

Combustibles gaseosos en automoción

Alternativa y oportunidad

Yolanda BRICEÑO BUENO
José Ignacio DOMÍNGUEZ CARRERO
Área de Energía y Medio Ambiente
FUNDACIÓN CIDAUT

El sector transporte y, específicamente, el que se conoce como automoción, es fundamental para el desarrollo de la sociedad actual, sin embargo, es también uno de los sectores responsable de la contaminación ambiental debido, principalmente, a que su desarrollo se ha basado en el uso de combustibles de origen fósil, cuya dependencia es mayor de un 95%.

La necesidad de ampliar el recurso energético en el sector transporte ha llevado a desarrollar una serie de combustibles alternativos a los tradicionales (gasóleo y gasolina) procedentes del petróleo empleados en los motores de automoción. En general, estos combustibles alternativos se queman en motores semejantes a los de gasolina, con ligeras modificaciones. Entre los combustibles gaseosos que mayor aceptación están teniendo se encuentran: GLP (gas licuado del petróleo), el gas natural como alternativa a los combustibles derivados del petróleo y el biogás como combustible de origen renovable. Otra alternativa de combustible gaseoso válida para la automoción sería el hidrógeno empleado en motores de combustión interna alternativos.

A nivel mundial existe el convencimiento de que los combustibles gaseosos son una alternativa, por ser más abundantes, con mejores rendimientos, más bara-

tos y con menor impacto medioambiental.

En España, algunas empresas municipales de transporte están apostando por los combustibles gaseosos como alternativa a los combustibles tradicionales. Adicionalmente, la introducción del biogás en el sector transporte presenta ventajas medioambientales, por ser un combustible de origen renovable. En este sentido, dentro del Subproyecto 04 BIOGAS, del Proyecto Singular Estratégico PRO-BIOGAS PS-120000-2007-6 que ha sido financiado por el *Ministerio de Ciencia e Innovación*, CIDAUT ha realizado un análisis de los requerimientos técnicos de los vehículos de biogás, respecto a peculiaridades constructivas, sistemas de almacenamiento, costes asociados, etc. de los vehículos de gas ya existentes, evaluando las características del biogás en comparación con otros combustibles gaseosos como el gas natural y el GLP empleados en motores de gas para transporte.

Empleo de combustibles gaseosos en automoción

Gases licuados del petróleo (GLP)

Los GLP son gases procedentes de la destilación del petróleo que se pueden mantener en esta-

do líquido a temperatura ambiente con presiones relativamente bajas (0-15 kg/cm²). Se obtienen por destilación fraccionada del petróleo en el rango de temperaturas comprendido entre -5 y 30 °C. También se producen en los procesos de craqueo y reformado catalítico. Otra fuente de obtención alternativa es por eliminación de los componentes más pesados (C3 y C4) en los procesos de purificación del gas natural.

El GLP es una mezcla de propano y butano (en España esta proporción suele ser del 65-70% de propano y 35-30% de butano, mientras que en los países fríos, debido a problemas de condensación del butano, se emplean composiciones de 100% propano). Dicha mezcla a una presión en torno a 10 bar, se transforma en líquido, lo cual facilita su empleo como combustible de automoción.

El GLP es un combustible económico, de tecnología probada en diversas flotas de vehículos urbanos, presenta grandes ventajas medioambientales al reducir el ruido y las emisiones del motor. Se está tratando de introducir la denominación Autogás para identificar el GLP de automoción.

Existen actualmente más de 11.000.000 de vehículos a GLP en el mundo, de los cuales 7 M están en Europa. En España hay unos 5.000 (la mayoría taxis y autobu-



www.aegpl.com.

ses urbanos) y sobre medio centenar de puntos de venta de GLP. La mayoría de vehículos impulsados por GLP en Europa son bicomcombustibles, permiten el uso de gasolina con sólo pulsar un botón, si bien son los vehículos monocombustible los que mejores prestaciones y mayor reducción de emisiones provocan.

Este combustible alternativo empleado en motores de ciclo *Otto* presenta las ventajas de ser fácilmente licuable y tener una densidad energética relativamente elevada en estado licuado, tiene un buen poder antidetonante, superior al de la gasolina. Además, presenta un dosado estequiométrico muy similar a la gasolina, con las ventajas que ello conlleva en cuanto a la transformación de los motores gasolina a motores de GLP. En cuanto a las emisiones se reducen en torno al 10% las de CO₂ y, más ligeramente, las de CO y HC.

Por contra todavía existe una escasez de infraestructura que permita su uso generalizado y tiene el inconveniente de la menor autonomía del vehículo frente al uso de los combustibles líquidos

tradicionales. Además, este sigue siendo un combustible que mantiene la dependencia del petróleo.

Gas natural

El gas natural es un combustible gaseoso cuyo componente principal es el metano (entre un 70-90%) y, además, posee otros hidrocarburos de cadena corta como etano, propano y butano. Es un gas no corrosivo ni tóxico, con un estrecho límite de inflamabilidad y elevada temperatura de combustión. En algunos casos puede contener compuestos de azufre, pero esto lo invalidaría como combustible de automoción. El poder calorífico varía dependiendo del origen y puede ser de hasta 49,3 MJ/kg. Frecuentemente se indica el poder calorífico superior, que sería unos 55 MJ/kg, expresado por unidad de volumen (46 MJ/m³N = 15,2 kWh/ m³N).

El gas natural es un recurso fósil relativamente abundante y mejor distribuido en el mundo que el petróleo.

El almacenamiento a bordo del vehículo puede realizarse, bien de forma comprimida (GNC, almacenado en tanques a 200-220 bar) o de forma licuada (GNL, almacenado a -162 °C y 1 bar de presión). En este último caso es preciso regasificar el combustible antes de su introducción al motor.

Como combustible, el metano presenta la característica de ser el hidrocarburo con la mínima emisión de CO₂ por unidad de masa quemada o de energía liberada.

El empleo de gas natural como combustible en el sector transporte está en plena expansión en todo el mundo, es una tecnología probada (empleada frecuentemente en flotas de autobuses urbanos), que presenta la principal ventaja de disminuir de forma considerable las emisiones contaminantes, así como de CO₂; reduce el ruido del motor; además de ser una alternativa al petróleo.

A finales de 2009 existían 11.200.000 de vehículos alimentados por gas natural en todo el mundo (1.300.000 en Europa) y unas 16.500 estaciones de repor-

taje. En el caso de España los números son 2.538 vehículos y 42 estaciones de reportaje.

Por otro lado, como todos los combustibles gaseosos, presenta la desventaja frente a los combustibles líquidos de la necesidad de mayor espacio de almacenamiento en el vehículo con el consiguiente incremento de peso y disminución de habitabilidad de éste.

El gas natural se utiliza habitualmente en motores de combustión interna alternativos de encendido provocado (MEP o motores tipo *Otto*). También se puede utilizar en motores de encendido por compresión (MEC); en estos casos suelen ser motores diesel transformados y lo habitual es que se emplee una cierta cantidad de gasóleo para provocar la ignición.

En función del tipo de motor y de la relación del gas natural con otros combustibles, los vehículos se clasifican en:

- Vehículos mono-fuel, monovalentes o dedicados: utilizan gas natural como único combustible. Se trata de motores MEP optimizados para trabajar con gas natural, lo que asegura un rendimiento elevado y unas emisiones muy bajas.
- Vehículos bi-fuel o bivalentes: operan indistintamente con gas natural o gasolina. Son motores MEP que tienen dos depósitos diferenciados, con dos sistemas diferentes de alimentación y un botón que permite seleccionar uno u otro carburante. En este caso, los vehículos son reversibles: siempre existe la posibilidad de retirar el sistema de alimentación de GNC y que el vehículo recupere su estado inicial.
- Vehículos tri-fuel: se trata de vehículos flexibles con motores MEP desarrollados en Brasil que pueden utilizar gasolina, etanol, mezclas de ambos o gas natural.
- Vehículos dual-fuel o de combustible dual: disponen de motores MEC que utilizan una mezcla de gas natural y gasóleo. El gasóleo, que actúa como iniciador del proceso de

combustión, se inyecta directamente a la cámara de combustión, mientras que el gas natural se introduce en el aire de admisión mediante un carburador o un sistema de inyección. En promedio, este tipo de motores puede consumir del orden de 60-70% de gas natural y 30-40% de gasóleo.

- Vehículos de inyección directa de alta presión (HPDI): tecnología dual-fuel que inyecta simultáneamente gasóleo y gas natural a alta presión en la cámara de combustión. Lo normal es que el gasóleo se inyecte en cantidades pequeñas, siendo éste el responsable de que se produzca la combustión. Esta tecnología está siendo desarrollada para vehículos pesados por *Westport Innovations* en Canadá.

Biogás

El biogás se obtiene por fermentación anaerobia de sustancias orgánicas, normalmente residuales (aguas residuales, RSU, residuos ganaderos). Su composición incluye metano, CO₂ y otros gases en concentraciones variables, dependiendo de la composición del material de partida y de las condiciones de la fermentación. Su contenido orgánico hace que el CO₂ producido en su combustión no tenga contribución al efecto invernadero. Por el contrario, la combustión del biogás evita la emisión sin aprovechamiento energético de metano, lo que también contribuiría al efecto invernadero.

Las propiedades características del biogás como combustible son muy similares a las del gas natural, por lo que podrá ser empleado sin grandes inconvenientes en motores de automoción preparados para trabajar con gas natural. La única precaución que se deberá tener es depurar convenientemente el biogás, hasta conseguir estar por debajo de los niveles máximos permitidos al gas natural en todos los contaminantes limitados (eliminación de CO₂, O₂, N₂ y resto de elementos gaseosos

diferentes del metano, así como H₂S, HCl, HF y otros compuestos causantes de corrosión ácida en el motor y siloxanos, que pueden ser causa de desgaste, abrasión o formación de depósitos). Por tanto, su empleo como combustible de transporte presenta el problema de la variabilidad de su composición, además de las mayores dificultades de almacenamiento a bordo de combustibles gaseosos. En varios países europeos existen experiencias piloto de empleo de biogás como combustible para vehículos.

Hidrógeno

El hidrógeno es un combustible que se puede obtener a partir de sustancias que son recursos energéticos fósiles (gas natural, petróleo) y renovables (biomasa, bioetanol). También se puede utilizar electricidad de diversos orígenes, fósiles, nuclear, renovable, para su obtención a partir de agua.

Su utilización puede ir orientada como combustible para motores de combustión interna tipo gasolina o bien para pilas de combustible. Además, el hidrógeno puede ser almacenado en estado gaseoso (a alta presión), líquido (a temperaturas criogénicas) y sólido (en compuestos tipo hidruros o adsorbido en nanotubos de carbono).

La versatilidad del hidrógeno en su obtención, almacenamiento y utilización lo convierte en una alternativa a la electricidad como portador de energía o combustible intermedio, si bien queda un largo camino que recorrer en aspectos tales como las infraestructuras de producción a gran escala y de distribución, así como en los dispositivos de producción a pequeña escala (electrolizadores por ejemplo, o reformadores a bordo de vehículos) y en su utilización (pilas de combustibles) si bien su empleo en motores térmicos más o menos adaptados puede ser una tecnología factible a corto plazo. En la actualidad existen varios fabricantes de automoción trabajando en vehículos con motores de combustión interna alternativos alimentados



Project MADEGASCAR Malardalen Energy Agency. Gas filling station (Västerås).

con hidrógeno como combustible, existiendo incluso algún modelo para producción en serie (BMW Hydrogen 7).

Respecto a la contribución al efecto invernadero, se debe tener en cuenta el origen del hidrógeno en particular, ya que puede ser renovable completamente, parcialmente o de origen fósil (por ejemplo, obtenido del gas natural). El desarrollo de técnicas de captura y almacenamiento de CO₂ (Carbon Capture and Storage - CCS) posibilitarían incluso la obtención de hidrógeno a partir de la energía del carbón (aportando agua como fuente de hidrógeno), que no contribuiría al efecto invernadero.

Mezcla HCNG

Otro combustible gaseoso empleado en ciertos países como Noruega y Canadá, es el denominado HCNG, también conocido por H₂CNG, mezcla compuesta por gas natural y entre un 4 y un 9% de hidrógeno.

Oportunidades de los combustibles gaseosos como alternativa en el sector de automoción

La oportunidad de expansión de estos combustibles gaseosos



E.ON www.biogas.se (Volkswagen Sciroccos).

en el sector de la automoción se basa en:

- alternativa a los carburantes convencionales, cuyos precios son cada vez más elevados,
- diversificación de la oferta energética,
- las nuevas normativas medioambientales y la creciente concienciación medioambiental de la población,
- las subvenciones y ayudas para el fomento del empleo de estos combustibles, por parte tanto de la Administración, como de los distribuidores de estos combustibles, y
- facilidad en la transformación de los motores gasolina a motores de GLP o GN.

Además, de forma particular cada combustible gaseoso presenta sus propias oportunidades:

- la ayudas fiscales al uso del GLP mediante la reducción del impuesto especial de hidrocarburos de automoción IEH (la Ley 22/2005 establece este impuesto en 57,47€/t),
- la gran contribución a la reducción de la emisión de CO₂ en

el sector transporte que proporciona el empleo de gas natural,

- el biogás presenta el potencial de ser un combustible de origen renovable, cuya correcta adecuación y purificación hasta alcanzar la calidad del gas natural lo convierten en un combustible de futuro para el sector transporte, y
- la introducción del consumo de hidrógeno en el sector de la automoción podría venir del uso en motores de combustión interna alternativo, ya que es una tecnología probada.

Conclusiones

Los combustibles gaseosos en el sector de la automoción, representado por el GLP y el gas natural, son actualmente una alternativa a los carburantes convencionales, permiten una diversificación energética y ayudan a la disminución de las emisiones en el sector transporte.

Su ámbito de aplicación actual es en flotas de transporte como taxis y autobuses, y su menor auto-

nomía frente a los combustibles líquidos, hace que su empleo sea principalmente urbano, si bien a través de los vehículos bi-combustibles puede extenderse su ámbito de uso.

Además de estos combustibles gaseosos ya implantados y con tecnología disponible han surgido nuevos combustibles gaseosos de origen renovable como es el biogás, cuyo interés está en su adecuación para poder emplearlo en los motores de gas natural sin más.

Los motores de combustión interna alternativos alimentados por hidrógeno pueden servir de inicio del consumo de hidrógeno en el sector del transporte.

En la situación actual, los puntos de trabajo para lograr el asentamiento de estos combustibles gaseosos en el sector transporte son la mejora de la capacidad de almacenamiento de estos combustibles en los vehículos, la flexibilidad de uso de combustible en el vehículo y el aumento de la infraestructura para la distribución y repostaje de estos combustibles alternativos.