

# Conversión vehicular y limpieza del aire en el Centro Histórico de Trujillo<sup>1</sup>

Jorge Zegarra, Félix Sulén y Lily Bautista – Universidad Nacional de Trujillo



Solo cuando la conversión esté bien hecha y el vehículo reciba un adecuado mantenimiento se logrará disminuir realmente la contaminación del aire.

En los últimos años, la tasa de incremento del parque vehicular en la ciudad de Trujillo ha sido mayor que la tasa de crecimiento poblacional. En consecuencia, para los habitantes de Trujillo la contaminación del aire ha aumentado. En el Centro Histórico de Trujillo algunos contaminantes vehiculares como las emisiones de material particulado sobrepasan ya los estándares nacionales e internacionales. Frente a este panorama, la adopción de medidas de control, como las restricciones de ingreso al Centro Histórico, han sido útiles pero no suficientes.

Este estudio propone una alternativa no exclusiva, que consiste en incentivar las conversiones de vehículos gasolineros al sistema dual de gasolina y Gas Licuado de Petróleo (GLP). En condiciones óptimas, los vehículos a GLP emiten menos contaminantes al aire que los vehículos a gasolina. Además en el actual contexto del Perú, la conversión a GLP es una buena alternativa para las principales ciudades alejadas de la ciudad de Lima.

1/ Resumen del documento "Determinantes de la conversión de vehículos a Gas Licuado de Petróleo (GLP) y el diseño de políticas de limpieza del aire en el Centro Histórico de Trujillo", desarrollado en el marco del Concurso de Investigaciones CIES ACIDI-IDRC 2005.

## ***Población, vehículos, contaminación y Gas Licuado de Petróleo (GLP)***

### ***Evolución del parque vehicular y de la población en La Libertad***

En los últimos años el parque automotor de las principales ciudades del país se ha ido incrementado significativamente por el incremento poblacional, la migración, y las mayores necesidades y facilidades para adquirir vehículos. Este incremento ha generado bienestar pero también mayor emisión de contaminantes en el aire, sobre todo en la parte central de las principales ciudades del país. En la ciudad de Trujillo, la emisión se agrava si se tiene en cuenta el mantenimiento inadecuado que dan muchos dueños a sus vehículos, la estrechez de las calles del Centro Histórico y la antigüedad de gran parte de la flota vehicular.

Por otro lado, la mayor parte de vehículos en Trujillo usan combustibles altamente contaminantes como son las diversas gasolinas y el diesel 2; pocos usan el Gas Licuado de Petróleo, GLP. De los 64.439 vehículos que constituía la flota de La Libertad a finales del año 2005, solamente alrededor de 2.000 operaban a GLP. Esta es una cifra muy modesta, pero afortunadamente en años recientes la cantidad de convertidos va en aumento.

La cantidad de convertidos puede aumentar todavía más con políticas de incentivos a las conversiones. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que solo cuando la conversión esté bien hecha y el vehículo reciba un adecuado mantenimiento, se logrará disminuir realmente la contaminación del aire del Centro Histórico de Trujillo.

*«Este estudio propone una alternativa no exclusiva, que consiste en incentivar las conversiones de vehículos gasolineros al sistema dual de gasolina y Gas Licuado de Petróleo (GLP)»*

El parque vehicular, que constituye la población para este estudio, es la flota de la provincia de Trujillo, la cual es calculada a partir de la flota de automóviles y de camionetas no rurales de La Libertad. La provincia de Trujillo posee aproximadamente el 80% de toda la flota de La Libertad, lo que, de acuerdo a esta estimación, alcanzaría los 41.241 vehículos. Este estudio se limita a automóviles y a camionetas no rurales. Por consiguiente, obtenemos la cifra neta de 27.806 vehículos repartidos en las cuatro clases analizadas (automóviles, camionetas panel, camionetas pick up y camionetas station wagon).

Finalmente, la población vehicular, objeto preciso de este estudio, no está constituida por todos los dueños de los 27.806 vehículos de Trujillo, sino solamente por los vehículos no petroleros cuyos dueños poseen un solo vehículo. El total definitivo de vehículos asciende a 7.808. En otras palabras, este estudio analizó el comportamiento relacionado con la conversión de los dueños de un automóvil o de una camioneta no rural de la provincia de Trujillo, sin contar a los dueños de vehículos petroleros ni a los de flotas.

## Niveles de contaminación en Trujillo y el impacto del GLP en el medio ambiente

En Trujillo la contaminación del aire ha afectado principalmente su Centro Histórico. En este espacio

*«En Trujillo la contaminación del aire ha afectado principalmente su Centro Histórico»*

los vehículos, especialmente los taxis, emiten diariamente monóxido y dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos como los compuestos orgánicos volátiles, material particulado, plomo, azufre y otros tóxicos. Estas emisiones afectan la salud de las personas y el medio ambiente en general.



Foto UNT

*Especialmente los taxis emiten diariamente monóxido y dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos como los compuestos orgánicos volátiles, material particulado, plomo, azufre y otros tóxicos.*

### Cuadro 1

Concentración de compuestos en la atmósfera limpia y en la contaminada con su tiempo de residencia (Mediciones: ppb, g/m<sup>3</sup> y mg/m<sup>3</sup>)

Elemento	Limpio	Contaminado	Tiempo de residencia
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )*	320.000ppb	> 400.000 ppb	N.A.
Metano (CH <sub>4</sub> )	1.500 ppb	2.500 ppb	8 – 10 años
Oxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	300 ppb	> 1.000 ppb	10 – 150 años
Monóxido de carbono (CO)	120 ppb	1.000 –10.000 ppb	65 días
Ozono (O <sub>3</sub> )	20 – 80 ppb	100 – 500	N.A.
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	0,1 – 1ppb	50 – 250 ppb	1 día
Oxido nítrico (NO)	0,01 – 0,6 ppb	50 – 750 ppb	1 día
Dióxido de azufre (Sox)	0,2 – 10 ppb	20 – 200ppb	40 días
Partículas (PM)	<100g/m <sup>3</sup>	< 100g/m <sup>3</sup>	N.A.
Plomo (Pb)	0,005 mg/m <sup>3</sup>	0,5 – 3 mg/m <sup>3</sup>	N.A.

\* El dióxido de carbono daña la parte alta de la estratósfera, como lo hace también el metano y el óxido nitroso. Fuente: elaboración del autor en base a información de Gerald Kiely: *Ingeniería Ambiental*, págs. 134 y 456.

Las cantidades ideales de los elementos del aire puro contrastan con las cantidades del aire contaminado. En el cuadro 1 se presenta la concentración de compuestos en promedio en aire limpio y contaminado, así como el tiempo que permanecen en promedio estos elementos en la atmósfera.

El mayor responsable de la contaminación del aire en Trujillo, según los elementos del cuadro 1, es el tráfico vehicular. Aunque algunos elementos tóxicos desaparecen en pocos días, la emisión diaria de contaminantes hace imposible su desaparición completa de la atmósfera respirable (troposfera).

Estrechamente relacionado al concepto de aire contaminado se encuentra el concepto de estándar. Los estándares determinan las cantidades máximas a

*«El mayor responsable de la contaminación del aire en Trujillo [...] es el tráfico vehicular. Aunque algunos elementos tóxicos desaparecen en pocos días, la emisión diaria de contaminantes hace imposible su desaparición completa de la atmósfera respirable (troposfera)»*



Foto UNT

Los vehículos a GLP reducen aproximadamente en 25% las emisiones de monóxido de carbono, de dióxido de carbono y de material particulado en relación a los vehículos gasolineros

las que puede estar expuesto un ser humano en un tiempo dado sin deteriorar su salud. Los estándares se expresan en cantidades seguras medidas en microgramos por metro cúbico,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , y en un tiempo de exposición más allá del cual las cantidades seguras resultan peligrosas para el ser humano. En el cuadro 2 se presenta un promedio de los estándares internacionales de la calidad del aire para tres estados equivalentes, cada uno con sus respectivos tiempos de exposición y cantidades en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En Trujillo se ha medido la calidad del aire en tres oportunidades. Estas mediciones sirven para poder

## Cuadro 2

Estándares internacionales de la calidad del aire Tiempo medio de exposición y cantidades seguras (Mediciones:  $\text{mg}/\text{m}^3$  y tiempo)

Contaminante	Equivalente 1		Equivalente 2		Equivalente 3	
	tiempo	$\text{mg}/\text{m}^3$	tiempo	$\text{mg}/\text{m}^3$	tiempo	$\text{mg}/\text{m}^3$
Monóxido de carbono (CO)	1/2 hora	60.000	1 hora	30.000	8 horas	10.000
Ozono ( $\text{O}_3$ )	1 hora	200	24 horas	65	100 días	60
Dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ )	1 hora	400	24 horas	150	1 año	100
Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ )	1 hora	400	24 horas	150	1 año	50
Hidrocarburos (COV)*	3 horas	160	...	...	...	...
Partículas (PM-10)	...	...	24 horas	125	1 año	50
Partículas totales en suspensión (PTS)	...	...	24 horas	260	1 año	75
Plomo (Pb)	1 mes	1,50	3 meses	1	1 año	0,50

\* No incluye el metano ( $\text{CH}_4$ ).

Fuente: Elaboración del autor en base a Gerald Kiely: Ingeniería Ambiental. Pág 459. Elaboración propia.

### Cuadro 3

Calidad del aire en la ciudad de Trujillo para los años 1997, 2002 y 2003.

Año	Puntos de muestreo	Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ) mg/m <sup>3</sup>	Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) mg/m <sup>3</sup>	Partículas totales suspendidas (PTS) mg/m <sup>3</sup>	Partículas 10 micras diámetro (PM-10)	Partículas 2.5 micras diámetro (PM-2.5) mg/m <sup>3</sup>	Plomo (Pb) mg/m <sup>3</sup>
1997	Hospital Belén	0,01	50,30	110,58	-	-	0,43
	Compañía de Bomberos	0,01	48,20	71,92	-	-	0,07
	Colegio Químico Farmacéutico	0,02	211,76	224,27	-	-	0,23
	Farmacia Maritana	0,00	29,52	140,37	-	-	0,06
	Autopista Salaverry Km. 3.6	0,00	3,99	-	-	-	-
	Vivienda (Av. Teodorp Varcарcel s/n Cd. 11)	-	-	-	-	-	0,21
2002	SATT	14,48	13,19	119,49	94,12	36,42	-
	Vivienda (Av. 28 De Julio 273-CP Villa del Mar)	11,89	10,29	162,78	-	35,68	-
	Red de Salud, Trujillo	13,37	30,53	243,80	-	37,12	-
	CS. Vista Alegre	9,12	10,24	136,92	-	24,47	-
2003	Red de Salud	5,05	2,64	168,44	-	49,66	-
	SATT	5,26	2,89	78,98	-	15,00	-
	C.S. Vista Alegre	3,36	0,90	103,42	-	28,45	-
	Concejo Menor Villa del Mar	4,52	1,86	127,08	-	25,87	-
	Hospital Belén	3,01	2,21	95,19	-	17,68	-

Fuente: Elaboración del autor en base a DIGESA, Gesta Zonal de Trujillo, PRAL – Trujillo.

*«Las conversiones de automóviles y de camionetas no rurales son un medio para reducir parte de la contaminación. Los vehículos a GLP reducen aproximadamente en 25% las emisiones de monóxido de carbono, de dióxido de carbono y de material particulado en relación a los vehículos gasolineros y no arrojan partículas de plomo ni azufre»*

compararlas con los estándares. El cuadro 3, elaborado en base a datos de Gesta Zonal – Trujillo, presenta los resultados de las mediciones.

Comparando las cifras obtenidas en la ciudad de Trujillo con los estándares internacionales de 24 horas de exposición del cuadro 2, se encuentra que en Trujillo las partículas totales suspendidas (PTS) se encuentran en el límite de tolerancia. Estas PTS se asocian a enfermedades y a dificultades respiratorias. Asimismo, según los estándares internacionales y nacionales, la emisión de óxidos nitrosos, de óxidos de carbono y de compuestos orgánicos volátiles (hidrocarburos) del cuadro 3 no es excesiva. Pero dado que la última medición de Gesta Zonal del Aire – Trujillo fue en el año 2003, es posible que actualmente algunas emisiones en horas punta estén excediendo los estándares internacionales.

En resumen, las conversiones de automóviles y de camionetas no rurales son un medio para reducir parte de la contaminación. Los vehículos a GLP reducen aproximadamente en 25% las emisiones de monóxido de carbono, de dióxido de carbono y

*«La falla del sistema, que consiste en producir contaminación excesiva, es una forma de externalidad negativa»*

de material particulado en relación a los vehículos gasolineros y no arrojan partículas de plomo ni azufre. Aunque las emisiones de óxidos de nitrógeno y de compuestos orgánicos volátiles aumentan, el GLP reduce las emisiones que más afectan a la salud y se encuentran en mayor proporción en la atmósfera contaminada.

### **Externalidades, inversión en conversión y mercado de combustibles**

Se ha considerado como referencias teóricas los modelos generales de las fallas del mercado bajo la forma de externalidades negativas, la teoría de la inversión financiera y el análisis del mercado de combustibles.

#### Externalidades negativas

El transporte dentro de las ciudades es una actividad en la que intervienen básicamente los dueños de vehículos, el aire limpio y el Estado. El gobierno se encarga de proveer y mantener la infraestructura vial y normar el tráfico. Los dueños alimentan sus vehículos comprando combustibles fósiles. Al quemarse estos combustibles para ser transformados en

energía motriz, se toma de forma gratuita oxígeno del aire para la mezcla de combustión adecuada. Luego también en forma gratuita se arrojan tóxicos al aire como subproductos de la combustión. El resultado es aire contaminado en las ciudades en mayor o menor grado.

En la literatura económica el aire puro se considera un bien público y libre. El daño que causan al aire los dueños de vehículos afecta a todos los demás. Este daño no se valora ni forma parte de los costos del transporte. Si los transportistas fueran obligados a tomar en cuenta el daño causado al aire como un costo de transporte, ciertamente habría menos servicios de transporte, pero tendríamos aire más puro. Tanto el aire puro como los servicios de transporte son bienes escasos y deseados. Sin embargo, el sistema de mercado tiende naturalmente a producir más servicios de transporte y menos aire puro que el socialmente deseado.

La falla del sistema, que consiste en producir contaminación excesiva, es una forma de externalidad negativa. Cuanto más tóxicos tenga el aire como producto de la contaminación, se obtendrá mayor cantidad de este tipo de externalidad negativa y más trabajo requerirá su limpieza. Como el aire es un recurso no apropiable y pertenece a toda la población, el Estado debe encargarse de la reducción del daño causado al aire por el transporte urbano. Las políticas de limpieza del aire administradas en forma eficiente y adecuada pueden reducir la contaminación y sus consecuencias, como son los diversos tipos de morbilidad y hasta las muertes prematuras.

El mercado no permite asignar los costos de las externalidades a las unidades que lo producen por fallas en los derechos de propiedad. Se supone que el aire puro es de toda la población, pero no está claramente definido si los peatones tienen derecho a

*«El mercado no permite asignar los costos de las externalidades a las unidades que lo producen por fallas en los derechos de propiedad. [...] no está claramente definido si los peatones tienen derecho a respirar todo el aire puro o si los dueños de vehículos tienen derecho a contaminar parte del aire»*



El transporte dentro de las ciudades es una actividad en la que intervienen básicamente los dueños de vehículos, el aire limpio y el Estado.

*«Tanto la conversión como las medidas de mando y de control tienen por finalidad reducir la contaminación, permitiendo llegar al óptimo social – el punto en el que el beneficio social iguala al costo de reducción»*

respirar todo el aire puro o si los dueños de vehículos tienen derecho a contaminar parte del aire. Por consiguiente, los niveles óptimos de provisión de servicios de transporte son mayores que lo deseable desde el punto de vista social y bajo cualquier régimen de competencia. Existen dos formas de disminuir la contaminación y acercarse al óptimo social: reduciendo la provisión del servicio de transporte y/o con innovaciones tecnológicas como la conversión de vehículos gasolineros a GLP.

La política de limpieza se diseñan para reducir la contaminación del aire y emplean varios tipos de instrumentos, entre ellos: a) los instrumentos de mando y de control, b) los instrumentos orientados al mercado, c) la política de educación y de difusión de información ambiental y d) las medidas de promoción financiera.

Las medidas de mando y de control son regulaciones directas mediante las que se ordena a las empresas reducir las emisiones en una cantidad determinada y en un lapso determinado. Los instrumentos de mercado están constituidos básicamente por los impuestos a la contaminación y por los permisos de emisión negociables. La información ambiental sensibiliza a la población y crea presión social para reducir la contaminación, pero sus efectos son a mediano y a largo plazo. Finalmente, se puede usar el financiamiento para dirigirlo hacia la reducción de las emisiones. Subvenciones, crédito blando e incentivos fiscales pueden emplearse para comprar vehículos nuevos menos contaminantes y para financiar la conversión a gas de los existentes. Aunque la contaminación del aire de fuentes fijas ha sido recientemente regulada con instrumentos orientados al mercado con cierto éxito, la contaminación de fuentes móviles ha sido regulada básicamente con medidas de mando y de control. Sin embargo, estas medidas no son bien aceptadas por los dueños de vehículos porque tienden a reducir el servicio de transporte y, a veces, el tamaño de la flota. En efecto, las cuotas, las licencias, las revisiones técnicas, la prohibición de la circula-



Foto UNT

*La conversión al sistema dual (gasolina-GLP) reduce la contaminación sin disminuir el servicio ni el tamaño de la flota.*

ción, la restricción del acceso a los lugares más contaminados, la limitación de los permisos del ejercicio de taxis y otras medidas similares han sido siempre rechazadas e incumplidas por los dueños de vehículos, especialmente de taxis.

A diferencia de los cuatro instrumentos de política mencionados, la conversión al sistema dual (gasolina-GLP) reduce la contaminación sin disminuir ni el servicio ni el tamaño de la flota. La conversión puede contemplarse como una forma de cumplir con las medidas de control y de mando.

Tanto la conversión como las medidas de mando y de control tienen por finalidad reducir la contaminación, permitiendo llegar al óptimo social –el punto en el que el beneficio social iguala al costo de reducción. Por consiguiente, ambas acciones se pueden considerar sustitutas y complementarias a la vez. Son sustitutas porque una determinada reducción se puede llevar a cabo con instrumentos de mando y de control, o con conversiones. Son complementarias porque las conversiones no son suficientes para llegar al óptimo social. El punto de vista de este estudio es incentivar las conversiones hasta donde

*«El punto de vista de este estudio es incentivar las conversiones hasta donde sea posible y luego recomendar que las autoridades apliquen instrumentos de mando y de control para completar el camino al óptimo social»*



En el proceso de conversión, la inversión en equipos asciende a S/. 2.000.

sea posible y luego recomendar que las autoridades apliquen instrumentos de mando y de control para completar el camino al óptimo social.

Aplicar solo instrumentos de mando y de control generaría conflicto social. No es fácil reducir este problema. Una forma podría ser restringir el acceso al centro de la ciudad exclusivamente a los vehículos que más contaminan en base a inspección ocular. Pero la subjetividad de esta medida puede inducir a las autoridades a optar por revisiones técnicas objetivas. Ya sabemos que las revisiones no son muy populares porque los dueños de vehículos tienen que afrontar el costo de la revisión y las reparaciones necesarias. En parte se puede aliviar este desembolso diseñando medidas de apoyo financiero a los dueños de vehículos, de tal manera que puedan dar mantenimiento frecuente a sus vehículos y afrontar las reparaciones cuando sean necesarias.

Frente a este panorama, las conversiones se presentan como una forma de reducir la contaminación sin crear conflicto social y con ganancia privada. En efecto, el proceso de convertir un vehículo gasolinero al sistema dual es una inversión rentable porque genera beneficios futuros mayores al gasto inicial.

Sin embargo, es posible que la rentabilidad de la conversión no sea suficiente para llevarla a cabo y

*«El proceso de convertir un vehículo gasolinero al sistema dual es una inversión rentable porque genera beneficios futuros mayores al gasto inicial»*

*«Sin embargo, es posible que la rentabilidad de la conversión no sea suficiente para llevarla a cabo y deba complementarse con el deseo de contaminar menos el aire»*

deba complementarse con el deseo de contaminar menos el aire. Si los dueños de los vehículos gasolineros son conscientes del daño ambiental que causan, esta reflexión puede constituirse en un motivo adicional que los induzca a tomar la decisión de conversión.

En resumen, los dueños de vehículos no toman en cuenta el daño que generan las emisiones tóxicas del transporte, lo que aumenta cada vez más la contaminación. La reducción de la contaminación del aire se puede obtener con medidas de control y de mando y/o con un cambio tecnológico específico como es la conversión de vehículos al sistema dual. El principal motivador de la conversión es su propia rentabilidad, pero los dueños de vehículos requieren más incentivos. La ciudadanía está tomando cada vez más conciencia del problema de la contaminación del aire de las ciudades. Esta nueva actitud puede reforzar la decisión de conversión entre los dueños de vehículos gasolineros.

## Inversión en conversión

La teoría de la inversión permite explicar en parte el comportamiento de los dueños que convierten sus vehículos. Esta teoría es pertinente porque la conversión de vehículos al sistema dual es una inversión.

La teoría establece que un gasto de inversión se llevará a cabo si los rendimientos futuros traídos al presente exceden al desembolso inicial. La inversión en el proceso de conversión de vehículos gasolineros a duales es el gasto inicial. El proceso será rentable si sus ingresos futuros, bajo la forma de ahorro en el gasto de combustible u otros, son mayores que la inversión inicial.

En el proceso de conversión, la inversión en equipos asciende a S/. 2.000. Si a esta cantidad se agregan posibles reparaciones previas que pudiera requerir el vehículo por un monto promedio de S/. 500, además de los gastos de trámites de certificación y de cambio de tarjeta de propiedad, calculados en

otros S/. 500, la inversión completa podría llegar a la cifra de S/. 3.000. Ahora bien, el ahorro anual en combustible para un taxista que emplea cinco galones de combustible diarios asciende a S/. 4.800, a los precios actuales, mientras que el dueño de un vehículo particular, que usa dos galones diarios, ahorra al año solamente S/. 1.920. A estas cantidades hay que restarle la depreciación anual del equipo instalado de S/. 250. Asimismo, se descuentan S/. 300 anuales por concepto de mantenimiento del kit instalado. Este gasto garantiza la duración del equipo y certifica el ahorro en combustible estimado. De esta manera, los beneficios netos anuales serían S/. 4.250 (4.800 - 250 - 300) por ocho años para taxistas y S/. 1.370 (1.920 - 250 - 300) para particulares.

Los beneficios anuales de ambos grupos son trasladados al presente usando una tasa de interés del 60%, con lo que se obtienen los valores presentes de S/. 11.168 para taxistas y S/. 3.600 para particulares. Estas cantidades son mayores que los S/. 3.000 de inversión inicial. Se supone que los beneficios netos anuales de S/. 4.250 para taxistas y S/. 1.370 para particulares son cifras promedio. Su variación depende de las circunstancias de cada dueño y su vehículo. A más variación en los beneficios netos anuales, menos deseos de invertir experimentarán los dueños por la aversión al riesgo. Otro factor que podría reducir los beneficios es el cambio relativo en los precios de los combustibles, de tal forma que el precio del GLP se acerque al de la gasolina.

En definitiva, el principal motivador de la conversión de vehículos al sistema dual es el probable ahorro en el gasto en combustible. Sin embargo, existen aspectos del proceso que pueden retardar la conversión.

*«La falta de conocimiento, los temores sobre la seguridad del sistema GLP y sobre su abastecimiento oportuno y la restricción financiera mencionada pueden desanimar la decisión de conversión, aunque la operación en sí sea rentable»*

Uno de ellos es la asimetría de la información que poseen las personas que intervienen en la inversión. Esta deficiencia puede aliviarse con políticas de difusión de la tecnología GLP, con la presentación de los diferentes kits disponibles y su calidad, y con la certificación de los talleres que presten un servicio de calidad a la comunidad. Aquí los gobiernos e instituciones locales y la ciudadanía organizada juegan un rol importante para cubrir esta brecha de conocimiento.

Incluso si el dueño de un vehículo gasolinero conoce perfectamente la tecnología dual y no posee ningún tipo de temor al respecto, su conversión puede estar restringida por falta de liquidez. Es verdad que existe un sistema financiero de apoyo a las inversiones, pero el dueño del vehículo puede estar impedido de usarlo por diversos motivos. No todos tienen el mismo acceso al crédito. Esto quiere decir que no solo la rentabilidad promedio, el conocimiento de la tecnología dual y los temores asociados al uso del GLP influyen en la decisión de conversión, sino también el acceso a fuentes de financiamiento.

En resumen, la falta de conocimiento, los temores sobre la seguridad del sistema GLP y sobre su abastecimiento oportuno y la restricción financiera mencionada pueden desanimar la decisión de conversión, aunque la operación en sí sea rentable. Esto significa que la rentabilidad no es suficiente para explicar la conversión de vehículos al sistema dual, como veremos en detalle al tratar el tema de los modelos de conversión.

## El mercado de combustibles

La teoría microeconómica establece que cualquier agente económico enfrenta el mercado de los bienes y servicios que oferta y el mercado de los insumos que demanda. En el caso de la conversión a GLP, el mercado de combustibles, principal insumo de

Foto: UNT



El ahorro anual en combustible para un taxista que emplea cinco galones de combustible diarios asciende a S/. 4.800, mientras que el dueño de un vehículo particular, que usa dos galones diarios, ahorra al año solamente S/. 1.920.



*«Es muy probable que en el mediano plazo la relación entre el precio del GLP y los precios de las diversas gasolinas se mantenga estable porque el GLP tiene sustitutos con demanda creciente (GNC, etanol)»*

los vehículos, resulta importante para recuperar la inversión. Analizar la dinámica de ese mercado permite evaluar si el flujo de ingresos futuros podrá compensar la inversión inicial. En cualquier mercado el precio sube por contracción de la oferta y/o aumento de la demanda.

Es muy probable que en el mediano plazo la relación entre el precio del GLP y los precios de las diversas gasolinas se mantenga estable porque el GLP tiene sustitutos con demanda creciente (GNC, etanol). Por otro lado, el ahorro que se obtiene de usar GLP en lugar de gasolina garantiza la recuperación del capital invertido en conversión. Por estos motivos, la rentabilidad de la conversión está asegurada en el corto y en el mediano plazo.

### ***Variables, muestra y tratamiento de la información***

El marco teórico analizado ha permitido determinar las variables que explican la conversión de vehículos al sistema dual. Estas variables denominadas “determinantes” de la decisión de conversión

son: (i) el ahorro en combustible, (ii) el conocimiento de la tecnología GLP, (iii) el temor por la seguridad de los vehículos convertidos, (iv) el temor de no encontrar surtidores de GLP, (v) el acceso al crédito y (vi) el deseo de contaminar menos. Estas variables y otras de carácter socioeconómico guiaron el diseño, la recolección de datos y el análisis de la encuesta, así como, luego, la construcción de los modelos de conversión a GLP.

Además de los resultados de la encuesta, se hizo uso de información histórica sobre flota vehicular, población, precio de combustibles y contaminantes vehiculares. Esta información permitió definir el contexto social, económico y ambiental de este estudio.

### ***Resultados de las estimaciones***

Para este estudio se encuestó al azar a 509 dueños de vehículos divididos en dos grupos: 426 gasolineros y 83 duales. A cada grupo separado se preguntó sobre las condiciones de operación, motivos de conversión, financiamiento, mantenimiento y medio ambiente. Luego, a todos los encuestados se le preguntó sobre los determinantes de conversión postulados y sobre sus características personales (variables socioeconómicas). Después de realizar la encuesta, se tabularon las respuestas cruzándolas con la condición del vehículo gasolinero o dual. Esta técnica permitió encontrar los determinantes propuestos para los modelos y también encontrar otros determinantes de carácter secundario. La estimación de los modelos confirmó el resultado de las tabulaciones.

Con los datos tabulados de la encuesta se estimó y validó modelos de probabilidad de conversión: el Modelo Lineal de Probabilidad (MLP) simple, el MLP ponderado y el modelo Logit. Por sus características intrínsecas, el modelo Logit resultó apropiado para los fines propuestos. En los tres modelos, el conocimiento y los temores resultaron ser determinantes

*«El conocimiento y los temores resultaron ser determinantes significativas, mientras que el ahorro en combustible, el acceso al crédito y los motivos ecológicos mostraron una influencia muy débil en la decisión de conversión»*

Foto: CIES



Para este estudio se encuestó al azar a 509 dueños de vehículos divididos en dos grupos: 426 gasolineros y 83 duales.



El ahorro en combustible que genera el uso del GLP lo aprecian mejor los dueños con ingresos menores a S/. 1.500 mensual y con hijos menores a 18 años.

significativos, mientras que el ahorro en combustible, el acceso al crédito y los motivos ecológicos mostraron una influencia muy débil en la decisión de conversión. Más aún, en lugar del determinante principal denominado ahorro en combustible, aparecieron dos *proxies* del mismo, a saber, el ingreso de los dueños de vehículos y la edad de sus hijos.

En efecto, casi todos los dueños de vehículos conocen el ahorro que implica el uso de GLP en lugar de gasolina, pero solamente los dueños con ingresos bajos e hijos pequeños tienen al parecer mayor necesidad de ahorrar en combustible. Consecuentemente, estos últimos convierten sus vehículos en mayor proporción que los dueños con ingresos altos y sin hijos pequeños. Adicionalmente se encontró que el año de fabricación del vehículo y la edad del dueño influyeron también en la decisión de conversión. Los dueños más jóvenes y con vehículos más nuevos se convirtieron en mayor porcentaje que sus opuestos. Sin embargo, no se pudo ocultar que existió también un ligero porcentaje mayor de convertidos entre dueños en su etapa de adulto mayor y/o con vehículos muy antiguos.

El ahorro en combustible, que genera el uso del GLP, lo aprecian mejor los dueños con ingresos menores a S/. 1.500 mensual y con hijos menores a 18 años. Estas dos variables dicotómicas resultaron ser significativas como determinantes de la conversión. Posiblemente los dueños sin hijos menores y con ingresos altos no sienten urgencia de ahorrar en combustible. Y para inducirlos a convertirse es necesario presentarles la conversión como una operación con más ventajas privadas y sociales (ahorro en aceite y partes, mayor duración del motor, menor ruido y conciencia de ser respetuoso del medio ambiente...etc.).

*«El ahorro en combustible, que genera el uso del GLP, lo aprecian mejor los dueños con ingresos menores a S/. 1.500 mensual y con hijos menores a 18 años»*

Una vez estimado el modelo Logit, se simuló cambios en las probabilidades de conversión generados por políticas dirigidas a cambiar el valor de los determinantes. Como resultado de la simulación, se encontró que las políticas de difusión del conocimiento de la tecnología dual permiten disminuir los temores asociados a la seguridad de los vehículos convertidos y a la supuesta "escasez" de grifos surtidores de GLP. Además, las políticas de difusión ayudan a los dueños de vehículos a conocer mejor las propiedades técnicas y ambientales del GLP y a apreciar el sistema dual. Tanto el mayor conocimiento como el menor temor refuerzan las decisiones de conversión en el modelo.

Las medidas de difusión comprenden organizar talleres en los que se presente la conversión bien hecha como un cambio eficaz y útil para todos los vehículos gasolineros. Difusión también es emprender campañas de divulgación de la tecnología GLP y organizar a la ciudadanía y a las instituciones para apoyar la conversión de vehículos y otras medidas con efectos ecológicos benéficos.

### ***Discusión e implicancias de política***

Los cuatro instrumentos de limpieza del aire discutidos tienen que estar bien diseñados y coordinados. De esta manera pueden generar externalidades positivas. Por ejemplo, el tercer instrumento, la política de educación y de difusión de información ambiental, tiende a despertar entre las personas respeto a la naturaleza. En este estudio, la política de educación

*«Las políticas de difusión del conocimiento de la tecnología dual permiten disminuir los temores asociados a la seguridad de los vehículos convertidos y a la supuesta "escasez" de grifos surtidores de GLP»*



En el modelo, los dueños de edad intermedia (50-60 años) presentan un bajo porcentaje de conversión, aun con políticas de difusión.

y de difusión se ha usado más bien para incentivar las conversiones y mostrar la racionalidad de la decisión de invertir en la conversión y demostrar que no hay nada que temer si esta se realiza con estándares de calidad y si se da mantenimiento regular al vehículo convertido. En otras palabras, en condiciones óptimas la política de difusión logra cambiar favorablemente el valor de los determinantes dicotómicos del modelo y, como consecuencia, aumenta la probabilidad de conversión.

Por otro lado, la restricción financiera no resultó significativa en el modelo. Los dueños de vehículos convertidos usaron más bien ahorros propios, de familiares y de conocidos. En efecto, la encuesta muestra que la mitad de los dueños de vehículos gasolineros prefiere usar sus ahorros. Sin embargo, con la difusión de las ventajas del endeudamiento formal y con facilidades crediticias se puede reducir la aversión a endeudarse, especialmente de parte de los taxistas. Las facilidades crediticias comprenden promociones de crédito y reducción de intereses. Es necesario notar que muchos dueños no disponen de ahorros suficientes para la conversión.

En relación a los instrumentos de mando y de control, estos deben reinstalarse o seguir usándose para apoyar las conversiones y avanzar hacia el óptimo social. Instrumentos como la certificación de talleres de conversión y las revisiones técnicas de los vehículos garantizan la calidad de los equipos de conversión instalados y el mantenimiento regular que debe darse a los vehículos convertidos y no convertidos.

En el modelo, los dueños de edad intermedia (50-60 años) presentan un bajo porcentaje de conversión, aun con políticas de difusión. Para aumentar las conversiones de este segmento, se puede diseñar

*«La restricción financiera no resultó significativa en el modelo. Los dueños de vehículos convertidos usaron más bien ahorros propios, de familiares y de conocidos [...] la encuesta muestra que la mitad de los dueños de vehículos gasolineros prefiere usar sus ahorros»*

dos estrategias. Primero, presentar la conversión con kits de calidad como una mejora al vehículo en el sentido de que mantiene limpio el motor, aumenta su duración y no perjudica en nada el normal funcionamiento del mismo. Segundo, la Municipalidad Provincial de Trujillo puede difundir una cultura del productor y consumidor ecológico que permita crear actitudes positivas hacia el gas. Si la gente desarrolla preferencias por los vehículos duales y puede fácilmente identificarlos, los preferirá como taxis. Esta demanda aumentará la probabilidad de conversión, especialmente entre los taxistas de edad intermedia.

Otro segmento de baja conversión es el constituido por vehículos de antigüedad intermedia. Al igual que en el caso anterior, la difusión enfatizando los puntos fuertes de la conversión puede animarlos a reparar sus vehículos y convertirlos. Si el problema radica en la aversión a asumir riesgos, entonces la información objetiva del sistema y pronósticos confiables de los resultados reducen los riesgos. Además, conocer los daños a la salud que causan los vehículos gasolineros a la población podría animar a algunos dueños a tomar la decisión de conversión para no poner en riesgo su salud y la de los demás.

Respecto a las revisiones técnicas, es importante que se respeten los estándares de calidad, aunque impliquen un costo adicional para el organismo regulador. Las revisiones bien hechas reducen más la contaminación que las restricciones de acceso al centro de las ciudades. En general, todas las medidas

*«Los dueños de edad intermedia (50-60 años) presentan un bajo porcentaje de conversión, aun con políticas de difusión»*

*«Otro segmento de baja conversión es el constituido por vehículos de antigüedad intermedia»*

de mando y de control deben diseñarse dentro de un plan de ordenamiento del transporte público en las ciudades que esté acompañado de medidas de renovación y de mejoramiento de la flota.

Los instrumentos de mercado están integrados por los impuestos, los subsidios y los permisos negociables. De estos, los impuestos son los más efectivos para reducir la contaminación vehicular. Sin embargo, la aplicación de impuestos ecológicos a los combustibles debe ser gradual en condiciones de estabilidad de precios. Pero, si a largo plazo el precio del petró-

leo continúa subiendo, la inflación de los combustibles fósiles tendrá un efecto similar al del alza en los impuestos. De hecho, esta situación está ocurriendo y los gobiernos están dirigiendo su atención a sustitutos como el etanol y los biocombustibles, vistos como alternativas de corto plazo.

Las entidades financieras y en especial la Caja Trujillo pueden apoyar este proceso creando líneas de crédito especiales para la conversión de taxistas con el aval del Gobierno Local y Regional. Los dueños de vehículos gasolineros piden más facilidades y tasas de interés preferenciales. Este pedido está socialmente justificado porque la conversión contribuye a resolver parcialmente el problema de la contaminación del aire en Trujillo. La subvención bajo la forma de menores intereses se traduce en más aire puro para la ciudadanía.

El Estado no solo debe respaldar los créditos, sino también dar el ejemplo convirtiendo a duales todas sus unidades de transporte. Finalmente, sobre las deficiencias en los trabajos de conversión llevados a cabo en Trujillo, una forma de impedir las conversiones mal hechas en talleres informales es otorgar un certificado de idoneidad a los talleres que cumplan con las normas que exige Senati-Trujillo. Si se cuida la calidad de los equipos instalados y de la mano de obra usada en la conversión se aseguran los ahorros en combustible y la limpieza del medio ambiente. Esta recomendación junto con el cuidado del vehículo mediante un mantenimiento regular son necesarios para alcanzar los objetivos privados y sociales del cambio tecnológico a GLP.

Foto: CIES



*Los impuestos son los más efectivos para reducir la contaminación vehicular.*