

Criterios técnicos para evaluar y seleccionar ofertas de vehículos ligeros.

L. del A. Raña González, F. Soto Pau, O. Castillo Asencio.

Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría". CUJAE.
Facultad de Ingeniería Mecánica. Departamento de Mecánica Aplicada.
Calle 116 s/n. CUJAE. Marianao 15. Ciudad de la Habana. Cuba.
Teléfono: 260-2267.

(Recibido el 15 de Marzo de 2004; aceptado el 22 de Mayo de 2004).

Resumen.

Al evaluar una serie de ofertas de vehículos, sin lugar a dudas, hay que regirse por criterios de decisión. Un criterio de evaluación resulta del comportamiento de relaciones preestablecidas y probadas entre parámetros técnicos. El objetivo de este trabajo es exponer las bases principales de origen técnico que definan las características de cada una de las alternativas, que de acuerdo al segmento de mercado se compararan entre sí, de manera que se pueda seleccionar aquella que reúna el mejor comportamiento de estos índices de acuerdo al régimen de explotación que se someterá el automóvil.

Gran importancia se da a una primera evaluación que permita discriminar en dependencia del segmento de mercado donde trabajará el vehículo escoger las alternativas que reúnan un grupo de características que las haga comparables para poder seleccionar la mejor opción dentro de todas las posibles.

Palabras claves: Índices técnicos, Vehículos ligeros, evaluación, selección.

1. Introducción.

El bienestar de la sociedad esta influido por la eficiencia de los sistemas de transporte, los cuales han experimentado en los últimos años una expansión muy grande. El crecimiento de las producciones anuales de vehículos por una parte, y el incremento de las necesidades de transportación de la población por otra, así como el desarrollo del turismo en el país que exige una infraestructura que responda a la estrategia de desarrollo en este sector, plantea a las empresas de transporte ser cada día más eficientes en la selección adecuada de sus medios de transporte y requiere de una utilización adecuada a las exigencias del mercado en que se explotarán.

Hoy en día el parque automotor de vehículos ligeros es muy heterogéneo, macroeconómicamente esto tiene una repercusión negativa, debido a la heterogeneidad de los proveedores y sus incidencias contraproducentes en la explotación, sobre todo en la gestión del mantenimiento por la diversidad de insumos y piezas que se demanda para garantizar la calidad. La competencia entre estas empresas es un factor a tomar en consideración, las exigencias del cliente cada vez más creciente, llevan a la necesidad de estudios de mercado, es importante que la flota que se ponga en explotación reúna los requisitos que satisfagan al cliente por una parte, y por otra garantice una

rentabilidad adecuada así como el desarrollo sustentable para la empresa.

El transporte posee características y atributos que determinan sus funciones e importancias específicas. La selección del material rodante tiene gran significación para el buen desempeño de la empresa transportista. Una vez definida la tecnología que más se presta para cada segmento de mercado, se debe valorar aquella que técnicamente reúna los mejores requisitos para cumplimentar sus funciones de operación.

2. Base teórica para la definición de los indicadores técnicos como criterios de evaluación y selección de ofertas de vehículos ligeros.

De acuerdo a la definición dada en la Ley 60 se entiende por *automóvil*- vehículo de motor que sirve normalmente para el transporte vial de personas, animales o cosas, o para la tracción vial de vehículos utilizados para el transporte de personas, animales o cosas. No comprende los tractores agrícolas y otros vehículos de motor cuya utilización para el transporte vial tiene un carácter ocasional.

De igual forma, en el mismo documento se define *automóvil ligero*.- vehículo cuyo peso máximo autorizado no exceda de 3500 kilogramos. Y *vehículo* .-

artefacto o aparato móvil capaz de circular por una vía y que sirva para transportar personas, animales o cosas.

En estas definiciones, contempladas conjuntamente, se plantea de forma explícita los principales elementos asociados al concepto de vehículo ligero que interesa desde el punto de vista de este trabajo.

La alta competitividad que caracteriza al sector de fabricación de vehículos ligeros, las demandas cada vez mas específicas de los usuarios y las imposiciones reglamentarias configuran un amplio panorama de exigencias a estos vehículos.

Es importante definir las partes componentes del automóvil y su interrelación con el motor:

- El motor, la fuente de energía
- El bastidor, que sostiene al motor, ruedas y carrocería
- Sistema de transmisión, que lleva la potencia desde el motor a las ruedas del vehículo. Contiene el embrague, caja de velocidades, barra de transmisión, diferencial y ejes.
- La carrocería que va sobre el bastidor.
- Los accesorios de la carrocería que incluyen las luces, radio, limpiaparabrisas, etc.

De estos componentes tendrán significación en la evaluación técnica, para la selección de vehículos ligeros, lo relacionado con el motor y el sistema de transmisión por ser los que definen la dinámica del vehículo. El trabajo que es capaz de realizar un motor esta definido por sus curvas características de potencia y par motor. La potencia máxima que puede desarrollar un motor depende de diversos factores, entre los que cabe destacar la relación de compresión y la cilindrada, pues a mayores valores de éstas, les corresponden explosiones más potentes y, en

consecuencia mayor fuerza aplicada al pistón. También depende de la carrera, números de cilindros y régimen de giro del motor. Cuanto mayor es la velocidad de rotación del motor, menor es el tiempo que permanece abierta la válvula de admisión, llegándose a una situación en que la cantidad de gases que entra al cilindro es insuficiente, lo que determina una disminución de la potencia que desarrolla el motor a partir de un cierto régimen. De ahí que la velocidad y la potencia de un motor no puedan aumentar indefinidamente. En la Figura 1 se han representado las curvas características de potencia y par de dos motores, donde puede verse que el valor más alto del par motor se obtiene en ambos casos a un régimen aproximado de 3000 r.p.m., mientras que la máxima potencia se consigue por encima de las 5 300 r.p.m. En el intervalo comprendido entre estos regímenes, se logra un funcionamiento estable del motor, cualquiera que sean las resistencias a vencer en la marcha del vehículo.

Cuando la potencia de un motor se mantiene sensiblemente igual en un margen amplio de revoluciones, se dice que el motor es plano o elástico. Si la potencia máxima se obtiene en un margen pequeño de revoluciones se dice que el motor es agudo. Con referencia a la Figura 1, en cuanto a potencia se mantiene sensiblemente constante, lo cual corresponde a un motor más elástico. Por lo contrario, el par de este motor resulta menos elástico. Ello significa que el motor cuyas curvas se han representado a la derecha de la figura presenta mejor capacidad de recuperación en los altos regímenes y peor en los bajos.

Tomando en cuenta estos conceptos básicos se definió una serie de índices técnicos, de manera que permitieran comparar y evaluar técnicamente cada una de las ofertas que se analizarán.

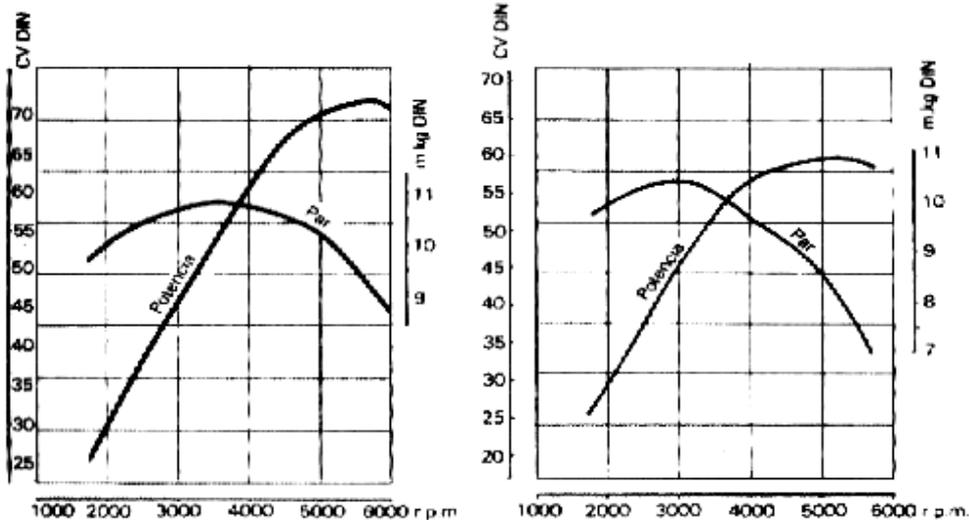


Figura 1.- Curvas características de potencia y par motor.

3. Descripción de los indicadores técnicos para la evaluación y selección de vehículos ligeros.

Índice de elasticidad en frecuencia de rotación.

Este índice establece la relación entre la frecuencia de rotación del cigüeñal del motor cuando este entrega la máxima potencia y la frecuencia de rotación cuando entrega el máximo torque. Su expresión matemática es:

$$e_n = \frac{n_N}{n_M}$$

n_N : Revoluciones por minutos a potencia máx. [rpm].

n_M : Revoluciones por minutos a torque máx. [rpm].

En la medida que este indicador aumente, existirá un mejor aprovechamiento del rango de velocidades de trabajo del motor y por lo tanto un menor número de marchas se requieren en el sistema de transmisión.

Potencia específica.

Este indicador expresa la relación entre la potencia máxima del motor y el peso total del vehículo, el mismo presenta especial importancia cuando se comparan vehículos de similares características técnicas.

Expresa cuantas unidades de potencia se dispone por cada unidad de masa del auto. En la medida que este aumente, las cualidades dinámicas del vehículo son mejores. Su expresión matemática es:

$$N_{ESP} = \frac{N_{max}}{PTV} \quad [CV / Kg.]$$

N_{max} : Potencia máxima [CV]

PTV : Peso total del vehículo [Kg.]

Potencia de litraje.

Este indicador relaciona la potencia máxima del motor y la cilindrada del mismo. En la medida que aumente este indicador, se realiza un mejor aprovechamiento del volumen de trabajo del motor. Su expresión matemática viene dada por:

$$N_{lit} = \frac{N_{max}}{Cc} \quad [CV/lit].$$

Cc : Cilindrada del motor [lit].

Coefficiente de durabilidad.

Este coeficiente esta basado en dos parámetros constructivos de los automóviles, que se obtienen a partir de datos del propio fabricante. Los mismos son:

La velocidad media del pistón (C_n), para las condiciones de potencia nominal, dada por la expresión:

$$C_n = \frac{S \cdot n_N}{30} \quad [m/s]$$

S : Carrera del pistón [mm].

n_N : Revoluciones del motor a potencia máx. [rpm].

Se considera que en la misma medida en que disminuya la velocidad media del pistón, menores serán los desgastes que ocurrirán en el conjunto cilindro pistón. Esto tiene varias verificaciones experimentalmente, una de ellas es la dependencia directa de la presión media de perdidas mecánicas por la velocidad media del pistón. El hecho de la dependencia de las perdidas mecánicas con la velocidad media del pistón, permite considerar que la fricción mecánica y por tanto el desgaste debido a este será menor en la medida que la velocidad media del pistón para las condiciones nominales sea menor.

En general siempre que se considere la igualdad del resto de los parámetros, en la medida en que la velocidad media del pistón sea más baja numéricamente para la condición de potencia nominal, el motor se considera mejor desde el punto de vista de desgaste.

Coefficiente de revoluciones (n_s).

Este parámetro evalúa la durabilidad del motor así como el resto de la transmisión, y expresa el número de vueltas por kilómetro recorrido que da el motor cuando la relación de transmisión usada es la que permite alcanzar la mayor velocidad de desplazamiento del auto, su expresión esta dada por:

$$n_s = \frac{i_{t_{fin}}}{2\pi \cdot r_d} \quad [v/Km.]$$

r_d : Radio dinámico [m] .

$i_{t_{fin}}$: Relación de transmisión final

Teniendo en cuenta estos conceptos se define el coeficiente de durabilidad como el producto de estos dos parámetros. La expresión viene dada por la siguiente ecuación:

$$CD = \frac{c_n n_s}{1000} \quad [v/s].$$

c_n : Velocidad media del pistón [m/s]

n_s : Coeficiente de revoluciones [v/Km]

En la evaluación de autos desde este punto de vista se debe tener en cuenta que en la medida que este indicador sea menor, el vehículo será más duradero.

Coefficiente de capacidad motriz.

Este indicador tiene en cuenta tanto la potencia de litraje como el coeficiente de durabilidad, de tal manera se define un indicador que aumenta en la medida que ambos factores sean mejores. Su expresión viene dada por:

$$C_{cm} = \frac{N_{lit}}{CD} \quad [Cv.s/v.lit].$$

N_{lit} : Potencia de litraje [Cv/lit].

CD: Coeficiente de durabilidad [v/s].

Coefficiente combinado de evaluación.

A efecto de establecer un índice que evalúe conjuntamente la capacidad dinámica del auto y la durabilidad de este, se usa el coeficiente combinado de evaluación, el cual considera la potencia de litraje en función del coeficiente de durabilidad, así como la potencia específica. Dicho coeficiente se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$C_{CE} = C_{cm} \cdot N_{esp}$$

C_{cm} : Coeficiente de capacidad motriz [Cv.s/v.lit]

N_{esp} : Potencia específica [Cv/Kg]

Torque específico.

Este indicador expresa la relación entre el torque máximo del motor y el peso total del vehículo. El mismo permite evaluar cuan apropiado es el motor desde el punto de vista dinámico, por cada unidad de peso total del vehículo.

$$T_{esp} = \frac{M_{max}}{PTV} \quad [Nm/Kg].$$

M_{max} : Torque máximo [Nm].

PTV: Peso total del vehículo [Kg].

Consumo de combustible.

El consumo de combustible del motor caracteriza el estado técnico y económico en la explotación del vehículo. Este indicador indica el volumen de combustible en litros por cada cien kilómetros recorrido por el auto. En autos de similares características en la medida que este indicador sea menor, más económico será el vehículo. Y se determinará a partir de datos del fabricante.

Emisiones de gases.

Con este indicador se expresa la cantidad de emisiones de CO₂ por kilómetro recorrido [g / Km].

Se determinará a partir de datos del fabricante. En autos de similares características, en la medida que este indicador sea menor, menos contaminante se considerará el vehículo.

En la tabla 1 se muestra en forma tabulada un resumen de todos los índices técnicos que se proponen para la evaluación y selección de vehículos ligeros.

Los resultados parciales por indicador pueden ser contradictorios, apuntando en algunos casos a unas alternativas como la mejor opción y en otras como la peor, de ahí la necesidad de encontrar un método que permita realizar un análisis integral de todos los indicadores, para ello se propone la determinación de un "Indicador Técnico Integral Ponderado" (ITIP). Este indicador se determinará con ayuda de una matriz de ponderación. Para ello se determinó el peso relativo que cada índice representará en el cálculo del ITIP, el cual se definió utilizando las técnicas de consenso. Una vez calculado dicho indicador se seleccionará aquella alternativa que presente el mejor comportamiento del mismo, o al menos le da al que esta haciendo la valoración, el orden del comportamiento para cada una de las variantes. En la tabla 2 se muestra el peso relativo determinado para cada uno de los índices que ayudarán a tomar la decisión desde un enfoque técnico.

Debe señalarse que la aplicación de este ITIP es de gran importancia a la hora de valorar técnicamente las alternativas ya que se reúne en un solo índice todos los criterios antes mencionados. A modo de ejemplo se presentan en la tabla 4 los resultados determinados para un grupo de vehículos perteneciente al segmento de mercado compacto (tabla 3):

Analizando los resultados que muestra la tabla puede apreciarse que entre los indicadores de evaluación existen contradicciones, por ejemplo algunos indicadores señalan a unos vehículos con mejor comportamiento en unos índices, otros señalan a otros vehículos. O sea que no existe un vehículo capaz de mantener los resultados de todos sus índices técnicos en punta.

Es por ello la necesidad de agrupar todos los índices de evaluación en un solo indicador, basados en el algoritmo del Indicador Técnico Integral Ponderado planteado anteriormente.

Como resultado del algoritmo de evaluación y la evidencia del gráfico anterior se determinó que en lo autos Compacto que se evaluaron el Peugeot 307 es la mejor alternativa desde el punto de vista técnico.

Tabla 1. Resumen de los indicadores técnicos para la evaluación y selección de vehículos ligeros.

Índice	Expresión	Unidades	Criterio
Elasticidad en frecuencia de rotación	$e_n = \frac{n_N}{n_M}$	Adimensional	Aumente
Potencia específica	$N_{ESP} = \frac{N_{max}}{PTV}$	[Cv/Kg.]	Aumente
Potencia de litraje	$N_{lit} = \frac{N_{max}}{i \cdot v_h}$	[Cv/lit]	Aumente
Coefficiente de durabilidad	$CD = \frac{c_n n_s}{1000}$	[v/s]	Disminuya
Coefficiente de capacidad motriz	$C_{cm} = \frac{N_{lit}}{CD}$	[Cv •s/v•lit]	Aumente
Coefficiente combinado de evaluación	$C_{CE} = C_{cm} \cdot N_{esp}$	[Cv ² s / v lit Kg]	Aumente
Torque específico	$T_{esp} = \frac{M_{max}}{PTV}$	[Nm/Kg.]	Aumente
Consumo de combustible	Dato del fabricante.	Lit/100 Km.	Disminuya
Emisión de gases	Datos del fabricante	g / Km.	Disminuya

Tabla 2.- Peso relativo determinado por la aplicación de las técnicas Delphi.

INDICADORES	Peso otorgado
Coefficiente de durabilidad	15%
Potencia específica	14%
Índice de elasticidad en frecuencia de rotación	12%
Torque específico	12%
Consumo de combustible	12%
Potencia de litraje	11%
Coefficiente de capacidad motriz	9%
Emisiones de gases	8%
Coefficiente combinado de evaluación	7%
Total	100%

Tabla3.- Relación de vehículos en el segmento compacto

COMPACTO	AUDI A3
	CITROEN XSARA
	CITROEN ZX
	PEUGEOT 307
	TOYOTA COROLLA
	TOYOTA YARIS (4 PUERTAS)
	VW POLO CLASICO
	LADA 2110

Tabla 4.- Resultado de los índices técnicos para el segmento compacto.

Indicadores	Citroen	Citroen	Peugeot	Toyota	Toyota	VW	Lada	Audi
	X Sara	ZX	307	Yaris	Corolla	Polo	21102	A3
Elasticidad	2.88	2.88	2.3	1.36	1.36	1.91	1.8	1.47
Potencia Especifica	0.064	0.069	0.105	0.0659	0.067	0.09	0.05	0.083
Potencia de Litraje	0.037	0.037	0.08	0.0662	0.069	0.054	0.052	0.063
Coef. de Durabilidad	0.035	0.034	0.0282	0.035	0.035	0.0353	0.025	0.026
Coef. de Capacidad Motriz	1.06	1.09	2.85	1.91	1.96	1.54	2.07	2.37
Coef. Combin. de Evaluación	0.068	0.075	0.03	0.126	0.132	0.139	0.103	0.197
Torque Especifico	0.113	0.121	0.116	0.093	0.09	0.119	0.074	0.123
Consumo de Combustible	6.4	6.4	7.2	6.7	6.7	5.7	7.3	12

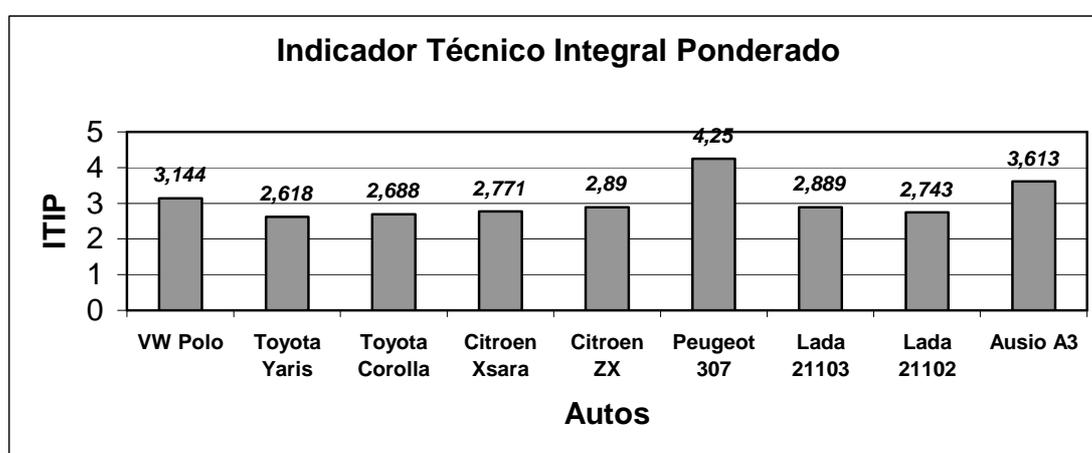


Gráfico 1.- Resultados del ITIP por vehículo para el segmento compacto.

4. Conclusiones.

- El procedimiento presentado integra un grupo de conceptos técnicos que permiten evaluar desde esta óptica las alternativas que se comparan
- Se introduce el concepto del Índice Técnico Integral Ponderado (IIP), que permite evaluar los criterios técnicos en un solo indicador integral.
- Se aplicó la Técnica Delphi para la determinación de los pesos relativos en la matriz de ponderación
- Se ejemplificó con datos reales tomados de una empresa, los procedimientos explicados, existiendo una correlación en los resultados obtenidos para la selección y el comportamiento de la flota en condiciones de explotación.

5. Bibliografía.

1. Alonso, JM. Mantenimiento y reparaciones del automóvil. Paraninfo. Madrid. 1998.
2. Alonso, JM. Técnicas del automóvil. Motores. 10 Edición. Thomson Paraninfo. España. 2002
3. Aragón Marrero R. Metodología de evaluación técnica de ofertas de automóviles de carga. Trabajo por la opción del grado de Doctor en Ciencias Técnicas. ISPJAE. La Habana. 1989.
4. Arias Paz, M. Manual de Automóviles. 41 Edición. Madrid. 1999
5. Aparicio Izquierdo, F. Teoría de los vehículos automóviles. Universidad Politécnica de Madrid. España. 1995
6. Szczepaniak, C. Teoría del Automóvil. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. 1974.
7. Morales, R. y Quintana, M. Metodología para la evaluación y selección de ofertas de Vehículos. Trabajo de Diploma. Tutor: MSc. Ing. Luz del Alba Raña. ISPJAE. La Habana. 2001.
8. "Procedimiento para la solicitud de inversiones en vehículos automotores para carga y pasajes". MITRANS. Cuba.
9. Lledó A. y Piloto N. Metodología para la evaluación y selección de ofertas de Vehículos. Trabajo de Diploma. Tutor: MSc. Ing. Luz del Alba Raña. ISPJAE. La Habana. 2003.

Technical approaches to evaluate and select offers of light vehicles.

Abstract

When evaluating a series of offers of vehicles, without place to doubts, it is necessary to be governed by technical approaches of decision. An evaluation approach results from the behavior of preset relationships and proven among technical parameters. The objective of this work is to expose the main bases of technical origin that define the characteristics of each one of the alternatives that were compared to each other according to the market segment in order to select alternatives that gathers the best behavior in these indexes according to the regime of exploitation of the automobile.

Great importance is given to a first evaluation that allows to discriminate in dependence of the market segment where the vehicle worked in order to choose the alternatives that gather a group of characteristics that makes them comparable to be capable to select the best option inside all the possible ones.

Key words: Technical indexes, slight Vehicles, evaluation, selection.