



Certificación ISO 9001:2008 ‡

Análisis de las características y capacidad de diseño de los vehículos de carga considerando la potencia y torque del motor del vehículo

Mercedes Yolanda Rafael Morales Luis Gerardo Sánchez Vela

> Publicación Técnica No. 412 Sanfandila, Qro, 2014

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

Análisis de las características y capacidad de diseño de los vehículos de carga en México considerando la potencia y torque del motor del vehículo

Publicación Técnica No. 412 Sanfandila, Qro, 2014

Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Ingeniería Vehicular e Integridad Estructural del Instituto Mexicano del Transporte, por la Dra. Mercedes Yolanda Rafael Morales y el Ing. Luis Gerardo Sánchez Vela.
Se agradece al Dr. Miguel Martínez Madrid, Coordinador de Ingeniería Vehicular e Integridad Estructural, su apoyo para la realización del presente trabajo.

Contenido

Resumen		iii
Abstract		vi
Resumen	Ejecutivo	xiii
Capítulo 1.	Introducción	1
Capítulo 2.	Estadísticas del sector autotransporte	3
Capítulo 3.	Principios básicos del tren motriz	13
Capítulo 4.	Características de las unidades	31
Capítulo 5.	Ejemplo de evaluación de vehículos pesados	36
Conclusiones		49
Bibliografía		53

Resumen

La relación entre el peso del vehículo y la potencia máxima del motor instalado en el vehículo, representa un índice de la capacidad de aceleración de un vehículo a bajas relaciones de engranes, con velocidades bajas y medias, y su ascenso en una pendiente. En el cálculo de esta relación, a menudo se recurre al peso del vehículo de acuerdo con la relación de cambio de la transmisión; La potencia puede ser determinada por diversos métodos (DIN, SAE, etc.). La relación peso/potencia, influye en el desempeño del vehículo y tiene una gran importancia en el consumo de combustible durante el trabajo normal. En teoría el consumo se ve influenciado únicamente por la potencia requerida, no se ve influenciado por el peso del vehículo cuando se conduce a una velocidad constante. Sin embargo, el transito del vehículo demanda frenadas continuas y por lo tanto aceleraciones continuas, por lo que, es muy importante tener en cuenta la potencia requerida para acelerar el vehículo. La determinación de la configuración del tren motriz de los vehículos de servicio pesado (VSP), ayuda a mejorar su desempeño y eficiencia energética durante las operaciones regulares. El análisis se apoya en mediciones y operaciones en campo. Considera la ruta de viaje, la altura máxima sobre el nivel del mar, la pendiente máxima ascendente y la carga transportada. Estas variables se utilizan para establecer el óptimo funcionamiento del motor con respecto a la eficiencia energética y la capacidad de arranque y ascenso en pendientes, a una velocidad aceptable. El método de selección del tren motriz tiene en cuenta la interacción de cada componente, ya que cualquier cambio en cada uno de ellos afecta al rendimiento global. Cuando las características de funcionamiento reales de la empresa son consideradas (rutas, niveles de carga, velocidades de funcionamiento, etc.), cada uno de los componentes del tren motriz es optimizado para su funcionamiento, prolongando su vida útil, logrando ahorros de combustible, y por lo tanto, reducir las emisiones al medio ambiente. Los resultados obtenidos con el análisis se presentan en forma gráfica, junto con una lista de las características del vehículo y el tren motriz seleccionado. Las gráficas incluyen la tabla de velocidad con el patrón de cambios de la transmisión dentro de la zona de mínimo consumo de combustible, y la gráfica de máxima capacidad de ascenso. Se presenta las relaciones de peso potencia para diferentes configuraciones vehiculares, así como un comparativo de acuerdo con el tipo de motor y el peso transportado.

PALABRAS CLAVE: Vehículo pesado, tren motriz, uso eficiente de combustible, relación peso/potencia.

Anális consid	sis de las derando la	caracter potencia	rísticas y y torque	capacida del moto	ad de o or del ve	diseño hículo.	de los	vehículos	de	carga	en	México

Abstract

The relationship between vehicle weight and maximum engine power installed in it represents an index of the acceleration capability of a vehicle to lower gears at low and medium speeds, and their march uphill. In calculating this ratio, often resort to the weight of the vehicle in running order; Power can be determined by various methods (DIN, SAE, etc.). The weight / power ratio, as well as influencing the performance of the vehicle, has a great importance in fuel consumption with a regular job. In theory, consumption, relying solely on the power required, see not influenced by the weight of the vehicle when driving at constant speed. However, as traffic demands imposed continuous braking, and therefore continuous accelerations, is very important to consider the required power to accelerate the vehicle. Determining the powertrain configuration of heavy-duty vehicles (HDV), aimed to improve their performance and energy efficiency during regular operations. The analysis is supported by field operations and measurements, including fuel consumption. The analysis considers the travel route, the maximum altitude above sea level, the maximum ascending slope and carrying load. These variables are used to establish the engine optimal operation with respect to energy efficiency and the startability and gradeability skills on slopes, with acceptable speed. The powertrain selection method takes into account the interaction of each component, since any change on each of them affects the overall performance. When the actual operating characteristics of the company (routes, load levels, operating speeds, etc.) is considered, each one of powertrain components is optimized for its operation, extending their lifetime and achieving substantial fuel savings, and therefore reducing emissions to the environment. The results obtained with the method are presented in graphical form, together with a list of the characteristics of the vehicle and selected powertrain. The graphs include the speed chart with the transmission shift pattern within the zone of minimum fuel consumption, and the graph of maximum gradeability. The comparative results of fuel consumption of HDV equipped with and without an optimal powertrain are also presented, in order to illustrate the potential savings in liters of fuel and costs. Power to weight ratios for different vehicle configurations and a comparison according to the engine type and payload, is presented

Key words: Heavy-duty vehicle, powertrain, fuel consumption, weight / power ratio

Análisis de las características y capacidad de diseño de los vehículos de carga en México considerando la potencia y torque del motor del vehículo.

Resumen ejecutivo

La relación entre el peso de un vehículo y la potencia máxima del motor instalado en el mismo, representa un índice de la capacidad de aceleración de un vehículo, para los cambios inferiores que proporcionan velocidades bajas y medias, así como el avance por una pendiente ascendente. Al calcular dicha relación, suele recurrirse al peso del vehículo considerando el número del cambio en la transmisión; la potencia se puede determinar de acuerdo con diversos métodos; SAE - Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros Automotrices); DIN -Deutsches Institut für Normung -(Instituto Alemán de Normalización).

La relación peso/potencia, además de influir en las prestaciones del vehículo, posee una gran importancia en el consumo de combustible con un empleo normal del mismo. El consumo de combustible, en teoría, al depender exclusivamente de la potencia requerida, no se ve influido por el peso del vehículo si se circula a velocidad constante. Sin embargo, como las exigencias del tráfico imponen continuos frenados y, por tanto, continuas aceleraciones, es muy importante considerar la potencia necesaria para acelerar el vehículo.

Conociendo la relación peso/potencia, es posible, con cierta aproximación, prever la capacidad de aceleración de un vehículo. El esfuerzo disponible para acelerar el vehículo es igual a la diferencia entre la fuerza de tracción y las resistencias al avance R. La fuerza de tracción es directamente proporcional a la potencia P que desarrolla el motor e inversamente proporcional a la velocidad v. Prescindiendo de la inercia de la transmisión, la aceleración del vehículo será el cociente entre la fuerza aceleradora F y la masa M del mismo, proporcional, a su vez, al peso G. Como la resistencia al avance, es pequeña respecto a la fuerza de tracción (condición que se cumple a velocidades bajas), la relación peso/potencia resulta inversamente proporcional a la aceleración que puede conseguirse.

A medida que la velocidad aumenta, las resistencias al avance determinan que dicha proporcionalidad vaya dejando de cumplirse y que la potencia posea una importancia menor. En las cuestas, la potencia adicional que hay que emplear con relación a la marcha por terrenos planos es proporcional al peso y a la inclinación de la carretera y aumenta con la velocidad. La velocidad máxima que puede superarse una pendiente, con una relación de transmisión adecuada, es inversamente proporcional a la relación peso/potencia, siempre que la resistencia al avance sea reducida.

Un vehículo con una relación peso/potencia más favorable podrá proporcionar aceleraciones superiores para una misma potencia desarrollada y, por tanto, para

igual aceleración empleará una potencia menor, con las consiguientes ventajas en el consumo. Evidentemente, dichas consideraciones son válidas en el caso de situaciones comparables (por ejemplo, motores iguales o similares montados en vehículos de pesos distintos), excluyendo casos límites, como vehículo con motores muy potentes, cuya reducida relación peso/potencia en realidad sólo se aplica en un intervalo de regímenes muy reducido.

La relación peso/potencia ha experimentado una gran reducción con el transcurso de los años. Los valores que antiguamente eran característicos de vehículos de clase media o superior, en la actualidad han llegado a ser alcanzados por los utilitarios. Precisamente, la constante disminución de esta relación ha sido lo que ha permitido el progresivo aumento de las prestaciones de los vehículos.

En algunos casos se emplea la relación potencia/peso (en vez de la relación peso/potencia), expresada en HP/t. Evidentemente, las prestaciones de un vehículo aumentan con dicha relación. En lugar de hacer referencia al peso en vacío, también se considera el peso del vehículo con el conductor incluido o el peso a plena carga (por ejemplo, para determinar la potencia mínima del tractor de un vehículos articulado en de carretera).

El análisis del presente documento se acotó a las configuraciones vehiculares de tres y nueve ejes, sin embargo, los resultados encontrados pueden ser aprovechados por todos los vehículos utilizados para el movimiento de las mercancías y que son representativos en el autotransporte de carga (C2, C3, T3-S2, T3-S3 y T3-S2-R4).

En el momento de utilizar los remolques y semirremolques de acuerdo a las densidades de la carga se incrementará el rendimiento del combustible por la disminución de la fuerza aerodinámica de arrastre. En el diseño de los remolques debe tomarse en cuenta el tipo de carga a transportar y sus características de transportación (a granel o en sacos), pues de ello depende que se incurra o no en sobrepeso.

El diseño de vehículos articulados conforme a las densidades de carga a transportar reduce significativamente los excesos de peso. De acuerdo a la oscilación lateral, por lo que la altura de las configuraciones vehiculares repercute drásticamente en la disminución de accidentes vehiculares, particularmente de tipo volcadura.

En cuanto a las sanciones por sobrepeso, se considera necesario que el incremento de las sanciones sean proporcionales al incremento en el daño al

pavimento, ya que, estas solo son proporcionales al incremento en el peso del vehículo y no al incremento en el daño al camino.

En cuanto al cumplimiento del reglamento de pesos y dimensiones, la autoridad puede vigilar de manera eficiente a los camiones que por su diseño y tipo de carga transportada podrían incurrir en sobrepeso, mientras que los camiones que cuentan con el diseño conforme a la carga especifica (densidades altas), pueden circular sin interrupciones en el tránsito, logrando con ello una entrega del producto en tiempo, costo, cantidad y forma convenida.

En relación al consumo del combustible se recomienda llevar a cabo un estudio de la disminución de la fuerza aerodinámica de arrastre por efecto del corte transversal, traducido en ahorros de combustible conforme a dicho tipo de corte, esto con la finalidad de alentar a las empresas y fabricantes de los remolques y semirremolques a iniciar la fabricación de carros de arrastre de acuerdo a las densidades de la carga movidas en el territorio nacional.

Se recomienda integrar Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS, por sus siglas en inglés) para el monitoreo del peso en los vehículos de autotransporte de carga, controlando con ello el peso vehícular.

Por último, es necesario que la Secretaria de Comunicaciones y Transportes y los organismos encargados de otorgar permisos de conectividad y tránsito por carreteras de menores especificaciones, se apoyen en diferentes criterios para su expedición, tales como: el tipo de carga a transportar, el peso bruto vehicular y los factores de carga que son resultado de las densidades de la mercancía y el volumen disponible en cada configuración vehicular.

Análisis de las características y capacidad de diseño de los vehículos de carga en México considerando la potencia y torque del motor del vehículo.

1 Introducción

De los accidentes que se registran cada año en las carreteras del país, 15 mil de los vehículos involucrados, pertenecen a autotransporte federal, de los cuales 900 son unidades de doble remolque. La Dirección General de Autotransporte Federal (DGAF) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), considera que un 80 % de los accidentes de unidades de carga, son atribuibles a un error del conductor, al exceso de velocidad y el resto, a las malas condiciones físicomecánicas del vehículo y a la condición superficial del camino.

Para llevar a cabo modificaciones a la *Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2008*, sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal, es necesario realizar un análisis desde el punto de vista de la unidad motriz, para determinar si lo establecido en la norma es suficiente para la operación de los vehículos de servicio de carga, tal como:

Las características específicas en los motores, respecto a la potencia y torque.

Determinar cuáles son los factores técnicos que influyen en el desempeño de la unidad motriz, desde el punto de vista de la capacidad de ascenso en pendiente ascendente, pendiente descendente y capacidad de carga.

Los objetivos de esta investigación fueron:

- a) Identificar los distintos tipos de vehículos que componen el parque automotor y sus características, encontrar las relaciones peso/potencia y otros elementos de identificación determinantes de su funcionamiento.
- b) Establecer las relaciones entre los distintos tipos de vehículos y el funcionamiento respecto a las velocidades en varias pendientes y la relación peso/potencia de los mismos.
- c) Determinar la influencia de la altura sobre el nivel del mar en la velocidad de los vehículos.

La relación peso/potencia promedio aumenta a medida que cambian las configuraciones del vehículo cuando aumenta el número de ejes. Como comportamiento general se observa que el régimen constante del motor y la velocidad constante de los vehículos disminuyen a medida que aumenta la pendiente de los tramos carreteros recorridos durante el estudio.

Se presentan gráficas del comportamiento del tren motriz de diferentes vehículos con cargas diferentes y la relación peso/potencia.

2 Estadísticas del sector autotransporte

El autotransporte federal de carga en México, ha constituido un factor estratégico para el desarrollo económico de nuestro país, además de un modo de integración nacional; el autotransporte sobresale entre los diferentes modos de transporte existentes en México, ya que, moviliza cerca del 81% de la carga terrestre y el 56% de carga nacional y además moviliza el 97% del total nacional de los pasajeros [1].

La flota vehicular del autotransporte federal en el año 2013 fue de 729,046 unidades, de las cuales el 52 % son unidades motrices y el 48 % son unidades de arrastre; del total de la flota vehicular 623,439 unidades son utilizadas para el manejo de carga general y 105,607 unidades para el manejo de la carga especializada, esto indica, que el 86 % del total de la carga movida por este modo de transporte, es carga general, y el 14 % es carga especializada; entre los tipos de carga especializada se encuentran: materiales peligrosos, vehículo sin rodar, fondos y valores, grúas para arrastre y vehículos voluminosos. Estos tipos y cantidades de carga son movidos en más de 377 660 kilómetros de superficie carretera en México.

La importancia del autotransporte se sustenta fundamentalmente en su alto grado de encadenamiento económico, proporcionando así, servicios a todos los sectores productivos de México; este tipo de transporte ha llegado a ser el modo dominante en los movimientos terrestres de mercancías con la caída del uso del ferrocarril, por cuya razón, podemos decir que el autotransporte federal de carga, constituye un elemento esencial además de insustituible para el constante crecimiento de nuestra economía, en la Tabla 2.1 se presenta la flota y años de antigüedad de los vehículos de autotransporte federal en circulación en 2013.

Es deseable transportar la mayor cantidad de carga por viaje para la mayor productividad; sin embargo, es necesario establecer límites de peso y dimensiones de los vehículos para evitar el daño a la infraestructura carretera y de puentes, así como permitir una operación segura y la convivencia entre los diversos usuarios de las carreteras.

Los límites de peso y dimensiones se fundamentan y establecen en el Reglamento sobre el peso y dimensiones de los vehículos y en la NOM-012-SCT-2-2008. En esta norma se está considerando transportar más carga, una mayor capacidad y lograr una mejor competitividad entre las empresas de transporte.

Tabla 2.1 Flota y años de antigüedad de vehículos del autotransporte federal [SCT, 2013]

	FLOTA Y	AÑOS DE AN	TIGÜEDAD	AUTOTRAN	NSPORTE	FEDERAL			
TIPO DE VEHICULOS	1994	2000	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
VEHICULOS DE PASAJEROS	49585	56882	79577	70656	78567	78763	86265	92125	98500
PASAJEROS	44109	41758	48374	42648	46948	46658	47172	50312	53440
TURISMO	5476	15124	31203	28008	31619	32105	39093	41813	45060
VEHICULOS DE CARGA	292100	372263	556150	501538	610148	635468	658760	715683	769898
VEH CARGA UNIDADES									
MOTRICES	198273	227847	310013	273455	331686	342064	351705	380342	406033
UNIDADES DE ARRASTRE	93827	144225	245843	227806	278133	293053	306700	334858	363200
GRUAS INDUSTRIALES	ND	191	294	277	329	351	355	483	665
ANTIGÜEDAD PROMEDIO DE									
LA FLOTA (AÑOS)	ND	15	13.29	12.89	14.21	14.67	14.68	15.07	15.40

La regulación de pesos y dimensiones se establece en función del tipo de vehículo y de la carretera, en la Figura 2.2 se presenta la clase de vehículos y las configuraciones que presentan.

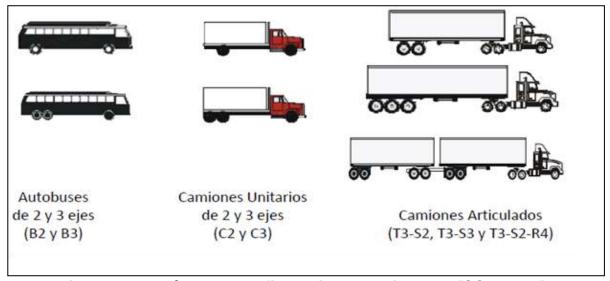


Figura 2.1 Vehículos y configuraciones vehiculares [SCT, 2013]

2.1. Parque Vehicular 2013

En la Tabla 2.2 se presenta la composición de las unidades vehiculares del autotransporte de carga por clase de vehículo.

Tabla 2.2 Composición de las unidades vehiculares del autotransporte de carga por clase de vehículo [SCT, 2013]

Vehículo	Clase	Total Nacional	%
Unidades motrices		381,250	52.3
Camión de dos ejes	C2	75,293	20
Camión de tres	C3	64,582	17
Tractocamión de dos ejes	T2	2,276	1
Tractocamión de tres ejes	Т3	238,390	63
Otros		709	0
Unidades de arrastre		347,112	47.6
Semirremolque de un eje	S1	2,685	
Semirremolque de dos ejes	S2	268,948	
Semirremolque de tres ejes	S3	71,565	
Semirremolque de cuatro ejes	S4	298	
Semirremolque de cinco ejes	S5	33	
Semirremolque de seis ejes	S6	66	
Semirremolques	S	343,595	99
Remolque de dos ejes	R2	2,750	
Remolque de tres ejes	R3	635	
Remolque de cuatro ejes	R4	104	
Remolque de cinco ejes	R5	8	
Remolque de seis ejes	R6	20	
Remolques	R	3,517	1
Grúas industriales	GI	684	0.1
 Total		729,046	100

La Figura 2.1 presenta el crecimento desde 1960 de las unidades motrices del autotransporte de carga por año modelo y clase de vehículo 2013.

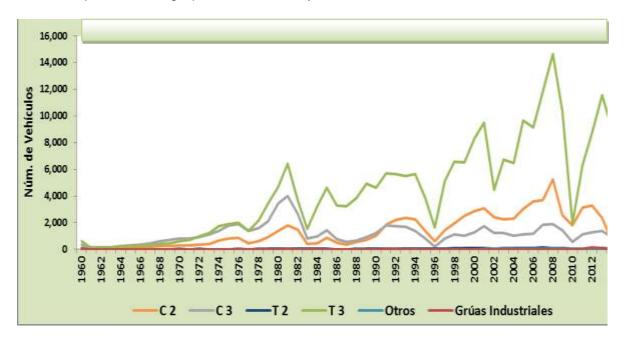


Figura 2.1 Unidades motrices del autotransporte de carga por año modelo y clase de vehículo 2013.

En la Tabla 2.3 se presentan la configuración del parque vehicular del autotransporte de carga por clase de servicio y clase de vehículo durante el año 2013.

Tabla 2.3 Parque Vehicular del Autotransporte de Carga por Clase de Servicio y Clase de Vehículo

	Unidades Motrices						
Clase de Servicio	C-2	C-3	T-2	T-3	Otros	Total de Unidades Motrices	Grúas Industriales
Autotransporte de Carga general	57,591	59,049	2,026	205,436	267	324,369	3
Autotransporte de Carga especializada	17,702	5,533	250	32,954	442	56,881	681
Total Nacional	75,293	64,582	2,276	238,390	709	381,250	684

De acuerdo al análisis, se tiene que los camiones más representativos para el movimiento de carga en los últimos 17 años de estudio, son los camiones unitarios de dos y tres ejes (C2 y C3), los tractocamiones de tres ejes y semirremolques de dos o tres ejes (T3-S2 y T3-S3), y los camiones doblemente articulados con semirremolque de dos ejes y remolque de cuatro ejes (T3-S2-R4); en el año 2012, estos últimos representaron el 98% total registrado.

La participación de las configuraciones vehiculares en cuanto al tonelaje de carga transportado destaca, el automotor T3-S2, con una participación del 36.5%; el T3-S2-R4, con 32.2%; el T3-S3 con 16. 1%, y los camiones unitarios de dos y tres ejes con 6.4% del tonelaje total desplazado en el año de estudio (SCT, 2012).

Durante el año 2012, el porcentaje de unidades con exceso de peso respecto a los vehículos en estudio y conforme al peso bruto señalado por el reglamento vigente fue de 6.1%, cuyo valor es mayor al registrado en el año 2005 que fue de 5.1%, este dato resulto menor al del año anterior. En cuanto al tipo de combinaciones motrices que muestran los más altos porcentajes de vehículos excedidos en el peso bruto vehicular son el camión articulado (T3-S3) y el camión doblemente articulado (T3-S2-R4).

De acuerdo a la tabla 2.4, los tres tipos de vehículos articulados que representan el mayor porcentaje en la participación del tonelaje transportado en el año 2007 (antes de la entrada en vigor de la NOM-012-SCT-2-2008) y el mayor porcentaje de participación vehicular en cuanto al valor económico de la carga son los camiones articulados T3-S2, T3-S3 y el vehículo doblemente articulado, T3-S2-R4, y la mayor incidencia que se ha tenido en cuanto a casos de sobrepeso desde el año 2003 hasta el 2007, son los vehículos articulados T3-S3 y el doblemente articulados T3-S2-R4, del mismo modo se observa que, mientras mayor es la capacidad de carga, mayor es el porcentaje de excedidos. Lo que sugiere especial atención a estas configuraciones vehiculares de carga, ya que, se encuentran entre los tres primeros lugares en la participación del manejo de mercancías y el problema de excesos en el peso bruto vehicular (PBV).

Tabla 2.4 Representación porcentual de la participación vehicular de los vehículos más significativos en el autotransporte de carga [SCT, 2007]

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	VEHÍCULOS ARTICULADOS DE CARGA					
Camiones y vehículos articulados más utilizados para el traslado de carga	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	
Edad en el año 2007 (años)	8.2	11.7	7.3	9.4	5.8	
Exceso de carga promedio en el peso reglamentado de 1991 a 2007	14.9%	11.9%	16.4%	13%	16.5%	
Porcentaje del peso bruto vehicular excedido en 2003 al 2007	2.40%	2.60%	5.70%	10.50%	14.60%	
Participación del tonelaje transportado en el año 2007	6.40%	6.40%	36.50%	16.10%	32.20%	
Participación vehicular en cuanto al valor económico de la carga en el año 2007	6%		54.70%	5.40%	28.50%	

2.2 Características de la configuración vehicular T3-S3

De acuerdo a la Estadística Básica del Autotransporte Federal 2013, en México se cuenta con un total de 190,357 tractocamiones de tres ejes, de los cuales 167,776 son utilizados para el transporte de carga general y el resto se utiliza para el transporte de la carga especializada.

El total de demanda de carga atendida y que es transportada en combinación con el tractocamión de tres ejes es de 396'420,000 toneladas anuales atendidas a nivel nacional, de la cual 346'333,000 es carga general y 50'087,000 es carga especializada.

En cuanto al vehículo de arrastre del tipo semirremolque de tres ejes (S3), existen 71,565 en México; de los cuales 59,286 se utilizan para el arrastre de carga general, mientras que 12,279 son utilizados para el arrastre de carga especializada. El semirremolque de tres ejes representa el 21% de las unidades de arrastre; este carro ocupa el segundo lugar, después del semirremolque de dos ejes (S2), el cual representa el 77% del total de la flota de carros de arrastre.

2.3. Características de la configuración vehicular T3-S2-R4

En el año 2013 se contaba con un total de 268,948 semirremolques de dos ejes (S2), de los cuales, 234,797 son utilizados para el arrastre de carga general y 34,151 para el arrastre de carga especializada; De acuerdo a la edad promedio del parque vehicular en el año 2013, la configuración vehicular T3-S2-R4 es la que utiliza tractores más nuevos, con una edad promedio en años de 5.8; En México solo existen 298 remolques de cuatro ejes, de los cuales, 124 se utilizan para el arrastre de carga general y 174 para el arrastre de carga especializada; el total de los remolques de cuatro ejes se encuentran distribuidos en la república mexicana y se utilizan mayormente en los estados de: Nuevo León, Distrito Federal, Oaxaca, Quintana Roo, Baja California, Durango, Tlaxcala, Tabasco, Coahuila, Sonora, Hidalgo, San Luis Potosí y Veracruz

En cuanto al dato de los 298 remolques, debemos tomar en cuenta que un remolque de cuatro ejes es un semirremolque de dos ejes con una adaptación (Dolly) de dos ejes, la cual se integra al semirremolque para su arrastre, y cuyo

armado, representa un remolque de cuatro ejes, es decir, la cantidad de remolques de cuatro ejes puede variar conforme a la cantidad existente de *Dollys*.

Tabla 2.5 Especificaciones técnicas y de seguridad de las configuraciones vehiculares T3-S3 y T3-S2-R4

7	RACTOCAMION-A	ARTICULADO (1	-S)
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T3-S3	6	22	
TRACTOC	AMION DOBLEM	ENTE ARTICULA	ADO (T-S-R)
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T3-S2-R4	9	34	

Tabla 2.3. Especificaciones de seguridad del tractocamión articulado T3-S3 y del tractocamión doblemente articulado T3-S2-R4.

PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO AUTORIZADO POR CLASE DE VEHÍCULO Y CAMINO

VEHÍCULO O CONFIGURACIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR (t) POR TIPO DE CAMII						
VEHICULAR	ET	Α	В	С	D		
TRACTOCAMION ARTICULADO T3-S3	54,0	54,0	45,5	40,0	NA		
TRACTOCAMION DOBLEMENTE ARTICULADO T3-S2-R4	66,5	66,5	NA	NA	NA		

NA- No Autorizado

Las configuraciones tractocamión doblemente articulado únicamente podrán circular en caminos Tipo "ET" y "A".

Tabla 2.4. Especificaciones de seguridad del tractocamión articulado T3-S3 y del tractocamión doblemente articulado T3-S2-R4

VEHÍCULO O CONFIGURACIÓN VEHICULAR	VELOCIDAD MÁXIMA POR TIPO DE CAMINO (km/hr)						
	ET	A	В	С	D		
TRACTOCAMIÓN ARTICULADO T3-S3	90	85	85	75	NE		
TRACTOCAMIÓN DOBLEMENTE ARTICULADO T3-S2-R4	85	80	80	70	NE		

NE= no especificado, NA= no autorizado ET= eje de transporte, A= carretera, B= red primaria, C= red secundaria, D= red alimentadora

2.4 Dimensiones vehiculares

Las dimensiones vehiculares se componen de: alto, ancho y largo vehicular, cuya integración es el resultado de las configuraciones vehiculares existentes.

Tabla 2.4. Longitudes de las configuraciones vehiculares T3-S3 y T3-S2-R4 conforme al tipo de camino

TRACTOCAMIONES ARTICULADO Y DOBLEMENTE ARTICULADO								
Configuración vehicular y nomenclatura	Ancho máximo autorizado (m)	Altura máxima autoriza da (m)	Núme ro de ejes	Tipo de camino				
				ET4 y ET2	A4 y A2	B4 y B2	С	D
T3-S3	2.6	4.25	6	Lt= 23.00	Lt= 20.80	Lt= 20.80	Lt= 18. 50	NA
T3-S2-R4	2.6	4.25	9	Lt= 31.00	Lt= 31.01	Lt= 28.50	NA	NA

Lt= Longitud total máxima (m); NA= No autorizado

Análisis de las características y capacidad de diseño de los vehículos de carga en México considerando la potencia y torque del motor del vehículo.

3 Principios básicos del tren motriz

El tren motriz, (Figura 3.1) es el conjunto de elementos mecánicos que proporcionan y transmiten la energía del combustible para convertirla en desplazamiento del vehículo. Los elementos que integran el tren motriz y que modifican en forma mecánica lo que el motor entrega, son: el motor, el embrague, la caja de velocidades, el diferencial y las llantas. Aunque existen otros elementos como son la flecha Cardán y los ejes de las llantas, estos elementos no realizan ninguna modificación a la energía entregada por el motor. Así el tren motriz deberá garantizar lo siguiente:

- Capacidad de arranque en pendientes.
- Habilidad de ascenso en pendientes.
- Velocidad de operación máxima.
- Aceleración.
- Capacidad de carga.
- Uso eficiente del combustible.

La configuración de los componentes del tren motriz se establece a partir de un modelo básico, en el que se consideran los parámetros de operación de cada uno de ellos.

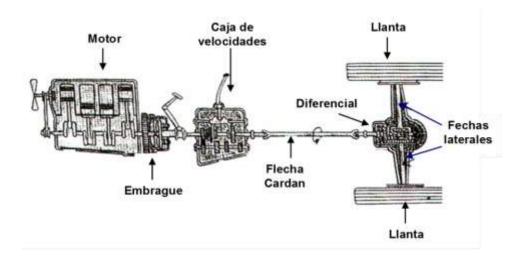


Figura 3.1 Tren motriz: motor, embrague, caja de velocidades, flecha cardan, diferencial, flechas laterales y llantas.

3.1 Motor

Los vehículos equipados, principalmente con motores Diesel. Estos motores se encuentran en el rango de 9 a 16 litros y de 200 a 600 hp (Ferguson, 1986). Estos, normalmente son turbo cargados y utilizan la inyección directa de combustible. La cantidad de combustible y su tiempo de inyección es calculada por una unidad de control electrónico.

El motor Diesel es un motor de combustión interna (Heywood, 1989), que trabaja bajo el principio del ciclo de cuatro tiempos y de manera general se tiene:

- 1) La carrera de admisión inicia en el punto muerto superior (PMS) y termina en el punto muerto inferior (PMI).
- 2) La carrera de admisión inicia en el punto muerto superior (PMS) y termina en el punto muerto inferior (PMI).
- 3) La carrera de compresión, mantiene las válvulas cerradas y se comprime el aire elevando la presión y temperatura. Cuando el pistón llega al PMS, se inyecta el combustible para su ignición.
- 4) La carrera de trabajo o expansión, se inicia en el PMS, cuando el combustible se enciende, terminando en el PMI. Los gases de la combustión empujan al pistón hacia el PMI, provocando que gire la manivela.
- 5) La carrera de escape, inicia en el PMI y termina en el PMS, al desplazarse el pistón hacia arriba la válvula de escape se abre, provocando que los gases, producto de la combustión, sean desalojados del cilindro.

El área de operación de un motor está descrita por tres curvas; la curva de torque, de potencia y de consumo de combustible, en la Figura 4.4 (Cummins, 2006) se presentan ejemplos de las curvas característica que proporcionan los fabricantes de motores. Estas curvas son determinadas a través de pruebas de laboratorio, en donde se miden el torque y la velocidad angular del motor y con esto se determina la potencia del motor.

La función objetivo para el motor es:

$$F_m = f(P_{gob}, T_{max}, C_{min}, R_m)$$
(3.1)

Donde F_m es la función objetivo del motor, P_{gob} es la potencia gobernada; T_{max} es el torque máximo, C_{min} es el consumo mínimo de combustible y R_m es el régimen

de operación del motor. Cada una de las variables es función de las características de diseño del motor. Las ecuaciones que rigen el motor son la del torque y la de potencia. El torque o par motor, desde el punto de vista físico es *la fuerza que se aplica a un cuerpo provocando un giro* y que realiza un trabajo, de forma general se puede expresar mediante la ecuación (3.2)

$$T = f(n, \delta) \tag{3.2}$$

Donde n es la velocidad de giro del motor, δ es la cantidad de combustible alimentado al motor y T el torque o par motor.

La potencia (*P*) del motor es una relación del torque generado y la velocidad angular del cigüeñal del motor dada por la siguiente relación:

$$P = T n (3.3)$$

Las curvas de consumo de combustible son certificadas considerando ciertos factores tales como el contenido mínimo de cetano y las condiciones ambientales. El consumo de combustible se presenta por lo general en peso de combustible consumido, a una potencia determinada en un periodo de tiempo. Los resultados de las pruebas pueden ser convertidos en volumen.

Debido a las costumbres de cada país las medidas nunca son las mismas. Kilos, onzas, libras, litros, galones, metros. Muchas palabras se entremezclan en un mundo cada vez más globalizado y con referencia a la medición de potencia de los motores no es la excepción. Diferentes medidas y sistemas para medir el desempeño de los motores se presentan y si no se sabe interpretarlas, pueden ser inexactas.

Por lo general se habla casi indistintamente de caballos de fuerza, CV, HP, sin saber realmente de lo que se está hablando, se supone que es lo mismo un CV (caballo de vapor) que un HP (*Horse Power* o caballo de fuerza) pero hay una sutil diferencia.

El CV equivale a la fuerza sostenida en un segundo de tiempo necesaria para mover un metro de distancia un peso de 75 kilos. En el caso de los HP la distancia y el tiempo son iguales, pero el peso pasa a 76,04 kilos. Por eso 1 CV equivale a 0,9864 HP, y un HP a 1,0137CV.

Cuando una empresa decide medir la potencia de un motor, puede elegir las normas SAE (*Society of Automotive Engineers*) o DIN (*Deutsche Industrie-Norm*). Cuando se elige medir bajo normas SAE – originada en EEUU- se mide la

potencia del motor haciéndolo funcionar sin ninguno de sus accesorios. Así la potencia que mide es bruta, sin filtro de aire, ventilador, sistema de aire, y demás accesorios. La diferencia entre la medición con y sin accesorios es evidente, debido a que un ventilador puede llegar a consumir hasta 10 HP y un filtro de aire con alta restricción de flujo de aire puede reducir la potencia en 2 HP. El alternador y el sistema de enfriamiento también reducen en 2 HP, mientras que un sistema de escape completo, con catalizador y silenciadores puede reducir hasta 6 HP

La norma DIN mide las prestaciones del motor en CV en condiciones normales de servicio, con el sistema de alimentación de combustible como está especificado en la serie y con todos los accesorios accionados por el motor en funcionamiento. Los motores medidos en CV proporcionan una potencia 10 o 15 % menor que los medidos en HP.

Para tratar de unificar criterios se propuso la utilización de una medida única, internacional que no dependa de las técnicas de medición de los diferentes países. Por lo que se propuso el kilowatt. El kilowatt equivale a 1000 watts, y el watt es una medida de potencia universal. La relación entre KW y CV es de 1CV = 0,736 KW y 1 KW es igual 1,36 CV. En cuanto a los HP, 1 HP equivale a 0,746 KW y 1 KW a 1,341 HP. Sin embargo, los KW son menos utilizados debido a costumbre de utilizar los CV y los HP para establecer la potencia de los motores.

Por lo tanto, la potencia del motor dependerá fundamentalmente de la cantidad de combustible que se logre quemar en cada ciclo del motor. Y eso está estrechamente ligado a la cantidad de oxígeno que ingrese a los cilindros. La cantidad de aire que ingresa en cada tiempo de admisión es la misma, lo que varía es la cantidad de oxígeno que ingresa, que depende de la temperatura, la presión y la humedad. A mayor temperatura atmosférica o menor presión, el aire se torna menos denso. Y por el contrario, a mayor presión y menor temperatura la masa de aire será más densa y contendrá más oxígeno. La humedad también es fundamental. El vapor de agua disuelto en el aire ocupa un determinado volumen, que será mayor cuanto mayor sea la cantidad de vapor, lo que resta potencia al motor.

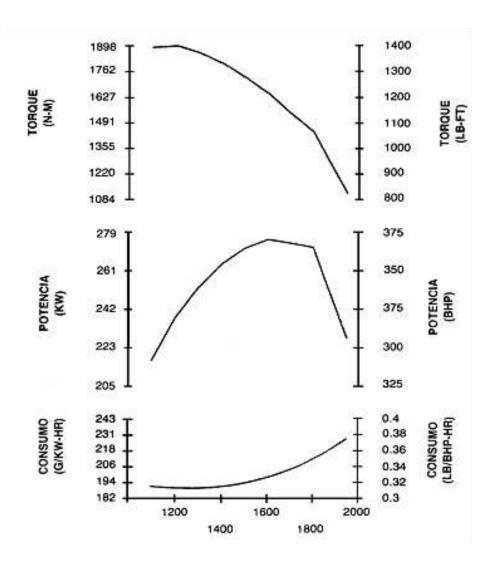


Figura 3.2. Curvas características del motor N14-370 de Cummins. Los valores del torque están dados en N-m y en lb-ft, los valores de la potencia se encuentran en kW y hp. El consumo específico de combustible se mide en gramos por kilo Watt-hora (g/kW-h) o libras por caballos de potencia al freno-hora (lb/bhp-h), estas unidades permiten a los fabricantes de motores comparar la eficiencia de los mismos (Cummins, 1991).

3.2 Embrague

El embrague o clutch es un sistema que permite transmitir la energía del motor a la transmisión por medio de discos de fricción desde el volante del motor, que es el impulsor, a la caja de velocidades (transmisión) elemento impulsado Este elemento del tren motriz, aunque no modifica la potencia que entrega el motor, realiza una serie de acciones para el funcionamiento correcto del vehículo, como son:

- En posición acoplado (o "embragado") transmite la potencia suministrada. En un vehículo, este se desplaza y el motor está vinculado a la transmisión.
- En posición desacoplada (o "desembragado") se interrumpe la transmisión de la potencia. Por lo que el motor puede continuar girando sin transmitir este giro a las ruedas.
- En posición intermedia restablece progresivamente la transmisión de la potencia a la caja de velocidades.

La utilización del embrague en los vehículos permite moderar los esfuerzos mecánicos que se producen entre la inercia de un componente que se encuentra en reposo y la potencia instantánea transmitida por el otro. El torque requerido del embrague se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Tem = (r \cdot \xi \cdot N \cdot C) / 12$$
 (3.4)

En donde Tem es el Torque del embrague, r es el radio medio del disco, ξ es el coeficiente de fricción, N es el número de caras de fricción y C es la carga que soporta el plato. Los fabricantes de embragues (SPICER, 1998), consideran que el valor calculado del torque del embrague debe ser como mínimo un 40 % más alto que el torque máximo del motor.

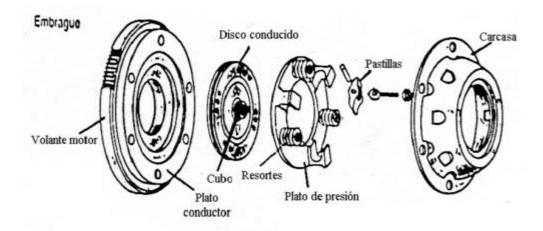


Figura 3.3 Los componentes principales del embrague o clutch, son el volante que se acopla con el motor, el plato conductor, el disco inducido, los resortes de presión y la carcasa. (SPICER, 1998).

3.3 Caja de velocidades (Transmisión)

La caja de velocidades conocida también como transmisión, es el componente del tren motriz que modifica el torque y las revoluciones por minuto que desarrolla el motor, a través de una serie de engranes y los transmite a las ruedas motrices, permitiendo al vehículo desarrollar una gama de velocidades, (Figura 3.4)

La selección cuidadosa de la relación de engranes hace posible la operación del motor dentro de su rango de trabajo óptimo, dentro de la zona de economía de combustible. Las relaciones de la transmisión se obtienen de las fichas técnicas proporcionadas por los fabricantes de la transmisión.

La transmisión es el elemento más importante del tren motriz, ya que, debe proporcionar una serie de características de desempeño del vehículo tales como:

- Adecuada relación velocidad-potencia. Las relaciones de engranes deberán ser numéricamente rápidos, para alcanzar la velocidad óptima de operación del vehículo, dentro del régimen de mínimo consumo específico de combustible del motor.
- Capacidad de arranque en pendiente. La relación de paso de la primera velocidad debe tener un valor numéricamente grande, de tal manera que se tenga capacidad de arranque, aún en operación de los vehículos en terreno montañoso.

Capacidad de ascenso. La capacidad de ascenso en pendiente (gradeability)
del vehículo, debe ser tal que permita remontar una pendiente determinada,
aún cuando el VSP se encuentre a su máxima capacidad de carga.

Lo anterior se obtiene mediante un tren de engranes sujeto a las siguientes relaciones:

Reducción total del tren de engranes. La reducción del tren de engranes se calcula multiplicando las relaciones de los engranes en cada componente y define la pendiente máxima en la que puede iniciar la marcha un vehículo.

$$Rte = Rtp x Rta x Rd$$
 (3.5)

En donde *Rte* representa la reducción total del conjunto de engranes, *Rtp* es la relación de la transmisión principal, *Rta* representa la relación de la transmisión auxiliar y *Rd* es la relación del diferencial.

Multiplicación total del torque. Este parámetro permite determinar el porcentaje de pendiente máxima en la que puede iniciar (*startability*) la marcha un vehículo y se calcula mediante la siguiente relación.

$$S = [(T \times Rte \times RII)/(10.7 \times PBV)] - Rr$$
 (3.6)

En donde *S* es la *startability* o pendiente máxima de arrancabilidad y se expresa en %, *T* es el torque de arranque del motor, *Rte* es la relación total del conjunto de engranes, *Rll* es la velocidad de rotación de la llanta que se expresa en revoluciones por kilómetro (rev/km), *PBV* es el peso bruto vehicular del vehículo expresado en kilogramos y *Rr* es el factor de la superficie, de resistencia al rodamiento.

Habilidad de ascenso o *gradeability*. Este parámetro define la capacidad de la caja de velocidades para que el vehículo tenga una buena habilidad de ascenso o *gradeability* en pendiente y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$G = (37.5 \cdot P_r) / (PBV \cdot 10^{-3} \cdot V_a)$$
(3.7)

En donde G es la gradeability, P_r es la potencia de reserva del motor, V_a es la velocidad aparente del vehículo (velocidad comercial deseable). A su vez P_r (SAE, 1965) está definida por:

$$P_r = P - (P_{rr} + P_{ra} + P_{ri}) \tag{3.8}$$

Donde P es la potencia del motor, P_{rr} es la potencia para vencer la resistencia al rodamiento, P_{ra} es la potencia requerida para vencer la resistencia aerodinámica y P_{ri} es la potencia para vencer la resistencia de inercia.

- Relaciones de velocidad de la transmisión. Esta relación determina el número de pasos necesarios para acelerar progresivamente, con facilidad y rapidez el vehículo cargado. Estas relaciones deben ser uniformes y no superponerse.
- Relación de paso. Esta relación representa el porcentaje de variación de un engrane a otro entre cada paso de la transmisión. El paso ideal de los engranes debe estar comprendido entre el 18% y el 20% de variación en cada paso (Fitch, 1994) y se calcula mediante la relación (4.16).

$$%Rp = [(Rte_n/Rte_{n-1})-1] \times 100$$
 (3.9)

Donde %Rp es la relación de paso, Rte_n es el valor de la reducción total en el paso utilizado y Rte_{n-1} es el valor de la reducción total en el paso anterior.

La característica principal de una transmisión, es que permite el escalonamiento de la velocidad cuando se realizan los cambios durante la operación del vehículo. Estos escalonamientos se pueden observar en lo que se denomina, diagrama de velocidades. Este diagrama indica la velocidad máxima alcanzable y el número de revoluciones por minuto en las cuales se logra dicho valor.

Para seleccionar adecuadamente una transmisión, se tienen que considerar los siguientes aspectos, desde el punto de vista del uso eficiente del combustible:

- Flexibilidad en la operación del vehículo. Las relaciones del paso que se seleccione deben proporcionar una disminución rápida en las rpm del motor de la velocidad gobernada a las rpm de la parte baja del siguiente paso. Estas rpm son las requeridas para alcanzar el cambio del siguiente engrane durante los cambios progresivos.
- Patrón de cambios. El patrón de cambios de engranes [shift pattern] de la transmisión se analiza a través del diagrama de velocidades. Se considerará que una transmisión está seleccionada de forma compatible con los demás componentes del tren motriz, si todos los cambios de engranes de la transmisión se realizan dentro del rango del consumo mínimo de combustible del motor.
- Disminución de velocidad entre pasos. Se requiere considerar que la caída excesiva de rpm entre cambios, demora y complica los cambios de velocidad, provocando que el vehículo pierda trabajo (torque). El rango ideal de caída de

disminución de velocidad en el motor, de un paso a otro debe estar entre las 300 y 500 rpm (Fitch, 1994).

- Velocidad máxima permitida por normatividad (SCT, 2003). La velocidad máxima permitida debe alcanzarse dentro del rango denominado -zona verde- del motor, con el propósito de utilizar eficientemente el combustible y dar mayor vida al motor, ya que esto le permite estar menos revolucionado.
- Potencia de reserva. Para cada relación de la caja de velocidades, la velocidad máxima permitida se debe lograr al 90 por ciento del régimen de rpm gobernadas del motor, de tal forma que siempre exista una potencia de reserva para situaciones de emergencia- y evitar un desgaste prematuro del motor. Esto es, la velocidad máxima permitida debe alcanzarse dentro del rango de mínimo consumo específico de combustible del motor.
- Relaciones operativas. El par nominal de entrada, el peso bruto vehicular y la máxima velocidad a desarrollar por el vehículo, determinan la capacidad de la transmisión en función de las condiciones de operación, el número de velocidades y si existe la necesidad del empleo de la sobre marcha (overdrive).
- Necesidad de sobre marcha. Las transmisiones con sobre marcha permiten que el vehículo desarrolle una velocidad mayor. No obstante se deberá tener cuidado de no exceder el peso bruto vehicular establecido por el fabricante, ya que se corre el riesgo de que la transmisión se dañe por sobrecarga.
- Especificaciones del fabricante. Cuando las especificaciones de peso bruto vehicular que es capaz de mover la transmisión (proporcionadas por el fabricante) no son excedidas, se tiene la seguridad de que la transmisión proporcionará una capacidad de ascenso razonable, que no se verá afectada cuando se opere la sobre marcha de la transmisión en las condiciones adecuadas.
- Uso de la sobre marcha. La sobre marcha le permite al operador lograr una velocidad máxima dentro del límite legal, sobre carreteras planas o autopistas, permitiendo al motor operar alrededor del régimen de consumo mínimo.
- El rango de relaciones de la sobre marcha. De datos de los fabricantes, se determinó que el rango de las relaciones de la sobre marcha debe estar entre 0.6:1.0 y 0.8:1.0. La sobre marcha proporciona una velocidad mayor al vehículo a relativamente bajas rpm del motor.
- Uso excesivo de la sobre marcha. La vida de una transmisión se ve afectada por el uso inadecuado de la sobre marcha, como es el caso de su operación con

cargas pesadas o en combinación con una relación baja del diferencial. Una referencia para la selección de transmisiones con sobre marcha es que se utilice la sobre marcha cuando se pueda, mantener velocidades del motor y del vehículo altas.

3.4 Diferencial

El diferencial es el elemento de acoplamiento con la transmisión y de su correcta selección, depende el correcto aprovechamiento de la potencia la potencia disponible del motor para el desempeño del vehículo. En la figura 4.7 se presentan un diagrama de los componentes del diferencial.

- En la selección del diferencial es necesario considerar los siguientes factores:
- Peso bruto vehicular. La consideración del peso vehicular, permite seleccionar la relación de engranes apropiada para alcanzar la velocidad límite bajo condiciones de carga.
- Tipo de terreno. Conociendo este factor, se determina la pendiente crítica que tiene que superar el vehículo. Adicionalmente, conociendo el tipo de superficie de rodamiento, permitirá determinar la potencia requerida para superar la rugosidad de la carretera
- Velocidad de desplazamiento. La velocidad de operación (velocidad crucero), es la base para determinar el requerimiento de la potencia que demandará el vehículo cargado circulando a la velocidad reglamentaria (80 o 95 km/h).

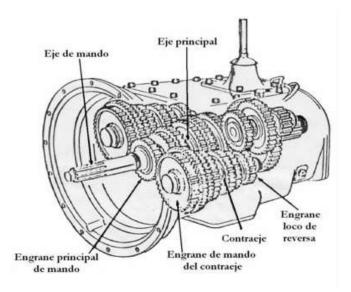


Figura 3.4 Esquema de una transmisión mostrando los engranes en la transmisión principal y en la transmisión auxiliar (TSP, 2000).

Cuando un motor se opera dentro del rango económico no solamente se reducen los costos de mantenimiento y operación, sino que se asegura prolongar la vida del motor. Así cuando la velocidad crucero es alcanzada a través del acelerador sin un cambio de engranes, la reducción de las rpm del motor permite utilizar menos potencia, lo que conlleva a operar el motor dentro o cerca del rango de economía de combustible. La combinación transmisión-diferencial debe producir pasos de engranes cerrados a través del período de aceleración y asegurar un eficiente desempeño bajo todas las condiciones del camino, y generalmente con el peso vehicular máximo.

En el caso del diferencial lo que se necesita conocer es la relación corona/piñón, esto es, lo que comúnmente se denomina como paso del diferencial. Este paso del diferencial determina la reducción del movimiento que es transmitido a las ruedas motrices.

El paso del diferencial (Vantelón, 1995), está determinado mediante la siguiente relación:

$$P_d = ((R_{am} *P_{ll})/P_t *V_r)$$
(3.10)

Donde P_d es el paso del diferencial, R_{gm} es el régimen del motor en donde se alcanza la velocidad máxima de circulación reglamentaria, P_{ll} es el perímetro de la llanta en metros, P_t es el paso de la transmisión y V_r es la velocidad máxima reglamentaria.

La reglamentación establecida para el control de la velocidad de vehículos con motores a diesel, fija el paso del diferencial para los vehículos de carga y de pasajeros. Sin embargo esta reglamentación ya no concuerda con la tecnología actual debido al aumento de la potencia y del torque de los nuevos motores, ya que al ser utilizados con un paso de diferencial con valor grande, se obliga a operar el motor en un régimen elevado de rpm's, por lo general superiores a las 2 000 rpm.

En este sentido, también se ha detectado que los operadores en la práctica, manejan con el acelerador hasta el fondo, lo que se traduce en mantener altamente revolucionado el motor con los mismos pasos reglamentarios de diferencial, y de esta forma alcanzar las velocidades máximas permitidas, lo que ocasiona un desgaste prematuro del motor.

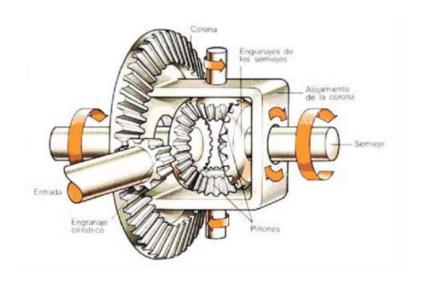


Figura 3.5 Esquema de los componentes del diferencial [GM, 2007].

3.5 Llantas

Las llantas son los elementos de la cadena cinemática que tienen contacto con la carretera, soportando todo el peso del vehículo, a la vez que permiten su movimiento. Para conocer la velocidad que puede desarrollar un VSP es necesario conocer el desplazamiento de la llanta cuando da un giro completo; este desplazamiento depende del tamaño de la misma. La función que define a la llanta es:

$$F_{II} = f(A_p, H_c, D_r, R_{ca}, E_{sd})$$
 (3.11)

Donde F_{II} es la función objetivo de las llantas, A_p es el ancho de piso, H_c es la altura de las caras laterales, D_r es el diámetro del rim, R_{ca} es el rango de carga de las llantas y E_{sd} es el tipo de eje sencillo o doble en donde va colocada la llanta.

El tamaño de las llantas está condicionado principalmente por la distancia entre el suelo y el chasis del vehículo, ya que dependiendo de esta distancia se puede aumentar o disminuir el efecto que produce la presión del aire pasando por debajo del vehículo (Vantelón, 1995)

El tamaño de una llanta se encuentra marcado con números y letras sobre el mismo neumático. Como ejemplo se puede considerar una llanta que tenga grabado la siguiente nomenclatura en su costado: 295/80 R 22.5 (Figura 4. 8), el ancho de la sección o ancho de piso en el ejemplo es 295, el diámetro del rim sería 22.5, y la serie para este caso es 80. Con el ancho de sección y la serie se

determina la altura de la cara, la serie es un porcentaje del ancho de la sección. Si la llanta no tiene un número de serie, entonces el ancho de sección es la altura de la cara. De otra forma al tener un número de serie, éste representa el porcentaje del ancho de sección, que será entonces la altura de la cara. El diámetro de la llanta será dos veces el ancho de la cara más el diámetro del rim, esto es:

$$PII = dII \times 3.1416$$
 (3.12)

Donde *PII* es el perímetro de la llanta, *dII* es el diámetro de la llanta y 3.1416 es el valor de la constante π .

Es pertinente considerar que las llantas radiales para vehículos pesados son más sensibles que las llantas convencionales y que el bajo perfil de las llantas radiales tiene un coeficiente de fuerza lateral constante a través de las diferentes cargas, parámetro que es importante considerar en el diseño de la suspensión [Cole, 1996]

Considerando que la temperatura afecta al desempeño de las llantas, es importante tener en consideración el enfriamiento en el sistema de frenado, ya que un calentamiento excesivo de las balatas provocará que las llantas se deterioren más rápido. Otro aspecto es el comportamiento estático y dinámico de las llantas para determinar el deterioro en las carreteras [Cebon, 1993], debido a las cargas que transportan los VSP.

La combinación de los elementos del tren motriz descritos en los párrafos anteriores, permiten elaborar un diagrama de velocidades, en donde se puede observar la velocidad máxima que puede desarrollar el vehículo, cuando se utiliza cada una de las relaciones de la transmisión en el régimen del motor en donde se tiene la potencia máxima.

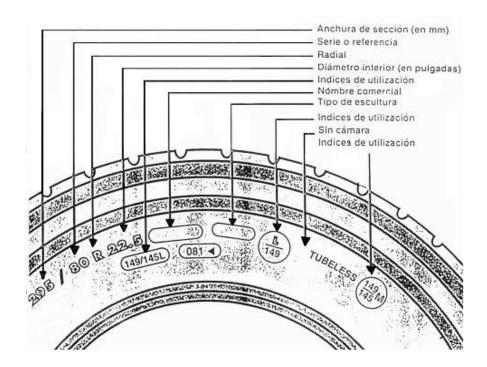


Figura 3.6 Elementos de identificación de una llanta. Estos están grabados en los costados de las llantas, son principalmente; ancho de sección, serie, diámetro interior e índices de utilización [Michelín, 1995]

3.6 Eficiencia del Tren motriz

Como se mencionó el consumo de combustible de un VSP depende de factores tales como, la carga del vehículo y la eficiencia energética del motor y la transmisión (Sczczepaniak, 1982)

La eficiencia del tren motriz es el producto de la eficiencia termodinámica del motor, η_t , la eficiencia mecánica del motor η_m y la eficiencia de la transmisión ϵ_t .

$$\eta_{pt} = Pc/Pf = \eta_t \cdot \eta_m \cdot \varepsilon_t \tag{3.13}$$

Donde η_{pt} es la eficiencia del tren motriz, Pc es la carga del vehículo y Pf es la relación del consumo de combustible en términos de energía, ambos en kW.

La eficacia termodinámica, es la fracción de la energía del combustible convertida en trabajo dentro del motor:

$$\eta_t \cong (Pfrict + Pb) / Pf$$
(3.14)

Análisis de las características y capacidad de diseño de los vehículos de carga en México considerando la potencia y torque del motor del vehículo.

La eficiencia termodinámica, es a menudo denominada como eficiencia indicada. (*Pfrict* + *Pb*) es el trabajo total, que consiste en el trabajo de fricción interno (*Pfrict*) y la potencia de salida o trabajo al freno (*Pb*).

La eficiencia mecánica es la fracción del total de trabajo que es entregado por el motor a la transmisión:

$$\eta_m = Pb/(Pb + Pfrict) \tag{3.15}$$

El rendimiento de la transmisión se determina mediante la siguiente relación:

$$\varepsilon_t = Pc / Pb \tag{3.16}$$

Los accesorios o equipos auxiliares como son el alternador y aire acondicionado, son generalmente impulsados por el motor sin tener que pasar a través de la transmisión. La energía utilizada por los vehículos se calcula mediante la relación (3.17).

$$Pc = PII + Par + Pin + Ppe$$
 (3.17)

Las potencias están expresadas en kW y son:

a) Potencia por resistencia al rodamiento:

$$PII \cong Cr^{\bullet}m^{\bullet}g^{\bullet}V \tag{3.18}$$

Donde PII potencia requerida para el rodamiento, Cr es el coeficiente adimensional de resistencia al rodamiento (Cr se considera a menudo que depende de V), m es la masa del vehículo con carga, expresado en toneladas, g es la constante debida a la gravedad y V es la velocidad del vehículo en m / s;

b) Potencia por resistencia aerodinámica:

$$Par = 0.5 \cdot \rho \cdot Cd \cdot A \cdot V^3 / 1000 \tag{3.19}$$

Donde Par es la potencia requerida por la resistencia aerodinámica, ρ es la densidad del aire (aproximadamente 1,2 kg/m³), Cd es el coeficiente adimensional de arrastre y A es el área frontal en m².

c) Potencia por la resistencia de inercia:

$$Pin = 0.5 \cdot M \cdot [\Delta V^2 / \Delta t]$$
 (3.20)

Donde M es la masa inercial, aproximadamente 1.03 M que incluye el efecto de las partes de rotación y reciprocantes, y depende de la relación de la velocidad del motor con la velocidad del vehículo y $[\Delta V^2/\Delta t]$. Esta relación está dada en m²/s³.

d) Potencia requerida por resistencia a la pendiente:

$$Prp = m \cdot g \cdot V \cdot sen \theta \tag{3.21}$$

Donde θ es el ángulo de la pendiente. Es conveniente mencionar que los valores de la potencia debida a las resistencias a la inercia y por pendiente pueden ser negativos.

Análisis de las características y capacidad de diseño de los vehículos de carga en México considerando la potencia y torque del motor del vehículo.

4 Características de las unidades

La selección del tren motriz de un vehículo, es la etapa que requiere de más atención, ya que depende de la configuración que se seleccione, los problemas o ventajas que se tendrán durante la operación del vehículo.

4.1 Problemas para realizar mediciones durante la operación del vehículo

Realizar mediciones confiables del consumo de combustible y las emisiones que genera la operación de un VSP en tiempo real son complicadas y consume mucho tiempo. El problema principal que se presenta son los factores ambientales, el clima y el tráfico que cambian constantemente, lo que hace que las condiciones de la prueba real que no sean repetibles. Una alternativa a esta situación, es el utilizar varios vehículos al mismo tiempo. Esto representa un alto costo para llevar a cabo las mediciones, aún así hay diferencias entre los distintos conductores. Por ejemplo, cuando el conductor acelera y realiza los cambios a diferentes revoluciones por minuto del motor, estos cambios varían en cada uno de los operadores y por lo tanto influyen en el consumo de combustible hasta en un 40 %.

Para reducir el consumo de combustible, es importante utilizar el motor lo más eficientemente posible, esto nos conduce a elegir el tamaño de llanta adecuada, la transmisión y el diferencial, que permitan el funcionamiento del motor en un buen régimen de operación el tiempo necesario, durante la operación del vehículo a velocidades adecuadas.

En conducción urbana para el mismo promedio de velocidad en un vehículo idéntico, se ha encontrado que diferentes estilos de manejo producen incrementos en el consumo de combustible hasta del 33% (de 16.66 km/l a 12.50 km/l), incrementos en las emisiones de NOx hasta de 33%, de 3 a 4 g/km y en las emisiones de hidrocarburos (HC) de 16%, esto es, de 0.6 a 0.7g/km (NESCCAF, 2006)

En carretera, la velocidad promedio varía más con el estilo de manejo que en la ciudad. Las emisiones de NOx y HC se incrementan con el consumo, el cual está relacionado con la distancia del viaje. En autopistas, la mayoría de los conductores usan la sobre marcha. En estas condiciones, el vehículo tiende a

emitir menos NOx, mientras los efectos sobre las emisiones de HC son menos perceptibles.

Considerando lo anterior, parece necesario contar con una herramienta que permita simular diferentes configuraciones del tren motriz, buscando reducir el consumo de combustible.

Mediante la aplicación de una metodología a través de un programa de cómputo, se pueden realizar diferentes simulaciones con diferentes trenes motrices y predecir el comportamiento del vehículo, así como llevar a acabo estudios de las diferencias que se presentan entre los vehículos.

La simulación de los componentes del tren motriz debe cubrir todos los rangos de operación del vehículo, desde el estado de reposo hasta alcanzar la velocidad máxima. Esto implica que se deben poder observar los siguientes aspectos:

- La transición de un estado de reposo a un estado de movimiento.
- La predicción del desempeño del vehículo para conocer la velocidad máxima.
- La conversión del par-motor en velocidad del vehículo.
- Determinar la potencia disponible contra la potencia requerida.
- Desarrollar el diagrama de velocidades
- Mantener la potencia dentro de un rango en la curva de operación, buscando reducir el consumo de combustible.
- Determinar a velocidad constante el consumo de combustible en diferentes relaciones de velocidades de la transmisión.
- Analizar el desempeño del tren motriz en carreteras con pendientes, en cuanto a la arrancabilidad (startability) y la capacidad de ascenso (gradeability).
- Optimización de la cadena cinemática para la mejor economía de combustible.

El conocimiento del comportamiento mecánico que cada uno de los elementos del tren motriz tiene, permite establecer las características propias de cada vehículo. Los elementos del tren motriz se encuentran interrelacionados entre si, por lo que

cualquier modificación que se realice en alguno de ellos, provocará cambios en el comportamiento del vehículo durante su desempeño.

4.2 Características de las unidades

1) Tractocamión VOLVO modelo 1994 T3-S2, equipado con un motor Cummins Diesel, de 6 cilindros de 410 HP, transmisión Fuller RTLO-146-18A, paso de diferencial 4.11 y llantas 11.00 R 24.5. Peso: S2 (plataformas): una transportando tubería con un peso de 22.2 toneladas y una segunda plataforma transportando un contenedor con 21.18 toneladas de peso. El PBV es de 42.2 Los recorridos de prueba fueron Puerto de Veracruz - Perote, Ver. - Puerto de Veracruz

La relación peso potencia es:

N = (Potencia máxima) / (0.001* peso máximo)

N= 415.61/ (0.001*42200)= 9.84 CV/TON

La relación peso/potencia es de 9.84 CV/TON, para este vehículo.

2) Las pruebas se realizaron en un Tractocamión Dina modelo 1994, equipado con un motor Diesel de 6 cilindros Cummins N14 de 410 HP, transmisión Eaton Fuller RTLO-16718B, paso de diferencial 4.33 y llantas 11.00 R 24.5. Se arrastró una pipa con 36,000 litros de Diesel. Los recorridos de prueba fueron Cd. de Querétaro - El Colorado, Qro. - El Colorado, Qro. - Cd. de Querétaro

La relación peso potencia es:

N = (Potencia máxima) / (0.001* peso máximo)

N= 415.61 / (0.001*53000)= 7.84 CV/TON

La relación Peso/Potencia es de 7.84 CV/TON para este vehículo

3) Las pruebas se realizaron en un Tractocamión Kenworth modelo 1974, T3-S2, equipado con un motor Cummins modelo NTC-350, de 350 HP, transmisión TSPO155-14-HP, paso de diferencial 5.29 y llantas 11.00 R 22. Se arrastró un semirremolque con 32 ton. Los recorridos de prueba fueron Cd. de Veracruz - La Joya, Ver. - La Joya, Ver. - Cd. de Veracruz.

La relación peso potencia es:

N = (Potencia máxima) / (0.001* peso máximo)

Análisis de las características y capacidad de diseño de los vehículos de carga en México considerando la potencia y torque del motor del vehículo.

N= 354.78 / (0.001*50000)= 7.09 CV/TON

La relación peso/potencia es de 7.09 CV/TON para este vehículo

4) Las pruebas se realizaron en un autobús Dina modelo 1992, equipado con un motor Detroit Diesel modelo 6V-92TA de 6 cilindros de 330 HP, transmisión Spicer 1410-2A, paso de diferencial 3.7 y llantas 11.00 - 22. Los recorridos de prueba fueron Cd. de México - Morelia, Mich. - Cd. de México

La relación peso potencia es:

N = (Potencia máxima) / (0.001* peso máximo)

N= 334.49 / (0.001*18500)= 18.08 CV/TON

La relación peso/potencia es de 18.08 CV/ TON, para este vehículo

5) Las pruebas se realizaron en un camión Dina modelo 532 chasis coraza, equipado con un motor Cummins Diesel, 6 en "V" de 155 HP, caja Spicer manual de 5 velocidades, paso de diferencial 6.50/8.86 y llantas 10.00 X 20. Los recorridos de prueba Ciudad de Puebla-Perote-Ciudad de puebla. Transportando 22 ton.

La relación peso potencia es:

N = (Potencia máxima) / (0.001* peso máximo)

N= 157.12 / (0.001*14061)= 11.17 CV/TON

La relación peso/potencia es de 11.17 CV/TON, para este vehículo

6) Las pruebas se realizaron en un autobús Halcón modelo 1994, equipado con un motor Detroit Diesel modelo 6V-92TA electrónico, de 6 cilindros de 330 HP, transmisión Spicer 1410-2A, paso de diferencial 4.10 y llantas 11.00 R 24.5. Los recorridos de prueba fueron Cd. de Aguascalientes - Las Palmas, Jal. - Cd. de Aguascalientes, transportando un peso de 21 ton.

La relación peso potencia es:

N = (Potencia máxima) / (0.001* peso máximo)

N= 334.51 / (0.001*39000)= 8.57 CV/TON

La relación 'peso/potencia es de 8.57 CV/TON, para este vehículo

7) Las pruebas se realizaron en un autobús Dina modelo 1992, equipado con un motor Detroit Diesel modelo 6V-92TA de 6 cilindros de 330 HP, transmisión Spicer 1410-2A, paso de diferencial 3.7 y llantas convencionales 11.00 - 22. Los recorridos de prueba fueron Cd. de México - Zitacuaro, Mich. - Zitacuaro, Mich. - Cd, de México.

La relación peso potencia es:

N = (Potencia máxima) / (0.001* peso máximo)

N= 334.51 / (0.001*24850)= 13.46 CV/TON

La relación peso/potencia es de 13.46 CV/TON, para este vehículo.

5 Ejemplo de evaluación de vehículos pesados



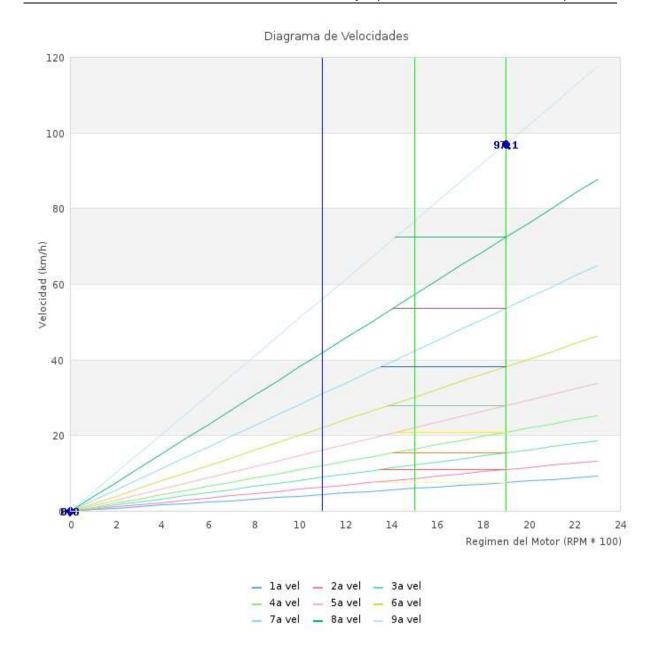
RPM	la vel	2a vel	3a vel	4a vel	Sa vel	6a vel	7a vel	Sa vel	9a ve
100	0.40	0.58	0.81	1.10	1.47	2.01	2.82	3.81	5.11
200	0.80	1.16	1.63	2.20	294	4.02	5.65	7.63	10.22
300	1.20	1.74	2.44	3.30	4.40	6.03	8.47	11.44	15.33
400	1.61	2.31	3.25	4.40	5.87	8.05	11.29	15.25	20.44
500	2.01	2.89	4.07	5.51	734	10.06	1411	19.06	25.55
600	2.41	3.47	4.88	6.61	8.81	12.07	16.94	22.88	30.65
700	2.81	4.05	5.69	7.71	10.28	14.08	19.76	26.69	35.76
200	3.21	4.63	6.51	8.81	11.75	16.09	22.58	30.50	40.87
900	3.61	5.21	7.32	9.91	13.21	18.10	25.40	34.31	45.98
1000	4.01	5.79	8.14	11.01	14.68	20.11	28.23	38.13	51.09
1100	4.41	6.36	8.95	12.11	16.13	22.13	31.05	41.94	56.20
1200	4.82	6.94	9.76	13.21	17.62	24.14	33.87	45.75	61.31
1300	5.22	7.52	10.58	1431	19.09	26.15	36.70	49.57	66.42
1400	5.62	3.10	11.39	15.42	20.55	28.16	39.52	53.38	71.53
1500	6.02	8.68	12:20	16.52	22.02	30.17	42.34	57.19	76.64
1600	6.42	9.26	13.02	17.62	23.49	32.18	45.16	61.00	81.75
1700	6.82	9.84	13.83	18.72	2496	34.19	47.99	64.82	86.85
1800	7.22	10.41	14.64	19.82	26.43	36.21	50.81	68.63	91.96
1900	7.63	10.99	15.46	20.92	27.89	38.22	53.63	72.44	97.07
2000	8.03	11.57	16.27	22.02	29.36	40.23	56.45	76.26	102.18
2100	8.43	12.15	17.08	23.12	30.83	42.24	59.28	80.07	107.29
2200	8.83	12.73	17.90	2422	32.30	44.25	62.10	83.88	112.40
2300	9.23	13.31	18.71	25.33	33.77	46.26	6492	87.69	117.51

La relación peso potencia es:

N = (Potencia máxima) / (0.001* peso máximo)

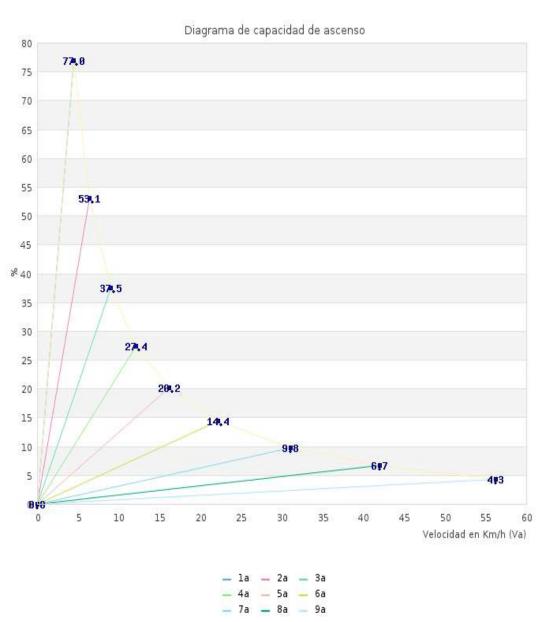
N= 278 / (0.001*23000)= 12.12 CV/TON

La relación peso potencia es de 12.12 para este vehículo.



Esta unidad no se puede manejar con uso eficnete de combutible





C3



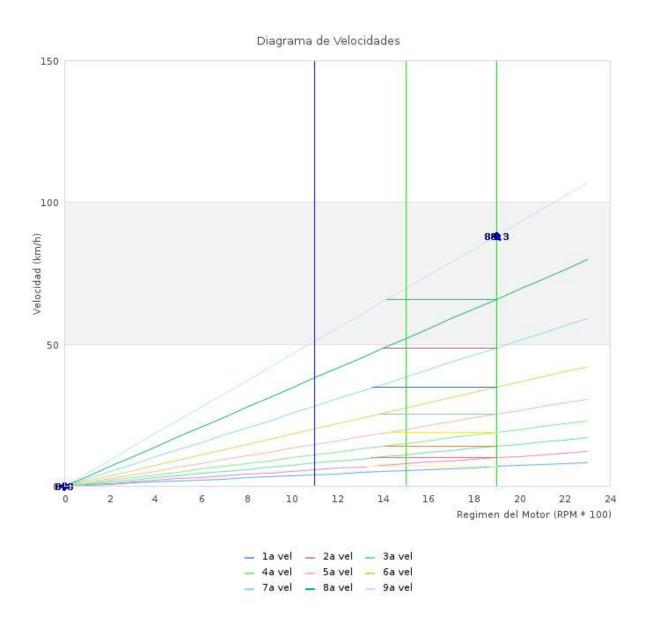
Territoria.		Dúbla do cálcu	miglansinin minuta	de partico de la colonia de la	ng pantalan analan a	organization and representation	na paradonista incidenta		
RPM	lavel	Javel	Ja vel	Ala yeu	Sa vel	fixvel	7a vet	Da vel	Dave
100	0.37	0.53	0.74	00.1	1.34	1.83	2.57	3.47	4.65
200	0:23	1.05	1.46	2.00	2.67	3.66	5.14	6.94	0.30
300	1.10	1.58	[2:22	3.01	4.01	5.49	7.70	10.41	13.94
400	1.46	2.11	2.96	401	5.34	7.32	10.27	13.87	18.39
500	1.03	2.67	2.70	5.01	6.68	9.15	12.84	17.34	23.34
600	2.19	3.16	4.44	6.01	1.01	10.96	13.41	20.01	27.89
700	2.56	3.60	(3.18	7.01	9.35	1221	17.90	34.20	32.54
000	392	[42]	5.92	8.01	10.69	1464	20.54	22.75	37.18
900	3.29	4.74	6.66	9.00	12.02	16.47	23.11	31.22	41.83
1000	3.65	5.26	T.40	10.02	13.36	t8:30	25.68	34.69	46.48
1100	4.02	5.79	(8.14	11.03	1469	20.13	20.25	38.16	51.13
1200	4.30	6.32	[8.86	12.02	16.03	21.96	30.82	41.62	55:78
1200	4.75	6.94	9.62	13.02	17.36	23.79	33:36	45.09	60.42
1400	5.11	7.37	10.36	1402	10.70	25.62	35.93	40.56	65.07
1.500	5.40	7:90	11.10	15.03	20.00	27.45	30.52	52.03	69.72
1600	5.04	11.40	11.54	16.03	21.37	29.26	41.09	55.50	74.37
1700	6.21	R.95	12.58	17.03	22.71	31.11	43.66	59.97	79.02
1800	6.57	9.40	113.32	18.03	2404	32.94	46.22	62.44	E3.66
1900	6.94	10.00	14.06	19.00	25.38	34.77	48.79	65.90	88.31
2000	7.30	10.53	1430	20.00	26.71	36.60	51.36	69.37	92.96
2100	7.67	11.05	15.54	21.04	28.05	31.40	53.93	72.84	97.61
2200	8.03	11.32	[16.28	22:04	29.38	40.26	56.30	N.31	102.26
2300	E.40	12.11	17.02	23.04	30.72	42.09	39.06	79.78	106.90

La relación peso potenica es:

N = (Potencia maxima) / (0.001* peso maximo)

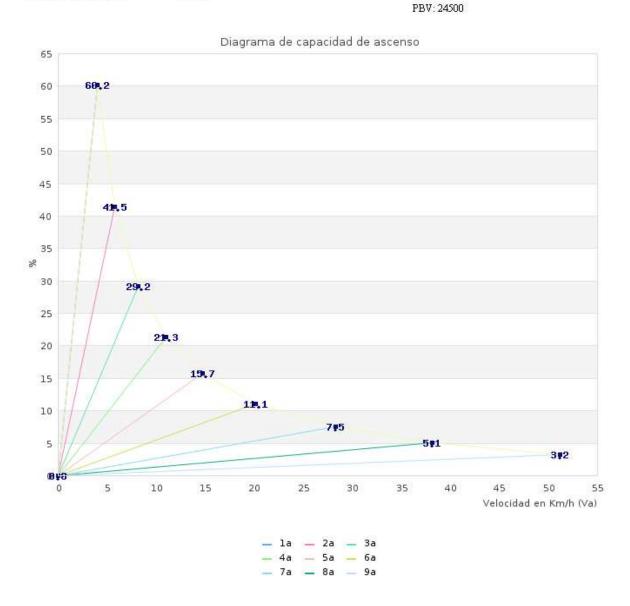
N= 278 / (0.001*24100)= 11.53

La relación peso potencia es de 11.53, para este vehículo.



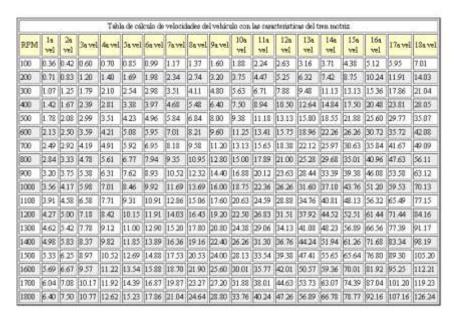
Esta unidad no se puede manejar conb uso eficiente de combustible

Capacidad de arranque: 33.71 % Altitud: 1500



T3-S2



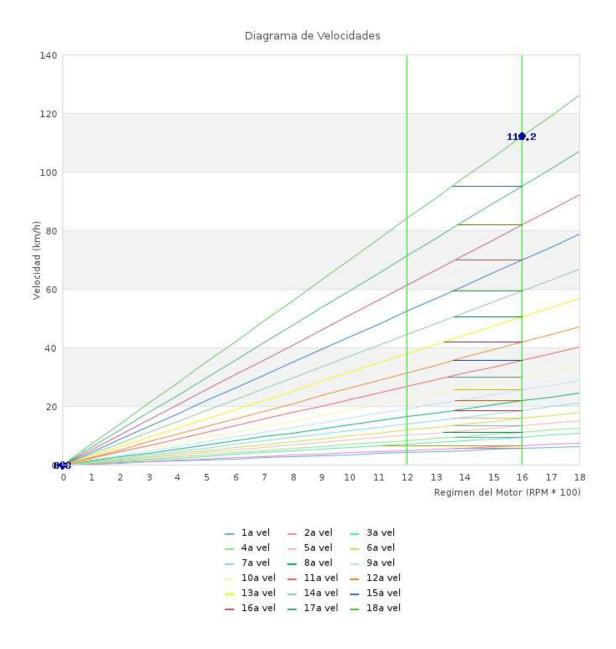


La relación peso potencia es:

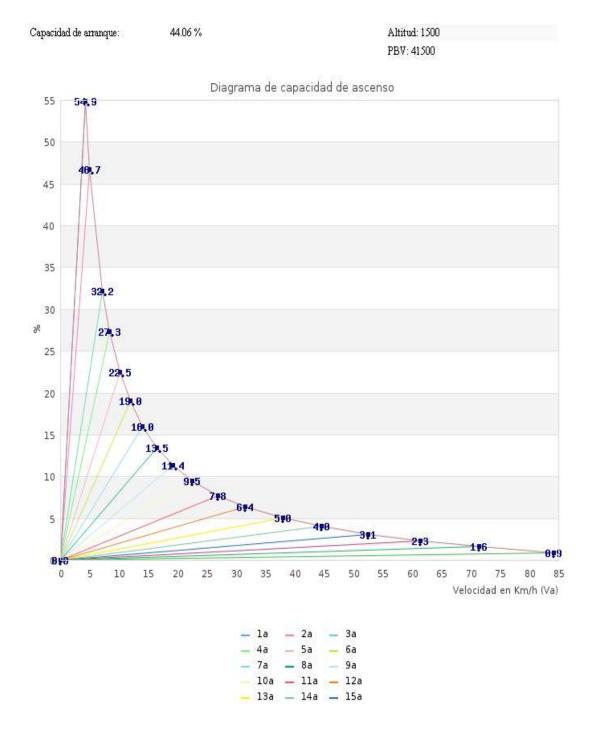
N = (Potencia máxima en CV) / (0.001* peso máximo en kg)

N= 443.92 CV / (0.001*63500)= 6.99

La relación peso/potencia es de 6.99 para este vehículo.



Esta unidad solo tiene problemas en el cambio de segunda a tercera, por lo que se puede manejar con uso eficiente de combustible



B2



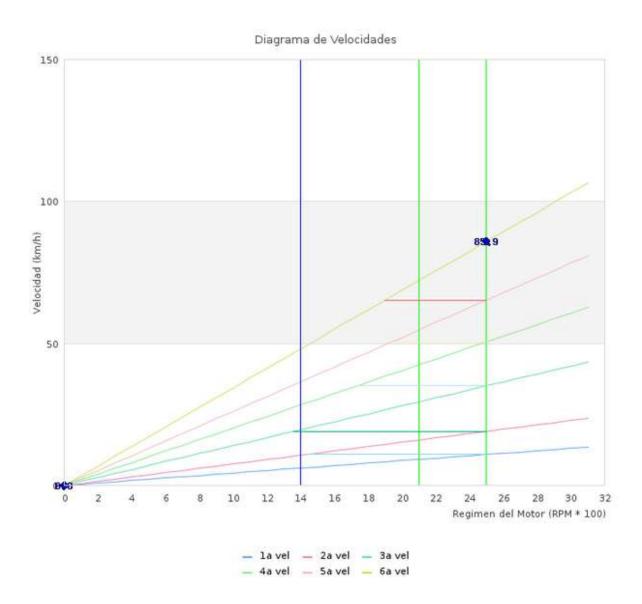
RPM	la vel	2a vel	3a vel	4a vel	Sa vel	6a vel
100	0.44	0.76	1.40	2.02	2.61	3.44
200	0.87	1.52	2.81	4.05	5.22	6.88
300	1.31	2.28	4.21	6.07	7.83	10.31
400	1.75	3.04	5.61	8.09	10.44	13.75
500	2.18	3.80	7.01	10.11	13.05	17.19
500	2.62	4.56	8.42	12.14	15.65	20.63
700	3.05	5.32	9.82	14.16	18.26	24.06
300	3.49	6.09	11.22	16.18	20.87	27.50
900	3.93	6.85	12.62	18.20	23.48	30.94
1000	4.36	7.61	14.03	20.23	26.09	34.38
1100	4.80	8.37	15.43	22.25	28.70	37.81
1200	5.24	9.13	16.83	24.27	31.31	41.25
1300	5.67	9.89	18.24	26.29	33.92	44.69
1400	6.11	10.65	19.64	28.32	36.53	48.13
1500	6.55	11.41	21.04	30.34	39.14	51.56
1600	6.98	12.17	22.44	32.36	41.75	55.00
1700	7.42	12.93	23.85	34.38	44.36	58.44
1800	7.85	13.69	25.25	36.41	46.96	61.88
1900	8.29	14.45	26.65	38.43	49.57	65.32
2000	8.73	15.21	28.06	40.45	52.18	68.75
2100	9.16	15.97	29.46	42.47	54.79	72.19
2200	9.60	16.74	30.86	44.50	57.40	75.63
2300	10.04	17.50	32.26	46.52	60.01	79.07
2400	10.47	18.26	33.67	48.54	62.62	82.50
2500	10.91	19.02	35.07	50.57	65.23	85.94
2600	11.35	19.78	36.47	52.59	67.84	89.38
2700	11.78	20.54	37.87	54.61	70.45	92.82
2800	12.22	21.30	39.28	56.63	73.06	96.25
2900	12.66	22.06	40.68	58.66	75.67	99.69
3000	13.09	22.82	42.08	60.68	78.27	103.13
3100	13.53	23.58	43.49	62.70	80.88	106.57

La relación peso potencia es:

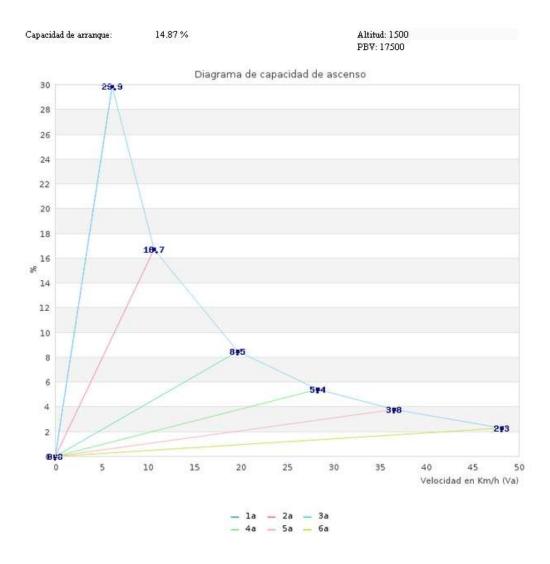
N = (Potencia máxima en CV) / (0.001* peso máximo en kg)

N= 152.05 CV / (0.001*17500)= 8.68

La relación peso/potencia es de 8.68 para este vehículo.



Este tipo de unidad no se puede manejar con eficiencia de combustible



Conclusiones

Relación entre el peso de un vehículo y la potencia máxima del motor instalado en el mismo. Representa un índice de la capacidad de aceleración de un vehículo, para las marchas inferiores y a velocidades bajas y medias, así como de su marcha por una cuesta. Al calcular dicha relación, suele recurrirse al peso del vehículo en orden de marcha; la potencia puede determinarse según diversos métodos (SAE, DIN, etc.). Al comparar las relaciones peso/potencia de varios vehículos, es preciso que todas hayan sido calculadas según el mismo criterio.

Conociendo la relación peso/potencia, es posible, con cierta aproximación, prever la capacidad de aceleración de un vehículo. El esfuerzo disponible para acelerar el vehículo es igual a la diferencia entre la fuerza de tracción y las resistencias al avance R. La fuerza de tracción es directamente proporcional a la potencia P que desarrolla el motor e inversamente proporcional a la velocidad v. Prescindiendo de la inercia de la transmisión, la aceleración a del vehículo será el cociente entre la fuerza aceleradora F y la masa M del mismo, proporcional, a su vez, al peso G: Como la resistencia al avance es pequeña respecto a la fuerza de tracción (condición que se cumple a velocidades bajas), la relación peso/potencia resulta inversamente proporcional a la aceleración que puede conseguirse.

A medida que la velocidad aumenta, las resistencias al avance determinan que dicha proporcionalidad vaya dejando de cumplirse y que la potencia posea una importancia menor. En las cuestas, la potencia adicional que hay que emplear con relación a la marcha por terrenos llanos es proporcional al peso y a la inclinación de la carretera, y aumenta con la velocidad. La velocidad máxima a que puede superarse una pendiente i, con una relación de transmisión adecuada, es inversamente proporcional a la relación peso/potencia, siempre que la resistencia al avance sea reducida.

La relación peso/potencia, además de influir en las prestaciones, posee una gran importancia en el consumo de carburante con un empleo normal. En teoría, el consumo, al depender exclusivamente de la potencia requerida, no se ve influido por el peso del vehículo si se circula a velocidad constante. Sin embargo, como las exigencias del tráfico imponen continuos frenados, y, por tanto, continuas aceleraciones, es muy importante considerar la potencia necesaria para acelerar el vehículo.

Un vehículo con una relación peso/potencia más favorable podrá proporcionar aceleraciones superiores para una misma potencia desarrollada y, por tanto,

para igual aceleración empleará una potencia menor, con las consiguientes ventajas en el consumo. Evidentemente, dichas consideraciones son válidas en el caso de situaciones comparables (por ejemplo, motores iguales o similares montados en vehículos de pesos distintos), excluyendo casos límites, como vehículo con motores muy potentes, cuya reducida relación peso/potencia en realidad sólo se aplica en un intervalo de regímenes muy reducido.

La relación peso/potencia ha experimentado una gran reducción con el transcurso de los años. Los valores que antiguamente eran característicos de vehículos de clase media o superior, en la actualidad han llegado a ser alcanzados por los utilitarios. Precisamente, la constante disminución de esta relación, ha sido lo que ha permitido el progresivo aumento de las prestaciones de los vehículos.

En los vehículos, los valores alcanzados se hallan comprendidos, por término medio, entre 25 y 15 kg/CV para los utilitarios, entre 15 y 10 kg/CV para los vehículo de cilindrada comprendida entre 1.000 y 1.600 ce, y suelen ser inferiores a los 12 kg/HP para los vehículo de clase superior.

En algunos casos se emplea la relación potencia/peso (en vez de la peso/potencia), expresada en CV/t. Evidentemente, las prestaciones de un vehículo aumentan con dicha relación. En lugar de hacer referencia al peso en vacío, también se considera el peso del vehículo con el conductor incluido o el peso a plena carga (por ejemplo, para determinar la potencia mínima del tractor de un tren de carretera).

El análisis del presente documento se acotó a las configuraciones vehiculares de seis y nueve ejes, sin embargo, los resultados encontrados pueden ser aprovechados por todos los camiones tipo caja seca utilizados para el movimiento de las mercancías y que son representativos en el autotransporte de carga (C2, C3, T3-S2, T3-S3 y T3-S2-R4).

En cuanto al cumplimiento de los reglamentos de pesos y dimensiones, la autoridad puede vigilar de manera eficiente a los camiones que por su diseño y tipo de carga transportada podrían incurrir en sobrepeso, mientras que los camiones que cuentan con el diseño conforme a la carga especifica (densidades altas), pueden circular sin interrupciones en el tránsito, logrando con ello una entrega del producto en tiempo, costo, cantidad y forma convenida.

En cuanto al consumo del combustible se recomienda llevar a cabo un estudio de la disminución de la fuerza aerodinámica de arrastre por efecto del corte transversal, traducido en ahorros de combustible conforme a dicho tipo de corte, esto con la finalidad de alentar a las empresas y fabricantes de los remolques y semirremolques tipo caja seca a iniciar la fabricación de carros de arrastre de acuerdo a las densidades de la carga movidas en el territorio nacional.

Se recomienda integrar Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS, por sus siglas en inglés) para el monitoreo del peso en los vehículos de autotransporte de carga, controlando con ello el peso vehícular.

Por último es necesario que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y los organismos encargados de otorgar permisos de conectividad y tránsito por carreteras de menores especificaciones, se apoyen en diferentes criterios para su expedición, tales como: el tipo de carga a transportar, el peso bruto vehicular y los factores de carga que son resultado de las densidades de la mercancía y el volumen disponible en cada configuración vehicular.

Bibliografía

Bosch, R., 2000. Automotive Handbook 5th Edition, SAE Society of Automotive Engineers, SAE International, U.S.A.

Cebon, D, 1993. Interaction Between Heavy Vehicles and Roads, SP-951, SAE Trans 930001

Cummins, 1974. Engine model V6.155, Type; Naturally Aspired, No. of cylinder; 6 Curve number; C-2880-6

Cummins, 1991. Curvas de eficiencia automotriz, Modelo de motor básico N14-410, No. de Curva C-4737, Fam. De moto: D09, código CPL 1405, Cummins Engine Company, Inc. Columbus, Indiana 47201.

D. J. Cole, D. Cebon. Truck tires, suspension design and road damage

DOE, 2000. Medium-And heavy duty vehicle R&D: Strategic Plan. Department of Transportation, Cambridge Massachusetts.

DOE, 2003. Medium-And heavy duty vehicle R&D: Strategic Plan. Department of Transportation, Cambridge Massachusetts.

Duleep, K.G., 2007. Fuel Economy of Heavy-Duty Trucks in the USA: Historical trends and Forecasts; Energy & Environmental Analysis, Inc. International Workshop Fuel Efficiency Policies for Heavy-Duty Vehicles, IEA, Paris: 21-22 June 2007 IEA / International Transport Forum [en línea] http://www.iea.org/textbase/work/workshopdetail.asp?WS_ID=306

Eaton, 1996. Axles and Brakes Condensed Specifications; Eaton Corporation, Kalamazoo.

Eaton-Fuller, 1995. Transmissions Condensed Specifications; Eaton Corporation, Kalamazoo, Mi. U.S.A. 1996.

Elizalde, M., 2012: En México ocurren 900 accidentes de unidades de doble remolque al año

http://www.milenio.com/cdb/doc/noticias2011/38ee1db798599634019dba3985d96f 1e [en línea 20121003]

Fitch, J. W., 1994. Motor Truck Engineering Handbook; 4th ed., Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, PA. U.S. A.

Frontier, 2007. [En línea] http://www.frontierpower.com/index.htm

Giannelli, R. A., Nam, E. K. and Helmer K. 2005. Heavy-Duty Diesel Vehicle Fuel Consumption Modeling Based on Road Load and Power Train Parameters SAE International, Paper.

GM, 2007, Diferencial [en linéa], www.gmc.com/images/common/lg/Locking_differ.JPG

Goodyear, 1997. Factores que afectan la duración de las llantas para un camión, Catálogo Goodyear, México, 1997.

Greszler, A. 2007. US Heavy Duty Vehicle Fleets. Technologies for Reducing CO2 An Industry Perspective. Volvo Powertrain [en línea] http://www.its.ucdavis.edu/events/outreachevents/asilomar2007/presentations/Day %202%20Session%201/Anthony%20Greszler.pdf.

International Rubber Conference IRC'96, 17-21 June, 1996, Manchester, UK.

Kiencke, Uwe, Nielsen, Lars, 2005. Automotive Control Systems: For Engine, Driveline, and Vehicle. Ed. 2, Springer,

Kolmanovsky, I., Siverguina, I., Lygoe, B. 2002. Optimization of Powertrain Operating Policy for Feasibility Assessment and Calibration: Stochastic Dynamic Programming Approach, Proceedings of the American Control Conference, Anchorage, AK may 2002.

LUPEQSA, 1997. LUPEQSA No. de certificado: CNM-CC-730-003/97

McComarck, R. J., (1990) TUCKSIM- A long truck performance simulator, Journal of Forest Engineering, Vol. 2, No. 1, July 1990. [en línea] htp://www.lib.unb.ca/Texts/JFE/backissues/pdf/vol2-1/mccormack.pdf

Michelin, 1995. Dimensiones e indices llantas Michelin, Catalogo llantas Supremas, S.A.

Mitra, M. and Murali, V. 2007. Driveline Optimization of Heavy Duty Truck SAE Technical Paper Series 2007.

NESCCAF, 2006. Request For Proposals (RFP) Heavy-Duty Vehicle Emissions And Fuel Consumption Improvement Project, [en línea] acceso febrero 11/2008 http://www.nescaum.org/documents/heavy-duty-rfp.pdf/

PEMEX, 2009. Indicadores petroleros, Pecios al público de productos petrolíferos, septiembre de 2009.

Rafael M. Y., y Zavala, A., Publicación Técnica No. 128, "Selección del Tren Motriz de Vehículos Pesados (Carga y Pasajeros) Destinados al Servicio Público Federal", Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Querétaro, 1999.

SAE, 1965. Handbook Supplement 82, SAE Recommended Practice Truck Ability Prediction Procedure- J688. Society of Automotive Engineers, Inc. Two Pennsylvania Plaza, New York, N.Y. 10001

SAE, 1971. Principles and design of mechanical truck transmissions; Society of Automotive Engineers, Inc. SAE SP-363; U.S.A.

SAE,1988. SAE J688 AUG87 Truck Ability Prediction Procedure SAE Recommended Practice, Revised August 1987. Society of Automotive Engineers, Warren dale, PA.

Sandberg, T. 2001. Heavy Truck Modeling for Fuel Consumption Simulations and Measurements, Link"oping University Sweden, [On-line]. Available: http://www.vehicular.isy.liu.se/

SCT (2013), Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Anuario Estadístico 2007; Disponible en: <URL:http://www.sct.gob.mx>. [en línea abril/ 2013].

SCT (2009), Secretaría de Comunicaciones y Transportes, NORMA Oficial Mexicana Emergente NOM-EM-033-SCT-2-2002, Transporte terrestre-Límites máximos de velocidad para los vehículos de carga, pasaje y turismo que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal, Disponible en: <URL:http://www.sct.gob.mx>. [Consultado en mayo/ 2013].

Sczczepaniak, 1982. Fundamentos del automóvil, primera edición octubre de 1982, Compañía Editorial Continental, S. A., México, D.F.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT, 1980) "Acuerdo que establece el control de la velocidad para vehículos propulsados por motor a diesel, destinados al servicio de autotransporte de personas y bienes"; Diario Oficial de la Federación (DOF); 28 de julio de 1980.

Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT, 1984); Proyectos Geométricos de Carreteras, México, D.F., 1984.

Secretaria de Comunicaciones y Transportes, SCT, 2003. Norma Oficial Mexicana Emergente NOM-EM-033-SCT-2-2002, Transporte terrestre-Límites máximos de velocidad para los vehículos de carga, pasaje y turismo que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Diario Oficial de la Federación 28 de julio de 2003, México, D.F.

SENER. 2013. Balance Nacional de Energía 2012. Secretaría de Energía, México, D. F.

Análisis de las características y capacidad de diseño de los vehículos de carga en México considerando la potencia y torque del motor del vehículo.

SGC-IMT procedimiento RI-009 "Elaboración de la propuesta económica para los servicios de investigación". Documento interno

SPICER, 1998, Especificaciones Condensadas de Transmisiones; Transmisiones TSP, Pedro Escobedo Qro., 1998.

SPICER, 1998. Funcionamiento básico de transmisiones y embragues, Transmisiones TSP- SPICER, Pedro Escobedo, Qro.

Sun, J. and Sivashankar, N. 1997. An Application of Optimization Methods to the Automotive Emissions Control Problem, Proceedings of the American Control Conference Albuquerque, New Mexico June 1997.

Tiax-Global, 2006. The future of heavy-duty powertrains: 2007 to 2020 An overview [en línea] [Consulta: 17 de febrero de 2007] http://www.globalinsight.com/publicDownload/genericContent/03-03-5_PT_overview.pdf >

TSP, 2000, Funcionamiento de la Transmisión, Servicios Técnicos, Transmisiones TSP, S.A. de C.V., Pedro Escobedo Qro., 2000.

Vantelon, A., Caceres J. 1995. Ahorro y Uso Eficiente de la Energía en el Autotransporte, BCEOM Sociedad Francesa de Ingeniería-Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, México, D.F., publicación interna

Principales Estadísticas del Sector Comunicaciones y Transportes 2013 [en línea] http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGP/estadistica/Principales-Estadisticas/PrincipalesEstadisticas-2013





Carretera Querétaro-Galindo km 12+000 CP 76700, Sanfandila Pedro Escobedo, Querétaro, México Tel +52 (442) 216 9777 ext. 2610 Fax +52 (442) 216 9671

publicaciones@imt.mx

http://www.imt.mx/