

## Consumo de energía en el sector del transporte. Transporte público-vehículo privado

Por AGUSTÍN ARAGÓN MESA  
Ingeniero Industrial

y CARLOS LÓPEZ LÓPEZ  
Ingeniero Industrial



El consumo de energía en el transporte incide en la contaminación de las ciudades.

### El consumo de energía

**E**l consumo racional de la energía es una prioridad irrenunciable de toda sociedad moderna, debido a las implicaciones que tiene en las políticas de abastecimiento energético, en la economía, en la productividad de las empresas y en el medio ambiente.

Tradicionalmente el consumo de energía se contempla por separado en los tres sectores consumidores: industria, edificios y servicios, y transporte. Cada uno de ellos tiene unas características específicas a las que deben adaptarse las actividades encaminadas a promover un mejor uso de energía; sin embargo, el objetivo en cada

uno de los sectores es básicamente el mismo: consumir la menor energía por unidad de producto o servicio. Así, lo mismo que en el sector residencial son prácticas energéticamente racionales aislar correctamente los edificios, o utilizar bombillas que, para un mismo nivel de iluminación, consuman menos electricidad, en el sector del transporte usar racionalmente la energía consiste en desplazarnos utilizando los medios que, con similar calidad de desplazamiento en comodidad y tiempo, consuman menos energía.

### Características del consumo en el sector del transporte

La energía se consume en el

sector del transporte para facilitar el desplazamiento de personas y mercancías, lo que posibilita tanto el funcionamiento de los sistemas productivos (incidencia económica), como las actividades privadas de las personas (incidencia social), que a su vez se caracterizan por una fuerte componente subjetiva.

El proceso de consumo en este sector, mucho más complejo que en el sector industrial, se caracteriza por los siguientes factores.

#### 1. Dependencia del petróleo

Tanto en nuestro país como en los de nuestro entorno, el 99% de la energía consumida proviene del petróleo, que una vez refinado se transforma en distintos productos (gasolinas, gasóleo, fuel, querosenos e incluso gases licuados del

“**D**ado que prácticamente no producimos petróleo, la importación de esta energía es una de las causas de que nuestro grado de autoabastecimiento energético sea del 37% frente a una media de la Unión Europea del 51%.”

petróleo), que se utilizan como carburantes en los medios de transporte existentes. La electricidad consumida en los ferrocarriles no llega al 1% del total del sector, e incluso para producir esta electricidad se utiliza una pequeña proporción de derivados del petróleo.

El sector utiliza un 55% del consumo total de petróleo (fig. 1) y según reconoce el PEN (Plan Energético Nacional 1991-2000) "... su margen de sustitución por otros combustibles es prácticamente nulo, siendo la principal causa de la rigidez de la demanda de crudos".

Dado que prácticamente no producimos petróleo, la importación de esta energía es una de las causas de que nuestro grado de autoabastecimiento energético sea del 37% frente a una media de la Unión Europea del 51%.

## 2. Fuerte aumento del consumo

Debido a la mejora de nuestra calidad de vida y de los cambios en los hábitos sociales, el sector del transporte ha experimentado en nuestro país un aumento espectacular en el consumo energético durante los últimos años, muy superior a las medias tanto de la Unión Europea (UE) como de la OCDE (fig. 2).

Ello hace que hoy el sector represente en España un 38% del consumo total de energía, siendo ya el primer sector consumidor, por encima del sector industrial tradicionalmente más intensivo en energía. La situación, o al menos

|                       |               |                  |
|-----------------------|---------------|------------------|
| Industria             | 11 270        | (27,65%)         |
| Transporte            | 22 406        | (54,97%)         |
| Doméstico y Terciario | 5 030         | (12,34%)         |
| Otros                 | 2 056         | (5,04%)          |
| <b>Total</b>          | <b>40 762</b> | <b>(100,00%)</b> |

Fig. 1. Consumo final de productos petrolíferos, por sectores (1990) expresado en Ktep.

|        | Variación en el consumo global | Variación en el sector del transporte |
|--------|--------------------------------|---------------------------------------|
| OCDE   | -0,6%                          | +10,5%                                |
| UE     | +6,2%                          | +26,8%                                |
| España | +19,9%                         | +41,9%                                |

Fig. 2. Crecimiento del consumo de energía per cápita 1980/1991

|        |            | 1980 | 1983 | 1985 | 1986 | 1989 | 1990 | 1991 |
|--------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Lugar  |            |      |      |      |      |      |      |      |
| OCDE   | Total      | 3,44 | 3,14 | 3,26 | 3,26 | 3,44 | 3,41 | 3,42 |
|        | Transporte | 0,95 | 0,93 | 0,96 | 0,98 | 1,07 | 1,06 | 1,05 |
| UE     | Total      | 2,42 | 2,24 | 2,34 | 2,38 | 2,44 | 2,51 | 2,57 |
|        | Transporte | 0,56 | 0,56 | 0,59 | 0,61 | 0,70 | 0,70 | 0,71 |
| España | Total      | 1,36 | 1,29 | 1,30 | 1,30 | 1,51 | 1,55 | 1,63 |
|        | Transporte | 0,43 | 0,41 | 0,45 | 0,45 | 0,56 | 0,59 | 0,61 |

Fig. 3. Consumo per cápita de energía final (tep).

la tendencia, no es muy distinta en el resto de los países de la OCDE, lo que explica la especial atención que el sector está teniendo por parte de las organizaciones y autoridades energéticas, debido a las consecuencias que este consumo tiene en múltiples aspectos del desarrollo de los países.

El especial crecimiento habido en España (fig. 3) hace que nos encontremos hoy más cerca de la media europea en este sector que en el consumo global. Ello refleja que los hábitos de movilidad que actualmente tenemos, así como sus consecuencias, son cada vez más similares a las de los países del entorno europeo.

## 3. Incidencia ambiental

La combustión de energía de

origen fósil, derivados de petróleo y gas natural, produce CO<sub>2</sub>, que, sin ser un contaminante propiamente dicho, es uno de los gases que más contribuyen al llamado efecto invernadero, causante del calentamiento global de la atmósfera. Aun existiendo cierta controversia sobre este efecto, lo cierto es que todos los países tienen en marcha estrategias de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, y todas ellas pasan por un uso más eficiente de la energía en general, y en el sector del transporte en particular, que en nuestro país contribuye en un 31% a las emisiones totales de CO<sub>2</sub>. A nivel de la Unión Europea, estas emisiones son de un 22%, consecuencia de una menor participación del transporte en el consumo total de energía.

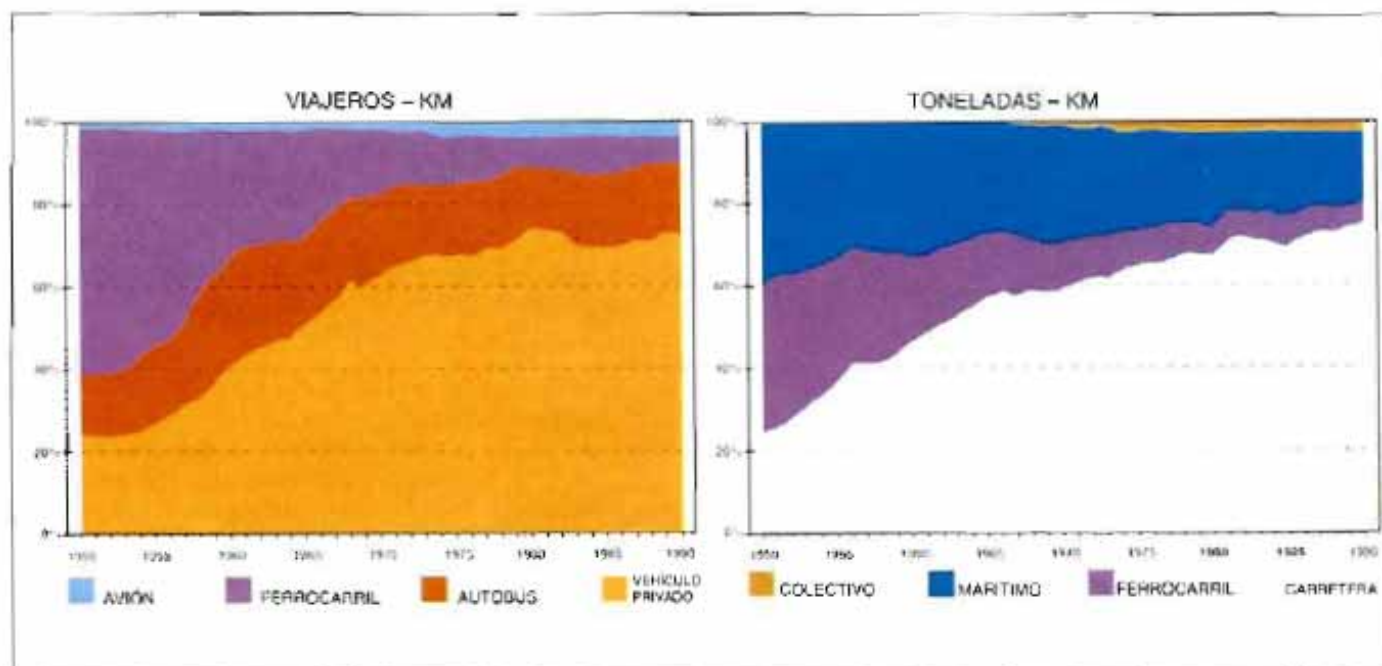


Figura 4. Distribución de la participación modal de los medios de transporte de viajeros y mercancías.

Además del CO<sub>2</sub>, el transporte contribuye a la contaminación atmosférica a través de emisiones nocivas para la salud: unas, las más conocidas, se encuentran reguladas; otras, menos conocidas y también menos voluminosas, todavía no lo están. Las emisiones reguladas son las de CO, NO<sub>x</sub>, HC y partículas.

Las emisiones de CO del transporte pueden llegar al 80% del total, y las de NO<sub>x</sub> y HC están en torno al 50% de las emisiones totales de ambos contaminantes.

El sistema actualmente utilizado para regular las emisiones administrativamente consiste en establecer límites que los vehículos nuevos tienen que cumplir. Además, se están estableciendo límites que se deben cumplir en inspecciones periódicas de vehículos en uso.

Estas emisiones, al contrario que las de CO<sub>2</sub>, se están reduciendo a nivel del vehículo individual, por mejoras técnicas tales como la del proceso de combustión o por el uso del catalizador.

A nivel global, debido a la interacción del vehículo con el uso que de él se hace y el sistema de transporte en general, la realidad no es tan optimista.

A nivel urbano, debido a la concentración de las emisiones, la participación del transporte en las emisiones globales todavía es mayor, pudiendo llegar al 100% en el caso del CO.

Otros aspectos de la incidencia ambiental del transporte, tales como ruido, ocupación de espacio, etc., no se consideran en este artículo, por estar menos influenciados por el consumo de energía.

#### 4. Participación de la carretera

A partir de los años 60, se ha producido un cambio espectacular en los hábitos del transporte en España, tanto de mercancías como de pasajeros.

En un período de 30 años, la carretera pasa de participaciones minoritarias como modo de transporte, a representar el 90% de los viajeros - km desplazados y el 75% de las toneladas - km, tal co-

mo se refleja en la fig. 4.

La mejora de las infraestructuras, el importante aumento en la posesión de vehículos privados (fig. 5), la mayor flexibilidad de la carretera y la falta de adaptación del ferrocarril ante el nuevo competidor están entre las causas de la preponderancia de la carretera.

Coherente con lo anterior, y afectado por el hecho del mayor consumo por pasajero - km o tonelada - km transportados por carretera, el consumo de energía refleja esta preponderancia, siendo próximo al 80% de todo el consumo del transporte, y equivalente al 30% del total nacional. El vehículo privado representa un 45% y el

|              | 1981 | 1991 | % de aumento |
|--------------|------|------|--------------|
| Bélgica      | 325  | 404  | 24           |
| Dinamarca    | 267  | 310  | 16           |
| Francia      | 366  | 417  | 14           |
| Grecia       | 94   | 169  | 80           |
| Irlanda      | 226  | 236  | 4            |
| Italia       | 322  | 491  | 52           |
| Luxemburgo   | 369  | 480  | 30           |
| Países Bajos | 323  | 369  | 14           |
| Portugal     | 135  | 283  | 110          |
| España       | 211  | 321  | 52           |
| Reino Unido  | 283  | 375  | 33           |
| Japón        | 209  | 299  | 43           |
| EE.UU.       | 536  | 578  | 8            |

Fig. 5. Posesión de coches por 1 000 habitantes.

tráfico de mercancías un 52%; ambos porcentajes referidos al total de la carretera.

Frente a esta fuerte participación de la carretera en el consumo total, sólo aparece como tendencia con fuerte crecimiento del transporte aéreo, aunque hoy por hoy sólo representa un 8,2 % del consumo total del sector (fig. 6).

## El consumo de energía en el ámbito urbano

Más del 80% de la población española vive en ciudades, con unas necesidades de viajar y transportar mercancías cuantitativamente año tras año. Por ello, el consumo energético en este ámbito significa un 40% del total de la carretera.

Tiene un especial interés el estudio de este ámbito del consumo porque, al tiempo que ocasiona los mayores impactos al medio ambiente y a la calidad de vida, es también donde hay más posibilidades de actuación, para conseguir el llamado uso racional de la energía en el sector.

Los españoles realizamos en nuestras ciudades 2,5 viajes por habitante y día con un crecimiento continuo año tras año, a pesar de los momentos de crisis económica. En los viajes motorizados compiten los medios públicos y el coche privado. Los medios públicos, fundamentalmente el autobús, se utilizan en un porcentaje comprendido entre un 10% y un 18% de los viajes, dependiendo del tamaño de la ciudad; y el coche, de un 25% a un 30%, también dependiendo del tamaño de la ciudad, con utilización mayor en las ciudades medias y pequeñas. La tendencia, no obstante, es el aumento constante del vehículo privado en la participación de la movilidad motorizada; así en Madrid, por ejemplo, se pasó entre 1981 y 1988 de un 32% al 40%; y en Sevilla, del 51% al 56% entre los años 1983 y 1990.

A pesar de la importancia que tienen los medios colectivos de transporte en la participación en los viajes motorizados, sobre todo en las ciudades medias y grandes, el consumo de estos medios (de unos 160 millones de litros de carburante) es insignificante frente a

|              |               |
|--------------|---------------|
| Carretera    | 77,6%         |
| Ferrocarril  | 1,6%          |
| Marítimo     | 12,6%         |
| Aéreo        | 8,2%          |
| <b>Total</b> | <b>100,0%</b> |

**Fig. 6. Participación de cada tipo de transporte en el consumo energético del sector.**

los 7 600 millones de litros de los medios privados, aun incluyendo en esta cantidad el imputable a las mercancías.

Todo ello se explica fundamentalmente por el mayor consumo específico del coche frente a los medios públicos (fig. 7).

Hay otros aspectos interesantes que considerar que explican la fuerte participación del vehículo privado en el consumo urbano, y son ejemplo de un mal uso de la energía en el transporte:

- Un 45% de los viajes realizados en vehículo privado tienen una longitud de trayecto menor de 3 km. En este tipo de viaje los consumos son muy superiores a los dados por los fabricantes en condiciones estacionarias o ciclos urbanos.

- La ocupación media de los vehículos es de 1,1 personas.

- La potencia de los coches tiende a aumentar año tras año (fig. 8). Los consumos de estos coches son, en general, superiores a los más pequeños, sobre todo en trayectos cortos.

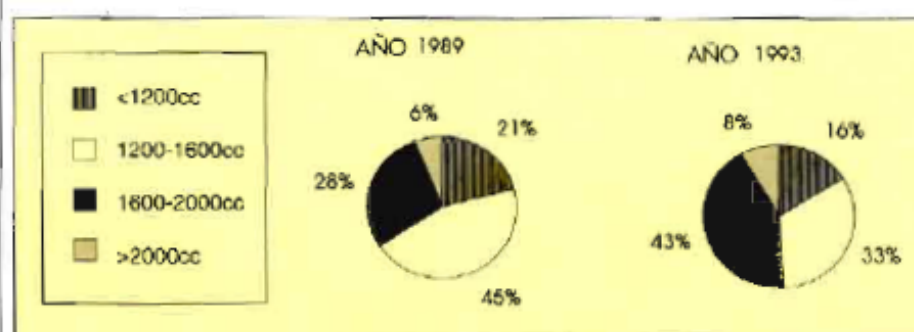
- Los consumos medios de los vehículos nuevos, después de muchos años de descenso mantenido, han comenzado a subir en los últimos tres años (fig. 9), debido a las exigencias anticontaminantes (catalizadores) y a que la situación de los precios de carburantes (fig. 10) no estimula el progreso técnico hacia un menor consumo.

- La velocidad media de circulación en las ciudades es limitada, y va en continuo descenso; hoy es de unos 12 km/h. Los coches ac-

|                   | Ocupación |      |      |      |
|-------------------|-----------|------|------|------|
|                   | 25%       | 50%  | 75%  | 100% |
| Coche pequeño     | 2,61      | 1,31 | 0,87 | 0,62 |
| Coche medio       | 2,98      | 1,49 | 0,99 | 0,75 |
| Coche grande      | 4,65      | 2,33 | 1,55 | 1,16 |
| Tren de cercanías | 1,05      | 0,59 | 0,35 | 0,26 |
| Autobús           | 1,17      | 0,58 | 0,39 | 0,29 |

**Fig. 7. Consumo de energía para distintos medios de transporte.**

*Nota. Las unidades son megajulios de energía primaria por pasajero -km.*



**Fig. 8. Distribución del parque de coches en función de la cilindrada.**

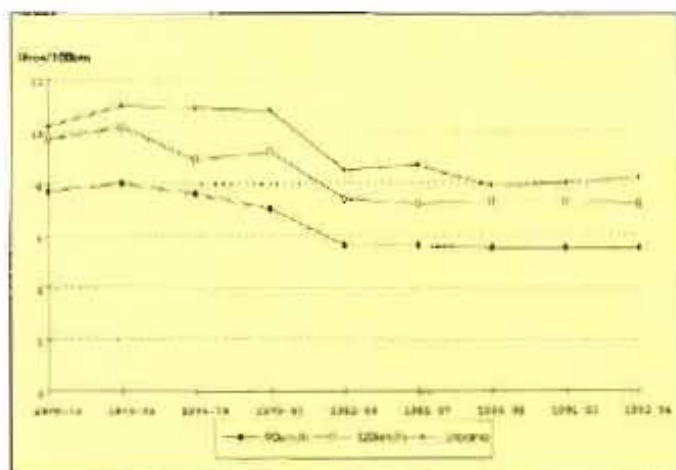


Fig. 9. Consumo medio de los vehículos nuevos de menos de 1500 cc.

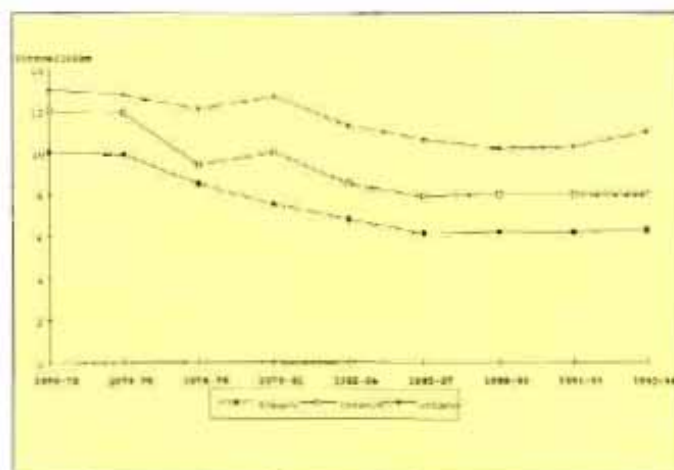


Fig. 9 bis. Consumo medio de los vehículos nuevos de más de 1500 cc.

tuales no han sido construidos para estas velocidades.

Las consecuencias del consumo energético debido al transporte en el ámbito urbano están afectando tan fuertemente a las ciudades que muchas de ellas están en claro peligro de desaparecer en su concepción tradicional de lugar de encuentro para el trabajo y el ocio.

No es responsable, el coche privado de tal situación. Sí es responsable, su mala utilización en usos para los que no ha sido ideado. También son responsables las políticas de tráfico y urbanismo, que no tienen en cuenta un transporte racional y respetuoso con la colectividad presente y futura.

La solución es compleja y necesita, además de promover técnicas apropiadas, la voluntad de implantarlas, teniendo en cuenta la compleja cadena de interacciones que una medida posee sobre otra. Así, por ejemplo, si se busca sin más el aumento de la velocidad de circulación a través de grandes infraestructuras, se podría llegar al modelo norteamericano, con velocidades medias del tráfico superiores a 40 km/h, a costa de disminuir la calidad de vida en la ciudad y aumentar enormemente el consumo energético per cápita (hasta 5 veces superior al de ciudades como Amsterdam, Berlín, Munich o París) y el impacto ambiental.

Cada ciudad debe buscar urgentemente un equilibrio entre sus sistemas de transporte y la calidad de vida. El vehículo privado debe complementarse con el transporte público en los servicios en que éste no sea rentable debido a la poca

densidad de viajes.

Pero el vehículo privado debe usarse más eficientemente, aumentando los niveles de ocupación o reduciendo potencias y tamaños para ciertos recorridos.

La sociedad, a través de sus representantes públicos en las Administraciones locales, regionales y nacionales, tiene que autoimponerse normas [y está dispuesta a hacerlo según estudios de la UITP (Unión Internacional del Transporte Público)], de convivencia que restrinjan el uso del vehículo privado en favor del transporte público, ya que de otra forma éste nunca será competitivo en calidad de servicio frente al coche.

El transporte debe adaptarse a la nueva situación, y pasar, de ser un servicio público para los que no poseen coche, a ser un elemento integrador de la ciudad, con un

servicio de calidad en el que aspectos tales como rapidez, puntualidad y accesibilidad se cuiden especialmente. En este sentido, las políticas de transporte deben estar a un nivel superior que las de tráfico y, en todo caso, perfectamente coordinadas e integradas.

Hoy en día ya existen ejemplos positivos y negativos que demuestran que las ciudades con un transporte energéticamente muy eficiente son las que más uso hacen del transporte público, como es el caso de las ciudades suizas, donde se realizan hasta 500 viajes por persona y año, frente a los poco más de 100 de las grandes ciudades españolas.

En las grandes ciudades de EE.UU., prácticamente sin transporte público y volcadas hacia el uso del coche, los centros históricos han desaparecido, el consumo

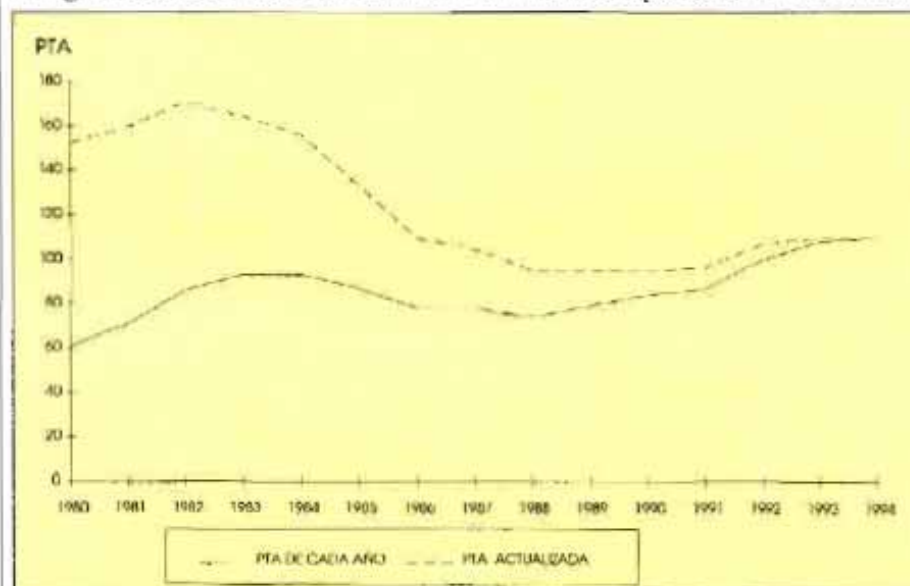


Fig. 10. Evolución del precio de venta al público de la gasolina super.

**“El transporte debe adaptarse y pasar, de ser un servicio público para los que no poseen coche, a ser un elemento integrador de las ciudades, con un servicio de calidad.”**

de energía per cápita es el más alto del mundo, y los problemas no han desaparecido. No es extraño que sea en ellas donde se han lanzado los primeros planes de uso de vehículos no contaminantes (Los Angeles) y donde se están implementando planes de actuación, sobre todo en los viajes al trabajo, dirigidos a conseguir un mayor índice de ocupación del vehículo privado, y un mayor uso del transporte público.

## Energías alternativas

La introducción de nuevas energías en el sector puede suponer un cambio tecnológico importante, que contribuya a diversificar el fuerte monopolio de los derivados del petróleo y a minorar el impacto ambiental del consumo energético, sobre todo en el ámbito urbano.

Las energías que están mejor posicionadas para su introducción en el sector del transporte, son el gas natural (GNC), el gas licuado de petróleo (GLP), la electricidad y los biocombustibles. Aun existiendo problemas técnicos, puede decirse que la principal barrera que hace que hoy sólo estén presentes en una escala simbólica son las organizativas, administrativas, normativas y de infraestructura.

Ello es lógico observando la situación actual, en la que toda la industria del transporte está fuertemente implantada basándose en un único carburante.

El transporte público, por su estructura de gestión empresarial, recorridos planificados y conocidos e infraestructura de repostaje, es-

tá especialmente dotado para constituir una plataforma de lanzamiento de estas nuevas tecnologías: lo que, a su vez, contribuirá a dar una imagen de modernidad al sistema en su conjunto.

## Carburantes gaseosos

Desde hace años se vienen realizando experiencias de utilización de GLP y GNC en todo el mundo. En la figura 11 se presenta una estimación de los vehículos que actualmente están utilizando estas energías.

los motores de gasolina convencionales. Este tipo de motor, frente al Diesel, presenta una disminución en el nivel de ruido de unos 5 dB (A), si bien su rendimiento es un 20% inferior.

Estos motores, si se han diseñado inicialmente para gas, dan niveles de emisión y consumo mucho menores que los transformados de Diesel a gas.

Sus ventajas respecto al gasóleo son:

- Par motor mayor a bajas revoluciones, lo que supone una

| GAS LICUADO PETRÓLEO |                 |
|----------------------|-----------------|
| Países               | Nº de vehículos |
| Norteamérica         | 610 000         |
| Italia               | 1 300 000       |
| Países Bajos         | 610 000         |
| Australia            | 250 000         |
| Japón                | 300 000         |
| Tailandia            | 22 250          |
| España               | 20 000          |
| GAS NATURAL          |                 |
| Países               | Nº de vehículos |
| Norteamérica         | 130 000         |
| Italia               | 300 000         |
| Australia            | 150 000         |
| Sudamérica           | 200 000         |
| Rusia                | 350 000         |

Fig. 11. Vehículos de GLP y GNC en el mundo

El GLP y el GNC son dos alternativas muy interesantes desde el punto de vista de las emisiones. Además, los carburantes gaseosos se comportan mejor que los carburantes líquidos en varios aspectos: ruido, combustión y emisiones, sin olvidar que el GNC es una alternativa a los derivados del petróleo, con yacimientos en países de la UE.

El gas licuado del petróleo (GLP) es una mezcla de butano y propano en proporciones variables, obtenido como subproducto del refino del petróleo.

Su utilización en el transporte, dada su elevada temperatura de autoencendido, requiere el uso de motores de encendido provocado utilizando el ciclo Otto, como en

conducción más suave y menor ruido.

• Las emisiones contaminantes se reducen notablemente. Utilizando un catalizador de tres vías a la salida de los gases, las reducciones son de un 96% en HC y CO, y del 60% de NOx. El SO<sub>x</sub> y las partículas se eliminan de los gases de escape debido a la composición del GLP.

• Las reparaciones y trabajos de mantenimiento en las instalaciones no resultan ser superiores a las de los motores Diesel.

Para un autobús, el consumo en litros de GLP es de aproximadamente 1,7 veces el consumo del gasóleo (unos 83 l/100 km), siendo la autonomía del vehículo de unos 400 km.

A modo de resumen, puede decirse que la utilización de GLP en flotas de transporte viene condicionada por el precio de compra del gas y la política de cada país en cuanto a fiscalidad y normativa. Desde el punto de vista técnico, está probada su viabilidad.

El gas natural se compone básicamente de metano, entre un 88% y un 96%.

Al igual que para el GLP, su utilización en transporte requiere el uso de motores de encendido provocado, con las ventajas e inconvenientes ya descritas para el GLP.

Por ser un gas más ligero que el aire, en caso de fuga tiende a ascender. Su temperatura de autoencendido es elevada y, al estar almacenado a presión, se dificulta su encendido, con lo que se reduce notablemente el peligro de incendios.

El GNC requiere tanques de almacenamiento en el vehículo, que exigen un refuerzo de la carrocería.

Para repostar es necesaria una estación de compresión que, en función de la logística de carga, puede ser de llenado rápido o lento. Para el llenado rápido, el tiempo suele ser inferior a los 12 minutos. Para el llenado lento se emplean unas 6-8 horas, habitualmente en horario nocturno.

La situación española es muy favorable a la penetración del GNC, tanto por la disponibilidad de este gas a largo plazo, como el nivel de gasificación del país.

El sector gasista está dispuesto a incentivar y promover experiencias que permitan la introducción de esta nueva tecnología. Prueba de ello es su participación en una experiencia piloto, consistente en la puesta en circulación desde principios de 1994 de dos autobuses de gas natural, fabricados en España, en Madrid y Bilbao.

Actualmente se está tratando de conseguir una rápida definición del marco legal que permita utilizar el GN en la automoción.

Además de la postura favorable de la empresa suministradora de gas, los fabricantes de vehículos han apostado por el gas natural, teniendo actualmente todos ellos una línea de investigación y desarrollo que les ha llevado a tener sus propios productos.

La introducción del GLP en au-



Autobús de gas natural en Madrid repostando.

tomoción tiene como ventaja la política de apoyo que tiene la empresa suministradora Repsol Butano, que hace factible su utilización sin apenas gravamen económico.

Prueba de ello, es la participación de Repsol-Butano en la adquisición, por parte de AUVASA (Operador de transporte público en Valladolid) en el año 1993, de 13 vehículos MAN, que actualmente se encuentran en explotación satisfactoria.

Sin embargo, en un sondeo realizado a los suministradores de vehículo, se ha visto que en general prefieren la opción tecnológica del gas natural frente al GLP.

### Electricidad

El vehículo eléctrico apareció por primera vez hace unos 100 años, al mismo tiempo que el coche térmico de Carl Benz.

A partir de entonces, distintas circunstancias económicas, de política energética y técnicas han hecho que el vehículo eléctrico tuviera épocas de desarrollo y de olvido hasta la situación de nuestros días.

A nivel mundial, el parque de vehículos eléctricos existentes incluye:

- 25 000 furgonetas de reparto en Gran Bretaña.
- Varios miles de unidades (furgonetas, minibuses y coches) repartidos entre Estados Unidos, Canadá, Japón, Australia, India, Alemania, Francia, Italia, Países Bajos, Dinamarca, Suecia, Suiza y

Finlandia.

La tracción eléctrica, como fuente de energía alternativa, es el único medio de tener un vehículo de emisión local cero (no teniendo en cuenta las emisiones gaseosas en el lugar de producción de la energía eléctrica). Además, es intrínsecamente menos ruidoso que un vehículo de propulsión térmica.

Es importante destacar que, como energía de automoción, la propulsión eléctrica "pura", si bien es posible para el transporte de personas a largas distancias y con velocidades limitadas (como es el caso de los planes de California), es hasta ahora prácticamente imposible en su aplicación a los vehículos industriales, dado el peso y el volumen de los acumuladores necesarios para almacenar a bordo la energía eléctrica producida en el exterior.

Actualmente existen dos líneas de desarrollo de los vehículos eléctricos:

- Un diseño nuevo, en el cual los componentes eléctricos son óptimamente integrados desde el principio.
- La conversión de un vehículo de combustión o térmico en un vehículo eléctrico, acomodando los nuevos elementos y adaptando el chasis al nuevo vehículo más pesado.

La mayor parte de los vehículos eléctricos existentes hoy en día son modelos convertidos.

Actualmente, el principal freno al desarrollo de los vehículos eléc-

tricos son las baterías. La tecnología de baterías avanza a pequeños saltos continuos. Las baterías actuales ofrecen una vida y capacidad mayor y un consumo menor que las de hace 10 años. Es de esperar que los nuevos prototipos, ahora en experimentación, aporten a medio plazo una satisfactoria autonomía y vida al vehículo.

Las baterías que mejor resultado dan en la actualidad son las de Ni/Cd, aunque las más utilizadas siguen siendo las de plomo. Más avanzadas son las de Na/S, pero aún no son competitivas por su precio.

Las tecnologías de motor de tracción y equipo de control son ya perfectamente competitivas. Su evolución vendrá por el camino de reducir su excesiva vida útil para bajar el precio del vehículo eléctrico (un motor puede recorrer 1 000 000 km en condiciones normales de funcionamiento; sin embargo, la batería tiene una vida estimada de 7 a 8 años).

En cuanto al mantenimiento del vehículo, es mínimo, comparado con los motores convencionales.

Actualmente, los beneficios ambientales ofrecidos por el vehículo eléctrico son el principal argumento para su introducción en el mercado. A nivel local, donde se utiliza el vehículo, las emisiones de contaminantes, CO, HC, NOx, SO<sub>2</sub> y partículas, son nulas.

Los vehículos eléctricos tienen un precio de venta de aproximadamente dos o tres veces el de su homólogo convencional.

El coste de un vehículo depende, en gran parte, de las series de fabricación que, en el caso de los vehículos eléctricos, han sido muy cortas.

Sin embargo, el conjunto de los costes variables (costes de energía, costes de mantenimiento y depreciación del vehículo) es sensiblemente más reducido en un vehículo eléctrico que en uno convencional.

Como todavía es necesario un avance en las investigaciones para hacer competitivos los vehículos eléctricos puros, para resolver el problema a corto y medio plazo han surgido los vehículos mixtos, en los cuales las ventajas de un

motor de alta eficiencia, como el diesel, se combina con las de tracción eléctrica.

Existen diversos modos de realizar tal vehículo:

## *Vehículo híbrido:*

Un motor térmico acciona un generador eléctrico, que mantiene continuamente cargados los acumuladores. Las demandas, siempre variables, de potencia de los motores eléctricos de propulsión son satisfechas por la batería de acumuladores, mientras el motor térmico funciona a potencia constante, correspondiente a la media requerida (aproximadamente de un cuarto a un tercio de la máxima pedida a un vehículo convencional).

Las emisiones gaseosas resultan extremadamente reducidas, sea por la escasa potencia de tal motor, o sea porque puede ser optimizado desde este punto de vista por el hecho de funcionar a potencia y velocidad constante. Incluso pueden ser nulas a nivel local durante breves períodos, ya que puede utilizar sólo la energía eléctrica acumulada anteriormente, parando el generador Diesel.

En contrapartida, el peso y el volumen de los acumuladores son drásticamente reducidos respecto al caso de la propulsión puramente eléctrica, puesto que son llamados a suministrar sólo las "puntas" de potencia.

Permanecen inalterables otras ventajas de la propulsión eléctrica, como la posibilidad de recuperación de la energía durante las retenciones, la facilidad de conducción del vehículo y la posibilidad de instalar los motores eléctricos en las ruedas, bajando así el plano de carga, dada la falta de transmisión.

## *Vehículo bimodal:*

Según sean las condiciones de explotación, el vehículo puede funcionar o como eléctrico puro o como vehículo con motor térmico.

Normalmente el reparto de la actividad se hace de manera que la potencia del motor térmico, usado en condiciones de máxima necesidad de potencia, sea de unas 3 ó 4 veces superior a la del motor eléctrico, el cual se debe utilizar en caso de necesidades modestas de energía. De este modo, la capaci-



dad de los acumuladores queda limitada, respecto del caso de la propulsión eléctrica, a cuando el vehículo funciona de modo puramente eléctrico, con los costes añadidos del doble sistema de propulsión.

La solución "bimodal" resulta por esto poco adaptada a los vehículos comerciales, mientras parece la más práctica en la realidad (costes aparte) para vehículos "individuales", que pueden ser usados tanto en el ámbito urbano como en el extraurbano.

## **Biocombustibles**

El impulso de los combustibles



El consumo de energía en el tr



GLP ya se utiliza en los autobuses de Valladolid.

de origen vegetal viene marcado principalmente por la presión legislativa ambiental, la búsqueda de nuevas salidas a la producción agrícola para aplicaciones industriales no alimentarias, y la necesidad de nuevas fuentes de energía renovables y alternativas a los productos petrolíferos.

Los distintos tipos de combustibles vegetales que existen son:

- *Alcoholes (metanol y etanol).*

El metanol tiene la ventaja de su reducido precio y alta reactividad, pero el etanol es más asequible y seguro por su elevado punto de inflamación y baja toxicidad.



El transporte se concentra en la carretera y en la ciudad.

El etanol se puede usar en motores de explosión, aunque, debido a su elevada resistencia a la inflamación, es necesario realizar ciertas operaciones en los motores.

Brasil es el país con mayor experiencia en su utilización.

En Europa, sin embargo, las condiciones económicas para su producción no son favorables, por lo que no es previsible su implantación a corto y medio plazo.

- *Aceites vegetales.*

Proviene de plantas oleaginosas como colza, girasol, soja, etc.

En Europa las condiciones climatológicas son más favorables para la producción de aceites vegetales, destacando la colza en Centroeuropa.

Estos combustibles son más idóneos para utilizarlos en motores Diesel, existiendo dos posibilidades:

- Combustible natural o aceite vegetal prensado, por ejemplo aceite de colza crudo.

Los aceites puros a la larga dan problemas a los motores, por lo que es necesario modificarlos mediante una esterificación.

- Aceite esterificado, por ejemplo metil-éster de colza.

Desde 1989 el metil-éster de colza se ha estado utilizando en experiencias con resultados muy positivos.

La principal ventaja de la sustitución del gasóleo por un biocombustible es el hecho de que el motor no necesita modificaciones significativas. Tan sólo algunos elementos de caucho deben ser sustituidos, debido al poder disolvente del aceite. Ambos combustibles, gasóleo y biocombustible, se pueden mezclar en cualquier porcentaje.

En general, el uso de biocombustibles provoca una mejora del medio ambiente urbano, ya que se eliminan o reducen las emisiones de los principales contaminantes, respecto de las producidas en motores Diesel convencionales. En concreto, se estima una reducción del 60% de los humos y 65% los de compuestos aromáticos.

La ausencia de azufre en el biocombustible origina una emisión nula de  $SO_2$ .

En cuanto a las emisiones de  $CO_2$ , que, aunque no es contami-

nante en sí, es el gas considerado principal causa del efecto invernadero, puede decirse que los biocombustibles no contribuyen a su acumulación en la atmósfera o efecto invernadero, ya que el  $CO_2$  emitido en la combustión es reabsorbido durante el crecimiento de la planta a través de la fotosíntesis.

## Conclusión

El transporte presenta una participación directa de un 7% en el PIB de la Unión Europea. La industria ligada a él, de infraestructura y fabricación de vehículos, contribuye fundamentalmente al desarrollo económico de muchos países.

Las autoridades energéticas españolas, europeas y mundiales miran con preocupación el consumo energético en el sector, que es uno de los prioritarios en cuanto a programas de actuación específicos, bien de financiación o de promoción, como son el caso del Plan de Ahorro y Eficiencia Energética (PAEE) en España, Thermie, Save y Joule en la UE, o los propios de la Agencia Internacional de la Energía.

El coche es un producto que sintetiza el desarrollo tecnológico de la humanidad y que contribuye a democratizar la sociedad, ya que gracias a él vemos satisfecho el deseo de la libertad de movimientos.

Todo ello es irrenunciable, como lo es el salvar, en unos casos, y hacer más habitables, en otros, nuestras ciudades. Ello pasa, sin duda, por hacer más eficientes energéticamente nuestros viajes, lo cual supone un transporte público más rápido y confortable, mayores índices de ocupación del vehículo privado, vehículos adaptados al tráfico urbano, y no olvidar las posibilidades de andar y de la bicicleta; y todo ello regulado por la sociedad, a través de planes de transporte flexibles y adaptados a cada circunstancia particular.

El coche y sus medios de transporte alternativos están y estarán presentes en el debate del consumo energético y del medio ambiente. ■

Agustín Aragón Mesa, Director de la División de Residencial, Servicios y Transportes (IDAE), y Carlos López López, Jefe del Departamento de Transportes (IDAE)