

ENERGIA *demo*

TECNOLOGÍAS AVANZADAS EN AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

AUTOBUSES PROPULSADOS CON GAS NATURAL



Durante el segundo semestre de 1995 y todo el año 1996, dos autobuses propulsados con gas natural circularon por Barcelona dentro de una experiencia llevada a cabo por Transportes de Barcelona, Mercedes Benz, Gas Natural y el Institut Català d'Energia con la finalidad de demostrar la viabilidad de este combustible en vehículos de transporte público. Los resultados del seguimiento efectuado han confirmado que, además de realizar perfectamente el servicio, se reducen las emisiones contaminantes y el nivel de ruido en relación a los autobuses que utilizan gas-oil. Asimismo, los usuarios se manifestaron a favor del uso del gas natural teniendo en cuenta la baja contaminación ambiental y acústica.

BARCELONA

51

ENERGIA *demo* es una colección de realizaciones en los siguientes ámbitos:

- . AHORRO Y DIVERSIFICACIÓN ENERGÉTICA
- . EFICIENCIA ENERGÉTICA
- . ENERGÍAS RENOVABLES
- . AHORRO DE AGUA
- . MEDIO AMBIENTE



Generalitat de Catalunya
Departament d'Indústria, Comerç i Turisme
Institut Català d'Energia

presentación

Desde los años 70, los fabricantes de vehículos se han planteado la utilización de combustibles alternativos a los tradicionales para el transporte urbano de pasajeros. Una de las alternativas consideradas ha sido la utilización de combustibles gaseosos, como el gas natural comprimido, con los cuales se han llevado a cabo experiencias en Europa. Se trata, en definitiva, de emplear una fuente energética, alternativa a los derivados del petróleo, que cuenta con amplias reservas.

En 1995, Transports de Barcelona, S.A., Mercedes Benz España, S.A., Gas Natural SDG, S.A. y el Institut Català d'Energia suscribieron un convenio para realizar un proyecto de utilización de gas natural en vehículos de transporte público en Barcelona. El objetivo del proyecto era incidir en la mejora de las condiciones medioambientales en el entorno urbano y avanzar en la diversificación de las fuentes energéticas empleadas en el transporte en las ciudades.

En concreto, Mercedes Benz puso a disposición de Transportes de Barcelona dos autobuses con gas natural -uno rígi-



Los vehículos de transporte público circularon por Barcelona en el segundo semestre del 95 y todo el 96.

do y otro articulado- y formó a los técnicos y conductores. Por su parte, Gas Natural realizó la canalización de gas natural hasta el interior de las cocheras, construyó las instalaciones de carga y aportó el carburante de los dos vehículos durante el período de prueba. Finalmente, el Institut Català d'Energia dio apoyo técnico e institucional a la experiencia y colaboró en el seguimiento; también se encargó de evaluar la opinión de los

usuarios y difundir los resultados.

El vehículo rígido realizó su servicio en la línea 27 (Plaza de España-Roquetas), que recorre un trayecto de orografía muy acusada. Por su parte, el vehículo articulado rodó en la línea 9 (Plaza de Cataluña-Paseo de la Zona Franca), y complementariamente en la 109, ambas de orografía muy plana. Los vehículos efectuaron el servicio entre mayo del 95 y diciembre del 96.

proyecto

Para realizar estas pruebas, se emplearon dos vehículos equipados con un motor de seis cilindros en línea, diseñado para quemar gas natural, refrigerado por agua, con regulación electrónica y catalizador de tres vías. El motor, montado en la parte posterior del vehículo, tiene una potencia de 238 CV (175 kW) a 2.200 rpm, con un par máximo de 880 Nm a 1.000 rpm. El cambio es automático, con retraso integrado.

Por su parte, el depósito de gas natural consta de seis cilindros -dos conjuntos de tres unidades cada uno- de acero de alta aleación con revestimiento de fibra de vidrio. Se encuentran montados en el techo del vehículo, a la altura del eje delantero en el autobús rígido y en la parte delantera de la sección posterior, en el caso del articulado. Cada cilindro está protegido por una válvula de cierre manual en la que se ha integrado fusible, disco de reventamiento y limitador de paso.



Uno de los autobuses propulsados con gas natural, en la estación de llenado de la Zona Franca.

En el punto de unión de los conductos de alimentación, se ha instalado una válvula de cierre electromagnético que permanece cerrada mientras no recibe corriente. Todos los conductos de gas en el vehículo son de acero inoxidable.

El volumen total de los depósitos

es de 825 litros, en el caso del rígido, y de 1.050 litros en el articulado, que representa -a unos 200 bar de presión de almacenamiento- una autonomía de 300 km. El regulador de alimentación del motor es calefaccionado por agua y reduce la presión del gas en dos etapas:

de 200 bar a 4 bar y de 4 bar a una presión ligeramente negativa.

Las instalaciones de carga del gas natural se construyeron en las cocheras que Transportes de Barcelona tiene en la Zona Franca. El proceso de carga consiste en elevar la presión del gas desde la red de distribución hasta los 200 bar, que es la de almacenamiento en el depósito de los autobuses. Durante las horas de reposo de los vehículos, se conecta la manguera a la boca de carga y se procede a la carga hasta que la presión de los depósitos alcanza los 200 bar. En concreto, se emplearon dos tipos de instalaciones: la primera formada por cuatro módulos unitarios de compresión y la segunda constituida por un módulo de compresión principal. En ambos casos se trata de estaciones de carga en parking que aprovechan el tiempo de reposo de los vehículos para suministrar el gas natural, optimizando la inversión. Sin embargo, hay que decir que no se trata de una instalación de carga para operar en régimen de explotación comercial.



Toma de carga del gas natural comprimido de los autobuses.

Los cuatro módulos unitarios de compresión (MUC) -capaces de comprimir el gas hasta la presión de 200 bar-reciben el gas a través de un colector y, una vez comprimido, lo descargan en otro colector general que alimenta un único punto de carga. Cada MUC dispone de su propio panel control, el cual contabiliza el número de horas de operación e informa sobre averías o deficiencias de operación. La instalación permite el aislamiento de cada unidad independientemente de que el conjunto



Detalle de los depósitos de combustible situados en el techo del vehículo.

pierda operatividad. La capacidad del compresor es de 70 m³/h y el tiempo de carga es de 2 horas.

Por otro lado, el módulo de compresión principal (MCP) se configuró como una unidad compacta para el suministro de gas natural comprimido, de modo que pueda ser transportada con facilidad a otra ubicación. En este caso, el compresor tiene una capacidad de 12 m³/h y el llenado de los depósitos se realiza en 10 h.

resultados

Entre el 1 de junio de 1995 y el 23 de octubre de 1996 se realizó una toma exhaustiva de datos; los días efectivos de servicio contabilizados en el seguimiento fueron de 134 para el autobús rígido y 139 para el estándar.

En relación al consumo de carburante, se realizaron mediciones en los dos autobuses y se compararon con los de otro vehículo de gas-oil que efectúa el mismo recorrido. A pesar del rigor con que se tomaron los datos, se constató una gran dispersión de los resultados debido a causas como los hábitos de conducción, régimen de tráfico, etc. Las mediciones efectuadas en la línea 27 dieron los siguientes valores de consumo medio: 7,04 termias/km para el vehículo de gas natural, enfrente de 4,70 termias/km para el de gas-oil. Asimismo, se midió el consumo de los vehículos en las pistas de pruebas del IDIADA; el consumo de los autobuses con gas natural fue de 3,52 termias/km (con carga) y 3,33 (sin carga), ligeramente superior al correspondiente al gas-oil: 2,91 y 2,54, respectivamente.

En relación al ruido, los valores registrados en los dos autobuses se encuentran por debajo de los máximos fijados por Transportes de Barcelona: 60 dB en régimen de ralentí y 72 dB a una velocidad de 40 km/h.

Tabla 1. Emisiones de contaminantes del motor de Mercedes Benz, en relación con los límites fijados por la legislación vigente (Euro II). Los valores se expresan en gr/kWh.

	CO	NOx	HC	Partículas
Motor de gas natural	2.0	3.6	0.4	0.05
Euro II	4.0	7.0	1.1	0.15

Para valorar las emisiones de contaminantes a la atmósfera, se dispone, por un lado, de los valores aportados por Mercedes Benz relativos a los obtenidos por el motor en un banco de pruebas. Los valores, que se muestran en la tabla 1, se encuentran en todos los casos por debajo de los límites fijados por la legislación vigente en este tipo de vehículos (Euro II).

Por otro lado, se cuenta con las medidas que realizó la Entidad del Medio Ambiente del Área Metropolitana de Barcelona con equipos portátiles que permiten analizar el CO, NOx y HC. Debido al tipo de equipos y de metodología aplicado, el objeto de estas mediciones era analizar la evolución de los valores de emisiones a lo largo de la prueba y determinar la eficacia del catalizador. Los valores obtenidos muestran

que el catalizador cumple de manera óptima su función y que su eficacia no disminuye a lo largo del período considerado.

Finalmente, hay que destacar que se realizó un estudio de opinión del usuario, mediante un cuestionario que respondieron 412 personas -177 hombres y 235 mujeres- que cubren un amplio espectro, representativo de usuarios de más de 15 años. Un 69,2% de los encuestados percibió de forma espontánea que el autobús funcionaba con gas natural. El grado de aceptación del hecho que el autobús funcionase con este combustible fue muy alto: un 93,7% estaban de acuerdo. Asimismo, la mayoría de los encuestados se manifestaron a favor del uso del gas natural teniendo en cuenta la baja contaminación ambiental y acústica.

entidades participantes

Fabricación de los autobuses:

- . Mercedes Benz España, S.A.

Canalizaciones de gas e instalaciones de carga:

- . Gas Natural SDG, S.A.

Operación de los vehículos y equipos:

- . Transports de Barcelona, S.A.

Apoyo institucional y seguimiento de la operación:

- . Institut Català d'Energia

Medición de las emisiones contaminantes:

- . Entitat del Medi Ambient de l'Àrea Metropolitana de Barcelona

Realización de pruebas de consumo:

- . IDIADA



ficha técnica

NOMBRE: Operación de demostración de carburantes alternativos en autobuses urbanos

LUGAR: Barcelona

VEHÍCULOS: Dos autobuses: uno rígido y otro articulado

CARBURANTE UTILIZADO: Gas natural

DURACIÓN DE LA EXPERIENCIA: mayo'95-diciembre'96

Para más información, diríjense a:

INSTITUT CATALÀ D'ENERGIA
Departament d'Indústria, Comerç i Turisme
Av. Diagonal 453 bis, àtic
08036 BARCELONA
Tel.: (93) 622 05 00
Fax: (93) 622 05 01



JOULE-THERMIE

ENERGIA *demo*

Últimos números publicados:

- 19 Central de cogeneración en ciclo combinado.
Fibracolor, S.A. - Fibrarel, A.I.E.
- 20 Central de cogeneración-absorción para la producción combinada de electricidad, frío y calor.
Ciudad Sanitaria del Valle de Hebrón.
- 21 Sistema de ultrafiltración en un proceso de pintura.
Nissan Motor Ibérica, S.A.
- 22 Cogeneración-absorción en una industria alimentaria.
Casa Tarradellas, S.A.-Catarel, A.I.E.
- 23 Energía solar para un centro sanitario.
Residencia Sant Josep.
- 24 Instalación fotovoltaica para el bombeo de agua y riego agrícola.
Masia Ben Viure.
- 25 Central de cogeneración con doble recuperación térmica.
Sati.
- 26 Instalaciones de alta eficiencia energética en un polideportivo.
Centro Natación Mataró.
- 27 Cogeneración de gran potencia en el complejo químico de Tarragona.
Erkimia, S.A.- Erfei, A.I.E.
- 28 Instalación eólico-fotovoltaica en una vaquería.
Granja de Argestes.
- 29 Central de cogeneración-absorción con depuración de gases.
Printer Industria Gráfica, S.A. - Printerel, A.I.E.
- 30 Instalaciones de alto rendimiento con gestión centralizada.
Hotel Fera Palace.
- 31 Valorización de residuos de madera para calefacción municipal y electricidad
Probell'92, S.A.
- 32 Utilización de combustible vegetal en vehículos municipales.
Ayuntamiento de Mataró-Ayuntamiento de El Masnou.
- 33 Sistema de gestión centralizada del alumbrado público.
Ayuntamiento de Granollers.
- 34 Atomización de detergente con gases de turbina.
S.A. Camp - Relcamp A.I.E.
- 35 Tratamiento de efluentes con filtro percolador en una industria textil.
Multicolor Textil, S.A.
- 36 Sistema eficiente de climatización a gas.
C.A.P. de Vilassar de Dalt.
- 37 Central de cogeneración con aprovechamiento directo de gases.
S.A. Reverté - Rencat, A.I.E.
- 38 Reciclaje y recuperación energética de residuos sólidos urbanos.
Centro Integral de Valorización de Residuos de El Maresme.
- 39 Instalación fotovoltaica en un albergue de montaña.
Refugio de Amitges.
- 40 Sistema informático de optimización en tiempo real.
Térmicas del Besos, S.A.
- 41 Viviendas domóticas y bioclimáticas en Castelldefels.
Proyecto REMMA.
- 42 Programa de electrificación rural fotovoltaica en la Garrotxa.
SEBA - Consejo Comarcal de La Garrotxa.
- 43 Planta de cogeneración con motores a gas.
Agrupación Energética Hospital Joan XXIII, A.I.E.
- 44 Conducto solar para alumbrado y ventilación.
Edificio "Santa Amàlia".
- 45 Parque Eólico del Baix Ebre.
PEBESA.
- 46 Electrificación de 53 viviendas con energías solar y eólica.
Planta híbrida eólico-solar de Polanco (Uruguay).
- 47 Edificio equipado con módulos fotovoltaicos multifuncionales.
Biblioteca "Pompeu Fabra" de Mataró.
- 48 Instalación solar de alto rendimiento.
CAR-CMR Sant Cugat del Vallès.
- 49 Planta de cogeneración para tres industrias textiles.
Cogeneración de Hostalric, A.I.E.
- 50 Central fotovoltaica de Llaberia.
Municipio de Tivisa (Ribera d'Ebre).