículo con la peor economía de combustible [9]

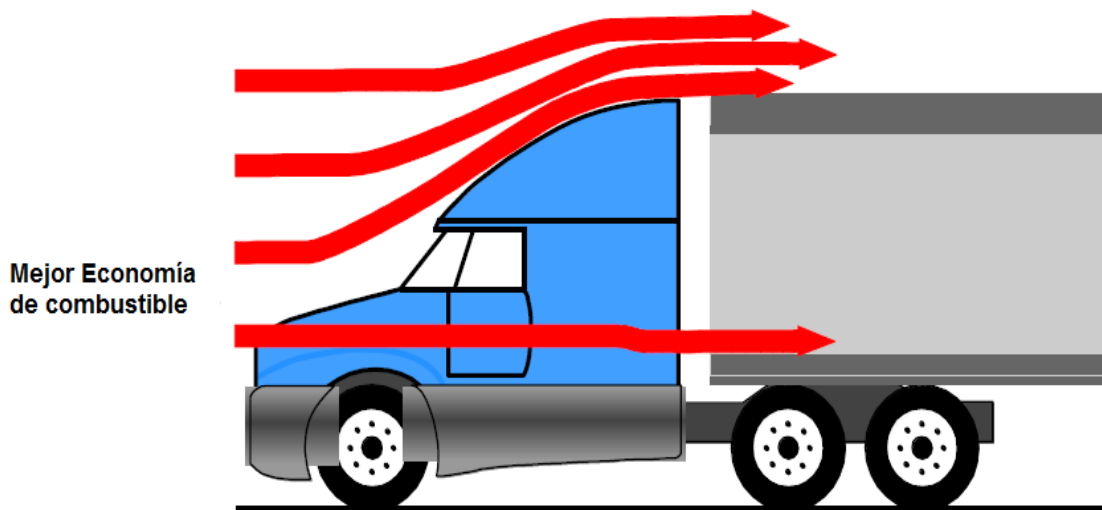


Figura 3.12 Vehículo con la mejor economía de combustible. [9]

La métrica estándar para comparar las pérdidas aerodinámicas es el coeficiente de arrastre (C_d). Los diseñadores de vehículos tratan de minimizar el coeficiente de arrastre con el fin de reducir el consumo de combustible a altas velocidades, donde la resistencia aerodinámica representa una fracción importante de la energía necesaria para mantener el vehículo en movimiento.

Los coeficientes de resistencia aerodinámica de los tractocamiones actuales diseñados con lados lisos de los tráiler son alrededor de 0.6 a 0.65, que es superior a los valores que se encuentran normalmente en los vehículos ligeros. Los valores más altos de C_d para tracto-tráiler se deben esencialmente al hecho de que las cajas son grandes para optimizar el transporte de mercancías.

Es útil mostrar gráficamente el consumo de energía aerodinámica en función de la velocidad en carretera. Consideremos la figura 3.13 muestra una curva azul ($C_d = 0,625$) típica de la combinación actual de un tractor-tráiler. La curva verde representa una reducción del veinte por ciento en el C_d , y por lo tanto en la pérdida de potencia aerodinámica. Un veinte por ciento de reducción en los resultados de C_d y una reducción del consumo de combustible de un diez por ciento a 65 mph. La misma figura muestra la curva de la energía consumida por la resistencia a la rodadura del neumático.

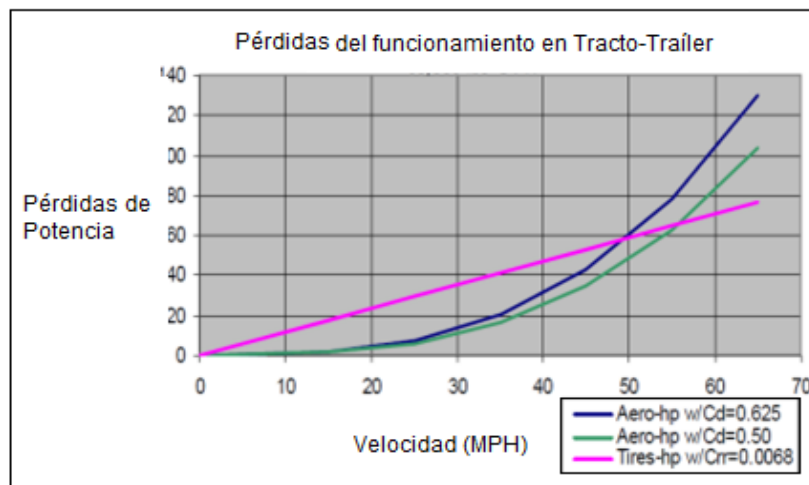


Figura 3.13 Aerodinámicas y neumáticos, pérdidas de potencia en la combinación de tractor- van tráiler. [14]

El tractor de servicio pesado no solo tiene unos valores de coeficientes de arrastre más altos que los vehículos ligeros, también tienen un área frontal que es 3 a 3.7 veces más grande que los automóviles. Los valores del factor $C_d \cdot A$ (las veces del coeficiente de arrastre del área frontal) de camiones pesados son aproximadamente de 4,7 a 7,7 veces mayor que los vehículos ligeros, que se traduce en un incremento en el consumo de energía aerodinámica de la misma magnitud, además la resistencia aerodinámica es mayor que la resistencia al rodamiento a velocidades superiores de 48 mph. La tabla 3.1 muestra las cuotas de mercado de varios elementos aerodinámicos en los tractores. El escudo de techo tiene una cuota de mercado muy alta, mientras que las faldas del chasis relativamente propensas a daños tienen una participación menor. El extensor lateral de la cabina funciona con el escudo de techo para minimizar la brecha entre tractores y remolques. Esta brecha tiene un papel importante en la determinación del C_d de vehículos en general.

Tabla 3.1 Tractocamión clase 8 con tecnologías aerodinámicas, teniendo en cuenta el periodo de tiempo del 2012 [10]

| Tecnologías | Reducción del consumo de combustible (%) | Mejorar C_d (%) | Costo (\$) dolares) | Tasa de adopción industrial (%) |
|-----------------------------------|--|-------------------|---------------------|---------------------------------|
| Techo de la cabina | N/A | N/A | 1,000 | N/A |
| Deflector | 4-7 | 13 | 1,300 | Máximo |
| Carenado del techo del dormitorio | 7-10 | 15-20 | 500-\$1,00 | Estándar |
| Chasis de la falda | 3-4 | 4-7 | 1,500-2,000 | 50-60 |
| Extensión de la cabina | 2-3 | 4-5 | 300-\$500 | 80-90 |
| Siguiente generación | N/A | N/A | N/A | 2012 |
| Paquetes | 3-4 | 6-8 | 2,750 | Introducción |

3.4.2 RODAMIENTO

La resistencia a la rodadura es el segundo contribuyente más importante a las necesidades de alimentación del vehículo y está influenciada por múltiples factores:

- Velocidad del vehículo
- Carga / peso bruto combinado
- Presión de inflación
- Construcción del neumático/ tipo de la banda de rodamiento / profundidad
- La temperatura ambiente
- superficie de la carretera
- Neumáticos de vehículos y la alineación del eje.

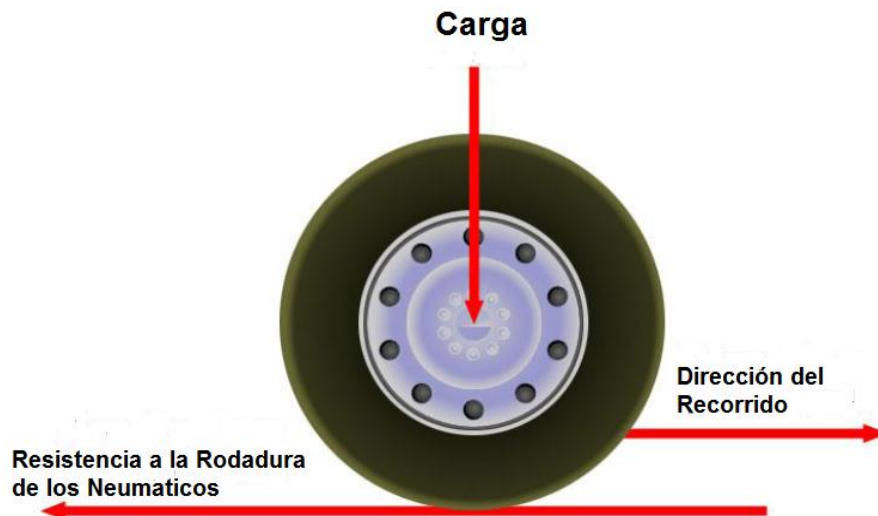


Figura 3.14 Factores que influyen en el comportamiento mecánico de un neumático [9]

Ahora bien los neumáticos altos presentan una resistencia a la rodadura poco mayor debido a la notable flexión en la pared lateral, por lo que la rodadura de los neumáticos representa la resistencia de aproximadamente un tercio de la potencia necesaria para propulsar un camión de transporte de carga a altas velocidades en las carreteras de nivel.

Los neumáticos de perfil bajo tienen una ventaja de peso y menor resistencia de rodadura. La base ancha (singles), en los neumáticos pueden proporcionar una ventaja de 800 libras en los duales en el tractor. Un ahorro de peso similar se puede realizar en el remolque. La base ancha (singles) en neumáticos ofrecen la menor resistencia a la rodadura. En el mundo real, no se

espera más de un 3 a 4% de mejora en la economía de combustible con base ancha (singles) instalado en el tractocamión y el tráiler.

Algunos factores se pueden considerar con la finalidad de mejorar la economía del combustible:

- A medida que el nuevo neumático se desgasta, la resistencia a la rodadura se reduce y mejora la economía de combustible.^[14]
- La ventaja en la economía del combustible se obtiene cuando la banda de rodamiento esta usada al 50%.
- Por encima de 45 mph, la resistencia del aire / aerodinámica, es un factor más importante de resistencia a la rodadura.

La fuerza de resistencia a la rodadura de los neumáticos se debe principalmente a la deformación elástica cíclica de los neumáticos al rodar y las fuerzas de compresión y cizallamiento en la zona de contacto. La fuerza de rodamiento depende del peso total de la unidad y de la presión de inflado de las llantas, así como de su coeficiente de deformación. Es por esto que ha aumentado el uso de las llantas radiales cuyo reparto uniforme de la presión de inflado garantiza minimizar el coeficiente de fricción en la carretera y como consecuencia, la fuerza de rodamiento, la cual se puede calcular mediante la siguiente fórmula:^[8]

$$F_r = K * W * \cos \alpha$$

Donde:

$$F_r = \text{Fuerza de rodamiento [N]}$$

$K = \text{Coeficiente de resistencia al rodamiento } \left[\frac{K_{gf}}{K_g} \right]; \text{ este coeficiente está definido por:}$

$$K = \text{Fuerza de resistencia axial / fuerza normal}$$

$$W = \text{Peso del vehículo [Kg]}$$

$$\alpha = \text{ángulo entre la pendiente y el plano horizontal [°]}$$

Para un neumático dado, K es ligeramente dependiente de la temperatura, el desgaste, y la velocidad que debería tenerse en cuenta en los modelos de los vehículos y debe ser considerada en el terreno de pruebas comparativas. La presión de inflado tiene un impacto pronunciado en K, al igual que la alineación de la rueda (slip angle).

Neumáticos/ alineación de ruedas

La alineación de cada eje tiene un impacto directo en la resistencia a la rodadura.

Los efectos de desalineación se traducen en un ángulo de deslizamiento de los neumáticos de un camión por lo que puede impactar fuertemente a la resistencia a la rodadura, además de afectar negativamente al desgaste de los neumáticos y, posiblemente, al manejo del vehículo.

Esta tabla muestra el efecto que tiene alguna alineación de los neumáticos sobre la economía del combustible.

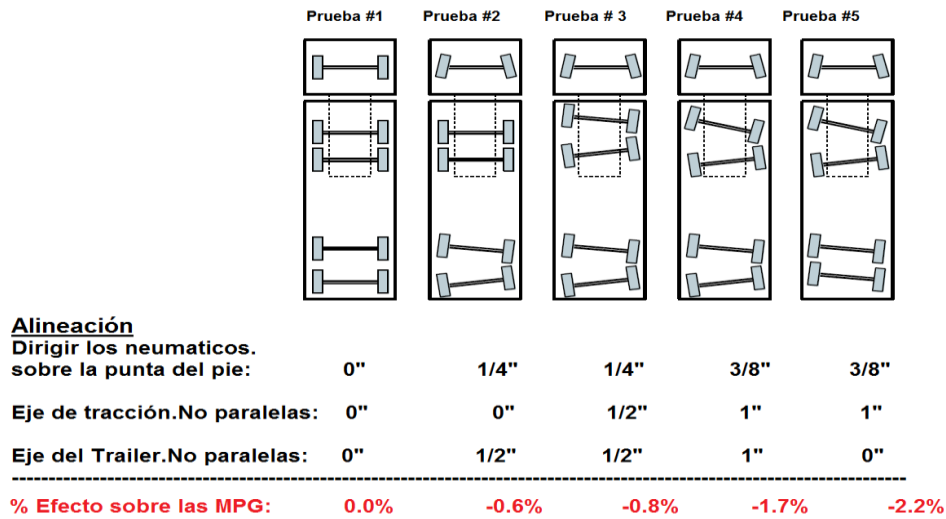


Figura 3.15 Efectos de la desalineación en la economía de combustible. [9]

Los peraltes, en cambio, son relativamente pequeños en la resistencia a la rodadura, y el ángulo de impacto de deslizamiento es lo que el efecto de alineación se considera aquí. Para un ángulo de deslizamiento dado, α , en el neumático, la mayor resistencia a la rodadura está dada por la siguiente relación (Schuring, 1977):

$$F_R = F_{R_0} + C_\alpha \alpha^2$$

Donde C_α es la rigidez en las curvas de la llanta.

Una estimación del impacto por falta de alineación en el consumo de combustible puede ser hecha por el supuesto de que la falta de alineación promedio en cada rueda del camión es de aproximadamente 0.1° (Este nivel es constante con los procedimientos estándar y recomendaciones para la alineación de doble eje en la industria y en los ajustes típicos de la punta). En base a una rigidez en las curvas de 3(KN) por grado, el aumento de la resistencia a la rodadura por neumático es de 0,5 N, que para un coeficiente de resistencia media móvil de 7 kg / T con un vehículo cargado representa alrededor del 0,4 por ciento de cada uno de los neumáticos a la resistencia a la rodadura.

Se debe tener en cuenta que el segundo grado de dependencia de la resistencia a la rodadura sobre el ángulo de deslizamiento significa que si el ángulo de deslizamiento promedio es de 0.2° el aumento potencial de ahorro de combustible es de un factor de 4 veces. En cualquier caso, este análisis indica que la pérdida en la economía de combustible en los camiones pesados es resultado de la alineación de la rueda que se encuentra en el orden del 0,1 por ciento.

3.4.3 INERCIA

La resistencia por inercia se debe a un fenómeno físico conocido como la inercia de los cuerpos en rotación. Esto significa que varias partes de la cadena cinemática (árbol de leva y cigüeñal, disco de embrague, árbol de transmisión, etc.) tienen una inercia proporcional a su masa que tiende a frenar su propio movimiento de rotación. Es la razón por la cual los fabricantes de motores desarrollan investigaciones para reducir la masa relativa de estas partes, lo que mejora sensiblemente el rendimiento de los motores.

Esta fuerza se determina mediante la siguiente fórmula: ^[8]

$$F_i = m * a * (1.04 + 0.06/rt^2)$$

Dónde:

$$\begin{aligned} F_i &= \text{Fuerza de inercia [N]} \\ m &= \text{Masa del vehículo [Kg]} \\ a &= \text{Aceleración del vehículo } \left[\frac{m}{s^2} \right] \\ rt &= \text{Relación de paso de la transmisión} \end{aligned}$$

Esta fuerza tiene gran importancia en ciclo urbano, ya que genera un alto consumo de combustible. Se pueden tener valores altos en caso de frenadas repentinas y toda esta energía se disipa en forma de calor al medio ambiente por la fricción de las balatas de los frenos y los neumáticos con el pavimento.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS COSTOS-BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN VEHÍCULOS PESADOS

4.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo del costo-beneficio radica en guiar al decisor en la canalización de los recursos hacia aquellos proyectos que proporcionen la mayor ganancia, en beneficio neto, a la sociedad.

La relación costo-beneficio para reducir el consumo de combustible es útil analizarla con el fin de que los fabricantes o usuarios inviertan en una tecnología en particular, ya que deben tener un conocimiento general de la rentabilidad probable, en términos de costos, confiabilidad, rendimiento y consumo de combustible.

Por otra parte, algunas de las tecnologías se encuentran en distintas etapas de desarrollo, como modelos de simulación, pero con datos confiables y revisados, enfocados sobre el rendimiento de ahorro de combustible.

Las tecnologías de ahorro de combustible mencionadas en el capítulo anterior ya están disponibles en el mercado y estas al aplicarlas a los vehículos de carga aumenta el costo de estos, pero a corto o mediano plazo deberán ser redituables y generar ganancias y utilidades para los productores y usuarios.

Cabe decir que un análisis Costo-Beneficio por si solo no es una guía clara para tomar una buena decisión. Existen ciertos puntos que pueden ser tomados en cuenta, por ejemplo: bienestar de los empleados, la seguridad, las obligaciones legales y la satisfacción del cliente, además este análisis permite definir la factibilidad de las alternativas planteadas o de un proyecto a ser desarrollado o implementado.

4.2 COSTOS Y BENEFICIOS DIRECTOS DE LA APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS A LAS CLASES ESPECÍFICAS DE LOS VEHÍCULOS

Los beneficios de una amplia clase de vehículos se pueden apreciar en la tabla 4.1 en donde muestra las aplicaciones en las que estas tecnologías son eficaces. Algunas tecnologías son lo suficientemente capaz para ser aplicado a todas las categorías, los neumáticos y las ruedas, la reducción de peso, transmisión y tracción, la eficiencia del motor, y la hibridación. Otras son más específicas en la clase de vehículo, tales como la sustitución de los motores de gasolina con motores diesel, que sólo es aplicable a la Clase de vehículos de 3 a 7.

Tabla 4.1. Tecnologías y clases de vehículos probables de ver beneficios. [14]

| Tecnologías aplicables a vehículos de carga | Tractor tráiler | Clase 3-7 |
|---|-----------------|-----------|
| Tráiler aerodinámico | X | |
| Cabina aerodinámica | X | X |
| Neumáticos | X | X |
| Reducción del peso | X | X |
| Transmission y Tracción | X | X |
| Accesorios de electrificación | X | X |
| Reducción del ralenti durante la noche | X | |
| Reducción del ralenti | X | X |
| Eficiencia del motor | X | X |
| Recuperar el calor residual | X | |
| Hibridación | X | X |
| Dieselización | | X |

Reducción de consumo del combustible

La reducción de consumo de combustible en porcentaje se da aplicando las distintas tecnologías a los tipos de vehículos de carga y observando el beneficio que proporciona [Tabla 4.2], por ejemplo si se opta por cambiar el motor de gasolina por uno de diesel se obtiene más del 10% de ahorro de combustible lo que representa una gran ganancia en cuestión de dinero y así se puede apreciar de manera mas clara los beneficios en porcentaje de aplicar los elementos aerodinámicos, la disminución de resistencia a la rodadura, peso, así como la aplicación de hibridación y mejorar la trasmisión, en tracto-tráiler, vehículos de clase 3-6, clase 8, autobuses y vehículos 2d [Figura4.1].

Tabla 4.2 Reducción del consumo de combustible por ciento por tipo de aplicación y de vehículos. [14]

| Aplicación | Motor (%) | Aerodinámica (%) | Resistencia a la rodadura (%) | Transmisión (%) | Híbridos (%) | Peso (%) |
|-------------------------|---------------------|------------------|-------------------------------|-----------------|--------------|----------|
| Tracto tráiler | 20 | 11.5 | 11 | 7 | 10 | 1.25 |
| Caja de camión sencillo | 14 | 6 | 3 | 4 | 30 | 4 |
| Cubo camión sencillo | 11.2 | 0 | 2.4 | 3.2 | 40 | 3.2 |
| Camioneta (de gas) | 20 ^a (1) | 3 | 2 | 7.5 | 18 | 1.75 |
| Camioneta (de diesel) | 23 ^b (2) | 3 | 2 | 7.5 | 18 | 1.75 |

^a En comparación con un motor de gasolina de referencia.

^b En comparación con el motor de base de diesel.

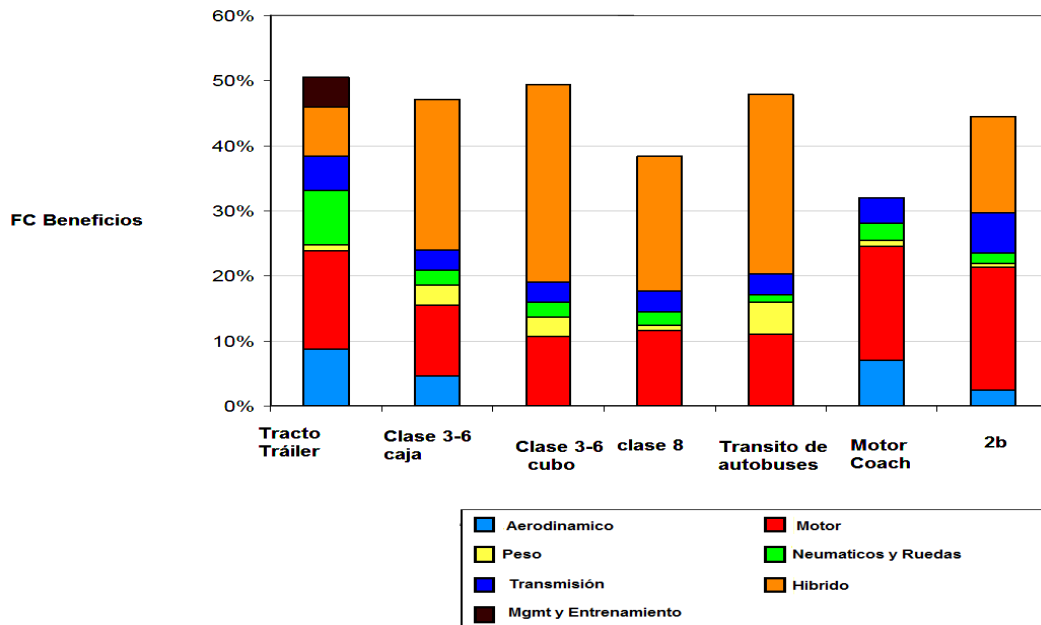


Figura 4.1 Comparativa de 2015-2020.Nuevas Tecnologías potenciales de vehículos de ahorro de combustible para siete tipos de vehículos. [14]

Las tecnologías más eficaces en términos de reducción de consumo de combustible son las siguientes:

- Hibridación
- Reemplazo de los motores de gasolina por motores diesel
- Mejora de la eficiencia térmica del motor diesel
- Mejora de la eficiencia térmica del motor de gasolina
- La aerodinámica, especialmente en aplicaciones de Tractor-Tráiler
- Resistencia al rodamiento
- Reducción de peso

Costos, costo-beneficio y la implementación de estas tecnologías

La aplicación de las tecnologías, así como su costo-beneficio solo se analiza para tractor-tráiler ya que el objetivo de este estudio corresponde solo a esta clase de vehículos.

Tractor tráiler.

Esta categoría incluye los vehículos de la clase 8 que son tractocamiones que están equipados con la llamada quinta rueda y enganchados a uno o más remolques, además cuentan con un coeficiente de arrastre, $C_d = 0.63$ a 0.64 y un coeficiente de resistencia a la rodadura, $K = 0.0068$.

Motor: Para el motor diesel que se utiliza en los vehículos de clase 8 se estima una mejora en el 2020 respecto a la eficiencia térmica así como la estabilización de las emisiones. Una máxima eficiencia térmica del 53% puede ser posible en un marco de tiempo a partir del 2015 al 2020, con lo cual se tendrá una mejora del 20% respecto a los motores actuales, al mismo tiempo facilitando el costo de algunas de las tecnologías necesarias para lograr esta mejora es probable que se logre con incentivos o financiamientos, esto se debe a los altos costos de embalaje y la dificultad de operar algunas tecnologías avanzadas.

Aerodinámica: El coeficiente de arrastre promedio actual es de 0,63, y las mejoras disponibles en la actualidad lo reducen al 0.50 y 0.55 (tractocamiones y tráiler certificados por SmartWay), en un marco de tiempo a partir del 2015 y hasta 2020, los coeficientes de arrastre se estima alrededor de 0.45, lo cual es un factor relevante desde el punto de vista costo-beneficio.

Nota: Smartway es un programa de la EPA que reduce las emisiones relacionadas con el transporte mediante la creación de incentivos para mejorar la eficiencia de la cadena de suministro de combustible.

Resistencia a la rodadura: Los resultados o beneficios esperados con la aplicación de los neumáticos de base ancha se estiman visibles en el periodo 2015 -2020.

Transmisión y línea de conducción (tracción): Para la combinación de vehículos tractocamió-tráiler, transmisión manual automatizada combinada con componentes de baja fricción, línea de impulsión y lubricantes serán viables en el marco de tiempo a del 2015 hasta 2020.

Motorizaciones tractocamió híbrido: un sistema de propulsión híbrido para vehículos tractocamió-tráiler serán viables en el marco de tiempo desde 2015 hasta 2020. La pregunta será si el alto costo y el peso añadido se justifica por el ahorro de combustible de alrededor de un 6 por ciento para los tractores.

Reducción del ralentí: Las tecnologías de reducción del ralentí se resumen en la tabla 4.3. Varias tecnologías de reducción ya están disponibles, por ejemplo: APU, diesel, calefacción en camiones, ventilación y aire acondicionado (HVAC). Si se adoptan sistemas híbridos para camiones con remolques proporcionará una capacidad incorporada en la reducción del ralentí.

Tabla 4.3 Paquete de reducción del ralentí. [14]

| Tecnologías disponibles | Ahorro de Consumo de Combustible (%) | Costos (RPE) (\$) |
|--|--------------------------------------|------------------------------|
| La unidad de control electrónico del motor actúa como un temporizador del ralentí. | 2-3 | 0 |
| Calentador de fuego directo | 1-3 | 1,000 - 3,000 |
| Pequeño APU o batería del sistema | 4-6.5 | 5,000 - 8,000 |
| Importancia APU | 5-8 | 8,000 - 12,000 |
| Sistema híbrido utilizado para la eliminación de inactividad | 4-6.5 | (costo cubierto por híbrido) |

*APU, unidad de potencia auxiliar

Las proporciones de las tecnologías del costo de capital por ciento de reducción (CCPPR ^[ANEXO GLOSARIO]), expresado en dólares por porcentaje en reducción del consumo de combustible, se resumen en la Tabla 4.4 para los remolques de tractores Clase 8 en el marco de tiempo a partir del 2015 hasta 2020.

Tabla 4.4 Tecnología para tractocamión tráiler clase 8 en el periodo 2015-2020. [14]

| Tecnología | Costo Capital (\$) | La media en % de la mejora en el consumo de combustible | CCPPR (\$/%) |
|--|---------------------|---|--------------|
| Motor diesel | 23,000 ^a | 20 | 1,150 |
| Aerodinámica(tractocamión tráiler) | 12,000 | 11.5 | 1,043 |
| Resistencia a la rodadura | 3,600 | 11 | 327 |
| Transmisión y tracción | 5,800 | 4 | 1,450 |
| Híbrido (incluye la reducción del ralentí) | 25,000 | 10 | 2,500 |
| Reducción de peso | 13,500 | 1.25 | 10,800 |

^a No incluye \$ 9,000 SCR

La tabla 4.5 describe las tecnologías aplicables al tractocamión – tráiler, así como los beneficios de consumo de combustible, su costo y el peso del elemento a implementar.

Tabla 4.5 Tractocamión tráiler los beneficios de los avances de la tecnología en todas las categorías. [14]

| Categoría | Descripción | Beneficios del consumo de combustible (%) | Costo de capital (\$) | CCPPR (\$/%) | Peso (lb.) |
|--------------------------------|---|---|-----------------------|--------------|------------|
| Aerodinámica | Smartway realiza mejoras aerodinámicas en tractocamión y tráiler | 11.5 | 12,000 | 1,043 | 750 |
| Motor | Diese 11-15 L w/tocar fondo ciclo | 20 | 23,000 | 1,150 | 800 |
| Neumático | Mejora de WBS en tractocamión + tres tráiler | 11 | 3,600 | 327 | -400 |
| Transmisión y tracción | AMT, Reducción de la fricción en la línea de conducción | 7 | 5,800 | 829 | 80 |
| Híbrido | Híbrido paralelo de peso ligero / reducción del ralentí | 10 | 25,000 | 2,500 | 400 |
| Gestión y asesoramiento | 60 mph límite de velocidad, control de cruceo predictivo y peso(w) / telemática, formación de conductores | 6 | 1,700 | 283 | - |
| Reducción del ralentí | peso incluido / sistema híbrido | - | - | - | - |
| Total del peso agregado | componentes añadidos | -1 | - | - | +2,030 |
| Reducción del peso | Sustitución de materiales- 2,500 lb. | 1.25 | 13,500 | 10,800 | -2,500 |
| TOTAL | Paquete 2015-2020 | 50.5% | \$84,600 | \$1,674 | -470 |

La tabla 4.6 muestra un ejemplo de como incluyendo algunas tecnologías pueden ayudar al ahorro de combustible de hasta un 17% así como una disminución considerable de NOx, por otra parte muestra la utilidad que se puede tener mensualmente y en cuanto tiempo se puede recuperar la inversión de la unidad de modernización que es uno de los factores por lo cual el usuario es de interés y así verificar que a partir de su recuperación de su inversión los siguientes años solo serán utilidades.

Tabla 4.6 Herramientas SmartWay para camiones de larga distancia (costos dados en dólares). [14]

| Dispositivo | Costo/unidad (Modernización de Equipo) (\$) | Reducción de PM (%) | Reducción de NOx (%) | Cambio de FE/CO ₂ |
|--|---|------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Catalizador de oxidación | 1,000 | 25 | NA | NA |
| Súper llantas individuales con ruedas de aluminio | 3,500 | NA | 5 | 5 |
| Equipo Aerodinámico de remolque | 2,400 | NA | 5 | 5 |
| Calentador directo | 1,000 | 5 | 7 | 7 |
| Total | 7900 | 30 | 17 | 17 |

Ahorro de combustible: 10,730 litros @ \$0.66 → \$ 7,082

Periodo de retribución: \$7,900/\$7,082

Un préstamo de 3 años @ 4.8% tasa anual equivalente:

Ahorro mensual de combustible: \$590

Pago mensual del préstamo: \$236

Dinero efectivo mensual para el transportista: \$354

En seguida se presentan algunos costos de ciertas tecnologías que se pueden implementar a los vehículos para obtener un ahorro considerable de combustible, algunas de estas tecnologías son: unidad de potencia auxiliar, neumáticos anchos, tráiler aerodinámicos, presión de los neumáticos y los catalizadores diesel de oxidación.

Unidad de potencia auxiliar

Una unidad de potencia auxiliar se utiliza principalmente para el arranque de los motores y ofrece calor al operador, aire acondicionado y energía eléctrica para el funcionamiento de los dispositivos de la cabina.

Ejemplo del cálculo de los costos de ahorro:

$$Ahorro\ anual = Costo\ del\ combustible \left(\frac{\$}{gal} \right) * Ralentí\ anual(hrs) * Ahorro\ del\ combustible$$

$$Costo\ del\ diesel = \$10.45$$

$$Ralentí\ anual = 2400\ horas$$

$$Consumo\ del\ combustible\ para\ camion\ a\ marcha\ lenta\ ** = 0.82\ gal/hr$$

$$Consumo\ del\ combustible\ para\ calentador\ directo = 0.22\ gal/hr$$

$$Ahorro\ de\ combustible\ del\ camion\ utilizando\ una\ unidad\ de\ potencia\ auxiliar\ (APU)\ ** = 0.6\ gal/hr$$

$$Ahorro\ anual = (\$39.50) * (2,400\ hrs) * (0.6\ gal/hr)$$

$$Ahorro\ anual = \$56,880.00\ de\ ahorro\ por\ año$$

Camiones a ralentí alto puede consumir más de un galón por hora.

Neumáticos de base ancha

Solo unos neumáticos anchos o súper neumáticos sencillos remplazan las tradicionales ruedas dobles con una sola gama de neumáticos y rines de aluminio. Esta tecnología se puede aplicar a todos los tractores y la posición de los neumáticos del remolque a excepción de los neumáticos direccionales. Esta tecnología ahorra combustible mediante la reducción del peso y la resistencia a la rodadura de los neumáticos y las ruedas, reduciendo así la carga sobre el motor. Hay un ligero beneficio aerodinámico a esta tecnología. Los beneficios asociados con esta tecnología asumen solo neumáticos anchos en todos los ejes de aplicación tanto del tractor y el remolque.

Ejemplo del cálculo de los costos de ahorro:

$$\text{Ahorro anual} = \text{costo del combustible} \left(\frac{\$}{\text{gal}} \right) * \text{consumo del combustible anual} \left(\frac{\text{gal}}{\text{año}} \right) * \text{ahorro del combustible}(\%)$$

$$\begin{aligned} \text{Costo del combustible} &= \$10.45/\text{l} \\ \text{Consumo anual del combustible} &= 18,000 \text{ gal/año} \\ \text{Ahorro del combustible del camion utilizando los neumaticos anchos} &= 4\% \\ \text{Ahorro anual} &= (\$39.50) * (18,000) * (0.04) \\ \text{Ahorro anual} &= \$28,440.00 \text{ de ahorro por año} \end{aligned}$$

En el caso de que alguien también pretenda comprar un paquete de aerodinámica, la eficiencia combinada daría lugar a un beneficio de ahorro de combustible del 8%.

Tráiler Aerodinámico

Reducir la resistencia aerodinámica que a su vez reduce la carga del motor. Los accesorios secundarios se pueden agregar a la parte frontal, inferior y trasera del remolque para reducir la fricción. Beneficios asociados con la aerodinámica del tráiler ha asumir que el tractor que tira del remolque también tiene un paquete aerodinámico instalado en él.

Ejemplo del cálculo de los costos de ahorro:

$$\text{Ahorro anual} = \text{costo del combustible} \left(\frac{\$}{\text{gal}} \right) * \text{consumo del combustible anual} \left(\frac{\text{gal}}{\text{año}} \right) * \text{ahorro del combustible}(\%)$$

$$\begin{aligned} \text{Costo del combustible} &= \$4.00/\text{gal} \\ \text{Consumo anual del combustible} &= 18,000 \text{ gal/año} \\ \text{Ahorro del combustible del camion utilizando tráiler Aerodinámico} &= 5\% \\ \text{Ahorro anual} &= (\$39.50) * (18,000) * (0.05) \\ \text{Ahorro anual} &= \$35,550.00 \text{ de ahorro por año} \end{aligned}$$

En el caso de que alguien también quiera comprar solo neumáticos anchos, la eficiencia combinada daría lugar a un beneficio de ahorro de combustible del 8%.

El inflado automático de los neumáticos

Los neumáticos desinflados pueden causar pérdidas significativas en la eficiencia del combustible, además de explosiones peligrosas. Los sistemas automáticos de inflado de los neumáticos puede garantizar la seguridad de los conductores al mismo tiempo que reduce los costos de combustible.

Ejemplo del cálculo de los costos de ahorro:

$$\text{Ahorro anual} = \text{costo del combustible} \left(\frac{\$}{\text{gal}} \right) * \text{consumo del combustible anual} \left(\frac{\text{gal}}{\text{año}} \right) * \text{ahorro del combustible}(\%)$$

$$\text{Costo del combustible} = \$4.00/\text{gal}$$

$$\text{Consumo anual del combustible} = 18,000\text{gal/año}$$

$$\text{Ahorro del combustible del camion utilizando el automatico inflado de los neumatico **} = 0.6\%$$

$$\text{Ahorro anual} = (\$39.50) * (18,000) * (0.006)$$

$$\text{Ahorro anual} = \$4,266.00 \text{ de ahorro por año}$$

Catalizador de oxidación diesel

Un catalizador de oxidación diesel es un dispositivo añadido al sistema de escape del tractor para reducir las emisiones de partículas y otros contaminantes. Los catalizadores de oxidación diesel no tienen ningún impacto en la economía de combustible. No existe un cálculo de esta tecnología, ya que no consume ni ahorra combustible.

4.3 Costos de operación y mantenimiento

El pago del conductor ha sido históricamente el mayor gasto para todos los sectores de la industria del transporte. Sin embargo, debido a los recientes aumentos en los costos de la energía, el costo del combustible diesel por kilómetro (CPM) es igual o mayor el costo a pagar al conductor para muchos transportistas. Los costos por milla se dividen generalmente en dos grupos, vehículo y conductores. Los costos importantes de operación incluyen:

Vehículo basado en:

- Combustible y aceite del motor
- Camiones/ remolques de arrendamiento o compra de los pagos
- Reparación y mantenimiento
- Impuestos sobre el combustible
- Primas de seguro de camiones
- Neumáticos

▪ Licencias y permisos

▪ Peajes

Conductos-base:

- Salarios del controlador
- Beneficios del conductor
- Bonos del conducto

Tabla 4.7 Gastos marginales del autotransportista. [14]

| Gastos | Costo por milla (\$/millas) | Costo por hora(\$/hr) |
|--|-----------------------------|-----------------------|
| Vehículo basado en: | | |
| Costos del aceite-combustible. | 0.634 | 33.0 |
| Camión/ tráiler de arrendamiento o pago de la adquisición. | 0.206 | 10.72 |
| Reparación y mantenimiento. | 0.092 | 4.79 |
| Impuestos de los combustibles. | 0.062 | 3.23 |
| Primas de seguros de camiones. | 0.060 | 3.12 |
| Neumático. | 0.030 | 1.56 |
| Permisos de concesiones de licencias y el sobrepeso del gran tamaño. | 0.024 | 1.25 |
| Peajes. | 0.019 | 0.99 |
| Conductor basado en: | | |
| Pagos del conductor. | 0.441 | 16.59 |
| Prestaciones del conductor | 0.126 | 6.56 |
| Pago de Bonos del conductor | 0.036 | 1.87 |
| Total de costos marginales | \$1.73 | \$83.68 |

De acuerdo con el informe de NESCCAF / ICCT (2009), los costos de operación y mantenimiento representan el 5 por ciento del capital total de costos por cada 100,000 kilómetros. Se realizó una evaluación las nuevas tecnologías de la siguiente manera:

| | Costo por millas (CPM) ----- |
|---------------------------------|---------------------------------|
| Aerodinámica | no hay un aumento |
| Neumáticos anchos y lubricantes | \$ 0,0040 dólares / millas |
| Sistema de propulsión híbrido | \$ 0,0060 /millas |
| Turbocompresor | \$ 0,0003 a 0,0007 / millas |
| Ciclo de tocar fondo | \$ 0,0030 / millas |

Los costos estimados de operación y mantenimiento descritos anteriormente son proyecciones, porque muchas de las tecnologías no están en el campo todavía. Se requieren estudios adicionales para refinar las estimaciones de los costos de operación y mantenimiento de tecnologías de ahorro de combustible, ya que en algunos casos, costos de O & M puede representar una parte sustancial del costo total.

4.4 IMPACTO ECONÓMICO DE LA TECNOLOGÍA SOBRE LA VENTA DEL VEHÍCULO

Para fabricar una unidad de producción, los fabricantes de motores y camiones incurren a costos directos e indirectos, los costos directos incluyen materiales y mano de obra, mientras que los indirectos, son aquellos costos asociados con la producción (investigación y desarrollo), las operaciones corporativas o la venta de los vehículos que incluye el transporte de los mismos, así como el apoyo al distribuidor.

Los analistas de costos y agencias reguladoras utilizan con frecuencia multiplicadores para predecir el impacto resultante en los costos asociados con las respuestas de los fabricantes a los requisitos reglamentados, sin embargo estos multiplicadores para el análisis de los costos en las nuevas tecnologías adaptadas al vehículo tendrán que ajustarse debido a que no todas estas tecnologías son de alta complejidad, por lo que no se tiene el mismo impacto económico en la investigación y desarrollo, por otro lado suponer que las nuevas tecnologías de menor complejidad tienen la misma proporción de costos indirectos puede resultar un costo excesivo y por lo tanto subestimar los costos de las tecnologías de mayor complejidad, por ello la EPA ha desarrollado multiplicadores para solucionar este problema y uno de ellos es el multiplicador de costos indirectos (ICM, por sus siglas en inglés) el cual, su finalidad es asignar cambios incrementales a cada contribuyente los costos indirectos, así como los ingresos netos.

$$\text{ICM} = \text{Costos directos} + \text{costos indirectos ajustados} / \text{costos directos}$$

Si la tecnología es menos compleja, el ICM es menor, y cuanto mayor sea el plazo para la aplicación de la tecnología, menor será éste.

La Tabla 4.8 muestra los valores de ICM a corto y largo plazo para aplicar a partir del 2015 al 2020, así mismo los diferentes niveles de complejidad, es decir, el desarrollo y la investigación, herramientas y otros costos indirectos.

Tabla 4.8 Multiplicadores de costos indirectos usados en este analisis [11]

| Clase | Complejidad | Propuesta | | Final | |
|---|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | A corto plazo | A largo plazo | A corto plazo | A largo plazo |
| Camionetas HD y Vans | Bajo | 1.17 | 1.13 | 1.24 | 1.19 |
| | Medio | 1.31 | 1.19 | 1.39 | 1.29 |
| | Alto 1 | 1.51 | 1.32 | 1.56 | 1.35 |
| | Alto 2 | 1.70 | 1.45 | 1.77 | 1.50 |
| Motores diesel sueltos | Bajo | 1.11 | 1.09 | 1.15 | 1.12 |
| | Medio | 1.18 | 1.13 | 1.24 | 1.18 |
| | Alto 1 | 1.28 | 1.19 | 1.28 | 1.19 |
| | Alto 2 | 1.43 | 1.29 | 1.43 | 1.29 |
| Motores de gasolina sueltos | Bajo | 1.17 | 1.13 | 1.24 | 1.19 |
| | Medio | 1.31 | 1.19 | 1.39 | 1.29 |
| | Alto 1 | 1.51 | 1.32 | 1.56 | 1.35 |
| | Alto 2 | 1.70 | 1.45 | 1.77 | 1.55 |
| Vehiculos profesionales y Vehiculos quinta rueda | Bajo | 1.14 | 1.10 | 1.18 | 1.14 |
| | Medio | 1.26 | 1.16 | 1.30 | 1.23 |
| | Alto 1 | 1.42 | 1.27 | 1.42 | 1.27 |
| | Alto 2 | 1.57 | 1.36 | 1.57 | 1.36 |

Las categorías de regulación de la clase 7 y 8 de quinta rueda involucra a nueve subcategorías reguladoras y son:

- Clases 7, cabina con techo bajo, medio y alto
- Clases 8, cabina con techo bajo, medio y alto

Las tecnologías consideradas para reducir el consumo de combustible y las emisiones de CO₂ de los tractores se pueden desarrollar para todas las categorías. Por ejemplo, las mejoras aerodinámicas pueden reducir el consumo de combustible y las emisiones de CO₂ de un tractocamion a alta velocidad. Sin embargo, esta tecnología podría ser una pérdida para el consumo de combustible si se aplica a un tractor que viaja a velocidades bajas.

La eficiencia aerodinámica de los vehículos pesados ha creado un gran interés en los últimos años, los precios del combustible, los mercados competitivos de carga, y la conciencia ambiental, en general se ha centrado en los propietarios y operadores de conseguir un trabajo útil, tanto de cada galón de combustible diesel como sea posible, así mismo el diseño aerodinámico también deben cumplir con las necesidades prácticas y de seguridad, como prevé el acceso físico e inspecciones visuales del equipamiento del vehículo, porque el peso añadido al vehículo impacta en su eficiencia global de combustible, en las emisiones de gases de efecto invernadero, la cantidad de carga que el vehículo puede llevar y el diseño aerodinámico.

La tabla 4.9 muestra las tecnologías disponibles para las clases 7 y 8, así como algunas características y componentes potenciales.

Tabla 4.9 Tecnologías para la Dirección de la resistencia aerodinámica. [11]

| Ubicación en la cabina | Tipo de tecnología | Efectos del diseño |
|---------------------------|--|---|
| De frente | Parachoques, parrilla, capó, parabrisas | Minimizar la presión creada por el aire sobre el vehículo. |
| A lado | Carenados del tanque de combustible | Reducir la superficie perpendicular al viento y minimizar la superficie lisa. |
| Superior | Carenados techo (integrado) y los visores de viento (que se adjunta) | Flujo de aire suave sobre el remolque y minimizar el área de la superficie perpendicular al viento (de tractor y remolque). |
| Trasera | Laterales que se extienden los reductores de brecha | Flujo de aire suave sobre el remolque y reducir el aire en la brecha entre el tractor y el remolque. |
| Tren de aterrizaje | Tratamiento Underbelly | Administrar el flujo de aire debajo del tractor para reducir los remolinos. |
| Accesorios | Espejos, cuernos de la señal, escape | Reducción de superficie perpendicular a los viajes y la minimización de formas complejas que pueden inducir resistencia. |
| General | La gestión activa del aire | Administrar el flujo de aire de manera activa la dirección o el soplado de aire en reducir la presión de arrastre |
| General | Gestión avanzada, pasivos de aire | Administrar el flujo de aire a través de formas aerodinámicas pasiva o dispositivos que impiden el flujo unido al vehículo (tractor y remolque) |

Aerodinámica en la flota actual

Para los tractocamiones, es útil tener en cuenta la aerodinámica de la flotilla actual en términos de tres paquetes: el clásico, convencional y el SmartWay de la carrocería del camión.

En Clásico: En estas carrocerías se ve las capacidades especiales de destino (por ejemplo, la limpieza, la durabilidad de los caminos mejorados, y el acceso visual a los componentes esenciales del vehículo. Estos camiones incorporan unas características aerodinámicas incluyendo equipos tales como deflectores de error, sombrillas personalizadas, filtros de aire, el B-Pilar de tubos de escape, bocinas adicionales, luces y espejos.

Los Convencionales: Aprovecha una forma general la aerodinámica y evita el aumento de la resistencia. Los camiones modernos han eliminado el equipo adicional (por ejemplo, deflectores de error, sombrillas personalizadas, bocinas adicionales de la señal, las luces decorativas).

El paquete de SmartWay es un paquete de camión totalmente aerodinámico, elimina la inducción de elementos de arrastre (es decir, los expulsados o trasladados en el cuerpo de convencionales, camiones modernos), y añade componentes para reducir el arrastre en las zonas más importantes en el tractocamión. Esto incluye elementos aerodinámicos en la parte delantera del tractor (parachoques aerodinámico, parrilla y capó), las partes (carenados del tanque de combustible y los espejos simplificado), superiores (carenados del techo) y posteriores (brecha lateral que se extienden reductores).

Paquetes aerodinámicos

Existe una variedad de paquetes aerodinámicos los cuales van ha insidir a mejorar las características de flujo alrededor de ciertos tipos de formas aerodinámicas estos se les denomina como paquetes aerodinámicos I, II, III, IV y V.

- Paquete aerodinámico I. Incluye componentes como; deflectores de error, sombrillas personalizadas, filtros de aire, tubos de escape, cuernos adicionales, luces y espejos que puedan constituir un vehículo convencional.
- Paquete II. Este camión aprovecha las formas básicas aerodinámicas generales y evita aquellas que incrementan el arrastre.
- Paquete III. Posee una forma general simplificada, elimina la inducción de características de arrastre, y añade componentes (es decir, espejos aerodinámicos, carenados laterales, parachoques aerodinámico, entre otros.) para reducir el arrastre en las zonas más importantes en el tractocamión.
- Paquetes IV y V: Estos paquetes incluyen componentes similares a los que se encuentran en el paquete SmartWay pero con refinamiento aerodinámico adicional.

Las agencias han estimado los costos de los paquetes aerodinámicos sobre las evaluaciones de precios de la ICF. Las agencias aplican una reducción del 15 por ciento a los precios para reflejar los ahorros debido a un mayor volumen de producción que son aplicables a los fabricantes de tractocamiones. En la tabla 4.10 y 4.11 se muestran los costos de las tecnologías dependiendo de la clase del vehículo y de acuerdo al paquete aerodinámico.

Tabla 4.10 costos estimados de la tecnología aerodinámica para la clase 7 y 8 para el 2014 MY(2009\$). [11]

| | CLASE 7 | | CLASE 8 | |
|-------------|------------|------------|------------|------------|
| | Bajo techo | Alto techo | Bajo techo | Alto techo |
| Paquete I | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 |
| Paquete II | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 |
| Paquete III | \$1,126 | \$1,155 | \$1,126 | \$1,155 |
| Paquete IV | \$2,273 | \$2,303 | \$2,273 | \$2,303 |
| Paquete V | \$3,203 | \$3,245 | \$3,203 | \$3,245 |

Tabla 4.11 costos estimados de la tecnología aerodinámica para la clase 8 cabina sleeper para el 2014MY (2009\$)

| | Bajo techo | Medio techo | Alto techo |
|-------------|------------|-------------|------------|
| Paquete I | \$0 | \$0 | \$0 |
| Paquete II | \$0 | \$0 | \$0 |
| Paquete III | \$1,374 | \$1,404 | \$1,560 |
| Paquete IV | \$2,601 | \$2,601 | \$2,675 |
| Paquete V | \$3,664 | \$3,664 | \$3,769 |

En la Tabla 4.12 y Tabla 4.13 se muestran los costos incluyendo los índices de penetración de espera que oscilan entre 20 y 50 por ciento para la mayoría de las tecnologías de muestra.

Tabla 4.12 costos estimados de la tecnología aerodinámica para las clases 7 y 8 cabina Day para el 2014MY incluyendo las tasas de penetración. [11]

| | CLASE 7 | | CLASE 8 | |
|-------------|------------|------------|------------|------------|
| | Bajo techo | Alto techo | Bajo techo | Alto techo |
| Paquete III | \$675 | \$693 | \$675 | \$693 |
| Paquete IV | N/A | \$230 | N/A | \$230 |

Tabla 4.13 costos estimados de la tecnología aerodinámica para la clase 8 cabina sleeper. [11]

| | Bajo techo | Medio techo | Alto techo |
|------------|------------|-------------|------------|
| Paquete II | \$962 | \$983 | \$1,092 |
| Paquete IV | N/A | N/A | \$535 |

Las agencias han estimado los costos de las tecnologías que reducen el peso de los neumáticos, estos costos se muestran en la tabla 4.14. Los costos indicados incluyen una complejidad baja de 1.18 del ICM.

Tabla 4.14 costos estimados de la tecnología para la reducción de peso para la clase 7 y 8 de tractocamiones para el 2014 MY (2009\$).
[11]

| | TRACTOCAMIONES DE CLASE 7 | TRACTOCAMIONES DE CLASE 8 |
|--|---------------------------|---------------------------|
| Neumáticos anchos simples (para tractor) | \$336 | \$672 |
| Dirigir la rueda de aluminio | \$546 | \$546 |
| Ruedas de aluminio- dual | \$1,637 | \$2,727 |
| Rueda de aluminio - único de alcance | \$654 | \$1,308 |

Conclusiones y Recomendaciones

Las estadísticas proporcionadas por las empresas y asociaciones tales como Melgar y asociaciones y ANPACT, entre otras, ofrecen un panorama general del estado general del parque vehicular en México, con esta información se observa la división en el consumo energético, por lo cual es conveniente centrarse inicialmente en las clases de vehículos con mayor consumo de combustible, es decir, las clases 6, 7 y 8 que en conjunto representan el mayor porcentaje del consumo de los vehículos pesados, con esta información se pensaría importante determinar si el país requiere que tenga su propia refinería para producir los combustibles mas empleados para los vehículos.

Por otra parte es importante tener conocimiento de la producción y ventas de vehículos, con lo cual se puede estimar el consumo de combustibles por los vehículos en circulación y con ello tener una estimación de las emisiones de gases tóxicos arrojados por el transporte, también es importante regular las entradas de estos vehículos al parque vehicular, verificando que estos sistemas controlen las emisiones.

Las refinerías mexicanas no cuentan con la tecnología para la producción de gasolinas y diesel de ultra bajo contenido de azufre que exige la normatividad ambiental y que es requisito imprescindible para introducir nuevos motores de tecnología avanzada para reducir emisiones a la atmósfera. La disposición en el uso creciente de diesel como combustible en el autotransporte tiende a aumentar, aunado a esto las marcas que ya han introducido vehículos de diesel en el país persiguen fortalecer su presencia en el mercado sobre todo al promover este tipo de combustible, además de garantizar una mayor eficiencia a los sistemas avanzados de control de emisiones, lo cual contribuye a la durabilidad del motor; obtener combustibles alternativos se torna como un apuro debido a los problemas climáticos y alimentarios por los que atraviesa México y de no ser por estas dificultades estos combustibles derivados de plantas podrían ser la fuente de potencia motriz en un futuro.

En la actualidad México cuenta con un parque vehicular viejo, ya que carece de sistemas que colaboren a mejorar la eficiencia de los vehículos y que no han sido empleados, estos sistemas nuevos se basan de principios básicos de la mecánica automotriz como son: la aerodinámica, el rodamiento, la inercia, entre otros, para la selección de un vehículo se deben tener claras las necesidades para lo cual se requiere por las características geográficas por las que circulará, y observar posibles mejoras en los automotores de carga.

Tener definido las clases de transporte más utilizadas beneficia para ayudar a las distintos tipos de empresas dedicadas al transporte para que aprovechen al máximo sus vehículos logrando así disminuir las pérdidas de combustibles y por consecuencia ayudar a la disminución de emisión de gases a la atmósfera.

Para regular los vehículos pesados hay que considerar que existen pequeñas empresas de autotransporte limitadas para invertir en tecnologías que constituyen una gran inversión para

poder ser aplicadas a sus flotillas, aunque estas tecnologías representen una gran oportunidad para la reducción de consumo de combustible así como beneficiarse de las mejoras en la aerodinámica y los neumáticos; estas pueden lograr aumentar la cantidad de carga que pueden ser transportada por unidad de combustible consumido; se debe evaluar a fondo las posibilidades que tienen todos los tipos de empresas, partiendo de aquellas que no cuentan o están limitadas a la inversión, buscando así una solución para éstas y puedan gozar de los beneficios que pueden tener a corto plazo si utilizan estas tecnologías.

Aplicar una norma que regule las tecnologías de vehículos pesados es importante por las ventajas que proporciona, no solo a los vehículos y empresarios sino también al medio ambiente, este estudio es lo suficientemente completo para respaldar la importancia de aplicar las tecnologías nuevas que están ayudando a la eficiencia energética de los vehículos de carga; por otra parte no es tarea fácil presionar a las empresas para que apliquen estos componentes a sus flotillas debido a la incertidumbre del tiempo de recuperación del capital invertido y se puedan alcanzar los objetivos que proponen en un corto plazo.

De acuerdo al estudio realizado se recomienda seguir las siguientes especificaciones que deberá contemplar la norma para su aplicación.

- I. Título: Norma Oficial Mexicana de Eficiencia para Vehículos Pesados Nuevos y en Circulación
- II. Campo de aplicación: Esta Norma deberá ser aplicada en todo el territorio nacional y ser obligatorio para los responsables de producción y utilización de vehículos pesados nuevos y en circulación.
- III. Procedimientos
La aplicación de la norma involucra la implementación de las siguientes tecnologías:
 - i. Unidad de potencia auxiliar
 - ii. Neumáticos de base ancha
 - iii. Tractocamión y tráiler aerodinámico
 - iv. Inflado automático de los neumáticos
- IV. Especificaciones
 - i. Unidad de potencia auxiliar: Integrar la tecnología a vehículos de clase 7 y 8, incentivados con créditos dados por el gobierno para fabricantes y usuarios con vehículos en circulación sin esta tecnología.
 - ii. Neumáticos de base ancha: Implementar a vehículos nuevos y adaptar a vehículos en circulación para reducción de peso y ahorro de combustible.
 - iii. Tractocamión y tráiler aerodinámico: Implementar a vehículos nuevos y adaptar a vehículos en circulación los siguientes elementos (concha, carenados, capo inclinado, luces aerodinámicas, espejos aerodinámicos, parabrisas curvos e inclinados) con la finalidad de reducir el coeficiente de resistencia a 0.45 en un lapso de tiempo de 5 años.
 - iv. Inflado automático de los neumáticos: Implementar a los vehículos nuevos y adaptar a vehículos en circulación esta tecnología para garantizar la seguridad de los conductores y reducir los costos de combustibles.
- V. Grado concordancia con normas y lineamientos internacionales
Esta Norma Oficial Mexicana toma elementos de Transportation Research Board, "Technologies and Approaches to Reducing the Fuel Consumption of Medium- and Heavy-Duty Vehicles", Washington, D.C., 2010.

ANEXOS

Neumáticos

Los neumáticos influyen directamente sobre el rendimiento, comportamiento y prestaciones de los vehículos, ya que son los únicos elementos que permanecen en contacto con la superficie de contacto con el suelo relativamente pequeña, por tanto, es esencial mantener permanentemente los neumáticos en buen estado y montar un neumático adecuado cuando es necesario cambiarlos.

Básicamente son 4 las funciones del neumático:

- Transmitir las fuerzas de frenado y aceleración del vehículo al suelo.
- Mantener y cambiar la dirección de la marcha.
- Absorber las irregularidades del terreno.
- Soportar el peso del vehículo.

Aspectos para elegir neumáticos:

- Tipo de vehículo que conduce.
- La forma en que maneja.
- El tipo de camino que recorre cada día.
- Las condiciones del camino.
- Las condiciones climáticas.

Descripción del neumático en sección transversal

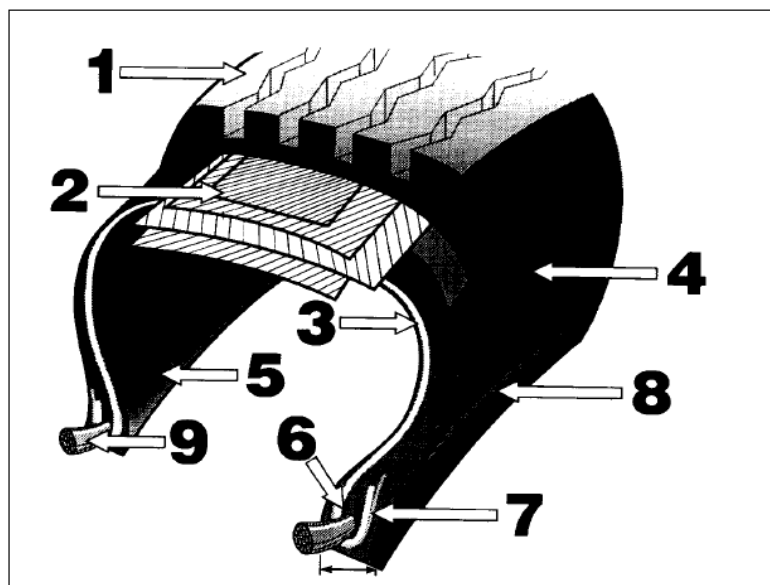


Figura A.1 Componentes del neumático

1. Banda de rodadura.

Proporciona la inter fase entre la estructura de la llanta y el camino. Su propósito principal es proporcionar tracción y frenado.

2. Cinturón

Las capas del cinturón, especialmente de acero, proporcionan resistencia a la llanta, estabilizan la banda de rodamiento y protegen a esta de picaduras.

3. Capa radial

La capa radial, junto con los cinturones, contienen la presión de aire además transmite todas las fuerzas originadas por la carga, el frenado, el camino de dirección entre la rueda y la banda de rodamiento.

4. Costado.

El hule del costado (pared) está especialmente compuesto para resistir la flexión y la intemperie proporcionando al mismo tiempo protección a la capa radial.

5. Sellante.

Una o dos capas de hule especial (en neumáticos sin cámara) preparado para resistir la difusión del aire. El sellante en estas llantas reemplaza a las cámaras.

6. Relleno.

Se usan para llenar el área de la ceja (talón) y la parte inferior del costado (pared) para proporcionar una transición suave del área rígida de la ceja, el área flexible del costado.

7. Refuerzo de la ceja (talón)

Es otra capa colocada sobre el exterior del amarre de la capa radial, en el área de la ceja, que refuerza y estabiliza la zona de transición de la ceja al costado.

8. Ribete

Elemento usado como referencia para el asentamiento adecuado del área de la caja sobre el rin

9. Talón

Es un cuerpo de alambre de acero de alta resistencia utilizado para formar una unidad de gran robustez. El talón es el ancla de cimentación de la carcasa, que mantiene el diámetro requerido de la llanta en el rin.

Tipos de construcción

Neumáticos Radiales: las cuerdas de las capas del cuerpo van de ceja a ceja formando semiovalos. Son ellas las que ejercen la función de soportar la carga. Sobre las capas del cuerpo, en el área de la banda de rodamiento, son montadas las capas de estabilizadoras. Sus cuerdas corren en sentido diagonal y son ellas las que soportan la carga y mantienen la estabilidad del neumático, además permite que el neumático sea mas suave que el convencional lo que el permite tener mayor confort, manejabilidad, adherencia a la importante contribuye a la reducción del consumo de combustible.



Figura A.2 Construcción radial

Neumáticos Convencionales: este tipo de neumático se caracteriza por tener una construcción diagonal que consiste en colocar las capas de manera tal, que las cuerdas de cada capa queden inclinadas con respecto a la línea del centro orientadas de ceja a ceja, además brinda al neumático dureza y estabilidad que le permiten soportar la carga del vehículo. La desventaja de este diseño es que proporciona al neumático una dureza que no le permite ajustarse adecuadamente a la superficie de rodamiento ocasionando un menor agarre, menor estabilidad en curvas y mayor consumo de combustible.



Figura A.3 Construcción convencional

DESGASTE EN LLANTAS

Las llantas con zonas lisas transversales son inseguras y en algunos países son ilegales. Cuando el dibujo es menor de 1.5 mm., se debe reemplazar las llantas inmediatamente.

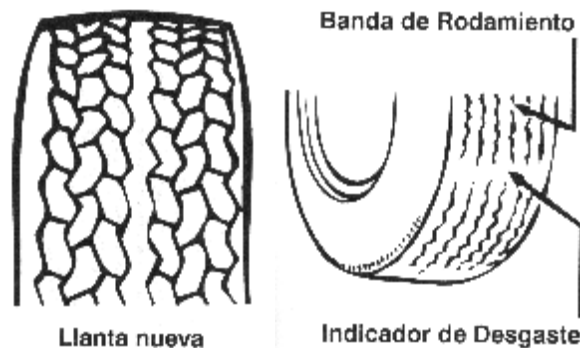
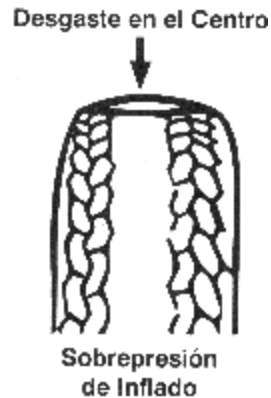


Figura A.4 Comparación de una llanta nueva y otra con indicador de desgaste

La mayoría de las llantas nuevas tienen indicadores de uso en el piso. El desgaste en los "hombros" de la llanta indica baja presión de inflado, por lo que se debe adicionar aire, al nivel máximo recomendado por el fabricante del vehículo.

**A.5 Neumático con desgaste en el centro y sobrepresión de inflado**

Las huellas de desgaste (huecos) en el piso de la llanta son causadas por un desbalanceo de la llanta o por falla en la suspensión, por lo que se recomienda llevar a balancear las llantas.

Vehículo híbrido

Los camiones híbridos están compuestos por un motor térmico y uno eléctrico permitiendo así una disminución aproximadamente del 20% del consumo de combustible, por lo tanto son más silenciosos que sus homólogos térmicos, ya que es el motor eléctrico el que los acciona entre 0 y 20 km/h.

La siguiente Tabla A.1 muestra pruebas hechas a vehículos híbridos de distintas compañías así como pruebas a dos vehículos de carga convencional, con la finalidad de comparar cada uno de los modelos las ventajas que esta ofreciendo cada una de ellas y así verificar que incluir vehículos con esta tecnología alternativa puede tener diversos beneficios para aquellos que deseen adquirirlos y operarlo como vehículos de carga, el decidirse por uno u otro depende de las necesidades para lo cual es requerido, por tal razón se debe conocer aquellas propiedades que nos ofrece cada uno de ellos, y verificar que el vehículo cumpla con los requerimientos que se esta solicitando.

Tabla A.1 Pruebas para los distintos vehículos híbridos y dos vehículos convencionales así como la fecha de prueba para cada uno de ellos.

| IDENTIFICACIÓN DEL VEHÍCULO | KW azul T370 TRACTOR PEPSICO | KW T370 HIBRIDO 35 K CAMION OXXO | TRANSPORTE DE LINEA CAMION M2e | ISUZU HIBRIDO | KW-T270 HIBRIDO 25 K BIMBO | HINO serie 300 Bimbo | KW45 SCR Urea | ISUZU GNC | INTERNACIONAL 4300 DURASTAR HIBRIDO |
|---|--------------------------------------|---|--------------------------------|---------------------------------------|---|----------------------------|--|---------------------------------------|-------------------------------------|
| fecha de prueba | 25-abr-10 | 28-abr-10 | 01-may-10 | 02-may-10 | 05-may-10 | 08-may-10 | 08-may-10 | 09-may-10 | 12-may-10 |
| potencia motor | 260HP | 200HP | 240HP | 137HP | 200HP | 136HP | 160HP | 128HP | 210 HP |
| potencia sistema híbrido | 60HP | 60HP | 60HP | 39HP | 60HP | 48HP | N/A | N/A | 60HP |
| Cilindros | 6 | 6 | 6 | 4 | 6 | 4 | 4 | 4 | 6 |
| voltaje de baterías al alternador | 12V | 12V | 12V | 24V | 12V | 24V | 24V | 24V | 12V |
| escape O.D. | | "4"" | | "6cm(2.36")" | "4"" | "2 3/4"" | | "2"" | |
| capacidad de carga | 55,000lb-24,943 kg | 35,000lb-15,875 kg | 31,000lb-14,061kg | 10,000lb-14,061 kg | 25,000lb-11,338 kg | 14,330lb-6,500kg | 17,637 lb-8,000 kg | 10,000 lb-4,575 kg | 35,000lb-15,875 kg |
| Tara | 13,560 kg | 6,500 kg | 6,990 kg | 3,025 kg | 5,300 kg | 4,200 kg | 4,000 kg | 3,045 kg | 11,377 kg |
| carga útil | 11,383 kg | 8,873 kg | 7,071 Kg | 1,550 kg | 6,038 kg | 2,300 kg | 4,000 kg | 1,530 kg | 4,498.73 kg |
| carga útil al 70% | 7,968 kg | 6,211 kg | 4,949 kg. | 1,085 kg | 4,227 | 1,610 kg | 2,800 kg | 1,071 kg | 3,149.1 kg |
| control emisiones | EPA´04 | EPA´04 | EPA´07 | Regulación Japonesa Similar el Euro 5 | EPA´04 | Regulación Japonesa 2005 | Euro 4 | Regulación Japonesa Similar el Euro 5 | EPA´07 |
| tipo de combustible | Diesel (Azufre 350 ppm) | Diesel (Azufre 350 ppm) | Diesel UBA (azufre 15 ppm) | Diesel UBA (azufre 15 ppm) | Diesel (Azufre 350 ppm) | Diesel UBA (Azufre 15 ppm) | Diesel (Azufre 350 ppm) | Gas Natural Comprimido | Diesel UBA (azufre 15 ppm) |
| Ruta típica | Reparto entre bodegas. Manejo Urbano | Reparto a autoservicio, Oxxo, Comer, etc. | Reparto | Reparto | Reparto a autoservicio, Oxxo, Comer, etc. | Segmento McDonald's | Reparto a autoservicio Oxxo, Comer, etc. | Reparto | Reparto |
| Distancia | "Paradas entre 5 y 8 km | Paradas permanentes | Paradas permanentes | Paradas permanentes | Paradas entre 5 y 8 km | Paradas permanentes | Paradas entre 5 y 8 km | paradas permanentes | paradas permanentes |
| comparación emisiones con vehículo convencional | Volvo 450 internacional | "T370-EPA´04" | Transmisión: Ultrashift | Compatible con sus especificaciones | Nuevas Regulaciones Japonesas | FL-70 | ISUZU 400 O CF 500 Internacional | Compatible con sus especificaciones | Nuevas Regulaciones Japonesas |

GLOSARIO

AUTOTRANSPORTE FEDERAL DE CARGA

Porte de mercancías que se presta a terceros en caminos de jurisdicción federal. Atendiendo al tipo de mercancías y de los vehículos.

C-2, C-3

Camión de dos y tres ejes.

CAJA ABIERTA

Vehículo automotor, semirremolque y remolque, tipo caja sin techo.

CAJA CERRADA

Camiones o semirremolques y remolques, carrocería tipo caja, con una o dos puertas abatibles o tipo cortina.

CAJA REFRIGERADOR

Camiones o semirremolques y remolques que transportan productos o materias que requieren mantenerse en bajas temperaturas, tales como: productos del mar, productos perecederos, sus formas y algunos productos semielaborados (flores, ramas para ornato, productos químicos, etc.), este tipo de vehículos cuenta con una unidad de refrigeración denominada thermoking.

CARENADO

Revestimiento de fibra de vidrio, plástico u otro material que se adapta a las motocicletas y a algunos bólidos con fines ornamentales y aerodinámicos.

CONTENEDOR

Recipiente utilizado para consolidar carga y que es fácilmente transportado por camión, ferrocarril o barco, sin tener que mover el contenido.

ESTACA

Camionetas para el transporte de carga en general.

GRUA DE ARRASTRE

Son camiones de dos y tres ejes, que se utilizan para el arrastre y rescate de vehículos con fallas o accidentados.

GRÚA INDUSTRIAL

Automotor con cabina y equipo especial movible (pluma), que se utiliza para elevar y transportar carga

JAULA

Semirremolque que se utiliza para el transporte de ganado, sus características son: con escote, doble transmisión y rampas para la carga y descarga, piso de madera machinbrado. Estos tipos de unidades como transportan animales, deben contar con una suficiente

ventilación y una adecuada vigilancia, ya que es una carga móvil y afecta la estabilidad del vehículo.

PERMISIONARIO

Persona autorizada por la secretaria de comunicación y transporte para prestar servicio de autotransporte federal o para operar o explorar servicios auxiliares

PERSONA FISICA

Es la que tiene la capacidad jurídica y que le pueden ser imputables derechos y obligaciones, y se adquiere con el nacimiento y se pierde con la muerte. Que todos los seres humanos son personas jurídicas denominadas personas naturales o comúnmente personas físicas, las cuales tienen derechos y obligaciones.

PERSONA MORAL

Son ciertas entidades a las cuales el derecho considera como una sola entidad para que actúen como tal en la vida jurídica. Las personas morales se registran por las leyes correspondientes, por su escritura constitutiva y por sus estatutos.

PESO BRUTO VEHICULAR

Suma del peso vehicular y el peso de la carga, en el caso de vehículos de carga; o suma del peso vehicular y el peso de los pasajeros, equipaje y paquetería, en el caso de los vehículos destinados al servicio de pasajeros.

RALENTÍ

Vehículo encendido sin rodar.

R-2 AL R-6

Remolque de dos hasta seis ejes.

REDILLAS

Camión, semirremolque y remolque, con un armazón de tablas alrededor de una plataforma.

REMOLQUE

Vehículos con eje delantero y trasero no dotado de medios de propulsión y destinado a ser jalado por un vehículo automotor, o acoplado a un semirremolque.

S-1 AL S-6

Semirremolque de uno hasta seis ejes.

SEMIREMOLQUE

Vehículo sin eje delantero, destinado a ser acoplado a un tractocamión de manera que sea jalado y parte de su peso sea soportado por este.

T-2, T-3

Tractocamión de dos ejes y de tres ejes.

TOLVA

Unidades de arrastre destinadas a productos a granel preferentemente minerales. Caja en forma de pirámide o cono invertido.

TRACTOCAMIÓN

Vehículo automotor destinado a soportar y arrastrar semirremolques y remolques.

UNIDAD DE ARRASTRE

Vehículo utilizado para el transporte de mercancías, el cual requiere para su movilización ser acoplado a una unidad motriz

VOLTEO

Camión que tiene una caja que puede levantarse en el extremo delantero de manera que la carga se deslice hacia atrás.

NOMENCLATURA

| | |
|--|--|
| C_d | Coeficiente de arrastre |
| K | Coeficiente de resistencia a la rodadura |
| RPE [<i>Retail Price Equivalent</i>] | Equivalente al precio de venta al por menor |
| CCPPR [<i>Capital Cost Per Percent Reduction</i>] | Costo de capital por porcentaje de reducción |
| SCR [<i>Selective Catalytic Reduction</i>] | Reducción catalítica selectiva |
| NESCCAF [<i>Northeast States Center for a Clean Air Future</i>] | Centro estatal del noreste por un futuro de aire limpio |
| ICCT [<i>International Council on Clean Transportation</i>] | Consejo internacional de transporte limpio |
| ICM [<i>Indirect Cost Multiplier</i>] | Multiplicador de costos indirectos |
| HVAC [<i>Heating, Ventilation, and Air Conditioning</i>] | calefacción, ventilación y aire acondicionado |
| FE [<i>Fuel Economy</i>] | Economía del combustible |
| WBS [<i>wide-base single (tires for low rolling resistance)</i>] | Neumáticos de base ancha (baja resistencia al rodamiento) |
| AMT [<i>automated manual transmission</i>] | Transmisión manual automatizada |

REFERENCIAS

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Bernard Adams, “Motores Diesel”, Equipo de Ingenieros y técnicos de la Revue Technique Automobile, España: Editorial BLUME, 1973.
- [2].Edward F. Obert, “Motores de combustión Interna: Análisis y aplicaciones”, México D.F.: Editorial Continental S.A. de C.V. México, 1992.
- [3].Orville Adams, “Motores Diesel”, Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili S.A., 1980.
- [4]. Sean Bennett, “Modern Diesel Technology: Diesel Engines”, United States, Delmar Cengage, 2008.
- [5]. Instituto Nacional de Estadística y Geografía; “Síntesis Metodológica de la Estadística de Vehículos de Motor Registrados en Circulación”, 2009[Revisión en Marzo 2011]
- [6]. Melgar de México y asociados, “Estadísticas de la Población de Vehículos en México”, 2009.
- [7]. Secretaría de Energía, “Balance Nacional de Energía”, 2010 [Revisión en Abril 2011]
- [8]. Instituto Mexicano del Transporte (IMT); Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); “Selección del Tren Motriz de Vehículos Pesados (carga y pasajeros) destinados al Servicio Publico Federal”; Publicación Técnica No. 128 Sanfandila, Qro, México, 1999.
- [9].Cummins, “Secrets of Better Fuel Economy: The Physics of MPG”, Cummins Engine Company, Mexico, 2008.

- [10]. Caterpillar, “Operating Caterpillar® On-Highway Engines with ACERT™ Technology”, Ray Hartwell, 2005.
- [11].National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), “Final Rulemaking to Establish Greenhouse Gas Emissions Standards and Fuel Efficiency Standards for Medium- and Heavy-Duty Engines and Vehicles: Regulatory Impact Analysis”, United States, 2011.
- [12].Fuelwatch-Volvo, “Fuel Efficiency”, North America, 2008.
- [13].Kenworth Truck Company, “White Paper on Fuel Economy”, 2008.
- [14].Transportation Research Board, “Technologies and Approaches to Reducing the Fuel Consumption of Medium- and Heavy-Duty Vehicles”, Washington, D.C., 2010.
- [15].Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones, A.C. (ANPACT), “Boletín de Ventas, Producción, Exportación de Vehículos Pesados por Segmentos”, 2010.
- [16].Secretaría de Comunicación y Transporte (SCT)], “Autotransporte Federal de Carga”, 2009.
- [17].Norma Oficial Mexicana NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, “Especificaciones de los combustibles fósiles para la Protección Ambiental”, Diario Oficial de la Federación, México, 2006.
- [18].Norma Oficial Mexicana NOM-044-SEMARNAT-2006, “Limites Máximos Permisibles de Emisión de Hidrocarburos de los vehículos”, Diario Oficial de la Federación, México, 2006.
- [19].European Automobile Manufacturers Association (ACEA), et. Al., Worldwide Fuel Charter, September 2006.
- [20].European Automobile Manufacturers Association (ACEA), et. Al., “Biodiesel Guidelines”, from the Worldwide Fuel Charter, March 2009.

[21].European Automobile Manufacturers Association (ACEA), et. Al., “Ethanol Guidelines”, from the Worldwide Fuel Charter, March 2009.

MESOGRAFÍA

[22].<http://www.fing.edu.uy/if/cursos/fister/modulos/ciclos/clases/Aire%20estandar.pdf> [Revisión 29 de agosto de 2011: 7:30 pm]

[23].http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/motores/temas/ciclo_teorico.pdf. [Revisión 30 de agosto de 2011].

[24].<http://www.adblue-argentina.com.ar/scr.htm> [Revisión 30 de enero de 2012].

[25].www.educarchile.cl/medios/3012200518511.ppt [Revisión 30 de enero de 2012].

[26].<http://www.micoche.com/reportajes/mantenimiento/filtros-guia-de-funcionamiento-y-sustitucion/> [Revisión 7 de febrero de 2012].

[27].<http://www.automotriz.net/tecnica/conocimientos-basicos-03.html> [Revisión 7 de febrero de 2012].

[28].<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/489/inventario.pdf> [Revisión 7 de febrero de 2012].

[29]. www.conae.gob.mx/ [Revisión 2 de marzo de 2011].

[30].http://archivos.diputados.gob.mx/Comisiones/Ordinarias/Transportes/Mapas_Sector_Subcomision/MapasTransporteMultimodalyAutotransporte.pdf [Revisión 30 de abril de 2011].