

ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA IMPLANTACIÓN DE BIOCARBURANTES EN LA FLOTA DE CAMIONES DE LA EMPRESA VALENCIANA CHEMA BALLESTER S.A.

Andrea Karina Villarreal Zurita, Jesús Pérez López

Instituto Tecnológico del Embalaje Transporte y Logística (ITENE)

Rosario Viñoles Cebolla, María José Bastante Ceca, Bélgica Victoria Pacheco Blanco

Universidad Politécnica de Valencia

Abstract

This work is the result of a final term Project (proyecto final de carrera) developed in the Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales of the Universidad Politécnica de Valencia, in association with the Technical Institute of Packaging, Transportation and Logistics (ITENE) and the transportation company Chema Ballester S.A. Due to the environmental problems associated with the transportation sector, and most specially regarding the emissions of greenhouse effect gases, biofuels are establishing themselves as a strong alternative to traditional fossil fuels. This paper analyzes the environmental and economic feasibility of using biodiesel B30 for the truck fleet of a Valencian goods transportation company. For the environmental analysis, the tool COPERT 4, financed by the European Environmental agency and developed by the Applied Thermodynamics Lab of Aristotle University in Thessaloniki, was used. To calculate use costs of the studied vehicles, the tool ACOTRAM, developed by the Spanish Ministry of Public Works, was used.

Keywords: Kyoto protocol, Biofuels, Ecoefficiency, Transportation, COPERT 4.

Resumen

El trabajo que aquí se presenta es el resultado de un proyecto fin de carrera desarrollado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Valencia en colaboración con el Instituto Tecnológico del Embalaje, Transporte y Logística (ITENE) y la empresa de transportes Chema Ballester S.A. Dada la problemática ambiental que envuelve al sector del transporte sobre todo en relación a las emisiones de gases efecto invernadero y teniendo en cuenta el auge de implementación de los biocarburantes como alternativa a los combustibles fósiles tradicionales, se plantea un análisis de la viabilidad tanto económica como ambiental de la implantación de biodiesel B30 en la flota de camiones de una empresa valenciana dedicada al transporte de mercancías. Para el análisis ambiental se empleó la herramienta COPERT 4 financiada por la Agencia Europea de Medio Ambiente y desarrollada por el Laboratorio de Termodinámica Aplicada de la Universidad Aristotle de Thessaloniki. Y para el cálculo de los costes de funcionamiento de los vehículos mostrados se empleó la herramienta ACOTRAM desarrollada por el Ministerio de Fomento.

Palabras clave: Protocolo de Kyoto, Biocarbutantes, Ecoeficiencia, Transporte, COPERT 4.

1 Introducción

El sector transporte ocupa un lugar muy importante en la economía nacional, observándose una clara vinculación entre el crecimiento de la demanda de transporte (tanto de personas como de mercancías) y el crecimiento de la economía española. Pero este crecimiento se ha venido produciendo acompañado de un aumento del consumo de los recursos energéticos y de las presiones sobre el medio ambiente.

Actualmente, el sector transporte es el gran consumidor de energía final procedente del petróleo en España (38%), donde el transporte de mercancías por carretera es el modo que más energía final consume, en comparación con el modo aéreo, marítimo y ferroviario. De forma general se puede estimar que el transporte de mercancías en España consume el 25% del total de la energía final procedente del petróleo [IDAE, 2000].

Por otra parte, cabe destacar que a lo largo de los años España ha presentado una tendencia creciente en la generación de emisiones de GEI's, principalmente CO₂, lo cual se debe básicamente al incremento de la utilización de los modos de transporte más contaminantes, como son el transporte por carretera y el aéreo [EUROSTAT, 2007]. Aproximadamente, en España el 25,2% de las emisiones generadas por el sector transporte son provenientes del transporte por carretera (13% turismo y 12,2% de vehículos ligeros, industriales y motos) [MMA, 2008]. El futuro no es nada alentador, según las predicciones de la Agencia Europea del Medio Ambiente para España, el transporte será el sector que más aumentará sus emisiones de GEI's en el año 2010 [AEMA, 2007].

Las principales causas de esta clara ineficiencia energética y ambiental vienen ligadas a las características que presenta el sector transporte:

- Coexistencia de un gran número de pequeñas y medianas empresas (PYMES), muchas de ellas con menos de dos empleados. Estas empresas presentan muchas dificultades de renovación de flota e inversión en nuevas tecnologías.
- En España, el 53,06% de la flota de vehículos pesados tienen menos de seis años, el 29,16% están entre los 6 y 11 años, y el 17,7% tienen más de 11 años [MF, 2008]. De forma que el 46,86% de los vehículos pesados están dentro de Normas Euro menos restrictivas medioambientalmente y menos eficientes que las actuales Normas Euro.
- En España, el 47% de las operaciones de transporte de mercancía fueron operaciones en vacío [MF, 2008], es decir operaciones en las que no se transportó ningún tipo de carga. Por tanto, existe un gran potencial de carga que puede ser aprovechado.

Una de las principales alternativas para disminuir el impacto ambiental que genera el sector transporte son los biocarburantes. En la actualidad existen una serie de políticas y medidas que apoyan el uso de los mismos, una de ellas es la Directiva 2003/30/CE de fomento de biocarburantes [DOUE, 2003], relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte], que establece que para el año 2010 se deben sustituir el 5,75% de los combustibles fósiles por biocarburantes.

2 Objetivos

Ante la actual incertidumbre que genera el uso de biocarburantes, la empresa de transportes Chema Ballester decidió llevar a cabo un estudio piloto con un vehículo de la empresa durante el período de noviembre 2007 a abril 2008, con el objetivo de analizar el

comportamiento mecánico de los vehículos. Para ello se escogió un vehículo de la flota y durante ese período se repostó con una mezcla B30 (30% biodiesel y 70% diesel); tras la finalización de la prueba piloto los resultados obtenidos revelaron que el vehículo no sufrió ninguna avería relacionada con el uso del biodiesel y que su funcionamiento se desarrolló con normalidad.

A la empresa le quedaba pendiente analizar la viabilidad económica y medioambiental de la implantación de biodiesel en su flota. Es así como Chema Ballester en convenio con ITENE, plantearon la necesidad de la realización de un estudio de viabilidad económica y ambiental de la implantación de biodiesel (B30) en su flota de camiones. Dicho estudio se ha llevado a cabo a través del Convenio de Prácticas con Empresas de la ETSII con el Instituto Tecnológico del Embalaje, Transporte y Logística (ITENE) y bajo la colaboración de la empresa de transportes Chema Ballester S.A., y ha servido de base para la realización del proyecto Fin de Carrera de la alumna Andrea Villarreal Zurita.

Los principales objetivos del proyecto que se plantearon son:

- Determinar la viabilidad económica de la implantación de biodiesel (B30)
- Determinar la viabilidad medioambiental del uso de biodiesel (B30) en la flota de camiones de la empresa Chema Ballester S.A.

3 Metodología

Previamente al desarrollo de la metodología se realizó un muestreo de los vehículos de la flota (82 camiones), de los cuales se tomó una muestra de 30 vehículos. El período de estudio de los vehículos muestreados estuvo comprendido entre los meses de octubre de 2006 a noviembre de 2007. Por simplicidad, se dividió la metodología en dos escenarios de estudio:

Escenario cero: Constituido por la actividad desarrollada por los vehículos muestreados, la cual viene definida por los litros repostados, Km recorridos y consumos registrados durante todo el período de estudio. En este escenario se estudiaron:

- Los costes que le supone a la empresa el uso de los vehículos muestreados funcionando con el combustible habitual (diesel).
- Las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (kg CO₂ equivalente) que los vehículos muestreados generaron durante ese período con el uso de diesel

Escenario alternativo: Consiste en la extrapolación del escenario cero, a un escenario alternativo en el que los vehículos funcionasen con la mezcla B30. Este nuevo escenario partía de las condiciones establecidas en el escenario cero pero consideraba el incremento teórico del consumo producido por el uso de la mezcla B30. En este escenario se realizó:

- Una estimación de los costes que le supondrían a la empresa el funcionamiento de los vehículos muestreados con una mezcla B30.
- Una extrapolación de las emisiones que generarían los vehículos muestreados con el uso de una mezcla B30.

3.1 Escenario Cero

3.1.1 Cálculo de costes kilométricos

Para el cálculo de los costes de funcionamiento de los vehículos muestreados se ha utilizado la herramienta **ACOTRAM**¹ desarrollada por el Ministerio de Fomento, específica para el cálculo de los costes de explotación en el transporte de mercancías por carretera.

Esta herramienta define los costes totales de explotación como la suma de los costes directos y costes indirectos. Se define como Costes Directos a aquellos procedentes de *costes fijos* (amortizaciones del vehículo, financiación, personal, dietas conductor, seguros, costes fiscales) y de *costes kilométricos* (suma de los costes de combustible, neumáticos, mantenimiento y reparaciones). Los costes fijos y los costes indirectos no influyen en los cálculos, por lo que no se tienen en cuenta en el estudio. A continuación se describe el cálculo de los costes kilométricos.

Costes de combustible: Se calcula como la suma de la *coste anual del vehículo de tracción* (C_v) y del *coste anual de combustible de los equipos auxiliares* (C_e) (aire acondicionado, calefacción, etc). En este estudio se ha tenido únicamente en cuenta el coste de combustible de los vehículos de tracción, ya que el consumo de los equipos auxiliares no está registrado por la empresa.

$$C_v = \frac{pv \cdot cv \cdot k}{100} \quad (1)$$

Siendo:

pv = precio de adquisición sin IVA del combustible del vehículo de tracción (€/litros)

cv = consumo medio de combustible del vehículo de tracción (litros/100Km)

k = kilómetros recorridos anualmente por el vehículo de tracción (Km)

La obtención de los datos necesarios para el cálculo de C_v se realizó con la ayuda del programa de gestión de transportes que utiliza la empresa para gestionar su actividad, en el cual se encuentran registrados los km y el consumo de cada vehículo. El precio de adquisición sin IVA del combustible repostado se obtuvo de las facturas de la compra de combustible de la empresa.

Costes de reparaciones: Se calculan según la siguiente ecuación:

$$R = r \cdot k \quad (2)$$

Donde

R = coste anual de reparaciones (€),

r = coste kilométrico sin IVA de las reparaciones de vehículo y de los equipos (€/km)

k = kilómetros recorridos anualmente por el vehículo

Se entienden como costes de reparaciones todos los gastos generados por causa de avería de los vehículos: gastos en talleres concesionarios de fabricantes de los vehículos y gastos en talleres de reparación externos a la empresa. La obtención de los datos necesarios para el cálculo del coste de reparaciones de los vehículos muestreados, se realizó en base a las facturas de reparaciones de los vehículos desde el primer año de uso de los mismos. La obtención del coste anual de reparaciones, se realizó según:

¹ http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/TRANSPORTE_POR_CARRETERA/_INFORMACION/DESCARGA_SOFTWARE/acotram-exe.htm

$$\text{Coste anual reparaciones} = \frac{\sum \text{Gastos reparaciones vehículo en talleres externos}}{\text{años uso}} \quad (3)$$

Costes mantenimiento: Se calculan según la siguiente ecuación:

$$M = m \cdot k \quad (4)$$

Donde

M = coste anual de mantenimiento (€),

m = coste kilométrico sin IVA del mantenimiento del vehículo y de los equipos (€/km)

k = kilómetros recorridos anualmente por el vehículo

Se entienden como costes de mantenimiento los gastos de ITV, mantenimiento del tacógrafo, lavado y engrase, pintura y gastos del taller de mantenimiento propio de la empresa. La estimación de estos gastos se ha hecho a partir de las facturas de cada vehículo a partir del primer año de uso, a excepción de los gastos de taller que se han contabilizado teniendo en cuenta las horas trabajados por operario, coste de operario, coste de material de reparaciones del taller. El coste anual de mantenimiento se realizó según:

$$\text{Coste anual mantenimiento} = \frac{\text{ITV} + \text{manten.}_{\text{tacógrafo}} + \text{lavado y engrase} + \text{pintura} + \text{taller}}{\text{años uso}} \quad (5)$$

Costes de neumáticos: Se calcula de la siguiente forma:

$$N = \frac{p \cdot n \cdot k}{d} \quad (6)$$

Donde:

N = coste anual de un tipo de neumáticos (€)

p = precio sin IVA de la sustitución de un neumático de ese tipo (€)

n = número de neumáticos de este tipo

k = Km recorridos anualmente por el vehículo

d = duración media de este tipo de neumáticos (Km)

Se considera que los vehículos muestreados tienen un número total de 12 ruedas y que utilizan el mismo tipo de neumáticos. Los parámetros p y d se obtuvieron en función de las facturas de los vehículos e indicaciones del departamento de mantenimiento de la empresa.

3.1.2 Cálculo de emisiones de CO₂

El cálculo de emisiones de CO₂ se ha realizado en base a las indicaciones de la Guía para el inventario de emisiones CORINAIR para el transporte de vehículos pesados, elaborada por la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA). Como herramienta de apoyo para el cálculo de emisiones de CO₂ se utilizó el software de cálculo de emisiones GEI's **COPERT 4²**, financiado por la AEMA y desarrollado por el Laboratorio de Termodinámica Aplicada de la Universidad Aristotle de Thessaloniki.

Esta herramienta ha sido desarrollada acorde a las prescripciones de la Guía CORINAIR, y se basa en el cálculo de las Emisiones Totales definidas como la suma de las Hot Emissions, Evaporation Emissions y Cold Emissions, considerando también las emisiones

² Ver más información en : <http://lat.eng.auth.gr/copert>

que se producen en función de las condiciones de funcionamiento del motor (ciudad, autovía, otras carreteras), la tecnología del vehículo (Norma Euro), tipo de vehículo (turismos, ligeros y pesados), tipo de combustible.

Se define como *Cold Emissions* a aquellas que se generan tras la puesta en marcha y la conducción del vehículo los primeros minutos de funcionamiento. Las *Hot emissions* son los contaminantes emitidos por el tubo de escape durante la conducción y el ralentí y las *Evaporation Emissions* son aquellas emisiones que se producen por la evaporación de COV's del combustible durante la fase de enfriamiento del vehículo, repostaje, etc.

Considerando que todos los vehículos muestreados están dentro de la categoría de vehículos pesados, que funcionan con diesel y que circulan mayoritariamente por autovía, se tiene que las Hot Emissions son las únicas emisiones que tienen efecto en este estudio, puesto que las pérdidas por evaporación se dan principalmente en vehículos a gasolina, y que las Cold Emissions son más representativas cuando la circulación es por zonas urbanas con vehículos turismos (diesel o gasolina) o vehículos ligeros (diesel o gasolina).

Las variables necesarias para el cálculo de las Hot emissions dentro del programa COPERT 4 son: país de estudio, año de estudio, km promedio que realiza el vehículo en cada viaje y su tiempo estimado, temperaturas promedio máximas y mínimas mensuales del año de estudio, humedad relativa mensual del año de estudio, tipo de combustible del vehículo, consumo anual, propiedades del combustible, km anuales recorridos, tipo de vehículo (en función de su carga útil y Norma Euro), los km promedio recorridos desde la fecha de compra hasta el año en el que se realiza el estudio, velocidad (ciudad, autopista/autovía, otras carreteras) y el porcentaje de circulación (ciudad, autopista/autovía, otras carreteras).

Una vez introducidos estos datos en el programa, se obtiene como resultado el cálculo de las emisiones totales. Los contaminantes que cubre la metodología de la Guía CORINAIR incluyen todos los principales contaminantes procedentes del transporte por carretera:

- Emisiones del tubo de escape (CO, NO_x, NMVOC, CO₂, N₂O, CH₄, SO_x)
- Precursores del ozono (CO, NO_x, NMVOC)
- Gases de efecto invernadero ,GEI's (CO₂, N₂O, CH₄)
- Sustancias acidificantes (NH₃, SO₂)
- Partículas (PM) diferenciadas en distintos tamaños, principalmente en PM_{2.5}
- Sustancias cancerígenas (PAHs y POPs)
- Sustancias tóxicas (dioxinas y furanos)
- Metales pesados (plomo, cadmio, cobre, cromo, níquel, selenio y zinc)

3.2 Escenario Alternativo

3.2.1 Cálculo de costes kilométricos

Para la estimación de los costes kilométricos de los vehículos muestreados, se ha seguido la misma metodología indicada por el programa ACOTRAM en el apartado anterior, pero además, se ha incluido la variación en los costes que existiría al incorporar la mezcla B30.

Según la bibliografía consultada, los elementos del vehículo más perjudicados por el uso del biodiesel se pueden clasificar en función de su desgaste (sistema inyector, bomba inyección, pistón, cárter, anillos), colmatación (filtros de aire, aceite y combustible), degradación (lubricante) y corrosión (juntas, pintura y partes metálicas de los elementos del sistema de

inyección). Por otra parte, según la bibliografía³ obtenida de los fabricantes de los vehículos se estima que el uso del biodiesel en los vehículos puede generar:

- Aumento del consumo de combustible en un 8%
- Necesidad de disminuir a la mitad los intervalos de cambio de aceite del motor y filtros de combustible (por ejemplo cada 30.000 Km)
- Necesidad de realizar una limpieza y secado de los depósitos con más regularidad.

Teniendo en cuenta estas observaciones y considerando que los únicos costes que pueden variar tras el uso de la mezcla B30 son los de combustible, reparaciones y mantenimiento (los costes de neumáticos y peajes se mantienen constantes), se tiene:

Costes de combustible: Partiendo de la ecuación (1) puede observar que en el caso de la inclusión del biodiesel la ecuación se descompondría en:

$$C_v = \frac{[(p_{v_D} \cdot c_{v_D}) + (p_{v_B} \cdot c_{v_B})]}{100} \bullet k \quad (7)$$

Donde:

C_v = coste anual de combustible del vehículo de tracción (€)
 p_{v_D} = precio de adquisición sin IVA del gasoil del vehículo de tracción (€/litros)
 c_{v_D} = consumo medio de gasoil del vehículo de tracción (litros/100 Km)
 p_{v_B} = precio de adquisición sin IVA del biodiesel del vehículo de tracción (€/litros)
 c_{v_B} = consumo medio de biodiesel del vehículo de tracción (litros/100Km)
 k = kilómetros recorridos anualmente por el vehículo de tracción (Km)

Por tanto, partiendo de los litros anuales que repostó un determinado vehículo en el período de estudio se tiene que tener en cuenta el incremento de consumo (8%) que supondría el uso del biodiesel. A partir de los litros repostados en el período de estudio, se puede obtener aproximadamente los litros que se repostarían con diesel (70%) y biodiesel (38%), ya que el vehículo con biodiesel necesitaría una cantidad adicional (8%) para su funcionamiento normal.

Costes de reparaciones: Partiendo de la ecuación (2) y (3), el uso de biodiesel conllevaría un aumento del coste kilométrico de las reparaciones de vehículo (r) suponiendo que en el primer año de uso sea necesario cambiar elementos como la bomba de inyección, inyectores, juntas, etc; incremento que se ha calculado en función de las facturas de los vehículos y del coste de cada uno de estos elementos.

Costes de mantenimiento: Partiendo de la ecuación (4) y (5) y teniendo en cuenta las indicaciones de mantenimiento de los fabricantes de los vehículos, se tiene que el funcionamiento con de biodiesel conllevaría el cambio de aceites y filtros por lo menos dos veces al año, aumentaría el coste de la mano de obra del taller (ya que aumenta el tiempo de dedicación de los operarios), aumentaría el coste de material de reparaciones del taller, etc. Este incremento se ha calculado en función de las facturas de los vehículos y del coste de cada uno de los elementos afectados por el biodiesel.

Los costes kilométricos en el escenario alternativo se calculan sumando los nuevos valores obtenidos de los costes de combustible, reparaciones, mantenimiento y los costes de neumáticos y peajes estimados en el escenario cero.

³ Casas Oficiales de los fabricantes de las marcas MAN, RENOULT, MERCEDES-BENZ, VOLVO, SCANIA e IVECO; 2007.

3.2.2 Cálculo de emisiones de CO₂

En este apartado se realiza una extrapolación de las emisiones de CO₂ que se obtendrían con el uso de la mezcla B30 mediante la ayuda del programa para el cálculo de emisiones COPERT 4. Se parte de las mismas condiciones establecidas en el escenario cero pero teniendo en cuenta el incremento de consumo que sufrirían los vehículos con el uso de biodiesel (8%).

Los pasos adicionales que se han realizado son:

- A partir de los litros consumidos por cada vehículo en el escenario cero, se calcularon los litros de diesel que se repostarían en el escenario alternativo. Dadas las características de la mezcla B30, los litros que se repostarían en el escenario alternativo corresponderían con el 70% de los litros repostados en el escenario cero.
- Los litros que se repostarían con biodiesel corresponden con el 30% de los litros repostados en el escenario cero, teniendo en cuenta además la cantidad adicional (8%) de biodiesel que se consumiría por las características del mismo (poder calorífico inferior al diesel).
- Con los litros calculados se obtiene el nuevo consumo anual de combustible

Una vez calculado el nuevo consumo anual de combustible, y teniendo en cuenta los datos introducidos en el programa COPERT 4 en el escenario cero, se obtiene las emisiones de CO₂ generadas tras el uso de la mezcla B30 por cada uno de los vehículos muestreados.

4 Resultados

Para determinar la viabilidad económica de la implantación de la mezcla B30, es primordial analizar los beneficios económicos que puede obtener la empresa con la utilización del biodiesel. Si se analiza la siguiente expresión, se puede observar que los beneficios de la empresa aumentarán o disminuirán en función de las variaciones que tengan los gastos, puesto que los ingresos son siempre los mismos.

$$\text{Beneficio} = \text{Ingresos} - \text{Gastos} \quad (8)$$

Tras los resultados obtenidos, se tiene que los costes kilométricos de los vehículos muestreados aumentan en promedio en un 13,1% tras el uso de la mezcla B30, siendo los costes de combustible los de mayor importancia ya que representan el 65% de los costes kilométricos.

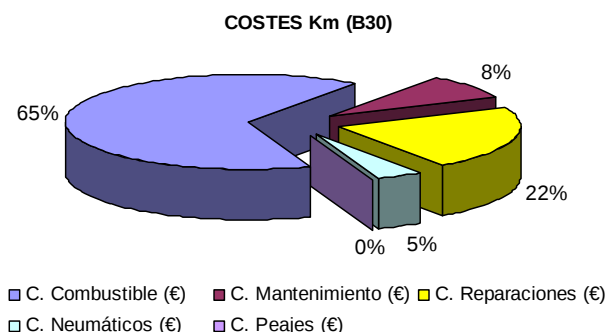


Figura 1. Distribución de los costes Km promedio tras el uso de la mezcla B30. Escenario Alternativo.

Este incremento de costes se presenta de forma generalizada en todas las marcas de los vehículos de la empresa (Man, Renault, Mercedes Benz, Volvo, Scania e Iveco), siendo los

costes de combustible más importantes en marcas como Man y Volvo. Por tanto, al haber un aumento de los costes kilométricos de forma generalizada en todos los vehículos muestreados, se puede llegar a la conclusión de que el **uso de la mezcla B30 no es viable económicamente, ya que su implantación genera una disminución en los beneficios económicos en la empresa.**

Para determinar si la utilización de la mezcla B30 es ambientalmente viable, es necesario analizar si tras su uso hubo una reducción de las emisiones de CO₂ del escenario alternativo en comparación con el escenario cero. Tras el análisis de los resultados del escenario alternativo se observó que el uso de la mezcla B30 produce una reducción de las emisiones de CO₂ en promedio del 29,75% en los vehículos muestreados; con lo que **la utilización de la mezcla B30 sí es viable ambientalmente, puesto que tras su uso la empresa disminuye el impacto ambiental que genera su actividad.**

Si se realiza un análisis más detallado, se puede ver que existe una relación muy importante entre los costes kilométricos de la empresa y su impacto ambiental, definida bajo el concepto de **Ecoeficiencia**. La primera y más aceptada definición establecida de ecoeficiencia proviene del WBCSD, el cual afirma que *“La ecoeficiencia se obtiene por medio del suministro de bienes y servicios con precios competitivos, que satisfacen las necesidades humanas y dan calidad de vida, al tiempo que reducen progresivamente los impactos ecológicos y la intensidad de uso de los recursos a lo largo de su ciclo de vida, a un nivel por lo menos acorde con la capacidad de carga estimada de la Tierra”* [WBCSD, 1996].

Bajo este concepto se define a la actividad que desarrolla un determinado vehículo, generando menor impacto ambiental con un uso mínimo de recursos. Esta variable se puede analizar en base a la siguiente relación:

$$\text{Ecoeficiencia} = \frac{\text{Costes (costes Km)}}{\text{Impacto ambiental (Tm CO}_2\text{)}} \quad (9)$$

Con lo cual se considera que un determinado vehículo es ecoeficiente, si ante una variación de los costes o del impacto ambiental, existe una compensación equilibrada entre ellos. Por tanto, un vehículo es ecoeficiente si ante una reducción del impacto ambiental existe un incremento aproximadamente proporcional de los costes, sin llegar a sobrepasar el impacto ambiental; se considera que el caso contrario es poco probable (disminución de costes y aumento del impacto)⁴.

De cara al estudio, un vehículo no será eco-eficiente si con el uso de la mezcla B30 el incremento de sus costes kilométricos se ve incrementado en un porcentaje mayor al porcentaje de reducción de emisiones de CO₂ debidas al uso de biodiesel. Como se puede observar en la figura 2, en todas las marcas de los vehículos muestreados el incremento de los costes kilométricos no llega a sobrepasar a la reducción de emisiones de CO₂ generadas tras el uso de biodiesel. Por tanto, se puede concluir que los vehículos muestreados tras el uso de la mezcla B30 sí que son ecoeficientes.

⁴ Como se vio anteriormente los costes km están compuestos en su mayoría por los costes de combustible, por tanto, ante una disminución de los costes Km (necesaria disminución del consumo) se produce una disminución de los costes de combustible, con lo que el impacto ambiental no puede aumentar ya que la generación de emisiones de CO₂ es directamente proporcional con el consumo de combustible.

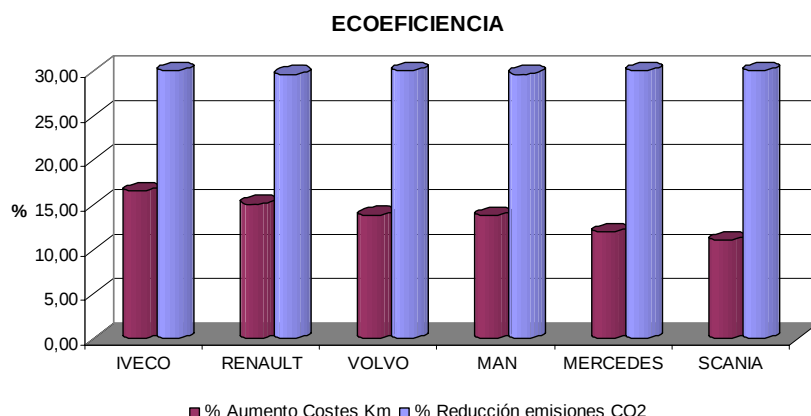


Figura 2. Análisis de la eco-eficiencia de los vehículos muestreados.

Este resultado es muy significativo, puesto que se observa la importante reducción de impacto ambiental que conlleva el funcionamiento con biodiesel. Aunque en la actualidad no existan medidas que penalicen el uso de combustibles fósiles y vehículos contaminantes, el hecho de que las empresas de transporte se adelanten desde el punto de vista medioambiental con el uso de biocarburantes en sus flotas, puede ser un factor clave de cara a evitar unas posibles penalizaciones fiscales, así como también puede ayudar a mejorar la imagen de la empresa y a aumentar su competitividad frente a otras empresas.

Como parte de este análisis de viabilidad se ha considerado interesante estudiar algunos factores que a lo largo de los años pueden causar variaciones en los precios de los combustibles. A continuación se analizan una serie de aspectos que en hoy en día no son considerados a la hora de regular los precios de los combustibles, y que de llegar a hacerlo pueden afectar a los resultados del presente análisis de viabilidad:

- **Influencia del precio del petróleo:** En la actualidad, la competitividad del biodiesel se encuentra limitada por las frecuentes oscilaciones que sufre el precio del gasóleo. Hoy en día se puede observar que tras el aumento histórico vivido en el mes de julio de 2008 del precio del crudo Brent, los precios del gasóleo han mostrado una tendencia descendente hasta finales del mes de marzo de 2009. Pero el tiempo que se mantendrá esa tendencia bajista de momento es de difícil de predicción. Si se considera que las reservas del petróleo se acabarán en 42 años⁵ y las predicciones del aumento del consumo de gasóleo en los próximos años, es evidente que por el simple efecto de la oferta-demanda el precio del petróleo tenderá nuevamente a subir, favoreciendo de esta manera al mercado de los biocarburantes donde los precios del biodiesel presentarán precios más competitivos al gasoil.
- **Externalidades de los combustibles fósiles:** Actualmente no se tienen en cuenta en los precios del mercado de los combustibles fósiles las externalidades que estos ocasionan, es decir todos aquellos impactos que ocasionan en la sociedad y que es ella misma la que paga con los costes asociados a dichos impactos. El hecho de que en los precios de los combustibles fósiles no se reflejen todas estas externalidades constituye desventaja competitiva para los biocarburantes. Por tanto, si se llegase a internalizar las externalidades de los combustibles fósiles, las ventajas competitivas que tendrían los biocarburantes frente a ellos sería muy importante.

⁵ La British Petroleum, en su resumen estadístico de la energía mundial (BP Statistical Review of World Energy, June 2008) estima que las reservas mundiales de petróleo probadas a finales de 2007 eran de 1.237,8 miles de millones de barriles. Según el ratio de reservas probadas/consumo anual (168×10^9 tep/ 3953×10^6) dichas reservas se acabarían en 42 años.

- **Actualización de la fiscalidad española de los biocarburantes:** La fiscalidad actual aplicada a los biocarburantes no contribuye al consumo de los mismos. Dados los objetivos de consumo fijados por la directiva 2003/30/CE y la futura Directiva de Energías Renovables, España tendrá que hacer grandes esfuerzos para cumplir dichos objetivos. Una de las principales acciones que pueden llevarse a cabo en el ámbito español, es la actualización de la fiscalidad española donde se incentive el consumo de biocarburantes encareciendo el precio de los combustibles fósiles. Dentro de los impuestos que forman parte del precio de los combustibles, los reajustes que se podrían hacer para reactivar el sector de los biocarburantes son:
 - o Aumento del Impuesto de Hidrocarburos que grava al gasóleo y gasolina (en la actualidad, España es el país que menos grava a los hidrocarburos en la UE), como medida de penalización al impacto ambiental que generan.
 - o Eliminación del Impuesto sobre las Ventas Minoristas de Determinados Hidrocarburos (IVMDH) a los biocarburantes, como medida de apoyo al consumo de biocarburantes, por su bajo impacto medioambiental.
 - o Incluso se podría llegar a reducir el Impuesto al Valor Añadido (IVA) que grava a la biocarburantes, que en la actualidad es del 16% a igual que los combustibles fósiles.

Por tanto, si la administración española decidiese penalizar a los combustibles contaminantes aumentando los impuestos, y premiar a los combustibles no contaminantes disminuyendo sus impuestos, los biocarburantes alcanzarían una ventaja competitiva muy importante frente a los combustibles convencionales.

5 Conclusiones

El hecho de que los biocarburantes sean una de las opciones para mejorar la eficiencia energética del sector transporte, se ha podido confirmar con la realización de este proyecto, puesto que se ha constatado la reducción de emisiones de CO₂ que conllevaría el uso de biodiesel. Por otra parte, se ha podido introducir en el sector transporte el concepto de ECOEFICIENCIA, que tras los resultados obtenidos se ha visto que una empresa si que puede ser ecoeficiente y a la vez rentable económicamente con el uso de biodiesel.

Los resultados obtenidos en este estudio han permitido analizar la viabilidad ambiental de los biocarburantes tanto en su situación actual y futura, dando a concluir que el adelantamiento desde el punto de vista medioambiental por parte de las empresas de transporte al uso de biocarburantes conlleva beneficios ambientales y podría conllevar en un futuro a beneficios fiscales.

6 Referencias

AEMA. *“EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook”*. Copenhagen. Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA). Diciembre 2007a.

AEMA. *“Transport and environment: on the way to a new common transport policy”. Term 2006: indicators tracking transport and environment in the European Union*. Copenhagen. Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA). Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. 2007b.

APER. *“Capacidad, producción y consumo de biocarburantes en España: Situación y perspectivas”*. Asociación de Productores de Energías Renovables (APER). Noviembre 2008.

APER. *"Una estrategia de Biocarburantes para España (2005-2010): Adaptación a los objetivos de la Directiva 2003/30/CE"*. Asociación de Productores de Energías Renovables (APER). Junio 2005.

AEA. *"Twelve years of using 50% RME fuel mixture in heavy trucks and light vehicles"*. Automovilistas Europeos Asociados (AEA). Abril 2006.

BP. *"Statistical Review of World Energy"*. British Petroleum (BP). UK. Junio 2008.

Comisión Europea. Dirección General de Energía y Transportes. *"Libro Verde: Hacia una estrategia europea de seguridad del abastecimiento energético"*. Luxemburgo. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. 2001.

DOUE. Directiva 2003/30/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de mayo de 2003, relativa al fomento de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte. Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE), L123/42-46. 2003.

IDEA. *"Plan de Fomento de las energías renovables"*. Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE). Madrid. 2000.

MF. *"Observatorio del Transporte de Mercancías por Carretera"*. Ministerio de Fomento (MF). Madrid. 2008.

MITC. *"Precios de Carburantes y Combustibles, datos de Octubre 2008"*. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITC). Octubre 2008.

MMAMRM. *"Banco público de indicadores ambientales 2008"*. Ministerio de Medio ambiente y Medio Rural y Marino (MMAMRM). 2008.

MMA. *"Inventario de Gases de Efecto Invernadero de España"*. Ministerio de Medio Ambiente (MMA). 2008.

MMA-MEC. *"Análisis de ciclo de vida (ACV) de combustibles alternativos para el transporte. Fase II: Análisis del ciclo de vida comparativo del biodiesel y diesel. Energía y Cambio Climático"*. Ministerio de Medio Ambiente; Ministerio de Educación y Ciencia. Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica del Ministerio de Medio Ambiente. 2006.

WBCSD. *"Eco-efficient leadership for improved economic and environmental performance"*. World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). Geneva, Switzerland. 1996.

7 Agradecimientos

Agradecer a la empresa de transportes Chema Ballester S.A. su colaboración, interés y participación en el desarrollo del proyecto.

8 Correspondencia

Rosario Viñoles Cebolla
Departamento de Proyectos de Ingeniería.
Universidad Politécnica de Valencia
Camino de Vera s/n, 46020 Valencia
Phone: (+34) 96 387 00 00 Ext. 75659
Fax: (+34) 96 387 98 69
Email: rovice@dpi.upv.es
URL: www.dpi.upv.es/id&ea