

**REPÚBLICA DE CUBA.
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR.
UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS.
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



PROPUESTA DE RENOVACIÓN PARA EL PARQUE DE VEHÍCULOS LADAS DE LA ASAMBLEA PROVINCIAL.

MAESTRÍA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE AMPLIO ACCESO.

AUTOR: ING. YOEL GÓMEZ CRUZ.

AÑO 50 DEL TRIUNFO DE LA REVOLUCIÓN.

CIENFUEGOS 2009.

REPÚBLICA DE CUBA.
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR.
UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS.
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



PROPUESTA DE RENOVACIÓN PARA EL PARQUE DE VEHÍCULOS LADAS DE LA ASAMBLEA PROVINCIAL.

MAESTRÍA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE AMPLIO ACCESO.

AUTOR: ING. YOEL GÓMEZ CRUZ

**TUTORES: Dr. ING. RAMÓN PÉREZ GÁLVEZ.
Dr. ING. JOSÉ RAMÓN FUENTES VEGA.**

AÑO 50 DEL TRIUNFO DE LA REVOLUCIÓN.

CIENFUEGOS 2009.

Declaración Jurada:

Por medio de la presente declaro ante el Comité académico de la maestría en Eficiencia Energética, que la tesis presentada es de mi propia autoría, que no contiene material escrito por otra persona, al no ser el referenciado debidamente en el texto, y que ni en su totalidad, ni parte de ella ha sido aceptada para el otorgamiento de cualquier otro grado científico en instituciones nacionales e internacionales.

Fecha: **01/04/2009**

Firma del Autor:

Certificación del Tutor:

Por medio de la presente apruebo que la tesis titulada: " **PROPUESTA DE RENOVACIÓN PARA EL PARQUE DE VEHÍCULOS LADAS DE LA ASAMBLEA PROVINCIAL**, del Autor: **ING. YOEL GÓMEZ CRUZ**, sea presentada al acto de defensa en opción al título de **Master en Eficiencia Energética**.

Para que así conste firmo la presente en la Ciudad de **Cienfuegos** a los **01** días del mes de **abril** del año **2009**.

Firma del Tutor:

SÍNTESIS

En el siguiente trabajo se realizó un estudio de los índices de consumo de combustible del parque automotor de la Asamblea Provincial. El mismo evidenció que el mayor consumo lo presentan los vehículos Ladas con el 79,54% del consumo total de este portador. Además se analizó la renovación del LADA por otra marca de vehículo más moderno, de menos consumo y mejores cualidades de explotación. Para lo cual se emplearon técnicas comparativas como el criterio de expertos, balance térmico de ambos motores y la evaluación del desempeño de ambos vehículos en el ciclo básico, que junto con una evaluación económica y ambiental ratificaron al HIUNDAY ACCENT el vehículo de mayores condiciones para la renovación.

ÍNDICE

ÍNDICE:

Presentación	1
Resumen	6
Índice	8
Introducción	10
CAPÍTULO 1: Estado del Arte	
1.1 Estado del Arte	12
1.2 Caracterización de los Portadores Energéticos del Centro y sus consumos	19
1.5 Conclusiones Parciales	36
CAPÍTULO 2: Trabajo con los Vehículos.	
2.1 Introducción del Capítulo	37
2.2 Criterio de Expertos	37
2.3 Balance térmico de ambos Motores	40
2.4 Herramienta para evaluar teóricamente los vehículos: El ciclo Básico Modificado	45
2.5 Conclusiones Parciales	50
CAPÍTULO 3: Análisis del desempeño de los vehículos y su evaluación política y ambiental.	
3.1 Introducción al Capítulo	51
3.2 Análisis del desempeño de los vehículos en los ciclos teórico de movimiento	51
3.3 Evaluación económica de la renovación.	53
3.4 Impacto ambiental de la renovación	56
3.5 Conclusiones Parciales	58
CONCLUSIONES GENERALES	59
RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
ANEXOS	66

Introducción.

La elevación sostenida de los precios del petróleo y sus derivados ha caracterizado los últimos cuarenta años. Esta situación se agudiza más para los países subdesarrollados importadores de este recurso energético que además, no disponen de un parque automotor moderno y sus infraestructuras viales en casi toda su totalidad, son obsoletas. Por otra parte, está demostrado por diversos autores ^[2,4], la dependencia de emisividad respecto al consumo de combustible de los vehículos que poseen como fuente motriz los motores de combustión interna y los perjuicios que ocasionan al medio ambiente.

Pese a que la sociedad de consumo no está totalmente comprometida con este fenómeno uso de los recursos energéticos en el transporte terrestre, se significan determinados esfuerzos para aminorar su efecto. No obstante, existe un grupo de países que hoy presta suma atención a la problemática, Cuba es uno de ellos. Poseemos dependencia histórica de los recursos energéticos, aun hoy cuando se avizoran avances en la explotación de nuestros yacimientos de petróleo, tanto en su calidad, como su cantidad.

El manejo de los recursos energéticos, la supervivencia del país y su crecimiento toma recientemente nuevos matices. El país se ha caracterizado por marcadas etapas en el desarrollo del transporte, en la etapa de colaboración con la URSS y el campo socialista predominó la importación masiva de medios de transporte cuyo sello distintivo no era precisamente la economía de combustible, no dejamos de reconocer las otras excelentes

cualidades que poseían y el problema que resolvieron en su momento. También en esta etapa se importaron lotes de otras procedencias, que bajo condiciones preferenciales de precios impedían que nos equipáramos de equipos ahorrativos, se refiere que muchos equipos fueron concebidos ante la crisis del petróleo de 1973. Entonces arribamos a la etapa de desaparición de la URSS y la caída del modelo socialista este-europeo con una gran parte del parque descrito anteriormente, lo cual bajo las nuevas condiciones impuestas a nuestro comercio exterior motivó el cese de la operación de un gran número de vehículos y la explotación ineficiente del resto. En este lapso se efectuaron importaciones puntuales y no se caracterizaron las grandes compras, fue una tendencia la compra de vehículos de segunda mano, que resolvían el problema de la existencia del medio de transporte, pero no su economía de consumo. Así arribamos a la tercera etapa, que hoy consideramos tiene en cuenta los aprendizajes del pasado y junto al crecimiento económico, volvemos a adquirir cantidades significativas de vehículos. La historia deja claro que el camino de la eficiencia energética en el transporte es paralelo al camino del desarrollo definitivo del país.

Por otro lado, el envejecimiento del parque vehicular viene acompañado por un incremento de los indicadores de consumo de combustible, la disminución de las cualidades dinámicas y de los costos de servicios técnicos. El parque de vehículos Ladas Rusos de Asamblea Provincial presenta un alto índice de envejecimiento y de consumo de combustible, por esto el problema queda enunciado de la siguiente forma:

Problema:

El elevado índice de consumo de combustible de la flota de vehículos LADAS de la Asamblea Provincial.

Objeto de estudio: El comportamiento del índice de consumo de los vehículos LADAS de la Asamblea Provincial.

HIPÓTESIS: Con la renovación del parque de vehículos LADAS del Poder Popular Provincial se logrará disminuir los consumos de combustible.

Objetivo General:

Obtener mediante la renovación del parque de vehículos LADAS actual, la disminución del alto consumo del parque automotor del Poder Popular Provincial.

Tareas de investigación:

1. Revisión y recopilación bibliográfica del estado del arte internacional sobre el tema.
2. Seleccionar, bajo diversos criterios, los nuevos vehículos ligeros para el parque automotor de la empresa Poder Popular Provincial.
3. Comparación entre las características técnicas de los vehículos a renovar y los propuestos.
4. Determinación del impacto energético y medio ambiental.

CAPITULO 1

1.1 Estado del Arte.

El consumo de combustible y sus indicadores derivados son muy importantes para formular criterios acerca de la eficiencia energética de los medios de transporte y sus empresas operadoras, su incidencia en los costos de explotación se incrementa en la medida que se incrementan los precios del petróleo y sus derivados, que en la actualidad constituyen los combustibles de mayoritario uso en las fuentes energéticas de los automóviles. Los factores que inciden en el consumo de combustible son múltiples y de variado origen, y han sido estudiados y clasificados por diferentes autores ^[1,3,4,5,10,12,14,15,17,18,24,26,27].

Si bien los factores constructivos tienen una gran incidencia en el consumo de combustible, las particularidades constructivas son muy variadas y varían a tal velocidad, que superan el ritmo de obtención de una dependencia matemática por vías experimentales: cuando se obtiene una expresión ya se ha operado una modificación constructiva o se ha hecho obsoleta por el vertiginoso cambio de la tecnología vehicular. En tal caso, a fines de la modelación matemática del consumo de combustible, solo es posible operar con las características constructivas más generales. Por otro lado, con respecto al estado técnico, no existen expresiones que consideren el proceso natural de variación de los indicadores de consumo del vehículo durante la explotación, entre otras razones porque depende de las condiciones y regímenes de explotación, del estilo de conducción, de la tecnología, de la calidad de los materiales

empleados, de la calidad del servicio técnico y de otros muchos factores.

El cálculo teórico del combustible que se consume durante el trabajo de las máquinas automotrices, debido a las condiciones aleatorias de su movimiento, es difícil obtenerlo con elevada aproximación. En el cálculo teórico del consumo, uno de los aspectos más conflictivos es la determinación del consumo específico de combustible g_e , que como se conoce, depende no sólo de frecuencia de rotación, sino también del grado de carga del motor, g_e se determina por el método teórico más ampliamente aceptado ^[10,12].

En Cuba ^[24], y en la UCf se han desarrollado varias investigaciones que han formulado el Ciclo de Movimiento Básico ^[18] y su Nueva Concepción y tienen como objetivo la comparación de vehículos con fines de selección vehicular, a los fines de esta investigación se toman varias expresiones de su modelación matemática para calcular teóricamente el consumo de combustible de los ómnibus que motivan el proyecto. Aunque estos ciclos son teóricos, se ha logrado validar su eficacia a través de experimentos ^[18]. En ellos se definen las siguientes etapas de operación:

1-aceleración intensa hasta la velocidad de crucero con períodos de cambios de marcha

2- tránsito en velocidad crucero

3-período de frenado con el motor

4-período de frenado intenso y ralentí.

Otro tipo de Ciclo de Movimiento es el Específico y tiene como objetivo el estudio del desempeño del vehículo en una vía específica que además

contempla la interrelación con el conductor y el medio.

Los mejores esfuerzos en la modelación de un Ciclo de Movimiento Específico se pueden consultar en el trabajo: “Criterios para la evaluación y/o comparación de camiones diesel” ^[18], el cual también cita investigaciones derivadas a su objetivo rector.

Ramos ^[26], en su estudio de las vías de Granma, hace una primera aproximación de la caracterización de la vía, lo cual posibilitó construir un ciclo que se aproxima al real, pero con un ciclo de velocidad teórico. Este modelo tiene en cuenta las características del vehículo y la caracterización de la vía por la que circula. Para la obtención de la información vial utilizó una base de datos de levantamiento topográfico.

Al igual que Ramos ^[26], López y Sánchez ^[17] hacen el mismo tipo de estudio, pero enfocado a la región de Cienfuegos. En este caso se empleó una herramienta similar para obtener la información geográfica. De este modo se obtiene el valor de la pendiente por tramos y datos para caracterizar las curvas. Los estudios antes referidos tienen como medio fundamental la obtención de un perfil de velocidad teórico que considera los factores que inciden en el consumo y sirven para pronosticar el mismo a través de las resistencias al movimiento. Este perfil de velocidades es característico de un vehículo y una vía y representa las máximas potencialidades en su tránsito por ella.

Basado en la estructura de portadores energéticos, Molina ^[20] demuestra en su trabajo: “Propuesta de indicadores de consumo para la flota de ómnibus ASTRO Cienfuegos” que los mayores gastos en que incurre la empresa ASTRO

son los correspondientes al combustible Diesel. También este autor ^[19] proyecta el ciclo de movimiento ASTRO como vía para pronosticar el consumo de combustible el cual valida con un grupo de ensayos en la ruta Cienfuegos Habana, de este modo actualiza el indicador de consumo tradicional: consumo recorrido. Asimismo, hace un estudio de las cualidades de consumo de los ómnibus MERCEDES BENZ 0-371 para lo cual fundamenta nuevos indicadores de consumo.

En cuanto a los indicadores que valoran el consumo de combustible, se reporta según el orden de empleo por los operadores de flota: el consumo recorrido y en otros casos, el consumo recorrido específico. El consumo recorrido, es un indicador sencillo, de ahí su popularidad, y por eso no es capaz de valorar la complejidad de muchos procesos de transportación, él ofrece una medida de la economía de combustible del vehículo bajo determinadas circunstancias que ni siquiera son iguales de un fabricante a otro y no comprende aspectos que describen la eficiencia energética. En cuanto al indicador consumo recorrido específico, es un indicador más elaborado que ya contempla aspectos de aprovechamiento de la carga y distancia recorrida, no obstante su empleo no es generalizado y podría ser modificado para obtener criterios de eficiencia energética

En la última mitad del siglo XX y principios del XXI una nueva problemática se ha agregado al problema energético con gran intensidad, que es el deterioro del medio ambiente que se produce en la obtención de energía, fundamentalmente a partir de combustibles fósiles.

Son principalmente las transformaciones energéticas a nivel, industrial las que tienen una gran influencia sobre el sistema ecológico (ecosistema) de nuestro planeta. El desarrollo desmedido de la humanidad y el uso indiscriminado de los recursos son los que han provocado el desequilibrio del Entorno. Todas las transformaciones artificiales que experimenta nuestro globo; el creciente deterioro de la capa de ozono, el efecto invernadero, las desertificaciones de los suelos, las lluvias ácidas, el incremento de los deshielos en los polos, las grandes deforestaciones, el incremento de las pérdidas de especies animales y vegetales rompen la cadena alimenticia, la desmedida diferencia económica, política y social existente entre los países, provoca que se haga muy difícil tomar acuerdos para favorecernos a todos, hacen que no puedan pasar por inadvertidos y que sean motivos de gran preocupación todos estos problemas, no solo para científicos y gobernantes, sino para toda la humanidad a pesar de que en los últimos tiempo se ha logrado un movimiento en torno a la necesidad del cuidado del medio que prácticamente todos los países hablan de esto y trabajan en función de lograr mejoras hasta los no firmantes del Protocolo de Kyoto. Se destacan grandes figuras propiciando esto como Nuestro Comandante en Jefe en la Cumbre de Islas Margarita, de Río y en las reflexiones que realiza Albert Goret, Chávez y otros. Lo cual demuestra que se puede lograr consenso en este sentido.

Por ello no son pocas las organizaciones que han hecho un llamado a la búsqueda de soluciones para proteger nuestro planeta.

Efectos de lluvias ácidas:

Se originan por la presencia de óxido de azufre y de nitrógeno en la atmósfera y se produce al estar en contacto con el aire húmedo, los óxidos de nitrógeno y el anhídrido sulfuroso y nítrico. Las nubes se acidifican fuertemente y es cuando ocurre la producción de lluvias ácidas, provocando:

Efecto desbastador sobre la vida de los peces.

Disminución en el plantón y la fauna del fondo, lo que reduce el suministro de alimentos.

Pérdida de la productividad de las cosechas.

Cambios en la vegetación natural.

Aumento de la corrosión de los materiales.

Existen más de 120 tratados internacionales para la protección del medio ambiente. Todos los países industrializados están marcados por la huella de la contaminación. Recientemente la agencia europea de Medio Ambiente publicó un estudio en el que recalca que los residuos son el problema más grave de Europa. Hace años se hablaba de 80 000 terrenos contaminados en Alemania, 300 000 en Francia, 1 500 en Dinamarca alrededor de 135 000 en los Países Bajos y en los Estados Unidos y hasta el momento 4940 en España. El uso de los combustibles convencionales juega un papel no despreciable en esto, pero además constituye un agente depredador al medio en muchos otros sentidos.

No obstante, la tierra posee sus mecanismos particulares de auto depuración, el problema aparece cuando la naturaleza se satura y no es capaz de realizar este trabajo y se debe acudir a métodos artificiales de limpieza y depuración, es por

ello que la época actual se caracteriza por la tendencia a un desarrollo sostenible, es decir, un proceso armónico, en el que la explotación de los recursos energéticos, la dirección de las inversiones, la orientación tecnológica y las transformaciones institucionales deben estar a tono, no solo con las necesidades de las generaciones actuales del planeta, sino también de las futuras. Las vías para detener el deterioro del Medio Ambiente producto de la producción de energía se centra en dos líneas de trabajo:

Aumento de la Eficiencia Energética.

Uso de fuentes renovables de energía.

Con el derrumbe del campo socialista a principios de la década del 90, el incremento del bloqueo y la crisis económica que comenzó a sufrir el país, la disponibilidad de generación eléctrica decreció desde el 78 al 53 % llegando a un déficit promedio en el pico de 150 MW. y se preveía que la demanda creciera anualmente en un 5 % o sea 100 MW. Esta situación mejoro notablemente a partir de la revolución energética asumida por el país en los últimos años y se ha logrado con los métodos aplicados, lograr una capacidad instalada por encima de la demanda máxima, estando la principal dirección de trabajo en el uso eficiente de la energía.

En CUBA aunque se ha logrado disminuir el crecimiento del consumo de portadores energéticos, éste sigue siendo mayor que el crecimiento del producto interno bruto (PIB), mientras éste último puede llegar al 12,3 % el primero puede ser del 20 %.

Actualmente existe gran preocupación por disminuir los consumos de los

portadores energéticos en todos los sectores, existen programas de ahorro de energía, en particular la electricidad, con logros importantes en el sector industrial y urbano.

De los trabajos anteriores referidos se puede sintetizar lo siguiente:

1- Son trabajos en los que se utiliza la modelación matemática a la gestión del transporte automotor

2-Solo en el trabajo de Molina ^[19] se aplica las herramientas de la eficiencia energética a una base de transporte, que por sus características difiere de las condiciones presentadas en el taller automotor del poder popular provincial.

El taller automotor del Poder Popular Provincial es una entidad donde fue necesario aplicar un sistema de monitoreo y control energético, debido a que:

1-No existen estudios previos del comportamiento de los portadores energéticos

2- Dado que en la entidad están presentes varios portadores, es necesario determinar los que mayor incidencia tiene en la gestión energética del centro.

1.2 Caracterización de los Portadores Energético del centro y sus principales consumo.

Se inició este tema con la determinación de los principales consumos del centro y él por ciento que representa cada uno. Se hizo un estudio de las características técnicas y de consumo de los vehículos Rusos del parque automotor del Poder Popular Provincial que consumen gasolina. Se hizo una estratificación del combustible; Y después de ver los resultados los vehículos que consumen gasolina se agruparon en 6 grupos por marca, año y nacionalidad para hacer un diagrama de Pareto por grupo y compararlos.

También se procesó la población de 61 vehículos y dio la media de cada grupo y luego se realizó gráfico y el análisis entre medias.

1.2.1 Estructura de consumo de los principales portadores

Energéticos del centro:

Tabla 1.1 Portadores Energéticos del centro y % que Representan.

No	Portador	Consumo	% que Rep.
1	Gasolina	206 042,3 L	82,68
2	Petróleo	33 137,74 L	13,30
3	Lubricante	5 254 L	2,11
4	Electricidad	4 650 W	1,86
5	Grasas	120,5 kg	0,05

Gastos del centro.

Tabla 1.2 Principales Gastos del centro y % que representa.

No	Consumo	Costos (\$)	% que Rep.
1	Gasolina	100 796,52	48,43
2	Petróleo	16 568,87	7,96
3	Lubricantes	6 725,12	3,23
4	Electricidad	346,87	0,17
5	Grasas	333,78	0,16
6	Salarios	83 347,26	40,05
TOTALES		208 118,42	100

1.3 Determinación de los principales portadores energéticos.

Tabla 1.3 Donde se expresan los principales portadores energéticos del Centro.

No	Portador	Valor	U	porcentaje	Acumulado	% acumulado
1	Gasolina	204,64	TEP	84,12	204,64	84,12
2	Diesel	32,18	TEP	13,23	236,82	97,35
3	Lubricantes	4,69	TEP	1,93	241,51	99,28
4	Electricidad	1,64	TEP	0,67	243,15	99,95
5	Grasas	0,12	TEP	0,05	243,27	100

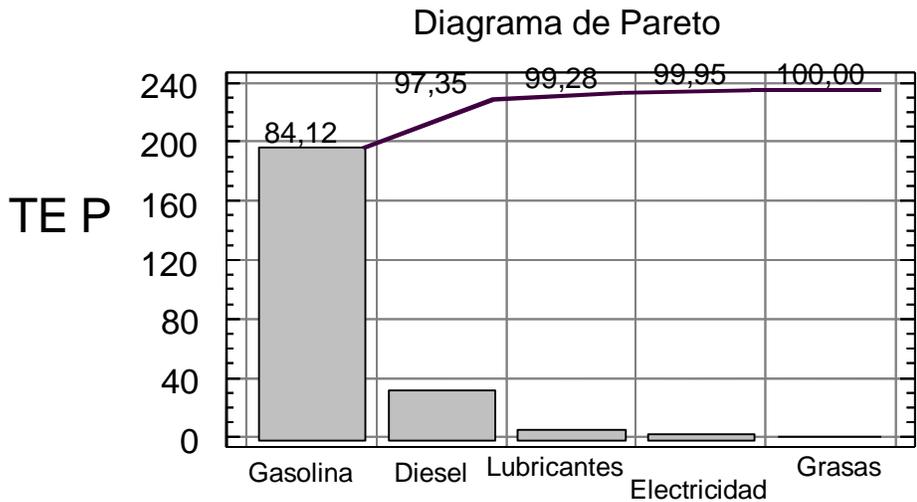


Figura 1.1. Principales portadores energéticos de la empresa.

Del análisis realizado se obtiene que en el año el portador energético que mayor frecuencia acumulativa tiene es la gasolina; empleado en mayor medida en los vehículos ligeros, a los que les corresponde más del 84% de los consumos de portadores energéticos, por ello, los principales esfuerzos en materia de eficiencia energética se van a orientar a la reducción del mismo.

Aunque no se refleja en las tablas anteriores por no tener datos también se hacen esfuerzos por poner un metro contador de agua y se hacen pasos importantes para disminuir el consumo del preciado líquido, se reparan todas las tuberías con fugas y se pusieron válvulas nuevas, asimismo se chequea por el llenado correcto de la cisterna de agua de la planta de fregado.

1.4 Estratificación de la Gasolina y el Diesel.

Gasolina

Tabla 1.4 Estratificación de la Gasolina

No	Tipo de vehículo	Consumo Anual	% Rep.	TEP	% que Rep.
1	Rusos	163 886,06	79,54	157,3	76,87
2	Modernos	35 936,35	17,44	41,18	20,12
3	Motos	6 219,89	3,02	6,16	3,01
TOTALES		206 042,3	100	204,64	100

Como se puede ver de la tabla anterior el mayor consumo lo presentan los vehículos Rusos con el 79,54% del total del combustible consumido por el parque vehicular esto se debe en su mayor medida al envejecimiento del parque, al estado técnico de los mismos y que tales vehículos son recomendables para trabajos duros, pero no son buenos en cuanto a economía de consumo.

Diesel

Tabla 1.4.2 Estratificación del Petróleo.

No	Vehículo	Consumo Anual	% que Rep.	TEP	% que Rep.
1	Rusos	21 636	65,29	21,01	65,29
2	Modernos	11 501,74	34,71	11,17	34,71
TOTALES		33 137,74	100	32,18	100

Como se ve en la tabla anterior al igual que en la gasolina el mayor consumo lo tienen los equipos Rusos con el 65,29% del consumo total del año que se analiza. En este caso tiene un alto índice la carencia de piezas de repuestos

para la reparación de los motores y las condiciones de las vías.

Para realizar la estatificación del consumo de gasolina del parque se agruparon los equipos quedando constituido por seis grupos (ver anexo 1):

1-Todas las Motocicletas.

2-Todos los vehículos de otras nacionalidades (no soviéticos) de 1974 a 1991

3-Todos los vehículos de otras nacionalidades de (no soviéticos) 1992 a 2007

4-Todos los vehículos rusos entre 1986 y 1989

5-Todos los vehículos rusos entre 1990 a 2007

6-Todos los vehículos rusos hasta 1985

A continuación se realizó una estratificación del consumo de gasolina para lo cual se tomaron los 61 vehículos que consumen gasolina y se separaron por marca, año de fabricación y nacionalidades. Se realizó un diagrama de Pareto a cada grupo para determinar los principales consumidores y luego se procesaron estadísticamente los 61 vehículos donde se determinó la media de cada grupo y las diferencias entre estos. Como se pudo apreciar se estudió toda la población.

Motos

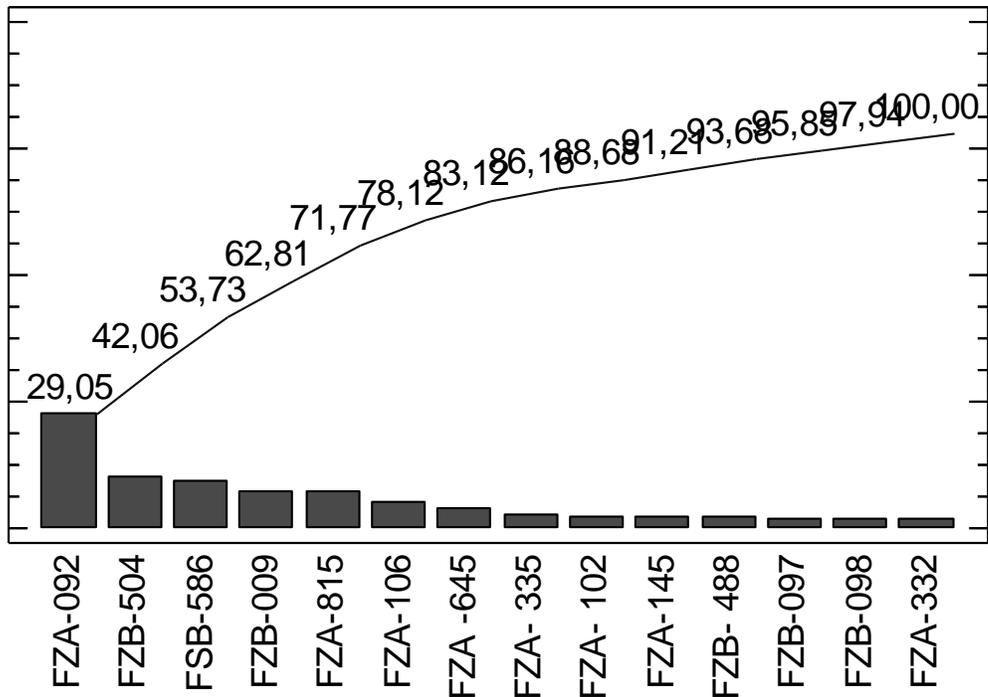


Figura 1.2. Gráfico de Pareto donde se representa el consumo anual de las motos.

Del gráfico anterior se puede ver el consumo del grupo, siendo la moto FZA 092 la de mayor consumo debido a que la misma tiene mas años de explotación que el resto del grupo y un alto desgaste, elevando su índice de consumo.

Otros 1974 a 1991

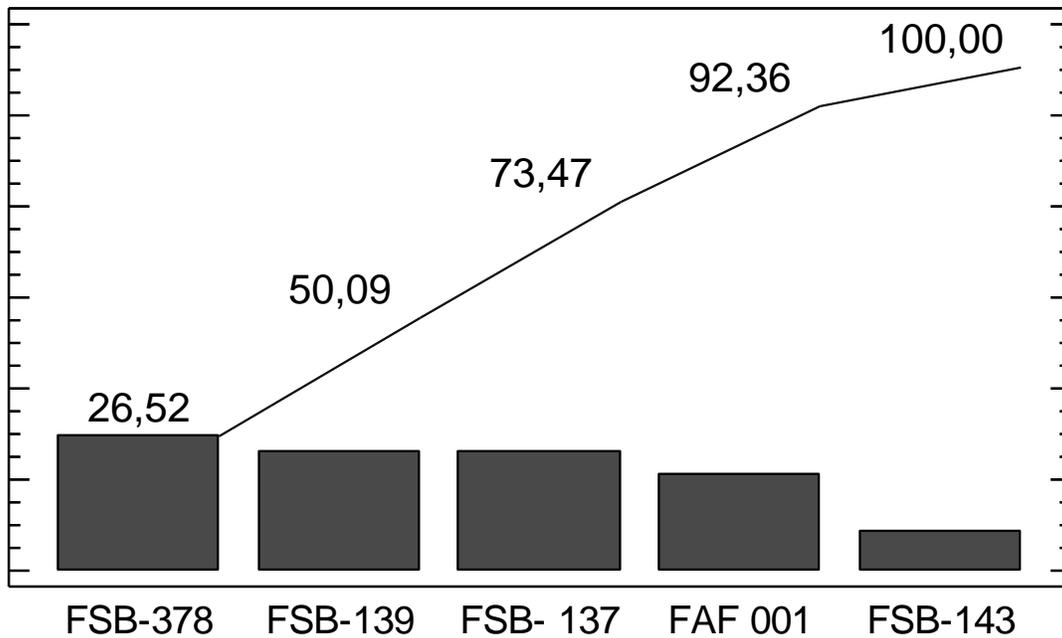


Figura 1.3. Gráfico de Pareto donde se representa el consumo anual de los vehículos de otras nacionalidades fabricados de 1974 a 1991.

Del gráfico de Pareto anterior podemos ver que el consumo de los vehículos en este grupo es bastante parejo siendo el que más consume el FSB 378 que es un vehículo de piqueta.

Rusos 1986 a 1989

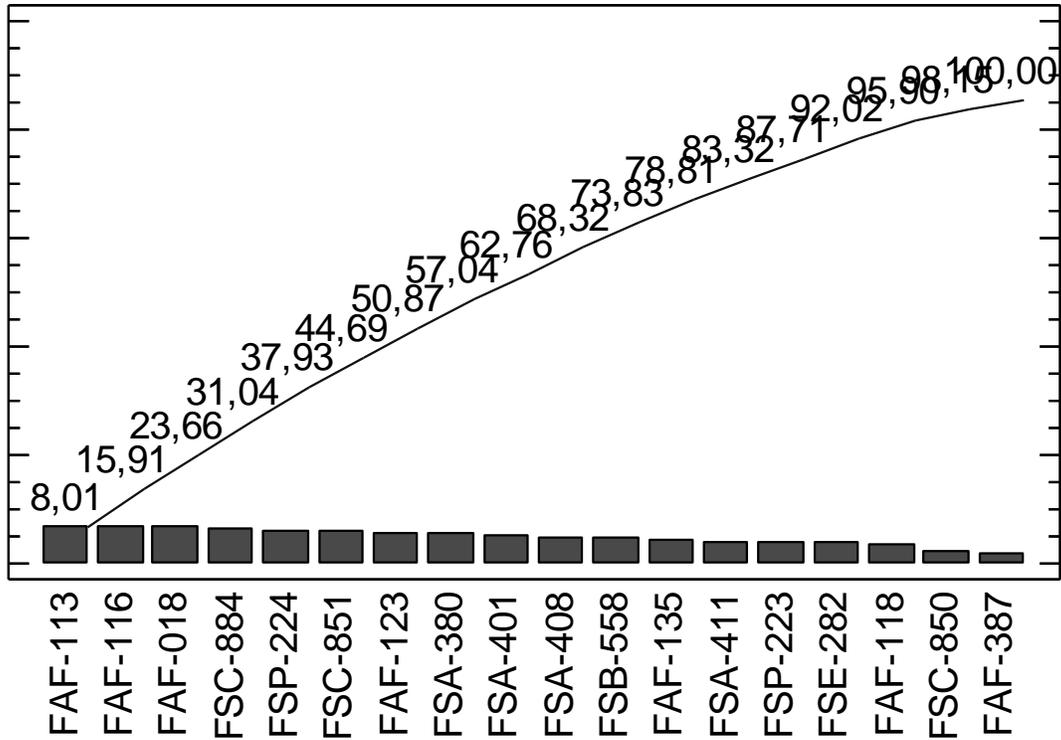


Figura 1.4. Gráfico de Pareto donde se representa el consumo anual de los vehículos rusos fabricados de 1986 a 1989.

Del siguiente gráfico se puede observar que en este grupo, el consumo de los vehículos es muy similar debido a que todos son de una misma nacionalidad, marca y años, aunque existe una invariante: todos son altos consumidores.

rusos hasta 1985

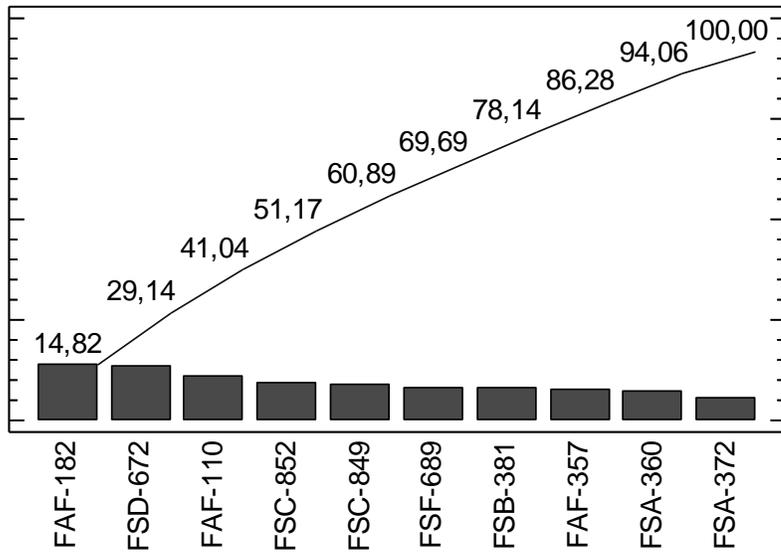


Figura 1.5. Gráfico donde se muestra el consumo anual de los vehículos de fabricación hasta 1985

Del siguiente gráfico vemos que en este grupo existe poca diferencia en el consumo sobresaliendo el vehículo FAF 182 el cual se encuentra radicando en la casa de visita de ciudad de la Habana.

Otros 1992 a 2007

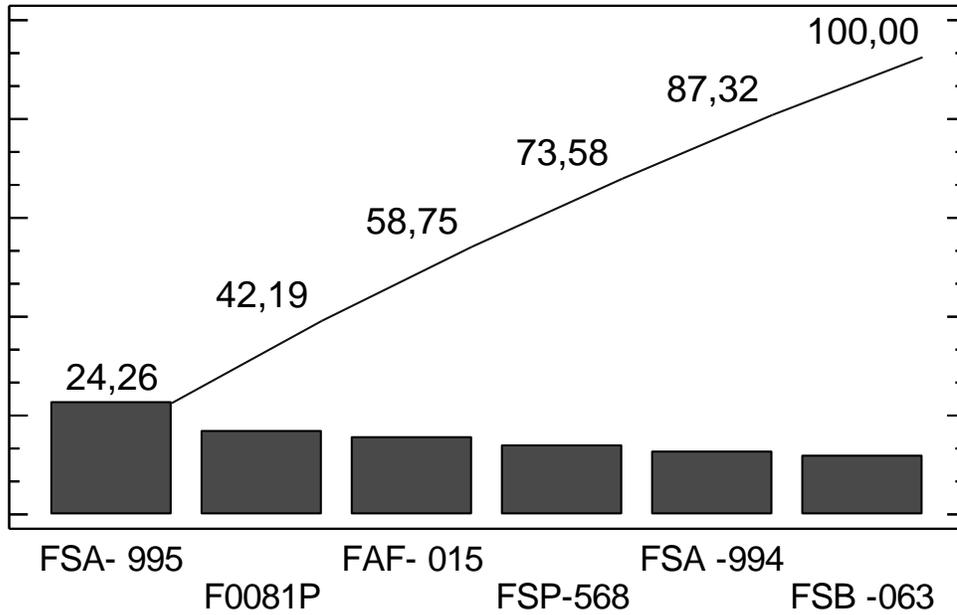


Figura 1.6. Gráfico de Pareto donde se muestra el consumo anual de los vehículos de otras nacionalidades fabricados de 1992 a 2007.

Del siguiente gráfico podemos ver que el vehículo FSA 995 fue el de mayor consumo aunque el grupo se comporta bastante equilibrado en cuanto a consumo.

Rusos 1990 a 2007

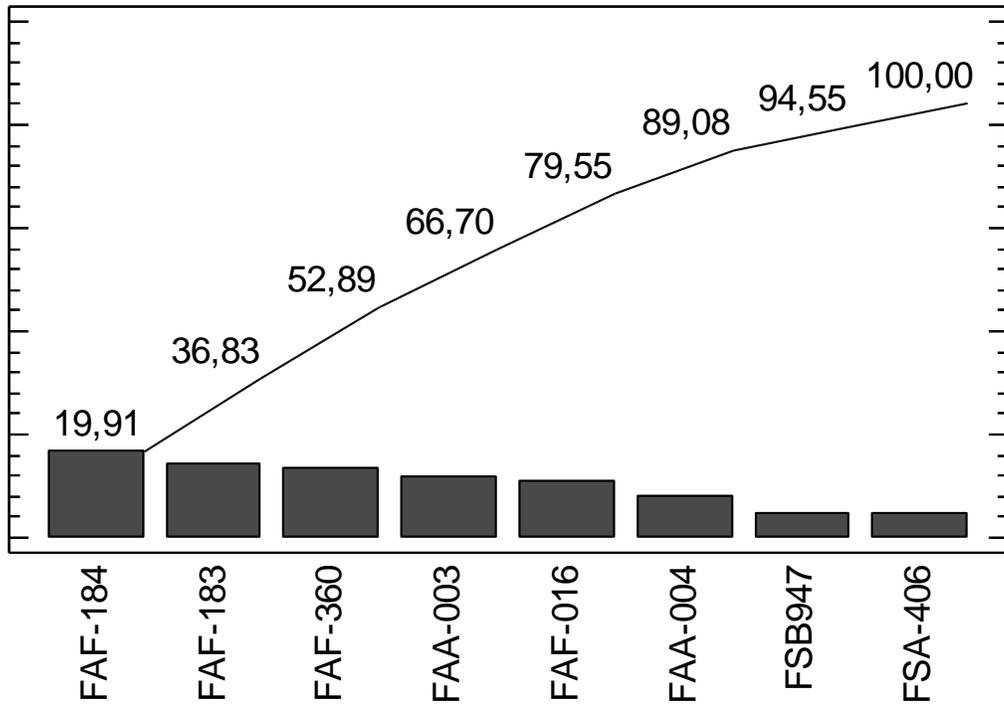


Figura 1.7. Gráfico donde se muestra el consumo anual del grupo de vehículos Rusos fabricados de 1997 a 2007.

En este gráfico podemos ver que en este grupo el vehículo con mayor consumo es el FAF 184 por su tipo de trabajo y las velocidades de explotación a que circula el mismo en muchas ocasiones.

CALCULO DE MEDIAS

Table of Means

with 95,0 percent LSD intervals

		Stand. error			
	Count	Mean	(pooled s)	Lower limit	Upper limit
Motos	14	444,278	360,695	-66,8549	955,411
Otros 1974 a 19 91	5	4415,8	603,559	3560,51	5271,09
Otros 1992 a 2007	6	2309,56	550,971	1528,79	3090,33
Rusos 1986 a 1989	18	4734,11	318,103	4283,33	5184,88
Rusos 1990 a 2007	8	5249,39	477,155	4573,22	5925,56
Rusos hasta 1985	10	3667,7	426,78	3062,92	4272,48
Total	61	3377,74			

Como resultado del calculo de media por grupo dio que la media más baja la presentaban las motos con 444,278dm³; siguiendo en segundo lugar el grupo de los vehículos de otras de otras nacionalidades fabricados de 1992 a 2007 con la media más baja después de las motos con 2 309,56dm³ y la media más alta la presentan los vehículos Rusos fabricados de 1990 a 2007 lo que no ratifica el consumo que representan estos vehículos para el parque Automotor de la Asamblea Provincial dado que los vehículos de este grupo fueron fabricados luego del derrumbe del Campo Socialista lo que trajo consigo que no se fabricaran con la misma calidad que los vehículos de igual marca de años anteriores, lo que elevó aún más su consumo de combustible.

* Denotes a statistically significant difference.

COMPARACION MULTIPLE DE MEDIA

Contrast	Difference	+/- Limits
Motos - Otros 1974 a 1991	*-3971,52	1409,1
Motos - Otros 1992 a 2007	*-1865,28	1319,74
Motos - Rusos 1986 a 1989	*-4289,83	963,801
Motos - Rusos 1990 a 2007	*-4805,11	1198,71
Motos - rusos hasta 1985	*-3223,42	1119,84
Otros 1974 a 1991 - Otros 1992 a 2007	*2106,24	1637,75
Otros 1974 a 1991 - Rusos 1986 a 1989	-318,308	1367,27
Otros 1974 a 1991 - Rusos 1990 a 2007	-833,59	1541,89
Otros 1974 a 1991 - rusos hasta 1985	748,1	1481,4
Otros 1992 a 2007 - Rusos 1986 a 1989	*-2424,55	1274,99
Otros 1992 a 2007 - Rusos 1990 a 2007	*-2939,83	1460,68
Otros 1992 a 2007 - rusos hasta 1985	-1358,14	1396,68
Rusos 1986 a 1989 - Rusos 1990 a 2007	-515,282	1149,26
Rusos 1986 a 1989 - rusos hasta 1985	1066,41	1066,73
Rusos 1990 a 2007 - rusos hasta 1985	*1581,69	1282,93

La prueba realizada nos demuestra que existe diferencia entre todos los grupos siendo significativa la de las Motos con respecto al resto de los grupos dado que las mismas tienen un menor peso, menor resistencia aerodinámica y un menor diámetro del cilindro; existe también diferencia significativa entre los vehículos de otras nacionalidades fabricados de 1992 a 2007 y los fabricados de 1974 a 1991 esto se debe a que los fabricados hasta 1991 no les interesó trabajar en el consumo de estos vehículos sino en otras características como

son el confort, el diseño del vehículo, su capacidad de aceleración, suavidad de marcha y sus características tractivas a diferencia de los fabricados de 1992 a 2007 que se fabricaron teniendo en cuenta las características mencionadas anteriormente pero a diferencia de los anteriores si se tuvo muy en cuenta la economía de consumo de los mismos ante el agotamiento del petróleo y sus reservas.

También existen diferencias significativas entre los vehículos Rusos fabricados entre de 1990 a 2007 y los vehículos Rusos fabricados hasta 1985 dado que los vehículos de hasta 1985 se fabricaban antes del derrumbe del campo socialista lo que trajo consigo que los mismos tuvieran una mejor economía de consumo, fiabilidad, mantenibilidad y capacidad de paso; A diferencia de los de 1990 a 2007 que se fabrican después de derrumbarse el campo socialista y la desintegración del CAME lo que hizo que no tuvieran la mismas características de los fabricados en años anteriores disminuyendo sus cualidades dinámicas y elevando su consumo.

Existe también diferencia significativa entre el grupo de los vehículos de otras nacionalidades fabricados entre 1992 a 2007 y los vehículos Rusos fabricado entre 1986 y 1989 debido a que los vehículos de otras nacionalidades son fabricados en un período donde se hizo necesario el trabajar la economía de consumo del vehículo ante la subida de los precios del petróleo y el agotamiento de sus reservas llevo a que los fabricantes de estos tipos de vehículos se les ha hecho un hábito fabricar equipos menos consumidores, siendo todo lo contrario los vehículos Rusos.

Se puede observar también del análisis que existe poca diferencia entre los vehículos Rusos aunque tengan diferencia entre años tienen buena capacidad de paso, pero muy mala la economía de consumo.

KRUSKALL-WALLIS TEST

Sample Size Average Rank

```

-----
Motos          14          7,71429
Otros 1974 a 1991  5          39,0
Otros 1992 a 2007  6          22,1667
Rusos 1986 a 1989  18         42,1667
Rusos 1990 a 2007  8          45,375
Rusos hasta 1985  10          33,3
-----

```

Test statistic = 39,1216 P-Value = 2,24468E-7

The Stat Advisor

The Kruskal-Wallis test tests the null hypothesis that the medians Within each of the 6 columns is the same. The data from all the Columns is first combined and ranked from smallest to largest. The Average rank is then computed for the data in each column. Since the P-value is less than 0,05 there is a statistically significant Difference amongst the medians at the 95,0% confidence level. To Determine which medians are significantly different from which others,

Select Box-and-Whisker Plot from the list of Graphical Options and

Select the median notch option.

DIAGRAMA DE CAJAS

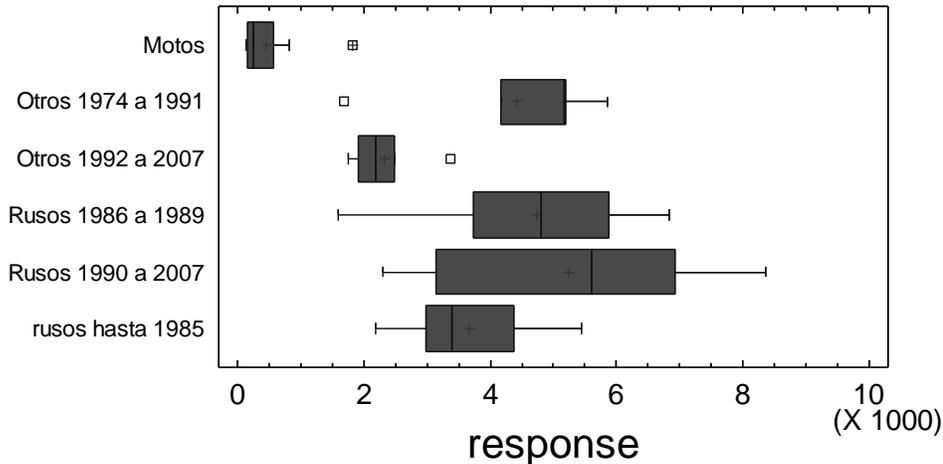


Figura 1.8. Diagrama de cajas donde se muestra los consumos.

El siguiente diagrama se expresa que las motos tienen la media más baja de consumo junto con el menor rango; Luego le siguen los vehículos de otras nacionalidades fabricados entre 1992 y 2007 con la menor media después de las motos y con el rango más pequeño de consumo entre vehículos dado que los mismos son de tecnología de punta fabricados con un mejor confort, diseño aerodinámico y un mejor aprovechamiento del combustible, después le siguen los vehículos rusos fabricados hasta 1985 con la segunda media más baja, pero con el rango mayor que los de otras nacionalidades fabricados entre 1974 y 1991 debido a que los mismos se fabricaron antes de derrumbarse el campo Socialista lo que hace que estos vehículos fueran tecnológicamente concebidos para trabajos duros lo que los hace un poco menos consumidores que los demás, luego le siguen los vehículos de otras nacionalidades fabricados entre

1974 y 1991 con la media de consumo más baja después de los rusos fabricados hasta 1985 pero con menor rango de consumo que los mismos porque a pesar de que los mismos no se fabricaron teniendo en cuenta el consumo, si se tuvieron en cuenta otras características como son diseño, suavidad de marcha, confort y mantenibilidad; Después le siguen los vehículos rusos fabricados entre 1986 y 2007 con un mayor rango de consumo de todos los grupos y la mayor media de todas debido a la fabricación de los la mala calidad de las piezas de respuesto y la compra de patentes de fabricación de estos vehículos por otros países.

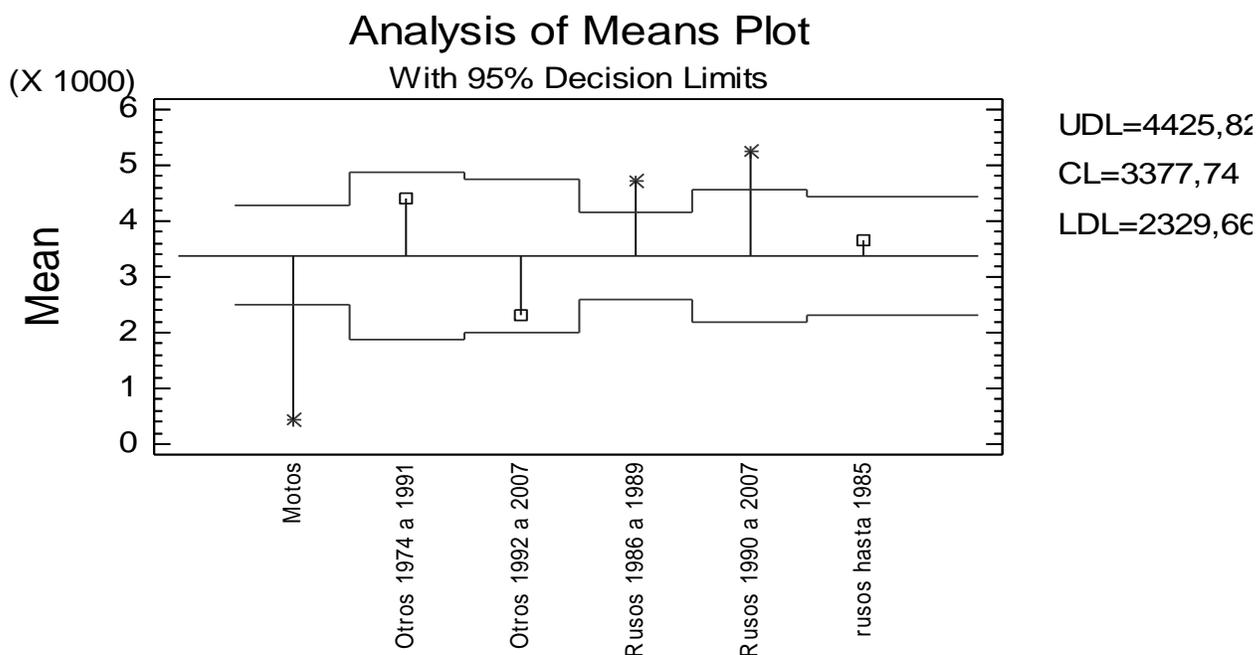


Figura 1.8 Gráfico donde se expresa el rango de la media .

El siguiente gráfico muestra el consumo promedio planteado de los vehículos se encuentra por debajo de la media y fuera del rango las motos con un consumo muy bajo; Se encuentra dentro del rango 3 grupos: Los rusos hasta 1985, los

grupos de otras nacionalidades fabricados de 1974 a 1991 y los de 1992 a 2007 encontrándose por debajo de la media pero dentro del rango los vehículos de otras nacionalidades de 1992 a 2007 lo que demuestra que de los grupos de vehículos analizados son los menos consumidores, siguiendo después dentro del rango pero por encima de la media los vehículos Rusos de hasta 1985, y después los de otras nacionalidades fabricados de 1974 a 1991 dentro del rango por encima de la media con el consumo más alto dentro del grupo; Después le siguen por fuera del rango y por encima de la media los grupos de vehículos Rusos comprendidos de 1986 a 1989 y los de 1990 a 2007 con un alto índice de consumo de combustible.

El diagrama anteriormente analizado es una herramienta más en la cual se demuestra que de todo el consumo de combustible analizado de la flota de vehículos ligeros de la Asamblea Provincial el mayor consumo de combustible lo presentan los vehículos Rusos teniendo todos sus consumo por encima de la media, a diferencia de los de otras nacionalidades fabricados entre 1992 y 2007 que si tienen buena la economía de consumo.

1.5 Conclusiones Parciales.

- 1- El portador energético que más se consume en el centro es la Gasolina
- 2- El mayor consumo de combustible en la empresa, lo presentan los vehículos LADAS con el 79,54% del total del combustible consumido por el parque vehicular esto se debe al envejecimiento del parque, al estado técnico de los mismos y que los mismos son recomendables para trabajos duros, pero no son buenos en cuanto a economía de consumo.

CAPITULO 2

2.1 INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se presentan los criterios para renovar el parque automotor ligero de la Empresa Poder Popular Provincial de Cienfuegos. Tales criterios son: técnica de criterio de expertos, análisis térmico de los motores de combustión interna y evaluación del desempeño de los vehículos en los ciclos teóricos de movimiento.

2.2 SELECCIÓN DE LOS VEHÍCULOS DE ACUERDO AL CRITERIO DE EXPERTOS.

Criterio de expertos.

La necesidad de seleccionar un vehículo para la tarea de renovación vehicular implica si se quiere alcanzar un mayor rigor técnico:

- 1- valorar varias ofertas
- 2- consultar varios especialistas.

Se valoran las mismas cualidades de selección (Cualidades Dinámica y de Consumo como Potencia, Índice de Consumo de Combustible, Facilidad de Reparación, durabilidad, torque máximo y fiabilidad), para 14 modelos de vehículos ligeros: (HIUNDAY-ACCENT, HIUNDAY-ATOS, AUDI-A4, AUDI-A6, AUDI-TT, PEUGEOT-307, PEUGEOT-206, PEUGEOT-106, KIA-RIO, KIA-PICANTO, TOYOTA-YARIS, TOYOTA- TERCEL, BW-ESCORPION, BW-LANCIA) y se consultó la opinión que de estos tenían varios ingenieros mecánicos y automotrices radicados en Cienfuegos como Dr. Ramón Pérez

Gálvez y Dr. José Ramón Fuentes Vega profesores titulares de la facultad de ingeniería mecánica, Alberto Muñiz Sosa ingeniero mecánico en transporte con aportes en el sector, José Luis González especialista de transporte del taller de CIMEX con más de diez años en la rama, Luís Hernández técnico de transporte del taller de TRANSTUR con más de diez años en el sector y estudio en este tipo de vehículo, M sc. Nervando Molina Portelles especialista de transporte en la base de ASTRO que ha realizado investigaciones en la materia, ingeniero en transporte Osmany Díaz Vales especialista del taller de la Asamblea Provincial el cual a pasado cursos sobre estos vehículos y Antonio Leblanc ingeniero en transporte y José Manuel Gonzáles mecánico A del taller de agregados de la agricultura los cuales llevan más de diez años en la rama trabajando con estos vehículos. Se aplicó la técnica de criterios de expertos, al personal señalado anteriormente, determinándose el orden de importancia o prioridad de los aspectos a considerar para determinar la mejor oferta entre las 14 planteadas, siendo él (**HIUNDAY ACCENT**) (ver Anexo 3) el que finalmente se seleccionó por el procesamiento estadístico de las respuestas.

El número de expertos M se determinó empleando método probabilística y asumiendo una ley de probabilidad binominal $M = p(1-p)^k / i^2$, tomando como base para el cálculo un error del 10%, para un nivel de confianza del 95% y el valor de i medio de 0,2 se calcula el numero de expertos: $M = 8,6$ expertos, es querer decir que se necesitan 9 expertos para realizar el análisis con un error de estimación del 10%.

La concordancia entre estos expertos y la validación del criterio emitido, fue determinada por el Coeficiente de Concordancia de Kendall y la técnica de Chi Cuadrado, respectivamente.

El número de expertos $M_{(i=0,2)} = 9$ expertos, para un nivel de confianza del 95 % y un 10% de error en la estimación. Se analizaron 14 vehículos, que tenían parámetros de desempeño relativamente afines. Al vehículo de mejores cualidades se le concedió 14 puntos y así en orden decreciente hasta 1 punto, al de peores cualidades. El nivel de concordancia entre los expertos se determinó por el estadígrafo Kendall τ . Debido a que el valor calculado 0,84 es mayor que 0,7 se acepta el criterio.

Para la validación del criterio de expertos, se realizó una prueba de hipótesis donde: $H_0: \tau=0$. Se utilizó el criterio de si: χ^2 calculado $>$ χ^2 tabulado, se rechaza la hipótesis nula. Se concluye que hay concordancia significativa entre los expertos, pues:

$$\chi^2 \text{ calculado} = 98,28 \text{ y } \chi^2 \text{ tabulado} = 22,36_{(\alpha=0,05 \text{ y } f = 13)}$$

Tabla 2.1 Donde se expresa el criterio de los Expertos

Vehículos	Expertos									Saij	Delta	Delta^2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Hiunday Accent	14	14	14	12	14	14	13	14	14	123	55,5	3080,25
Hiunday Atoss	13	13	13	14	13	13	10	10	12	111	43,5	1892,25
Audi A 4	12	12	12	11	12	12	11	13	13	108	40,5	1640,25
Audi A 6	11	11	11	10	11	11	9	12	9	95	27,5	756,25
Audi TT	10	10	10	9	10	10	12	6	10	87	19,5	380,25
Peugeot 307	9	9	9	6	9	9	6	7	8	72	4,5	20,25
Peugeot 206	8	8	8	8	8	8	8	4	5	65	-2,5	6,25
Peugeot 106	6	6	6	7	6	6	7	3	11	58	-9,5	90,25
Kia Río	5	5	5	5	5	5	5	1	6	42	-25,5	650,25
Kia Picanto	4	4	4	1	4	4	1	2	7	31	-36,5	1332,25
Toyota Yaris	7	7	7	4	7	7	4	5	4	52	-15,5	240,25
Toyota Tercel	2	2	2	2	2	2	2	11	3	28	-39,5	1560,25
BW Escorpión	3	3	3	3	3	3	3	9	1	31	-36,5	1332,25
Bw Lancia	1	1	1	1	1	1	1	8	2	17	-50,5	2550,25

Para un nivel de confianza del 95%, un error de 10%, y concordancia $\alpha=0,84$.

2.3 BALANCE TÉRMICO DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN

INTERNA.

Tabla 2.2 Donde se muestran los Datos Técnicos de ambos Vehículos

Datos Técnicos	LADA-2107	HIUNDA-ACCENT
Potencia(Kw.)	50,94	66
Torque(N-m)	105,9	130
Refrigerante	Agua	Agua
Wn(1/s)	586	586
Wm(1/s)	366	319
Carrera del Pistón (mm)	66	83,5
Valor Calórico del Combustible (kJ/kg)	45 427	45 427
Vmax (km/h)	180	180
Diámetro del Pistón(mm)	79	75
Coeficiente Aerodinámico (K)	0,32	0,38
Cantidad de Cilindros	4L	4L
Combustible	Gasolina	Gasolina

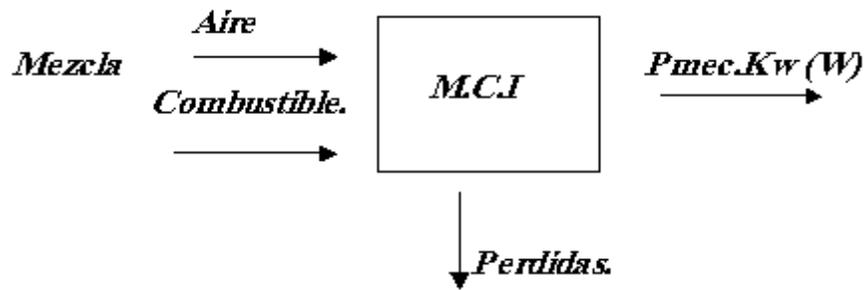


Fig. 2.1 Balance energético de un Motor de Combustión Interna (M .C. I).

$$Q_0 = Q_e + Q_{ref} + Q_g + Q_{cd} + Q_{res} \quad (2.1)$$

I. La cantidad de calor consumida.

$$Q_0 = Hu \cdot Gc \left(\frac{kJ}{h} \right) \quad (2.2)$$

II. El calor equivalente al trabajo efectivo.

$$Q_e = 3600 \cdot Ne \left(\frac{kJ}{h} \right) \quad (2.3)$$

III. El calor transmitido al medio refrigerante a través de las paredes de los cilindros, de sus culatas de los émbolos y de sus segmentos.

$$Q_{ref} = 4,186 \cdot Ga \left(T_{sal} - T_{ent} \right) \left(\frac{kJ}{h} \right) \quad (2.4)$$

IV. El calor que arrastran los gases de escape.

$$Q_g = Gc \cdot M2_{\mu\text{cpto}} - M1_{\mu\text{cpto}} \left(\frac{kJ}{h} \right) \quad (2.5)$$

V. Calor desaprovechado por combustión incompleta.

$$Q_{cd} = \Delta\mu \cdot Gc \left(\frac{kJ}{h} \right) \quad (2.6)$$

VI. Término Independiente del balance, que establece las pérdidas no incluidas en los demás términos.

$$Q_{res} = Q_0 - Q_e + Q_{ref} + Q_g \left(\frac{kJ}{h} \right) \quad (2.7)$$

Aprovechamiento de la energía total expresada en calor para realizar trabajo mecánico.

$$A = \left(\frac{Q_e}{Q_0} \right) \cdot 100 \quad (2.8)$$

Antes de llevar a cabo la renovación es necesario evaluar las ecuaciones anteriores, y en específico analizar resultado de la expresión 2.8: para conocer en que medida el motor de combustión interna que va a ser reemplazado y el propuesto, aprovechan la energía total para realizar trabajo mecánico. Por lo tanto, se hace la siguiente comparación:

Tabla 2.3 Resumen comparativo del análisis térmico del motor actual y el Motor Propuesto.

Aspecto	U.M	Lada	Hiunday
g_{eN}	g/(kW·h)	312	198
$N_{em\acute{a}x}$	KW.	50,94	66
Q_o	kJ/h	721 835,03	593 730,89
Q_e	kJ/h	183 384	237 600
$Q_{ref} \text{ ¥}$	kJ/h	250 707,91	150 424,75
$Q_g \text{ ¥}$	kJ/h	217 334,85	169 426,28
Q_{cd}	kJ/h	0	0
Q_{res}	kJ/h	70 408,27	36 279,86
A	%	25,4	40,0

¥ Bajo condiciones estándares de agua de refrescamiento y gases de escape. Ambos vehículos tienen casi la misma potencia de salida en el motor, sin embargo el vehículo HIUNDAY propuesto para renovar tiene un consumo

específico de combustible casi un 50% menos que el actual motor de LADA, esto se debe a que el LADA es un diseño soviético de antes del derrumbe del campo Socialista, por que no era su principal variable de diseño: el consumo, de ahí su baja eficiencia. Es por eso que la cantidad de energía consumida expresada en calor es mucho mayor para el Lada y por tanto es menor el coeficiente de aprovechamiento, que es casi la mitad (24,5%) del coeficiente de aprovechamiento del motor HIUNDAI (40,0%). Por esto, es altamente recomendable, el reemplazo del automóvil Lada por el HIUNDAI- ACCENT.

Para el cálculo en la ecuación 2.4 se emplea la siguiente instrumentación: Termómetro digital con rango de 0 a 100°C y error $\pm 0,01$ °C. El número de mediciones en el sistema de refrigeración, en el fluido de agua, para las dos temperaturas: alta y baja, se realizaron a partir de los siguientes pasos:

- 1- Se toman más de 7 lecturas para garantizar el test de la normalidad de la muestra.

Las mediciones de temperatura realizadas en el lado de baja temperatura del circuito de refrescamiento de agua dulce, son ocho: 30, 30, 31, 31, 30, 29, 30 y 29°C.

Se hace el test de normalidad (STATGRAPHIC PLUS):

EDF Statistic	Value	Modified Form	P-Value
Kolmogorov-Smirnov D	0,25	0,779737	$\geq 0.10^*$
Anderson-Darling A ²	0,603811	0,681646	0,0751*

*Indicates that the P-Value has been compared to tables of critical values specially constructed for fitting the currently selected distribution. Other P-values are based on general tables and may be very conservative.

Como se nota, dado que el valor del estadígrafo P es mayor que 0,1 no se puede rechazar la idea de que los datos provienen de una distribución normal, con un 90% de confianza.

2- Se ejecuta la ecuación para calcular el tamaño de la muestra con el coeficiente de variación conocido.

$$n = (t^2 \cdot v^2) / E^2 \quad (2.9)$$

Donde:

n es el número de mediciones u observaciones, t es coeficiente de significación, que depende de la probabilidad, v es el coeficiente de variación, E es el error, para investigaciones tecnológicas de usa un valor entre 3 al 5%.

La confianza que se desea en la estimación del parámetro en estudio. El nivel de confianza utilizado es de 95 % que significa una t = 1,96.

El coeficiente de variación (v) es la relación entre la varianza y la media muestral.

```
Count = 8
Average = 30,0
Variance = 0,571429
Standard deviation = 0,755
```

Ejecutando 2.9 con los datos anteriores obtenemos que las 8 mediciones tomadas garantizan una medición con un nivel de confianza del 95% y un error entre 3÷5%.

3- Se ofrece el valor de temperatura promedio para el cálculo de 2.4:

$$T_{sal} = 30,00 \pm 5,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Se realiza el mismo análisis para el lado de mayor temperatura del circuito de agua dulce.

Las temperaturas son: 70, 72, 71, 74, 69, 70, 71 y 69 °C. El test de normalidad:

EDF Statistic	Value	Modified Form	P-Value
Kolmogorov-Smirnov D	0,190464	0,594048	>=0.10*
Anderson-Darling A^2	0,344624	0,389048	0,3845*

*Indicates that the P-Value has been compared to tables of critical values specially constructed for fitting the currently selected distribution. Other P-values are based on general tables and may be very conservative.

Como se nota, dado que el valor del estadístico P es mayor que 0,1 no se puede rechazar la idea de que los datos provienen de una distribución normal, con un 90% de confianza.

```
Count = 8
Average = 70,75
Variance = 2,78571
Standard deviation = 1,66
```

Ejecutando 2.9 con los datos anteriores obtenemos que las 8 mediciones tomadas garantizan una medición con un nivel de confianza del 95% y un error entre 3÷5%.

T_{ent.}=70,75±5,7°C.

2.4 Herramienta para evaluar teóricamente los vehículos: El Ciclo Básico Modificado.

El ciclo de movimiento básico ^[19] tiene el objetivo de posibilitar la evaluación de un vehículo en unas condiciones predeterminadas, en ausencia de la base de datos de los coeficientes de resistencia al movimiento de las vías donde se explotará el mismo.

El Ciclo de Movimiento Básico ^{[19] [22]}, en su concepción inicial, se caracterizaba por cuatro etapas bien definidas:

a) Impulso desde el reposo hasta la velocidad estable, con cambios de marcha hasta la superior, con máximo suministro de combustible.

b) Movimiento a velocidad estable en un recorrido de 1000m.

c) Proceso de frenado con deceleración intensa; d).-Trabajo en ralentí, en una porción del tiempo total del ciclo. Partiendo del análisis crítico realizado al mismo, se propuso ^[25], de forma novedosa, las siguientes modificaciones:

1)-Iniciar el ciclo, en el momento en que el vehículo alcanza la velocidad mínima estable en primera marcha ($v_{\text{mín1}}$), o sea, suprimir la primera etapa de funcionamiento inestable, que va desde velocidad cero hasta $v_{\text{mín1}}$.

2)-Emplear otro criterio de cambio de marcha, buscando mejores indicadores en el proceso de impulso.

3)- Desarrollar el proceso de frenado en dos etapas: frenado con el motor hasta una determinada velocidad y frenado intenso con el motor desembragado.

4)- Determinar la caída de velocidad durante el cambio de marcha, mediante otro método, basado en el análisis dinámico, que considera el efecto en la eficiencia de las pérdidas hidráulicas en el sistema de transmisión.

5).-Introducir el concepto de eficiencia de la transmisión variable con la fórmula de ruedas, la velocidad, la carga y con la relación de transmisión conectada, tanto en el período de impulso como a velocidad estable.

6).-Introducir el concepto de eficiencia de la transmisión invertida durante el proceso de frenado.

7).-Emplear otro método para el cálculo del consumo en ralentí y durante el impulso.

8).-Proponer nuevos indicadores para valorar la efectividad del uso del combustible en las diferentes etapas de operación. A continuación, se representa esquemáticamente el Ciclo Básico Modificado:

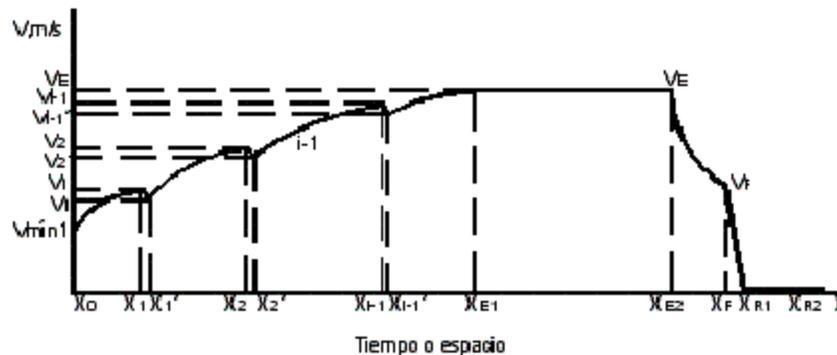


Figura 2. 1 Perfil de velocidad del Ciclo Básico Modificado.

Solución teórica del Ciclo de Movimiento.

La solución teórica se desarrolla de la forma siguiente:

Determinación del tiempo transcurrido, espacio recorrido y consumo durante una etapa de impulso.

Partiendo de la condición más general del movimiento del vehículo se obtiene:

$$\frac{G}{g} \cdot \delta_i \cdot \frac{dv}{dt} = P_{tx} - (P_a + P_c + P_{gan}) \quad (2.1)$$

$$\left(\frac{G}{g} \cdot \delta_i + \frac{G_r}{g} \cdot \delta_r \right) \cdot \frac{dv}{dt} = a_{imp} \cdot v^2 + b_{imp} \cdot v + c_{imp} \quad (2.2)$$

$$; a_{imp} = - \left(\frac{A_p \cdot M_{eN} \cdot \chi \cdot C_3}{r_d \cdot i_{ci} \cdot v_{Ni}^2} + 7 \cdot 10^{-6} \cdot G + G_r + K_{rem} \cdot K_{aer} \right)$$

$$b_{imp} = \left(\frac{A_p \cdot M_{eN} \cdot \chi \cdot C_2}{r_d \cdot i_{ci} \cdot v_{Ni}} - \frac{9 \cdot 10^{-5} \cdot G}{r_d \cdot i_{ci}} \right)$$

$$c_{imp} = \left(\frac{A_p \cdot M_{eN} \cdot \chi \cdot C_1}{r_d \cdot i_{ci}} - G \cdot \left(\psi_0 + \frac{2 \cdot 10^{-3}}{r_d \cdot i_{ci}} \right) - G_r \cdot \psi_0 \right)$$

Integrando, se obtiene el tiempo transcurrido durante el impulso en la marcha i,

Δt_{impi} .

$$t_{cmi} - t_{omi} = \Delta t_{impi} = \left(\frac{G}{g} \cdot \delta_i + \frac{G_r}{g} \cdot \delta_r \right) \int_{v_{omi}}^{v_{cmi}} \frac{dv}{a_{imp} \cdot v^2 + b_{imp} \cdot v + c_{imp}}$$

(2.3)

t_{omi} , t_{cmi} –son los tiempos de inicio y fin del trabajo, respectivamente, en la marcha i, s

v_{omi} , v_{cmi} –son las velocidades de inicio y fin del movimiento, respectivamente, en la marcha i, m/s

Según los métodos del cálculo integral, se resuelve así:

Sí $b_{imp}^2 < 4 \cdot a_{imp} \cdot c_{imp}$ entonces:

$$\Delta t_{impi} = \left(\frac{G}{g} \cdot \delta_i + \frac{G_r}{g} \cdot \delta_r \right) \cdot \left[\frac{2}{\sqrt{4 \cdot a_{imp} \cdot c_{imp} - b_{imp}^2}} \cdot \arctg \left(\frac{2 \cdot a_{imp} \cdot v + b_{imp}}{\sqrt{4 \cdot a_{imp} \cdot c_{imp} - b_{imp}^2}} \right) \right]_{v_{omi}}^{v_{cmi}} \quad (2.4)$$

Sí $b_{imp}^2 > 4 \cdot a_{imp} \cdot c_{imp}$ entonces:

$$\Delta t_{impi} = \left(\frac{G}{g} \cdot \delta_i + \frac{G_r}{g} \cdot \delta_r \right) \cdot \left[\frac{1}{\sqrt{b_{imp}^2 - 4 \cdot a_{imp} \cdot c_{imp}}} \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot a_{imp} \cdot v + b_{imp} - \sqrt{b_{imp}^2 - 4 \cdot a_{imp} \cdot c_{imp}}}{2 \cdot a_{imp} \cdot v + b_{imp} + \sqrt{b_{imp}^2 - 4 \cdot a_{imp} \cdot c_{imp}}} \right) \right]_{v_{omi}}^{v_{cmi}} \quad (2.5)$$

En el caso del logaritmo debe tomarse el valor absoluto.

El desarrollo anterior tuvo como objetivo la determinación teórica del tiempo transcurrido durante una etapa de impulso.

El consumo durante el impulso, con máximo suministro de combustible ($A_p=1$), se determina a través de la ecuación de gasto horario:

$$G_t = g_e \cdot N_{ex} = \frac{g_e \cdot P_{tx} \cdot v}{10^3 \cdot \eta_o} \quad (\text{g/h}) \quad (2.6)$$

Como quiera que la velocidad varíe con el tiempo, al final se obtiene un juego de datos de velocidad y consumo horario respecto al tiempo. Para poder determinar el consumo en el intervalo se emplea la siguiente solución:

1. Se evalúa la expresión de consumo para diferentes valores de velocidad establecidos en el perfil de velocidad del ciclo y se construye una tabla con el juego de datos: v vs. Gt.
2. Se incorpora otra columna con el tiempo correspondiente al intervalo de velocidades analizado.
3. Por último, se emplea un método de integración numérica para determinar el área bajo la curva de t vs. Gt, que no es más que la masa de combustible consumida en este intervalo, que toma en consideración la marcha conectada.

Aplicando el método de los trapecios:

$$\int_{t_{cmi}}^{t_{omi}} G_t \cdot dt \cong \frac{h}{2} \cdot G_{ta} + 2 \cdot G_{tb} + 2 \cdot G_{tc} + 2 \cdot G_{td} + \dots + G_{tn} = q_g \quad (\text{kg}) \quad (2.7)$$

Donde: $h = \frac{t_{omi} - t_{cmi}}{n_i}$, n_i : número de intervalos y q_g no es más que el área bajo la curva.

Obteniendo el equivalente de la masa de combustible en litros, para la marcha en cuestión, según:

$$q_i = \frac{q_g}{\rho}. \quad (2.8)$$

2.5 Conclusiones Parciales.

1. En este capítulo se revisaron vehículos con características similares a los Ladas, los cuales se sometieron al criterio de los expertos, decidiéndose que el vehículo con mejores características técnicas es el HIUNDAY ACCENT, para un nivel de confianza del 95%, un error de 10%, y concordancia $\alpha=0,84$.
2. Se le realizó un balance térmico al vehículo seleccionado por los expertos ($\eta=40\%$) y se comparó con el LADA, resaltándose el HIUNDAY como el un vehículo con mayor potencia (66 KW) y mejor índice de consumo de combustible (198 g / KW. h).
3. Se empleó la evaluación teórica del desempeño de ambos vehículos en los Ciclos de Movimiento para determinar el consumo de combustible, independientemente de las normas técnicas de evaluación de los países de origen de ambos vehículos comparados.

CAPITULO 3

3.1 INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se dedica al análisis del desempeño de los vehículos automotores: rusos y modernos en los Ciclos Teóricos de Movimiento, asimismo se evalúa el impacto económico y ambiental que se espera con la renovación del parque automotor ligero de la Empresa Poder Popular Provincial de Cienfuegos.

3.2 ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS VEHÍCULOS EN LOS CICLOS TEORICOS DE MOVIMIENTO.

En el epígrafe 2.4 se había desarrollado la teoría de los ciclos de viajes, o sea la modelación matemática, que como está demostrado [26] presenta una exactitud adecuada para pronosticar el consumo de combustible. Es por eso que se calculó teóricamente el consumo según los modelos 2.1 a 2.8.

Para este análisis se tomó el perfil de velocidad del ciclo teórico:

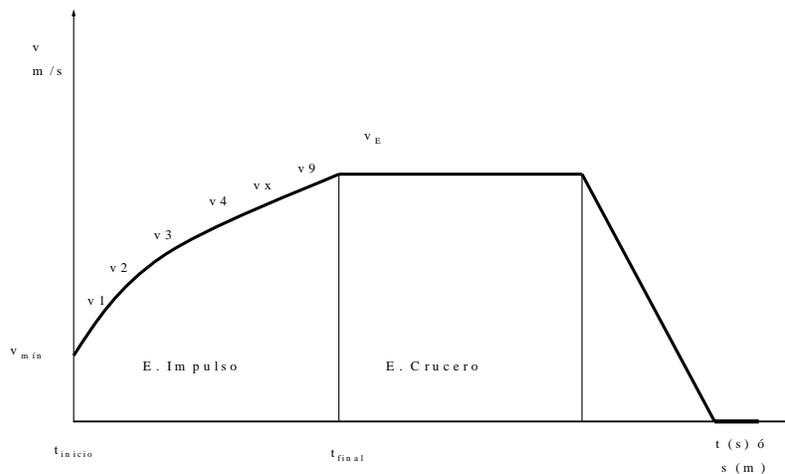


Figura 3.1. Perfil de velocidad del Ciclo Teórico adaptado.

Dado que la etapa más trascendente en el desempeño de la máquina automotriz es el período de impulso, y que el índice de consumo en velocidad estable es muy similar al índice de consumo que reportan los fabricantes se hace un análisis del periodo de impulso.

Se determinaron las velocidades de cambio de marcha según criterio: $1,2 \cdot \omega M$ y las velocidades nominales por marcha.

Se establecieron los intervalos de trabajo entre las velocidades mínimas y máximas de cada marcha, se considera la velocidad menor del ciclo: la velocidad mínima en movimiento estable ^[26] y la velocidad mayor del ciclo a la velocidad de crucero. Se localizaron puntos intermedios de velocidad entre cada marcha.

Entonces se calculó el tiempo entre cada dos puntos de velocidad del perfil, y se determinó además el gasto horario para cada punto del perfil, de esta manera se obtuvo un juego de datos: t (s) y Gt (g/s).

La Tabla obtenida para el LADA:

Tabla 3.1. Tiempo y gasto horario calculado para el LADA.

t (acumulado, s)	Gt (g/s)
0	0,7
2	0,9
10	1,5
16	2,9
20	2,2
28	1,5
35	1,8
40	1,5
48	1,3

La Tabla obtenida para el HIUNDA Y:

Tabla 3.2. Tiempo y gasto horario calculado para el HIUNDA Y.

t (acumulado, s)	Gt (g/s)
0	0,9
1,2	1,2
3,6	1,8
9,4	3
12,1	1,3
12,4	1,3
22	1,8
27,5	0,9
36,3	1,1
44,2	1,2

Integrando numéricamente entre t y Gt se obtuvo el valor de consumo de combustible, para cada vehículo desde la velocidad mínima en movimiento estable ^[26] hasta la velocidad crucero, o sea en las condiciones del ciclo de movimiento básico modificado se obtiene: 77,6 cm³ para el HIUNDA Y y 101,2 cm³ para el LADA. Por lo que se puede concluir que la evaluación, bajo las mismas condiciones, entre ambos vehículos denota mejores cualidades de consumo para el HIUNDA Y.

En el Anexo (2) se puede ver los análisis en CURVE EXPERT de la integración numérica del consumo para un vehículo.

3.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA RENOVACIÓN.

Los vehículos del parque automotor de la asamblea del Poder Popular Provincial que son objeto de estudio trabajan un promedio de 3650 horas al año. Para el caso los LADAS rusos el consumo específico ante condiciones estándares de trabajo (ge) es de 312 g/W*h. y sus gastos de mantenimiento

alcanzan el 28% de los gastos de consumo del vehículo. El HIUNDAY hace unos 198 g/W*h. y sus gastos de mantenimiento se estiman en un 4% de los gastos de consumo de combustible en los primeros 5 años.

Gastos reducidos (combustible y mantenimiento) LADA:

Costo de combustible: (C_{CV}) [considerando un promedio de 40kW de potencia en el motor durante las horas de trabajo]

$$C_{CV} = T \cdot Q^l \cdot P_C$$

$$= 3650h / año \cdot 0,312kg / kW.h \cdot 40kW \cdot 0,61CUC / kg = 27786,72CUC / año \quad (3.1)$$

Costo de mantenimiento: (C_{mvg})

$$C_{MV} = 0,28 \cdot C_{CV} = 7780 CUC / año \quad (3.2)$$

Gastos reducidos (combustible y mantenimiento) vehículo viejo:

$$G_{redV} = C_{CV} + 0,28 \cdot C_{CV} = 35566,72CUC / año \quad (3.3)$$

Gastos reducidos (combustible y mantenimiento) HIUNDAY:

Costo de combustible: (C_{CV}) [considerando un promedio de 40kW de potencia en el motor durante las horas de trabajo]

$$C_{CV} = T \cdot Q^l \cdot P_C$$

$$= 3650h / año \cdot 0,198kg / kW.h \cdot 40kW \cdot 0,61CUC / kg = 17633,88CUC / año \quad (3.4)$$

Costo de mantenimiento: (C_{mv})

$$C_{MV} = 0,04 \cdot C_{CV} = 705 CUC / año \quad (3.5)$$

Gastos reducidos (combustible y mantenimiento) motor nuevo:

$$G_{redN} = C_{CV} + 0,04 \cdot C_{CV} = 18339 CUC / año \quad (3.6)$$

Ahorro: (A)

$$A = G_{redV} - G_{redN} = (35566,72 - 18339) CUC / año = 17227,72CUC / año \quad (3.7)$$

Tiempo de recuperación:

Teniendo en cuenta el L/T Gestión y economía energética ⁽¹¹⁾ la evaluación económica de proyectos de ahorro de energía, los métodos para la evaluación financiera de proyectos de inversión. Se valora este proyecto por **“Valor presente neto”(VPN).**

Esta técnica se basa en calcular el valor presente neto de los flujos de caja proyectada para todos los años durante el período de evaluación del proyecto.

Es una medida de las ganancias que puede reportar el proyecto, siendo positivo si el saldo entre beneficios y gastos es favorable, y negativo en caso contrario.

Se determina como:

$$VPN = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_{ci}}{(1+D)^i} = \$2334818,48. \quad (3.8)$$

Donde:

K_0 ----- Inversión o capital inicial

F_{ci} ----- Flujo de caja en el año i

D ----- Tasa descuento real utilizada.

Deforma general, el flujo de caja se puede calcular como:

$$F_{ci} = (I_i - G_i - Dep) * (1 - t/100) + Dep \quad (3.8A)$$

Donde:

I ----- Ingresos en el año i \$

G ---- Gastos en el año i \$

T ---- Tasa de impuestos sobre la ganancia, %

$Dep.$ --- Depreciación del equipamiento ó amortización de la inversión. \$

Con todos estos elementos se preparó una hoja de calculo en Excel y desarrollando la formula (3.8).

Ver Tabla 3.3 Donde se expresa los resultados del cálculo de la inversión el cual expresa que la inversión se recupera en los primeros seis meses.

(Ver anexo-4)

3.4 IMPACTO AMBIENTAL DE LA RENOVACIÓN.

En el trabajo de Millo ^[19], se propuso para evaluar la emisividad de los vehículos en los ciclos de movimiento, el empleo del software HDM-4 (Highway Development & Management) los modelos que soportan esta plataforma informática parten del análisis experimental y son ampliamente aceptados en los círculos transportistas.

Las expresiones matemáticas empleadas para cuantificar las emisiones son:

$$\begin{array}{ll}
 \text{HC} & \text{EOE}_{\text{HC}} = a_{\text{HC}} \text{FC} + \frac{I_{\text{HC}}}{v} 1000 \\
 \text{CO} & \text{EOE}_{\text{CO}} = a_{\text{CO}} \text{FC} \\
 \text{NOx} & \text{EOE}_{\text{NOx}} = \max \left[a_{\text{NOx}} \left(\text{FC} - \frac{FR_{\text{NOx}}}{v} 1000 \right), 0 \right] \\
 \text{SO}_2 & \text{EOE}_{\text{SO}_2} = 2 a_{\text{SO}_2} \text{FC} \\
 \text{Pb} & \text{EOE}_{\text{Pb}} = \text{Prop}_{\text{Pb}} a_{\text{Pb}} \text{FC} \\
 \text{PM} & \text{EOE}_{\text{PM}} = a_{\text{PM}} \text{FC} + \frac{I_{\text{PM}}}{v} 1000 \\
 \\
 \text{TPE}_{\text{CO}_2} & = 44.011 \left(\frac{\text{FC}}{12.011 + 1.008 a_{\text{CO}_2}} - \frac{\text{TPE}_{\text{CO}}}{28.011} - \frac{\text{TPE}_{\text{HC}}}{0.01385} - \frac{\text{TPE}_{\text{PM}}}{12.011} \right)
 \end{array}$$

Figura 3.2. Expresiones del HDM-4 ^[18].

Cada resultado se ofrece en g/km, además: HC, hidrocarburos no quemados; FC, consumo de combustible; PM, partículas (cenizas); por su parte el resto de los acrónimos de los productos de la combustión se corresponden con las fórmulas de sustancias químicas. En el caso del resto de los factores: son coeficientes adimensionales para los vehículos de la clase que se analizan.

Una vez evaluado los vehículos en los modelos de emisiones presentados se obtiene lo siguiente:

Tabla 3.4 Contaminantes emitidos por ambos vehículos.

	LADA	HIUNDAY
	g/km	g/km
HC	0,9	0,684
CO	7,5	5,7
NOx	3,704	2,714
SO2	0,075	0,057
Pb	0	0
PM	0,0075	0,0057
CO2	198,34	150,74

En la Tabla 3.3 se aprecian los contaminantes emitidos por ambos vehículos, calculados según los modelos de la figura 3.2. Para realizar estos cálculos se consideró una velocidad promedio de 22,22 m/s y que los vehículos estaban en estado óptimo, nótese como el LADA es el vehículo de peores propiedades, aún considerando que su estado es óptimo. Por lo que se puede esperar que los vehículos rusos del Parque del Poder Popular Provincial actuales tengan mayores índices de emisividad, dado por el grado de deterioro acumulado en más de 10 años de explotación. Esto es otro criterio que favorece la renovación de la flota actual.

3.5 Conclusiones Parciales

1 – Se realizó el cálculo económico para la renovación de la flota actual de vehículos ligeros rusos dando como resultado que la inversión se recupera en los primeros seis meses.

2- Se analizó el desempeño de ambos vehículos en el ciclo básico dando como resultado que el HIUNDAY tiene menor consumo que el LADA porque en un tiempo determinado para alcanzar la velocidad crucero el HIUNDAY presentó un menor consumo de combustible.

3- El HIUNDAY emite menos contaminantes de CO₂ a la atmósfera producto de los gases de escape.

CONCLUSIONES GENERALES.

1- Como se evidencia en el primer capítulo con la implementación del sistema de Monitoreo y control energético nos permitió detectar los principales consumos de los portadores energéticos del centro, teniendo mayor frecuencia acumulativa la gasolina con más del 84% del consumo total de todos los portadores.

2- Se realizó una estratificación del principal portador energético del centro dando como resultado que la mayor incidencia la presentan los vehículos LADAS con el 79,54% del consumo total de la gasolina.

3- Se buscaron y revisaron catorce tipos de vehículos de diferentes marcas y nacionalidades para renovar la flota, los que se sometieron a criterios de expertos y se le realizó un balance térmico dando como resultado que el vehículo con mayores condiciones y mayor aprovechamiento de la energía del combustible fue el HIUNDAI- ACCENT.

4- Con la corrida del ciclo básico para ambos vehículos se demuestra que el HIUNDAI tiene mejores características técnicas que el LADA y fundamentalmente mejor economía de consumo, lo que trae como consecuencia un mayor índice de transportación con un menor consumo de combustible.

5- Se analizó la inversión realizada, la que dio como resultado que en el período de seis meses se recupera la inversión. Además con la renovación del parque automotor se ahorran anualmente 34 416,12L lo que representa un ahorro de \$20 993,83 al presupuesto anual de la entidad

6- Se compararon ambos vehículos en cuanto a emisiones de gases de CO₂ a la atmósfera dando como resultado que el HIUDAY emite menos contaminante al medio ambiente con 0,0057 g/km. de partículas y 0,684 g/km. de hidrocarburos no quemados a diferencia del LADA que emite 0,0075 g/km de partículas y 0,9 g/km. de hidrocarburos no quemados por recorrido.

Recomendaciones.

Se recomienda:

1. Generalizar la experiencia a otras entidades transportistas similares del resto del País.
2. Se recomienda profundizar los estudios del cambio del parque vehicular, pues Cuba realiza notables esfuerzos en el transporte automotor terrestre, y esta investigación demuestra las potencialidades de ahorro que existen en las entidades transportistas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Aragón Marrero, R. Indicador de evaluación de consumo de combustible, Informe final de investigación, ISPJAE, Facultad de transporte, 1986.
2. Armstrong, B.D. The influences of Cool Engines on Car Fuel consumption. Dep. Of the Environment, Transport and Road Research Laboratory Supplementary Report.(E:U)(v): 1, 1983p.
3. Asociación de transportistas Españoles. La Conducción Económica: Un remedio ante los continuos incrementos de los precios de los combustibles. Sitio Web. Transporte WWW 3.es revista transporte 3. Marzo-Abril del 2000. 16
4. Biezborodova, G. B. Economía de consumo durante la conducción de los automóviles / G. B. Biezborodova, N. M. Mayak, A. A. Chalii. -- Kiev: Editorial Técnica, 1989.--128p.
5. Biggs, D.C. and Akcelik, R. Further Work on Modelling Car Fuel Consumption ARRB Internal Report AIR 390-10, Australian Road Research Board, Nunawading, 1985. 30
6. Bus Fleet Emission evaluation. Annual Report- Finlandia: (S,N),2004.- 578p
7. C. Jotin Khisty, B. Kent Lall. Transportation Engineering an Introduction. Second Edition Prentice Hall; Upper Saddle River. 07458. ISBN 0-13-15-7355-1. New Jersey, 1998.--920p.

8. Castro Ruz, F. La entrega de 101 vehículos a la Unión Eléctrica, efectuado en la Unión Eléctrica Nacional. Granma (La Habana) 5 de mayo de 2006: 3-4
9. Findlayson, A.M. and du Plessis, H.W. Operating Costs of Medium to Heavy Trucks as Affected by Road Roughness. CSIR Research Report PR/88/070/3, CSIR, Pretoria.
10. Fuentes Vega, J. Selección, Evaluación y Renovación del Parque Vehicular / José Ramón Fuentes Vega... [et. al.].—Cienfuegos: Editorial Ucf, 2002.—190 p. 80
11. Gestión y Economía energética, Dr. Aníbal Borroto Nordelo y Dr. José P. Monteagudo Yáñez – Editorial Universo Sur, 63P.62
12. González Oropesa, R. Los ciclos de manejo, una herramienta útil si es dinámica para evaluar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del auto transporte. Ingeniería Investigación y Tecnología.(México) I. (VI) 56 –63, 2003
13. Greene, David L. and John De Cicco. Engineering-Economic Analyses of Automotive Fuel Economy Potential in the United States. Annual Review Energy Environment. 25:477-536, 2000.--61p. 2001.
14. Heywood. J. Internal Combustion Engine Fundamentals/ J. Heywood-- Third Edition 2003 McGraw-Hill Book Company. Inc. ISBN 0-07-100499-8. 930p.
15. Jójvaj, M. S. Motores de automóvil / M. S. Jójvaj...--Moscú: Editorial MIR, 1978.-- 655p. 108

16. Kevin L. Chandler, Paul Norton. Interim Results from Alternative Fuel Truck Evaluation Project. SAE Technical Paper Series 1999-01-1505, 1999.
17. López Albelo, Boris; Sánchez Rivalta, Pavel. Caracterización de las Principales Vías de la Provincia de Cienfuegos. Boris López Álbelo; Pavel Sánchez Rivalta: Víctor Millo Carménate, tutor UCF 2002-2003 -- 132p.128
18. Millo Carménate, V. Solución al ciclo básico Víctor Millo Carménate et al Ingeniería Mecánica CUJAE La Habana sept. 2003.
19. Millo Carménate, V. (2003) Establecimiento de criterios para la selección y/o comparación de camiones diesel. Cienfuegos. Universidad de Cienfuegos. Tesis en opción al grado científico de Dr. En Ciencias Técnicas.
20. Molina Portelles, Nervando. Propuesta de indicadores de consumo para la flota de ómnibus ASTRO Cienfuegos/ Nervando Molina Portelles: Ramón Pérez Gálvez, José R. Fuentes Vega (tutores). Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad de Cienfuegos. Tesis en opción al grado científico de Master en Eficiencia Energética. 2007
21. Muster T. Fuel Savings Potential and Costs Considerations for US Class 8 Heavy Duty Trucks through Resistance Reductions and improved Propulsion Technologies until 2020. Massachusetts Institute of Technology Cambridge, 2000.
22. Padrón Hernández, J. Definición y solución teórica a un ciclo de camiones diesel. Jorge Padrón Hernández: Víctor Millo Carménate (tutor).

- Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad de Cienfuegos. Tesis en opción al grado científico de Master en Eficiencia Energética. 2003.
23. Pérez Alcové, Ignacio. Determinación de los valores de relación de transmisión totales que permiten la optimización de los consumos de combustibles y de la dinámica del vehículo simultáneamente. Informe de Investigación, ISPJAE, 1987. 157
24. Pérez Alcové, Ignacio. Eficiencia energética de la transportación. Informe final de investigación, ISPJAE, Facultad de Ingeniería Mecánica, 1991.
25. Pérez Alcové, Ignacio. Influencia de la conducción del automóvil en el consumo de combustible. Transporte y vías de comunicación (La Habana) (2), Octubre 1980.
26. Pérez Gálvez, R. (2007). Modelación de ciclos de viaje e indicadores dinámicos y de consumo para vehículos pesados. Cienfuegos. Universidad de Cienfuegos. Tesis en opción al grado de doctor en Ciencias Técnicas. 180 p.
27. Ramos Jorge Luis. Evaluación de indicadores de consumo y de la dinámica en las Vías de la provincia de Granma. Víctor Millo Carménate (tutor). Tesis en opción al grado Científico de Master En Ciencias Técnicas. Universidad de Cienfuegos Dic 2003.

ANEXOS

1 Grupos de vehículos por año de fabricación y marca.

Vehículos Rusos fabricados entre 1980 y 1985

No	Marca- Modelo	Chapa	Consumo (L)	Año de Fab.
1	Lada-2102	FAF-182	5435	1985
2	Wasawa-3741	FSD-672	5253	1980
3	Lada-2107	FAF-110	4366	1985
4	Was-462	FSC-852	3714	1980
5	Lada-2101	FSC-849	3563	1982
6	Gas-66	FSF-689	3230	1985
7	Moskvich- Aleko	FSB-381	3098	1980
8	Lada- Niva	FAF-357	2985	1985
9	Lada-2101	FSA-360	2855	1985
10	Lada- 2107	FSA-372	2178	1985
TOTALES			36617	

Vehículos Rusos fabricados entre 1990 y 2007

No	Marca- Modelo	Chapa	Consumo (L)	Año de Fab.
1	Lada- 2107	FAF-184	8360	1999
2	Lada-2106	FAF-183	7106,84	2000
3	Niva- 2121	FAF-360	6744,28	1996
4	Lada- 2107	FAA-003	5800,68	2007
5	Lada- 2106	FAF-016	5395	1999
6	Lada-2107	FAA-004	4001,32	2005
7	Lada Niva	FSB947	2297	1994
8	Lada- 2105	FSA-406	2290	19900
TOTALES			41995,12	

Vehículos rusos fabricados entre 1986-1989

No	Marca- Modelo	Chapa	Consumo (L)	Año de Fab.
1	Lada-2105	FAF-113	6829	1988
2	LADA-2106	FAF-116	6728	1988
3	LADA- 2101	FAF-018	6608,36	1986
4	LADA- 2105	FSC-884	6281	1986
5	RAFF- 2203	FSP-224	5878	1986
6	ARO- 320	FSC-851	5757,66	1987
7	LADA 2105	FAF-123	5263,91	1988
8	LADA- 2101	FSA-380	5262	1986
9	LADA- 2101	FSA-401	4871	1986
10	VOLGA-2460	FSA-408	4740	1987
11	WAS- 374151	FSB-558	4696,01	1988
12	LADA- 2101	FAF-135	4239	1986
13	VOLGA- 2460	FSA-411	3848	1987
14	RAFF- 2203	FSP-223	3740	1989
15	GIRON- VI	FSE-282	3672	1987
16	LADA- 2101	FAF-118	3307	1986
17	MOSKVICH- 2715	FSC-850	1915	1987
18	LADA- 2105	FAF-387	1578	1988
TOTALES			85213,94	

Vehículos de otras Nacionalidades fabricados entre 1974- 1991

No	Marca- Modelo	Chapa	Consumo (L)	Año de Fab.
1	Mitsubishi- Lancer	FSB-378	5856	1991
2	Daewoo- Tico	FSB-139	5204	1974
3	Daewoo- lemas	FSB- 137	5162	1974
4	Daewoo- Nubira	FAF 001	4171	1990
5	Daewoo - Tico	FSB-143	1686	1988
TOTALES			22079	

Vehículos de otras nacionalidades fabricados de 1992 a 2007.

No	Marca- Modelo	Chapa	Consumo (L)	Año de Fab.
1	Daewoo- Tico	FSA- 995	3362	1995
2	Dahiatsu- Ferrius	F0081P	2485	2007
3	Toyota Yaris	FSP-568	2054	2007
4	Daewoo- Tico	FSA -994	1905	1995
5	Daewoo - Tico	FSB -063	1756,56	1994
6	Subaru Vivio	FAF- 015	2294,79	1997
TOTALES			13857,35	

MOTOCICLETAS

No	Marca- Modelo	Chapa	Consumo (L)	Año de Fab.
1	Jawa- 350cc	FZA-092	1807	1987
2	Zuzuky- 350cc	FZB-504	809	1990
3	Júpiter-4K	FSB-586	726	2000
4	Jawa- 49cc	FZA-815	557	1997
5	Jawa- 49cc	FZB-009	565	1997
6	Jawa -49cc	FZA-106	395	1997
7	ETZ-250	FZA -645	311	2000
8	Jawa- 49cc	FZA- 335	188,9	1997
9	Jawa- 49cc	FZA- 102	157,11	1997
10	Jawa- 49cc	FZA-145	156,88	1997
11	Mink- 125cc	FZB- 488	154	1990
12	Jawa- 49cc	FZB-097	135	1997
13	Jawa- 49cc	FZB-098	130	1997
14	Jawa-49cc	FZA-332	128	1997

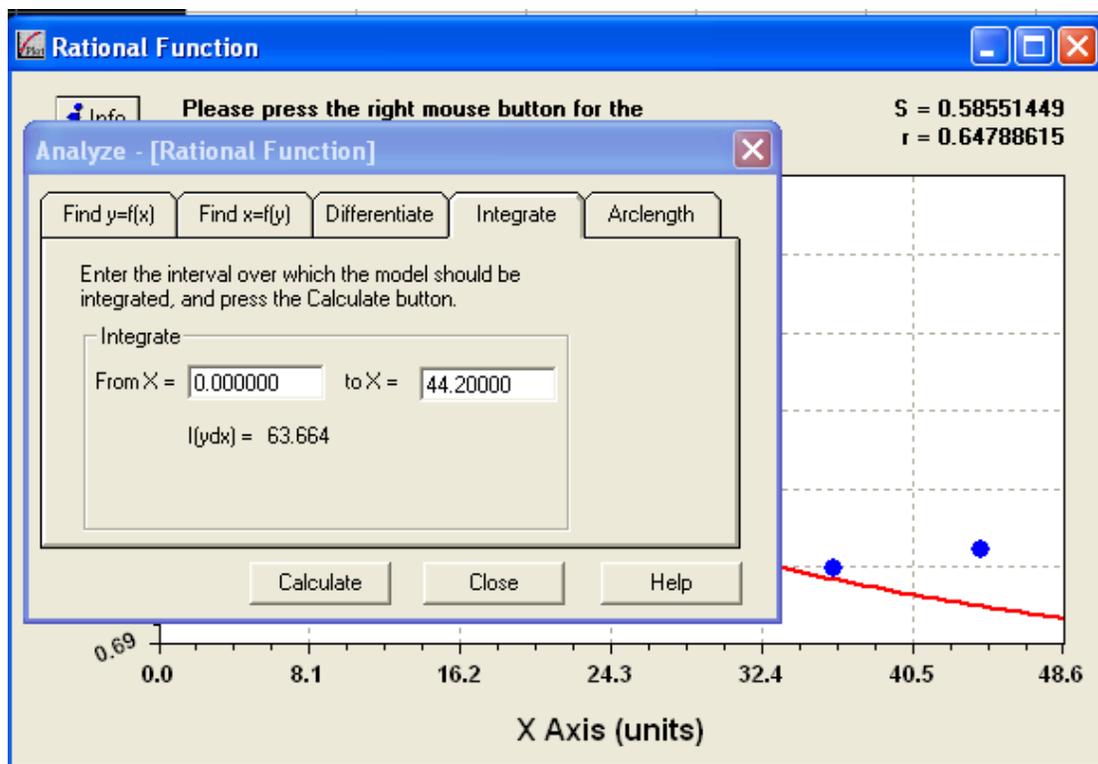
Motocicletas con más de 125 cm³

No	Marca-Modelo	Chapa	Consumo (L)	Año de Fab.
1	Jawa- 350cc	FZA-092	1807	1987
2	Zuzuky- 350cc	FZB-504	809	1990
3	Júpiter-4K	FSB-586	726	2000
4	ETZ-250	FZA -645	311	2000
5	Mink- 125cc	FZB- 488	154	1990

Motocicletas de 49cm³

No	Marca-Modelo	Chapa	Consumo (L)	Año de Fab.
1	Jawa- 49cc	FZA-815	557	1997
2	Jawa- 49cc	FZB-009	565	1997
3	Jawa -49cc	FZA-106	395	1997
4	Jawa- 49cc	FZA- 335	188,9	1997
5	Jawa- 49cc	FZA- 102	157,11	1997
6	Jawa- 49cc	FZA-145	156,88	1997
7	Jawa- 49cc	FZB-097	135	1997
8	Jawa- 49cc	FZB-098	130	1997
9	Jawa-49cc	FZA-332	128	1997

2 Integración numérica del consumo para un vehículo.



3 Datos Técnicos del HIUNDAY ACCENT.

Modelo	Escort 1.6 16V	Hyundai Accent 1.5i
Motor		
Velocidad angular a potencia máxima (1/s)		586
Velocidad angular a torque máximo (1/s)		319
Torque máximo (N-m)		130
Potencia máxima (kW)		66
densidad del combustible Gasolina (kg/l)		0.75
Litraje del motor (l)		1.495
Carrera del pistón (m)		0.0835
Transmisión		

Relación de transmisión del puente		0.2604
Relación de transmisión primera marcha		0.2890
Relación de transmisión segunda marcha		0.4878
Relación de transmisión tercera marcha		0.7299
Relación de transmisión cuarta marcha		0.9709
Relación de transmisión quinta marcha		1.1905
Relación de transmisión sexta marcha		
Eficiencia de la transmisión		0.92
Eficiencia del patinaje		0.98
Vehículo		
Ancho (Vía) (m)		1.62
Alto (m)		1.395
Altura del centro de gravedad (m)		1
Cantidad de ruedas		4
Diámetro de la rueda (pulgadas)		13
Ancho de la rueda (pulgadas)		6.89
Coef. de resistencia aerodinámica		0.38
Peso con carga (N)		14112
Peso sin carga (N)		9163
Masa con carga (kg)		1440
Masa sin carga (kg)		935
Densidad del aire (kg/m ³)		1.17
Aceleración 0 - 100 (s)		11.7
Relación peso potencia (kg/kW)		14.2
Consumo combustible 90 l/100km		4.5
Consumo combustible 120		6.2
Consumo combustible ciudad (l/100km)		7.8
Velocidad máxima km/h		180
Tipo combustible		95
Capacidad del depósito (l)		45
Diámetro Cilindro (mm)		75.5
Relación compresión		10
Potencia cilíndrica		44.2
Tipo cambio manual	si	si
Tipo cambio automático	no	si
Longitud del vehículo (m)		4105
Batalla (m)		2400
Vía delantera (m)		1420
Vía trasera (m)		1410

Diámetro mínimo giro (m)	9.7
Altura libre sobre el suelo (mm)	170
Neumáticos ancho (mm)	175
Relación transversal	70

4 Tabla 3.3 donde se ofrecen los datos del cálculo económico.

TDATOS PRELIMINARES

Flota de vehículos Actuales	Ingresos Anuales	592238,39	Tasa de Inflación	5	Depreciación	30102,69
Proyecto de Renovación	Gastos Anuales	86 549,61	Margen de Riesgo	1	Flujo de Caja	339 233,65
Vehículos	Costo Inversión	301026,96	Tasa de Impuesto	35	Tasa Descuento Real	0,038
TALLER DEL PROV.	Tasa de Descuento	9%	Vida Útil	10	Tasa Dto real (margen)	0,048

Valor Presente Neto por años VPN

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Factor de Descuento		0,95	0,91	0,87	0,83	0,79	0,75	0,71	0,69	0,65	0,62
Flujo de Caja Descontado		322 271,97	308 702,62	295 133,27	281 563,93	267 994,58	254 425,24	240 855,89	234 071,22	220 501,87	210 324,86
Flujo Descontado Acumulado	301026,96	21 245	329 947,62	625 080,89	906 644,82	1 174 639,4	1 429 064,64	1 669 920,53	1 903 991,75	2 124 493,62	2 334 818,48
VPN	301026,96	21 245	329 947,62	625 080,89	906 644,82	1 174 639,4	1 429 064,64	1 669 920,53	1 903 991,75	2 124 493,62	2 334 818,48

Tasa Interna de Retorno (TIR)

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Factor de Descuento(s/margen)		0,96	0,93	0,89	0,86	0,83	0,80	0,77	0,74	0,71	0,69
Flujo de Caja Descontado	301026,96	325 664,30	315 487,29	301 917,95	291 740,94	281 563,93	271 386,92	261 209,91	251 032,90	240 855,89	234 071,22
Flujo Descontado Acumulado	301026,96	24 637,34	340 124,63	642 042,58	933 783,52	1 215 347,45	1 486 734,37	1 747 944,28	1 998 977,18	2 239 833,07	2 473 904,29
TIR											2,63

