

Conceptos básicos sobre el propano

El propano provee energía a más de 143.000 vehículos en los Estados Unidos y 23 millones en todo el mundo.^{1,2}

Flotas de todos los Estados Unidos han implementado con éxito el uso de vehículos que funcionan con gas propano, y en la actualidad varios funcionan gracias a este gas, incluyendo autobuses escolares, lanzaderas y autobuses públicos, así como también furgonetas, taxis, vehículos utilizados por las fuerzas del orden, barredoras de calles y camiones para uso profesional. El propano también se utiliza con frecuencia en aplicaciones fuera de la carretera, tales como montacargas, podadoras y equipos de uso profesional y otros equipos agrícolas. Las ventajas del propano incluyen la disponibilidad interna, su rendimiento y el hecho de que genera menos emisiones de gases contaminantes que otras alternativas energéticas.

¿Qué es el propano?

También conocido como gas licuado de petróleo (GLP), el gas propano es un hidrocarburo inodoro (C_3H_8) a presiones y temperaturas normales. Es el mismo propano que se utiliza para la calefacción en los hogares, para cocinar y para las parrillas. Cuando se lo presuriza en un tanque a 150 libras por pulgada cuadrada, se convierte en un líquido que posee una densidad energética 270 veces mayor que la de su forma gaseosa.

¿Cómo se produce y distribuye el gas propano?

El propano es un subproducto del procesamiento de gas natural y la refinación de petróleo crudo. Al 2014, más del 99% del suministro de propano de Estados Unidos se producía en América del Norte.³ El propano se envía desde el punto en el que se produce hasta las terminales de distribución a granel a través de gasoductos, vías de ferrocarril, barcas, camiones o camiones cisterna. Posteriormente, quienes comercializan el gas propano lo adquieren en las terminales y distribuyen el combustible a los clientes, incluidas las estaciones de abastecimiento de combustible minoristas o privadas.

¿Es seguro utilizar el propano en los vehículos?

Al igual que los vehículos convencionales, los vehículos que funcionan con gas propano deben cumplir con todas las regulaciones aplicables, incluyendo las Normas Federales de Seguridad



Un oficial del Departamento de Policía de Sandy Springs en Georgia reposta un automóvil de policía Crown Victoria que se ha convertido a gas propano. La flota de Sandy Springs ha operado con propano el 96% de las veces desde 2011. Foto cortesía del Consejo de Educación e Investigación de Propano (PERC, por sus siglas en inglés), NREL 35256

para Vehículos de Motor (FMVSS, por sus siglas en inglés). Sin embargo, en comparación con la gasolina y el diésel, el propano tiene una temperatura de autoignición más alta (este es el punto al que un gas o un vapor puede arder en el aire sin la presencia de una chispa o una llama), y esto hace que sea menos probable que arda de forma no intencional. Los tanques de propano también son 20 veces más resistente a las perforaciones que los tanques de gasolina. Los tanques de los vehículos que funcionan con gas propano están equipados con dispositivos de alivio de presión que liberan combustible de manera controlada en caso de sobrecarga, expansión de calor o incendio. La Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA, por sus siglas en inglés), del Departamento de Transporte de los Estados Unidos, y otras organizaciones proporcionan directrices de seguridad para vehículos que funcionan con gas propano, así como equipos para el abastecimiento de propano.⁴ El sitio web del Centro de Datos de Combustibles Alternativos (AFDC, por sus siglas en inglés) ofrece una lista de los códigos y las normas aplicables en (afdc.energy.gov/pdfs/48612.pdf).

Las flotas que comiencen a utilizar vehículos a gas propano deben tener en cuenta las modificaciones requeridas en las instalaciones de mantenimiento. Estas pueden ser necesarias en función de varios factores, incluyendo la cantidad de trabajos de reparación realizados en la instalación y la distribución física y el diseño de la misma. Los administradores de las flotas

también deben estar al tanto de los códigos aplicables y comprometer a la Autoridad Local Competente (AHJ, por sus siglas en inglés) a adoptar dichas modificaciones. La AHJ también tendrá información acerca de las restricciones locales relacionadas con el uso o almacenamiento de combustibles gaseosos en aparcamientos subterráneos o instalaciones de mantenimiento.

¿Cómo funcionan los vehículos a gas propano?

Los vehículos a gas propano han sido ampliamente utilizados y perfeccionados durante décadas.

- **Operación.** Los vehículos a gas propano funcionan como vehículos a gasolina con motores de encendido por chispa. Existen dos tipos de sistemas de inyección de propano disponibles: inyección líquida e inyección a vapor. En ambos casos, el propano se almacena como líquido en un tanque a una presión relativamente baja. La tecnología de inyección líquida permite un control más preciso del suministro de combustible, lo que resulta en un mejor rendimiento del motor y una mayor eficiencia.

¹ Administración de Información Energética de los Estados Unidos, *Revisión Energética Anual de 2011* (eia.gov/totalenergy/data/annual/)

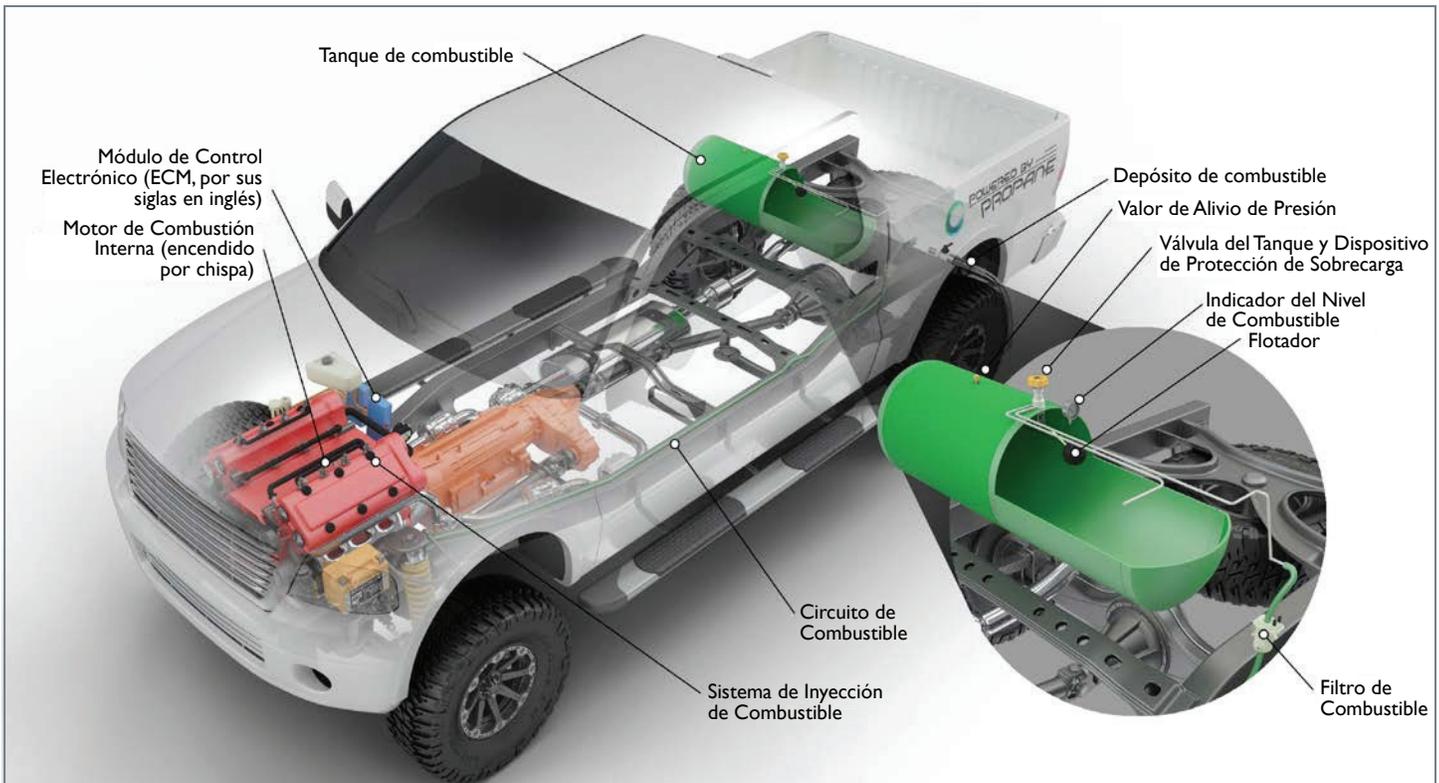
² Asociación Mundial de Gas LP (auto-gas.net/about-autogas/the-autogas-market#U6RsOpRdXwx)

³ ICF International para el Consejo de Educación e Investigación de Propano (PERC), *Perspectivas para el Mercado del Propano en 2016* (afdc.energy.gov/uploads/publication/2016_propane_market_outlook.pdf)

⁴ Asociación Nacional de Protección contra el Fuego, *NFPA 58*, (nfpa.org/codes-and-standards)



U.S. Department of Energy



Esta ilustración de un vehículo a gas propano dedicado resalta los componentes únicos del sistema de combustible del vehículo. Ilustración de Josh Bauer, Laboratorio Nacional de Energías Renovables

• **Rendimiento.** Los vehículos a gas propano son similares a sus homólogos de gasolina en cuanto a la potencia, la aceleración, la velocidad de cruceo y la autonomía. Los vehículos duales tienen dos sistemas de abastecimiento de combustible separados, lo que permite que el vehículo funcione con gas propano o con gasolina. Esto brinda la flexibilidad de usar combustible o ambas fuentes de energía, y otorga a los vehículos de combustible alternativo o flexible una autonomía mucho mayor que la de los vehículos a gas propano dedicados (aquellos que funcionan únicamente con gas propano) o los vehículos a gasolina. Los tanques de almacenamiento más grandes también pueden aumentar autonomía, pero el peso adicional reduce la capacidad de carga. Debido a que un galón de propano tiene 27% menos de energía que un galón de gasolina, el consumo de combustible de los vehículos a gas propano es ligeramente inferior. Sin embargo, el propano tiene un octanaje mayor que el de la gasolina (105 en comparación con 84-93 de la gasolina) y algunos fabricantes de equipos originales (OEMs, por sus siglas en inglés) ofrecen motores dedicados optimizados para aprovechar esta clasificación más elevada.⁵ Esto puede resultar en un mejor rendimiento y un mayor ahorro de combustible en comparación con motores no optimizados.

¿Qué vehículos a gas propano se encuentran disponibles?

Existen vehículos livianos, medianos y pesados a gas propano, para diversos usos. Los vehículos a gas propano son ya sea dedicados o de combustible flexible. Se pueden adquirir vehículos a través de concesionarios de OEM, o convertir sus vehículos actuales en uso para que funcionen con gas propano (ver la sección siguiente).



La coalición Kentucky Clean Cities Partnership trabajó con el Parque Nacional Cueva Colosal para poner en servicio nuevos autobuses a gas propano para los recorridos de los visitantes. Encuentre más información sobre este y otros proyectos exitosos ingresando a afdc.energy.gov/case. Fotografía cortesía del Parque Nacional Cueva Colosal, NREL 25207

Ciertos OEM también ofrecen "paquetes de preparación" de propano que permiten a un instalador de sistemas o un modificador de vehículos calificado (QSR o QVM respectivamente, por sus siglas en inglés) instalar un sistema de suministro de gas propano antes de que el vehículo se le entregue al cliente.

Para encontrar vehículos livianos, medianos y pesados a propano y motores que funcionan con propano, consulte la Búsqueda de Vehículos del AFDC en afdc.energy.gov/afdc/vehicles/search o el sitio web del Consejo de Educación e Investigación de Propano (PERC) en propane.com/on-road-fleets/products-that-use-propane/.

¿Cómo puedo encontrar conversiones a gas propano fiables y homologadas?

Todos los sistemas de abastecimiento de gas propano deben estar certificados de acuerdo con las normas sobre emisiones de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) o la Junta de Recursos del Aire de California (CARB, por sus siglas en inglés). Para acceder a una lista de motores y sistemas de conversión de propano aprobados por la EPA, consulte el sitio web de la EPA epa.gov/otaq/con-sumer/fuels/altfuels/altfuels.htm y epa.gov/otaq/certdata.htm#lsi. Tenga en cuenta que, tal como aclara la EPA, la lista no comprende la totalidad de los

⁵ Comparación de Propiedades de Combustibles de la AFDC (afdc.energy.gov/fuels/fuel_properties.php)

mismos y puede haber conversiones certificadas que no aparezcan en la lista. La EPA agrega sistemas de conversión a pedido del fabricante del sistema y aconseja verificar la lista de actualizaciones en forma periódica. Los clientes deben pedir y controlar el certificado de la EPA o la CARB que posea el fabricante.

Los fabricantes de sistemas pueden realizar la conversión ellos mismos o trabajar en estrecha colaboración con un QSR/VCM, también llamado "montador" o "instalador". Un QSR/QVM bien calificado habrá establecido procedimientos, mejores prácticas y capacitación técnica para el proceso de instalación. Es importante comprender estos aspectos y solicitar la revisión de la documentación sobre las prácticas de conversión, los procedimientos y la capacitación de los instaladores al considerar cualquier equipo y servicio de conversión. Para obtener más información, consulte la página sobre Conversiones de Vehículos a Gas Propano de la AFDC ingresando a afdc.energy.gov/vehicles/propane_conversions.html.

Los coordinadores de Clean Cities pueden ayudar a redactar solicitudes de propuesta (RFP, por sus siglas en inglés) que aseguren una instalación de calidad. Clean Cities también proporciona asistencia técnica para ayudar a las flotas a garantizar el control de calidad en vehículos convertidos.

¿Cuánto cuestan los vehículos a gas propano?

Si bien que el precio de compra inicial de los vehículos a gas propano puede ser de varios miles de dólares más que el de los vehículos convencionales comparables a combustible, los vehículos a gas propano pueden proporcionar una recuperación de la inversión aceptable (ROI, por sus siglas en inglés). La conversión de un vehículo liviano puede costar tan poco como \$ 6.000, mientras que un vehículo a gas propano nuevo puede tener un costo progresivo de \$ 15.000 o más. La excepción son los nuevos autobuses escolares a gas propano, cuyo precio es comparable al de los nuevos autobuses diésel. Los administradores de flotas deben tener en cuenta los costos de la infraestructura de repostaje si en la actualidad no tienen acceso a sitios de repostaje de gas propano (ver a la derecha), así como el costo potencial de las mejoras que puedan ser necesarias en sus instalaciones de mantenimiento.

Hoy en día, muchos estados ofrecen incentivos y créditos fiscales que reducen el costo de los vehículos a gas propano y la infraestructura necesaria, y acortan la duración del período que debe transcurrir para recuperar la inversión. Para obtener la información más reciente sobre estos tipos de incentivos y créditos fiscales, visite la sección Leyes e Incentivos Federales y Estatales de la AFDC ingresando a afdc.energy.gov/laws. También puede contactarse con su coordinador de Clean Cities para obtener más información acerca de otros incentivos locales y créditos fiscales que puedan estar disponibles.

Gracias a que se gasta menos dinero en combustible, el dinero invertido en el pago inicial de los vehículos y la infraestructura puede recuperarse relativamente rápido, debido a que hacer circular el vehículo conlleva un menor costo por milla. Para obtener ayuda para determinar el ROI, utilice la herramienta Transporte Económico y Ecológico: Ciclo de Vida del Combustible Alternativo (AFLEET, por sus siglas en inglés) (greet.es.anl.gov/afleet). La misma ayuda a calcular el uso de petróleo, las emisiones y el costo de poseer vehículos livianos y pesados en función de la utilización de una amplia variedad de combustibles.

También se han informado menores costos de mantenimiento, en particular en el caso de vehículos de alto kilometraje. Además, las características de baja contaminación por aceite y baja producción de dióxido de carbono del gas propano pueden favorecer una mayor vida útil del motor.⁶

¿Es fácil repostar un vehículo a gas propano?

Repostar vehículo a gas propano es similar a repostar un vehículo convencional y lleva aproximadamente la misma cantidad de tiempo. Existen problemas mínimos en cuanto a derrames y contaminación del suelo porque el combustible se suministra a través de un conjunto sellado de conector y manguera de abastecimiento. Sin embargo, al igual que con todos los vehículos, se deben tomar precauciones de seguridad adecuadas (como por ejemplo, no fumar) al cargar combustible.

Debido a que se requiere un cierto entrenamiento, el propano sólo puede suministrado por un empleado calificado en una estación pública (similar a un surtidor de gasolina o diésel completo). Del mismo modo, los conductores o empleados de atención al público necesitarán algún tipo de capacitación para utilizar surtidores privados.

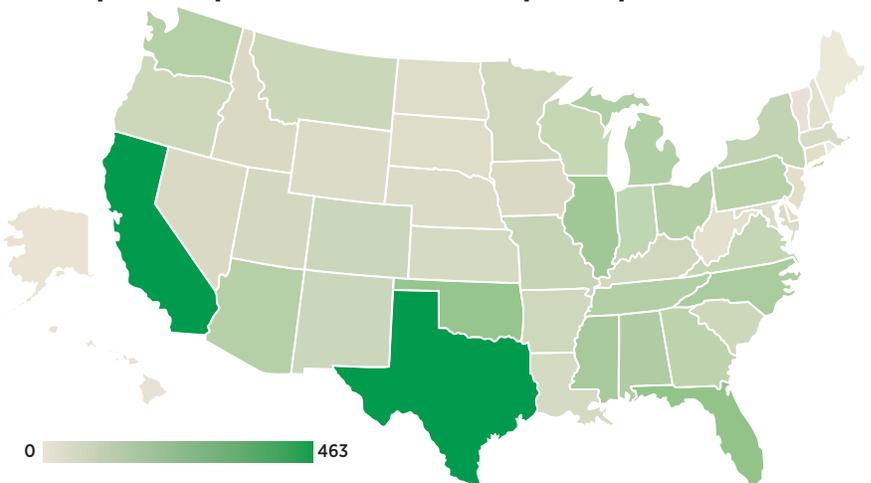
¿Cuánto cuesta el propano y en qué lugares se encuentra disponible?

El precio del propano generalmente es más bajo que el de la gasolina o el diésel. Sin embargo, los administradores de flotas deben considerar bien sus opciones al establecer sitios de abastecimiento de combustible privados o utilizar lugares públicos.

- **Estaciones de Servicio Públicas.** Hay más de 3.400 estaciones que dispensan gas propano en los Estados Unidos. Para encontrar estaciones en su área, visite el Localizador de Estaciones de Servicio con Combustibles Alternativos, o descargue la aplicación del Localizador de Estaciones para su teléfono celular ingresando al sitio web de la AFDC afdc.energy.gov/stations. Al utilizar el Localizador de Estaciones, puede ampliar su búsqueda para incluir las estaciones con "capacidades limitadas de abastecimiento de combustible para vehículos específicos". Mientras que muchas estaciones poseen infraestructura para el abastecimiento

⁶ AFDC, Vehículos a Gas Propano (afdc.energy.gov/vehicles/propane.html)

Emplazamientos de Estaciones de Servicio Públicas que Proporcionan Gas Propano por Estado



Miles de estaciones de repostaje en todo el país proporcionan gas propano, también conocido como GLP. Para ubicar las estaciones de gas propano que se encuentran cerca de una dirección o ciudad específica, utilice el Localizador de Estaciones de Servicio con Combustibles Alternativos (afdc.energy.gov/locator/stations/). Fuente: Datos del Localizador de Estaciones de Servicio con Combustibles Alternativos de la AFDC

de vehículos dedicados (o directamente fabricados con estas características), estas estaciones no. Para obtener el mejor precio posible en estaciones de servicio públicas, los administradores de flotas deben negociar precios competitivos. Al utilizar las estaciones sin un acuerdo previo de este tipo, es posible que haya que pagar precios más altos.

- **Estaciones de servicio privadas.** El precio del propano normalmente se basa en la cantidad que consume una flota. Los vendedores de propano locales están presentes en casi todas las comunidades de Estados Unidos. Además de proporcionar combustible, pueden aportar su experiencia para colocar infraestructura privada de abastecimiento de combustible. Un coordinador local de Clean Cities también puede brindar asistencia para colocar la infraestructura. Es importante consultar con varios proveedores locales de combustible y realizar un contrato de repostaje que garantice el abastecimiento de combustible a un precio fijo, independientemente de las fluctuaciones estacionales en los precios de los productos básicos o el suministro.

Para obtener información actualizada sobre los precios de combustible al por menor, consulte el Informe de Clean Cities sobre Precios de Combustibles Alternativos (afdc.energy.gov/fuels/prices.html). Este informe proporciona los precios minoristas promedio a nivel regional, tanto en estaciones públicas como privadas, por lo que posiblemente pueda servir como barómetro para los precios minoristas del combustible en su área.

¿Cuánto cuesta instalar una estación de repostaje de gas propano?

La infraestructura para el abastecimiento de gas propano es muy similar a la que se necesita para repostar gasolina y diésel. El combustible se almacena en el lugar, por lo general en tanques en el suelo que poseen desde 1.000 a 30.000 galones.⁷

El costo derivado de colocar infraestructura para el propano normalmente oscila entre \$ 45.000 y \$ 300.000, dependiendo del tamaño y la cantidad de tanques de almacenamiento y



Los costos de mantenimiento más bajos son una de las razones principales por las que el propano ha ganado popularidad para vehículos de alto consumo, tales como autobuses escolares. Foto de MotorWeek/ Televisión Pública de Maryland, NREL 17180

dispensadores, de si la infraestructura ya existe en el sitio (por ejemplo, líneas eléctricas), y de los requisitos del sistema de pago.⁸

Sin embargo, los vendedores locales de propano a menudo proporcionan nuevas infraestructuras de abastecimiento de combustible a bajo costo o a costo cero para los clientes que poseen un contrato de suministro de combustible. Tenga en cuenta que toda la infraestructura debe cumplir con los códigos y normas locales, y la participación de la AHJ local es importante desde el principio del proceso. Los costos de infraestructura están documentados en el informe *Costos Asociados con Infraestructura de Abastecimiento de Combustible para Vehículos a Gas Propano* (afdc.energy.gov/uploads/publication/pagropane_costs.pdf).

¿Cómo se comparan las emisiones de vehículos a gas propano con las de los vehículos a gasolina?

Debido a que las regulaciones sobre emisiones son cada vez más estrictas, todos los vehículos nuevos ahora están equipados con sistemas de control de emisiones muy eficaces y deben cumplir las mismas normas. En consecuencia, las emisiones del tubo de escape de los vehículos a gas propano son comparables a

las de los vehículos a gasolina y diésel que se encuentran equipados con controles de emisiones modernos. No obstante, de acuerdo con el modelo GREET, del Laboratorio Nacional de Argonne (greet.es.anl.gov), los vehículos que funcionan con gas propano reducen las emisiones de gases de efecto invernadero en casi un 10%.

¿Dónde puedo encontrar más información acerca del propano?

Para obtener más información sobre el gas propano como combustible para medios de transporte, visite la sección Vehículos a Gas Propano y el Propano como Combustible, de la AFDC (afdc.energy.gov/fuels/propane.html), contáctese con su coordinador local de Clean Cities (cleancities.energy.gov/coalitions.html), o visite el sitio web de PERC (propane.com). Para acceder a estudios de caso y casos exitosos sobre vehículos a gas propano, consulte la página de Estudios de Caso de la AFDC ingresando a (afdc.energy.gov/case).

^{7,8} New West Technologies y el Laboratorio Nacional de Energías Renovables, *Costos Asociados con Infraestructuras para el Abastecimiento de Vehículos a Gas Propano*, Agosto de 2014 (afdc.energy.gov/uploads/publication/propane_costs.pdf)

U.S. DEPARTMENT OF
ENERGY

Energy Efficiency &
Renewable Energy

Servicio de Respuesta Técnica de Clean Cities
800-254-6735 • technicalresponse@icfi.com

Para ver esta y otras publicaciones de Clean Cities en línea, visite cleancities.energy.gov/publications.

DOE/GO-102016-4898 • Agosto 2016

Preparado por el Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL), un laboratorio nacional del Departamento de Energía de los Estados Unidos, Oficina de Eficiencia Energética y Energías Renovables; el NREL es operado por la Alliance for Sustainable Energy, LLC.