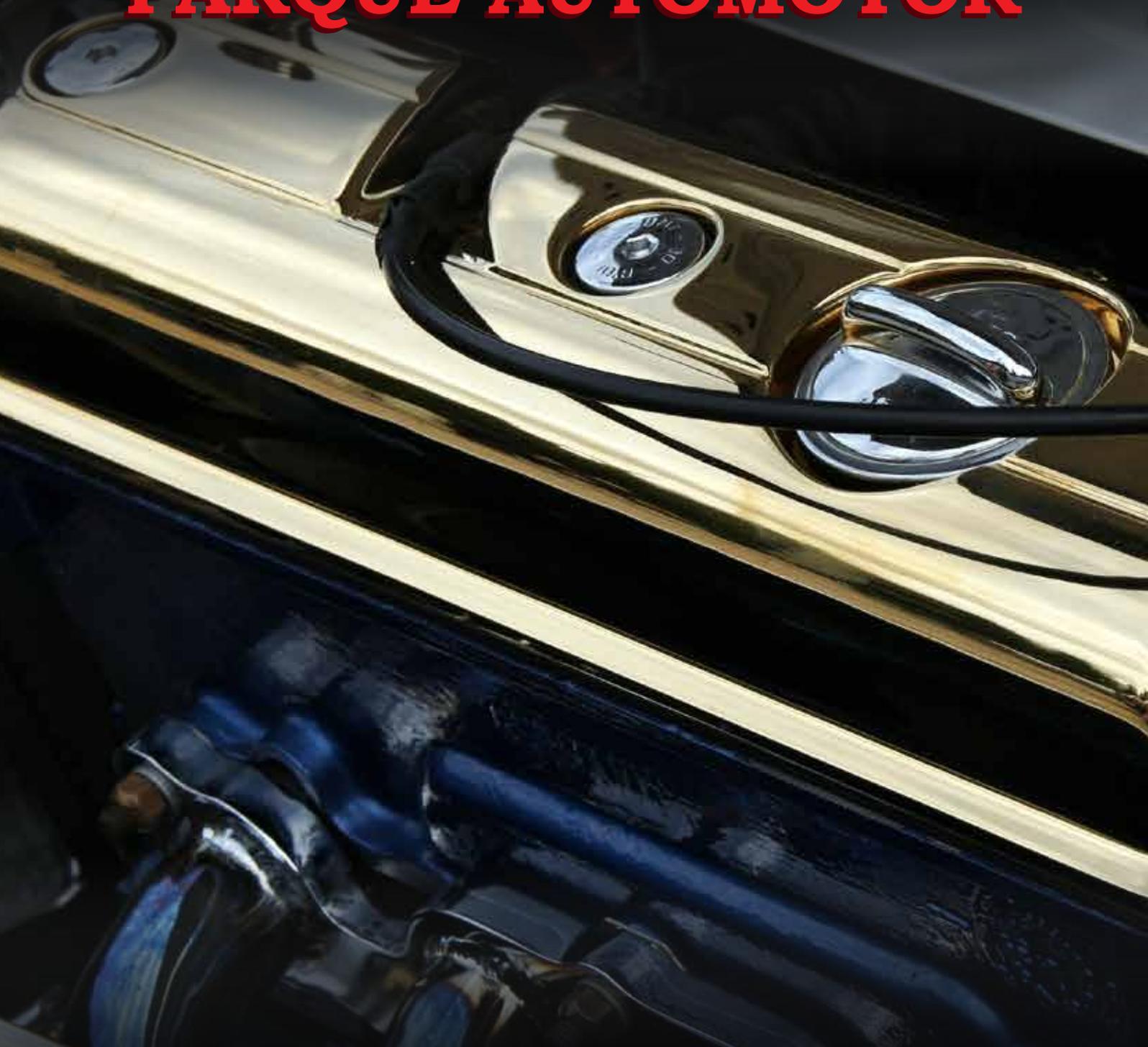


TÉORIA DE SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DEL PARQUE AUTOMOTOR



**Edilberto Antonio Llanes Cedeño, Víctor Danilo Zambrano León,
Aléx Santiago Cevallos Carvajal, Euro Rodrigo Mena Mena
Juan Carlos Rocha Hoyos**

**Publicaciones científicas
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE**

Créditos

Teoría de selección y dimensionamiento del parque automotor

Edilberto Antonio Llanes Cedeño, Víctor Danilo Zambrano León, Aléx Santiago Cevallos Carvajal, Euro Rodrigo Mena Mena, Juan Carlos Rocha Hoyos

ISBN:

978-9942-765-21-5

Pares revisión científica:

Yoandrys Morales Tamayo
Julio César Pino Tarragó

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Crnl. Ramiro Pazmiño (Rector)

Publicación autorizada por:

Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Edición y producción:

David Andrade -aguirre
daa06@yahoo.es

Diseño:

David Cabrera Reinoso
thedavox@gmail.com

Derechos reservados. Se prohíbe la reproducción de esta obra por cualquier medio impreso, reprográfico o electrónico.

El contenido, uso de fotografías, gráficos, cuadros, tablas y referencias es de exclusiva responsabilidad del autor.

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Av. General Rumiñahui s/n, Sangolquí, Ecuador
www.espe.edu.ec

Los derechos de esta edición electrónica son de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, para consulta de profesores y estudiantes de la

Índice de contenidos

Pag.

Capítulo I

Metodología de selección técnica del parque automotriz

	11
1. Introducción	13
2. Criterios de selección.	13
2.1. Tipo de vehículo a seleccionar según tipo de carga y características del servicio:	14
2.2. Volúmenes de trabajos a desarrollar durante el año:	14
2.3. Categorización de las condiciones de explotación	15
2.4. Categorización de la carga	17
2.5. Características del proceso de carga y descarga	18
2.6. Las limitaciones que se imponen al proceso	18
2.7 Situación financiera de las empresas	19
2.8 Labores priorizadas económicamente	19
3. Valoración de las características constructivas	20
3.1. Dimensiones del vehículo	20
3.2. El peso y su distribución.	23
3.3. Tipo y características del motor.	27
3.4. El tipo de servicio del vehículo	28
3.5. Motor diesel o de gasolina.	28
3.6. Dos tiempos o cuatro tiempos.	30
3.7. Refrigeración por aire o por agua.	31
3.8. Motor sobrealimentado o de aspiración natural.	33
3.9. Efecto del tamaño del cilindro y de la relación s/d	33
3.10. La disposición y número de los cilindros	34
4. Tendencias en la evolución de los motores.	35
5. Forma aerodinámica.	61
6. Sistema de transmisión.	63
7. Utilización de los auxiliares y accesorios.	73
8. Conclusiones	76

Capítulo II

“Valoración del grado de utilización y de las cualidades fundamentales de producción”

	77
1. Valoración del grado de utilización	79
2. Análisis de las cualidades fundamentales de producción	80
2.1. Fiabilidad	80
2.2. Durabilidad	81
2.3. Criterio de potencia por litros	83
2.4. Criterio combinado de potencia por litro y durabilidad	84
2.5. Criterio de potencia específica (ng)	85
2.6. Criterio combinado de potencia específica y durabilidad	85
2.7. Coeficiente global de evaluación	86
2.8. Mantenibilidad	87
2.9. Capacidad de paso	88
2.10. Valoración de la capacidad de paso de perfil	89
2.11. Valoración de la capacidad de paso de apoyo	95
2.12. Dinámica	98
2.13. Estabilidad del movimiento	102

	Pag.
2.14. Consumo de combustible	103
2.15. Seguridad en el movimiento y comodidad de utilización: la ergonomía en los vehículos:	105
3. Valoración de las normas vigentes.	108
Peso y dimensiones:	108
Normas de protección ecológica:	108
4. Valoración de elementos de comercialización	109
5. Valoración económica.	109
Criterios del flujo neto de caja total por unidad comprometida.	110
Criterio del flujo neto de caja medio anual por unidad comprometida.	111
El período de recuperación (PR).	111
Criterio de la tasa de rendimiento contable.	112
Método del valor anual equivalente. (VAE)	113
Criterio del valor actual neto (VAN).	113
Índice de rentabilidad (IR)	114
Criterio de la tasa interna de rendimiento. (TIR)	115
6. El riesgo y la incertidumbre en las decisiones de una inversión:	116
7. Conclusión	118
Capítulo III	
Política de renovación vehicular	119
1. Introducción	121
2. Los métodos contables	122
2.1. Método de reposición de activos	123
2.2. Método costo promedio anual	125
2.3. Influencia de la tasa de intereses en el período de renovación.	129
3. Los métodos extracontable	135
3.1. Método 3: costo unitario anual (c_{ua})	135
4. Los métodos de optimización.	136
4.1. Método 4: método del margen de utilidad anual	136
4.2. Método 5: método del costo de posesión	138
5. Comparación de los métodos de renovación vehicular	139
6. Conclusión	142
Bibliografía	143

Índice de tablas

Pag.

Tabla 1.1. Parámetros de vehículos ligeros	26
Tabla 1.2. Estándares internacionales de potencia específica	48
Tabla 1.3. Efecto del incremento de la potencia específica en el consumo de combustible	52
Tabla 1.4. Valores normados de k_{co}	54
Tabla 1.5. Rango normal de variación de n_n	55
Tabla 2.1. Valores del despeje por categoría del vehículo	90
Tabla 2.2. Estándares internacionales de potencia específica	92
Tabla 3.1. Resumen de datos de proyección	124
Tabla 3.2. Resultados de la aplicación de la proyección de la tabla 3.1 En la fórmula	127
Tabla 3.3. Cálculo del factor de valor actual (fva).	131
Tabla 3.4. Momento preciso del reemplazo del vehículo. Tasa de intereses: 10 % anual	132
Tabla 3.5. Momento preciso del reemplazo del vehículo. Tasa de intereses: 12 % anual.	133
Tabla 3.6. Momento preciso del reemplazo del vehículo. Tasa de intereses: 18 % anual	134
Tabla 3.7. Resumen de resultados.	140

Índice de figuras

Pag.

Figura 1.1. Las principales medidas del vehículo automotor.	20
Figura 1.2. Coeficiente de aprovechamiento de la masa útil.	25
Figura 1.3. Elasticidad de diferentes tipos de motores.	43
Figura 1.4. Influencia de la elasticidad en los parámetros de salida del vehículo.	46
Figura 1.5. Influencia de la elasticidad de torque del motor en la velocidad media y el consumo.	47
Figura 1.6. Influencia de la potencia específica en la velocidad media y el consumo en vehículos diesel pesados. A)-con variación de la potencia máxima; b)-con variación de la masa total.	49
Figura 1.7. Influencia de la potencia específica en la velocidad media y el consumo en vehículos urbanos	50
Figura 1.8. Influencia de la potencia específica en $v_{m\acute{a}x}$ y la capacidad de aceleración	51
Figura 1.9. Dependencia de potencia en la rueda contra velocidad en vehículos ligeros con marcha superior multiplicada.	56
Figura 1.10. Tipos de cámaras de combustión no separadas en los motores diesel	59
Figura 1.11. Tipos de cámaras de combustión separadas en los motores diesel.	60
Figura 1.12. Potencias consumidas durante el desarrollo del movimiento	62
Figura 1.13. Pérdidas mecánicas en un vehículo ligero con motor de gasolina ($v_h = 5$ litros) a la velocidad de 80 km/h	64
Figura 1.14. Variantes de sistemas de transmisión.	65
Figura 1.15. La influencia del rango de frecuencia de rotación de trabajo del motor en las relaciones de transmisión de la caja.	71
Figura 1.16 Los cambios de marcha y el trabajo del motor	72
Figura 2.1 Valores típicos de los coeficientes de durabilidad.	82
Figura 2.2. Valores del coeficiente de durabilidad y potencia por litros para automóviles de diferente cilindrada.	83
Figura 2.3. Variación del coeficiente c_{cm} para automóviles de diferente cilindrada.	84
Figura 2.4. Valores del coeficiente c_{cd} para automóviles de diferente cilindrada.	86
Figura 2.5. Variación del coeficiente c_e para automóviles de diferente cilindrada.	87
Figura 2.6. Parámetros que inciden en la capacidad de paso	91
Figura 2.7. Ángulo de flexibilidad en el plano vertical.	93
Figura 2.8. Ángulo de flexibilidad horizontal.	93
Figura 2.9. Esquema que representa la selectividad de marchas.	101
Figura 3.1. Determinación del período de renovación por reposición de activos	124
Figura 3.2. Determinación del momento de reemplazo	128

Dedicatoria

Los autores dedican la presente obra a:

A DIOS por ser nuestra fuente de inspiración y fortaleza cada día.

Nuestros familiares por estar siempre presente apoyándonos en todo momento, por el amor que nos han dado, su dedicación y comprensión en todo instante.

Nuestros amigos por su apoyo incondicional en todo momento durante el desarrollo de nuestras vidas profesionales y personales.

Las instituciones que han posibilitado la redacción y publicación de esta obra: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y la honorable Universidad Internacional SEK donde fuimos formados, crecimos profesionalmente.

Todas las personas que brindaron una idea, un consejo y visionaron nuestro trabajo.

A todos muchas gracias de todo corazón.

Agradecimiento

Los autores quieren agradecer a:

A DIOS por brindarnos cada día vida, salud, alegría y fortaleza para alcanzar nuestros objetivos.

Nuestros familiares, amigos, conocidos y todas esas personas que aportaron su grano de arena en los momentos más difíciles.

La Universidad Internacional SEK por abrir las puertas a nuestros conocimientos y servicios.

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE por abrir las puertas a nuestros conocimientos y servicios.

Prólogo

La introducción de nuevas tecnologías ha logrado la reducción de los parámetros de consumo, la contaminación ambiental y una adecuada correspondencia con las cada vez más exigentes reglamentaciones para la circulación vehicular, entre otras. Por otro lado, los precios crecientes de los fundamentales derivados del petróleo, y el incremento en los costos del mantenimiento técnico que introducen, en ocasiones, las nuevas tecnologías, aumentan sustancialmente los costos de explotación.

Por todo lo anterior, se hace necesaria la óptima selección del parque vehicular buscando una adecuada correspondencia entre los requerimientos del proceso de transportación y las cualidades explotativas de los vehículos seleccionados, que posibiliten un incremento de la efectividad económica en el proceso de explotación, de la seguridad del movimiento y de la vida útil económica del vehículo con una correcta adecuación a las reglamentaciones vigentes.

En tal sentido, si bien existen trabajos previos que abordan la temática de la selección y dimensionamiento vehicular, no existen criterios que aborden el problema en forma integral, siendo ese el propósito fundamental de este trabajo.

En el capítulo I y II, se brinda la metodología de selección vehicular propuesta, expresada en forma general para que pueda ser aplicada, con sus especificidades, tanto a vehículos pesados como ligeros. Esta misma metodología puede ser aplicada dentro de una empresa para determinar la opción más adecuada entre varios vehículos y composiciones para el desarrollo de un proceso de transportación determinado o para determinar la factibilidad de una modificación constructiva, realizando comparaciones con el vehículo original. Por tal motivo sirve a los fines de selección, evaluación de modificaciones constructivas y explotación.

En el capítulo III, se brindan los criterios más utilizados para determinar el momento de la reposición vehicular, estando la aplicación de uno u otro método determinada por las características de la contabilidad de la empresa que la emplee.

No puede considerarse como un trabajo acabado, pero constituye un importante punto de partida para mayores empeños en tal sentido.

Los autores

ESPACIO EN BLANCO

Capítulo I



METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR

ESPACIO EN BLANCO

Objetivos

Analizar la metodología de selección a través de los sistemas automotrices para la óptima selección del parque vehicular buscando una adecuada correspondencia para el trabajo y productividad.

1. Introducción

Frente a la avalancha de información técnica que generan las empresas productoras, frente a la gran competencia existente en el sector, se hace necesario formar criterios propios sobre necesidades en las empresas.

Este material pretende pues, dar un aporte en tal sentido, sin que constituya un material acabado, dada la amplitud del tema, y el hecho incuestionable de que, como cualquier obra humana, es susceptible de perfeccionarse.

2. Criterios de selección

En sentido general los criterios de selección se pueden agrupar en cuatro grandes grupos:

- **Tecnológicos**
- **Técnicos**
- **Económicos**
- **De diseño**

Atendiendo a ello, se pondrá a su consideración una metodología para la selección vehicular que contempla:

- a. Valoración de las características constructivas.
- b. Evaluación del grado de utilización y de las cualidades de explotación del vehículo.
- c. Adecuación a las normativas fundamentales.
- d. Valoración de elementos de comercialización.
- e. Valoración económica.

Al seleccionar el vehículo se debe conocer previamente:

- El tipo de vehículo a seleccionar según su destino y características del servicio que va a desarrollar.
- El tiempo promedio de la jornada laboral.

- La categorización de las condiciones de explotación.
- La categorización de la carga o de las cargas.
- Las características del proceso de carga - descarga.
- Las limitaciones que se imponen al proceso.
- Las empresas que definen el flujo fundamental de los pasajeros, en el transporte de pasajeros.
- Las labores priorizadas económicamente dentro de la empresa.
- La evolución posible de los costos del servicio.

Estos elementos son imprescindibles, pues sirven de apoyo a los criterios de selección establecidos, por tal razón, se pasan a detallar a continuación. (Abe, 2015).

2.1 Tipo de vehículo a seleccionar según tipo de carga y características del servicio

Los vehículos pueden estar destinados para procesos de transportación de cargas, procesos de transportación de pasajeros y trabajos especiales.

En los procesos de **transportación de cargas**, se debe delimitar si ésta, según características del servicio es:

- De pequeños volúmenes
- De volúmenes medios
- De grandes volúmenes

En el caso de **transportación de pasajeros** por su parte, se debe conocer si se trata de un medio de transportación:

- Individual
- Colectivo. Puede subdividirse de acuerdo al número de pasajeros a transportar.

2.2 Volúmenes de trabajo a desarrollar durante el año

Es de suma importancia el conocimiento de los volúmenes de trabajo, ha realizar por los vehículos que se involucran en el proceso de selección, por cuanto ello permite definir el número de vehículos de un tipo dado que da respuesta a los requerimientos de trabajo y la valoración de su grado de utilización.

De ser posible, en el caso del transporte de cargas, se determina el volumen de trabajo para cada tipo de cargas o grupos de cargas afines (por sus características y por la similitud en los procedimientos de carga y descarga). En el caso del transporte de pasajeros, se

determina diferenciadamente el volumen de trabajo según las características del servicio.

Para realizar los estimados de volúmenes de transportación, tanto de carga como de pasajeros, se basa en experiencias anteriores o en trabajos estadísticos. En el transporte urbano de pasajeros lo ideal sería contar con los resultados de un esquema integral del transporte, que muestre la orientación y el volumen de los flujos de pasajeros, según horas del día y días de la semana, y su posible evolución en el tiempo. Sin dudas que ello requiere de un trabajo muy voluminoso y costoso, cuyos costos se recuperan en muy breve plazo por las ganancias que proporciona. Las correcciones que requiere un esquema integral con el de cursar del tiempo, resultan ser más sencillas y menos costosas (Pelliccione, 2017).

Los estimados deben ser lo más objetivos posibles, puesto que estos constituyen un punto clave en el monto de la inversión. Los estimados con el transcurso del tiempo pueden diferenciarse de la realidad en función del desarrollo de la economía, los costos de operación, los precios, la competencia, las variaciones de rutas y los cambios en las exigencias en cuanto al servicio de calidad (rapidez, seguridad, confort, etc.) entre otros. De igual forma, tanto en el transporte de pasajeros como de carga, la apertura o cierre de grandes complejos industriales, pueden modificar sensiblemente los volúmenes de trabajo.

En el transporte de carga, cuando existen contrataciones que entrañan un volumen fijo de transportación o cuando el parque vehicular forma parte de una industria con producciones estables determinadas, la tarea se simplifica, aunque aún en estos casos, las estimaciones están sujetas a la evolución económica del país o a limitaciones que puede sufrir un sector determinado de la economía (Álvarez-Sánchez, 2009; Aparicio et al., 1995).

2.3 Categorización de las condiciones de explotación

Lo primero que se debe tener en cuenta es, si el vehículo se va a destinar a procesos de transportación en zonas urbanas, suburbanas o rurales; así como también sus recorridos promedios anuales, diarios y por viaje, ya que estos son factores que pueden determinar el tipo de vehículo a seleccionar y sus características constructivas. Se pone por ejemplo: los vehículos de tránsito urbano deben poseer transmisiones automáticas y no son tan exigentes en cuanto a sus cualidades aero-

dinámicas; los camiones de volteo se utilizan fundamentalmente para distancias relativamente pequeñas de recorrido (Jazar, 2013).

En los vehículos de carga es necesario conocer las condiciones de carga a lo largo del recorrido, es decir, si existen recorridos en vacío o sin carga, pues ello permite determinar el coeficiente de aprovechamiento del recorrido (β), cuyo valor es un indicador técnico-económico importante, que interviene además en el cálculo de la productividad, y que valora en qué medida el recorrido total es empleado en labores productivas, o sea, en movimiento con carga.

$$\text{Para un viaje, } \beta \text{ será: } \beta = \frac{I_{rc}}{I_t} \quad (1.1)$$

Dónde: I_{rc} recorrido con carga, km.
 I_t recorrido total

$$I_t = I_o + I_{rc} + I_{sc}$$

Donde:

I_o es el denominado recorrido cero y comprende el recorrido desde el parqueo hasta el lugar de carga, y a la inversa, al finalizar la jornada.

I_{sc} es el recorrido en vacío o sin carga. Comprende el retorno en vacío o cualquier otro recorrido auxiliar sin carga que se desarrolle, ya sea por recorridos complementarios hacia los puntos de carga, por necesidades de abastecimiento del vehículo, etc.

Para un día o turno se utiliza la ecuación 1.2:

$$\beta = \frac{L_{rc}}{L_t} = \frac{\sum I_{rc}}{\sum I_{rc} + \sum I_{sc} + \sum I_o} \quad (1.2)$$

En el caso del transporte de pasajeros β debe estar muy cerca de la unidad.

Otro aspecto importante es poseer una categorización de las vías, pues las características constructivas del vehículo y muchas de sus cualidades de explotación van a estar supeditadas al tipo de vía, a su estado y características.

El conocimiento de la vía y sus características se posibilita asumir los valores promedios del coeficiente de resistencia a la rodadura y la pendiente en la vía (f y p) y determinar la existencia, si los hubiese, de tramos críticos, ya sea por condiciones de adherencia (μ_{\min}), por pendientes de consideración mantenidas durante recorridos prolongados, etc.; que hagan necesaria una consideración especial del comportamiento del vehículo en esas condiciones. Son importantes aspectos concernientes en cuanto al número y tipo de interferencias al movimiento en el recorrido (paradas por intersecciones, semáforos, pasos a nivel, existencia de poblados en vías foráneas, etc.), la intensidad del tráfico y sus horas y días críticos, el ancho de las vías, sus sentidos de circulación y las velocidades admisibles promedios. Igualmente se debe considerar la nivelación de la vía, en cuanto a su micro relieve, y la presencia de curvas cerradas o no en el recorrido, por la limitación que imponen a las velocidades de movimiento. El micro relieve afecta además el aprovechamiento de la capacidad de carga, pues variaciones sensibles de éste, generan cargas dinámicas que exceden las cargas de cálculo y contribuyen al desgaste acelerado de los elementos del sistema de transmisión y rodaje, o incluso su falla prematura. Como se ve estos elementos van a determinar la necesidad de mayores cualidades de explotación (capacidad de aceleración, capacidad de frenaje, etc.) las cuales determinarán características constructivas específicas de su motor, sistema de transmisión, frenos, etc. (Heißing y Ersoy, 2010; Litvinov et al., 1989).

Un aspecto importante es considerar si las vías imponen limitaciones especiales, como por ejemplo, puede ser el caso de alturas máximas, que pudieran limitar la altura de la carga, o la existencia de condiciones anormales de trabajo, que pudieran entrañar alguna exigencia constructiva especial para el vehículo.

2.4 Categorización de la carga

En los vehículos de transporte de carga el carácter de la carga tiene una gran influencia en la selección del vehículo. Las cargas se clasifican en:

- A granel
- Embalada (cajas, sacos, fardos, etc.)
- Unitaria (vehículos, máquinas herramientas, motores, contenedores, etc.)
- Líquida
- Gaseosa

Las cargas líquidas y gaseosas requieren de vehículos especialmente diseñados a estos fines. En el caso de las cargas a granel y líquidas se requiere el conocimiento de su peso específico, y en el caso de las cargas embaladas y unitarias el peso por unidad y sus dimensiones. Ello va a ser importante para analizar el aprovechamiento posible del volumen de la cama y de la capacidad de carga del vehículo (Pérez, 1978).

En los procesos de transportación de pasajeros habría que hablar del sector a que está dirigido el servicio, o sea si este es un servicio popular, o si por ejemplo está dirigido a un sector medio, en cuyo caso se definen exigencias de confort, etc., vinculadas al precio del servicio que se presta.

2.5 Características del proceso de carga y descarga

En relación con el tipo de carga y los medios de que se dispongan, los procesos de carga - descarga pueden ser:

- Manuales
- Mecanizados
- Semimecanizados

En el caso de utilizarse medios mecanizados se hace necesario conocer el principio de trabajo, los parámetros constructivos y las exigencias para el desarrollo de su trabajo. Ello puede definir exigencias para los medios de transporte, que se determinaran en la elección de uno u otro vehículo.

De igual forma, de acuerdo a las posibilidades de maniobra para la carga y descarga, así tendrá que ser la maniobrabilidad del vehículo. Esto es sumamente importante en vehículos utilizados para la transportación de productos de las cosechas agrícolas, donde sus posibilidades de maniobra en el campo se ven limitadas por los anchos de las franjas de viraje, lo cual determina la complejidad de la maniobra, la magnitud de los recorridos en vacío y el incremento del consumo de combustible en labores no productivas.

2.6 Las limitaciones que se imponen al proceso

Las limitaciones que se imponen al proceso pueden provenir de:

- **El tipo de carga:** la carga puede introducir limitaciones en la velocidad promedio de movimiento a causa de su fragilidad, de la peligrosidad de derrame, inflamación, etc., o a causa de los efectos negativos que pueden generar en la estabilidad del vehículo la transportación de cargas de bajo peso específico. La

corrosividad de la carga puede determinar, además de cuidados extremos en su manipulación, exigencias en cuanto a los materiales de la plataforma del vehículo. Algunas cargas exigen estar cubiertas, refrigeradas; y otras exigen de dispositivos especiales para su transportación, que reducen la carga útil transportada.

- **El proceso de carga y descarga:** el proceso de carga-descarga y los medios mecanizados utilizados en los mismos, pueden limitar la altura donde se va a cargar y la altura de las barandas de la plataforma. La demora del proceso de carga - descarga y su implicación en el rendimiento, pueden definir la necesidad del uso de volteo o la necesidad en el uso de un mayor número de remolques, de modo que pudieran coexistir en el tiempo un remolque en movimiento, uno en carga y otro en descarga.
- **La vía y sus características:** en tal sentido, el relieve puede implicar limitaciones severas a la velocidad de movimiento, pero el micro relieve (ondulaciones), debido a la aparición de cargas dinámicas cuya magnitud depende de la ondulación y de la velocidad, puede implicar mayores limitaciones en la velocidad de viaje y en el aprovechamiento de la capacidad de la carga (Morales, 2004). De igual manera, limitaciones en cuanto a altura máxima permisible de la carga, como ya se expresó, pueden limitar el aprovechamiento de la capacidad de carga.

2.7 Situación financiera de las empresas

Sin lugar a dudas, la situación económica-financiera de la empresa que realiza la inversión en este sentido, puede determinar que el vehículo seleccionado de acuerdo con las necesidades no sea el más adecuado, en dependencia de que el costo del vehículo idóneo pueda ser más elevado que el de otros modelos y marcas, más inadecuados, pero más acordes a sus posibilidades financieras.

Es necesario, por otro lado, tener claridad en cuanto a la situación financiera de las empresas que garantizan el desarrollo del proceso de transportación, para tener la seguridad en la continuidad del mismo, durante el plazo de servicio previsto para el vehículo.

2.8 Labores priorizadas económicamente

Dentro de la labor de selección debe darse máxima prioridad, en cuanto a buscar la mayor correspondencia entre las necesidades y las cualidades del parque automotor, a aquellos vehículos en cuya acti-

vidad descansa el mayor peso de la rentabilidad de la empresa. Si las operaciones son diversas, definir la selección por aquellas que mayor repercusión económica poseen (Klimpush, 1988). Tener absoluta claridad en tal sentido, es un aspecto principal en el proceso de selección.

3. Valoración de las características constructivas

La valoración de las características constructivas es amplia, por los aspectos fundamentales, los cuales se agrupa, en la siguiente forma (Ilarionov y Morín, 1985):

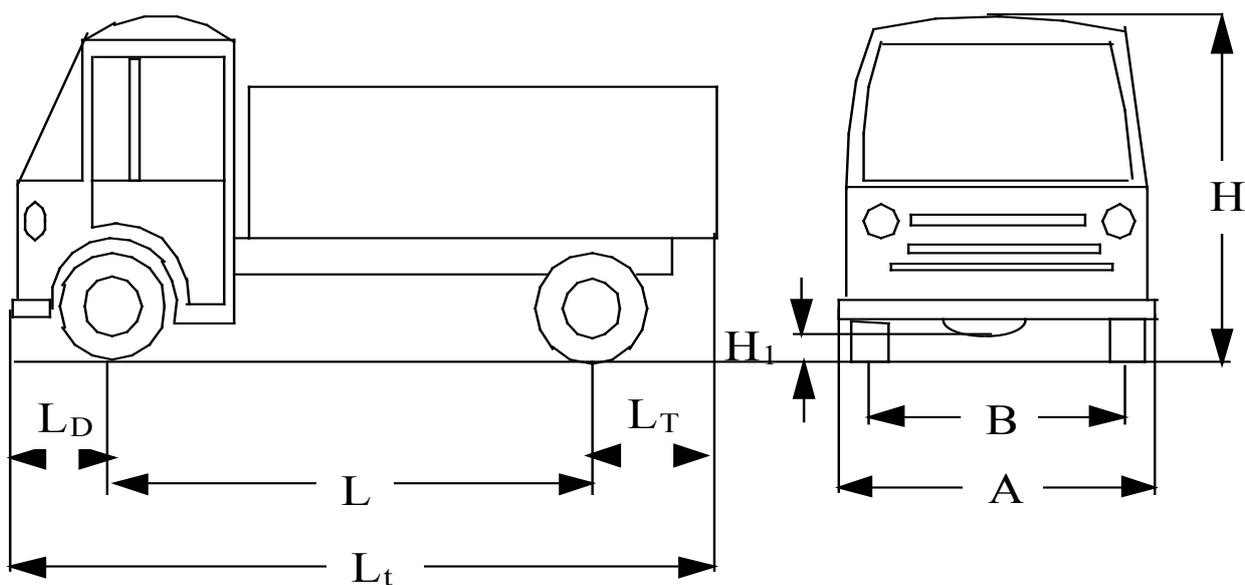
- Dimensiones del vehículo
- Peso y su distribución
- Tipo y características del motor
- Forma aerodinámica
- Sistema de transmisión
- Equipos auxiliares y accesorios

Se comienza pues con el análisis de cada uno por separado.

3.1 Dimensiones del vehículo

Se presenta en la figura 1.1, donde se visualizaron las principales dimensiones del vehículo

Figura 1.1. Las principales medidas del vehículo automotor.



Fuente: elaboración propia.

Las dimensiones de un vehículo, se recuerda que el ancho de vía (B) en los vehículos y al ancho (A) en los vehículos livianos, conjuntamente con la altura total (H), tienen influencia en el área frontal proyectada del vehículo, en (F):

$$F = m_1 \cdot B \cdot H \text{ (Vehículos pesados)}$$

$$F = m_2 \cdot A \cdot H \text{ (Vehículos ligeros)}$$

Y que la magnitud de F incide directamente en la resistencia al aire ($P_a = K \cdot F \cdot V^2$). Por lo cual, independientemente de la forma aerodinámica del vehículo, a mayores valores de B, A y H mayor P_a y por tanto aumenta el consumo de combustible por este concepto. Se recuerda además que vinculado a las dimensiones está el peso, el cual también incide de forma negativa en el consumo. Se toma en cuenta, que en realidad lo que define F, y de hecho P_a , no es la altura del vehículo, sino la máxima altura, la que pudiera ser medida por la distancia que sobresalga la carga sobre la cabina, pero de hecho H del vehículo ya es un indicador.

El saliente o volado delantero y trasero (L_D , L_T en la figura 1.1), la altura desde el suelo (H_1) y la batalla (L) son dimensiones que determinan la capacidad de tránsito, como se verá en el análisis de las cualidades de producción. La altura desde el suelo se conoce también como “claro mínimo de camino”, y se denomina como tal a la distancia desde la superficie del suelo al punto más bajo del vehículo, casi siempre la carcasa del diferencial o puente motriz.

La longitud total del vehículo tiene un efecto en su maniobrabilidad y capacidad de paso. A medida que aumenta la longitud total (L_t), menor es la capacidad de tránsito y viabilidad del vehículo.

El radio mínimo de giro del vehículo (R_0), si bien no es una dimensión, a menudo aparece junto a estas en la documentación técnica, y caracteriza la maniobrabilidad del mismo. A menor (R_0) mayor capacidad de maniobra posee el vehículo.

Como se ve la simple valoración de algunos parámetros geométricos que puede arrojar indicadores sobre las cualidades del vehículo.

Se analiza a continuación las medidas de la cama o plataforma (alto, ancho y largo), a partir de las cuales se determina su volumen disponible de trabajo. En dependencia del tipo de carga y de sus características, se valora la aplicación de la posible capacidad de carga

o la altura que rebasaría la carga por encima de la cabina, para dar adecuado aprovechamiento de la capacidad de carga, o incluso, la imposibilidad del uso del vehículo para determinados procesos de transportación de carga (Filippini et al., 2005).

Acá, se ve primeramente el caso de las cargas a granel. Con su peso específico g (kg/m^3 o N/m^3) se determina el aprovechamiento que se haría de la capacidad de carga, determinando el coeficiente estático de aprovechamiento de la capacidad de carga (γ_{ce}), que no es más que la relación entre la capacidad de carga real (G_{cr}) a la nominal (G_{cn}), se muestra en la ecuación 1.3.

$$\gamma_{ce} = \frac{G_{cr}}{G_{cn}} = \frac{\gamma \cdot V_{ol \text{ plataf}}}{G_{cn}} \quad (1.3)$$

Dónde: γ - peso específico

$V_{ol. \text{ plataf.}}$ - volumen de la plataforma.

En buenas condiciones viales, lo mejor sería que γ_{ce} fuera lo más próximo posible a la unidad. En caminos naturales o terraplenes con baches y ondulaciones $\gamma_{ce} \approx 0.9$, para disminuir el efecto de las cargas dinámicas.

De ser γ_{ce} muy pequeño, analizar la posibilidad de elevar la altura de las barandas de la plataforma, recordando que al hacerlo eleva el centro de gravedad del vehículo y afecta su estabilidad longitudinal y transversal. El alargamiento de la cama no es conveniente, porque se reduce su capacidad de paso, y se afecta la distribución de cargas por puentes, o sea, se produce un corrimiento longitudinal del centro de gravedad.

De ser el peso específico de la carga elevado y dar $\gamma_{ce} > 1$ lo cual no es admisible, debe tratarse de buscar un vehículo con semejantes cualidades dinámicas y menores dimensiones en la cama, con vistas a reducir peso propio del vehículo (G_p) y aumentar la efectividad económica del proceso de transportación.

En ocasiones, por tanto, junto con γ_{ce} , se determina el coeficiente de aprovechamiento del volumen (γ_{vol}), como la relación entre el volumen ocupado por la carga ($V_{ol \text{ carga}}$) con respecto al de la plataforma ($V_{ol. \text{ plataf}}$), se presenta en la ecuación 1.4.

$$\gamma_{vol} = \frac{V_{ol\ carga}}{V_{ol\ plataf}} \quad (1.4)$$

γ_{vol} - debe ser lo más próximo posible a la unidad

En las cargas que no son a granel el razonamiento es idéntico, lo que varía es el procedimiento de cálculo del peso y volumen de la carga, lo cual no es difícil conociendo los pesos por unidad y sus dimensiones (Govorushenko, 1984). Aquí hay que tener en cuenta si las cargas pueden colocarse unas sobre otras y determinar cuántas tienen cabida por volumen y por peso, buscando la forma óptima de cargarlo y una distribución lo más uniforme posible, garantizando su seguridad de transportación. Hay que buscar los valores de γ_{ce} y γ_{vol} más próximos a la unidad. En el caso de γ_{vol} pudieran ser incluso mayores que 1.

En vehículos de pasajeros el aprovechamiento de la capacidad de carga se mide, en condiciones de explotación, como la relación entre el número real de pasajeros (n_{pr}) al nominal (n_{pn}):

$$\gamma_{ce} = \frac{n_{pr}}{n_{pn}} \quad (1.5)$$

Aquí en este caso, habría que hacer el análisis en función de si el número de plazas es el necesario para garantizar los volúmenes de transportación y asumir un valor de γ_{ce} para hacer el cálculo de la productividad.

En el caso de las dimensiones interiores del vehículo de pasajeros, su incremento puede estar vinculado al confort que se le brinda al pasajero según la categoría del servicio, pero ello sin lugar a dudas incrementa el peso propio del vehículo, su costo inicial y los costos de operación, por incremento del consumo de combustible.

3.2 El peso y su distribución

El peso total de un vehículo pesado se determina según, la ecuación 1.6:

$$G = G_{eq} + G_c + 80np \quad (1.6)$$

Dónde:

n_p - es el número de tripulantes incluido el chofer

El número 80 representa: 70 Kg. de peso más 10 de equipaje por cada tripulante

G_{eq} - peso del vehículo equipado

G_c - peso de la carga o capacidad de carga

En vehículos pesados cuando la capacidad de carga $G_c < 5t$, $n_p=2$ y cuando $G_c > 5t$, $n_p=3$.

Para remolques y semi-remolques $n_p=0$.

El peso del vehículo equipado (G_{eq}) guarda una relación determinada con el peso de la carga del vehículo (G_c), la cual se valora a partir del siguiente coeficiente:

$$\eta_B = \frac{G_c}{G_{eq}} \quad (1.7)$$

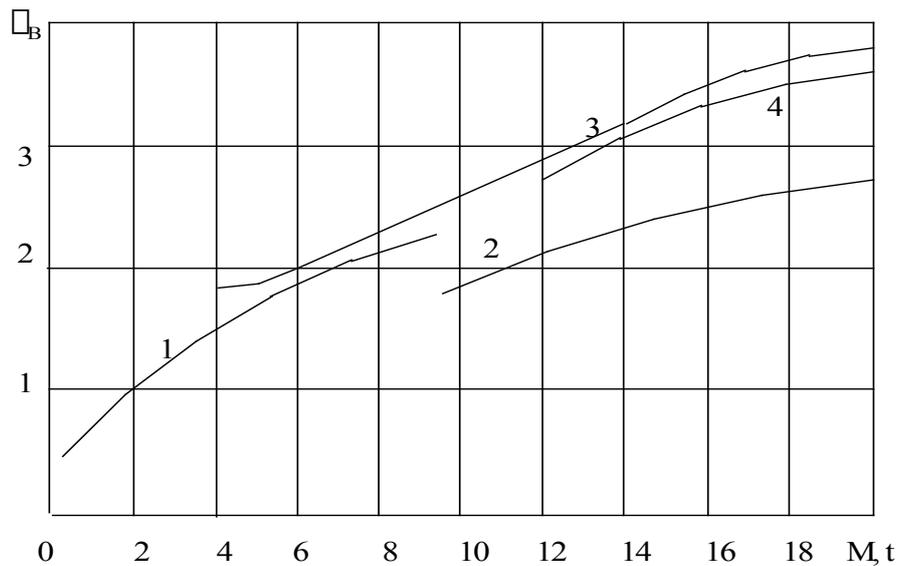
h_B - se denomina coeficiente de aprovechamiento de la masa útil. Los valores de h según las normativas internacionales se muestran en la Figura 1.2, donde 1.- Vehículo pesado de 2 puentes; 2.- Vehículo pesado de 3 puentes; 3.- Remolque; 4.- Semiremolque.

Mientras mayor sea η_B , mayor eficiencia en el diseño y construcción del vehículo.

Se debe considerar la dinámica de variación de h_B con el tiempo, las diferentes condiciones de explotación (perfeccionamiento de las cubiertas de las vías, los métodos de mantenimiento, etc.) y otros factores que puedan ejercer influencia en la elección del peso (Govorushenko, 1984).

En vehículos pesados de carga el uso innecesario del volteo es perjudicial, pues con el mismo se incrementa el G_{eq} a costa de disminuir G_c , con lo cual se reduce la carga útil y se aumenta el peso improductivo. El volteo se justifica cuando no existen instalaciones de descarga y las distancias promedios por viaje son relativamente pequeñas, pues el incremento del tiempo de carga-descarga tiene mayor incidencia en el rendimiento para distancias pequeñas.

Figura 1.2. Coeficiente de aprovechamiento de la masa útil.



Fuente: (Jovaj, 1978).

Para vehículos de transporte de pasajeros conjuntamente con η_B se utiliza η_p , que no es más que la relación del número de pasajeros (np) al peso del vehículo equipado (G_{eq}), como se muestra ecuación 1.8.

$$\eta_p = \frac{np}{G_{eq}} \quad (1.8)$$

En este caso para calcular G se considera $G_c=0$ y np considera al chofer y los pasajeros. En tal caso

$$\eta_B = \frac{80np}{G_{eq}} \quad (1.9)$$

Para vehículos ligeros la determinación de G se hace según:

$$G = G_p + G_{equip} + G_{ab} + 80np \quad (1.10)$$

donde:

G_p - es el peso propio del vehículo

G_{equip} - es el peso del equipaje

G_{ab} - peso del abastecimiento $G_{ab} \approx 0,1 \cdot G_p$

En la tabla 1.1 se muestran los valores recomendados para G_p y G_{equip} en vehículos ligeros:

Tabla 1.1. Parámetros de vehículos ligeros

Grupo del vehículo	Cilindrada (Vh), ls	G_p , Kg.	G_{equip} , Kg.	Destino
Clase particularmente pequeña				
1	hasta 0.869	hasta 619	30 - 40	Individual
2	0.85 - 1.099	650 - 799	50 - 64	Individual
Pequeña clase				
1	1.1 - 1.299		65 - 89	Individual
2	1.3 - 1.499	900 - 1049		Indiv. y de servicio
3	1.5 - 1.799	1050 - 1150		Indiv. y de servicio
Clase media				
1	1.8 - 2.499	1150 - 1299	90 - 109	Servicio de taxi
2	2.5 - 3.499	1300 - 1499		Indiv. y de servicio
Clase alta				
1	> 5	no reglamentada	110 - 119	De servicio

Fuente: (Garnier, 2008).

En el caso de los vehículos ligeros con tracción delantera y motor delantero, y tracción trasera con motor trasero, $G'_p = (0.94 - 0.90) \cdot G_p$, siendo G_p el valor obtenido por la tabla anterior.

Los valores reales, comparados con los estándares para cada vehículo nos darán la medida de su calidad de construcción.

Por su parte, la distribución de pesos por puentes es un dato que acompaña la documentación técnica y viene dado para una distribución uniforme de la carga sobre el vehículo. La proporción en que se distribuye la carga en los puentes motriz y conducido tienen gran influencia en las cualidades de tracción, ya que como se conoce la fuerza de adherencia depende de la carga que actúa sobre el puente $P_\mu = \mu G_m = \mu R_{yt}$.

En vehículos pesados, dependiendo de las vías para las cuales ha sido designado:

$G_m = (0.62 - 0.7) \cdot G$ Para vías de categorías I y II (autopistas con buenas condiciones)

$G_m = (0.7 - 0.75) \cdot G$ Para vías de cualquier categoría

En vehículos ligeros se comporta de la siguiente forma:

$G_m = (0.52 - 0.55) \cdot G$ Para puente motriz trasero y motor delantero

$G_m = (0.56 - 0.6) \cdot G$ Para puente motriz trasero y motor trasero

$G_m = (0.40 - 0.45) \cdot G$ Para puente motriz delantero y motor delantero

Note como en los vehículos de tracción delantera el porcentaje mayor de peso sigue recayendo en el puente trasero.

En sentido general, el aumento de G_m mejora la capacidad de paso del vehículo, pero su valor se limita por las reglamentaciones que ponen un tope al incremento de carga por puente.

En ómnibus esta reglamentación se determina según su destino, pero es similar a la de vehículos pesados. Se recuerda que en ómnibus se recomienda hacer el mejor uso del espacio interior sin afectar el confort, lo que está en dependencia del destino del vehículo.

En los vehículos la tendencia será siempre la disminución del G_{eq} , en especial del G_p , utilizando en lo posible materiales ligeros y estructuras rígidas de aceros especiales con economía de materiales.

Teniendo la distribución de peso por puentes se pueden determinar las coordenadas longitudinales del centro de gravedad.

3.3 Tipo y características del motor

La fuente energética es para el vehículo, lo que el corazón para el ser humano. Su adecuada selección determina en gran parte sus cualidades cinemáticas y dinámicas, su adecuación a las condiciones de explotación a que será sometido, su rendimiento, su consumo de combustible, los gastos de mantenimiento técnico, y por tanto, en gran medida sus costos de operación, entre otros factores (Chacón et al., 2012; Muñoz y Payri, 1993). Por ello, reviste especial importancia elegir el vehículo adecuado, con el motor adecuado.

Al seleccionar el motor hay que tener presente:

- El tipo de servicio del vehículo.
- Si el motor debe ser diésel o de gasolina.
- Si debe ser de cuatro tiempos o de dos tiempos.
- Si su refrigeración debe ser por aire o por agua.
- Si el motor debe ser sobrealimentado o de aspiración natural.
- Valorar el efecto del tamaño del cilindro y de la relación S/D.
- Valorar la influencia del número y disposición de los cilindros.
- Valorar la correspondencia con las tendencias actuales en la evolución de los motores.
- Evaluar los indicadores y parámetros del motor.

A continuación, se trabaja en el análisis de los criterios de diseño en seleccionar el motor para el vehículo, los cuales permite contar con elementos técnicamente fundamentados para valorar la fuente energética del vehículo, cuya posible adquisición se valora.

3.4 El tipo de servicio del vehículo.

Un elemento de capital importancia que influye en el diseño es el tipo de servicio a que va destinado el motor. En el campo de la aviación por ejemplo, el peso o la masa por kW de potencia generada es un factor primordial, el consumo y el costo del motor son algo más secundarios.

En el automóvil, el costo del motor y el peso por kW son muy importantes. El consumo específico de combustible, en el caso de los automóviles de uso particular, sin que sea un factor a despreciar, es menos importante que los anteriores, debido en general al bajo factor de utilización, aunque el incesante incremento de los precios de los combustibles está modificando esta tendencia.

En motores de vehículos pesados el costo del motor y el consumo específico de combustible son factores muy importantes, mientras que el peso por kW tiene una menor importancia, por la influencia relativa del peso del motor en relación al peso total del vehículo (Chudakov, 1977).

En motores estacionarios, el consumo específico de combustible es un factor de suma importancia, siendo algo más secundario el costo del motor.

Estas y otras muchas consideraciones que pudieran hacerse acerca del tipo de servicio, condicionando básicamente el diseño y los indicadores más importantes de un motor. El consumo específico de combustible, dentro de un tipo de servicio cubierto por otros motores, puede resultar un factor decisivo en la competitividad del motor (González et al. 2004).

La necesidad de reducir los costos de fabricación, obliga frecuentemente a cubrir diferentes servicios con un mismo motor base, utilizando equipos complementarios adecuados al correspondiente tipo de servicio, lo cual en muchas ocasiones va en detrimento de los indicadores del vehículo durante el período de explotación.

3.5 Motor diésel o de gasolina.

En rasgos generales, la selección de un motor diésel o de gasolina para el tipo de servicio propuesto, se puede hacer teniendo en cuenta lo siguiente:

1. Los motores que emplean como combustible la gasolina tienen diámetros de cilindro inferiores a 150 mm, por limitaciones impuestas por la detonación, aunque empleando gas los diámetros pueden ser algo mayores. Las grandes cilindradas, y por tanto los grandes motores, son del tipo diésel (Orlín, 1985).
2. Los motores diésel tienen consumos específicos de combustible, especialmente a cargas parciales, más reducidas que los motores de gasolina, empleando además combustibles más económicos. La influencia del consumo específico de combustible depende del factor de utilización del motor, dependiente a su vez del tipo de servicio (Muñoz y Payri, 1993).
3. Los motores diésel tienen masas específicas (kg. de masa por kW de potencia generada) mayores, alrededor de dos veces, debido a su relación combustible-aire más pobre, a las cargas que se originan en su proceso de combustión y a su más bajo número de revoluciones. Este inconveniente, en determinadas cilindradas puede ser compensado con la sobrealimentación (Jovaj, 1978).
4. Debido a sus mayores masas específicas, los motores diésel son más voluminosos que los motores de gasolina, influyendo en determinada medida en el aumento de las dimensiones del vehículo.
5. El costo de adquisición y de mantenimiento técnico del motor diésel es, en general superior al de explosión, debido a su mayor tamaño, equipo de inyección, etc., aunque la producción en gran serie y el aprovechamiento de componentes de motores de gasolina están reduciendo notablemente los costos de fabricación. Al mismo tiempo, se ha conseguido una simplificación constructiva que ha permitido reducir sensiblemente los costos de mantenimiento técnico (Xin, 2011).
6. El motor diésel es más ruidoso (presiones de trabajo más elevadas, combustión por autoencendido, mayores masas en movimiento, ruido del equipo de inyección, etc.), especialmente en la marcha en ralentí.
7. El motor diésel es más humeante, pero sus gases de escape son menos tóxicos que los del motor de gasolina.
8. En los motores diésel el riesgo de incendio, debido al tipo de combustible, es menor que en los motores de gasolina.
9. Los motores de carburación son más rápidos que los diésel y para iguales rangos de frecuencia de rotación resultan ser más elásticos.

10. El control electrónico de la inyección en el diésel y la inyección de gasolina en los de carburación, han introducido mejoras considerables en los indicadores de consumo y de toxicidad de los gases de escape en ambos motores (Doğan, HeNNiNG y Gödecke, 2014).

3.6 Dos tiempos o cuatro tiempos.

El ciclo de dos tiempos permite, por su forma de realizarse, obtener motores de una potencia específica más elevada que la que se obtendría con el empleo del ciclo de cuatro tiempos.

En las pequeñas cilindradas, donde las potencias específicas son elevadas, el empleo del ciclo de dos tiempos responde en general al criterio económico de su bajo costo de fabricación, presentando en contrapartida los siguientes inconvenientes:

1. Mayor consumo específico de combustible. Esta característica no es muy importante, debido a la pequeña potencia del motor y al reducido factor de utilización que suele tener este tipo de motores.
2. Elevado consumo de aceite, ya que la sencillez del motor aconseja el empleo de lubricación por mezcla con el combustible.
3. Arranque más difícil, originado fundamentalmente por la circunstancia anterior.
4. Torque irregular a bajo régimen.

Los motores de baja cilindrada de dos tiempos son de gasolina y emplean el sistema de barrido por cárter por simplicidad mecánica.

El empleo del motor de dos tiempos en las grandes cilindradas viene obligado por la creciente disminución de la potencia específica al aumentar las dimensiones geométricas. La sobrealimentación, práctica corriente en estos motores, es un medio eficaz de contrarrestar esta indeseable tendencia (Orlín et al., 1985).

En las cilindradas intermedias el motor de dos tiempos está menos extendido por las siguientes razones:

1. La potencia específica no alcanza valores tan críticos como en las grandes cilindradas.
2. El diseño del motor, en lo que se refiere a la renovación de la carga, es mucho más delicado en motores de dos tiempos que en motores de cuatro tiempos, sobre todo si el servicio exige variaciones frecuentes de la carga y el régimen.
3. La sobrealimentación también es mucho más delicada en dos tiempos por los condicionantes impuestos por el barrido, complicándose igualmente con la variación de las condiciones operativas del motor.

4. Se tiene en general, menos experiencia en el diseño de motores de dos tiempos en esta gama de potencias, lo que inclina al diseñador a buscar, por seguridad, criterios tradicionales.
5. El costo de fabricación de motores de dos tiempos con sistemas más sofisticados (escape por válvulas, etc.) no es inferior al del motor de cuatro tiempos.

3.7 Refrigeración por aire o por agua.

El coeficiente de transferencia de la película de agua es 175 mayor que la del aire. Esta notable diferencia puede ser, en parte, compensada por:

1. Mayor velocidad del fluido respecto a las paredes. En la refrigeración por aire se emplean velocidades del orden de 4-8 veces las del agua.
2. La superficie de transmisión en la refrigeración por aire (aletas) es de 10-25 veces la superficie utilizada en la refrigeración por agua. El valor inferior corresponde a pequeños motores y el superior a los más grandes que emplean este sistema de refrigeración (aviación).
3. La temperatura del refrigerante es más baja en el aire (máxima de 40°C) que en el agua (80-95°C).

Los factores más importantes a tener en cuenta al decidir el empleo del refrigerante por aire o por agua son los siguientes:

1. Tamaño del cilindro. Las necesidades de refrigeración crecen con el tamaño del cilindro. La refrigeración por aire, menos energética, se dificulta en forma progresiva al aumentar la cilindrada, encontrándose su límite máximo tolerable para diámetros próximos a 150 mm. Por todo lo expuesto, los motores refrigerados por aire tienen temperaturas de trabajo más elevadas que los refrigerados por agua.
2. Incluyendo en la refrigeración por aire el ventilador, los pesos totales de ambos tipos de motor (aire y agua) son similares.
3. Los motores mono cilíndricos y los cilíndricos con cilindros opuestos tienen disposiciones constructivas adecuadas para la refrigeración por aire. Los motores poli cilíndricos en línea, cuando están refrigerados por aire, tienen mayor longitud por la necesidad de aumentar la distancia entre cilindros por exigencias de la refrigeración, resultando también, en consecuencia, más largo el cigüeñal. Conviene tener presente que en ambos tipos de refrigeración se intercambia calor con el aire, utilizándose en uno de ellos el agua como fluido intermedio; pero en este último sistema, al ser el radiador un elemento independiente,

se puede diseñar más libremente, y colocar en el sitio más conveniente, sin imponer condicionantes serios a la estructura del motor (Muñoz y Payri, 1993).

4. Los motores refrigerados por aire, debido en parte al costo del soplador del sistema de refrigeración (exceptuados aquellos motores que no la necesitan, como por ejemplo las motocicletas y motores de aviación) y en parte a la necesidad de construirlos con cilindros independientes, resultan, en general, más caros de construir que los de refrigeración por agua.
5. El motor refrigerado por aire es más ruidoso a causa de:
 - Mayores juegos por temperaturas de trabajo más elevadas. El motor es especialmente ruidoso en frío.
 - Ruido del soplador.
 - Vibraciones de los elementos del motor al ser éste de cilindros independientes y por tanto menos rígidos.
 - La cámara de agua, en los motores con este tipo de refrigeración, hace de aislamiento acústico del motor.
6. Bajo el punto de vista económico, los motores que emplean refrigeración por aire tienen menores costos de mantenimiento técnico (pérdida de agua, corrosiones, cavitación, empleo de anticongelantes, etc.)
7. Los motores refrigerados por aire son menos sensibles a la variación de las condiciones ambientales. El gradiente de temperatura motor-aire es muy superior al del agua-aire que se tiene en el radiador. Una variación de la temperatura ambiental es proporcionalmente menos importante en el primer caso que en el segundo.
8. La inercia térmica en el arranque es menor en un motor refrigerado por aire; se calienta y se enfría más rápidamente que un motor refrigerado por agua. El arranque en frío es un factor esencial en el desgaste y bajo este punto de vista interesará un tipo u otro de refrigeración, según sea la secuencia de arranque. Para arranques poco frecuentes con paradas suficientemente largas para enfriar el motor interesaría el enfriamiento por aire; si el tiempo de parada es corto interesaría la refrigeración por agua (Xin, 2011).

La tendencia más generalizada es diseñar con refrigeración por agua. Las excepciones actualmente existentes son:

1. Motores pequeños: Debido a las bajas necesidades de refrigeración y sencillez.
2. Aplicaciones militares o especiales: Por el poco gasto de conservación y por ser menos vulnerables mecánicamente.

3.8 Motor sobrealimentado o de aspiración natural.

Motor de gasolina.

Como la sobrealimentación favorece la detonación, es necesario bajar la relación de compresión y emplear sistemas sofisticados para la carburación, encendido y regulación del grupo de sobrealimentación, siendo además la curva de torque menos apta para la tracción y los tiempos de respuesta mayores, lo que justifica la práctica habitual de no sobrealimentar los motores de encendido por chispa (Hilliard y Springer, 1988), a no ser en los casos siguientes:

- Algunos motores de tendencia deportiva: Se reduce la tendencia a la detonación bajando la relación de compresión y retrasando el encendido mediante sensores de la detonación.
- Motores de gas: Se sobrealimentan motores de más de 350 kW. Los combustibles gaseosos derivados de los hidrocarburos son menos detonantes que las gasolinas.

Motor diésel.

La decisión sobre el empleo de la sobrealimentación y el grado de la misma, depende fundamentalmente de los siguientes aspectos:

- a. Potencia específica del motor.
- b. Costo del motor y del grupo de sobrealimentación.
- c. Consumo específico de combustible.
- d. Fiabilidad del motor y período entre revisiones.

La situación actual es la siguiente:

1. Transporte automotor: Por debajo de los 40 kW no se sobrealimentan. Entre 75-150 kW se sobrealimentan aproximadamente en un 50%. Por encima de los 150 kW es muy frecuente y desde los 200 kW prácticamente están todos sobrealimentados. Los motores del transporte automotor se diseñan en la actualidad, para sobrealimentarlos, aunque se comercializan versiones sin sobrealimentar.
2. Motores estacionarios: El límite inferior de la sobrealimentación está aproximadamente en los 750 kW.

3.9 Efecto del tamaño del cilindro y de la relación S/D

La potencia por litros se expresa, como ya se sabe, como:

$$N_{el} = \frac{N_{em\acute{a}x}}{V_h} = \frac{pme \cdot C_p}{4 \cdot S}$$

Dónde: pme es la presión media efectiva.

Para la misma cilindrada, la potencia específica aumenta cuando disminuye la carrera. Esta disminución obliga a aumentar el diámetro, reduciéndose por tanto la relación S/D, pudiéndose aumentar, en consecuencia, la frecuencia de rotación para la misma C_p . La optimización del consumo específico de combustible conduce a relaciones S/D más grandes que en el pasado (Muñoz y Payri, 1993).

Cuando lo que se pretende es aumentar la cilindrada, y por tanto las dimensiones del cilindro, se fijan valores de la presión media efectiva y de la velocidad lineal media del pistón (C_p) más conservadoras, debido a las siguientes razones:

1. Al aumentar las dimensiones del cilindro aumentan las tensiones térmicas.
2. Las elevadas cilindradas corresponden a motores en los que la fiabilidad y la duración son factores determinantes del diseño.
3. En los motores grandes se dispone de menos información a corto plazo de su funcionamiento y los ensayos más difíciles y costosos, lo que obliga a evitar cualquier riesgo excesivo.

3.10 La disposición y número de los cilindros

La elección del número de cilindros depende de la potencia del motor. Los motores de 3-4 kW son normalmente mono cilíndricos. A medida que aumentan la potencia de los motores se eleva el número de cilindros, debido a las ventajas siguientes:

1. Para una misma potencia el motor tiene menor cilindrada y menor peso.
2. El equilibrado mejora aumentando el número de cilindros, resultando el torque del motor más regular y el volante de inercia más reducido.
3. Los problemas de origen térmico son menores al disminuir el tamaño de los cilindros.
4. La disminución de la cilindrada unitaria hace al motor menos sensible a la detonación, cuando se trata de un motor de gasolina.

El aumento del número de cilindros tiene como contrapartida, los siguientes inconvenientes:

1. En lo que se refiere al costo de fabricación, y a pesar de que el motor pesa menos, resulta en general más caro, por la mayor complejidad en las operaciones de maquinado y montaje.
2. Aumentan los costos de mantenimiento técnico.

3. La frecuencia de rotación del motor aumenta, lo que para ciertas aplicaciones es un inconveniente.
4. En los motores diésel, la reducción del tamaño de los cilindros y el aumento de la frecuencia de rotación del motor aumenta el retraso del encendido y por tanto la dureza de la marcha, incrementándose el consumo de combustible con la subdivisión de la cilindrada.

La **disposición de los cilindros** puede ser:

- a. Disposición en línea: Favorable bajo el punto de vista económico, teniendo un buen equilibrado. Por encima de 6 cilindros resulta un cigüeñal excesivamente largo (vibraciones torsionales).
- b. Disposición en V: Las disposiciones V-8 y V-12 son muy adecuadas para la tracción. El cigüeñal resulta corto y la forma del motor es muy favorable para la colocación de la distribución, sobrealimentación, inyección, carburación, etc. Como contrapartida estas disposiciones constructivas son más costosas. Dos, cuatro y seis cilindros en V presentan más problemas de equilibrado.
- c. Cilindros opuestos: Esta disposición conduce a cigüeñales cortos y a motores bajos, aptos para ser colocados bajo el piso (automóviles, ómnibus, etc.)
- d. Pistones opuestos: En la actualidad esta disposición prácticamente no se utiliza. Sus ventajas son:
 - No necesitan culata.
 - Tienen pérdidas de calor reducidas.
 - Potencia específica elevada.Sus inconvenientes son:
 - Necesidad de dos cigüeñales.
 - Accesibilidad difícil.

4. Tendencias en la evolución de los motores

Los factores que condicionan de forma importante en la actualidad el diseño de los motores de combustión interna alternativos son: el consumo específico de combustible, la emisión de contaminantes y el ruido. Estos factores previsiblemente se consideran su importancia en el futuro.

La incidencia de estos factores, ciertamente muy compleja, se analiza en relación con los tipos básicos de motores:

Motores de encendido por chispa de dos tiempos.

Los valores elevados de consumo específico de combustible y de las emisiones de escape, especialmente hidrocarburos sin quemar, de estos motores con configuraciones suficientemente sencillas (barrido por cárter, escape por lumbreras, etc.) para que resulten económicamente atractivas en las pequeñas cilindradas, restringirán aún más su campo de aplicación en el futuro, quedando prácticamente reducido su uso a cilindradas muy pequeñas con un reducido factor de utilización (Hilliard y Springer, 1988; Muñoz y Payri, 1993).

En aquellas aplicaciones en donde la prestación prioritaria es la potencia específica, como en el caso de los motores de competición por ejemplo, su campo de aplicación puede incluso ampliarse.

Motores de encendido por chispa de cuatro tiempos.

Este tipo de motor tiene un uso generalizado en el campo de los vehículos particulares (turismo) por su alta potencia específica, funcionamiento silencioso, ausencia de olores, etc. Su principal inconveniente radica en su bajo rendimiento, especialmente a cargas parciales.

Como de cara a un futuro próximo el parámetro que va a primar, en este tipo de motores, es la eficiencia, la evolución de estos motores se centra en los siguientes puntos:

- a. Reducción de las pérdidas mecánicas:** Dentro de este tema se consideran los siguientes aspectos:
- Reducción de las frecuencias de rotación del motor, mediante el aumento de la relación S/D. Si se analiza la variación que ha sufrido este parámetro a lo largo del tiempo, se ve que su tendencia ha sido disminuir, para que de esta forma aumentar la potencia específica sin aumentar de forma importante el valor de C_p . Sin embargo, hoy en día, para mejorar el rendimiento mecánico y por tanto el efectivo, se tiende incluso a aumentarlo.
 - Reducción de la potencia de accionamiento de auxiliares. En este sentido no es previsible el que se obtiene grandes mejoras.
 - Empleo de la turbo sobrealimentación. Hoy en día se nota una cierta tendencia a su empleo. Con las mejoras que han experimentado, y que experimentarán, los grupos de sobrealimentación, es posible predecir, que en el futuro se sobrealimentarán mayor número de motores con encendido por chispa.

- Reducción de las pérdidas de bombeo: Dado al alto índice de utilización de este tipo de motores a cargas parciales, así como la necesidad de realizar la regulación cuantitativamente estrangulando la admisión, este tipo de pérdidas constituyen uno de los puntos a mejorar en los motores de encendido por chispa, y fundamentalmente en los de automóviles. Dos son las posibles soluciones:
 1. El empleo de motores modulares: Estos motores sacan de funcionamiento algunos de los cilindros durante el trabajo a cargas parciales, al no accionar sus válvulas. De esta forma los cilindros activos deben funcionar con grado de carga más alto, lo cual conduce a una disminución global de las pérdidas de bombeo. Si bien ya existen motores comercializados de este tipo, su futuro está condicionado por el hecho de que la regulación no es perfecta, ya que se presentan brusquedades al entrar los cilindros en funcionamiento. Por otro lado, las tensiones mecánicas y térmicas que se presentan son importantes, por lo que la duración del motor se reduce (Sundarajan, Joshi y Krishna, 2016).
 2. Adopción de distribuciones variables: De tal forma que la carga se regule fundamentalmente por el tiempo de apertura de la válvula de admisión. Este tipo de solución está condicionada al hecho de que se encuentren sistemas válidos, desde el punto de vista mecánico y de regulación, que no impliquen costos excesivos.

b. Mejora del proceso termodinámico.

- Se hace patente la necesidad de quemar mezclas pobres, para de esta forma aumentar el rendimiento y reducir la emisión de contaminantes, fundamentalmente en lo que se refiere a NO_x y CO. Para poder realizar combustiones relativamente completas con mezclas pobres se hace necesario aumentar la turbulencia, por lo que es previsible que se extiendan las soluciones encaminadas a este fin, como son: cámaras de alta turbulencia, turbulizadores en la admisión, etc.
- También parece aconsejable aplicar sistemas que permitan ajustar la relación combustible-aire con un mayor número de parámetros que en los empleados en el carburador clásico, lo que mejorará las condiciones de funcionamiento en cuanto a contaminación, detonación, mezclas pobres, fases de calentamiento

to, etc. La vía de solución consiste en recurrir a la inyección electrónica con la correspondiente unidad de control, cuya aplicación se extenderá previsiblemente a las grandes y medianas cilindradas, quedando el carburador clásico circunscrito probablemente a las pequeñas (Sundararajan, Joshi y Krishna, 2016).

- Punto de encendido: Es relevante que los encendidos electrónicos gobernados por microcomputadoras se masifiquen para de esta forma conseguir ajustes más finos del punto de encendido en función de un mayor número de variables operativas.
- Reducción de las pérdidas de calor: Su reducción, con el consiguiente aumento del rendimiento, pasa necesariamente por una mayor adiabaticidad del motor y una temperatura mayor de las superficies internas del mismo. La problemática que este aumento de temperatura conlleva, especialmente en el engrase, se intenta resolver con el empleo de materiales cerámicos y mejorando la estabilidad de los aceites con la temperatura.
- Emisión de contaminantes: El empleo de mezclas pobres es un procedimiento eficaz de reducir el consumo específico de combustible. El empobrecimiento progresivo conduce, en un principio, a la reducción de las emisiones de escape, aumentando las mismas, en lo que se refiere a hidrocarburos sin quemar, cuando el empobrecimiento se extrema debido al apagado local de la llama. La situación contradictoria a la que conduce el fuerte empobrecimiento obligará probablemente a una reducción en las exigencias de emisiones contaminantes en beneficio del consumo específico de combustible (Rocha Hoyos, y Zambrano, 2015). La utilización de catalizadores de escape no se extenderá previsiblemente en el mercado europeo, debido a las cilindradas de sus motores y a sus previsibles normas sobre contaminación.

Motores diésel de cuatro tiempos.

En cuanto a los motores diésel de cuatro tiempos, las tendencias son las siguientes:

a. Reducción de las pérdidas mecánicas

Se citan las mismas soluciones señaladas en los motores de encendido por chispa, exceptuando las de bombeo, que tiene su origen en la regulación por estrangulamiento, inexistentes en este tipo de motores. La tendencia a mejorar el rendimiento mecánico aumentando

la relación S/D , e incluso reduciendo C_p , es una tendencia actual de los motores diésel, con la excepción de los destinados a turismo, por la exigencia de alta potencia específica de este tipo de aplicación.

b. Mejora del proceso termodinámico.

Las tendencias previsibles en la mejora del proceso termodinámico son esencialmente las siguientes:

1. Se extenderá la sobrealimentación, incluso a las pequeñas cilindradas, con las ventajas termodinámicas que esta práctica entraña. El grado de sobrealimentación aumentará probablemente, aunque no en forma importante, mejorándose el acoplamiento del grupo de sobrealimentación-motor mediante el empleo de grupos de sobrealimentación de geometría variable, con la obtención entre otras ventajas de una curva $M_e = f(W)$ más favorable para la tracción. El enfriamiento del aire a la salida del turbocompresor mediante el empleo de un intercambiador aire-aire se extenderá en las grandes cilindradas de automóviles con la consiguiente mejora en la potencia específica y en el rendimiento (Vsorov, 1986).
2. La inyección de combustible controlada electrónicamente mediante una microcomputadora, que permitirá optimizar la ley y el punto de inyección en función de las condiciones operativas, será probablemente la tendencia de la inyección en un futuro próximo.
3. La mejora de los proceso de combustión en las cámaras de inyección directa, cuya aplicación se extenderá hasta motores de relativamente pequeña cilindrada (2000 cm^3), quedando la cámara dividida para las muy pequeñas, y el aumento de la presión de inyección, son tendencias actuales en los motores diésel de máquinas automotrices.
4. Disminución de las pérdidas de calor: Este punto aboga por las cámaras de inyección directa, siendo válidas las consideraciones hechas sobre el particular en relación con los motores de encendido por chispa.
5. Emisiones de contaminantes: Como bien es sabido, el principal contaminante en los motores diésel es el NO_x , y dado que no existe posibilidad de reducir este componente de los gases de escape por tratarse de mezclas pobres y existir en consecuencia exceso de aire, la única solución consiste en reducir las presio-

nes y temperaturas máximas en el cilindro, razón por la cual se aboga también por las cámaras de inyección directa.

Las tendencias apuntadas para los motores diésel de los vehículos son en general válidas para los equivalentes de aplicación industrial.

Motores diésel de dos tiempos de gran cilindrada.

Los motores diésel de dos tiempos de gran cilindrada industriales o marinos presentan las siguientes tendencias específicas:

- Existe una clara tendencia hacia el barrido uniflujo con válvula de escape en la culata, con lo que se mejora el proceso de barrido y consecuentemente el rendimiento del motor. Por otra parte, el empleo de este tipo de barrido facilita la refrigeración uniforme del émbolo, con la reducción de las temperaturas y tensiones térmicas en el mismo, lo que permite refrigerar el pistón con aceite en lugar de hacerlo con agua, con la simplificación que esto conlleva.
- La sobrealimentación a presión constante está permitiendo reducir sustancialmente el consumo específico de combustible de estos motores.
- El aumento de la relación S/D es una tendencia también encaminada a aumentar el rendimiento mecánico del motor, aunque esta solución, que incide favorablemente en el barrido uniflujo, no es aplicable a los motores con barrido cruzado o por lazo, por su desfavorable influencia sobre estos tipos de barrido. La reducción de la frecuencia de rotación del motor, cuando se trata de motores marinos, permite mejorar el rendimiento propulsivo de la hélice.

Por último, en cuanto a la evolución de motores de combustión interna alternativos no hay que pasar por alto la evolución de las técnicas de diseño, desarrollo y fabricación, así como la de los nuevos materiales.

Por todo lo anterior en:

Vehículos ligeros: Se utiliza preferentemente el motor de carburación, por cuanto:

- Si se buscan velocidades máximas elevadas se hacen necesarias $w_{\text{máx}}$ elevadas en el motor.
- Al ser más pequeños estos motores se reduce la altura del capot y disminuye la p_a y aumenta la visibilidad. Ello favorece reducir la altura de su centro de gravedad y hacer más estable el vehículo.
- El vehículo es más compacto, pudiendo reducirse su peso, lo cual favorece el consumo.

- La reducción de la reacción sobre el puente delantero, dado su menor peso, favorece la capacidad de paso del vehículo.
- Son menos ruidosos, lo cual es beneficioso cuando existen grandes flujos de transportación en las ciudades.

Vehículos pesados pequeños. Se utilizan preferentemente motores de carburación, por cuanto en este tipo de vehículos, su rendimiento o productividad, depende de la velocidad con que se realiza el proceso. Son aplicables las ventajas que se enumera con anterioridad.

Ómnibus urbanos. Indistintamente se usan motores de carburación y diésel, en lo que incide el tamaño del vehículo: vehículos pequeños utilizan frecuentemente motores de gasolina, y los mayores motores diésel. En sentido general la balanza se inclina al diésel, pues a pesar de ser más ruidoso, es más económico y sus gases de escape menos tóxicos. Por otro lado, en condiciones de tráfico urbano, donde las velocidades de circulación son pequeñas, el diésel encuentra adecuada utilización. Por tal razón, se ha trabajado en el encapsulado de los motores diésel para disminuir sus niveles de ruido.

Vehículos pesados y ómnibus (no urbanos). Sin excepción se utiliza el diésel por cuanto:

- La mayor relación de compresión y el uso de la sobrealimentación garantizan elevados valores de potencia, en concordancia con los requerimientos de estos procesos de transportación, con valores adecuados de velocidad.
- Son menos tóxicos y el mayor ruido aquí no es un problema
- Los altos valores de torque garantizan mayores p_t , Y adecuadas capacidades de aceleración.

Los indicadores y parámetros del motor.

Durante el período de operación, el motor de un vehículo está sometido a cargas variables, debido a la variación frecuente de las condiciones (estado de la vía, pendiente, velocidad de movimiento, etc.). Para garantizar la mayor estabilidad de movimiento, el motor debe asimilar las variaciones de carga con una mínima variación de su frecuencia de rotación. La capacidad del motor de adaptarse automáticamente a las variaciones de carga se valora a partir de dos indicadores: la elasticidad y la reserva de momento torsor.

En la figura 1.3, se representan las curvas de torque contra frecuencia de rotación (W) de 3 motores de características diferentes, pero con igual potencia máxima, la cual se alcanza a la frecuencia de rota-

ción W_N , es decir sus curvas de torque coinciden en el punto de potencia máxima. Si sobre ellos actúa una carga M_{r1} , que corta a las 3 dependencias en el punto de $N_{e\text{máx}}$, se dice que ésta carga puede ser asimilada por igual por los 3 motores. Ahora bien, si se produce un crecimiento de la carga, tal como el representado por la curva M_{r2} , entonces en cada uno de los motores se produce un descenso de la frecuencia de rotación pero $\Delta W_1 < \Delta W_2 < \Delta W_3$, o sea el motor 1 es el que menor afectación sufre en su régimen de funcionamiento y su comportamiento es más estable. Por eso el motor 1 es más elástico. De la figura 1.3, se dice que el motor 3 es inadecuado para ser usado en vehículos donde las variaciones de carga son tan frecuentes, pues al tener una característica descendente, a cada incremento de carga se produce un descenso de W , pero como el torque descende, hay menor fuerza tractiva para contrarrestar el incremento de resistencia, y por tanto, descienden nuevamente las W , descende aún más el torque y continúa este ciclo hasta que el motor se detiene. Se dice que se ha producido el calado del motor.

Note que la curva de torque del motor 1 es más cerrada y la del motor 2 más plana, o sea mientras mayor sea la diferencia entre el torque a potencia máxima (M_{eN}) y el torque máximo ($M_{e\text{máx}}$), mayor será la estabilidad del motor y por tanto su elasticidad.

Se define el coeficiente de elasticidad de torque como:

$$e_M = \frac{M_{e\text{max}}}{M_{eN}}, \text{ a mayor } e_M \text{ mayor elasticidad del motor.}$$

También se mide la adaptabilidad del motor a partir de la reserva de momento torsor, es decir, ΔM :

$$\Delta M = \frac{(M_{e\text{max}} - M_{eN})}{M_{eN}} \cdot 100 = \left(\frac{M_{e\text{max}}}{M_{eN}} - 1 \right) \cdot 100 = (e_M - 1) \cdot 100 \quad (1.11)$$

Para evaluar la elasticidad, se emplea también el coeficiente de elasticidad de revoluciones (e_n), el cual se define como: $e_n = \frac{W_N}{W_M}$, mientras mayor es el valor de e_n , más amplio es el diapasón de trabajo estable del motor. El aumento de e_n para un valor dado de W_N , o sea, por una disminución de W_M , mejora los indicadores de consumo del motor.

Los parámetros fundamentales del motor, que aparecen en la documentación técnica facilitada por el fabricante, son:

- Potencia máxima y la frecuencia de rotación correspondiente ($N_{e máx}$, W_N).
- Torque máximo y la frecuencia de rotación correspondiente ($M_{e máx}$, W_M).
- Consumo específico mínimo ($g_{e mín}$) o consumo recorrido (l/100Km, l/Km., millas/gln), determinado este último en polígonos de prueba, a una velocidad promedio que se especifica. Este último indicador es del vehículo y no del motor.
- Cilindrada, en litros (V_h).
- Diámetro del cilindro y carrera del pistón.
- Peso del motor (G_{motor}).

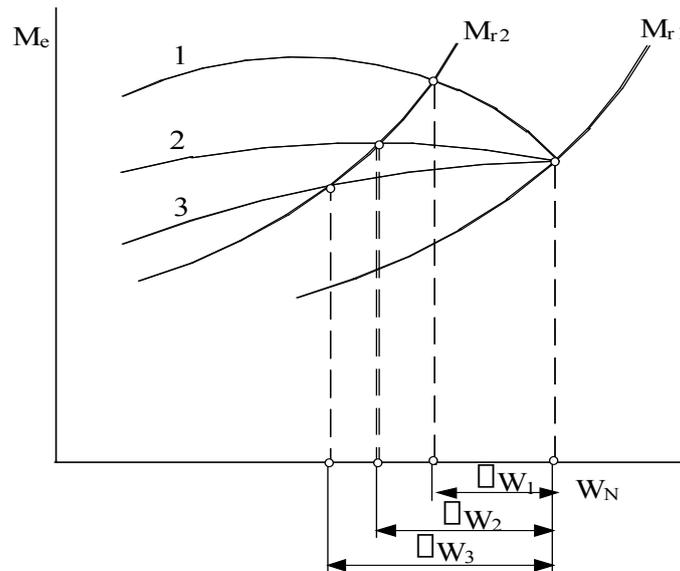
Con estos parámetros se determina los siguientes indicadores:

Masa específica

Se establece como la relación entre el peso del motor y la potencia máxima que entrega. Da idea de la efectividad de su diseño, o sea, en qué medida cada kg., de peso ha sido añadido en función de generar potencia, visto en la ecuación 1.12:

$$M_{esp} = \frac{G_{motor}}{N_{emax}} \tag{1.12}$$

Figura 1.3. Elasticidad de diferentes tipos de motores.



Fuente: (Jovaj, 1978).

Mientras menor es la M_{esp} , mejor es el motor. Cuando su valor excede el de los estándares internacionales, indica un alto peso del motor, que redundará en un incremento del peso propio del vehículo, tanto por el propio incremento del peso del motor, como por el incremento de las dimensiones del vehículo (Vsorov, 1986; Rocha-Hoyos et al., 2017). Todo ello en detrimento de su carga útil, para una determinada potencia, y de los indicadores de consumo del vehículo:

En motores diésel: $M_{esp} = 5-9 \text{ kg. /kW}$ (pero puede alcanzar la cifra de 19 kg. /KW)

En motores de carburación: $M_{esp} = 2-3 \text{ kg. /kW}$

Como se observa es evidente la diferencia en volumen y peso del diésel, como ya se señaló. Mayor M_{esp} en un vehículo ligero tiene mayor influencia en el peso total, en el consumo y en sus dimensiones que en un vehículo pesado.

Potencia por litro

Se define como la relación entre el $N_{e \text{ máx}}$ y la cilindrada del motor, presentado en la ecuación 1.13.

$$N_{el} = \frac{N_{e \text{ máx}}}{i \cdot V_h} \text{ (KW/l)} \quad (1.13)$$

Dónde: i - número de cilindros

Se debe alertar, que en ocasiones, el fabricante da el volumen de trabajo de todos sus cilindros, o sea, el producto V_h y i :

En los motores actuales: $N_{el} = 20-44 \text{ kW/l}$

En casos particulares: $N_{el} = 60-75 \text{ kW/l}$

En motores diésel: $N_{el} = 10-14 \text{ kW/l}$

Con sobrealimentación: $N_{el} = 19 \text{ kW/l}$

Mientras mayor es el valor de N_{el} mejor es el motor. Cuanto menor N_{el} , estará el motor en mejores condiciones para forzarse.

Elasticidad

Para el cálculo de ΔM o e_M se necesita del valor de torque para potencia máxima (M_{eN}), se recuerda que:

$$e_M = \frac{M_{emax}}{M_{eN}} \quad y \quad \Delta M = (e_M - 1)100$$

El valor de M_{eN} se calcula a partir de los datos que suministra el fabricante según:

$$M_{eN} = \frac{N_{emax}}{W_N} \cdot 10^3 ; \quad \text{Si } N_{emax} \text{ (kW) y } W_N \text{ (1/s)}$$

$$M_{eN} = 9550 \frac{N_{emax}}{n_N} ; \quad \text{Si } N_{emax} \text{ (kW) y } n_N \text{ (rpm)}$$

Ahora bien en el diésel: $\Delta M = 10 - 20$
 $e_n = 1.4 - 2.0$

en carburación: $\Delta M = 5 - 35$
 $e_n = 1.5 - 2.5$

Con sobrealimentación se aumenta considerablemente ΔM y se optimiza la dependencia $M_e = f(W)$.

En la figura 1.4, se realiza la comparación del comportamiento de un mismo vehículo, con dos motores de igual N_{emax} , pero con diferente elasticidad. En la figura 1.4 a) se muestra la característica exterior de velocidad de ambos motores, donde se observa que el motor 1 tiene mayor e_M que el motor 2. En la figura 1.4 b) se muestra la dependencia de la potencia en la rueda (N_r) contra velocidad de movimiento, para ambos vehículos. Se muestra también, la curva que representa la potencia que se invierte en vencer la oposición al movimiento.

Con líneas continuas se representa el vehículo con motor 1.

Como se observa la dependencia es más favorable para el caso del vehículo con el motor de mayor elasticidad, debido a la mayor reserva de potencia que existe en 1 para cada condición de movimiento, con excepción de los puntos correspondientes a N_{emax} . Dado que posee mayor

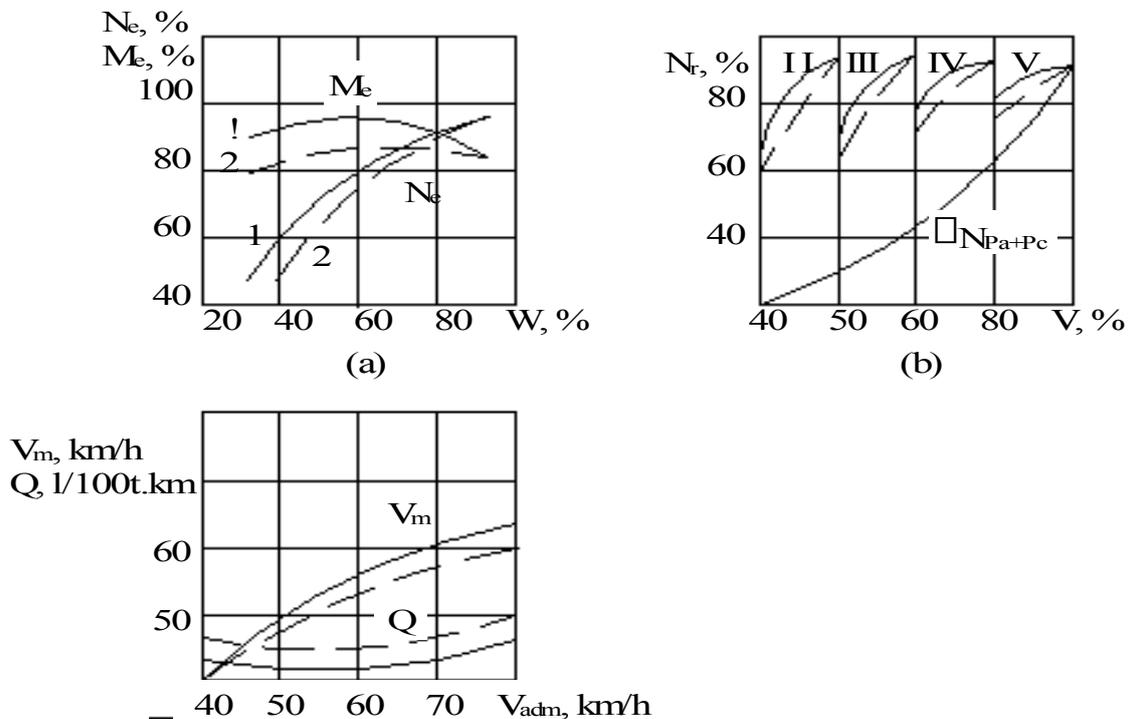
reserva de potencia en 1, la velocidad media de movimiento del vehículo será mayor, en función de su mayor capacidad de aceleración y la menor necesidad de utilización de marchas inferiores (Dipotet, 2014). Esto hace que se alcancen además, valores de consumo recorrido inferiores (Fig. 1.4 c)).

Estas curvas fueron obtenidas para un autotrén diésel de masa total 28 t y la variación en la característica se obtuvo, utilizando en el mismo motor inyectores de diferente tipo. En este caso se logra en el vehículo con motor 1:

- un incremento del $M_{e_{max}}$ en un 7 %
- un incremento de 10 % en la velocidad media
- una reducción en el consumo recorrido de un 7 - 8 %
- la reducción del tiempo de impulso hasta velocidades de 50 - 60 Km/h de un 10 %.

En el ejemplo mostrado: en el motor 1 $e_M=1.13$
 en el motor 2 $e_M=1.07$

Figura 1.4. Influencia de la elasticidad en los parámetros de salida del vehículo.



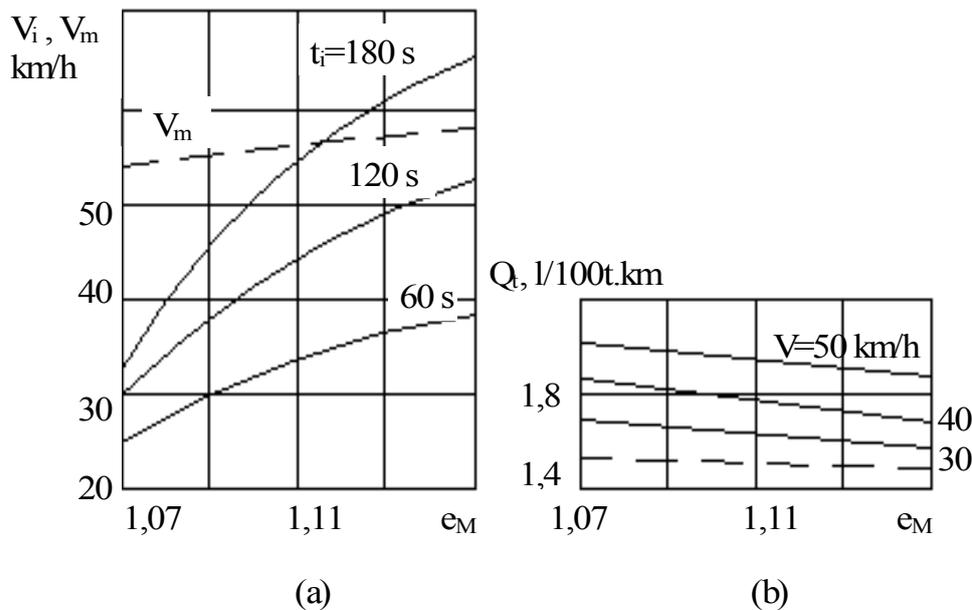
Fuente: (Jovaj, 1978).

En la figura 1.5, se presenta la dependencia de la velocidad media (V_m), la velocidad final del movimiento de impulso (V_i) y del consumo recorrido específico de combustible (Q_t), en l/100t.Km, del valor de e_M , en un motor diésel. Para variaciones de e_M desde 1.07 hasta 1.13, la velocidad final del movimiento impulso (Fig. 1.5(a)) del autotrán en marcha directa con velocidad inicial 20 Km./h, aumenta en 34 y 46 % para tiempo de impulso correspondientes a 60 y 180 segundos respectivamente.

El consumo de combustible, Q_t , para variaciones de e_M en el mismo rango, para velocidades de 30, 40 y 50 km. /h, disminuye entre un 5 - 13 %, correspondiendo los mayores ahorros a las mayores velocidades (Fig.1.5 (b)).

En estos gráficos con líneas discontinuas, se muestra las dependencias de la velocidad media (Fig. 1.5.a) y el consumo recorrido (Fig. 1.5.b), Q , en función de e_M , en vías principales con velocidad admisible de 60 km. /h. La diferencia en los valores de velocidad media y consumo para igual rango de variación de e_M son respectivamente de un 3.5 y 8 %. La dependencia que existe entre V_m y Q con respecto a e_M , es prácticamente lineal, lo cual garantiza positivos resultados con cualquier vía de incremento de e_M .

Figura 1.5. Influencia de la elasticidad de torque del motor en la velocidad media y el consumo.



Fuente: (Jovaj, 1978).

Potencia específica

Es un importante indicador, que se utiliza tanto en el caso de los vehículos automotores de carga como transporte de pasajeros. Se define, como la razón entre la potencia específica máxima que entrega el motor térmico y el peso total del vehículo en toneladas (Jovaj, 1978).

$$N_g = \frac{N_{emax}}{G} \quad (\text{KW/t}) \quad (\text{KW/t}) \quad (1.14)$$

Se utiliza para comparar diferentes vehículos de un mismo tipo, con diferentes pesos y parámetros de salida (N_{emax}).

Sus valores, según el tipo de vehículo y sus características, oscilan en la actualidad en los rangos mostrados en la tabla 1.2.

La N_g es uno de los indicadores fundamentales de los vehículos. Sus valores mínimos se reglamentan en los vehículos que circulan por carreteras, de modo que se logra velocidades de flujo de transportación adecuadas en las carreteras de uso general.

Los resultados de investigaciones experimentales se demuestran la influencia sustancial de la N_g sobre la velocidad media de movimiento, el consumo recorrido y otros parámetros del movimiento. En la figura 1.6, se muestra el carácter de estas dependencias, las cuales se obtuvieron para vehículos diésel pesados.

Tabla 1.2. Estándares internacionales de potencia específica

Tipo de vehículo	N_g (C.V/t)	N_g (kW/t)
Automóvil ligero:		
Deportivos	70 – 200	51 - 147
de alta calidad	50 – 120	36 - 89
de calidad media	27 – 50	20 - 37
Populares	22 – 41	16 - 31
Camiones:		
media y alta capacidad	6 – 14	4 - 11
baja capacidad	8 – 20	5 - 15
Autotrén	4 – 10	3 - 7
Ómnibus:		
Urbanos	10 – 18	7 - 13
no urbanos	12 – 16	8 - 12
paneles y microbús	15 – 40	11 - 30

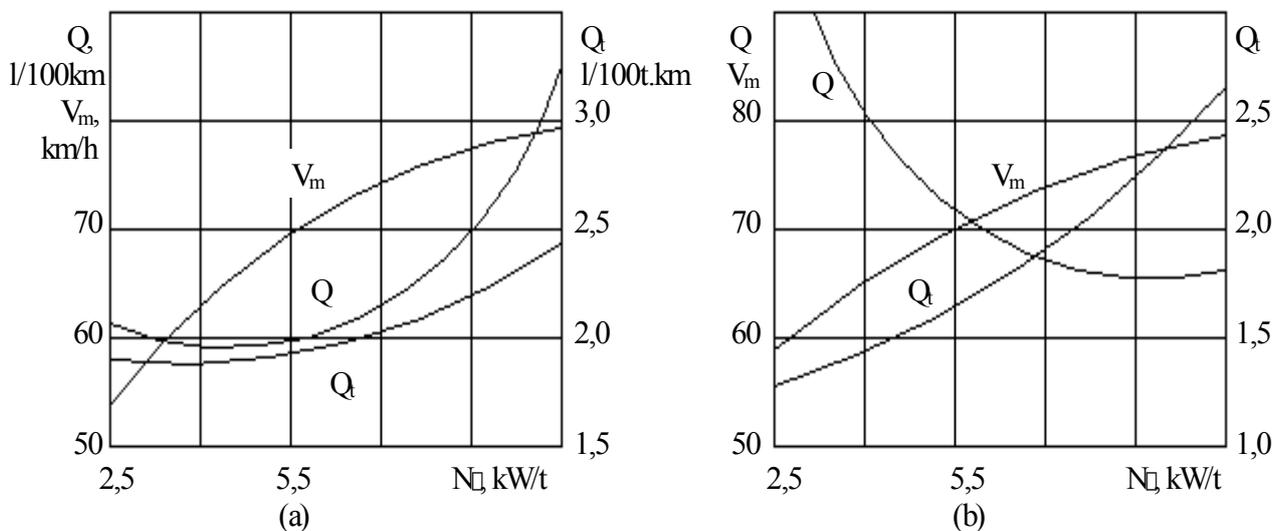
Fuente: (Garnier, 2008).

La potencia específica se varía a partir de dos direcciones: a partir del cambio de potencia del motor (fig.1.6 a); a partir de la variación de masa total del vehículo (fig. 1.6 b).

Cuando la N_g se incrementa por aumento de potencia se ve que el consumo recorrido, Q (l/100km) y el consumo recorrido específico, Q_t (l/100t.km) disminuyen al inicio, alcanzando un mínimo y después aumentan bruscamente hasta alcanzar valores máximos para altos valores de N_g . La dependencia de la velocidad media con la N_g tiene un carácter creciente, si bien el crecimiento más intenso se alcanza para bajos valores de N_g .

Cuando la N_g se incrementa por reducción de la masa total el consumo recorrido disminuye en todo el rango de valores, debido a la disminución de la resistencia al rodamiento. En el caso del consumo recorrido específico (Q_t), varía en semejante forma al caso anterior. Ello se debe a que al disminuir la masa disminuye el P_r , pero necesariamente al disminuir la masa total, disminuye la capacidad de carga, que es inversamente proporcional a Q_t . De modo que la tendencia al descenso que se experimenta por la disminución de P_r , se contrarresta con la tendencia al incremento que representa la disminución de la masa de la carga. De ahí, que al ser este último efecto más intenso, se produce el crecimiento de Q_t . La velocidad media tiene igual comportamiento, para cualquiera de las formas de crecimiento de N_g .

Figura 1.6. Influencia de la potencia específica en la velocidad media y el consumo en vehículos diésel pesados. a)-Con variación de la potencia máxima; b)-Con variación de la masa total.



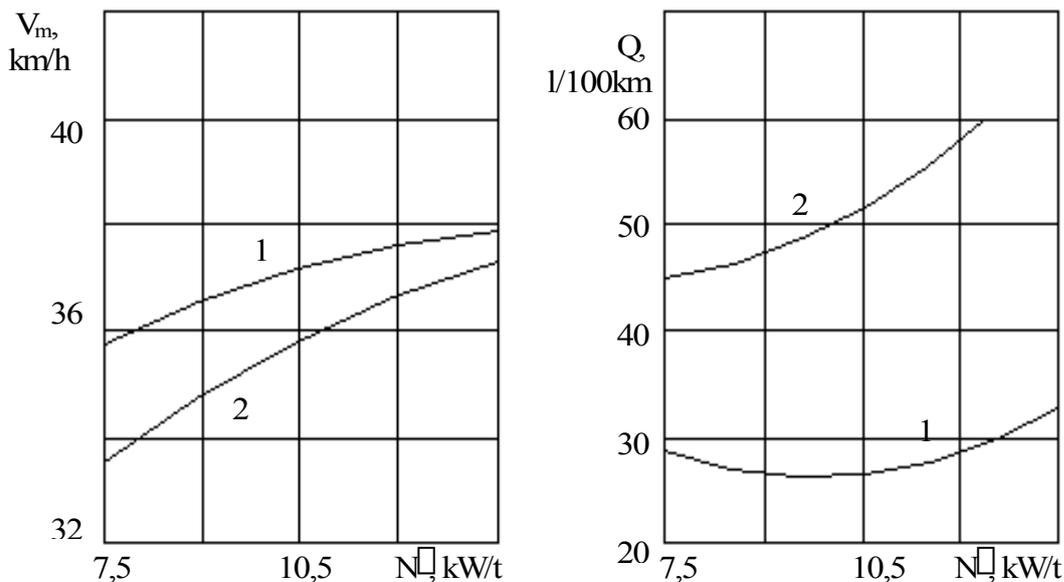
Fuente: (Jovaj, 1978).

Análogo carácter de variación se observa para las curvas de velocidad media (V_m) y consumo de combustible para regímenes variables de movimiento durante el movimiento cíclico de ómnibus urbanos (Fig. 1.7). Los indicadores de los motores diésel (1) son significativamente superiores a los obtenidos para motores de carburación (2), en todo el rango de valores de N_g .

Note que el cambio de V_m es más sustancial en la zona de pequeños valores de N_g y por el contrario el cambio de Q es más notable en la zona de altos valores de N_g .

El cambio de N_g ejerce influencia no sólo en la V_m y en Q , sino también en la velocidad máxima ($V_{m\max}$), en la capacidad de aceleración valorada en este caso por el tiempo de impulso necesario para alcanzar una velocidad de movimiento determinada (t_i) (Fig. 1.8(a)). En la Fig. 1.8 (b), se observa como al incrementar el valor de N_g disminuye la frecuencia de uso de las marchas inferiores (\dot{a}_{sII}) y aumenta la correspondiente a las marchas superiores (\dot{a}_{sV}). Ello hace que la relación de transmisión promedio (i_{Cm}) se incremente con el aumento de N_g y que las revoluciones sumarias en la unidad de recorrido (\dot{a}_n) desciendan, lo cual es favorable desde el punto de vista del desgaste de componentes y del consumo de combustible.

Figura 1.7. Influencia de la potencia específica en la velocidad media y el consumo en vehículos urbanos



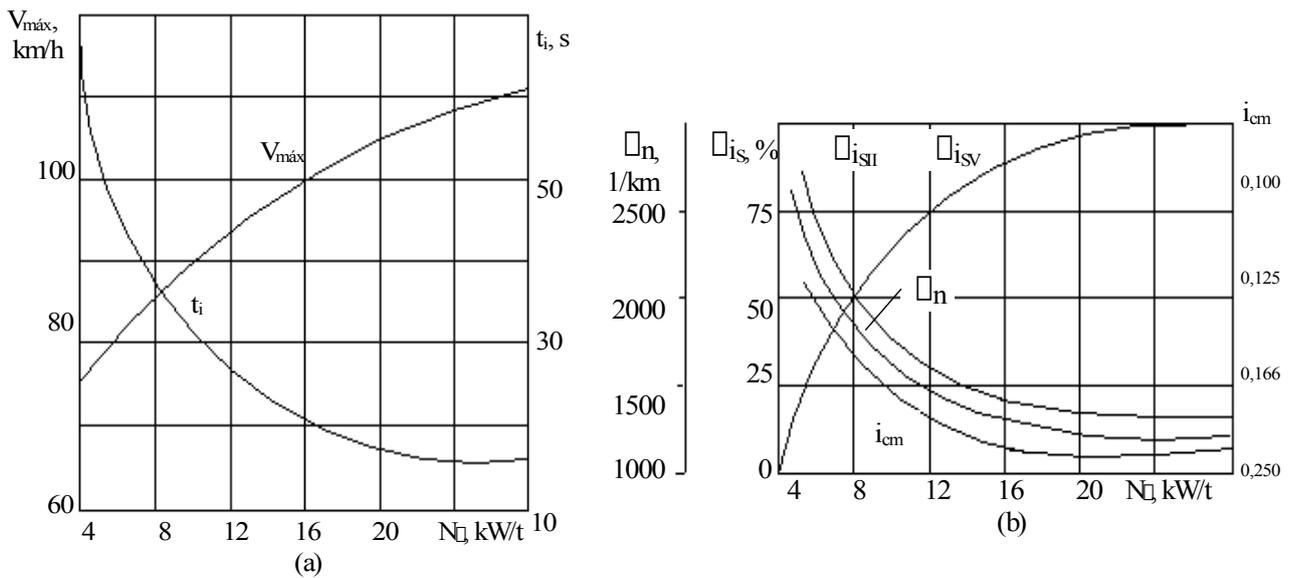
Fuente: (Jovaj, 1978).

Para variar la N_g a partir del cambio de la potencia máxima se utilizan, en lo fundamental, dos vías: por variación del volumen de trabajo y por uso de sobrealimentación.

Cuando se produce la variación de N_g a partir del cambio en el volumen de trabajo (V_h), están presentes factores positivos y negativos que inciden en el consumo. Dentro de los negativos está el que, al aumentar el V_h se produce un aumento de las pérdidas internas en el motor. Dentro de los positivos se encuentra el mejoramiento que se produce en la economía de consumo del motor en la zona de cargas máximas y la disminución de la frecuencia sumaria de giro del motor en la unidad de recorrido. En la zona de pequeños valores de N_g prevalece la influencia de los factores positivos sobre los negativos, disminuyendo el consumo de combustible. A la inversa sucede con grandes valores de N_g . De aquí el comportamiento mostrado en la Fig. 1.8 (a).

Con la sobrealimentación sucede algo similar. Es correcto en tal caso considerar que la misma mejora la economía del diésel, aunque se sobreentiende por ello, la economía de consumo del vehículo y no la del motor. La sobrealimentación, al tiempo que posibilita un incremento de la potencia del motor, garantiza un mejoramiento de consumo de la máquina automotriz, siempre y cuando la N_g , no sea muy alta.

Figura 1.8. Influencia de la potencia específica en $V_{m\acute{a}x}$ y la capacidad de aceleración



Fuente: (Jovaj, 1978).

Ello se explica, ante todo, por el incremento de la relación de transmisión promedio (i_{c_m}) y la disminución de la frecuencia sumaria de giro en la unidad de recorrido (\dot{n}). Sin embargo, la influencia positiva de estos factores disminuye en la medida del aumento de N_g .

En la tabla 1.3, se ve como el incremento de N_g por la vía del incremento de potencia, surte efecto en el consumo y otros indicadores cuando el vehículo posee pequeña N_g .

Tabla 1.3. Efecto del incremento de la potencia específica en el consumo de combustible

Vehículo	Peso total (G), en t	Incremento de N_g , kW/t	Variación de Q, %
Remolcador	14,5	8,0-11,2	aumento entre 7-11%
Remolcador con un remolque	24,5	5,2-6,6	no varía
Remolcador con dos remolques	35,0	3,7-4,6	Disminuye de 12- 16% con aumento en V_m en un 20-25%

Fuente: (Garnier, 2008).

De tal forma, se considera que en los vehículos con pequeña N_g , el aumento de la potencia máxima, independiente de la forma en que se produzca, posibilita el aumento de su productividad y economía de consumo. En vehículos con alta N_g , el incremento de la potencia máxima puede conducir a un empeoramiento de sus indicadores de consumo.

En el caso de la sobrealimentación, la variante post-refrigerada ha logrado potencias superiores y consumos específicos más bajos, que en los motores simplemente aspirados de igual V_h y de casi el mismo peso, dado el incremento en el grado de sobrealimentación. Con esta variante, de mayor precio pero más rentable, se logra reducir el consumo en un 3%, incrementar el torque en un 16% y reducir en un 10% el régimen de velocidad para el cual se alcanza el torque máximo, es decir w_M , con lo cual se logra incrementos en elasticidad de torque (e_M) y de revoluciones (e_n).

La potencia máxima

Se ha estudiado algunos indicadores del motor que valoran sus cualidades y varios de ellos aparecen vinculados a la potencia máxima. Ahora bien, este estudio quedaría incompleto si el comprador del vehículo no tuviera una idea de la potencia máxima que debe entregar el motor del vehículo a seleccionar.

El cálculo de la potencia máxima se comienza con la determinación de la potencia necesaria para garantizar una determinada velocidad máxima ($V_{\text{máx}}$), a la cual se denomina N_{ev} . Esta $V_{\text{máx}}$ es la que puede alcanzar el vehículo con carga total, es decir, con su máxima capacidad de carga o el mayor número de pasajeros según corresponda, y es menor por tanto a la velocidad máxima que va alcanzar el vehículo en vacío. Si se habla de $V_{\text{máx}}$, se asume que la velocidad no puede incrementarse y por tanto $dV/dt = 0$ y $P_i = 0$.

Esta $V_{\text{máx}}$ puede ser asumida partiendo de datos de vehículos similares o de las limitaciones que impone el propio proceso de transportación (tráfico urbano, velocidades permisibles de la vía, características de la carga, etc.).

Se tiene que la potencia se relaciona con las resistencias al movimiento según:

$$N_e = \frac{P_t \cdot V}{10^3 \cdot \eta_0} = \frac{(P_c + P_a) \cdot V}{10^3 \cdot \eta_0}$$

En tal sentido la potencia N_{ev} se determina por la expresión:

$$N_{\text{ev}} = \frac{(G \cdot \psi_v + K \cdot F \cdot V_{\text{máx}}^2) \cdot V_{\text{máx}}}{10^3 \cdot \eta_0 \cdot K_{\text{co}}} \quad (1.15)$$

Dónde: K_{co} es un coeficiente de corrección.

Como quiera que no, se tiene un vehículo concreto, se asume determinados valores.

Conociendo la capacidad de carga (G_p) o el número de pasajeros (n_p) que se desea para nuestro vehículo, y se puede por recomendaciones dadas con anterioridad, determinar el peso total (G) (Izquierdo, Vera, y López, 1995).

El coeficiente aerodinámico K y el área frontal proyectada F se asume.

El coeficiente de resistencia al camino que posibilita alcanzar la velocidad máxima en el vehículo y_v , se determina por la consideración de que la $V_{\text{máx}}$ sólo es posible alcanzarla en vías asfaltadas sin pendiente. El valor de y_v para vehículos ligeros se puede calcular aproximadamente por la ecuación 1.16:

$$\psi_v = 0.01 + 5 \cdot 10^{-6} \cdot V_{\text{máx}}^2 \quad (1.16)$$

Para vehículos pesados y autotrenes se puede utilizar la ecuación 1.17:

$$\psi_V = (0.015 - 0.02) + 6 \cdot 10^{-6} \cdot V_{max}^2 \quad (1.17)$$

La eficiencia mecánica de la transmisión h_0 , puede asumirse.

El coeficiente de corrección K_C se introduce en la expresión para tomar en consideración que los valores de N_{emax} , cumplen determinados estándares establecidos por normas internacionales, que prescriben el desarrollo de estas pruebas prescindiendo del uso de determinados conjuntos, agregados, etc., lo cual afecta su potencia de salida. Así los valores de K_{CO} de la tabla 1.4 son según:

Tabla 1.4. Valores normados de K_{CO}

Tipos:	K_{CO}
Norma GOST (Rusia y Europa del Este)	0.93-0.95
Norma DIN (Alemania)	0.95-0.96
Norma SAE (Estados Unidos)(vieja)	0.86-0.88
Norma SAE (Estados Unidos) (nueva)	0.95-0.96
Norma ISO (Japón)	0.95-0.96

Así, en dependencia de la procedencia del vehículo que vamos a evaluar para su selección, elegiremos el valor de K_{CO} .

En general $N_{ev} \neq N_{emax}$, y por tanto la frecuencia de rotación a la que se alcanza la velocidad máxima es diferente a la frecuencia de rotación para potencia máxima, es decir $w_V \neq w_N$.

En vehículos ligeros con motor de carburación w_V puede ser mayor o menor que w_N . Algunas veces la $V_{máx}$ no se alcanza en la marcha superior, sino en la marcha precedente (Fig. 1.9). En tal caso se le denomina marcha superior de cálculo.

En la figura 1.9 se presenta las curvas de potencia en la rueda (N_r) contra velocidad de movimiento (V) para las marchas terceras, cuarta y quinta, para mayor simplicidad. Se representa además la dependencia de potencia que demandan las resistencias al camino contra V, para el caso a que hacíamos referencia. Esta marcha superior se utiliza en tales automóviles con el objetivo de mejorar los indicadores de consumo de combustible.

La relación w_V / w_N para una determinada velocidad máxima influye en el valor de potencia máxima y en la capacidad de aceleración. La capacidad de aceleración en la marcha superior de cálculo es tanto menor, cuanto menor sea la relación mencionada. Si se toma como 100% la capacidad de aceleración para $w_V / w_N = 1$, entonces cuando $w_V / w_N = 0,9$, en vías de buena calidad y con todo el diapason de velocidad, la capacidad de aceleración disminuye en un 15%. Pero sí $w_V / w_N = 1,1$, se incrementa la capacidad de aceleración en un 30%.

En vehículos ligeros con motor de carburación, generalmente $w_V / w_N = 0,9-1,2$ y la potencia máxima se puede determinar a partir de la conocida expresión:

$$N_{ex} = N_{emax} \left[c_1 \cdot \left(\frac{\omega_x}{\omega_N} \right) + c_2 \cdot \left(\frac{\omega_x}{\omega_N} \right)^2 - c_3 \cdot \left(\frac{\omega_x}{\omega_N} \right)^3 \right]$$

La cual despejando quedaría como:

$$N_{emax} = \frac{N_{eV}}{\left[c_1 \cdot \left(\frac{\omega_V}{\omega_N} \right) + c_2 \cdot \left(\frac{\omega_V}{\omega_N} \right)^2 - c_3 \cdot \left(\frac{\omega_V}{\omega_N} \right)^3 \right]} \quad (1.18)$$

Los coeficientes c_1 , c_2 y c_3 se relacionan al Par.

En los vehículos equipados con limitadores de frecuencia de rotación o reguladores $w_V = w_N$ y $N_{eV} = N_{em\acute{a}x}$. Como no se tiene el motor se necesita asumir el valor de w_N . El valor de w_N (1/s) o n_N (rpm) varía en los diferentes motores en los siguientes límites:

Tabla 1.5. Rango normal de variación de n_N

Motores		n_N (rpm)
Carburación:	vehículos ligeros	4500-6000
	vehículos pesados	3000-4600
Diesel:	vehículos ligeros	3500-4600
	vehículos pesados	2000-3200

El consumo específico de combustible (g_e)

Es uno de los parámetros más importantes del motor, y es su indicador más integral de consumo de combustible del vehículo.

El consumo horario de combustible (G_t), representa el gasto de combustible en peso que se consume en una hora de trabajo del motor. Puede determinarse experimentalmente a través de la expresión:

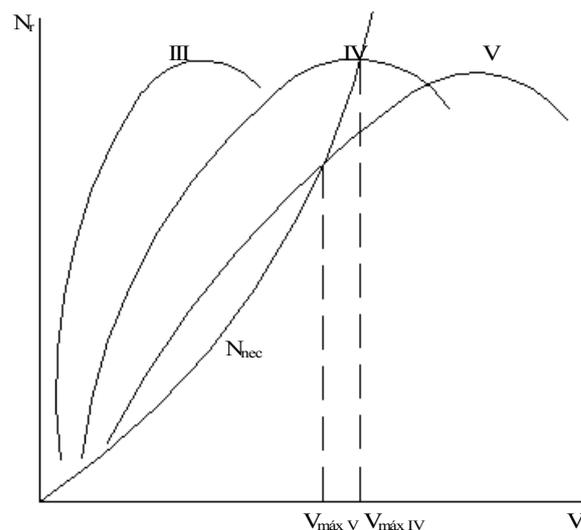
$$G_t = \frac{3600 \cdot q \cdot \rho_c}{t} \quad \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) \quad (1.19)$$

donde:

q - es el consumo en litros durante un tiempo t , en segundos.
 ρ_c -es la densidad del combustible, en kg./l

El consumo horario se muestra sólo el gasto físico del combustible sin vincularlo con la potencia que genera el motor. El consumo específico por su parte, representa la cantidad de combustible consumida en una hora por unidad de potencia efectiva generada por el motor. O sea, el g_e engloba el concepto de G_t y lo relaciona con la potencia generada, y es por ello el indicador más integral del motor.

Figura 1.9. Dependencia de potencia en la rueda contra velocidad en vehículos ligeros con marcha superior multiplicada.



Fuente: (Jovaj, 1978).

Ambas magnitudes se relacionan a través de la ecuación 1.20:

$$g_e = \frac{G_t \cdot 10^3}{N_e} \quad \left(\frac{g}{kW.h} \right) \quad (1.20)$$

El consumo específico del motor, si bien no determina el consumo del vehículo, como se verá con posterioridad, si posee una influencia marcada en su magnitud. El g_e varía de acuerdo al tipo de motor y sus características constructivas.

El $g_{e \text{ mín}}$ en motores de carburación oscila entre 270-330 g/kW.h

El $g_{e \text{ mín}}$ en motores diésel oscila entre 205-250 g/kW.h.

Se hace hincapié en el caso del diésel, pues predomina en el sector empresarial.

En el diésel las particularidades del proceso de formación de la mezcla de trabajo y la estructura de la cámara de combustión ejercen sustancial influencia en los indicadores fundamentales del motor. Por la forma de preparación de la mezcla se diferencian los motores con formación volumétrica de la mezcla, pelicular y volumétrica-pelicular o mixta. Las cámaras de combustión en general, se clasifican por su parte en dos grandes grupos: divididas y no divididas.

La formación volumétrica se basa en la inyección del combustible directamente en el seno del aire caliente, el que se encuentra en todo el volumen de la cámara de combustión del diésel. La profundidad de penetración del chorro y su forma, se eligen de tal forma, que la carga de aire abarque totalmente el chorro y logre impedir su contacto con las paredes de la cámara de combustión (ejemplo en la Fig. 1.10 (a)). Mientras mejor se pulverice el combustible y se mezcle con el aire más efectivamente transcurre el proceso de combustión.

En el instante de la formación específica de la mezcla, se caracteriza porque una porción considerable del combustible se hace incidir sobre las paredes calientes de la cámara de combustión, formándose una fina película, la cual después se evapora absorbiendo parte del calor de las paredes.

La diferencia entre ambos métodos consiste, en que en el primero las partículas del combustible inyectado se mezclan directamente con el aire, y en el segundo una parte del combustible al inicio se evapora y en estado de vapor se mezcla con el aire durante un movimiento turbulento de éste en la cámara.

Los motores con cámara de combustión no dividida poseen una relativamente pequeña superficie de transferencia y con buena organización

volumétrica de la mezcla se garantiza el trabajo del diésel con consumos específicos de combustible entre 215-220 g/kW.h. No obstante estos motores poseen elevada rigidez (1-1,2 MPa. por cada grado de giro del cigüeñal) y elevadas presiones absolutas en el cilindro (hasta 10 MPa. y más), lo que limita la utilización de las mismas (Fig. 1.10 a-h).

La formación volumétrica se utiliza ampliamente en el caso de las cámaras divididas. El diésel en este caso es menos económico, pero trabaja con menor rigidez y estabilidad a velocidades de 4000-5000 r.p.m. y mayores. Las cámaras divididas poseen mayor área de transferencia de calor, pero logran un mejor mezclado del combustible con el aire. Las cámaras divididas son de dos tipos: precámara y cámaras de turbulencia.

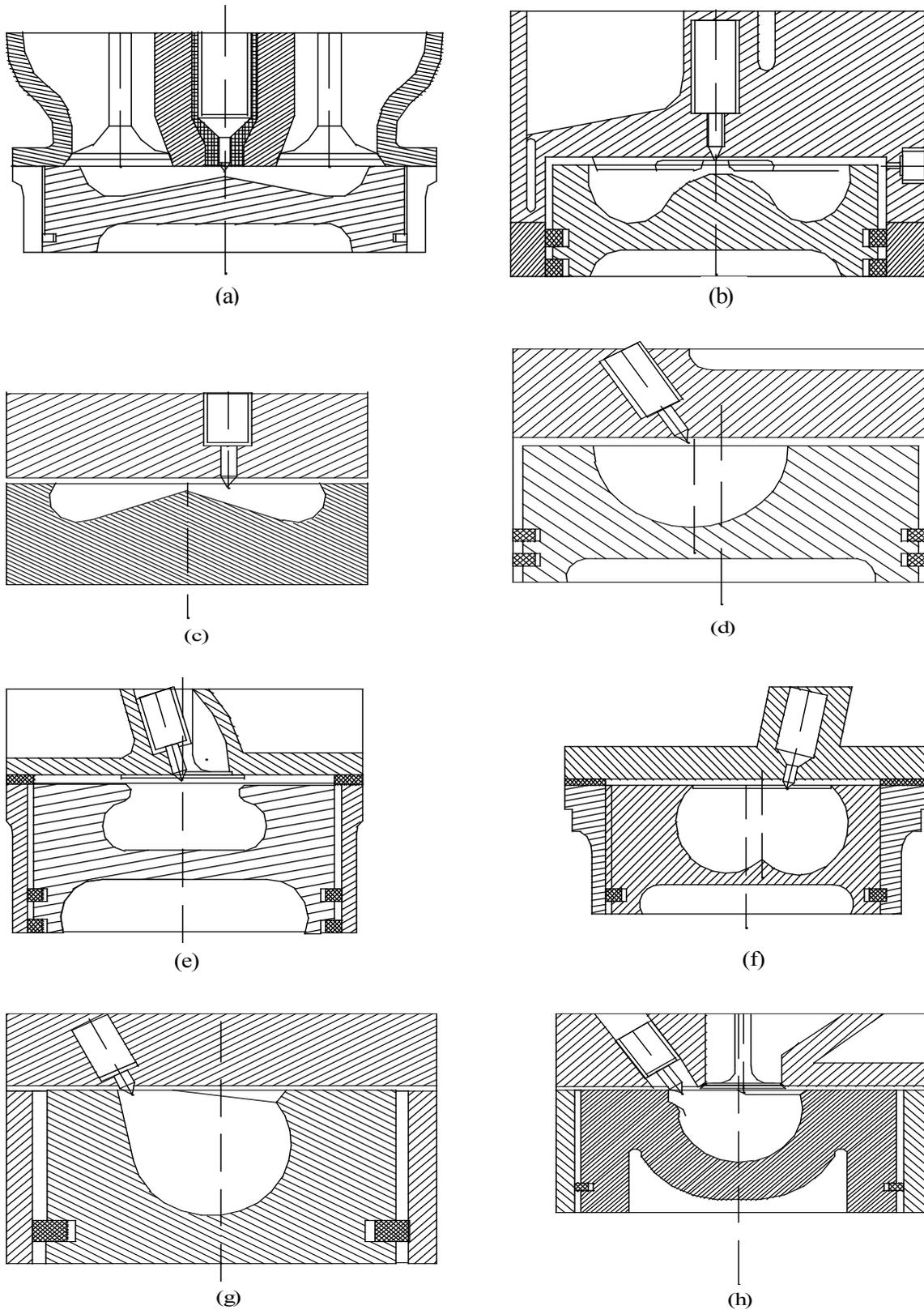
En los diésel con **precámara**, el combustible se suministra a una cámara complementaria (Fig.1.11.b) el volumen de la cual es 0,2-0,35 del volumen general de compresión (V_c), por ello se combustiona en ella sólo una pequeña porción de combustible, el resto del cual, junto con los productos de la combustión, bajo la acción de la presión ingresan a gran velocidad a la cámara fundamental, a través de uno o de varios canales estrechos que garantizan una fina pulverización del combustible sin combustionar y un mezclado adecuado con el aire. Se garantiza un trabajo más suave (menos rígido), compresiones máximas en el cilindro que no sobrepasan los 5-6 MPa y menores coeficientes de exceso de aire. Posee baja economía, el g_e oscila alrededor de los 270 g/kW.h y poseen dificultades con el arranque en frío (Izquierdo, Vera y López, 1995).

En los diésel con **cámara de turbulencia**, el volumen de la cámara complementaria es un 0,5-0,6 de V_c . Las cámaras fundamental y complementaria, se unen por canales tangenciales más amplios, los cuales garantizan la turbulencia necesaria para un buen mezclado (Fig. 1.11.a). Las presiones máximas en el cilindro son de 6-6.5 MPa, con relativamente pequeños coeficientes de exceso de aire. El g_e en tales motores es de alrededor de 250 g/kW.h.

Los diésel rápidos con pre cámara y cámara de turbulencia, poseen indicadores suficientemente altos de potencia y se utilizan en vehículos ligeros fundamentalmente. Así, por ejemplo, la potencia por litro ($N_{e,l}$) en el Mitsubishi diésel con cámara dividida supera los 25 kW/l.

En los diésel con **formación pelicular** (Fig. 1.10(e)), las presiones máximas en el cilindro no superan a los 6,5 MPa, el motor trabaja con menor rigidez (0,3 MPa por cada grado de giro del cigüeñal), un mejor aprovechamiento del aire, lo cual disminuye la humosidad de los gases de escape.

Figura 1.10. Tipos de cámaras de combustión no separadas en los motores diésel



Fuente: (Garnier, 2008).

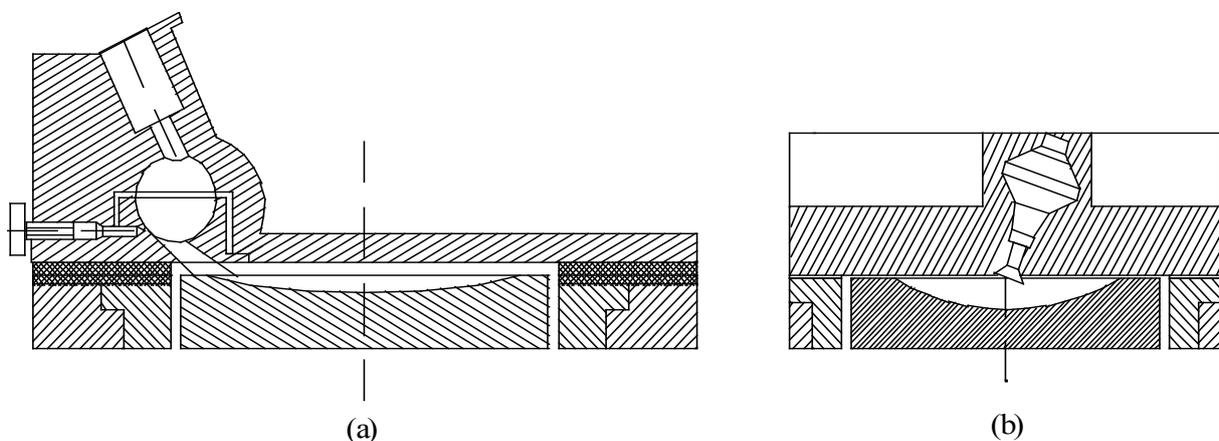
El g_e oscila alrededor de los 220 g/kW.h, y la N_{e1} supera los 18 kW/l. Sus desventajas radican en el arranque en frío, cuando la entrega de combustible a las paredes frías dificulta la formación de vapores para facilitar el arranque, el aire se calienta en el conducto de admisión con ayuda de la llama de un inyector independiente, y si las válvulas de admisión se proveen de pantallas entonces durante el tiempo de arranque estas giran en 180°, garantizando con ello que el chorro de combustible no choque contra las paredes, sino contra el aire caliente y la formación de la mezcla cambia a volumétrica, garantizando mejores cualidades de arranque.

Los diésel con formación de la mezcla volumétrica-pelicular, poseen cualidades de uno y otro método de formación. El trabajo de estos motores es menos rígido (0,4 MPa por cada ángulo de giro del cigüeñal) y poseen buena economía.

Las cámaras de combustión pueden poseer formas diferentes: como conos truncados (Fig. 1.10 (g)), cilíndrica Fig.1.10 (f) y semi-esféricas (Fig. 1.10 (d)). También está la mostrada en la Fig. 1.10 (h), la cual es semejante a la de la Fig. 1.10 (g), pero posee un saliente cónico en su parte central.

En general poseen buenas cualidades de arranque producto de la interacción de los dos métodos de formación de la mezcla. Los inyectores utilizados son generalmente de múltiples orificios y pueden utilizarse estos motores con otros combustibles o mezclas de ellos, lo cual resulta ventajoso. Mejoran en cuanto a nivel de toxicidad de los gases de escape, y sus consumos específicos de combustible son muy bajos, g_e se encuentra generalmente entre 225 y 230 g/kW.h.

Figura 1.11. Tipos de cámaras de combustión separadas en los motores diésel.



Fuente: (Garnier, 2008).

5. Forma aerodinámica.

La forma aerodinámica del vehículo ha ido cobrando importancia en la medida en que han ido elevándose las velocidades de movimiento.

Como se sabe la P_a , se determina según la expresión:

$$P_a = K \cdot F \cdot V^2$$

En el coeficiente aerodinámico incide la forma aerodinámica del vehículo, la presencia de elementos que rompen la configuración, la separación entre cama y cabina (en el caso de los camiones), el acabado superficial, la circulación interna del aire, etc.

En f influyen las dimensiones del vehículo y la forma de su área frontal proyectada.

Como se ve la dependencia más importante es la velocidad, la cual se encuentra elevada al cuadrado. De aquí se desprende, que la importancia de la aerodinámica del vehículo está definida por su velocidad de movimiento. Vehículos destinados al tráfico urbano, donde las velocidades son pequeñas y donde existe un predominio de los períodos de impulso y deceleración (donde la P_a es muy pequeña), no tienen por qué cumplir rigurosas exigencias en cuanto a sus dimensiones (H, B, A) y la forma aerodinámica. Se presenta desde el punto de vista del P_a , pues se sabe que los aumentos de dimensiones traen consigo aumentos de peso, y ya se ha analizado su incidencia negativa en el consumo de combustible (Muñoz y Payri, 1993).

Ahora bien, para vehículos que circulan por autopistas, a velocidades relativamente altas hay que ser rigurosos a la hora de evaluar sus dimensiones o su forma aerodinámica.

Para evaluar sus dimensiones se puede tomar como punto de comparación las correspondientes a vehículos similares, o los rangos recomendados de F , en la Tabla 2.2.

Recordando los factores que incidían sobre la magnitud de P_a , se plantea:

- Se presta especial atención en el caso práctico de los camiones de carga (tanto superior como lateral). En el resto de los vehículos, hay que prestar atención a la forma de la parte delantera y trasera, a la inclinación de los parabrisas y a la existencia de cambios bruscos en la configuración, entre otros. Se hace hincapié en ellos, pues determinan la resistencia de forma que como se expresa es un 50-60% de P_a .
- Se vela porque existan en el vehículo seleccionado, la menor cantidad de elementos que rompan la configuración aerodinámica.

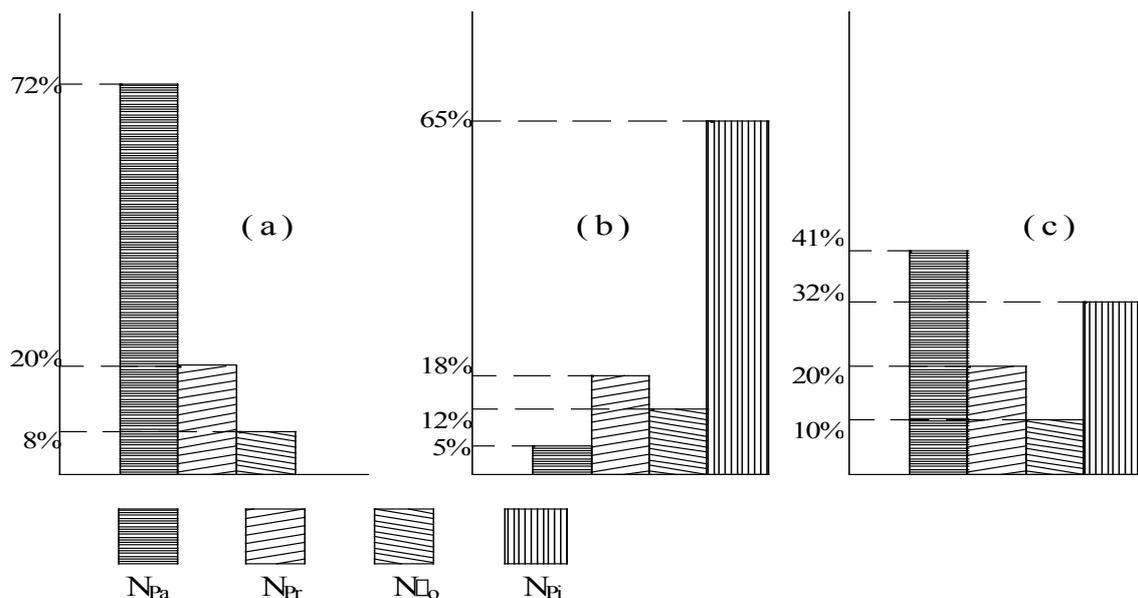
- Que exista un adecuado acabado superficial.
- Que el tipo de cama y sus dimensiones eviten el contacto del aire con las superficies irregulares de las cargas.
- Que la existencia de radiadores de aceite y aire (en el caso de los turbocompresores), adicionales a los del agua de enfriamiento del motor, incrementan la P_a .
- Que la existencia de deflectores reduciría notablemente el consumo de combustible, siempre que se justifique su uso.

Con respecto a los deflectores, se recuerda que estos deben utilizarse en camiones, cuando la altura de la carga excede, al de cabina en más de un metro y cuando las velocidades de movimiento son mayores a 40 km. /h. A mayor velocidad y mayores dimensiones más necesario es el uso del deflector (se refiere en este caso al deflector superior). Con tales niveles de velocidad, el uso del deflector inferior es útil, su utilidad estará vinculada a la irregularidad de la parte inferior del vehículo.

Pero, usar un deflector cuando no hace falta aumenta las dimensiones del vehículo innecesariamente e incrementa el consumo. En tal sentido, hay que tener especial cuidado con los vehículos que se fabrican con el deflector acoplado y éste no es removible, como es el caso de algunas cuñas tractoras.

En la Fig. 1.12 se muestra el comportamiento de la potencia consumida en el vencimiento de las resistencias en un automóvil ligero.

Figura 1.12. Potencias consumidas durante el desarrollo del movimiento
a)- Autopistas; b)- Zonas urbanas; c)- promedio general



Fuente: (Garnier, 2008).

La Fig. 1.12 (a) corresponde al movimiento por autopistas horizontales ($a=0$) a $V=130$ km. /h. Se ve que el 72 % de la potencia se consume en el vencimiento de la resistencia al aire (N_{Pa}), un 20% en vencer las resistencias al rodamiento (N_{Pr}) y un 8% en vencer las pérdidas en la transmisión (N_{h_o}). En la Fig. 1.12 (b) se evidencia que en condiciones de ciudad el 65% de la potencia se emplea en vencer la P_i (N_{Pi} - movimientos de impulso y deceleración) y solo un 5% en vencer el P_a . En la Fig. 1.12 (c) se muestra los valores promedios para condiciones normales de movimiento, es decir, a velocidades normales y sin muchas paradas en el movimiento.

6. Sistema de Transmisión.

Como se conoce, no toda la potencia generada en el motor se emplea en vencer las resistencias de movimiento, sino que una parte de esta, se gasta en vencer las pérdidas que se generan en el mecanismo de transmisión.

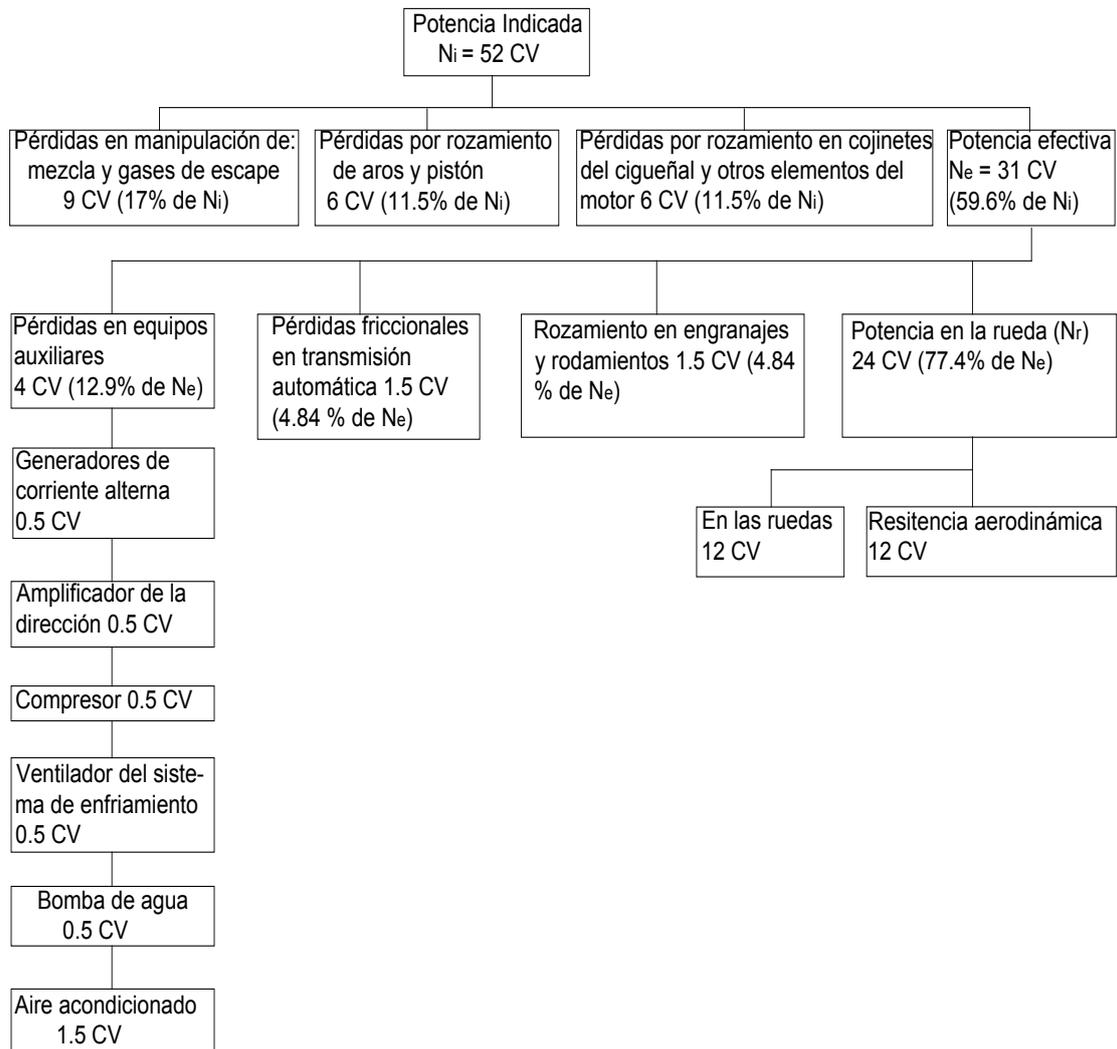
De tal forma la potencia en las ruedas: $N_r = N_e \cdot \eta_o$.

En la medida que aumentan las pérdidas de potencia en la transmisión menor será el valor del rendimiento mecánico h_o , y por tanto menor será N_r . Las mayores pérdidas de energía, relacionadas con el rozamiento en las piezas del automóvil durante su movimiento con velocidad estable, se producen en el motor. Debido al carácter del funcionamiento del motor se hace extremadamente difícil disminuir sus pérdidas friccionales, las cuales como se aprecia en la Fig. 1.13 son de consideración. La forma en cómo se distribuye la energía generada por el motor, es diferente en motores de diferente tipo, siendo por demás una dependencia de su régimen de trabajo.

La Fig. 1.13 representa en forma aproximada, como se distribuye la energía generada por el combustible, en un automóvil ligero con volumen de trabajo de 5,7 l., y que se mueve a 80 km. /h.

La η_o está vinculada muy estrechamente al tipo de transmisión y al número y tipo de sus componentes. Las transmisiones se clasifican en primer lugar, atendiendo a la existencia en ellas o no de conjuntos con patinaje continuo. Las que no poseen este tipo de conjuntos son las denominadas transmisiones mecánicas de tipo clásico; las que poseen este tipo de conjuntos son las denominadas automáticas o semiautomáticas, en función de su sistema de mando.

Figura 1.13. Pérdidas mecánicas en un vehículo ligero con motor de gasolina ($V_h = 5$ litros) a la velocidad de 80 km/h

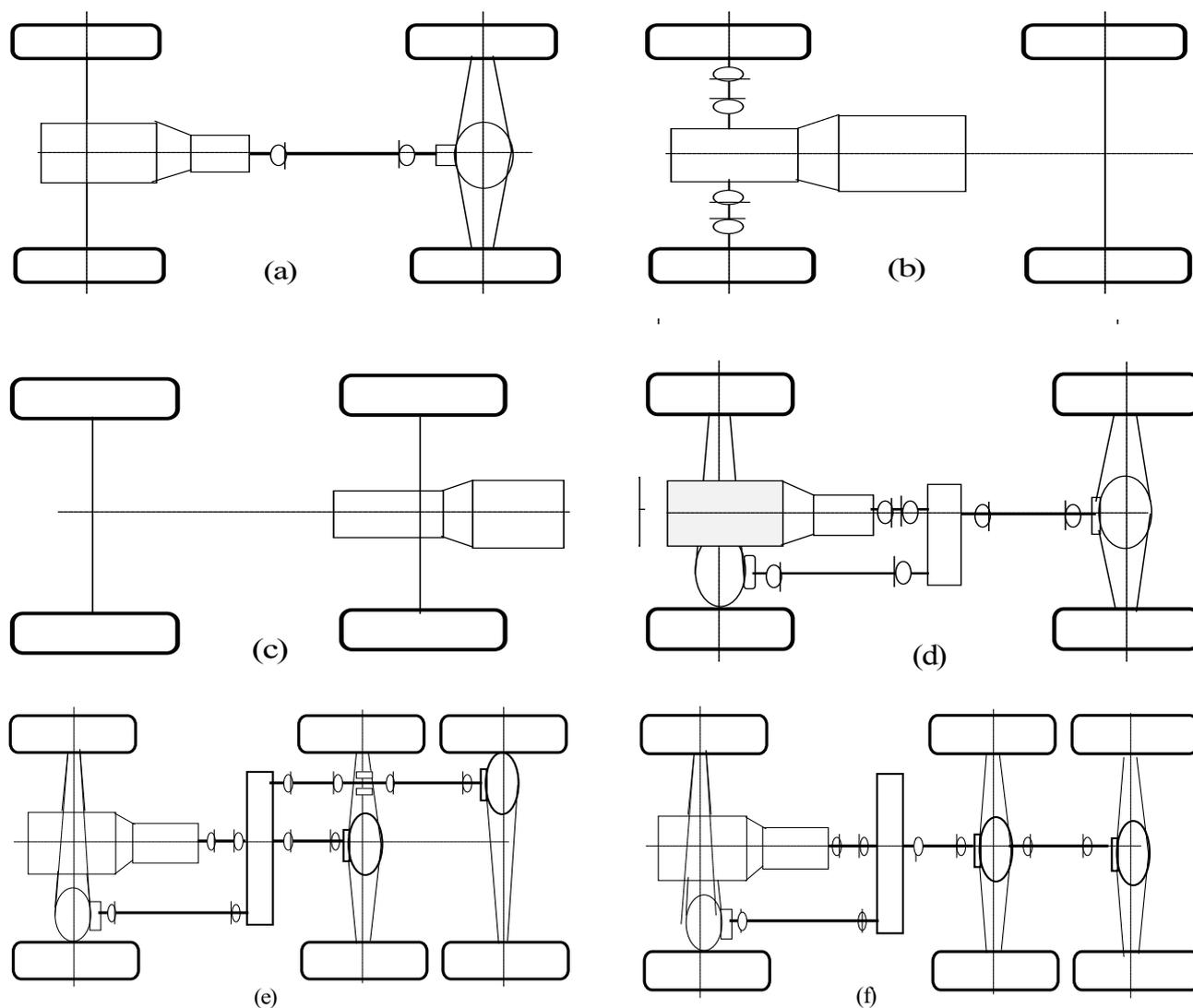


Fuente: elaboración propia.

Se clasifican además atendiendo al número de puentes motrices y a la ubicación relativa del motor respecto al puente motriz (Heißing y Ersoy, 2010; Ojeda, 2012).

Se analizan las transmisiones clásicas y para ilustrar la influencia de los factores mencionados se observa la Fig. 1.14. En la Fig. 1.14 (a), se muestra el tipo de transmisión más utilizada, o sea, disposición delantera del motor con puente motriz trasero. Sus ventajas fundamentales son que se logra una adecuada distribución de las cargas en los puentes delantero y trasero (con una mayor carga para el trasero) y la posibilidad de colocar los asientos entre ellos, mayores posibilidades de vencer pendientes elevadas y mayor adherencia y como desventajas la necesidad de utilizar una transmisión con cardán relativamente larga.

Figura 1.14. Variantes de sistemas de transmisión.



Fuente: elaboración propia.

Mucho más compacta, ligera y económica es la transmisión de las Fig. 1.14 (b y c). En los vehículos con motor trasero y diferencial posterior (Fig.c1, 14.c), se utiliza árboles cardanes de menor longitud y el motor, el embrague y la caja de velocidad están unidos, formando un sólo agregado, lo que permite aumentar la eficiencia del sistema de transmisión y disminuir el peso del vehículo y se evita la construcción del alojamiento en el piso del mismo para la transmisión, o por lo menos se reduce. Con esta disposición se aumenta la visibilidad, se puede disminuir la distancia entre ejes y disminuir las medidas externas (Kouroussis, Dehombreux, y Verlinden, 2015).

La principal desventaja de este tipo de sistema, es que se desplaza el peso hacia el puente trasero (58-68% del total, en vehículos vacíos), con lo cual se afecta la manejabilidad y la estabilidad del movimiento, si bien se mejoran las posibilidades de tracción del mismo.

Por tal razón, los fabricantes que emplean esta disposición tienen que tomar medidas tales como desplazar el tanque de combustible y el portamaletas hacia delante, recomendar presiones de inflado diferentes para los neumáticos, alterar el ángulo de inclinación longitudinal del pivote de las ruedas, o tratar de disminuir el peso de los agregados de la transmisión utilizando aleaciones especiales.

Otras desventajas serían: la elevación del consumo de potencia para la ventilación del sistema de enfriamiento, la complicación del sistema de mandos del embrague y de la transmisión de velocidades, y hay menos defensa, en caso de accidente, para los que viajan en el asiento delantero. Se emplea en motores con enfriamiento por aire, lo que indudablemente incrementa P_a .

Esta disposición es poco frecuente. La disposición del motor delantero y puente motriz delantero, (Fig. 1.14.b) es muy utilizada en la actualidad. Mejora la maniobrabilidad y estabilidad de movimiento del vehículo, y la combinación en ella del motor ubicado transversalmente simplifica la transmisión y mejora aún más su h_o , se reducen las dimensiones del vehículo y su peso. En este último caso la caja de velocidad puede ser de 2 árboles solamente y se simplifica la transmisión principal al estar en paralelo el cigüeñal con los semiejes de las ruedas. Con cualquier colocación delantera del motor y de la transmisión, se incrementa el peso sobre el puente delantero (56-62% del total con el vehículo vacío), lo cual posibilita un incremento de la estabilidad y disminuye la posibilidad de deslizamiento lateral, permitiendo además aumentar la velocidad máxima.

Otra ventaja se logra con la simplificación de los mandos de los agregados. No obstante, con tal distribución, disminuye la posibilidad de subir pendientes por condiciones de adherencia.

Los vehículos pesados 4 x 2 y muchos vehículos ligeros, poseen generalmente motor ubicado en la parte delantera y diferencial posterior (Fig. 1.14.d). Esto le confiere mejores cualidades de adherencia y mayor capacidad de vencer pendientes. En esta disposición se logra un balance equitativo del peso.

En la medida del incremento del número de ejes motrices, las transmisiones de los vehículos pesados se complican, aumenta el número de sus elementos y surgen otros nuevos, como la caja de transferencia o traspaso, que disminuyen sensiblemente su h_o . La Fig. 1.14 (e) muestra una fórmula 4 x 4 y la Fig. 1.14 (f) y Fig. 1.14 (g), dos variantes de fórmulas 6 x 6, en las cuales se visualiza lo anteriormente expresado.

En los vehículos de carga la ubicación del motor con respecto a la cabina, puede ser:

- delante de la cabina
- dentro de la cabina

El motor delante de la cabina da una distribución de peso mayor en el puente trasero (67-73% del total) con lo cual se obtiene buenas características de adherencia, sin embargo, la disposición del mismo dentro de la cabina permite una utilización máxima de las dimensiones del vehículo, ya que aumenta el espacio disponible para la plataforma. En este caso se produce una disminución de peso en el puente trasero que empeora las características tractoras, aunque se distribuye más la carga de trabajo de los agregados del tren de rodaje. Por tal razón, esta disposición se utiliza preferentemente en vehículos de gran capacidad de carga o vehículos con todos los puentes motrices. Con esta disposición se logra aumentar el ángulo de ataque, con lo cual se mejora la capacidad de paso.

La construcción de la cabina es más fácil en el caso del motor dentro de ésta, y se mejora además la visibilidad, pero deben extremarse las medidas de aislamiento contra el ruido, gases, etc.

En el caso de las vehículos de pasajeros, esto es más complejo, debido al número de factores a tener en cuenta. Así se encuentra variantes que contemplan diferente ubicación del motor con respecto al plano longitudinal vertical de simetría y al plano que conforma el piso del bus.

Estos factores caracterizan para bus urbanos la comodidad, seguridad y rapidez de entrada, circulación y salida de pasajeros, los cuales se condiciona al número y altura de escalones, nivel y uniformidad del piso, ancho de los pasillos, utilización de áreas de estacionamiento de pasajeros en las puertas, ancho, distribución y número de puertas, sistema de cobro del pasaje, etc.

Para los buses interprovinciales y turísticos la disposición más ventajosa del motor es la trasera, ya que aumenta la posibilidad de aislar al motor del salón de pasajeros. Los gases se ubican fuera de los límites de la carrocería y se logran minimizar las vibraciones. Para esta posición se obtiene una buena distribución del peso por puentes y además buena accesibilidad al motor. Entre las desventajas de este esquema, está la dificultad en la construcción de los mandos del sistema de transmisión y la colocación del radiador de enfriamiento del motor.

Las transmisiones manual generalmente son más simples, ligeras y económicas y menos voluminosas que las transmisiones automáticas y su eficiencia oscila en el rango siguiente $h_o = 0.85 - 0.95$. Una de sus desventajas es la interrupción en el flujo de potencia durante los cambios marcha, lo que conlleva a una pérdida de capacidad de aceleración y capacidad de paso del vehículo. Además de que, la correcta elección de la marcha y el momento de su conexión, dependen de la calificación del conductor. En condiciones de tráfico urbano y en zonas montañosas la frecuencia de cambios de marcha es alta y se afecta el confort de los pasajeros y la comodidad de manejo del vehículo (Crolla, 2002).

Las relaciones de transmisión total (i_{ci}) del sistema de transmisión deben garantizar en el vehículo:

- que exista una adecuada aproximación de la característica tractora a la ideal, lo cual se analiza en dinámica.
- que exista una adecuada selectividad de la marcha para cada condición de movimiento, lo cual depende tanto del número de relaciones de transmisión como de la magnitud de las i_c intermedias.
- debe garantizar las cualidades de explotación requeridas del vehículo en conjunción con la característica de su motor.
- que exista un solape de marchas adecuado que garantice la suavidad en el cambio de marcha.

Entre las especificaciones que sirve para evaluar la calidad de la transmisión, se tiene que en marcha superior debe garantizar:

- a. que la velocidad crucero del vehículo se alcance para frecuencias de rotación relativamente pequeñas para reducir la intensidad del desgaste.
- b. que esta velocidad crucero se alcance en un trazo de frecuencias de rotación económicas.

En cajas de velocidad es de 3 árboles, para vehículos ligeros con ubicación delantera del motor y diferencial posterior, como regla la relación de transmisión de la caja en marcha superior $i_{ss} = 1$ y por tanto si: $i_{cs} = i_{ss} \cdot i_m$ entonces $i_{cs} = i_m$

En cajas de velocidad de 2 árboles, utilizadas en vehículos ligeros con ubicación delantera del motor y del diferencial, y en vehículos ligeros con ubicación trasera del motor y diferencial, la $i_{ss} = 0.9 - 1$. En los vehículos con ubicación delantera del motor y del puente, con cajas de velocidad de 3 árboles, generalmente poseen $i_{ss} = 0.6 - 0.7$.

En vehículos pesados con números de marcha inferiores a 6, generalmente $i_{ss} = 1$ y excepcionalmente $i_{ss} = 0.6-0.8$. En vehículos pesados en cajas de velocidad de múltiples escalones $i_{ss} = 0.7 - 0.8$.

A menudo para vehículos pesados se designan algunas variantes de relación de transmisión principal (i_m) manteniendo invariables las relaciones de transmisión de la caja (i_{si}). En este caso para cada valor de i_m , el vehículo tendrá diferentes cualidades dinámicas y se desarrolla $V_{m\acute{a}x}$ diferentes. Los vehículos con pequeños valores de i_m se seleccionaran para condiciones difíciles de movimiento y los de altos valores de i_m para condiciones viales más normales. Recuerde que: $i_c = i_s \times i_m$

$$P_t = \frac{M_e \cdot \eta_o}{r_d \cdot i_c} \quad y \quad V = W \cdot r_d \cdot i_c.$$

En estos casos la elección debe hacerse por análisis de su característica tractora.

Las normativas internacionales establecen que para obtener cualidades dinámicas adecuadas y simplicidad constructiva en la transmisión principal:

$$i_m \leq 1/5 \quad (0,2) \quad \text{en vehículos ligeros}$$

$$i_m \leq 1/7 \quad (0.1428) \quad \text{en vehículos pesados con } G_c < 8 \text{ t}$$

$$i_m \leq 1/9 \quad (0.1111) \quad \text{en vehículos pesados con } G_c > 8 \text{ t}$$

El número de marchas (m) en la caja de velocidad depende del tipo de caja (automática o no), de la potencia específica y de las condiciones previstas de explotación. El número de marchas fundamentales en la caja de velocidad, generalmente no es mayor de 6. Si es necesario tener un gran número de marchas, se utiliza la combinación de una caja de velocidad fundamental de 4 a 5 marchas con un reductor o una caja complementaria.

El número de marchas se comporta generalmente en la forma siguiente:

$$m = 4 - 5 \quad \text{en vehículos ligeros}$$

$$m = 5 - 22 \quad \text{en vehículos pesados}$$

Para cabezal tractor y vehículos con todos los puentes motrices, están extendidas las cajas de velocidad de 5 - 6 marchas, combinadas con una caja complementaria (transferencia) de 2-3 marchas.

Para vehículos $G_c = 3 - 10$ t son utilizadas cajas de velocidad con $m = 5 - 6$ marchas

Para vehículos con gran capacidad de carga, son utilizadas cajas multimarchas de 8 - 20 escalones. Para cabezal tractor, en ocasiones, se instalan también cajas de velocidad de 4 ó 5 escalones en combinación con 2 escalones en la transmisión principal.

El incremento del número de marchas de la caja de velocidad, da lugar al crecimiento de su masa, la complejidad de su construcción, el aumento de sus dimensiones y puede en determinadas condiciones, provocar la disminución de la velocidad media del movimiento (V_m). En estas condiciones se hace compleja la conducción del vehículo y disminuye el nivel de utilización de las marchas superiores. Si el número de escalones es muy pequeño, disminuye su selectividad y su efectividad de adaptación a los cambios de resistencias en el camino, lo que provoca no sólo la reducción de V_m , sino el incremento del consumo.

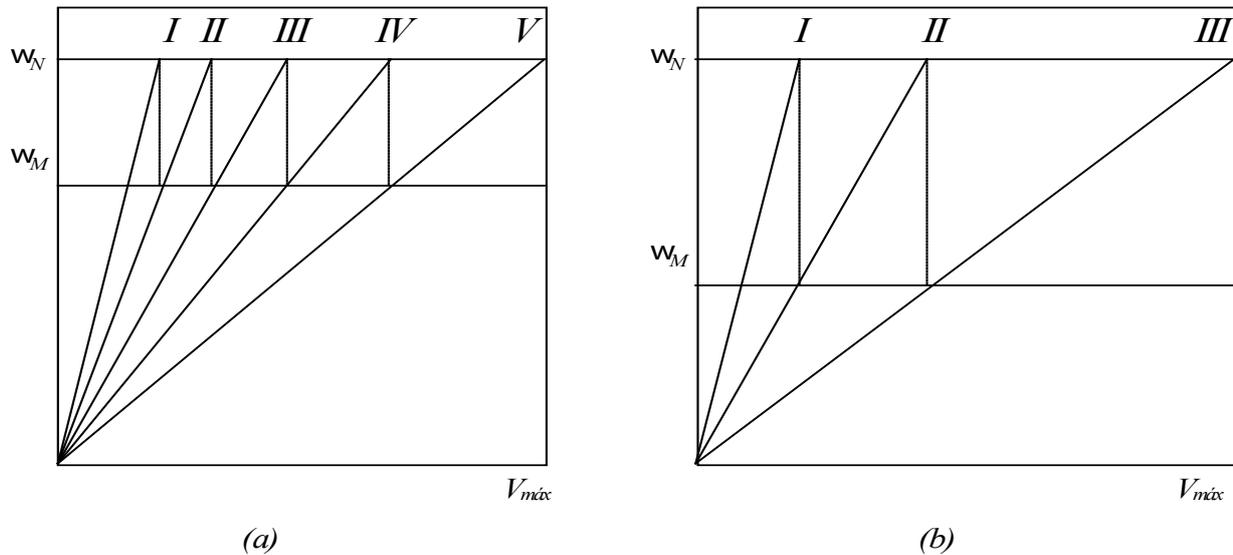
Cuando disminuye la selectividad, aumenta la frecuencia de uso de las marchas inferiores y por ello disminuye V_m y aumenta el consumo. Haciendo uso de la relación $V = W \cdot r_d \cdot i_{ci}$ se puede representar gráficamente la relación $V = f(W)$, que dado su carácter es una dependencia lineal (Fig. 1.15).

Como se observa, las i_{ci} están calculadas de modo que durante el movimiento del vehículo, el motor trabaje en su gama de trabajo estable, es decir, entre $M_{e\text{ máx}}$ y $N_{e\text{ máx}}$. De la figura se evidencia que la forma de desarrollo de las dependencias corresponde a una progresión geométrica. Del gráfico se obtiene la $V_{m\text{ máx}}$ teórica a desarrollar por el vehículo.

Se recalca que es teórica, pues sólo el análisis dinámico dirá si en las condiciones de explotación del vehículo, puede alcanzarse realmente este valor. En la mayoría de los casos con carga completa, este valor no se alcanza, ni aún con buenas condiciones viales.

Note que si el rango entre W_M y W_N se amplía Fig. 3.15 (b), partiendo de iguales valores de i_{ci} y de i_{is} , el vehículo requiere un menor número de marchas. En este caso se ha incrementado la elasticidad de revoluciones (e_n) por reducción en el valor de W_M . Por eso en vehículos sobrealimentados, donde además de incrementarse los valores de M_e y

Figura 1.15. La influencia del rango de frecuencia de rotación de trabajo del motor en las relaciones de transmisión de la caja.



Fuente: (Lechner, y Naunheimer, 1999).

N_e , se reduce el valor de W_M , pueden llegarse a utilizar cajas de menor número de relaciones de transmisión sin detrimento de sus cualidades dinámicas (Lechner, y Naunheimer, 1999).

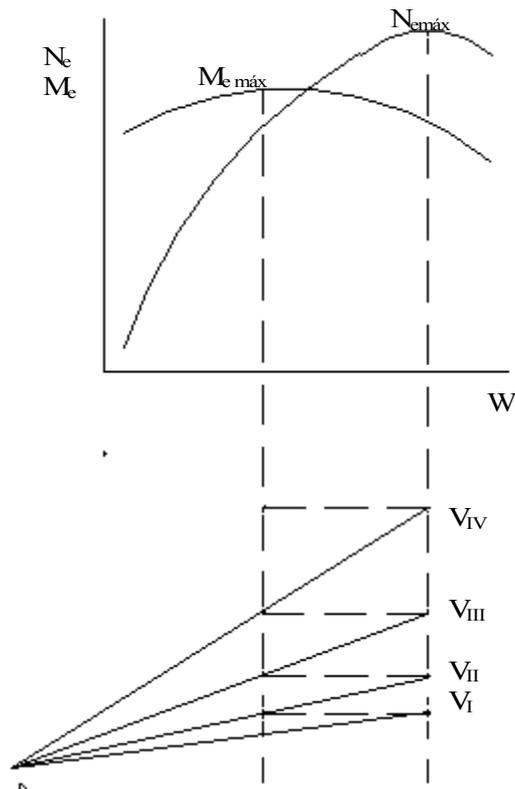
En la Fig. 1.16 se ha combinado una característica exterior con la dependencia de $V=f(w)$ para ilustrar el trabajo del motor durante el movimiento.

En las gráficas no se ha considerado la pérdida de velocidad que se produce durante el cambio de marcha.

Se señala como elemento a la hora de evaluar, que en la mayoría de los automóviles que se producen en la actualidad, la i_{cs} se reducen en un 5-15% con respecto a lo obtenido por la progresión geométrica, mientras en el caso de primera marcha son unos 5-15% superiores. En las cajas de 5 escalones se reduce la cuarta y quinta marcha, y se separan primera de segunda, y tercera de segunda. En cajas de 6 marchas o escalones, se aproximan quinta y sexta, se aproximan también cuarta y quinta, y se separan primera y segunda y segunda y tercera. Esto se hace para ampliar los rangos de velocidad en las primeras marchas.

Los aspectos, desde el punto de vista de la selección, en el caso de las transmisiones automáticas, han sido abordados con amplitud en el segundo capítulo, en el epígrafe relativo a la eficiencia en los sistemas de transmisión. Por ello se resumen los aspectos de mayor interés:

Figura 1.16 Los cambios de marcha y el trabajo del motor



Fuente: (Lechner, y Naunheimer, 1999).

- Las transmisiones automáticas son más confortables. Los cambios de marcha se realizan sin interrupción en el flujo de potencia, y por tanto la suavidad de marcha se incrementa. Reduce las tensiones del conductor en condiciones de tráfico intenso, lo que le posibilita dedicar más su atención a otros aspectos y evitar accidentes (Lechner, y Naunheimer, 1999).
- Al no existir interrupción en el flujo de potencia, la capacidad de aceleración mejora, lo cual posibilita alcanzar las velocidades de movimiento en menor tiempo.
- Existe mayor solape entre curvas en la característica tractiva y mejor selectividad, lo cual, junto con la mejora en la capacidad de aceleración y los incrementos de torque en las marchas inferiores que produce el convertidor, le confieren al vehículo mejores cualidades dinámicas.
- Son muy adecuadas en condiciones de tráfico urbano, donde los constantes cambios de marcha aceleran el desgaste de los forros de fricción del embrague de las transmisiones mecánicas.
- Poseen elevada fiabilidad y reducidos costos de mantenimiento.

- Poseen baja eficiencia, lo que trae como consecuencia incrementos del consumo de combustible, en comparación con las transmisiones de tipo clásico. En este último aspecto los sistemas de transmisión montados en paralelo, y el control electrónico de la caja de velocidad han reducido las diferencias que en consumo se establecen, con respecto a las transmisiones clásicas.

7. Utilización de los auxiliares y accesorios.

La selección, reviste singular importancia el análisis del equipamiento auxiliar con que cuenta el vehículo, por cuanto la energía que consumen es suministrada por la energía generada durante la combustión del combustible. Un simple análisis de la Fig. 3.13, muestra que la energía consumida por el equipamiento auxiliar no es despreciable, y que tiene una significativa influencia en los indicadores de consumo del vehículo.

La importancia relativa de estos consumos incita a recomendar a los usuarios que pidan el consumo de los auxiliares, en particular si el vehículo no está dotado de un ventilador de regulación electrónica. Así mismo, es recomendable terminar con la tradición de los operadores de convertir a los vehículos en “árbol de navidad”, por la incidencia que el número excesivo de luminarias ejerce en el consumo de combustible del vehículo.

En la actualidad, todos los fabricantes de camiones ofrecen una amplia gama de opciones de equipos accesorios. Dentro de los equipos accesorios ofertados es menester distinguir entre lo útil y lo superfluo. A continuación se presentan algunos ejemplos:

- Cubiertas enceradas para camión: Cuidar la carga contra las inclemencias del tiempo y reducen la resistencia aerodinámica al evitar el contacto del aire con las superficies irregulares de la carga y proporcionar una superficie con menor resistencia friccional.
- Separadores de agua: Eliminan el agua y los contaminantes en el combustible, que tanto daño proporcionan en el sistema de alimentación, tanto del diésel como de los motores de gasolina.
- Medidores de la restricción de aire: Pueden ayudarlo a prevenir la obstrucción de los filtros, lo cual tiene una incidencia negativa en el consumo de combustible y determinar los momentos óptimos de recambio.

- Cortinas del radiador: Permiten cortar el flujo de aire a través del radiador y mantener la temperatura del motor en condiciones de frío extremo. Deben tener cuidado al usar estos dispositivos si su motor es sobrealimentado y posee un post-enfriador del tipo aire-aire, pues puede anular el trabajo del mismo.
- Deflectores de cabina: Estos permiten ahorrar energía siempre y cuando el deflector responda a los requerimientos establecidos, es decir, siempre y cuando se utilice en vehículos que transiten a velocidades relativamente elevadas, por vías foráneas fundamentalmente, y teniendo en cuenta que la altura de la carga exceda la altura de la cabina en más de un metro y que el deflector no deje ningún espacio con el techo de la cabina, y abarque en lo alto hasta el tope de la carga. En caso contrario, se producen turbulencias y se incrementan las resistencias al movimiento, de manera que se puede provocar un incremento de los indicadores de consumo de combustible.
- Discos de tacógrafo: Este equipo graba los datos de operación del vehículo. Proporciona un registro gráfico de: Tiempos de parada y arranque, frecuencia de rotación del motor, velocidad del vehículo, distancia recorrida, tiempo de trabajo en ralentí y números de paradas. Sin embargo, sólo se recomiendan si se dispone de sistemas de lectura óptica o electrónica para su procesamiento rápido por computadoras. Las administraciones pueden usar la información de los tacógrafos para monitorear si los operadores están manteniendo los límites de velocidad y disminuir los tiempos muertos. La frecuencia de rotación del motor le mostrará si los operadores están usando la técnica del cambio progresivo de marchas y monitorear sus hábitos de conducción para detectar las vías de ahorro de combustible.
- Podómetros y hubodómetros: Son los únicos equipos accesorios confiables y baratos para conocer con exactitud el kilometraje de las unidades. Son incluso más recomendables que el tacógrafo por su mayor protección contra violaciones.
- Sistema de alarma y candados: Es difícil emitir una opinión sobre el sinnúmero de equipos electrónicos de seguridad que actualmente equipan a los vehículos. Solo mencionaremos la eficacia comprobada de los sistemas de candados para tanques y de los sistemas anti-robos para llantas y contra apertura indebida de la cabina.

- **Cajas negras:** Los fabricantes ofrecen una amplia gama de sistemas más o menos sofisticados (Silent 1000 y 2000, Trip Master, Kienzle, Marelli,...). Estos sistemas implican un tratamiento por computadora, cuyo costo puede revelarse oneroso, ya que la caja negra es a menudo un instrumento de promoción de softwares específicos, acompañados de costosos contratos de mantenimiento y actualización. Adicionalmente, es común comercializar cajas negras con 8 o más puntos de medición, con el inconveniente de que los detectores electrónicos son muy frágiles y requieren ser colocados por pares (para evitar la falla de uno), por lo que la empresa de transporte invierte varias veces el valor de la caja negra en la instalación y mantenimiento de los mismos. Por lo tanto, es recomendable optar por sistemas robustos y simples. Por ejemplo, es suficiente medir el consumo de combustible, la frecuencia de rotación del árbol a la salida de la caja de velocidad (lo cual informa sobre las r.p.m., la velocidad y el kilometraje total de la unidad), así como el uso del freno y, eventualmente, de la suspensión, para disponer de una información pertinente sobre la marcha del vehículo. En otros términos, una caja negra con 3 o 4 puntos de medición es más que suficiente para atender las necesidades de las empresas de transporte.
- **Computadoras a bordo:** Estos equipos aún más sofisticados sirven de ayuda a la conducción. Es frecuente que un buen sistema de información visual en el tablero lo sustituya. Sin embargo, se observa el uso creciente de estas computadoras con impresoras para la facturación de la clientela, con fecha y hora de entrega, lo que ofrece un sistema de comprobación, en caso de litigio con la clientela.
- **Telecomunicaciones:** La necesidad de seguir las unidades y de informar a la clientela sobre el destino de su mercancía, obliga a integrar sistemas de radio CB y, a veces, de satélite. Esta última tecnología está poco desarrollada en países subdesarrollados por la falta de infraestructura de repetidores y emisores en la red de carreteras principales. Por su utilización será cada vez más necesaria, en los movimientos de mercancías ligados al comercio exterior y/o que se integren en sistemas logísticos de transporte “justo a tiempo”.

Conclusiones

El vehículo ideal no existe y, probablemente, nunca existirá. Pero existen criterios técnicos para seleccionar la unidad más adaptada al uso promedio que se le quiere dar.

Es necesario evitar elementos secundarios superfluos (sobre todo en los equipos auxiliares y en los accesorios), cuyo impacto sobre los costos de operación puede llegar a ser de consideración.

Capítulo II



VALORACIÓN DEL GRADO DE UTILIZACIÓN Y DE LAS CUALIDADES FUNDAMENTALES DE PRODUCCIÓN

Objetivo

Identificar las cualidades fundamentales de producción a través de varias valoraciones como económicas, comerciales, de normalización, etc., para estimar el rendimiento del vehículo y obtener su máxima rentabilidad.

1. Valoración del grado de utilización

Con anterioridad se planteó la necesidad que existe de definir los volúmenes anuales de trabajo, en los diferentes medios de transporte. Sobre su base deben estimarse los volúmenes diarios de transportación, pero para ello se requiere conocer los días laborables del año o más bien los días de operación anuales. Estos se determinaran sobre la base de la exclusión de los días no laborables, festivos y del tiempo promedio anual que se invierte en el mantenimiento técnico del vehículo, el cual debe asumirse a partir de la experiencia acumulada en la explotación de vehículos similares, de las características técnicas del vehículo y de las posibilidades de que se dispone para acometer el servicio técnico del nuevo parque vehicular.

Determinado el volumen diario de transportación y partiendo de que se conoce el indicador de aprovechamiento de la capacidad de carga (g_{ce}), se aprecia el número posible de viajes por día.

Definido el número de vehículos, a partir de criterios económicos de la inversión, pero tomando en consideración los volúmenes de trabajo, los recorridos promedios diarios y el rendimiento posible del vehículo, puede valorarse el grado de utilización en función de la carga de trabajo diaria correspondiente a cada vehículo.

Para estimar el rendimiento se considera de las velocidades promedios de movimiento del vehículo, cuya determinación puede realizarse a partir de un análisis dinámico desarrollado sobre la base de la ecuación general del movimiento, y de indicadores tales como: el recorrido con carga, el coeficiente de aprovechamiento estático de la capacidad de carga, el coeficiente de los recorridos de trabajo y el tiempo estimado para la carga y descarga del vehículo.

2. Análisis de las cualidades fundamentales de producción

Entre las cualidades de producción que deben analizarse se encuentran, entre otras, las siguientes:

- Fiabilidad
- Mantenibilidad
- Capacidad de paso
- Dinámica
- Estabilidad
- Economía de consumo
- Maniobrabilidad
- Suavidad de marcha
- Comodidad de utilización

2.1 Fiabilidad

Resulta difícil evaluar la fiabilidad de un vehículo con vistas a su selección o compra, es decir, sin tener criterios que partan del comportamiento del mismo durante su explotación. La fiabilidad del vehículo está en función de las condiciones de explotación a que será sometido, del número de piezas o conjuntos que determinan el funcionamiento del vehículo y de la calidad de construcción de las mismas. En la medida en que las condiciones de explotación sean más difíciles, mayor calidad se exigirá de las piezas del vehículo y menor cantidad de piezas deben definir el funcionamiento del mismo. Vehículos muy sofisticados, con componentes electrónicos, con computadoras a bordo, etc. no son adecuados para condiciones de explotación difíciles, pues un gran número de piezas pueden definir el funcionamiento del vehículo en condiciones muy nocivas para la vida útil de este tipo de componentes (Carmenate, et al., 2004).

Además de estas consideraciones, se va a presentarles a continuación algunos indicadores que permite valorar la fiabilidad del vehículo a partir del criterio de durabilidad. En tal sentido, se considera útil desarrollar algunos índices que permitan la evaluación de los automóviles ligeros de uso general de forma rápida y sencilla, pudiendo esto facilitar su selección cuando no es posible realizar la evaluación experimental previa.

Se proponen tres índices en función de los cuales puede efectuarse esta evaluación, comparando los valores obtenidos para el automóvil que se analiza, con los valores típicos o promedios que toman estos

índices para aquellos vehículos que son semejantes en cuanto a la cilindrada de su motor. Los valores de los parámetros que se usan para establecer la comparación, se han tomado de un grupo de vehículos que incluyen vehículos que se explotan actualmente.

2.2 Durabilidad

El criterio de durabilidad que se propone se basa en dos parámetros constructivos de los automóviles, que se obtiene fácilmente a partir de los datos que proporciona el fabricante. Estos parámetros son: la velocidad media del pistón para la condición de potencia nominal y el número de vueltas por kilómetro recorrido.

La expresión de la velocidad media del pistón (c_p) está dado por la ecuación 2.1:

$$c_p = \frac{S \cdot n_N}{30} \text{ (m/s)} \text{ (m/s)} \quad (2.1)$$

Dónde:

S es la carrera del pistón

n_N es la frecuencia de rotación del motor para potencia máxima en r.p.m. (min^{-1}).

Se considera que, a medida que sea menor la velocidad media del pistón, menor será el desgaste que ocurre en el conjunto cilindro-pistón. La dependencia de las pérdidas mecánicas con la velocidad media del pistón se considera que la fricción mecánica, y por tanto, el desgaste debido a ésta, serán menor en la medida en que la velocidad media del pistón, para las prestaciones nominales, sea menor.

En general, siempre que se considere la igualdad del resto de los parámetros, respecto a la velocidad media del pistón sea más baja, para la condición de potencia nominal, el motor se considerará más adecuado según el desgaste. Los valores típicos de la velocidad media del pistón oscilan entre 9 y 16,5 m/s para automóviles de pasajeros. Para los autobuses y camiones estos valores son menores, oscilando entre 8 y 12,0 m/s.

Otro parámetro que evalúa la durabilidad tanto del motor térmico, como del resto de la transmisión, es el número de vueltas por kilómetro recorrido (n_s) que da el motor cuando la relación de transmisión conectada es la que se obtiene a mayor velocidad de desplazamiento del automóvil.

La ecuación 2.2 para calcular este parámetro está dada por:

$$n_s = \frac{10^3}{2\pi \cdot r_d \cdot i_{CMS}} \text{ (Vueltas/km.)} \quad (2.2)$$

Dónde:

i_{CMS} es la relación de transmisión total superior

Los valores típicos de n_s para automóviles se encuentran entre 1800 y 3900 vueltas/km.

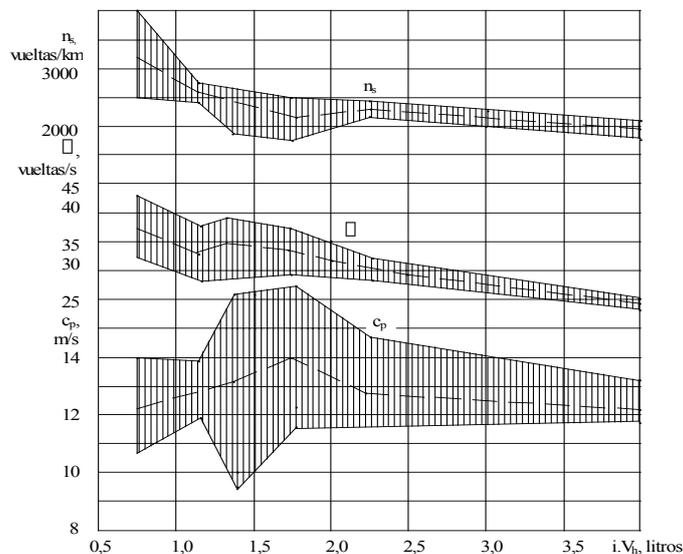
Basados en los dos parámetros anteriores, definidos por las ecuaciones (2.1) y (2.2), es posible considerar como criterio, el producto de estos dos parámetros. De lo anterior, la expresión para el coeficiente de durabilidad vendrá dada por la ecuación siguiente:

$$\Omega = \frac{c_p \cdot n_s}{10^3} \text{ (Vueltas/s)} \quad (2.3)$$

Dónde: Ω coeficiente convencional de durabilidad

La evaluación de un automóvil, basada en el coeficiente definido por la ecuación (2.3), considera mejor el vehículo analizado en la medida que el coeficiente de durabilidad sea menor. Los valores típicos de Ω para automóviles están entre 21 y 42 vueltas/s. En la Fig. 2.1 se representan los valores típicos de estos coeficientes.

Figura 2.1 Valores típicos de los coeficientes de durabilidad.



2.3 Criterio de Potencia por Litro

El concepto de potencia por litro, como ya fue expresado, evalúa la mayor o menor utilización del volumen de trabajo del motor. La expresión que define esta magnitud viene dada por la ecuación 2.4:

$$N_{el} = \frac{N_{e_{max}}}{i \cdot V_h} = \frac{p_{me} \cdot i \cdot V_h \cdot n_N}{i \cdot V_h \cdot 225\tau} = \frac{1}{225\tau} \cdot p_{me} \cdot n_N \quad (\text{KW. /l}) \quad (2.4)$$

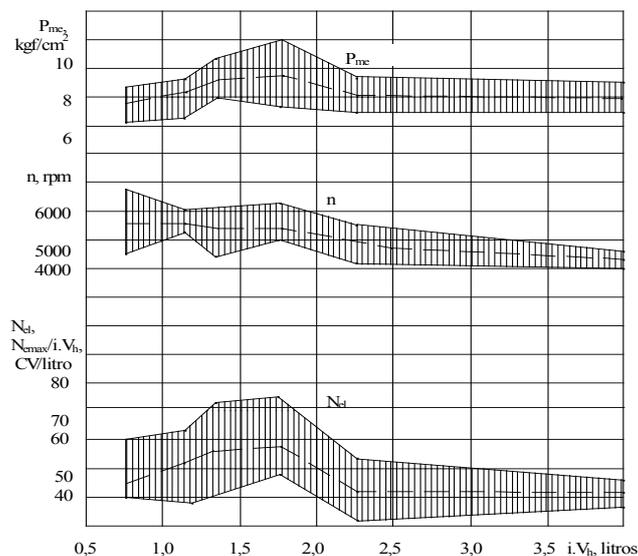
donde: p_{me} -es la presión media efectiva, kgf/cm²
 i -es el número de cilindros
 t -es el número de tiempos del motor
 V_h -volumen de trabajo

La magnitud definida por la ecuación permite evaluar el motor del automóvil en cuanto a su posibilidad de aprovechar el volumen de desplazamiento, pero no indica por medio de qué característica del motor. Esto es: un motor dado puede tener una alta potencia por litros debido a que tiene una elevada presión media efectiva o debido a que opera a unas r.p.m. elevadas (Biezborodova, Mayak, y Chalii, 1989).

Como se puede notar en la expresión (2.4), el concepto de potencia por litros solamente indica si el producto de la presión media efectiva y las r.p.m. es elevado o no.

Los valores de este coeficiente aparecen en la Figura 2.2.

Figura 2.2 Valores del coeficiente de durabilidad y potencia por litros para automóviles de diferentes cilindrada.



2.4 Criterio combinado de Potencia por Litro y Durabilidad

Los dos conceptos anteriormente analizados en este trabajo, se contraponen en cierta medida, por lo que resultaría conveniente establecer un índice que aumente tanto cuando la potencia por litros aumente como cuando la durabilidad aumente, o sea, que disminuya el coeficiente de durabilidad convencional. El índice combinado que se ha concebido para lograr lo planteado anteriormente es el de capacidad motriz (C_{CM}) y se expresa de la forma en la ecuación 2.5:

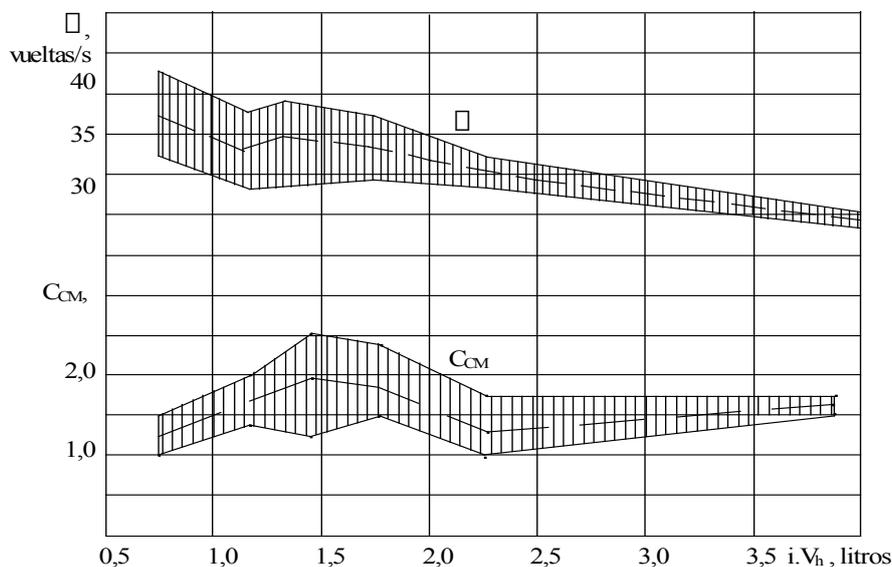
$$C_{CM} = \frac{N_{e\max}}{i \cdot V_h \cdot \Omega} \quad (\text{kW/l}) \quad (2.5)$$

El índice C_{CM} pretende evaluar simultáneamente la posibilidad de obtener una elevada potencia de un volumen de trabajo dado y a la vez, si esta potencia se logra con una durabilidad aceptable.

Los valores típicos encontrados para un grupo de automóviles estudiados, del coeficiente C_{CM} y de Ω , en función de la cilindrada del motor, se muestran en la figura 2.3. Un automóvil dado se considera mejor en la medida que el punto que lo localice se encuentre mostrando el mayor valor de C_{CM} y el menor de Ω .

De esta manera es posible analizar, en dependencia del valor de C_{CM} , en qué medida aprovecha un automóvil dado el volumen de desplazamiento de su motor, teniendo una durabilidad típica para su cilindrada.

Figura 2.3 Variación del coeficiente C_{CM} para automóviles de diferente cilindrada.



2.5 Criterio de Potencia Específica (N_γ)

La ecuación que define la potencia específica, como se recuerda, es la siguiente:

$$N_\gamma = \frac{N_{emax}}{G} \quad (\text{C.V. / t o kW/t})$$

La potencia específica evalúa la capacidad de aceleración del automóvil de una manera general, ya que no toma en consideración el tipo de transmisión que tiene cada automóvil, y como se sabe la capacidad de aceleración un automóvil de pasajeros es importante, ya que de ésta depende fundamentalmente su adaptabilidad a las condiciones de tráfico urbano intenso. De igual forma el valor de la potencia específica de un automóvil dado, está vinculado a su velocidad máxima, aunque en el coeficiente no se tiene en cuenta ni su sistema de transmisión ni su forma aerodinámica. Como quiera que ambas cualidades dependen del sistema de transmisión, y que en función de éste está dado el régimen de frecuencias de rotación del motor, es conveniente establecer un criterio combinado de potencia específica y durabilidad (Muñoz y Payri, 1993).

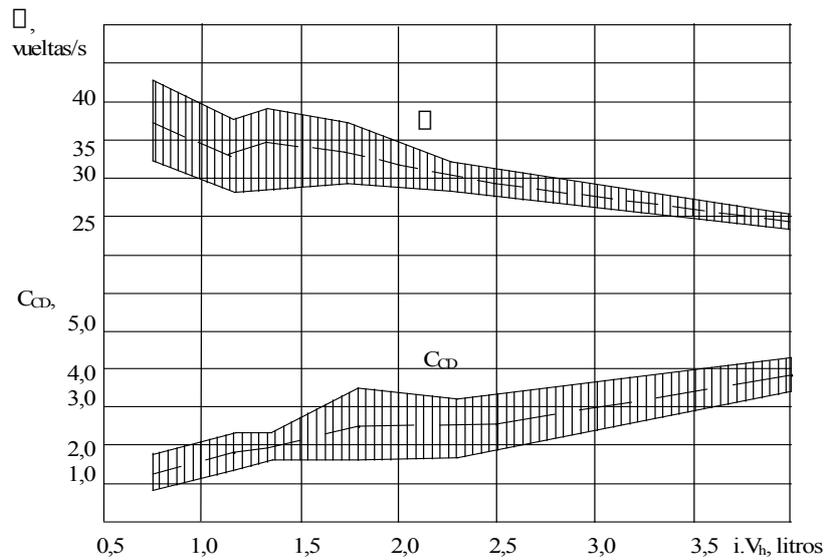
2.6 Criterio Combinado de Potencia Específica y Durabilidad

A los efectos de mostrar un índice que diagnostique conjuntamente la capacidad dinámica del automóvil y la durabilidad de mismo, se propone el índice de capacidad dinámica (C_{CD}) expresado por la siguiente relación 2.6:

$$C_{CD} = \frac{N_{emax}}{\Omega} \quad (\text{kW/t. vueltas}) \quad (2.6)$$

La evaluación de un automóvil dado puede efectuarse localizando el punto que sitúe el mismo y comparándolo con los rangos de valores de C_{CD} y Ω que toman los automóviles según su cilindrada. Los valores de C_{CD} y Ω según la cilindrada, pueden obtenerse de la figura (2.4). Un automóvil posee mejores cualidades mientras mayor sea C_{CD} y menor Ω .

Figura 2.4 Valores del coeficiente C_{CD} para automóviles de diferente cilindrada.



2.7 Coeficiente Global de Evaluación

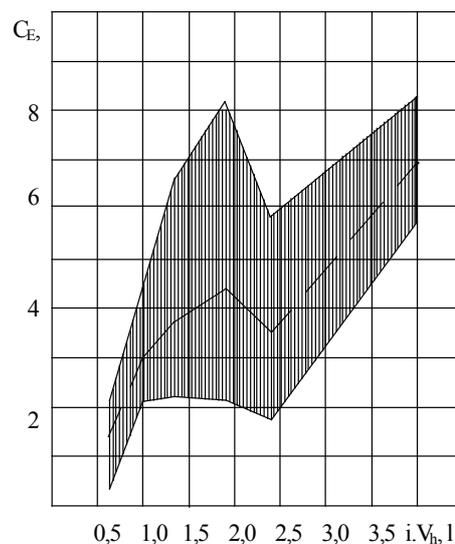
Dado que la evaluación de un automóvil, basada en uno cualquiera de los tres índices propuestos en este trabajo no es general, se ha considerado adecuado evaluar el automóvil de manera que el índice global que se propone aumente cuando aumenten los coeficientes de capacidad dinámica C_{CD} y de capacidad motriz C_{CM} . Como quiera que ambos índices, aumentan cuando la durabilidad convencional aumenta, esto es, disminuye Ω ; un criterio basado en el producto de estos dos índices puede resultar un indicador de las características combinadas de un automóvil, de poseer: buenas cualidades dinámicas, buen aprovechamiento del motor y una durabilidad convencional adecuada.

Teniendo en consideración el criterio anterior, se propone como coeficiente global de evaluación, el siguiente:

$$C_E = C_{CM} \cdot C_{CD} = \frac{N_{emax}^2}{i \cdot V_h \cdot G \cdot \Omega^2} \quad (2.7)$$

Los valores que toma el índice global de evaluación pueden verse en las Fig. 2.5, en la cual se han agrupado los automóviles según la cilindrada de sus motores.

Se debe señalar que cuanto más se acerquen los valores tomados de las características del vehículo, a los correspondientes a su explotación real, mayor será la objetividad del análisis efectuado.

Figura 2.5 Variación del coeficiente C_E para automóviles de diferente cilindrada.

2.8 Mantenibilidad

Es el artículo consistente en la idealización que el mismo brinda para prevenir y mostrar las causas que originan sus problemas y deterioros, así como la eliminación de sus consecuencias, mediante la ejecución de mantenimientos, reparaciones y restauraciones.

Partiendo de esta cualidad, en el caso de la selección de vehículos se debe tener en cuenta que:

- Los componentes fundamentales del vehículo, los que fallan con más frecuencia, deben poseer facilidad de acceso.
- La mayor o menor facilidad con que se detectan los fallos en el vehículo, dan la posibilidad de eliminarlos con mayor o menor tiempo. Esto determina el tiempo improductivo de estadía en el taller que tan negativamente repercute en los costos de operación.
- La complejidad de reparación de los conjuntos o sistemas que componen el vehículo aumentan la estadía en taller y disminuyen su mantenibilidad.
- Compruebe la existencia o no en el vehículo de componentes y accesorios que proporcionan un fácil mantenimiento técnico, entre otros se pueden incluir:
 - a. Baterías que no requieren mantenimiento técnico.
 - b. Separadores de agua en el combustible, que prolongan la vida útil de las bombas de alta presión y del inyector.
 - c. Ajustadores automáticos del huelgo, para eliminar entradas a taller para ajustes de los frenos.
 - d. Filtros de aceite en derivación, para aumentar la capacidad del cárter del motor y proporcionar una mayor protección del motor.

e. Sistema de apagado del motor que proteja contra fallas.

- En muchas ocasiones la selección de un vehículo con alta tecnología afecta la mantenibilidad del mismo, por el incremento de los tiempos improductivos que se producen, debido a la dependencia que se establece con la firma comercializadora quien monopoliza la reparación y regulación de los componentes electrónicos del vehículo, encareciendo además los costos del servicio técnico.

Un estudio más profundo de la mantenibilidad, como se hace evidente, requiere de un registro del comportamiento del vehículo y de su servicio técnico, lo cual no es posible a los efectos de la selección (Sundarajan, Joshi, y Krishna, 2016).

2.9 Capacidad de Paso

La capacidad de paso es la cualidad de explotación que determina la posibilidad de movimiento del automóvil en las peores condiciones viales, por caminos intransitables y durante el vencimiento de diferentes obstáculos. La pérdida de capacidad de paso de un vehículo puede ser total o parcial. La pérdida total de capacidad de paso de un vehículo es el atascamiento, o sea, la limitación de movimiento. La pérdida parcial de la capacidad de paso está relacionada con una reducción de la velocidad de movimiento y con el aumento del consumo de combustible. Por eso esta cualidad, debe ser caracterizada con indicadores apropiados. La posibilidad de movimiento según la capacidad de paso se muestra con la desigualdad siguiente:

$$P_{\text{t nec}} \leq P_t \leq P_{\mu}$$

La capacidad de paso abarca a automóviles de diferentes tipos, en diferente nivel, de acuerdo a su destino. Según el nivel de capacidad de paso de los automóviles y autotrenes estos se dividen en vehículos de:

- Capacidad de paso **general**
- Capacidad de paso **elevada**
- **Alta** capacidad de paso

A los de capacidad de paso general se relacionan los automóviles y autotrenes destinados preferentemente para ser utilizados en vías con recubrimiento rígido. Estos vehículos se caracterizan constructivamente, por no poseer todos los puentes motrices (4x2, 6x2, 6x4), neumáticos con dibujos de carretera o universales en el protector y utilización de transmisiones simples sin bloqueo del diferencial.

Los vehículos de capacidad de paso elevada están destinados para ser utilizados tanto en vías con recubrimiento rígido, como en vías no pavimentadas y para vencer obstáculos naturales. Se caracterizan constructivamente por poseer todos los puentes motrices. En ellos generalmente se utiliza neumáticos toroidales con dibujos de relieve pronunciado, neumáticos de perfil ancho y de arco. En algunos vehículos se utilizan sistemas de regulación de la presión de aire en el neumático. En la mayoría de los casos tienen instalado el bloqueo del diferencial y su factor dinámico es muy superior al de los vehículos de capacidad de paso general. Tales vehículos, como regla, están equipados para auxiliarse por ellos mismos en caso de que se atasquen y pueden tener la posibilidad de vadear ríos.

Los medios de transporte de alta capacidad de paso están destinados preferentemente para ser utilizados en caminos intransitables, con vencimiento de obstáculos naturales y artificiales y con barreras acuáticas. Se diferencian de los esquemas convencionales de vehículos, tienen todos los puentes motrices, bloqueo del diferencial, utilizan neumáticos especiales (de muy baja presión, cilindros neumáticos, etc.) y con equipamiento especial.

La capacidad de paso se divide en:

- Capacidad de paso **de Perfil**
- Capacidad de paso **de Apoyo.**
-

La capacidad de paso de perfil caracteriza la posibilidad de vencer regularidades de la vía, obstáculos e insertarse en las exigencias de las franjas de movimiento. La capacidad de paso de apoyo determina la posibilidad de movimiento en condiciones viales no favorables y por suelos deformables.

2.10 Valoración de la capacidad de paso de perfil

1. Despeje (H_1):

Es la distancia desde uno de los puntos más bajos del automóvil o del remolque a la superficie de apoyo y determina la posibilidad de movimiento por caminos deformables y el vencimiento de obstáculos (Fig. 2.1). El despeje de los vehículos pesados debe ser máximo, según las condiciones de composición racional y estabilidad. En las exigencias

técnicas y explotativas de los vehículos pesados y autotrenes de destino general, los países de la Comunidad Económica Europea, contemplan valores mínimos del despeje para los automóviles de diferentes categorías. El despeje del remolque no debe ser, en ningún caso, menor que el del vehículo tractor (Prontuario de automóviles, 1989).

El despeje de los vehículos y autotrenes de elevada y alta capacidad de paso debe ser substancialmente mayor que la de los vehículos de capacidad de paso general

Tabla 2.1. Valores del despeje por categoría del vehículo

Categoría del vehículo	I	II	III	IV	V	VI-VIII	IX	X
Peso total, t	1.75	2.50	2.50	5.20	8.30	12.00-18.50	16.50	27.00
Despeje, mm	160	180	200	220	245	260	270	270

En los vehículos de capacidad de paso elevada el despeje puede encontrarse en los límites de 300 - 350 mm y en los de capacidad de paso alta puede ser mayor de 400 mm.

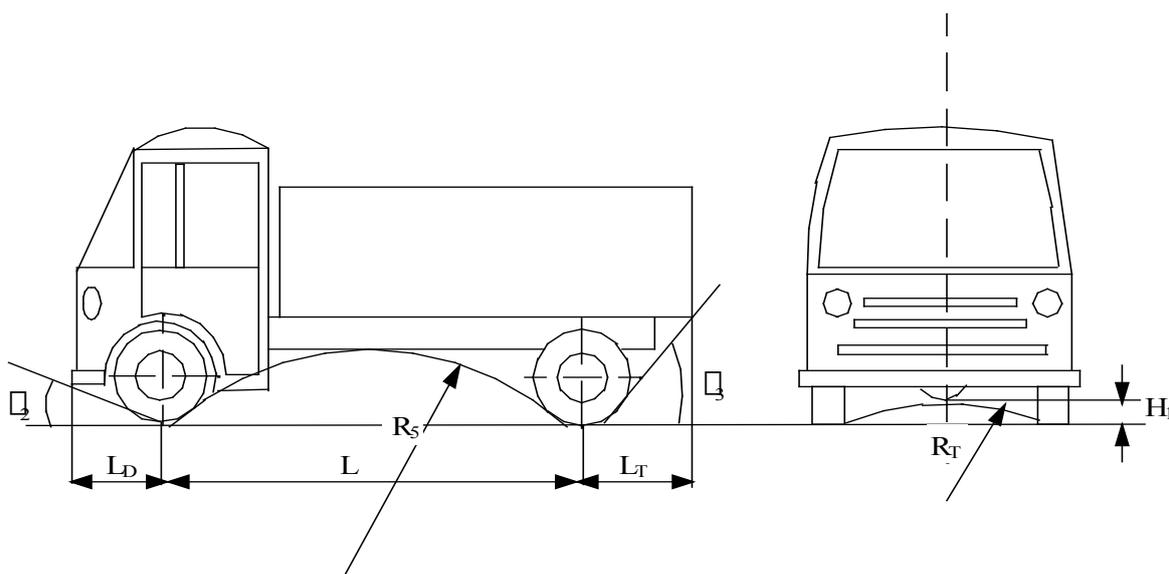
2. Saliente Delantero L_D (trasero L_T) (Fig.2.6):

Se denomina así a la distancia del último punto del contorno delantero (trasero) que sobresale por la longitud del vehículo hasta el plano perpendicular a la superficie de contacto y que pasa a través del centro de la rueda delantera (trasera). Influye en la capacidad de paso durante el cruce a través de canales, zanjas, cunetas, etcétera. Mientras menor es el saliente, menor es la probabilidad de pérdida del contacto de la rueda con la superficie durante el vencimiento de obstáculos. Partiendo de lo anterior, es de suma importancia el trasero en los vehículos que solo poseen ese puente motriz.

3. Ángulo Delantero g_2 (Trasero g_3) de Salida (Fig. 2.6):

Es el ángulo entre la superficie de apoyo y el plano tangencial al diámetro exterior de la rueda delantera (trasera) y que pasa a través del punto de contorno de la parte delantera (trasera) del vehículo, de tal forma que caracterice la posibilidad de vencimiento de obstáculos. Mientras mayor sea este ángulo, mayor será la inclinación de la pendiente que podrá vencer el vehículo sin peligro de que se produzca contacto de las partes anteriores o posteriores del vehículo con la misma.

Figura 2.6 Parámetros que inciden en la capacidad de paso



Su importancia se hace sentir en los momentos en que las ruedas acometen un cambio brusco de pendiente.

Para vehículos con: Capacidad de paso general $\gamma_2 \approx 25^\circ$, $\gamma_3 \approx 20^\circ$
 Capacidad de paso elevada $\gamma_2 = \gamma_3 \approx 30^\circ$
 Alta capacidad de paso $\gamma_2 = \gamma_3 = 60 - 70^\circ$

4. Radio Longitudinal de Capacidad de Paso (R_5) :

Es el radio del arco de circunferencia tangente a los círculos que describen los radios libres de las ruedas vecinas, el más amplio posible por la base, y que pasa a través del punto de contorno de la parte baja del automóvil (Fig. 2.6). De tal forma, caracteriza la capacidad de paso por lugares con obstáculos encrespados, con lugares accidentados, con montículos, etc. Para la disminución de R_5 es necesario el acortamiento de la distancia entre las ruedas y el aumento del despeje, la referencia será la tabla 2.2 para ciertos vehículos.

$$R_5 = 0.5 \cdot \left[\frac{L}{4 \cdot H_1} + H_1 - 2 \cdot r_d \right] \quad (2.8)$$

Dónde: H_1 - despeje en la parte media
 r_d - radio dinámico

Tabla 2.2. Estándares internacionales de potencia específica
Valores de radio longitudinal de capacidad de paso

Tipos de vehículos	R_5 , m
ligeros 4 x 2	3.2 - 8.3
pesados 4 x 2	2.7 - 5.5
pesados 4 x 4, 6 x 4 y 6 x 6	1.9 - 3.6
ligeros : pequeña cilindrada	2.5 - 3.5
cilindrada media	3.5 - 5.5
gran cilindrada	5.5 - 8.5
Camiones: pequeña capacidad de paso	2.5 - 3.5
capacidad de paso media	3.0 - 5.5
gran capacidad de paso	5.0 - 6.0

Fuente: (Prontuario de automóviles, 1989).

Mientras menor R_5 , mayor Capacidad de Paso

5. El mayor ángulo de elevación que puede ser vencido:

Es el ángulo de la elevación en una superficie lisa, que se prolonga a distancia mayor que el doble de la longitud del automóvil o autotrén, y que puede vencer el automóvil sin utilizar la inercia, ni quebrantamiento de las condiciones normales de trabajo de los agregados y seguridad del movimiento (Heißing, y Ersoy, 2010). Su magnitud se reglamenta en los diferentes países y según GOST para:

Vehículos de capacidad de paso general	$p_{m\acute{a}x} = 25 \%$
Autotrenes de capacidad de paso general	$p_{m\acute{a}x} = 18 \%$

Según exigencias agras técnicas a las familias de vehículos agrícolas con todos los puentes motrices:

Vehículo sin remolque	$p_{m\acute{a}x} = 45 \%$
Autotrén	$p_{m\acute{a}x} = 22 \%$

6. El mayor ángulo de declive que puede ser vencido:

Se determina en condiciones de movimiento del vehículo por un declive liso mayor que el ancho del perfil de la rueda, sin deslizamiento lateral de las ruedas, y sin quebrantamiento de las condiciones normales de trabajo de los agregados y de seguridad. Su valor no aparece en estándares.

7. Ángulo de Flexibilidad en los Planos Vertical (b) y Horizontal (a):

Para autotrenes con remolque el ángulo de flexibilidad es el ángulo de desviación posible del eje de la barra de tracción del remolque con respecto al eje del mecanismo de tracción (Heißing, y Ersoy, 2010).

- Enganche del vehículo-tractor.

Para autotrenes con cuña tractora el ángulo de flexibilidad se determina en correspondencia con la posición límite del eje longitudinal del vehículo-tractor y el semi-remolque en los planos horizontal y vertical.

El b del autotrén caracteriza la capacidad de paso del mismo por una vía no horizontal, mientras a caracteriza la capacidad del autotrén al giro (Fig. 2.7 y Fig. 2.8).

Figura 2.7 Ángulo de flexibilidad en el plano vertical.

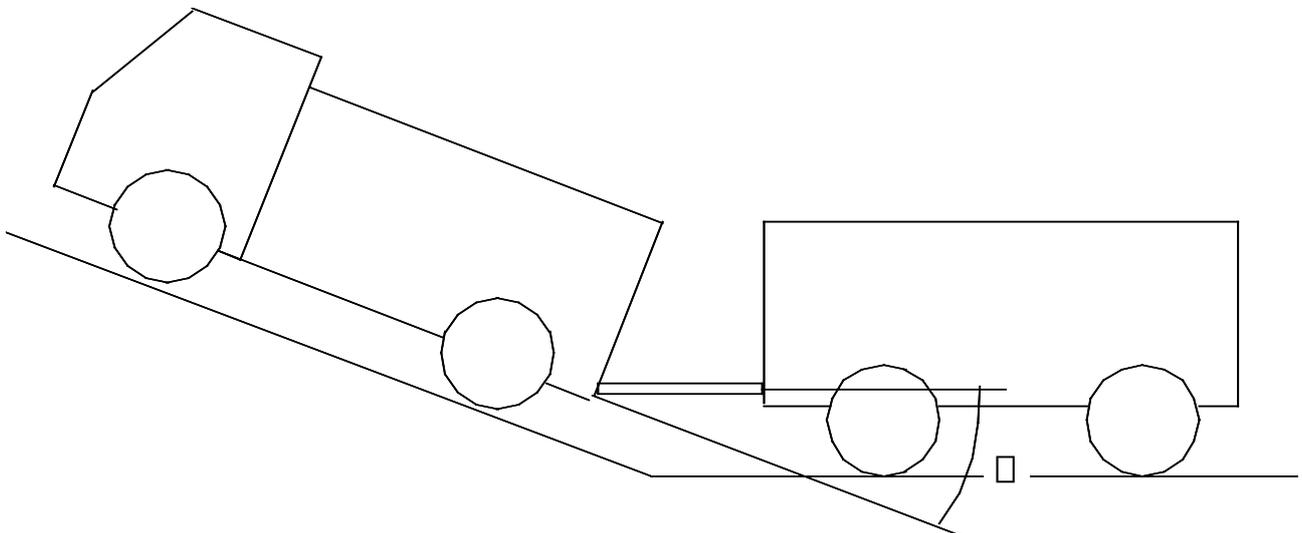
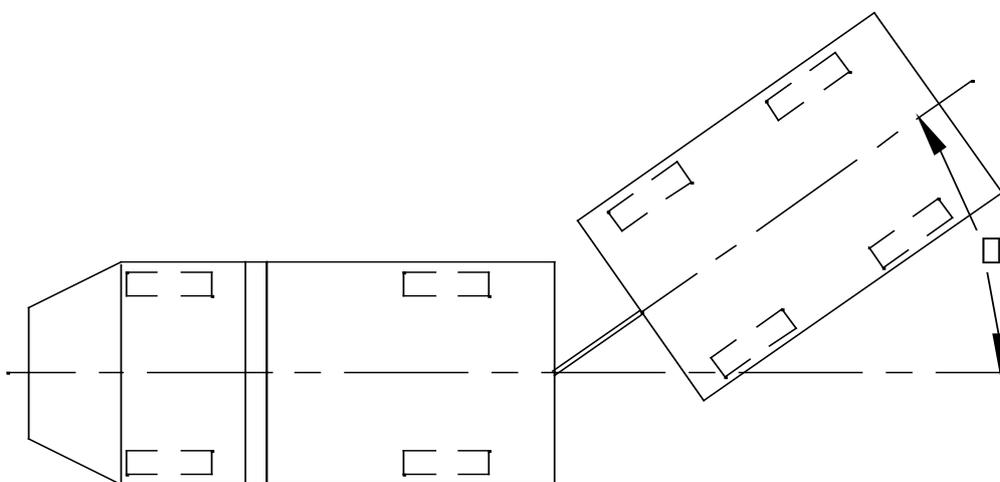


Figura 2.8 Ángulo de flexibilidad horizontal.



Fuente: elaboración propia.

En correspondencia con el GOST, sin el parachoques del vehículo-tractor, b debe ser no menor de $\pm 40^\circ$ para autotrenes de destino general y no menor de $\pm 62^\circ$ para automóviles de propósitos múltiples. En el plano horizontal a no debe ser menor de $\pm 55^\circ$.

En los estándares internacionales ISO, con el objetivo de garantizar la intercambiabilidad del mecanismo de tracción - enganche de los autotrenes, a debe ser no menor de $\pm 75^\circ$, y b no menor de $\pm 20^\circ$.

Para autotrenes con cuña tractora, según GOST, b debe ser no menor de $\pm 8^\circ$; mientras a debe ser no menor que $\pm 90^\circ$, para una inclinación transversal del semi-remolque relativo a la cuña tractora (en el caso de existir 3° de libertad) en un ángulo de 3° .

8. Radio transversal de capacidad de paso (R_T):

Es el radio del cilindro, tangente a las ruedas de un puente y que pasa a través del punto más bajo del contorno del automóvil, y determina la capacidad de paso a través de irregularidades, el ancho de las cuales se limita con la huella del automóvil. Esta magnitud debe ser pequeña. El valor de este parámetro no se encuentra estandarizado, pero se establece por la ecuación 2.9:

$$R_T = \frac{B_{BH} + 4 \cdot H_1^2}{8 \cdot H_1} \quad (2.9)$$

Dónde:

B_{BH} - distancia entre las superficies interiores de los neumáticos

H_1 - despeje en el puente trasero.

9. Ángulo de Deformación de los Puentes (g):

La suma de los ángulos de giro de los ejes de los puentes delanteros y traseros relativo al eje longitudinal del automóvil caracteriza la capacidad de las ruedas del automóvil de adaptarse ante los accidentes del terreno sin pérdida del contacto de las ruedas con la vía.

Además de esto, la deformación de los ejes de las ruedas motrices provoca la redistribución de las cargas sobre la rueda, lo cual en presencia de diferenciales sencillos conduce a una significativa disminución de la fuerza tractiva según la adherencia, y como es evidente, a la disminución de la capacidad de paso. Este ángulo no aparece normado.

10. Coeficiente de coincidencia de las huellas de las ruedas delanteras y traseras (η_c):

Mientras más cerca h_c de la unidad, menor P_r durante la deformación del suelo, con exclusión de los casos de movimiento por terrenos cenagosos. Este parámetro no está normalizado

$$\eta_c = \frac{b_d}{b_t} \quad (2.10)$$

Dónde: b_d , b_t son los anchos correspondientes a las huellas de las ruedas delanteras y traseras.

2.11 Valoración de la capacidad de paso de apoyo

Entre los indicadores de capacidad de paso de apoyo se encuentran: la masa de adherencia, el coeficiente de masa de adherencia, la potencia específica (N_g), la potencia de resistencia al camino, la potencia de formación de la huella, la fuerza total de tracción, la fuerza libre de tracción y el coeficiente de fuerza libre de tracción.

Algunos autores utilizan otros indicadores, como es el caso de la presión específica de la rueda sobre la vía (Heißing, y Ersoy, 2010). A continuación se ve solamente los fundamentales para la selección adecuada.

Para vehículos con todos los puentes motrices como indicador fundamental de la capacidad de paso de apoyo está la característica tracción-velocidad para determinados tramos de suelo, la cual está determinada por la dependencia de la fuerza específica de tracción en el gancho contra la velocidad de movimiento en diferentes marchas. Los indicadores complementarios de capacidad de paso de apoyo son:

- La dependencia de la potencia de resistencia a la rodadura contra la velocidad de movimiento del vehículo, la cual se determina simultáneamente con la característica tracción-velocidad;
- El criterio de nivel límite de capacidad de paso, o sea, la capacidad de vencimiento de tramos de vía con compleja capacidad de paso.

1. Masa de Adherencia (G_m):

La parte de la masa que crea las reacciones normales en las ruedas motrices para automóviles de carretera y autotrenes, los cuales trabajan en vías con recubrimiento rígido.

Es considerado uno de los fundamentales indicadores, que determina el nivel de capacidad de paso. La masa de adherencia del automóvil se incrementa aumentando el número de las ruedas motrices o desplazando el centro de gravedad hacia las ruedas motrices.

2. Coeficiente de Masa de Adherencia (k_m):

Este indicador está determinado por la relación entre la masa de adherencia a la masa total. Como condición de la posibilidad de movimiento por adherencia se puede utilizar la desigualdad:

$$G_\mu \cdot \mu \geq G \cdot \psi, \text{ de la cual: } G_\mu / G = k_\mu \geq (f + p) / \mu$$

Mientras mayor G_m y correspondientemente k_m , menor la probabilidad de pérdida de capacidad de paso en condiciones viales difíciles. Para vehículos pesados de destino general, los miembros de la Unión Europea, como magnitud perspectiva recomiendan poseer un límite superior de relación de la masa total a la de adherencia no mayor de 3,8, lo que se corresponde a un $k_m \leq 0.263$. Para vehículos que viajan por autopistas se recomienda $k_m = 0.31$, lo que se corresponde a sus peores posibilidades de explotación ($\mu = 0.2$, $f = 0.012$, $p_{\text{máx}} = 0.06$). En los países de la Unión Europea para automóviles con remolque 4 x 2 se recomiendan los siguientes k_m : Bélgica - 0.33, Italia y Luxemburgo - 0.27 y Gran Bretaña - 0.263.

El valor medio estadístico de k_m para automóviles-tractores que circulan por magistrales es de 0.693 y el límite 0.773; para autotrenes estos valores son correspondientemente 0.364 y 0.421.

Lo más utilizado para la valoración de la capacidad de paso con indicadores complementarios es la presión específica de las ruedas sobre la vía. Según GOST se diferencia la presión media de la rueda en el contacto, la cual es igual a la reacción normal de la superficie de apoyo con relación al área de contorno del contacto $p_{\text{cont}} = G_r / A_{\text{cont}}$. A menor presión, menores valores de P_r y menor posibilidad de atascamiento, en particular, para movimiento sobre suelos deformables.

Para automóviles de carretera se recomienda un límite superior de limitación de estas presiones $p_{\text{cont}} \leq 0.6$ MPa. Para vehículos con todos los puentes motrices el valor de esta presión es mucho menor. Los países desarrollados, en función de los cambios tecnológicos que introducen en sus parques vehiculares, continuamente incrementan las exigencias en este sentido, lo cual limita la posibilidad de movimiento del parque

vehicular utilizado en países de menor desarrollo en su territorio. Esto le brinda a sus empresas el monopolio de los procesos de transportación.

3. La Potencia de Resistencia al Camino (N_{Pc}):

No es más que la porción de la potencia que se emplea en vencer la resistencia al camino. Se determina por la siguiente expresión:

$$N_{Pc} = \frac{P_C \cdot V}{10^3 \cdot \eta_o} = \frac{G(f + p) \cdot V}{10^3 \cdot \eta_o} \quad (2.11)$$

Se observa las pérdidas de potencia en el vencimiento de la resistencia al camino, para unas condiciones viales y velocidad de movimiento dadas, está determinada por la magnitud del peso total. Dentro del peso total se contempla tanto el peso propio del vehículo como su capacidad de carga, y como el peso propio no es un peso productivo, se trata de que la relación peso propio contra capacidad de carga nominal sea la menor posible, a fin de disminuir los consumos de comba la actividad productiva.

Se considera la fuerza disponible en el gancho y del peso máximo en el remolque, los cuales sirven para evaluar la capacidad de paso del vehículo y sus cualidades dinámicas o de tracción en unas condiciones dadas. Este indicador es importante para camiones, tracto-camiones y tractores agrícolas. Sus valores no están estandarizados, pero existe la tendencia mundial hacia el uso de los vehículos con remolque para satisfacer los requerimientos en cuanto a rendimiento.

4. La Potencia Específica:

El concepto de potencia específica ya es conocido. El aumento de la potencia específica incrementa la capacidad de paso por cuanto:

Garantiza posibilidad de movimiento por condiciones difíciles con mayor velocidad, lo cual posibilita que el tiempo de acción de la carga sobre la superficie de apoyo de las ruedas disminuya, disminuyendo por tanto su deformación y su resistencia al rodamiento.

Se disminuye el número de cambios de marcha, por lo cual disminuyen las interrupciones en la transmisión de potencia en los vehículos con transmisión mecánica clásica.

Las mayores cualidades de tracción - velocidad aumentan la efectividad de utilización de la energía cinética, durante el vencimiento de tramos de vía particularmente difíciles.

Finalmente, existe un vínculo estrecho entre las características constructivas del vehículo y su capacidad de paso. Entre ellas se mencionan:

- La fórmula de ruedas con una incidencia directa en la masa de adherencia y en el coeficiente k_m .
- El tipo de tracción: delantera o trasera. En tal sentido, como ya se analizó los de tracción trasera mejoran su capacidad de paso durante el vencimiento de pendientes a diferencia de los vehículos con tracción delantera.
- La utilización de suspensión independiente garantiza una mejor adaptabilidad de las ruedas a las irregularidades de la vía, es decir, una más completa utilización de la masa del automóvil para el aumento de la adherencia.
- Los automóviles con diferencial simple (sin bloqueo) poseen baja capacidad de paso, dada sus posibilidades de atascamiento en condiciones viales difíciles.
- Las dimensiones de las ruedas por la vía de la disminución de las presiones específicas con el suelo tienen una incidencia directa en la capacidad de paso del vehículo.
- La regulación de la presión interna de aire del neumático garantiza el incremento de la capacidad de paso en suelos deformables.
- La utilización de convertidores hidrocinéticos garantiza un incremento del torque de salida y por ende el incremento de la capacidad de paso en condiciones viales difíciles.

2.12 Dinámica

El análisis de la dinámica es un variable de significativa importancia, desde el punto de vista de la selección vehicular. El análisis de la selección del parque vehicular desde el punto de vista dinámico, se realiza fundamentalmente a partir de la ecuación general del movimiento y de la característica tractiva.

Los parámetros fundamentales para la evaluación de las cualidades dinámicas de las máquinas automotrices son:

- La pendiente máxima que puede ascender el vehículo, partiendo del reposo ($\alpha_{m\acute{a}x}$).
- La velocidad máxima que puede desarrollar el vehículo con máximo aprovechamiento de la capacidad de carga en óptimas condiciones viales (pendiente cero y resistencia al rodamiento mínima).
- La capacidad máxima de aceleración en primera marcha.
- La capacidad máxima de aceleración en marcha superior.

- La capacidad de aceleración a velocidades crucero.
- Peso máximo del remolque, que puede traccionar el vehículo en marcha superior.
- Peso máximo del remolque, que puede traccionar el vehículo a velocidad crucero.
- Posibilidad de evolución del movimiento en diferentes condiciones viales y de carga.

Estos parámetros y condiciones de movimiento se calculan partiendo de los datos que suministra el catálogo del fabricante, y los métodos de cálculo de la mayoría de ellos han sido estudiados en el capítulo concerniente a Introducción.

La determinación de la pendiente máxima ya se ha estudiado, razón por la cual, se detalla las particularidades del cálculo. La magnitud de la pendiente máxima da una idea de las cualidades dinámicas del vehículo, cuando se realiza la comparación de la misma con los estándares internacionales establecidos para los vehículos de su tipo. Esta cualidad es de significativa importancia para los vehículos de carga. En la medida en que la pendiente máxima que puede ascender el vehículo sea mayor, mejores serán sus cualidades dinámicas (Cotella, Manelli, y Antonelli, 2004).

Para vehículos pesados con aprovechamiento total de la capacidad de carga la pendiente máxima que puede ascender no debe ser menor del 25 %.

Para autotrenes con aprovechamiento total de la capacidad de carga, la pendiente máxima que puede ascender no debe ser menor del 18 %.

En el caso de la velocidad máxima sus métodos de determinación han sido igualmente estudiados. Su magnitud viene especificada en los catálogos del fabricante, atendiendo a la norma que se utilice en el país de origen. No obstante, en su generalidad, estas normas establecen el desarrollo de las pruebas con máximo aprovechamiento de la carga, carga uniformemente distribuida, en marcha superior y por polígonos de prueba que se caracterizan por buenas condiciones viales, casi siempre con pendientes cero o del 1 % y con curvaturas no cerradas.

La velocidad máxima da la medida del rendimiento del vehículo y es por tanto una cualidad dinámica importante. El GOST establece que, para vehículos pesados y autotrenes con máximo aprovechamiento de la capacidad de carga, la velocidad máxima no debe ser menor de 80 km. /h. La Unión Europea estableció que para vehículos pesados

sin remolque, la velocidad máxima no debe ser inferior a 100 km. /h y para autotrenes no menor de 80 km. /h.

Los métodos de determinación de la capacidad de aceleración son igualmente conocidos. Es un indicador importante en vehículos de ruedas, tanto ligero como pesado. Mientras mayor sea la capacidad de aceleración mejores cualidades dinámicas posee el vehículo.

La capacidad máxima de aceleración en marcha superior y la capacidad de aceleración a velocidad crucero, indican la posibilidad que posee los vehículos de transitar a velocidades promedios elevadas en condiciones de tráfico intenso y da idea de la maniobrabilidad del vehículo en cuestión.

Sus valores no están normados, y ello se debe a que la capacidad de aceleración es una magnitud instantánea.

Da una medida del rendimiento del vehículo en condiciones concretas y en un régimen de velocidad determinado. No existen estándares con respecto a este parámetro. En la actualidad es una tendencia el incremento de la potencia del motor de los vehículos pesados con el objeto de incrementar su rendimiento por la vía del crecimiento de la carga transportada y de la velocidad de movimiento (Borovskij, 1986).

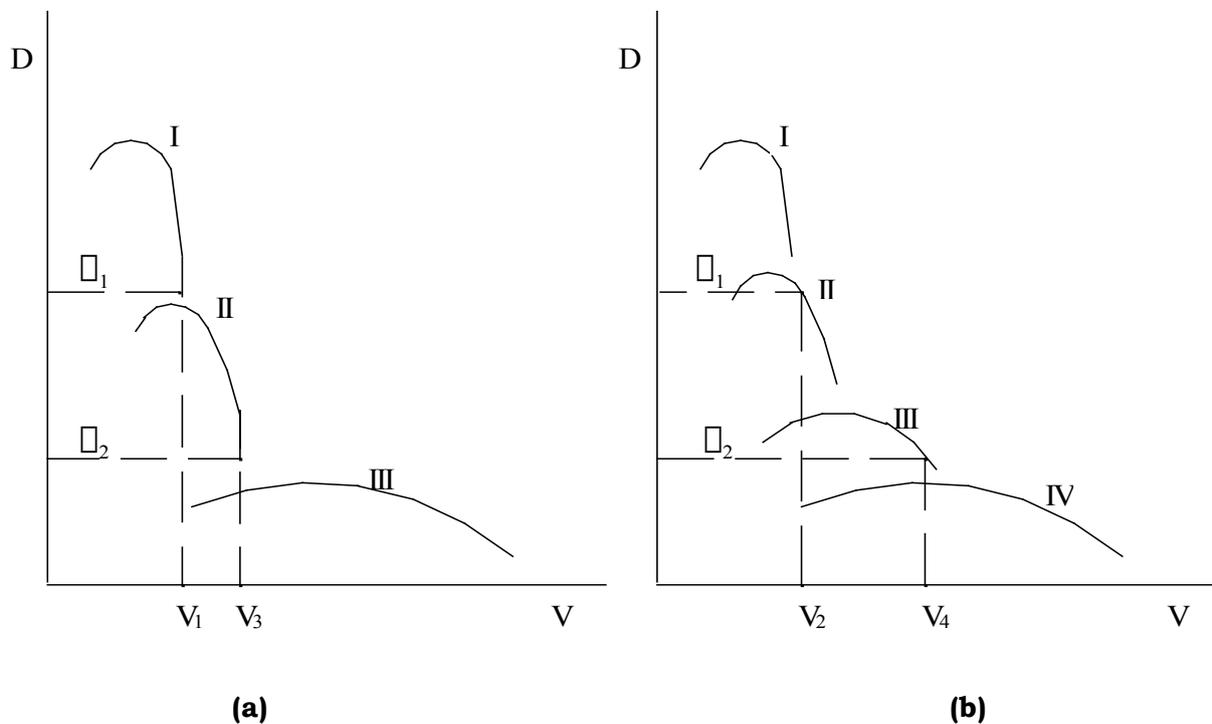
Se analiza también los procedimientos para la determinación de las posibilidades de desarrollo del movimiento del vehículo en las condiciones concretas en que se pretende explotarlo. Cuando se determinan sus posibilidades reales de desarrollo del movimiento, es preciso tener en consideración la frecuencia de rotación a que trabaja el motor para el régimen establecido de velocidad, ya que ello da una idea de la tendencia al desgaste de las partes y piezas del motor con movimiento relativo. Es necesario también tener en cuenta la reserva de torque que posee el motor en esas condiciones, pues es conocido que no es adecuado desde el punto de vista del consumo de combustible, trabajar con el motor con bajas o excesivas cargas. Tener presente que la posibilidad de trabajo en supe marchas reduce la frecuencia de rotación para una velocidad de movimiento determinada y los indicadores de consumo recorrido del vehículo.

Independientemente de los parámetros antes mencionados se pueden evaluar cualidades dinámicas del vehículo y la perfección de construcción de sus sistemas de transmisión a partir de la característica tractora. Si se traza en una característica tractiva la dependencia P_t vs V , en vez de la ya conocida $(P_t - P_a)$ vs V y conjuntamente con ella se traza la característica ideal, si se define la aproximación que existe entre las

características real e ideal, las áreas de desaparición de potencia y el solape entre curvas, aspectos que en su conjunto determinan la calidad de construcción del sistema de transmisión.

Estos aspectos están vinculados a la selectividad de marchas. Se ve un ejemplo: en la Fig. 2.9 se muestran dos características tractivas de dos vehículos con tres y cuatro marchas respectivamente en la caja de velocidad, pero que poseen igual $P_{t \text{ máx}}$ e igual velocidad máxima. Esta característica se ha trazado en coordenadas D vs V para poder representar la carga a través de Ψ . Como se ve, para unas condiciones viales representadas por y_1 , el vehículo (a) puede transitar en primera marcha a una velocidad máxima V_1 , mientras el vehículo (b), para esas mismas condiciones de carga, transita en segunda marcha a una velocidad $V_2 > V_1$. Igual análisis se pudiera realizar si las condiciones viales vinieran dadas por y_2 , pues como observamos el vehículo (b) puede transitar a velocidades $V_4 > V_3$. Como recordarán los sistemas de transmisión que poseen conjuntos hidrocínéticos tienen gran solape, escasas áreas de ausencia de potencia y una gran selectividad, lo cual garantiza, entre otros aspectos, sus altas cualidades dinámicas.

Figura 2.9 Esquema que representa la selectividad de marchas.



Fuente: (Izquierdo, Vera, y López, 1995)

2.13 Estabilidad del movimiento

La estabilidad de movimiento del vehículo seleccionado, es una cualidad de importancia por la incidencia que posee en la seguridad del movimiento, pero a la vez, difícil de medir cuantitativamente, a partir de indicadores específicos.

La estabilidad longitudinal es difícil que se afecte durante el proceso de explotación, por cuanto en condiciones de carretera no se presentan pendientes longitudinales de tales magnitudes, que hagan peligrar la misma. La estabilidad longitudinal durante el movimiento de ascenso, es más crítica en vehículos de tracción trasera, que la estabilidad durante el movimiento de descenso, por cuanto en estos el centro de gravedad se encuentra desplazado hacia la rueda trasera y su coordenada "b" es menor que la coordenada "a". Por otro lado, en condiciones propias de trabajos agrícolas o de la construcción, donde tales pendientes pueden presentarse, el vuelco longitudinal generalmente no se produce, pues le precede la pérdida de la dirección del vehículo.

La dificultad fundamental para evaluar la estabilidad longitudinal del vehículo reside en la determinación de la altura del centro de gravedad, pues ésta depende de las condiciones de carga, de las características de la carga, y su determinación por vía teórica es bastante engorrosa. No obstante, la posición del centro de gravedad del vehículo cargado va a estar influenciada por la correspondiente al vehículo sin carga. Por tanto, es posible valorar cualitativamente la altura del centro de gravedad del vehículo sin carga, a partir de la altura del vehículo y de su despeje (Madrid, y Martín, 2008). Es necesario decir que, en la medida en que el despeje sea más pequeño el vehículo será más estable, pero su capacidad de paso será menor.

Muchos fabricantes ofrecen datos acerca de las reacciones en las ruedas, para vehículos uniformemente cargados, con lo cual es posible determinar las coordenadas longitudinales del centro de gravedad. En tal sentido, la comparación de la coordenada b entre varias opciones, puede brindar criterios acerca de la posible estabilidad longitudinal de dichos vehículos: mientras mayor sea la coordenada b, mayor será la estabilidad longitudinal en el movimiento de ascenso.

Cuando no se realiza una selección adecuada, y las dimensiones de la plataforma son insuficientes para lograr un apropiado aprovechamiento de la capacidad de carga, y producto de ello, se eleva innecesariamente la altura de la carga, y con ello la altura del centro de gravedad, la estabilidad longitudinal se ve afectada. En tal sentido, la

determinación del coeficiente de aprovechamiento del volumen (g_{vol}), puede contribuir a ganar claridad en este aspecto.

En cuanto a la estabilidad transversal, se puede decir que la dificultad fundamental para su evaluación es la misma de la estabilidad longitudinal, o sea, la determinación de la altura del centro de gravedad. Todo lo analizado con respecto a este parámetro en la estabilidad longitudinal es aplicable a la transversal.

La incidencia del ángulo estático límite de vuelco (b_{lim}) en la estabilidad transversal del vehículo es evidente, por tanto, en la medida en que seleccionemos un vehículo con una vía mayor, con menor altura y menor despeje, se está garantizando una mayor estabilidad transversal.

Por último, la estabilidad del vehículo se pierde no solo como consecuencia del vuelco, sino también como un producto del patinaje. Para unas condiciones viales dadas, con una adecuada distribución del peso, el contar con neumáticos adecuadamente seleccionados para las mismas, son la garantía de que no se produzca el patinaje, en cualquiera de sus versiones.

2.14 Consumo de combustible

El combustible es el más importante, posee una alta demanda en los vehículos y una gran influencia en el costo de producción de las mismas, y es por ello, que se hace necesario utilizarlo con un máximo de eficiencia, evitando que se produzcan pérdidas o gastos injustificados.

Caracterizar los indicadores fundamentales de consumo, para valorar adecuadamente la información que brinda el fabricante, dominar los factores que afectan en su magnitud, y evaluar la evolución de los indicadores de consumo en los nuevos vehículos, son aspectos importantes en la selección técnica (Tokariev, 1982).

Los fabricantes generalmente brindan los datos del consumo recorrido de combustible (km. /l, millas/galón, l/100km). En el caso de los vehículos pesados, es relevante conocer el indicador de consumo recorrido específico de combustible (l/t-km), donde solo requiere que se divida el consumo recorrido de combustible por la masa de la carga. Este indicador posibilita determinar o apreciar los costos unitarios del proceso de transportación (\$/t-km), tan necesarios para la evaluación de los costos de operación.

Al evaluar el consumo de combustible del vehículo, no basta con conocer los indicadores que suministra el comercializador, recuerden que su negocio es vender. Es necesario tener presente que:

Entre dos vehículos de semejantes cualidades dinámicas será mejor el de menores dimensiones, pues tendrá menor peso propio, lo que implica mayor carga útil para igual peso total, y menor resistencia al aire, y por tanto, menos consumo de combustible por unidad de carga transportada.

La resistencia al aire es un factor de suma importancia, con respecto al consumo de combustible, cuando se trata de vehículos que circulan en vías foráneas a velocidades relativamente altas. En tales condiciones, siempre que se justifique el uso de deflectores, estos posibilitarán una reducción de los indicadores de consumo de combustible.

El sistema de transmisión debe guardar estrecha correspondencia con las cualidades dinámicas que se requieren del vehículo. Sistemas de transmisión muy complejos, con gran número de elementos, que garantizan cualidades dinámicas superiores a las requeridas, elevan innecesariamente los indicadores de consumo de combustible, al reducir la eficiencia mecánica de la transmisión.

Las transmisiones automáticas garantizan elevadas cualidades dinámicas, suavidad de marcha, disminuyen las tensiones del conductor, y poseen menos gastos por concepto de mantenimiento técnico, pero aún en la actualidad, con todas las innovaciones técnicas introducidas, presentan indicadores más elevados de consumo de combustible que las transmisiones clásicas, debido a su relativamente baja eficiencia mecánica de la transmisión. No obstante en algunas aplicaciones, como es el caso del autobús urbano, son insustituibles.

El uso de remolques se reduce el indicador de consumo recorrido específico de combustible ($l/t\text{-km}$), debido al menor peso propio del remolque en relación al camión y al incremento de la eficiencia mecánica de la transmisión, pues un incremento de la carga que empuja es más beneficioso para la eficiencia, que un incremento de la carga sobre la plataforma del vehículo (Klimpush, et al., 1988).

Para las condiciones para las cuales suministra sus datos el fabricante. En tal sentido, se debe recordar que el fabricante brinda sus datos sobre la base de ensayos realizados en polígonos de pruebas, con requerimientos propios de la metodología empleada. Estos resultados servirán para aquilatar la confiabilidad de nuestros cálculos.

Para las velocidades admisibles de las vías por donde normalmente transita, en marcha superior.

Para la velocidad crucero, en marcha superior.

2.15 Seguridad en el movimiento y comodidad de utilización: la ergonomía en los vehículos

Prestar atención a la seguridad que ofrece el vehículo, tanto con respecto al conductor, como en lo referido al desarrollo del movimiento vial, es un aspecto que proporciona beneficios a los clientes, tanto en ganancias como en productividad (Wong, 2001; Crolla, 2002).

Un estudio realizado por una compañía de seguros en E.U., en 46 flotas grandes demuestra que el 14% de todas las lesiones personales al conductor, el 10% de las demandadas por accidentes de trabajo y el 11% de los costos médicos, eran causados por caídas al subir o salir de las cabinas de los camiones. En tal sentido, es necesario prestar atención a los siguientes aspectos:

La separación entre escalones debe ser uniforme y no excesivo.

Las chapas de piso deben diseñarse para ser resistentes a los deslizamientos, acanaladas y auto limpiantes, para evitar acumulaciones de nieve o suciedades. Deben facilitar el enganche de conexiones eléctricas y neumáticas.

Deben existir empuñaduras adecuadas para facilitar el ascenso y el descenso.

Los escalones y asas de mano permiten al conductor usar el sistema de tres puntos (tres miembros en contacto con el vehículo en todo momento). Esto posibilita máxima estabilidad y apoyo. Los accesorios de ascenso a la cabina deben diseñarse tomando en cuenta un porcentaje de uso: 95% masculino y 5% femenino.

Las estadísticas muestran que las víctimas fatales por accidentes de camiones de carga pesada se han reducido en un 45% desde 1980 en los E.U., gracias a los cambios constructivos y de los sistemas de sujeción de los pasajeros. En tal sentido se relacionan los cinturones con pretensión, para eliminar defectos de ajuste, un volante que absorbe energía, y una bolsa de aire complementaria, lo cual reduce el potencial de lesiones para el ocupante en choques frontales. Existe un dispositivo neumático que pretensiona el cinturón de seguridad y baja automáticamente el asiento, en caso de vuelco o choque, manteniendo separado el torso del conductor del volante, y mejora la posición para un mejor efecto de la bolsa de aire. Se exige que los cinturones estén acoplados al asiento que se mueve (Penabad-Sanz et al., 2016).

Se hace necesario por otro lado el uso de materiales no combustibles en la cabina. En muchas partes de la cabina hay alfombras de terciopelo, de plástico, materiales de vinilo y espuma de poliuretano.

Todos estos materiales se encienden con facilidad. Los materiales no combustibles se utilizan con frecuencia en las industrias del automovilismo deportivo. Se exige en la actualidad la eliminación de todo material que produzca humo tóxico o facilite la combustión y la construcción de cabinas que resistan aumentos de temperatura de más de 150°F durante 10 minutos.

Un aspecto que posibilita evitar accidentes, es garantizar una adecuada visibilidad para el conductor. Los requisitos de visibilidad del conductor definen:

- Qué áreas del campo delantero son críticas.
- Cuanto campo visual necesitan los conductores para efectuar cambios de sendas.
- Qué compensación existe entre más espejos y aumento de convexidad (disminución del radio).
- Cuanta distorsión y reducción del tamaño de la imagen pueden tolerar los conductores en espejos convexos.

Con la ayuda de dispositivos de información complementarios (SID) la industria de E.U. está exigiendo la visibilidad de 360°. De tal manera, se proporciona mayor área de visión en el parabrisas, se reduce la altura del capot y se mejoran los contornos de las ventanas laterales. Los SID pueden eliminar los puntos ciegos cuando se da marcha atrás, se gira o se cambia de carril. También se puede mejorar la conciencia del conductor sobre lo que se encuentra delante del vehículo durante la noche, en presencia de neblina y otras condiciones meteorológicas adversas. Los SID pueden ser de ultrasonido, infrarrojos y de tecnologías de radar de microondas. Pueden venir acoplados dispositivos a los sistemas de frenos y control de velocidad crucero del vehículo (Sundarajan, Joshi y Krishna, 2016).

Empleando la tecnología de fibra óptica y montado en el visor de la cabina, el dispositivo Poly Optic se puede utilizar para ver obstáculos de 30 pulgadas de altura en el extremos frontal derecho del vehículo. En Europa se emplean extensamente circuitos cerrados de retrovisores, que evitan el conductor tenga que salir de la cabina durante la maniobra de marcha atrás.

Para mejorar la visibilidad se introducen mejoras en los limpiaparabrisas. Se utilizan sistemas electrónicos que posibilitan múltiples velocidades de trabajo, operación intermitente y lavado programado. Sistemas automáticos de activación de faros.

La visión nocturna puede verse afectada por el resplandor. Esto puede contrarrestarse por medio de espejos convexos, prismáticos o superficies de reflectividad reducida. También se pueden ajustar los valores de luz con medios electrónicos, variando el voltaje de la superficie, ajustando la reflectancia de 89% a 5%.

Otro de los aspectos que posee influencia en la ocurrencia de accidentes es la carga de trabajo del conductor. Con la introducción de la electrónica en el vehículo, la carga de trabajo del conductor es motivo de preocupación. ¿Con qué frecuencia debe el conductor quitar la vista de la vía para verificar los instrumentos del tablero?

Calibres electrónicos, controles sensibles al tacto, dispositivos de localización de vehículos, teléfonos celulares y sistemas de a bordo que monitorean el vehículo, son algunos de las nuevos e innovadores sistemas que se han convertido en parte del camión de carga pesado moderno. El gran interrogante es ¿Cuánto tiempo se dedica a monitorear, ajustar o tratar de averiguar qué es lo que el dispositivo, la señal o lector está tratando de informarle? Los fabricantes diseñan controles sensibles al tacto como tendencia. A largo plazo, existe la tecnología de “cabeza en alto” o pantalla de imágenes proyectadas.

Se trabajó también en sistemas de visualización digital para información crítica pero no común, tal como el consumo recorrido de combustible promedio o la velocidad promedio.

El uso de dispositivos electrónicos permite recopilar y almacenar datos para transmitirlos en un momento determinado.

En E.E. U.U. se realizan estudios sobre la carga de trabajo del conductor. Los errores del conductor son la causa del 93% de los choques. Importantes factores que contribuyeron a los accidentes fueron:

- Errores de reconocimiento 56%
- Errores de decisión 33%
- Errores de desempeño 11%

El trabajo del conductor se ha reducido considerablemente con la servodirección, el control de la velocidad crucero, los frenos ABS, muchos menos esfuerzos en el pedal de embrague, transmisiones automatizadas, retardadores del motor y control de tracción.

El director de la firma Frighliner sintetiza la misión de su compañía en este sentido, en los siguientes tres objetivos:

- **La vista en la vía.**
- **Las manos en el volante.**
- **El control del flujo de información** por parte del conductor.

Se han visto obligados en ocasiones, a abordar la incidencia que determina aspectos que ejercen en diversas cualidades explotativas a la vez, con vistas a simplificar el análisis y hacer menos extenso este material, ya de por sí extenso. Por tal razón, se ha abordado el estudio de la maniobrabilidad en específico, por considerar lo hecho a lo largo del documento.

3. Valoración de las normas vigentes.

Aunque parezca algo banal, la conformidad con los estándares vigentes y, sobre todo, con su evolución previsible es un elemento clave en la decisión de la compra. Tres elementos sobresalen:

Peso y dimensiones

Existen en tal sentido, normas relativas al límite de peso admisible por puente y de peso admisible total. Ambas se fijan en cada país, atendiendo a garantizar un menor deterioro de las vías, a partir de la consideración de sus cargas admisibles. La diferencia entre los límites que establecen las normas implantadas en países con fronteras comunes, puede constituir un freno al uso de determinados medios de transporte (que no cumplen las normativas) en el comercio por carretera entre ambas naciones, en detrimento de las empresas que poseen tales vehículos. Lo mismo ocurre con las dimensiones de los vehículos, en particular las regulaciones de altura, lo cual puede impedir el tráfico de vehículos pesados y autotrenes.

Normas de protección ecológica:

Se destacan las relativas a la emisión de sustancias tóxicas en los humos de escape, y las relativas a los niveles admisibles de ruido. Debido a los altos volúmenes de tráfico en países desarrollados y en las grandes urbes, estas normativas son muy exigentes, aumentando en rigor de año en año. Por tanto, la calidad de construcción de motores y vehículos se incrementa de año en año, encareciéndose las producciones e imposibilitando la circulación de vehículos de países menos desarrollados a desarrollados, por el hecho de que los primeros, teniendo un menor nivel de desarrollo, no pueden renovar sus flotas al ritmo de los países desarrollados. En estas condiciones solo las empresas poderosas pueden subsistir, al contar con los recursos que les permiten renovar su parque vehicular al ritmo de los cambios tecnológicos.

Los convenios entre naciones, al estilo del Tratado de Libre Comercio, obligan a la equiparación de las normas de las naciones participantes y ponen en clara desventaja a las empresas de transporte de países menos desarrollados, y sobre todo a las de menores recursos.

Por tal razón, la no adecuada selección del vehículo, puede traer consigo la imposibilidad inmediata de circulación del vehículo en países foráneos o incluso la propia imposibilidad de circulación en el país, cuando no se tiene en cuenta la evolución futura que tendrán dichas normativas.

4. Valoración de elementos de comercialización

Finalmente en la decisión de compra de una unidad, intervienen elementos de comercialización que pueden marcar la diferencia entre dos vehículos técnicamente similares. Entre otros se pueden mencionar:

Las condiciones financieras del fabricante del vehículo: Condiciones favorables, brindan la seguridad del suministro de los componentes necesarios, para garantizar la normal explotación del vehículo a lo largo del trabajo en su vida útil.

La extensión de las garantías del constructor: En especial para el tren motor y el sistema de transmisión.

Las condiciones de suministro de autopartes entre distribuidores y “dealers”.

La asistencia técnica del fabricante: En particular la posibilidad de realizar intercambios estándares de motores y transmisiones o de optar por diferentes cambios de paso del diferencial.

5. Valoración económica.

Las inversiones son la base del desarrollo de todas las ramas de la producción material y de los servicios, entre ellos el transporte. En este campo es de vital importancia actuar con eficiencia económica al decidir una inversión, pues al ejecutarla se comprometen recursos, se incurren en gastos, cuya recuperación trasciende durante un período de tiempo.

Por todo esto, se hace necesario llevar a cabo un estudio de factibilidad económica antes de realizar una inversión, el cual consiste en el análisis técnico-económico y financiero de un proyecto y mediante él poder determinar la conveniencia de su desarrollo, evitando de esta forma el derroche de recursos, medios y fuerza de trabajo, con todos los

beneficios que brinda una buena selección en cuanto a la recuperación de la inversión.

La selección de las alternativas es un proceso complejo, subordinado a los requerimientos que se le hacen a los medios de autotransporte, a las posibilidades que brindan cada una de las alternativas y a la situación de la empresa. En la actualidad existen diversas formas y métodos de selección, dentro de los cuales el criterio económico constituye el factor determinante. Se analiza en lo fundamental los métodos unicriterios, que son los más utilizados para los fines propuestos.

Criterio del flujo neto de caja total por unidad comprometida.

El presente método se compone de la suma de todos los flujos de caja de cada inversión y luego el total se divide por el desembolso inicial correspondiente, donde se obtiene así el flujo neto total medio por unidad monetaria comprometida en la inversión, que constituye una medida de su rentabilidad (Tokariev, 1982), es decir:

$$r = \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{I} \quad (2.12)$$

donde:

S_t - flujo de caja del año t ;

I - desembolso inicial

n - horizonte de tiempo ($t = 1, 2, \dots, n$)

La inversión ideal será aquella que proporcione una tasa mayor, ahora bien, una inversión interesa realizarla en cuanto sea superior a la unidad, ya que de lo contrario la misma no permitiría recuperar el capital invertido.

Desventajas:

No tiene en cuenta el momento en que son obtenidos los diferentes flujos netos de caja, agregando de este modo cantidades heterogéneas. No se puede olvidar el mayor valor de los ingresos percibidos durante los primeros años, ya que pueden producir intereses en los años siguientes.

Solo el excedente a la unidad es rentabilidad en sentido estricto, porque la otra parte es recuperación del capital invertido.

La rentabilidad de las inversiones se expresa generalmente refiriéndola a una base temporal anual. Sin embargo, este criterio proporciona una rentabilidad referida a toda la vida de la inversión.

Criterio del flujo neto de caja medio anual por unidad comprometida

Este segundo criterio relaciona el flujo neto de caja medio anual con el desembolso inicial, es decir, según la ecuación 2.13:

$$r = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n S_t}{I} = \frac{\bar{S}_t}{I} \quad (2.13)$$

Dónde:

\bar{r} - flujo neto de caja medio por unidad monetaria comprometida.

\bar{S}_t - Flujo de caja medio anual.

Este criterio adolece de los mismos defectos que el criterio anterior, excepto el tercero, no obstante, esta ventaja es sólo aparente, pues aunque parezca que este criterio tenga en cuenta la duración de la inversión al dividir por n , ello no es cierto, y lleva siempre a preferir la inversión de corta duración y elevados flujos de caja, por lo que proporciona resultados aceptables cuando se trata de inversiones de igual o parecida duración (Morales, 2004).

El Período de Recuperación (PR)

Es el período de tiempo requerido para recuperar el desembolso inicial de caja. Cuando los flujos netos de caja son constantes $S_1 = S_2 = \dots S_n$, el plazo de recuperación vendrá dado por la ecuación 2.14:

$$PR = \frac{I}{S} \quad (2.14)$$

Si los S_t no son constantes, el PR se calculará acumulando los S_t hasta que su suma sea igual al desembolso inicial (I). Si hay S_t de los primeros años con valores negativos, el PR abarcará el tiempo que tarda en recuperarse la de esos flujos negativos (Litvinov, y Farovin, 1989).

Según este criterio, las mejores inversiones son aquellas que tienen un PR más corto. En el caso de un proyecto independiente, es atractivo cuando el período de reembolso es inferior a un período arbitrariamente fijado, que especifica la gerencia.

Ventajas:

Fácil de comprender y calcular.

Desventajas:

No consideran los flujos netos de caja obtenidos después del plazo de recuperación.

No tiene en cuenta la diferencia en los vencimientos de los flujos netos de caja, donde se obtiene antes de alcanzar el plazo de recuperación.

Para evitar esta segunda desventaja, algunas veces se utiliza la variante de la técnica de reembolso descontada. La diferencia de esta técnica con la técnica de reembolso no descontada, es que la misma determina cuanto tiempo se requiere para recuperar el desembolso inicial neto en términos del valor presente. El primer paso, en la técnica de reembolso descontada, consiste en calcular el valor presente del flujo de caja de las operaciones a la tasa de retorno requerida en el periodo. Posteriormente, se calcula la cantidad de años para recuperar el desembolso inicial neto de caja del proyecto

Sin embargo, se ha defendido la aplicación de este criterio en inversiones caracterizadas por un alto nivel de riesgo, lo que se traduce en que los fondos más lejanos en el tiempo son tanto menos probables en su realización. Así, se elige la alternativa que se recupera en un período de tiempo menor, suponiendo que los flujos posteriores son tan inciertos que, deben considerárseles prácticamente inexistentes para el análisis de la inversión. Es un criterio que da preferencia a la liquidez.

Criterio de la tasa de rendimiento contable

El método es el mejor que se ajusta a la información facilitada por la contabilidad, y relaciona el beneficio contable anual, después de deducir amortización e impuestos con el desembolso inicial (inversión en activo fijo más capital trabajo).

El criterio para decidir si un proyecto es aceptable o no, consiste en que la tasa de rendimiento contable debe superar la tasa de rendimiento requerida en el proyecto. En caso de alternativas mutuamente excluyentes, se seleccionará aquellas con mayor tasa de rendimiento contable (Ramírez, 2008).

Desventajas:

Emplea el concepto de beneficio y no de flujo de caja.

No actualiza los beneficios y considera igualmente ideal un beneficio en cualquier momento en el tiempo.

Aunque toma en cuenta la duración de la inversión, esto en cierto modo es engañoso, pues lleva siempre a preferir las inversiones de corta duración y beneficios elevados.

Método del valor anual equivalente. (VAE)

En este todos los ingresos y costos que ocurren durante un período, son convertidos en una anualidad equivalente. Cuando dicha anualidad es positiva, entonces, es recomendable que el proyecto sea aceptado (Lopes da Silva y Albino Fontes, 2005).

Las expresiones que pueden ser utilizadas para determinar la anualidad equivalente de un proyecto son:

$$A = I \cdot \sum_{t=1}^n \frac{i \cdot (i-1)^t}{(1+i)^t - 1} + \frac{S_t}{(1+i)^t - 1} + f \cdot \frac{i(1-i)^t}{(1+i)^t - 1}$$

donde: A- Anualidad equivalente
I: Inversión inicial.
S_t: Flujo de efectivo neto.
N: Número de años de vida útil del proyecto.
I: Tasa de interés o actualización

Si se supone, que los flujos efectivos netos de todos los años son iguales, la expresión anterior quedaría, de acuerdo como en la ecuación 2.15:

$$A = S - (1-F) \cdot \sum_{t=1}^n \frac{i \cdot (1+i)^t}{(1+i)^t + 1} + F \cdot i \quad (2.15)$$

Dónde: F: valor de rescate.

Criterio del valor actual neto (VAN).

Es uno de los criterios económicos más ampliamente aplicados en la evaluación de proyectos. Consiste, en determinar la equivalencia en un tiempo cero de los flujos de efectivos futuros (corriente de cobros y pagos actualizados) que genere un proyecto y compara esta equivalencia con el desembolso inicial (Valencia, 2011; Ramírez Padilla, 2008). Cuando esta equivalencia, es mayor que el desembolso inicial entonces es recomendable que el proyecto sea aceptado.

Para evaluar el valor presente de los flujos generados por un proyecto esta dado en la ecuación 2.16:

$$VAN = -I + \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t} \quad (2.16)$$

Dónde: VAN: Valor presente neto.
 I: Inversión inicial.
 S_t : Flujo de efectivo neto en el año t.
 i: tasa de interés o actualización.

Bajo este criterio, serán seleccionados aquellos proyectos de inversión cuyo VAN es positivo, puesto que son los únicos que contribuyen a la consecución del objetivo general del proyecto, que consiste precisamente en aumentar el valor de la misma. En caso de que existan, alternativas mutuamente excluyentes con VAN(+), se debe dar prioridad a aquella cuyo VAN sea mayor.

El VAN varía de acuerdo con la tasa de actualización o descuento empleada, a mayor valor de ésta, el VAN decrece y viceversa.

Ventajas:

Tiene en cuenta el valor del dinero en el tiempo.

Inconvenientes:

Dificultad para especificar el tipo actualización o descuento (i).
 Hipótesis de reinversión de los flujos netos de caja.

Índice de Rentabilidad (IR)

La técnica del IR (conocida como razón costo-beneficio), es una variante del VAN. Se calcula según:

$$IR = VAN / \text{Desembolso inicial neto} \quad (2.17)$$

El IR mide la cantidad de beneficio del VAN por dinero invertido.

El criterio de decisión para seleccionar un proyecto, es que el IR sea mayor que 1. Para un grupo de proyectos rentables y mutuamente excluyentes, el criterio es seleccionar el de mayor IR. Los proyectos independientes se ordenan en orden de prioridad, comenzando por aquellos de mayor IR.

Desventajas:

No satisface la tercera propiedad, por tanto, puede presentar conflictos al seleccionar proyectos mutuamente excluyentes

Criterio de la Tasa Interna de Rendimiento. (TIR)

Es el rendimiento que se espera que devengue una inversión. La TIR es la tasa de retorno o tipo de actualización o descuento de una inversión que hace cero el VAN, o sea:

$$VAN = -I + \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t} = 0 \quad (2.18)$$

En el método del VAN, el tipo de descuento i , es un dato con mayor o menor imperfección proporciona el mercado; sin embargo, en este razonamiento el tipo de reducción que anula el VAN es precisamente la incógnita del problema (Márquez Díaz y Castro, 2015; Ramírez Padilla, 2008).

En términos económicos, la tasa de rendimiento representa la tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión. El saldo no recuperado de una inversión, en cualquier punto del tiempo de la vida del proyecto, puede ser visto como la porción de la inversión original que aún permanece sin recuperar en ese tiempo. Este saldo puede ser calculado con la ecuación 2.19:

$$F_t = \sum_{t=1}^n S_t \cdot (1+TIR) \quad (2.19)$$

Dónde:

F_t - es el saldo no recuperado de la inversión en el momento t .

Sólo interesa realizar aquellas intenciones, cuya TIR sea mayor que el costo de capital (i). En caso de alternativas mutuamente excluyentes, se dará prioridad a aquella cuya TIR sea mayor. En este método, el valor de la tasa de retorno se obtiene por el método de prueba y error. También, se puede emplear la siguiente ecuación 2.20 para un cálculo aproximado de la misma:

$$i = \frac{I + \sum_{t=1}^n S_t}{\sum_{t=1}^n i \cdot S_t} \quad (2.20)$$

Si los flujos de caja S_t son constantes y la duración de la inversión es ilimitada la TIR se relaciona por la ecuación 2.21:

$$i = \frac{S}{I} \quad (2.21)$$

Como se observa, esta expresión es el inverso del período de recuperación y viceversa. Ello sólo se da para inversiones simples con flujos de caja constante y duración ilimitada.

Para la mayoría de los casos prácticos, es suficiente considerar el intervalo $-1 < TIR < +$ infinito, como recorrido de la TIR, ya que es poco probable que una inversión se pierda más de la cantidad que se invirtió.

De los métodos antes expuestos, el VAN y la TIR son los de mayor aplicación práctica para fundamentar las decisiones de inversión. Según algunos autores ambos criterios son equivalentes, es decir son sustitutivos o alternativos y conducen al mismo resultado. Sin embargo, esto realmente no es así. Se trata de dos criterios que se apoyan en supuestos distintos y que miden aspectos diferentes de una misma inversión. El VAN mide la rentabilidad de la inversión en términos absolutos, mientras que el criterio de la TIR mide la rentabilidad en términos relativos.

Existe una relación más directa del objetivo general de la empresa con el criterio del VAN que con el criterio de la TIR, este último puede ser entonces de cierta utilidad porque da una indicación cualitativa del valor de una operación de inversión ya que cuanto más elevado sea, mejor permite recuperar el capital invertido.

6. El riesgo y la incertidumbre en las decisiones de una inversión

El horizonte económico de una inversión, difícilmente puede conocerse con precisión, pues una serie de factores o agentes externos incontrolables, ajenos al propio proyecto, condicionan e influyen en los resultados del mismo.

El cálculo de riesgo en proyectos es sumamente importante en la evaluación total, en proyectos de presupuesto de capital, ya que permite en una u otra forma se haga la diferencia entre los proyectos que tengan rendimientos similares. La capacidad para comparar proyectos con rendimientos diferentes también se realiza mucho, ya que se puede tener idea del tiempo de alternativa de riesgo-rendimiento que ofrecen los proyectos. En nuestro caso se propone el análisis de sensibilidad.

Análisis de sensibilidad

Cuando todas o algunas de las magnitudes que definen una inversión no son consideradas como ciertas sino, más bien como variables aleatorias, cobra especial interés el análisis de la sensibilidad de los resultados obtenidos.

El análisis de sensibilidad se utiliza con éxito en cualquier modelo económico decisionista, con el objetivo de determinar la sensibilidad (variabilidad) de los resultados al variar algunos de los parámetros estimados. Aquellos parámetros a los que los resultados obtenidos es más sensible, deben estimarse con mayor precaución; por el contrario, aquellos parámetros que pueden variar dentro de un amplio intervalo sin que por ello varíe de forma significativa el resultado puede tenerse con un menor cuidado. Este constituye una forma de introducir el riesgo en el análisis de inversiones es, dado que las magnitudes fundamentales que definen una inversión ya no son consideradas como ciertas, lo que obliga a tomar los resultados obtenidos en base a ella con cierta reserva (Navarro y Bernardo, 2014).

Como en toda predicción, los valores reales pueden diferir de los estimados, y la decisión considerada como óptima, tomando como base los valores esperados, puede resultar errónea.

Las decisiones de “aceptar” o “no aceptar” una inversión que siempre tienen que adoptarse tomando como base valores estimados, encierra por lo tanto un cierto grado de riesgo, debido al posible fallo en las proyecciones.

Una manera de enfocar el análisis de sensibilidad consiste en ir variando una variable de insumo dada, manteniendo constante las demás, para conocer de forma exacta la magnitud en la que cambie el VAN.

Este análisis comienza con una situación de un caso básico, la cual se desarrolla usando los valores esperados para cada insumo. A continuación se formulará una serie de preguntas. ¿Qué pasaría si las producciones aumentaran por ejemplo, en 20 %? ¿Qué sucedería

si los costos variables fueran del 60 % del volumen de los importes de las transportaciones?, etcétera. El análisis de sensibilidad, ha sido diseñado para proporcionar a quienes toman decisiones respuestas concretas a preguntas como estas.

Cada variable se modifica en razón de unos puntos porcentuales específicos por arriba y por debajo del valor esperado, manteniendo constante todo lo demás; posteriormente se calcula un nuevo VAN para cada uno de los valores, y finalmente, el conjunto de VAN se grafica junto a la variable que se haya cambiado. Las pendientes de estas gráficas indican que tan sensible es el VAN a los cambios de cada uno de los insumos: entre más inclinada sea la pendiente, más sensible será el VAN a un cambio de la variable.

Es importante señalar que uno de los inconvenientes de este análisis es que siempre da unos resultados de alguna manera ambiguos.

Cada persona, implicada en la decisión, puede interpretar ambos términos de forma bien diferente. Una solución será solicitar a ambos una descripción completa de las diversas posibilidades. Sin embargo, no es nada fácil conocer la idea subjetiva, que cada quien tiene, acerca de la distribución completa de probabilidad de los posibles resultados.

Otro problema, es que las variables relevantes suelen estar fuertemente relacionadas. ¿Qué sentido tiene analizar aisladamente el efecto de un incremento de una determinada variable de insumo?; por ejemplo, si los precios llegan al nivel superior del intervalo previsto producto de la inflación, es bastante probable que el costo también se vea afectado por esta inflación, y así sucesivamente.

7. Conclusión

La decisión de compra es un compromiso por mínimo de 5 años. Por lo tanto, la adaptación a las normas más estrictas de pesos y dimensiones o de protección ecológica es un imperativo para seleccionar un vehículo que no encuentre, en un futuro inmediato, restricciones de utilización.

En condiciones técnicas semejantes, el mejor vehículo será el que ofrece la gama más amplia y segura de servicios reales del fabricante y de sus distribuidores.

Capítulo III



POLÍTICA DE RENOVACIÓN VEHICULAR

Objetivo

Determinar las variables de la renovación vehicular aplicando métodos estadísticos para una oportuna acción con las unidades.

1. Introducción

En muchos países en desarrollo, como consecuencia de la condición económica por la que atraviesan, el movimiento de mercancías y de pasajeros se ha visto reducido drásticamente.

Son muchas las empresas y organizaciones que desaparecen, porque carecen de preparación para enfrentar estos problemas; los más difíciles de superar son los humanos.

Las empresas de transporte, en su mayoría, siguen funcionando como cooperativas, aunque legalmente sean empresas. Esta situación ha propiciado una renovación vehicular heterogénea y discontinua: existen períodos en que se realizan compras importantes y otros, muy prolongados, en los que no se adquieren vehículos. Se requiere en tales circunstancias, aplicar nuevas técnicas para planificar con efectividad la adquisición de nuevos vehículos, adaptando las mismas a los requerimientos de cada empresa.

La renovación oportuna de las unidades, trae consigo un conjunto de beneficios significativos para varias empresas de transporte. Además, los ahorros de combustible que se pueden alcanzar, en ciertos casos hasta del 12 % del consumo anual de la unidad, la sustitución de una unidad con diez años de explotación por una nueva, significa ahorros de mantenimiento superiores al 30 % en los primeros años de operación y, en consecuencia, un aumento de la disponibilidad del vehículo, al reducirse los tiempos de mantenimiento en taller.

Sin embargo, el conjunto de estos beneficios sólo pueden mantenerse cuando la empresa practica una política sistemática de conservación de la unidad. No obstante, es necesario enfatizar que la decisión oportuna de reposición constituye un factor clave. Si bien es cierto que un vehículo antiguo soporta costos fijos bajos, puesto que no carga con gastos financieros de amortización de crédito, ni con cargos por depreciación contable, en realidad, esta baja en los costos fijos de operación resulta ser un espejismo. A cambio de ella, la empresa proyecta crecientes costos variables de combustible y mantenimiento y, lo que es más significativo, cualquier unidad antigua suele reportar menores

ingresos anuales que una nueva, por la influencia negativa que ejercen los tiempos muertos de inmovilización en taller.

Los métodos utilizados para decidir el período óptimo de reposición de una unidad de transporte se puede clasificar en tres grandes categorías:

- Los métodos contables
 - Método 1: Reposición de Activos
 - Método 2: Costo promedio anual
- Los métodos extracontables
 - Método 3: Costo unitario anual
- Los métodos de optimización
 - Método 4: Margen de utilidad anual
 - Método 5: Costo anual de posesión

2. Los Métodos Contables

En estos se considera el vehículo como un activo contable que se deprecia con el tiempo. Se propone comparar el valor residual o el valor comercial de la unidad (cuando exista un mercado de reventa de vehículos usados) con el costo acumulado de mantenimiento del vehículo. Cada vez que este último supera el valor residual o comercial de la unidad, es oportuno reponerla.

Se presentan a los dos métodos contables más relevantes:

El método de reposición de activos

El método del costo promedio anual

Estos métodos presentan la ventaja de utilizar un criterio de relativamente fácil obtención e implantación. Por ello, son de uso común en un gran número de empresas y suelen ser recomendados por la mayoría de los constructores de camiones, en particular, en Estados Unidos y América Latina. Sin embargo, existen dos limitantes que, en ocasiones, invalidan su aplicación en la transportación:

- Primera limitante: estos métodos fueron desarrollados para flotillas de transporte en países industrializados, con patrones de operación y mantenimiento específicos (kilometraje anual relativamente constante, parque vehicular más homogéneo, prácticas de mantenimiento preventivo). Bajo estas condiciones, las curvas de costo de mantenimiento y de costo anual promedio muestran un perfil bastante regular y, en consecuencia, la aplicación de los dos métodos suele indicar un solo período óptimo de reposición entre el año 5 y 7 de operación.

Ahora bien, por ejemplo, su aplicación a flotillas de transporte en países en vías de desarrollo muestra, generalmente, un comportamiento más errático, debido a las variaciones anuales de kilometraje y a la práctica todavía frecuente de reconstrucción de las unidades. Por lo tanto, pueden existir varios períodos posibles de reposición.

- Segunda limitante: por su concepción meramente contable, estos métodos no consideran el vehículo como una unidad productiva, cuyo propósito principal es generar ingresos y utilidades. De hecho, sólo incluyen una mínima parte de los costos de operación (los de mantenimiento), al privilegiar un enfoque patrimonial de la empresa.

2.1 Método de Reposición de Activos

Este es clásico consiste en comparar cada año el valor residual (V_R) de un vehículo con el costo acumulado de mantenimiento técnico (M_{ac}), considerando aquella parte del mismo que se ha asignado para conservar esta unidad. Por tanto, en el costo acumulado de mantenimiento se incluyen: costos de mano de obra, refacciones, gastos fijos y otros insumos; y se excluye el costo de llantas y lubricantes.

El cálculo se basa en valores en moneda constante o corriente, eventualmente actualizados. Para ser preciso, se tiene que considerar como valor residual el valor comercial de reventa. Cuando no existe ningún mercado alternativo de vehículos, una estimación aceptable de este valor sería considerar su valor residual contable, es decir, se asume un período de depreciación de 10 años y se va determinando cada año el valor residual del vehículo, aumentado en el valor de las partes y piezas incorporadas a medida que se explota la unidad (Morales, 2004).

El período óptimo de recambio del vehículo está determinado por la intersección entre las curvas V_R y M_{ac} . Significa esto, que en el momento en que el costo acumulado de mantenimiento supera el valor residual del vehículo, se hace improcedente seguir explotándolo (Ver Tabla 3.1 y Fig. 3.1). En el ejemplo mostrado, el período de renovación está entre 4 y 5 años.

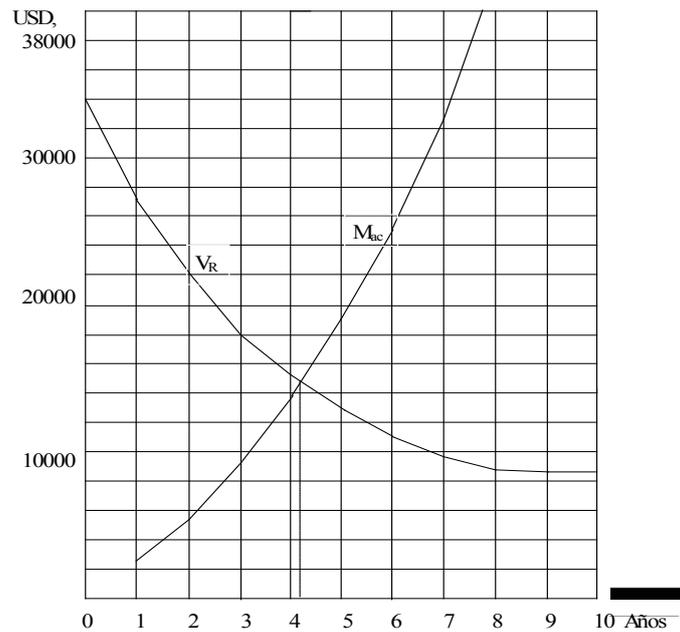
Ventajas del método:

- Simplicidad del cálculo y criterio de decisión único.
- Método bien adaptado a los casos de depreciación lineal.

Desventajas del método:

- No toma en consideración el costo real de posesión del vehículo.
- Tampoco toma en cuenta la disponibilidad financiera de la empresa.
- No se adapta bien a los casos de depreciación acelerada.

Figura 3.1 Determinación del período de renovación por Reposición de Activos



Fuente: (Jovaj, 1978).

Tabla 3.1. Resumen de datos de proyección

Año No	Valor de reventa del vehículo	Depreciación, USD		Mantenimiento, USD		Costo total, USD		Costo Promedio Anual
		Anual	Acumulada	Anual	Acumulada	Anual	Acumulada	Anual
1	USD	2	3	4	5	2+4=6	3+5=7	7/1=8
0	34 000.00	-	-	-	-	-	-	-
01	27 200.00	6 800.00	6 800.00	2 400.00	2 400.00	9 200.00	9 200.00	9 200.00
02	22 032.00	5 168.00	11 968.00	3 210.00	5 520.00	8 288.00	17 488.00	8 744.00
03	18 066.20	3 965.80	15 933.80	3 840.00	9 360.00	7 805.80	25 293.80	8 431.27
04	15 175.60	2 890.60	18 824.40	4 600.00	13 960.00	7 490.60	32 784.40	8 196.10
05	12 899.20	2 276.40	21 100.80	5 200.00	19 160.00	7 476.40	40 260.80	8 052.16
06	11 222.40	1 676.80	22 777.60	6 200.00	25 360.00	7 876.80	48 137.60	8 022.94
07	9 988.00	1 234.40	24 012.00	7 000.00	32 360.00	8 234.00	56 372.00	8 053.15
08	8 988.00	998.80	25 010.80	9 000.00	41 360.00	9 998.80	66 370.80	8 296.35
09	8 789.00	200.00	25 210.80	10 000.00	51 360.00	10 200.00	76 570.80	8 507.87
10	8 589.20	200.00	25 410.80	10 000.00	61 360.00	10 200.00	86 770.80	8 677.08

2.2 Método Costo Promedio Anual

Se define como el costo acumulado de depreciación y de mantenimiento entre el número de años de utilización del vehículo.

$$C_{pa} = \frac{D_{ac} + M_{ac}}{t} \quad (3.1)$$

donde: C_{pa} : Costo promedio anual
 D_{ac} : Depreciación acumulada
 M_{ac} : Costo acumulado de mantenimiento técnico
 t : Período en años.

Al igual que en el método anterior, los cálculos se efectúan en moneda constante o corriente.

En teoría, el período óptimo de reemplazo del vehículo es aquel período comprendido entre el momento en que el costo anual de depreciación más mantenimiento es mínimo y el momento, cuando el costo promedio anual alcanza su mínimo. Pero en la práctica, estos dos costos presentan varios mínimos a lo largo de la vida útil del vehículo. Se suele entonces calcular la diferencia entre el costo anual de depreciación más mantenimiento (Costo total, columna 6 en la Tabla 3.1) y el costo promedio anual (columna 7 de la mencionada tabla). Cada vez que esta diferencia sea positiva, se está en presencia de un período ideal de reemplazo (Morales, 2004). En el ejemplo mencionado, en función de los datos suministrados, éste período se encuentra entre los años 6 y 7.

Ventajas del método:

- El momento óptimo de reemplazo es un período y no una fecha precisa. Por lo mismo, deja tiempo para programar la reventa del vehículo.
- El método se aplica en los dos casos de depreciación: lineal o degresiva.

Desventajas del método:

- No toma a consideración la disponibilidad financiera de la empresa.
- Cuando disminuye el kilometraje anual de los vehículos más antiguos, el costo promedio anual tiende a disminuir y presenta valores mínimos más allá del período normal de depreciación.
- El carácter unívoco del criterio de decisión es muy teórico, ya que, en la práctica, casi siempre existen varios mínimos relativos.

Este método de renovación del parque vehicular, ha sido propuesto por la firma Mercedes-Benz, de reconocido prestigio internacional, como un servicio de post-venta para sus clientes.

Se estudia el caso práctico reflejado en la Tabla 3.1, donde el valor de adquisición del chasis, sin neumáticos, es de USD 34 000.00.

Matemáticamente se demuestra que el costo promedio anual es mínimo, cuando su valor se iguala al del costo total. En esta posición la curva se representa a través de una tangente horizontal.

Ejemplo:

C_{tn} es el costo total al enésimo año, luego el costo promedio anual (C_{pa}), será:

$$C_{pa} = \frac{C_{t1} + C_{t2} + \dots + C_{tn}}{t} = \frac{1}{t} \cdot \sum_{i=1}^{i=t} C_{tn} = \frac{1}{t} \cdot \int_1^t C_t \cdot dt \quad (3.2)$$

Sin embargo, como el C_t (Costo Total) es igual al Costo de mantenimiento técnico acumulado (M_{ac}) más el Costo de Posesión Acumulado (C_{pos}), entonces: $C_t = M_{ac} + C_{pos}$

De (4.2) se tiene:

$$\frac{1}{t} \cdot \int_1^t C_t \cdot dt = \frac{1}{t} \cdot \int_1^t (M_{ac} + C_{pos}) \cdot dt = \frac{1}{t} \cdot \int_1^t M_{ac} dt + \frac{1}{t} \cdot \int_1^t C_{pos} \cdot dt$$

Partiendo de la premisa de que el momento de reemplazo se da cuando el C_{pa} es mínimo, y que la curva del costo promedio anual sólo tiene un punto mínimo, se puede derivar la ecuación de C_{pa} e igualar a cero para encontrar ese punto mínimo. Luego se tiene:

$$\frac{d}{dt} \left[\frac{1}{t} \cdot \int_1^t C_t \cdot dt \right] = 0$$

Se trata de la derivada de un producto, por lo tanto, se debe usar la fórmula de la derivada del producto:

$$\frac{d}{dt} u \cdot v = u \cdot \frac{dv}{dt} + v \cdot \frac{du}{dt}$$

Aplicándola a la expresión de C_{pa} se tiene:

$$\frac{d}{dt} \left[\frac{1}{t} \int_1^t C_t \cdot dt \right] = 0 \quad \text{donde: } u = \frac{1}{t} \therefore \frac{du}{dt} = \frac{-1}{t^2}; \quad v = \int_1^t C_t \cdot dt \therefore \frac{dv}{dt} = C_t$$

Aplicando directamente la fórmula se toma que:

$$\frac{1}{t} \cdot C_t + \int_1^t C_t \cdot dt \cdot \left(\frac{-1}{t^2} \right) = 0$$

Multiplicando por t^2 ambos miembros de la ecuación se obtiene el C_{pa} :

$$t^2 \left[\frac{1}{t} \cdot C_t \right] + t^2 \left[\int_1^t C_t \cdot dt \cdot \left(\frac{-1}{t^2} \right) \right] = 0 \cdot t^2$$

$$t \cdot C_t - \int_1^t C_t \cdot dt = 0; \quad C_t \cdot t = \int_1^t C_t \cdot dt \quad \therefore \quad C_t = \frac{1}{t} \cdot \int_1^t C_t \cdot dt$$

Conclusión: La curva del C_{pa} alcanza su valor mínimo cuando se cruza con la curva del costo total anual.

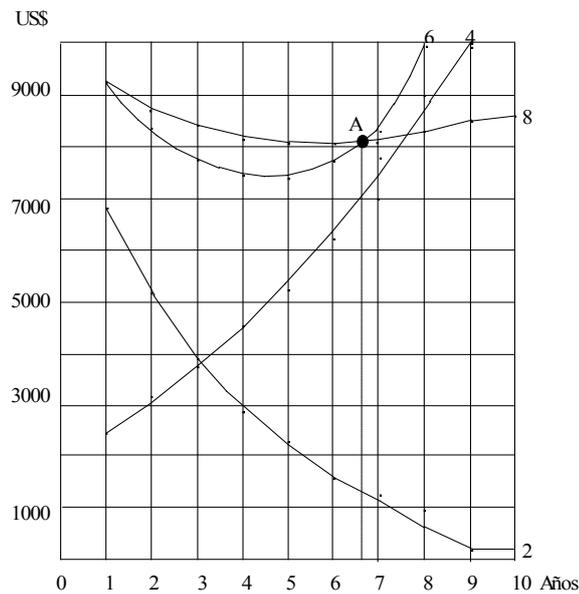
Ejemplo:

Tabla 3.2. Resultados de la aplicación de la proyección de la tabla 3.1 en la fórmula

Año	Costo de posesión anual	Costo de mantenimiento anual	C_{pa}
1	6 800.00	2 400.00	9 200.00
2	5 168.00	3 120.00	8 744.00
3	3 965.80	3 840.00	8 431.27
4	2 890.60	4 600.00	8 196.10
5	2 276.80	5 200.00	8 052.16
6	$1\,676.80 \cdot \frac{t-6}{t-1} = 22\,770.60$	$6\,200.00 \cdot \frac{t-6}{t-1} = 25\,360.00$	8 022.94
7	1 234.40	7 000.00	8 053.15
8	998.80	9 000.00	8 296.35
9	200.00	10 000.00	8 507.87
10	200.00	10 000.00	8 677.08

donde el costo promedio anual es igual: $C_{pa} = \frac{C_{pos} + M_{ac}}{t}$.

Figura 3.2 Determinación del momento de reemplazo
 2-Depreciación; 4-Mantenimiento; 6-Costo total; 8-Costo Promedio Anual



En la tabla 3.2, se obtiene como momento de reemplazo (M_r), el 6to año, donde se comprobó que el costo promedio anual es mínimo.

Se demuestra que:
$$C_t = \frac{1}{t} \cdot \int_1^t C_t \cdot dt$$

Por tanto, aplicando la fórmula para el 6to año, donde se produce el momento de reemplazo, se tiene:

$$\int_1^t C_t \cdot dt = \int_1^6 C_t \cdot dt = \sum_{i=1}^6 C_t = \sum_{i=1}^6 C_{pos} + \sum_{i=1}^6 M_{ac} = 22776.60 + 25360.00 = 48137.60$$

por tanto :

$$C_t = \frac{1}{t} \cdot \int_1^t C_t \cdot dt = \frac{1}{6} \cdot 48137.60 \approx 8023$$

Esto representa el C_{pa} en el 6to año. En cualquiera de los casos se comprueba que el momento de reemplazo se produce en el mismo período (6to año) (Ver Fig. 3.2).

2.3 Influencia de la Tasa de Intereses en el Período de Renovación.

Consideraciones generales.

Si la empresa tiene otra posibilidad para invertir su capital, deberá efectuar un análisis para saber cuál de las inversiones es la más rentable, puesto que el interés puede afectar las ganancias.

Por ejemplo: Se considera un vehículo, cuyo costo promedio anual sea de USD 34000.00 (Tabla 4.1), cuando no se cobra ningún interés, ese vehículo deberá rendir USD 34000.00 para equilibrar los costos. Si se admite intereses de 18% por año, ese mismo vehículo deberá rendir USD 40120.00, para equilibrar los costos.

Para una determinada tasa de intereses (i), el valor actual del vehículo en el período R estará dado por la ecuación 3.3:

$$VA = P - V_R \cdot [FVA'(R:i)] + \sum_{R=0}^{R-1} M_R \cdot [FVA'(R-1:i)] \quad (3.3)$$

donde:

P - valor de adquisición del vehículo nuevo.

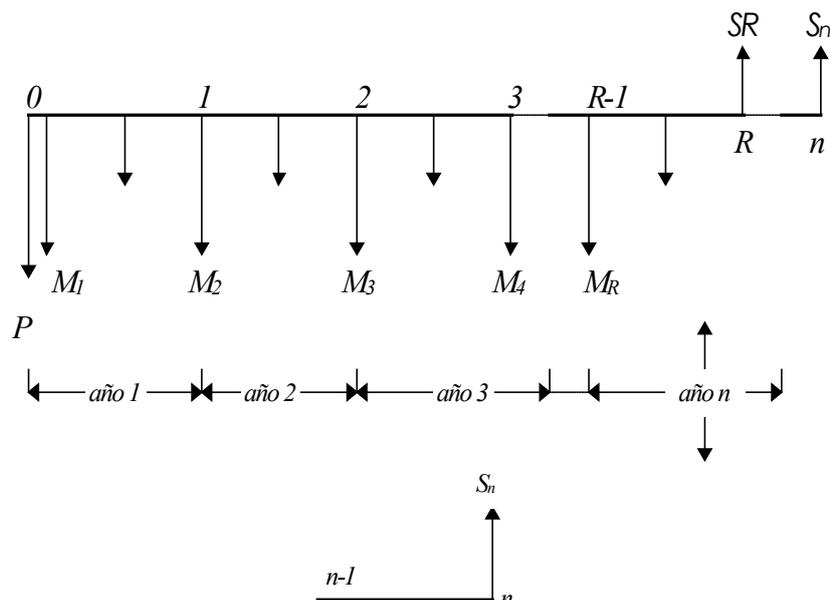
V_R - valor de reventa a fin de año R .

M_R - costo de mantenimiento a comienzos de año.

$FVA'(R:i)$ - factor de valor actual de un pago simple en el período R para una tasa de intereses i .

Ese valor actual puede transformarse en n dividendos anuales de igual valor X , a través de la siguiente ecuación:

Flujo de Caja:



$$VA = X + X \cdot FVA'(R=1:i) + X \cdot FVA'(R=1:i) \cdot FVA'(R=1:i) + \dots$$

$$VA = X + X \cdot FVA'(R=1:i) + X \cdot FVA'(R=1:i)^2 + \dots + X \cdot FVA'(R=1:i)^{n-1}$$

1^a 2^a 3^a n dividendos

Para simplificar el cálculo se toma: $FVA'(R=1:i) = F$.

Por lo tanto, se toma: $VA = X \cdot (1 + F + F^2 + \dots + F^{n-1})$

Se trata de una progresión geométrica.,
 donde: $a_1 = 1$; $r = F$; $a_n = F^{n-1}$

Por lo tanto, aplicándole la fórmula de la suma, se tiene:

$$S = \frac{a_n \cdot r - a_1}{r - 1}$$

$$VA = X \cdot \left(\frac{F^{n-1} \cdot F - 1}{F - 1} \right) = X \cdot \left(\frac{F^n - 1}{F - 1} \right) \cdot \frac{(-1)}{(-1)} = X \cdot \frac{1 - F^n}{1 - F}$$

De donde: $X = VA \cdot \frac{1 - F}{1 - F^n}$ (3.4)

Sustituyendo (3.3) en (3.4), se tiene:

$$X = \left[P - S_R \cdot [FVA'(R:i)] + \sum_{R=0}^{R-1} M_R \cdot [FVA'(R-1:i)] \right] \cdot \frac{1 - F}{1 - F^n} \text{ pero:}$$

$$F = [FVA'(R=1:i)] = \frac{1}{(1+i)^1}$$

$$F^n = \frac{1}{(1+i)^n} = FVA'(R:i),$$

Luego la ecuación final queda así:

$$X = \left[P - S_R \cdot [FVA'(R:i)] + \sum_{R=0}^{R-1} M_R \cdot [FVA'(R-1:i)] \right] \cdot \frac{1 - [FVA'(R=1:i)]}{1 - [FVA'(R:i)]}$$

El valor mínimo se obtendrá cuando la función de R en la fórmula:

$$Y = \frac{X}{1 - [FVA'(R = 1 : i)]}$$

sea mínima, ya que en el denominador de esa función es una constante para cada tasa de interés.

Para encontrar el valor mínimo de la función, se puede realizarlo con la siguiente aproximación:

Los costos anuales de mantenimiento se producirán a mitad de año. Por lo tanto, para transportarlos a comienzos de año, se ejecuta la siguiente fórmula:

$$FVA'(R = 0.5 : i\%) = FVA'(n = 0.5 : i\%) = \frac{1}{(1-i)^{0.5}}$$

$$\text{para } i = 10\% \text{ anual } FVA'(n = 0.5 : 10\%) = \frac{1}{(1+0.1)^{0.5}} = 0.95346$$

En forma idéntica para cualquier tasa de intereses.

Con estas aclaraciones, se confecciona las tablas para intereses de 10, 12 y 18% por año, por tanto, para calcular el factor de valor actual:

$$\text{Para } 10\% \text{ anual } FVA' = \frac{1}{(1+0.10)^{0.5}} = \frac{1}{(1.1)^{0.5}} = 0.9534$$

$$\text{Para } 12\% \text{ anual } FVA' = \frac{1}{(1+0.12)^{0.5}} = \frac{1}{(1.12)^{0.5}} = 0.9449$$

$$\text{Para } 18\% \text{ anual } FVA' = \frac{1}{(1+0.18)^{0.5}} = \frac{1}{(1.18)^{0.5}} = 0.9205$$

Tabla 3.3. Cálculo del factor de valor actual (FVA).

Años	Tasa en %, según el monto									
	10%	12%	15%	18%	20%	25%	29%	35%	41%	45%
01	0.9090	0.8928	0.8695	0.8474	0.8333	0.8000	0.7752	0.7407	0.7092	0.6896
02	0.8264	0.7971	0.7561	0.7181	0.6944	0.6400	0.6009	0.5487	0.5030	0.4576
03	0.7513	0.7117	0.6575	0.6086	0.5787	0.5120	0.4658	0.4064	0.3567	0.3280
04	0.6830	0.6355	0.5717	0.5157	0.4822	0.4096	0.3611	0.3010	0.2530	0.2262
05	0.6209	0.5674	0.4971	0.4371	0.4019	0.3276	0.2799	0.2230	0.1794	0.1560
06	0.5544	0.5066	0.4323	0.3704	0.3349	0.2621	0.2170	0.1652	0.1272	0.1076
07	0.5131	0.4523	0.3759	0.3139	0.2791	0.2097	0.1682	0.1224	0.0902	0.0742
08	0.4665	0.4038	0.3269	0.2660	0.2326	0.1678	0.1340	0.0906	0.0640	0.0512
09	0.4240	0.3606	0.2842	0.2254	0.1938	0.1342	0.1010	0.0671	0.0454	0.0353
10	0.3855	0.3219	0.2471	0.1910	0.1615	0.1074	0.0784	0.0497	0.0322	0.0243

Se ven los resultados de los cálculos para las diferentes tasas de intereses en las Tablas 3.4 - 3.6.

Tabla 3.4. Momento preciso del reemplazo del vehículo. Tasa de intereses: 10 % anual

01 Año			1	2	3	4	5	6
02 Costo de Mantenimiento Anual (M_R)		A	2.400	3.120	3.840	4.600	5.200	6.200
03 Coeficiente valor actual $FVA'(R=0.5 : i = 10\%)$		B	0.9534					
04 Costo de Mantenimiento a comienzos de año	A . B	C	2.288	2.974	3.661	4.386	4.958	5.911
05 Coeficiente valor actual $FVA'(R-1 : i = 10\%)$	Tarifados	D	1.0000	0.9090	0.8264	0.7513	0.6830	0.6209
06 $M_R \cdot [FVA'(R-1 : i = 10\%)]$	C . D	E	2.288	2.704	3.026	3.295	3.386	3.670
07 $\sum_{R=0}^{R-1} M_R \cdot [FVA'(R-1 : i = 10\%)]$		F	2.288	4.992	8.018	11.313	14.699	18.369
08 Valor de Reventa (V_R)	Tarifados	G	27.200	22.032	18.066	15.176	12.899	11.222
09 Coeficiente valor actual $[FVA'(R : i = 10\%)]$		H	0.9090	0.8264	0.7513	0.6830	0.6209	0.5644
10 Valor de Reventa $V_R \cdot [FVA'(R : i = 10\%)]$	G . H	I	24.725	18.207	13.573	10.365	8.009	6.334
11 $P-V_R \cdot [FVA'(R = 1 : i = 10\%)]$ + $\sum_{R=0}^{R-1} M_R \cdot [FVA'(R-1 : i = 10\%)]$	P-I+F	J	11.563	20.785	28.445	34.984	40.690	46.035
12 $1-[FVA'(R : i = 10\%)]$	1 - H	L	0.091	0.2487	0.2487	0.3170	0.3791	0.4056
13 $VA/[1 - [FVA'(R : i = 10\%)]]$	J / L	M	127.068	114.370	114.370	110.244	107.332	113.498
14 $1 - [FVA'(R = 1 : i = 10\%)]$		N	0.0910					
15 Pagos Anuales	M . N	O	11.563	10.895	10.408	10.032	9.767	10.328

Tabla 3.5. Momento preciso del reemplazo del vehículo. Tasa de intereses: 12 % anual.

01 Año			1	2	3	4	5	6	7	8	9
02 Costo de Mantenimiento Anual (M_R)		A	2.400	3.120	3.840	4.600	5.200	6.200	7.000	9.000	10.000
03 Coeficiente valor actual $FVA'(R = 0.5; i = 12\%)$		B	0.9449								
04 Costo de mantenimiento a comienzos de año	A . B	C	2.268	2.948	3.628	4.346	4.913	5.858	6.614	8.504	9.449
05 Coeficiente valor actual $FVA'(R - 1 : i = 12\%)$	Tarifados	D	1.0000	0.8928	0.7971	0.7117	0.6355	0.5674	0.5066	0.4523	0.4038
06 $M_R \cdot [FVA'(R - 1 : i = 12\%)]$	C . D	E	2.268	2.632	2.892	3.093	3.122	3.324	3.351	3.846	3.815
07 $\sum_{R=0}^{R-1} M_R \cdot [FVA'(R; i = 12\%)]$		F	2.268	4.900	7.792	10.885	14.007	17.331	20.682	24.528	28.343
08 Valor de reventa (V_R)	Tarifados	G	27.200	22.032	18.066	15.176	12.899	11.222	9.988	8.989	8.789
09 Coeficiente valor actual $FVA'(R : i = 12\%)$		H	0.8928	0.7971	0.7117	0.6355	0.5674	0.5066	0.4523	0.4038	0.3606
10 Valor de reventa $V_R \cdot [FVA'(R : i = 12\%)]$	G . H	I	24.284	17.561	12.857	9.644	7.319	5.685	4.517	3.630	3.169
11 $P - V_R \cdot [FVA'(R : i = 12\%)] + \sum_{R=0}^{R-1} M_R \cdot [FVA'(R - 1; i = 12\%)]$	P-I+F	J	11.984	21.339	28.935	35.241	40.688	45.646	50.165	54.898	59.174
12 $1 - [FVA'(R : i = 12\%)]$	1 - H	L	0.1772	0.2029	0.2883	0.3645	0.4326	0.4934	0.5477	0.5962	0.6394
13 $VA / \{1 - [FVA'(R : i = 12\%)]\}$	J / L	M	111.790	105.166	100.362	96.684	94.056	92.514	91.592	92.082	92.548
14 $1 - [FVA'(R = 1 : i = 12\%)]$		N	0.1072								
15 Pagos anuales	M . N	O	11.984	11.274	10.759	10.364	10.083	9.917	9.819	9.871	9.921

Tabla 3.6 Momento preciso del reemplazo del vehículo. Tasa de intereses: 18 % anual

01 Año			1	2	3	4	5	6	7	8	9
02 Costo de Mantenimiento Anual (M_R)		A	2.400	3.120	3.840	4.600	5.200	6.200	7.000	9.000	10.000
03 Coeficiente valor actual $FVA'(R=0.5 : i = 18\%)$		B	0.9205								
04 Costo de Mantenimiento a comienzos de año	A . B	C	2.209	2.872	3.535	4.234	4.787	5.707	6.443	8.284	9.205
05 Coeficiente valor actual $FVA'(R-1 : i = 18\%)$	Tarif ado s	D	1.0000	0.8474	0.718 1	0.6086	0.5157	0.4371	0.370 4	0.313 9	0.2660
06 $MR.[FVA'(R-1 : i = 18\%)]$	C . D	E	2.209	2.434	2.538	2.577	2.468	2.494	2.386	2.600	2.448
07 $\sum_{R=0}^{R=1} M_R \cdot [FVA'($		F	2.209	2.643	2.181	9.758	12.226	14.720	17.10 6	19.70 6	22.154
08 Valor de Reventa (V_R)	Tarif ado s	G	27.200	22.032	18.06 6	15.176	12.899	11.222	9.988	8.989	8.789
09 Coeficiente valor actual $FVA'(R: i = 18\%)$		H	0.8474	0.7181	0.608 6	0.5157	0.4371	0.3704	0.313 9	0.266 0	0.2254
10 Valor de Reventa V_R . [$FVA'(R: i = 18\%)$]	G . H	I	23.049	15.821	10.99 5	7.826	5.638	4.157	3.135	2.391	1.981
11 $P-V_R$ [$FVA'(R: i = 18\%)$] + $\sum_{R=0}^{R=1} M_R \cdot [FVA'($	P- I+F	J	13.160	22.822	30.18 6	35.932	40.588	44.563	47.97 1	51.31 5	54.173
12 $1-[FVA'(R; i = 18\%)$]	1- H	L	0.1526	0.2819	0.391 4	0.4843	0.5629	0.6296	0.686 1	0.734 0	0.7746
13 $VA\{1-[FVA'(R: i = 18\%)$]	J / L	M	86.238	80.956	77.12 2	74.194	72.106	70.782	69.92 0	69.91 4	69.940
14 $1 - [FVA'(R = 1 : i = 18\%)$]		N	0.1526								
15 Pagos Anuales	M . N	O	13.160	12.354	11.76 9	11.322	11.003	10.801	10.67 0	10.66 9	10.673

3. Los Métodos Extracontables

Por métodos extracontables se entienden aquellos de contabilidad analítica, que permiten calcular un costo completo de transporte, a partir de una desagregación de las cuentas de la contabilidad general. Por ejemplo, en lugar de contabilizar el mantenimiento por origen del gasto, separando insumos (refacciones), consumos (lubricantes, agua, luz) y mano de obra en cuentas diferentes, se agrupan todos los costos de mantenimiento para cada vehículo y familia de vehículos, utilizando informaciones extracontables tales como: las bitácoras de los vehículos, las órdenes de reparación y los vales de refacciones, entre otros.

Dentro de esta categoría, el método más conocido es el método del costo unitario, de común aplicación en Europa. Éste consiste en calcular el conjunto de los gastos fijos y variables por familia de vehículos. Al dividir esta cantidad por el kilometraje anual o acumulado, se obtiene un costo unitario de utilización anual o acumulada, para cada categoría de vehículos. Cada vez que se observa un valor mínimo de este costo, es oportuno cambiar las unidades involucradas. De lo contrario, la empresa deberá asumir posteriormente costos crecientes de utilización.

Cuando la actividad de las unidades de transporte es relativamente constante suele existir un sólo valor mínimo del Costo Unitario Anual. Por lo tanto, el número de años correspondiente indica una norma de reposición de la flotilla de la empresa. Cuando existen varios mínimos en el tiempo y, por ende, varios períodos posibles de reposición, el costo unitario más bajo indica el período “ideal” para proceder al cambio de las unidades. Tiene la ventaja de referirse al costo real de transporte, para cada familia de vehículos, contrariamente a los métodos contables antes referidos. Sin embargo, requiere de un sistema más sofisticado de información sobre la frecuencia de trabajo de los vehículos, que no siempre está al alcance de pequeñas empresas

(Valencia, 2011; Villamarín Gavilanez, 2013).

3.1 Método 3: Costo Unitario Anual (C_{ua})

Se define como el costo total anual de transporte entre el kilometraje anual del vehículo. Cuando este costo varía mucho de un año al otro, se suele considerar la relación entre el costo y el kilometraje acumulados a lo largo de la vida útil del vehículo, la cual determina el costo unitario promedio.

Al igual que en los métodos anteriores, los cálculos se efectúan en moneda constante o corriente.

En teoría, el período óptimo para reemplazar el vehículo, es aquel que proporciona el valor mínimo del costo unitario.

Ventajas del método

- Simplicidad del cálculo y criterio de decisión único.
- Se considera integralmente el costo de transporte.
- El método se aplica en los dos casos de depreciación: lineal y degressiva.

Desventajas del método

- No toma en consideración la disponibilidad financiera de la empresa.
- No da resultados muy confiables cuando el kilometraje anual de los vehículos se vuelve irregular a lo largo del tiempo.
- El carácter unívoco del criterio de decisión es muy teórico, ya que, en la práctica, casi siempre existen varios mínimos relativos.

4. Los Métodos de Optimización

Los métodos antes descritos permiten decidir cuándo reponer un vehículo, pero no indican como hacerlo, puesto que no toman en cuenta algunos puntos críticos como son: la disponibilidad financiera de la empresa o su política de renovación (cuando exista). Por estos motivos, en la actualidad cobran auge los métodos de optimización desarrollados con auxilio de la computación. A continuación se presentan dos de ellos, que ya encontraron un campo de aplicación en múltiples empresas de transporte de pasajeros y de carga.

4.1 Método 4: Método del Margen de Utilidad Anual

Este método fue desarrollado por el Transport and Road Research Laboratory (TRRL), de Inglaterra. Consiste en clasificar los vehículos por orden decreciente de utilidad de operación anual, eliminando todos los que no cumplan con una norma preestablecida (por ejemplo, la utilidad promedio por vehículo). La utilidad de operación anual para clase de edad, se compara con una norma preestablecida para el conjunto de la empresa. Las clases de edad, cuyo

margen promedio de utilidad se encuentra por debajo de esta norma, están consideradas como las que hay que reemplazar en prioridad, partiendo de la utilidad más baja hasta la utilidad más cercana a la norma de la empresa.

En este caso, no existe ninguna edad obligatoria para cambiar los vehículos, siendo los resultados mismos de operación de las unidades, los que determinan cuáles son las que se tienen que dar de baja. El cálculo se establece sobre la base de promedios anuales, pero el período de referencia puede ser más corto (semestre, trimestre). Para evitar distorsiones entre clases de edad, sólo se considera la utilidad de operación, es decir, antes de gastos financieros, depreciación e impuestos.

Al igual que en los métodos anteriores, los cálculos se efectúan en moneda constante o corriente.

La ventaja de este método reside en su carácter pragmático, ya que considera la operación de las unidades bajo el punto de vista de su estricta rentabilidad. Cuando existan restricciones financieras, todos los vehículos que no se dan de baja en el mismo año, siguen participando en la utilidad promedio del año siguiente y, por ende, en la determinación de la norma empresarial de reposición.

Por tanto, este integra indirectamente eventuales restricciones financieras, conformando un criterio de decisión racional y precisa. Sin embargo, sólo se aplica en empresas con una lógica de corporación financiera, como serían los agentes de carga o las compañías de transporte multimodal (carga consolidada), todavía poco desarrolladas en muchos países en vías de desarrollo.

Ventajas del método

- El análisis se centra en la rentabilidad de la empresa.
- El método es independiente del ritmo de depreciación y del costo de financiamiento de la empresa.

Desventajas del método

- Requiere una base de información completa sobre la productividad de los vehículos a lo largo de su vida útil.
- La utilidad de operación depende también de variables en parte exógenas a la empresa (recorrido, demoras, defecto constructivo).

4.2 Método 5: Método del Costo de Posesión

Este método fue desarrollado en Francia por la firma consultora Intralog, en asociación con el Instituto Nacional de Investigación en Transporte y Seguridad (INRETS) y la Agencia para la Protección Ambiental y el Dominio de la Energía (ADEME). Dicho método ha experimentado una evolución constante para adaptarse a las innovaciones del micro-informática, abarcando una gama diversificada de aplicaciones, tanto en Francia como en España, Argentina y México, donde inició recientemente su comercialización.

El costo anual de posesión de un vehículo se define como la suma de los costos de depreciación, mantenimiento e inmovilización. El costo anual de depreciación de la unidad se obtiene por comparación entre los valores de reventa en el mercado secundario o, en su defecto, considerando la depreciación contable anual;

El costo anual de mantenimiento es un costo completo que incluye los costos fijos y variables del taller propio y de los servicios externos a la empresa;

El costo anual de inmovilización es el conjunto de los costos fijos menos depreciación que soporta la empresa cuando la unidad no trabaja. En su caso, se le puede agregar el margen de utilidad que se deja de ganar por tener la unidad inmovilizada sin flete.

En otros términos, el costo anual de posesión representa el costo de oportunidad de poseer y conservar un capital-vehículo. En los primeros años de operación de la unidad, los costos financieros y la depreciación anual son mayores que los costos de mantenimiento y las pérdidas comerciales generadas por la inmovilización del vehículo, puesto que éste no se somete a intervenciones en taller fuera de las de rutina. A medida que pasa el tiempo, desaparecen los gastos de amortización de crédito y la depreciación de la unidad, mientras que los costos de mantenimiento e inmovilización tienden a crecer, sin que su aumento sea lineal en el tiempo (Márquez Díaz, y Castro, 2015).

En consecuencia, la curva de costo anual de posesión muestra varios máximos y mínimos que dependen de la actividad y del tiempo de explotación de cada unidad.

Cada vez que este costo pasa por un valor mínimo aparece un período oportuno de reposición. Por lo tanto, existen varios períodos de renovación posibles, cuyo rango de prioridad se puede deducir al clasificar los mínimos relativos observados por orden creciente de valores.

Al igual que en los métodos anteriores, los cálculos se efectúan en moneda constante o corriente.

Ventajas del método

- No existe un período único de renovación.
- En caso de indisponibilidad financiera, la empresa puede dejar pasar un período y cambiar la unidad cuando se vuelve a presentar un valor mínimo del costo anual de posesión. O sea, permite elegir entre varias oportunidades de renovación, según la capacidad financiera de la empresa.
- Toma en cuenta la totalidad de los costos del vehículo, incluso los gastos financieros.
- Toma en consideración el costo de inmovilización de cada unidad, es decir, cuánto cuesta realmente tener el vehículo sin trabajar. Por lo tanto otorga a la empresa un instrumento de medición muy útil para controlar este factor que resulta ser el más oneroso, a medida que envejece la unidad.
- Ya que siempre existe un costo mínimo más bajo que los otros, este mínimo absoluto es un excelente indicador para determinar una norma general de reposición para cada familia de vehículos.

Desventajas del método

- La implantación de este método avanzado supone un desarrollo informático consistente para incorporar las ventajas de las bases de datos integrales, actualmente comercializadas en aplicaciones individuales o por medio de redes (Novell, Microsoft, Borland).
- Requiere de un sistema de contabilidad analítica y una estadística actualizada de los días de inmovilización de los vehículos por clases de edad.

5. Comparación de los Métodos de Renovación Vehicular.

Si se fueran a determinar los períodos de reposición empleando los métodos anteriormente relacionados, las diferencias obtenidas en cuanto al período óptimo de reposición oscilarían, aproximadamente, según los valores mostrados en el tabla 3.7.

Tabla 3.7 Resumen de resultados.

Método	Óptimo de reposición	Otros períodos posibles	
1	4-5 años		
2	6-7 años	5-6 años	11-12 años
3	12-13 años	8-9 años	11-12 años
4	11-12 años	5-6 años	8-9 años
5	12-13 años	11-12 años	5-7 años

Según el método empleado, destacan tres períodos prioritarios de reposición de unidades: 5-7 años, 8-9 años y 11-13 años. Para una empresa con suficiente disponibilidad financiera, el período “ideal” sería entre 5-7 años, como norma de reposición. En caso de reconstruirse la unidad o de no disponer de suficiente liquidez, se podría organizar la política de reposición considerando una vida útil de 8-9 años. Finalmente, en casos extremos, lo máximo aceptable sería 11-13 años.

Cabe mencionar que los órdenes de prioridad difieren según el método empleado. Sin embargo, los métodos 2 a 5 muestran una convergencia de 11-13 años como edad obligatoria de cambio de las unidades, indicando la prioridad absoluta de eliminar los vehículos más antiguos para hacer bajar la edad promedio del parque vehicular y así enfrentar los retos crecientes de la competencia interna y externa. Cabe aclarar de las mismas simulaciones, en el caso de un país industrializado arrojarían una edad prioritaria sensiblemente menor (6-8 años), según la rama de actividad.

El período 8-9 años aparece como una segunda prioridad, después de eliminar los vehículos más antiguos. Podría representar un buen compromiso para iniciar una reposición sistemática que permita a las empresas nacionales homologarse con sus competidores de Norteamérica.

Recomendaciones para la selección de los Métodos de Renovación.

Todos los métodos de reposición vehicular antes mencionados requieren de una información mínima para ser implantados. En particular, es imperativo disponer de una información por familias de vehículos, incluyendo por lo menos:

- Valor y fecha de compra de las unidades
- Reglas de depreciación practicadas
- Kilometraje anual de las unidades
- Costo anual de mantenimiento de las unidades

Sólo las dos últimas categorías de información implican un procesamiento particular y, por ende, presentan algunas dificultades de recopilación. En particular, la obtención del costo de mantenimiento por unidades, y luego por familia de vehículos, requiere elaborar ordenes de reparación que contabilicen tanto los insumos y refacciones como las horas efectivas trabajadas, además de identificar claramente el tipo de vehículo y la fecha exacta de la introducción en el taller. Adicionalmente, se requiere una actualización periódica de la información por familia de vehículos, mínimo dos veces por año para tomar decisiones oportunas de reposición.

En lo referente a la selección de los métodos más adaptados a la capacidad de las empresas, se pueden sugerir las siguientes recomendaciones:

Para empresas sin contabilidad analítica de costos: En este caso, muy común en países no desarrollados, es recomendable aplicar los métodos 1 o 2, comenzando por desarrollar una contabilidad del taller, como paso previo al desarrollo ulterior de una contabilidad del costo completo de transporte. De esta manera, estas empresas estarán en posibilidad de aplicar paulatinamente los otros métodos que conlleven resultados más pertinentes, sobre todo cuando el kilometraje de las unidades es más irregular o cuando muchas marcas distintas están representadas en el parque de vehículos.

Para empresas con contabilidad analítica de costos: La aplicación del resto de los métodos depende del nivel de desarrollo de sus herramientas computacionales. El método 3 no requiere ningún sistema en particular y puede ser implantado con recursos propios. Sin embargo, se recomienda una aplicación disgregada, es decir, externa a la contabilidad general que podría ser desarrollada por una o dos personas pertenecientes a la gerencia de ventas o de tráfico, con sus respectivos enlaces en el taller y en la gerencia administrativa. En el caso de las empresas más familiarizadas con la micro-informática y el manejo de redes internas, se recomienda la aplicación de los métodos 4 o 5, siendo el último el más apropiado para una optimización integral de la reposición de vehículos, puesto que este método se beneficia de las mejoras constantes aportadas al desarrollo de una gama de productos informáticos.

Conclusión

En particular, ya existen productos comerciales que relacionan la política de reposición parque de vehículos con disponibilidad financiera de las empresas, procurando optimizar las compras anuales de vehículos nuevos y semi-nuevos. Así mismo, existen aplicaciones más recientes que combinan la definición del período óptimo de reposición con la determinación de criterios de selección vehicular.

Bibliografía

Abe, M. (2015). *Vehicle handling dynamics: theory and application*. Butterworth-Heinemann.

Álvarez-Sánchez, V. (2009). Fundamentos para la determinación de la capacidad de carga de un remolque cañero durante su proceso de diseño. *Ingeniería Mecánica*, 12(2), 77-82.

Aparicio, F., Vera, C., & Díaz, V. (1995). *Teoría de los vehículos automóviles*. Publicaciones ETSIIM,

Biezborodova, G. B., Mayak, N. M., Chalii, A. A. (1989). “Economía de consumo durante la conducción de los automóviles”. Kiev: Editorial Técnica. 128p.

Borovskij, B. E. (1986). “Seguridad del movimiento del transporte automotor”. Leningrado: Editorial MIR. 700p.

Carmenate, V. M., Vega, J. F., Martínez, J. C., & Suárez, E. M. (2004). Evaluación de las áreas de ausencia de potencia, selectividad de marchas, solape entre marchas y eficiencia de la aceleración. *Ingeniería Mecánica*, 3, 43-48.

Chacón Yáñez, G. P., Toapanta, T., & Olmedo, S. (2012). Evaluación técnico de la remotorización del camión Kamaz con motor y caja de velocidades Mercedes Benz.

Chudakov, D. A. (1977). “Fundamentos de la teoría y el cálculo de tractores y automóviles”. Moscú: Editorial MIR. 431p.

Cotella, N. G., Manelli, A. H., & Antonelli, S. F. (2004). Análisis de los efectos de las irregularidades de la carretera sobre la dinámica del vehículo. *Mecánica Computacional*, 23, 2179-2187.

Crolla, D. A. (2002). *Theory of Ground Vehicles*.

Dipotet, L. (2014). Fuerzas de resistencia en medios de transporte. Monografía. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos101/fuerzas-resistenciamediostransporte/fuerzas-resistencia-medios-transporte.shtml>. 154

Doğan, S. N., HeNNiNG, G., & Gödecke, T. (2014). Advanced transmission technologies to improve vehicle performance. *Alternative Fuels and Advanced Vehicle Technologies for Improved Environmental Performance: Towards Zero Carbon Transportation*, 393.

Filippini, G., Nigro, N., & Junco, S. (2005). Estudio del comportamiento dinámico de vehículos terrestres utilizando la técnica de Bond Graphs. *Mecánica Computacional*, 24, 29-34.

Garnier, M. C. (2008). Criterios y metodología para la determinación de los parámetros dinámicos y cinemáticos para la remotorización. *Ingeniería Mecánica*, 2, 29-34.

González, L. D. A. R., Pau, F. S., & Asencio, O. C. (2004). Criterios técnicos para evaluar y seleccionar ofertas de vehículos ligeros. *Ingeniería Mecánica*, 3, 61-67.

Govorushenko, H. Ya. (1984) “Explotación técnica de los automóviles”. Jarkov: Editorial Educación Superior. 312p.

Heißing, B., & Ersoy, M. (Eds.). (2010). Chassis handbook: fundamentals, driving dynamics, components, mechatronics, and perspectives. Springer Science & Business Media.

Hilliard, J. C., Springer, G. S. (1988). "Fuel economy in road vehicles powered by spark ignition engines". Moscú: Editorial: Construcción de maquinaria. 504p. ISBN 5-217-00294-8.

Ilarionov, V. A., Morín, M. (1985). "Teoría y construcción de automóviles". Moscú: Editorial Construcción de Maquinarias. 368p.

Izquierdo, F. A., Vera, C., & López, V. D. (1995). Teoría de los vehículos automóviles. Universidad Politécnica de Madrid.

Jazar, R. N. (2013). Vehicle dynamics: theory and application. Springer Science & Business Media.

Jovaj, M. S. (1978). "Motores de automóvil". Moscú: Editorial MIR. 655p.

Klimpush, O. D, Rubsov, V. A., Gutariievich, Yu. F. (1988). "Economía de consumo de combustible en el transporte automotor". Kiev: Editorial Técnica. 144p.

Kouroussis, G., Dehombreux, P., & Verlinden, O. (2015). Vehicle and powertrain dynamics analysis with an automatic gearbox. Mechanism and Machine Theory, 83, 109-124.

Lechner, G., & Naunheimer, H. (1999). Automotive transmissions: fundamentals, selection, design and application. Springer Science & Business Media.

Litvinov, A. S., Farovin, Ya. E. (1989). "El automóvil: Teoría de cualidades de explotación". Moscú: Editorial Construcción de Maquinarias. 240p.

Lopes da Silva, M., & Albino Fontes, A. (2005). Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra (VET). Revista Árvore, 29(6).

Madrid. Arribas, D., & Martín, A. (2008). Modelos matemáticos de la estabilidad lateral de Vehículos de Transporte Colectivo, Industriales y Especiales. INSIA, Valencia-España.

Márquez Díaz, C. L., & Castro, J. F. (2015). Uso del Valor actUal Neto, tasa INterNa de retorNo y relacIón BeNeficIo-costO eN la eValUacIón fINaNcIera de UN Programa de VacUNacIón de fleBre aftosa eN el estado yaracUy, VeNezUela. Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias, UCV, 56(1).

Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2013). Libro A, Normas para estudios y diseños viales. NEVI-12-MTOP. Quito.

Muñoz, M., Payri, F. (1993). "Motores de Combustión Interna Alternativos". España: Editorial Sección de Publicaciones de la E. T. S. de Ingenieros Industriales. Fundación General U. P. M. 725p.

Navarro, R., & Bernardo, G. (2014). Aerodinámica de Turbinas Eólicas Magnus de Eje Horizontal y su Potencial uso en Ambientes Urbanos (Doctoral dissertation).

Ojeda Montoya, P. J. (2012). Diseño y construcción de un sistema de transmisión con cadena y diferencial Torsen para un prototipo de vehículo tipo mono-plaza para la competencia Formula Student (Pregrado dissertation, LATACUNGA/ESPE/2012).

Orlín, A. C. et al. (1985). "Motores de combustión interna: Sistemas de motores de pistón y combinados". Moscú: Editorial Construcción de Maquinarias. 456p. 155

Pelliccione, P., Knauss, E., Heldal, R., Ågren, S. M., Mallozzi, P., Alming, A., & Borgentun, D. (2017). Automotive Architecture Framework: The experience of Volvo Cars. *Journal of Systems Architecture*.

Penabad-Sanz, L., Iznaga-Benítez, A. M., Rodríguez-Ramos, P. A., & Cazañas-Marisy, C. (2016). Disposición y disponibilidad como indicadores para el transporte. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25(4), 64-73.

Pérez Alcové, Ignacio. (1978). "Coeficientes de evaluación de automóviles". *Revista: Transporte y vías de comunicación*. ISPJAE. Ciudad Habana (3): 59.

Prontuario de automóviles. (1989). Instituto Estatal Científico-Técnico del Transporte Automotor. Moscú: Editorial Transporte. 224p.

MORALES, M. Y. (2004). Métodos para la renovación de vehículos de auto-transporte de servicio pesado. *Publicación Técnica*, (260).

Ramírez Padilla, D. N. (2008). *Contabilidad administrativa*. Mc GrawHill. México.

Rocha Hoyos, J. C., & Zambrano León, V. D. (2015). Análisis del funcionamiento del motor de encendido provocado, debido a la presencia de aditivos (Magister dissertation, Quito, 2015.).

Rocha-Hoyos, J., Tipanluisa, L. E., Reina, S. W., & Ayabaca, C. R. (2017). Evaluación del Sistema de Tracción en un Vehículo Eléctrico Biplaza de Estructura Tubular. *Información tecnológica*, 28(2), 29-36.

Sundararajan, G., Joshi, S. V., & Krishna, L. R. (2016). Engineered surfaces for automotive engine and power train components. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 11, 1-6.

Tokarev, A. A. (1982). "Economía de consumo: Cualidades de tracción-velocidad de los automóviles". Moscú: Editorial Construcción de Maquinarias. 222p.

Valencia, W. A. (2011). Indicador de rentabilidad de proyectos: el valor actual neto (van) o el valor económico agregado (eva). *Industrial Data*, 14(1), 15-18.

Villamarín Gavilanez, C. R. (2013). Evaluación financiera del plan de renovación vehicular implementado por la CFN y propuesta de ampliación dirigida al sector de transporte privado particular (Bachelor's thesis, SANGOLQUÍ/ESPE/2013).

Vsorov, B. A. (1986). "Manual de motores diésel para tractores". Moscú: Editorial MIR. 700p.

Wong, J. Y. (2001). "Theory of ground vehicles". Third Edition. New York, E.U.:Editorial John Wiley & Sons, Inc. 528 p. ISBN 0-471-35461-9.

Xin, Q. (2011). *Diesel engine system design*. Elsevier.

Autores

Edilberto Antonio Llanes Cedeño,

Ingeniero Mecánico Automotriz, Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba. Master en Eficiencia Energética, Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba. Doctor en Ciencias Técnica, Universidad Politécnica de Madrid, España. Investiga en temas: Eficiencia Energética de procesos; Evaluaciones de Equipos de Transporte; Energía renovable para comunidades agrícolas. Ha trabajado como docente en la Universidad de Granma – Cuba, Universidad de Zambeze – Mozambique, profesor invitado en la Universidad SEK Chile y actualmente profesor auxiliar en la Universidad Internacional SEK Quito – Ecuador.

Juan Carlos Rocha Hoyos,

Ingeniero Automotriz, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Magister en Sistemas Automotrices, Escuela Politécnica Nacional. Investiga en temas: Elementos de los sistemas automotrices, motores y sus emisiones, además de la electrónica automotriz. Ha trabajado como docente en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y actualmente profesor auxiliar en la Universidad Internacional SEK Quito – Ecuador.

Euro Rodrigo Mena Mena,

Ingeniero Automotriz, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Investiga en temas: Diseño y construcción de bastidores y carrocerías para vehículos de competición (FORMULA STUDENT), Análisis y selección de componentes para trenes de rodaje.

Aléx Santiago Cevallos Carvajal,

Ingeniero Automotriz, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Magíster en Gestión de Energías. Investiga en temas: Análisis y utilización de energías renovables en generación, Eficiencia y evaluación energética para los sistemas mecánicos automotrices.

Víctor Danilo Zambrano

León, Ingeniero Automotriz, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Diplomado Superior en Autotrónica, Magíster en Sistemas Automotrices, Magíster en Gestión de la Producción. Investiga en temas: Seguridad vehicular, Sistemas Automotrices, Emisiones de gases de combustión.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ISBN: 978-9942-765-21-5



9 789942 765215