

CONVERSIÓN DE VEHÍCULOS A GAS  
LICUADO DE PETRÓLEO Y LIMPIEZA DE AIRE  
EN EL CENTRO DE TRUJILLO



Investigaciones  
Breves 30

CONVERSIÓN DE VEHÍCULOS  
A GAS LICUADO DE PETRÓLEO  
Y LIMPIEZA DE AIRE EN EL  
CENTRO DE TRUJILLO

Jorge Zegarra  
Félix Sulén  
Lily Bautista



CIES  
consorcio de investigación  
económica y social



Universidad Nacional de Trujillo

- © Jorge Zegarra  
Félix Sulén  
Lily Bautista
  
- © Consorcio de Investigación Económica y Social, CIES  
Antero Aspíllaga 584, El Olivar, Lima 27, Perú  
Telefax [51-1] 421-2278  
<www.cies.org.pe>
  
- © Universidad Nacional de Trujillo, UNT  
Almagro 396, Trujillo  
Teléfono [51-44] 22-2409  
<www.unitru.edu.pe>

Primera edición: Lima, enero de 2009  
Edición y corrección de estilo: Armando Bustamante Petit  
Arte de carátula: Julissa Soriano  
Impreso por Ediciones Nova Print S.A.C.

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.º 2009-01196  
ISBN 978-9972-804-86-1

El Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES) está conformado por 42 instituciones de investigación o docencia y cuenta con el auspicio de la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (ACDI), el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC) y otras fuentes de cooperación.

El CIES y la Universidad Nacional de Trujillo no comparten necesariamente las opiniones vertidas en el presente libro, que son responsabilidad exclusiva de sus autores.

# Contenido

GLOSARIO DE TÉRMINOS	9
ABREVIATURAS FRECUENTES	21
PRESENTACIÓN	23
RESUMEN EJECUTIVO	25
INTRODUCCIÓN	29
CAPÍTULO 1	
POBLACIÓN, VEHÍCULOS, CONTAMINACIÓN Y GAS LICUADO DE PETRÓLEO	33
1.1 Evolución del parque vehicular y de la población	33
1.2 Niveles de contaminación en Trujillo y el impacto del GLP en el medio ambiente	42
1.3 Medidas ensayadas en Trujillo y condiciones de la conversión a GLP	56
CAPÍTULO 2	
EXTERNALIDADES, INVERSIÓN EN CONVERSIÓN Y MERCADO DE COMBUSTIBLES	59
2.1 Externalidades negativas	59
2.2 Inversión en conversión	68
2.3 Mercado de combustibles	74

---

CAPÍTULO 3	
MODELOS DE CONVERSIÓN Y CAMBIOS EN LOS DETERMINANTES	79
3.1 Análisis de variables	79
3.2 Construcción de modelos alternativos	87
3.3 Escenarios de probabilidad de conversión	96
CAPÍTULO 4	
DISCUSIÓN E IMPLICANCIAS DE POLÍTICA	103
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	109
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
ANEXOS	119
A. Encuesta para los dueños de un solo vehículo	119
B. Respuestas tabuladas de la encuesta	125
C. Variables, muestra y tratamiento de la información	144
D. El modelo MLP y la corrección de la heteroscedasticidad	152

---

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

### AGENTES ECONÓMICOS

Participantes del sistema económico, esto es, las familias (consumidores), las empresas (productores), el gobierno y el sector externo. Los agentes asignan recursos escasos para obtener bienes y servicios deseados. Su comportamiento es coordinado mediante un mutuo ajuste en los mercados.

### ANTILOGARITMO

El logaritmo de un número dado  $Y$  es la potencia  $a$  a la que hay que elevar un número base  $X$ , de tal manera que se cumpla la igualdad  $Y = X^a$ . El antilogaritmo de un logaritmo  $a$  es el resultado de elevar una base  $X$  al logaritmo o potencia  $a$ , de tal manera que se obtenga el valor de  $Y$  inicial  $X^a = Y$ . Por ejemplo, usando la base  $e$ , si el logaritmo de  $Y$  es  $2$ , entonces el antilogaritmo de  $2$  es  $Y$  ó  $e^2$ .

### BENEFICIO MARGINAL

El beneficio monetario que obtiene un productor al vender una unidad adicional de un bien o servicio. La unidad adicional se denomina producto marginal. El beneficio marginal es igual al producto marginal por el precio de mercado.

### BIEN

Cualquier cosa que suministra a su poseedor alguna utilidad o beneficio. Existen bienes libres que no demandan costos ni sacrificios, y bienes escasos que tienen un precio positivo en el mercado.

**BIEN ESCASO**

Denominación que se da a las cosas que son difíciles de encontrar y que, por consiguiente, tienen un precio. La oferta o demanda de un bien escaso siempre implica un costo de oportunidad o un sacrificio reflejado en el precio.

**BIEN LIBRE**

Cualquier cosa que por su abundancia se puede adquirir sin ningún costo o sacrificio. Nadie puede ser excluido de consumir un bien libre.

**BIEN PÚBLICO**

Bien o servicio no rival y no exclusivo suministrado a todo el público. Nadie puede apropiarse de un bien público, excluyendo a otros. El uso que ejerce una persona de un servicio público no impide a otros hacerlo.

**BIENESTAR**

Medida del estado general de satisfacción de todas las personas. El objetivo de la política económica es aumentar el bienestar de la población.

**COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN,  $R^2$** 

Medición de la bondad de ajuste de un modelo de regresión.  $R^2$  indica qué tan bien se ajusta la línea o plano de regresión a los datos de la muestra. En otras palabras,  $R^2$  dice qué proporción de la variación en la variable dependiente  $Y$  de un modelo se encuentra explicada por las variables regresoras  $X$ .

**CONVERSIÓN A GLP**

Compra e instalación en un vehículo de un tanque GLP junto con el *kit* de conversión, que consta de vaporizador, cañería, válvulas y otros accesorios.

**COSTO**

Gasto monetario desembolsado en la adquisición de los recursos que utiliza la empresa en el proceso productivo. También se denota como el sacrificio que se incurre al producir una mercancía o un servicio en términos de los recursos usados que podrían haberse asignado a la fabricación de otros bienes.

**COSTO MARGINAL**

Es el gasto en recursos en el que se incurre al producir una unidad adicional de un bien o servicio. Se calcula como la variación del costo total dividido entre el cambio en la producción (una unidad más).

**COSTO VARIABLE**

Es el gasto en el que se incurre en los recursos o servicios en los que se transforman productos. Estos recursos se denominan también factores variables, por lo que el costo variable se calcula como la suma de los precios de cada factor variable por sus respectivas cantidades. Estos costos varían con el nivel de producción e incluyen los salarios pagados a los trabajadores y las compras de materiales.

**CRECIMIENTO ECONÓMICO**

Cantidad de incremento en la producción de bienes y servicios finales de una economía por unidad de tiempo. Es un proceso temporal que usualmente implica la expansión de la frontera de posibilidades de producción como resultado de la acumulación de capital y del aumento de la cantidad y de la calidad de recursos humanos y materiales. Asimismo, sin incrementar los recursos, el cambio tecnológico puede generar crecimiento.

**CRECIMIENTO POBLACIONAL**

Proceso por el que la población aumenta en términos cuantitativos en un intervalo de tiempo. Este crecimiento depende de la tasa de natalidad y de mortalidad que, a su vez, dependen de variables económicas, ambientales, de salud y de educación.

**DEMANDA**

Cantidades de un bien o de un servicio que las personas pueden comprar a diferentes precios durante un período de tiempo determinado. La curva de demanda implica que los demás factores que influyen en la cantidad demandada como el ingreso permanecen constantes. De lo contrario, la curva de demanda se desplazaría.

**DISTRIBUCIÓN JI-CUADRADO**

Familia de distribuciones que se obtiene al sumar  $k$  distribuciones normales estandarizadas al cuadrado, esto es,  $ji$ -cuadrado =  $\sum Z_i^2$ , donde el

subíndice  $i$  varía de 1 a  $k$ , donde  $k$  es un número entero positivo. Las  $Z_i$  de la sumatoria deben ser independientes. Cada valor de  $k$  permite obtener una distribución particular  $ji$ -cuadrado. El valor  $k$  denomina grados de libertad, gl. A medida que aumentan los gl, la forma de la distribución va cambiando de forma de distribución sesgada a la derecha a distribución normal. La media de la distribución es  $k$  y su varianza es  $2k$ . La razón varianza de la muestra sobre varianza de la población multiplicada por  $k$  sigue una distribución  $ji$ -cuadrado con  $k$  grados de libertad.

#### DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTÁNDAR $Z$

La distribución en probabilidades de los valores de una variable aleatoria  $X$  se considera normal si tiene forma de campana con media  $\mu$  y varianza  $\sigma^2$ . Esta forma es típica de muchos fenómenos físicos, biológicos y sociales. Una distribución normal se transforma en estándar  $Z$  cuando se le aplica esta fórmula:  $Z = (X - \mu) / \sigma$ . La diferencia de la media muestral y la media poblacional dividida entre  $\sigma / n$  sigue una distribución  $Z$ , donde  $n$  es el tamaño de la muestra.

#### ESCASEZ

Situación que se presenta cuando los recursos disponibles son insuficientes para producir los bienes y servicios que la gente requiere para satisfacer sus necesidades. Esta situación lógicamente exige una asignación priorizada y eficiente de los recursos disponibles. La eficiencia se logra mediante las transacciones de los agentes económicos en los mercados que priorizan las necesidades de los agentes con poder adquisitivo.

#### EViews

Programa estadístico computacional de carácter visual. Este paquete permite estimar y validar modelos de regresión lineal, no lineal, modelos logit y otros. Este programa también permite hacer pronósticos y simulaciones con los modelos estimados. La versión usada en este trabajo es EViews 6.0.

#### EXTERNALIDAD

Costo o beneficio no internalizado por los agentes económicos cuando desarrollan actividades con subproductos que no se valoran en el mercado por ausencia de derechos de propiedad. La externalidad afecta positiva

(beneficio) o negativamente (costo) a los agentes que participan en la actividad y a otros externos.

#### EXTERNALIDAD NEGATIVA

Situación que se presenta cuando la producción o el consumo imponen un costo o sacrificio no contabilizado a los agentes involucrados y a otros agentes externos. Por ejemplo, la contaminación del aire es un mal o externalidad negativa.

#### FALLA DEL MERCADO

Situación en la que el mecanismo de la oferta y la demanda no logra asignar de forma eficiente los recursos disponibles en la producción de bienes y males. El mercado genera más contaminación del aire (mal) que el nivel que la gente desearía tener, por ejemplo.

#### IMPLICANCIAS DE POLÍTICA

Problema económico que no se resuelve con el mecanismo de mercado, sino que requiere participación del Estado. El Estado interviene a través de políticas. La solución de los problemas con implicancias de política implica tomar en cuenta no solo la eficiencia, sino también la equidad y la justicia.

#### INCERTIDUMBRE

Situación que se presenta cuando al vislumbrar dos o más resultados excluyentes de una acción en curso, se desconoce su probabilidad de ocurrencia y/o los costos y beneficios asociados a cada resultado.

#### MÁXIMO VEROSIMILITUD (MV)

Método de estimación de los coeficientes de un modelo de regresión como  $Y_i = B_1 + B_2 X_i + u_i$ . Los estimadores se obtienen maximizando la probabilidad conjunta de las observaciones muestrales de  $Y$  condicionada por la  $X$  entre modelos normales alternativos. Los modelos varían en media y en varianza. El modelo de mayor verosimilitud (probabilidad conjunta) genera los estimadores máximo verosímiles.

#### MEDIA O PROMEDIO

Medía, promedio o valor esperado es una medida de tendencia central de la distribución de una variable aleatoria de tamaño  $N$ . Se expresa mediante

un parámetro  $\mu$ . Su fórmula indica que es la suma de los valores de la variable aleatoria entre el número de valores  $N$ :  $\mu = \Sigma X / N$ . La fórmula para una muestra de tamaño  $n$  de la variable aleatoria es similar:  $X^- = \Sigma X / n$ . Los modelos son variables (dependientes) condicionadas; su media es la línea, plano o hiperplano regresivo. Su media se expresa mediante dos o más parámetros consistentes en el número de coeficientes del modelo. Para calcular la media de modelos se emplea diferentes fórmulas como el método de Mínimos Cuadrados Ordinario (MCO).

#### MEDIO AMBIENTE

Es el conjunto de los medios con vida (flora y fauna) y sin vida (energía solar, agua, aire y tierra mineral) que integran un determinado espacio y que permiten el desarrollo de ecosistemas o soportes de la vida.

#### MODELO LINEAL DE PROBABILIDAD (MLP)

Modelo de regresión de variable dependiente dicótoma que emplea el método de Mínimos Cuadrados Ordinario para estimar sus coeficientes. Este modelo supone que la probabilidad de que algo suceda se incrementa de manera lineal cuando cambia el valor de cualquiera de sus regresores. Las desviaciones de las observaciones con respecto a la línea regresiva se denominan errores. Un requisito de los modelos de regresión es que su varianza sea constante.

#### MODELO LINEAL DE PROBABILIDAD PONDERADO (MLPP)

La varianza de los errores o perturbaciones del MLP no es constante, sino que sigue la forma de la distribución de Bernoulli. La media y varianza teórica de esta distribución es  $p$  y  $p(1-p)$ , respectivamente. Al ser la varianza de las perturbaciones función de su media, el modelo viola el requisito de varianza constante. Por consiguiente, se requiere ponderar las observaciones del MLP para obtener el modelo MLPP que posee residuos de igual variación a lo largo de las  $X$ . Como ponderador de las observaciones se emplea la fórmula de la varianza de Bernoulli  $p(1-p)$ .

#### MODELO LOGIT

Modelo de regresión no lineal de respuesta dicótoma. La variable dependiente  $Y$  asume solamente los valores de cero o uno. Uno si está presente una cualidad (éxito) y cero si no está (fracaso). Al estimar y usar el modelo

para predecir, la variable dependiente dicótoma  $Y$  se transforma en  $P$  o probabilidad de la presencia de la cualidad o éxito. Es posible usar el método de Mínimos Cuadrados Ordinario para estimar este modelo, pero esta operación requiere transformar el modelo en lineal mediante la fórmula  $L = \log (P / (1-P))$ , esto es, la variable calculada  $L$  es igual al logaritmo de la razón de la probabilidad de éxito  $P$  sobre la probabilidad de fracaso  $(1-P)$ . Sin embargo, normalmente no existe suficiente información para obtener  $L$  y el modelo requiere entonces procedimientos de estimación no lineal como el método de Máximo Verosimilitud, junto con rutinas iterativas de convergencia para acelerar el proceso de estimación.

#### MODELO NO LINEAL

El modelo lineal se presenta como una expresión aditiva compuesta por productos de coeficientes elevados a la potencia de uno y variables. El modelo no lineal en los coeficientes puede presentarse como expresiones multiplicativas con coeficientes como potencias o elevados a potencias diferentes de uno. La estimación de los coeficientes de los modelos no lineales se realiza no con el método de MCO, sino con aproximaciones llevadas adelante mediante métodos numéricos y rutinas iterativas.

#### MUESTRA

Es difícil tener información de una o más características de toda la población, por lo que se trata de obtener una parte de la población, denominada muestra, que la represente. Una muestra aleatoria se obtiene cuando cada elemento de la población tiene igual probabilidad de ser elegido como muestra. La muestra aleatoria representa a la población y se emplea para estimar las medidas de tendencia central y de dispersión de la población (parámetros). Del análisis de los valores centrales y de dispersión (estadísticos o estimadores) de una muestra aleatoria se puede inferir afirmaciones probabilísticas sobre los parámetros de la población.

#### NIVEL DE SIGNIFICANCIA $\alpha$

En una prueba de hipótesis, los estadísticos de la muestra se emplean para rechazar o no rechazar afirmaciones *a priori* sobre el valor de los parámetros (hipótesis nula). La decisión de rechazar o no rechazar tiene sus riesgos o errores. El nivel de significancia  $\alpha$  es la probabilidad de cometer el error de rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera. Normalmente

se busca que la probabilidad de rechazar una hipótesis verdadera sea muy pequeña, estableciendo  $\alpha$  en 1 ó 5 por ciento. En la estimación de intervalos se emplea el complemento del nivel de significancia ( $1-\alpha$ ) para medir el porcentaje de confianza que se otorga a dicha estimación (coeficiente de confianza).

#### OFERTA

Es la relación entre las cantidades de un bien que los productores planean vender y el precio del mismo, manteniendo constante todos los demás factores que influyen en la decisión de los productores. A mayor precio en el mercado, los productores producen y ofertan mayores cantidades del bien.

#### ÓPTIMO PRIVADO

Situación de equilibrio en los mercados competitivos caracterizada por dos condiciones: a) dada la demanda de los consumidores, los productores eligen producir la cantidad del bien que maximiza su beneficio y b) dado un conjunto de bienes producidos y disponibles, los consumidores eligen comprarlos de tal manera que maximicen la satisfacción que obtienen de usarlos.

#### ÓPTIMO SOCIAL

Situación de equilibrio privado en la que el Estado interviene para disminuir la producción de algunos bienes que producen externalidades negativas de forma que el costo de disminución iguale al beneficio social de tener menos externalidades negativas como la contaminación. La mezcla de bienes producidos y consumidos en la situación de óptimo privado difiere del óptimo social.

#### PARQUE VEHICULAR

Inventario de todos los vehículos que están asentados e inscritos en un determinado lugar, como una región o una provincia. Como en todo inventario, se descuenta los vehículos dados de baja.

#### POBLACIÓN

Es el conjunto de habitantes de una comunidad administrativa y políticamente delimitable, ya sea distrito, municipio, provincia, región o nación.

En estadística, se refiere al conjunto o universo de objetos con características, del que se puede extraer una muestra representativa de una o más características. La muestra extraída en forma aleatoria permite conocer las características de la población con un riesgo cuantificable.

#### POLÍTICA

Es el arte de gobernar un país. En economía, este término se aplica a las medidas persuasivas o compulsivas del Estado, que al alterar los costos y beneficios que perciben los agentes cambian la conducta de estos últimos.

#### PRUEBA DE RAZÓN DE VEROSIMILITUD (PRV)

Prueba estadística que sirve para contrastar la hipótesis de que todos los coeficientes de pendiente de un modelo son simultáneamente igual a cero (el modelo no es globalmente significativo). El probador de esta prueba, llamado Razón de Verosimilitud (RV), sigue una distribución *ji-cuadrado* con grados de libertad igual al número de variables explicativas. Si la RV rechaza la hipótesis, se dice que el modelo es globalmente significativo.

#### PRUEBA Z o t

Prueba estadística que sirve para contrastar la hipótesis de que un coeficiente de pendiente de un modelo es igual a cero (la variable del modelo asociada a ese coeficiente no es significativa). El probador Z o t sigue una distribución normal estándar o una distribución t, respectivamente. Se emplea la prueba Z cuando se conoce la varianza de la regresión poblacional y la prueba t en caso contrario. En la prueba t los grados de libertad son iguales al tamaño de la muestra menos el número de coeficientes del modelo. Si Z o t rechaza la hipótesis, se dice que la variable asociada al coeficiente bajo prueba es individualmente significativa.

#### RAZÓN DE VEROSIMILITUD (RV)

Estadístico probador que se obtiene a partir de los datos de la muestra empleando la siguiente fórmula:  $RV = -2 (\ln Lr) / (\ln L)$ , donde  $\ln$  es el logaritmo natural o neperiano,  $L$  es el valor de la función de verosimilitud respecto a todos los parámetros, y  $Lr$  es la función de verosimilitud bajo la hipótesis de que todos los coeficientes están restringidos a ser cero. Este estadístico se emplea en la Prueba de Razón de Verosimilitud (PRV).

### RENTABILIDAD

Es la razón (generalmente expresada en porcentaje) de la ganancia económica total de una inversión u operación sobre la cantidad de dinero que se ha invertido en la misma. La ganancia total (ingresos menos costos) se calcula descontando a la tasa de interés del mercado las ganancias proyectadas y sumándolas.

### RESIDUOS HETEROSCEDÁSTICOS

Residuo es la diferencia entre un valor observado de Y y su media condicionada por las variables explicativas. La media condicionada se denomina también línea, plano o hiperplano regresivo y constituye el espacio de los valores de Y estimados. Gráficamente en un modelo de dos variables, la diferencia es la distancia vertical del punto observado de Y para cada X y la línea regresiva. Se supone que los residuos deben tener igual dispersión alrededor de la línea, plano o hiperplano regresivo. Esta situación se denomina homoscedasticidad o igual varianza de residuos. Si la varianza de los residuos (Y observado menos Y estimado) no permanece igual o constante, entonces se afirma que los residuos son heteroscedásticos.

### RIESGO

Contingencia o eventualidad de un daño o de una pérdida en una inversión o actividad como consecuencia de factores no previstos que la afectan negativamente. La incertidumbre acerca de la ocurrencia de estos factores se puede reducir asignándoles probabilidades de ocurrencia. Esto permite calcular en cierta medida el riesgo de la inversión u operación.

### TASA DE CRECIMIENTO

Incremento de bienes, servicios u otros objetos cuantificables medido como porcentaje. Los economistas trabajan con la tasa de crecimiento de la producción, los precios, la población, la contaminación, los recursos o factores productivos, etc. La tasa de crecimiento puede ser cero (objetos que no crecen) o negativa (objetos que disminuyen).

### TEORÍA ECONÓMICA

Conceptos elaborados a partir de supuestos que explican el comportamiento económico de los individuos (en cuanto consumidores o productores) y de las instituciones (países, regiones, empresas y entidades privadas

o públicas) en un contexto caracterizado por la escasez de recursos en relación a las necesidades.

#### VARIABLES DICÓTOMAS D

Variable que asume el valor de uno cuando está presente una cualidad y de cero cuando está ausente. En los modelos de regresión tanto la variable dependiente como las explicativas pueden ser dicótomas. Los modelos de variable dependiente dicótoma se emplean para explicar por medio de otras variables (determinantes) la presencia o ausencia de una cualidad. Por ejemplo, en el modelo de conversión de vehículos a GLP el cambio cuantitativo o cualitativo de los determinantes hace variar la probabilidad de ocurrencia de la conversión. Aunque los valores de Y en la muestra de este modelo son "1" para vehículos convertidos y "0" para los no convertidos, el Y estimado del modelo refleja la probabilidad de conversión. Esta probabilidad cambia al variar los valores de los determinantes cuantitativos y cualitativos del modelo. La manipulación de algunos determinantes se lleva a cabo mediante la política económica.

#### VARIABLES *PROXY*

Variable que reemplaza en un modelo a una variable teórica, de la que no se dispone información o los datos existentes son inexactos o no confiables. Una variable explicativa con información adecuada puede requerir reemplazo con una variable *proxy* cuando la primera se encuentra correlacionada con los errores del modelo que integra.

#### VARIANZA

Medida de dispersión de la distribución de una variable aleatoria de tamaño N si es población y n si se trata de una muestra. La dispersión se mide por la distancia de los valores de la variable de su media o desviaciones. Por ejemplo, para los valores de la variable aleatoria X, la varianza poblacional se expresa en relación a su media  $\mu$ . Su fórmula es  $Var(X) = E(X - \mu)^2$ , donde E significa valor esperado. La varianza de una muestra se define como la suma de las n desviaciones al cuadrado de su media entre sus grados de libertad (n -1). Los modelos son variables (dependientes) condicionadas; su media es la línea, plano o hiperplano regresivo. Su varianza se mide por las desviaciones de la variable condicionada en relación a la línea, plano o hiperplano regresivo.



---

## ABREVIATURAS FRECUENTES

BCRP	Banco Central de Reserva del Perú
CHT	Centro Histórico de la ciudad de Trujillo
Conam	Consejo Nacional del Ambiente
CTAR	Consejo Transitorio de Administración Regional
CPT	Concejo Provincial de Trujillo
COV	Compuestos Orgánicos Volátiles
Digesa	Dirección General de Salud Ambiental
DESA	Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental
DRTC-LL	Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de La Libertad
GLP	Gas Licuado de Petróleo
GNC	Gas Natural Comprimido
MLP	Modelo Lineal de Probabilidad
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	Organización No-Gubernamental
PUCP	Pontificia Universidad Católica del Perú
PTS	Partículas Totales en Suspensión
Senati	Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial
SATT	Servicio de Administración Tributaria de Trujillo
UNT	Universidad Nacional de Trujillo



---

## PRESENTACIÓN

Debo reconocer que sin la cooperación de un conjunto de investigadores, personas interesadas en el tema e instituciones locales no se habría logrado conseguir los resultados expuestos en este estudio. En primer lugar, menciono la obra de Elsa Galarza<sup>1</sup> sobre implementación de tecnologías limpias, que sirvió de inspiración para la concepción de este estudio. Luego, destaco la política del CIES de financiamiento y asesoramiento de los proyectos breves cerrados. Esta medida permitió emprender y avanzar con confianza este estudio. Finalmente, agradezco la generosa provisión de información de organismos públicos y privados, así como el apoyo de profesores, estudiantes y de la ciudadanía en general<sup>2</sup>. Sus aportes allanaron el camino hacia la culminación de este arduo trabajo.

En efecto, contribuyeron al éxito de este estudio la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de La Libertad (DRTC-LL), el Sistema de Administración Tributaria del Concejo Provincial de Trujillo (SATT), la Dirección General de Salud Ambiental en Trujillo (Digesa-Trujillo), los dueños de automóviles y camionetas no rurales de la Provincia de Trujillo, el Servicio Nacional de Adiestramiento Industrial de La Libertad (Senati-La

- 
- 1 Elsa Galarza y otros. *Implementación de tecnologías limpias en el Perú: el uso de GLP en taxis*. Documento de Trabajo 53. Lima: CIUP.
  - 2 La ciudadanía está cada vez más consciente del problema ambiental, porque está empezando a sentir sus consecuencias. El tema de la importancia de la conciencia ciudadana en el reconocimiento y la solución de los problemas ambientales puede verse en Daniela Sismondi (Compiladora), *Contaminación atmosférica y conciencia ciudadana*. CEPAL, UN, Santiago de Chile: 2003. Cáps. 1 y 2.

Libertad), los principales talleres de conversión de vehículos a GLP en la ciudad de Trujillo, y algunos profesores y alumnos de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNT.

Además, la conversión de vehículos a GLP ha experimentado un incremento durante el lapso de estudio gracias a la prensa, a los testimonios de los convertidos hechos en dos talleres organizados por la Universidad Nacional de Trujillo para los dueños de vehículos y taxis, y al esfuerzo desarrollado por la Caja Trujillo. Esta entidad no solo apoyó los seminarios, sino también difundió una línea de crédito para taxistas.

En especial debo reconocer la dedicación y empeño de los profesores de la Facultad de Ciencias Económicas, Félix Sulén y Lily Bautista, quienes apoyaron el estudio en el diseño de la encuesta, en la capacitación de los encuestadores y en la redacción del informe final. Ellos también convalidaron las respuestas e hicieron importantes observaciones al proceso de tabulación, al modelo y a los informes parciales. De igual manera, debo reconocer el eficiente trabajo de campo de 12 estudiantes del X ciclo de la Escuela de Economía de la Facultad de Ciencias Económicas, quienes realizaron con eficiencia la encuesta, digitaron los datos recolectados y cooperaron en la organización de los dos talleres sobre GLP de la UNT.

Además, en el proceso de ajuste de los modelos las observaciones del econometrista y docente universitario Dr. Rodolfo Cermeño fueron muy atinadas. Asimismo, manifiesto que la contribución más importante para los resultados obtenidos ha sido la de la Dra. Roxana Barrantes, asesora de este estudio por parte del CIES. A ella mi profundo agradecimiento por los comentarios a la encuesta y por las observaciones a los borradores de este trabajo. He hecho todo lo que está a mi alcance por seguir sus orientaciones y cualquier defecto encontrado es solo atribuible a mis limitaciones. Finalmente, las lectorías anónimas a las que el CIES somete los trabajos fueron de gran ayuda para lograr un producto que pueda imprimirse.

Jorge Zegarra

---

## RESUMEN EJECUTIVO

En un entorno de crecimiento poblacional y vehicular con aumento de las emisiones tóxicas en las ciudades, la conversión de vehículos gasolineros, especialmente taxis, al sistema dual que emplea gasolina y Gas Licuado de Petróleo (GLP) no solo es una actividad rentable sino también ecológica. El GLP cuesta menos y emite menos monóxido y dióxido de carbono que la gasolina.

Las externalidades negativas no forman parte de los costos de producción de los dueños de vehículos. Esta práctica explica por qué el transporte tiende a contaminar el aire. Existen medidas de control que pueden reducir la contaminación, pero su implementación implica muchas veces reducir el servicio de transporte y la flota. Por otro lado, la conversión de vehículos al sistema dual es una innovación tecnológica que reduce las emisiones de contaminantes sin disminuir el servicio de transporte. Sin embargo, para poder acceder al sistema dual es necesario realizar una inversión denominada conversión a GLP.

Según la teoría de la inversión, el ahorro en combustible se considera un beneficio que debe compararse con el gasto efectuado en la conversión. Para muchos dueños de vehículos gasolineros, los beneficios futuros son mayores que la inversión inicial. Los beneficios se basan en el ahorro que significa comprar GLP en lugar de gasolina. Por varios motivos es muy probable que en el futuro el precio del GLP se siga manteniendo por debajo del precio de la gasolina de 84 octanos, que ha estado aumentando en los últimos años. En la medida en que esta predicción se cumpla, la rentabilidad de la inversión en conversión estará garantizada.

Aunque todos los dueños de vehículos gasolineros en la ciudad de Trujillo conocen bastante bien el ahorro que se logra usando GLP como combustible, en la práctica solamente algunos toman la riesgosa decisión de convertir sus vehículos al sistema dual. Esto quiere decir que además de la rentabilidad existen otras variables que influyen en la decisión de invertir en el sistema dual.

La teoría económica, el sentido común y datos técnicos sugieren que la conversión depende de: a) el ahorro que se obtiene al usar GLP en lugar de gasolina, b) el conocimiento de la tecnología dual, c) los temores asociados a esa tecnología, d) el acceso al crédito y e) la menor contaminación que emiten los vehículos a GLP.

Para probar la validez de estos determinantes en la ciudad de Trujillo se aplicó una encuesta a 509 dueños de un solo vehículo no petrolero, que circulan por el centro de Trujillo. Las clases de vehículos que más transitan el centro son los automóviles y las camionetas no rurales.

A la luz del marco teórico, se analizó los resultados de la encuesta y se construyó tres modelos de conversión: el Modelo Lineal de Probabilidad (MLP), el MLP ponderado y el modelo Logit. Las variables que resultaron significativas en estos modelos fueron la mayor necesidad de ahorrar en combustibles que sienten los dueños de vehículos con: a) ingresos bajos, b) hijos pequeños, c) el conocimiento de la tecnología GLP, d) el temor por la inseguridad de los vehículos convertidos, e) el temor de no encontrar grifos surtidores de GLP, f) la antigüedad del vehículo y g) la edad del dueño. La estimación del modelo no confirmó todos los determinantes de la hipótesis. En relación a los determinantes postulados, perdieron vigencia el ahorro en combustible, el acceso al crédito y las razones ambientales. Asimismo, resultaron significativos sin ser postulados la antigüedad del vehículo y la edad del dueño.

De los tres modelos mencionados, se eligió el modelo Logit como el más apropiado para describir la conversión y analizar escenarios de cambios en los determinantes del modelo. En efecto, políticas locales y nacionales de limpieza del aire pueden cambiar algunos determinantes, de tal suerte que se incremente la probabilidad de conversión. Los objetivos de estas políticas son: a) difundir las propiedades técnicas y ambientales del GLP, b) certificar los talleres de conversión que se ajustan a las normas de calidad y c) reinstalar la revisión técnica de

vehículos. Asimismo, del análisis de los resultados de la encuesta surgieron otras políticas adicionales como las de apoyo financiero para los dueños sin ahorros y con deseos de convertir sus vehículos gasolineros al sistema dual.



---

## INTRODUCCIÓN

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, se puede afirmar que la contaminación del aire por habitante ha aumentado en Trujillo. Más aún, en el centro de Trujillo algunos contaminantes vehiculares, como las emisiones de material particulado, ya sobrepasan los estándares nacionales e internacionales. Frente a este panorama, la adopción de medidas de control, como las restricciones de ingreso al Centro, han sido útiles pero no suficientes.

Este estudio propone una alternativa no exclusiva, que consiste en promocionar las conversiones bien hechas de vehículos gasolineros al sistema dual de gasolina y Gas Licuado de Petróleo (GLP). Si las conversiones son hechas con estándares de calidad y se otorga posteriormente mantenimiento regular al vehículo, los vehículos a GLP emiten menos contaminantes<sup>3</sup> al aire que los vehículos a gasolina. Además, en el actual contexto del Perú, la conversión a GLP es una buena alternativa económica y ambiental para las principales ciudades alejadas de Lima.

Los marcos apropiados para este estudio fueron la teoría de externalidades, la teoría de la inversión privada y el mercado de combustibles. Los determinantes de la conversión que se desprenden del marco teórico y del sentido común fueron: a) el ahorro que se obtiene al usar GLP en lugar

---

3 El GLP emite menos monóxido y dióxido de carbono, metano y óxido nítrico que la gasolina. La diferencia es aproximadamente 25%. El GLP también reduce las emisiones de algunas partículas.

de la gasolina, b) el conocimiento de la tecnología dual, c) los temores asociados a la seguridad del vehículo y a la disponibilidad de grifos surtidores de GLP, d) el acceso al crédito y e) la menor contaminación que emiten los vehículos a GLP. Estos determinantes supuestos orientaron el estudio, pero los resultados de la encuesta y de los modelos los modificaron en parte.

La población de interés inicial fue el conjunto de dueños de un solo vehículo, sea un automóvil o una camioneta no rural, gasolinero o dual, en la Provincia de Trujillo. Los resultados de la encuesta piloto<sup>4</sup> obligaron a excluir a los dueños de flotas, redefiniendo el objeto de estudio. De esta población se encuestó al azar a 509 dueños de vehículos divididos en dos grupos: 426 gasolineros y 83 duales. A cada grupo se le preguntó por separado sobre las condiciones de operación, motivos de conversión, financiamiento, mantenimiento y medio ambiente. Luego, a todos los encuestados se les preguntó sobre los determinantes de conversión postulados y sobre sus características personales (variables socioeconómicas). El formato de la encuesta figura en el Anexo A.

Después de realizar la encuesta, se tabuló las respuestas cruzándolas con la condición del vehículo gasolinero o dual. Esta técnica permitió confirmar casi todos los determinantes propuestos para los modelos y también encontrar otros determinantes de carácter secundario. El resultado detallado de las tabulaciones se presenta en el Anexo B. Finalmente, se estimó modelos lineales y no lineales de conversión. Los lineales se encuentran en el Anexo D y el modelo no lineal Logit en el capítulo 3. Estos modelos confirmaron el análisis hecho a las tabulaciones de la encuesta.

Con respecto a los modelos, se estimó y validó dos de probabilidad de conversión lineal y otro no lineal. Estos son el Modelo Lineal de Probabilidad (MLP) simple (Anexo D), el MLP ponderado (Anexo D) y el modelo Logit (capítulo 3). Por sus características intrínsecas, el modelo

---

<sup>4</sup> En mayo de 2006 se aplicó un cuestionario inicial a 100 dueños de vehículos individuales y de flotas. Los dueños de un solo vehículo respondieron correctamente. En cuanto a los dueños de flotas, algunos no fueron ubicados, otros se negaron a responder el cuestionario y los pocos que respondieron presentaron información no muy confiable. Para no distorsionar los resultados, se eliminó este grupo del objeto de estudio.

Logit resultó el más apropiado de los tres para los fines propuestos. En los tres modelos, el conocimiento y los temores resultaron ser determinantes significativos, mientras que el ahorro en combustible, el acceso al crédito y los motivos de carácter ecológico mostraron una influencia muy débil en la decisión de conversión. En lugar del determinante principal denominado ahorro en combustible, se empleó el nivel de ingreso y el número de hijos de los dueños de vehículos como variables relacionadas con el deseo de ahorrar.

Se encontró que los dueños de vehículos con ingresos bajos e hijos pequeños tienen mayor necesidad de ahorrar en combustible y, consecuentemente, convierten sus vehículos en mayor proporción que los dueños con ingresos altos y sin hijos pequeños. Adicionalmente, se detectó 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, es necesario informar que entre los dueños en su etapa de adulto mayor y/o con vehículos muy antiguos se encontró un porcentaje, inesperadamente alto, de convertidos, pero este grupo, aun así, es muy reducido.

En el modelo Logit la probabilidad de conversión se incrementa en los umbrales de las variables explicativas y esto parece estar más de acuerdo con el sentido común. Mediante el uso de este modelo se realizó simulaciones de diferentes probabilidades de conversión generadas por políticas dirigidas a cambiar el valor de los determinantes. Como resultado de estas simulaciones, se encontró que las políticas de difusión ayudan a los dueños de vehículos a conocer mejor las propiedades técnicas y ambientales del GLP y este conocimiento tiende a inclinar la balanza hacia la conversión. En efecto, las políticas de difusión del conocimiento de la tecnología dual permiten apreciar mejor el sistema dual y disminuir los temores asociados a la seguridad de los vehículos convertidos y a la supuesta "escasez" de grifos surtidores de GLP.

Se ha encontrado también que las ventajas técnicas y ambientales del GLP se alcanzan plenamente solo si la conversión es realizada con equipos y mano de obra acreditada. Por consiguiente, una recomendación importante de este estudio es el control de la calidad del trabajo y de los equipos usados en los talleres de conversión a través de una certificación de talleres. De igual manera, el mantenimiento adecuado de los vehículos

convertidos contribuye a obtener la rentabilidad y la limpieza del aire esperadas. Por consiguiente, las políticas de revisión técnica deberían reestablecerse porque obligan a los dueños a dar un mantenimiento adecuado a sus vehículos.

Por otro lado, los resultados de la encuesta indican que existe entre los dueños de vehículos cierto rechazo a contraer créditos formales. Los dueños de vehículos convertidos usaron más bien sus ahorros acumulados para financiar la inversión en conversión. Por consiguiente, las políticas de difusión de las bondades del sistema financiero y el otorgamiento de facilidades crediticias para los préstamos de conversión tienden a disminuir el temor a endeudarse existente entre los dueños de vehículos y a facilitar la obtención de préstamos para conversión. Finalmente, la encuesta sugiere que las consideraciones ambientales son más una ventaja *ex post* que un motivo de cambio al sistema dual.

Este estudio se divide en cuatro capítulos. El primero describe la evolución del parque vehicular, de la población y de los niveles de contaminación en la ciudad de Trujillo, a manera de antecedentes del estudio. El segundo capítulo se dedica al marco teórico que comprende el origen y el tratamiento de las externalidades negativas, la teoría de la inversión aplicada a la conversión de vehículos y el mercado de combustibles proyectado al futuro. El tercero presenta el resultado del análisis de las variables y de los modelos estimados, concluyendo con alternativas de probabilidad de conversión producidas por diferentes políticas encaminadas a cambiar el valor de los determinantes. El cuarto capítulo comenta los resultados y deduce algunas implicancias de política. Finalmente, se presenta las conclusiones y recomendaciones que se desprenden del estudio. Adicionalmente, se incluye cuatro anexos: la encuesta, las respuestas tabuladas, la metodología del estudio y los modelos lineales.

# POBLACIÓN, VEHÍCULOS, CONTAMINACIÓN Y GAS LICUADO DE PETRÓLEO

En esta sección se describe la evolución histórica del parque vehicular y de la población de Trujillo. Luego se presenta las mediciones de contaminación del aire efectuadas recientemente en dicha ciudad, para terminar con el análisis de medidas de limpieza adoptadas y con comentarios sobre las condiciones óptimas en las que debe realizarse la conversión.

## 1.1. 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<sup>5</sup>, sobre todo en la parte central de las principales ciudades del país. La emisión se agrava si se tiene en cuenta el uso intensivo y el mantenimiento inadecuado de los vehículos, la estrechez de las calles del Centro Histórico de la ciudad de Trujillo (CHT) y la antigüedad de gran parte de la flota vehicular.

---

5 Korc. "La contaminación del aire". En: Documento Anual Cuanto (2003). Ver también la página web "Noticias 'Se inicia campaña por combustibles limpios'" del 20 de julio de 2006 en <http://www.airesaludable.org/noticias/2004-10-22-combust-limpios.htm>.

El CHT es transitado diariamente no solo por taxis, sino también por vehículos particulares como automóviles, camionetas *station wagon*, camionetas *pick up* y camionetas panel. El resto de vehículos no puede ingresar al CHT según las normas municipales vigentes, salvo para abastecer productos a los negocios, transportar escolares y otros usos imprescindibles. Por otro lado, la mayor parte de vehículos en Trujillo utiliza combustibles altamente contaminantes como las diversas gasolinas y el Diesel 2, mientras que una pequeña parte<sup>6</sup> usa el Gas Licuado de Petróleo (GLP).

El cuadro 1.1 presenta la evolución del parque de vehículos de La Libertad por clase en los últimos diez años.

Cuadro 1.1  
LA LIBERTAD: PARQUE AUTOMOTOR REGIONAL 1996-2005 (\*)  
SEGÚN CLASE DE VEHÍCULOS

	AÑO	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
CLASE DE VEHÍCULO											
Automóviles		18.936	20.016	21.497	22.387	23.114	24.044	24.786	25.307	25.511	25.749
Camionetas Panel		298	308	348	391	425	450	474	505	543	584
Camionetas <i>Pick Up</i>		7.439	7.620	7.952	8.199	8.330	8.426	8.528	8.675	8.835	9.094
Camionetas <i>Station Wagon</i>		2.634	2.787	3.542	4.385	5.141	5.936	6.617	7.238	7.596	8.020
Otros		14.716	15.129	16.215	17.536	18.360	18.991	19.479	19.873	19.692	20.992
TOTAL		44.023	45.860	49.554	52.898	55.370	57.847	59.884	61.598	62.777	64.439

(\*) Placas de rodaje emitidas al 31 de diciembre de cada año.

Fuente: elaboración propia en base a información de la Sub Dirección de Circulación y Seguridad Vial- Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de La Libertad, DRTC-LL.

Al tomar la cantidad total de vehículos del último año registrado, 2005, y dividirla entre la del primer año, 1996, se encuentra un incremento de 46,38% en nueve años. Este incremento corresponde a una tasa promedio anual de 4,32%. Sin embargo, no todas las clases de vehículos se han incrementado a esta tasa. Por ejemplo, los automóviles han crecido a una tasa

6 En Trujillo se observa vehículos a GLP solamente entre los automóviles, las camionetas no rurales y los mototaxis de reparto de la empresa Solgas.

anual de 3,47%, mientras que las camionetas *station wagon* se incrementaron en 13,27% al año. En general, el crecimiento de la flota de automóviles y camionetas *station wagon* en Trujillo se debió mayormente a su posible uso como taxis. En los últimos años, muchas personas optaron por alquilar o comprar un vehículo y emplearlo como taxi para defenderse del desempleo causado por la falta de oportunidades laborales adecuadas.

De los 64.439 vehículos que constituían la flota de La Libertad a finales del año 2005, solamente alrededor de 2.000 operaban a GLP<sup>7</sup>. Esta es una cifra muy modesta, pero felizmente la cantidad de convertidos se está incrementando<sup>8</sup>. Este estudio sostiene que la cantidad de convertidos puede aumentar incluso más con políticas de incentivos a las conversiones. Sin embargo, hay que tener en cuenta que solamente cuando la conversión se realiza con equipos y mano de obra de calidad y el vehículo recibe el mantenimiento regular requerido, los vehículos convertidos emiten menos contaminantes que antes de la conversión.

En el rubro camionetas *station wagon* del cuadro 1.1 se observa que a partir de 1988 esta clase de vehículos comenzó a crecer significativamente. Este fenómeno tiene una explicación. El parque automotor de taxis en la ciudad de Trujillo ha estado dominado por automóviles marca Daewoo, modelo Tico, desde hace mucho tiempo. Sin embargo, en los últimos ocho años ha empezado a aumentar en Trujillo el número de camionetas *station wagon* dedicadas al servicio de taxis. Hay que tener en cuenta que las camionetas *station wagon* tienen más espacio en la maletera y el precio del petróleo hasta hace pocos años era muy atractivo, situándose muy por debajo del precio de las gasolinas de diferentes octanos (84, 87, 90, 95, 97). Sin embargo, recientemente el precio del petróleo ha aumentado y ahora se encuentra casi al mismo nivel que el precio de la gasolina de 84 octanos. El alza en el precio del Diesel 2 de los últimos años ha disminuido el crecimiento de las camionetas *station wagon* a petróleo, pero al

---

7 Información elaborada por los autores en base a la opinión de técnicos de la DRTC-LL y de algunos dueños de talleres de conversión.

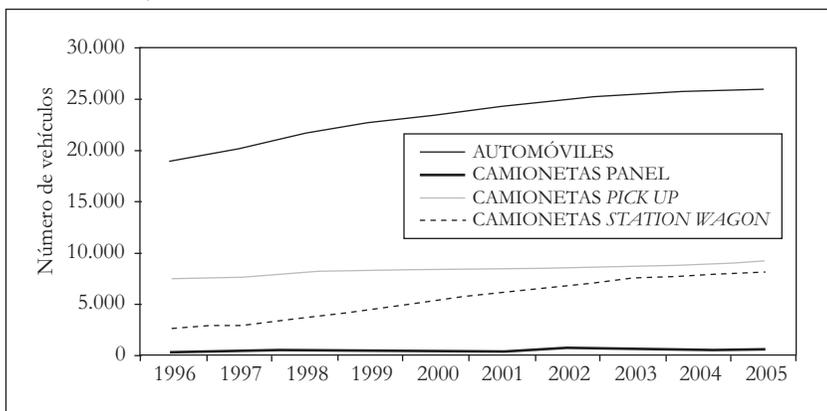
8 En la encuesta realizada en junio de 2006 se entrevistó a 83 dueños de vehículos duales. De ellos, 34 se convirtieron durante el año 2005, 33 lo hicieron en los seis primeros meses de 2006 y el resto antes del año 2005. La selección de dueños de vehículos fue al azar, por lo que se puede deducir que en el año 2006 la cantidad de convertidos fue mayor que la del año anterior.

mismo tiempo se ha incrementado el número de camionetas *station wagon* a gasolina. La mayor parte de los nuevos taxis *station wagon* en Trujillo son ahora gasolineros. Sus dueños los han adquirido precisamente con la intención de convertirlos posteriormente a duales. El siguiente gráfico basado en el cuadro anterior permite apreciar mejor el crecimiento de las camionetas *station wagon* en relación a los demás tipos de vehículos. La línea punteada corresponde a las camionetas *station wagon*, que ahora ya casi iguala al número de camionetas *pick up*.

El rubro “otros” del cuadro 1.1 no se ha colocado en este gráfico porque comprende vehículos que no forman parte de este estudio. En ese rubro se encuentran las unidades denominadas “combis”, “micros”, “custers”, “ómnibus”, camiones, tractores, remolques y semirremolques<sup>9</sup>.

En el gráfico 1.1 se aprecia también que el crecimiento de los automóviles ha empezado a disminuir en los últimos tres años. En general, el crecimiento de toda la flota se ha amortiguado un poco en los últimos años con la excepción de las camionetas *station wagon*.

Gráfico 1.1  
PARQUE AUTOMOTOR POR CLASE DE VEHÍCULO EN LA LIBERTAD



Fuente: elaboración propia en base a datos de la Sub Dirección de Circulación y Seguridad Vial-DRTC-LL.

9 El estudio se limita a los vehículos que contaminan el centro de Trujillo y por disposiciones de la Municipalidad Provincial estas unidades se encuentran impedidas de transitar el CHT.

De toda esta flota, las unidades que más transitan el centro son los taxis. Desafortunadamente no se ha encontrado la cantidad exacta de taxis en Trujillo. Pero funcionarios de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de La Libertad, DRTC-LL, estiman que un 70% de los automóviles y más de un 50% de las camionetas *station wagon* operan como taxis en la ciudad de Trujillo<sup>10</sup>.

El parque vehicular, que constituye la población para este estudio, es la flota de la Provincia de Trujillo. El cuadro 1.2 presenta la estimación de dicha flota, calculada a partir de la flota de automóviles y camionetas no rurales de La Libertad, presentada antes en el cuadro 1.1.

La primera columna de datos de este cuadro representa la flota de La Libertad a fines de 2005 presentada en el cuadro 1.1. A cada rubro de esta columna se le ha sustraído 20% por concepto de obsolescencia. Los vehículos obsoletos se encuentran en la segunda columna de datos. Es necesario tener en cuenta que los vehículos inscritos en la DRTC-LL son cifras brutas, que no descuentan los dados de baja<sup>11</sup>. Con esta deducción, el total de la tercera columna presenta la flota sobreviviente o vehículos netos de La Libertad a fines de 2005, que asciende a 51.552.

Según estimaciones, también de los técnicos de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de La Libertad, DRTC-LL, la Provincia de Trujillo posee aproximadamente el 80% de toda la flota de La Libertad. De acuerdo a esta estimación, la flota de la Provincia de Trujillo alcanzaría la cifra de 41.241 vehículos, que aparecen al final de la cuarta columna de datos del cuadro 1.2. Este estudio se limita a automóviles y a camionetas no rurales. Por consiguiente, descontando el rubro “otros” obtenemos la cifra neta de 27.806 vehículos repartidos en las cuatro clases listadas (quinta columna de datos).

---

10 Más aún, según opinión de funcionarios de la DRTC-LL, en los últimos dos años los dueños de flotas de taxis y los que compran por primera vez un vehículo para emplearlo como taxi dan preferencia a las camionetas *station wagon* a gasolina en sus decisiones. Esto deja entrever que la mayor parte de las camionetas *station wagon* nuevas operan como taxis en Trujillo.

11 Según estimaciones de expertos de la Sub Dirección de Circulación y Seguridad Vial de la DRTC-LL, la mitad de la flota tiene menos de 15 años de antigüedad y una obsolescencia del 5%, mayormente por siniestros. La otra mitad tiene más de 15 años y una obsolescencia del 35%. Por consiguiente, la media ponderada de toda la flota es de 20%.

Cuadro 1.2  
DEL PARQUE AUTOMOTOR DE LA LIBERTAD AL DE TRUJILLO 2005  
SEGÚN CLASE DE VEHÍCULOS

Deducciones por obsolescencia, por ser de otra provincia y por el rubro "otros", y % de vehículos nuevos (últimos 7 años)	Fines de	Menos	Fines de	Trujillo 2005			%
	2005	20%	2005	80%	Sin	Últimos	De
	Brutos	Obsoletos	Netos	De	el rubro	7	últ. 7
				L.L.	otros	años	años
CLASE DE VEHÍCULO							
Automóviles	25.749	5.149	20.600	16.480	16.480	3.634	0,22
Camionetas Panel	584	116	468	374	374	148	0,40
Camionetas <i>Pick Up</i>	9.094	1.818	7.276	5.820	5.820	1.259	0,22
Camionetas <i>Station Wagon</i>	8.020	1.604	6.416	5.132	5.132	3.440	0,67
Otros*	20.992	4.198	16.794	13.435	0	0	0,00
TOTAL	64.439	12.887	51.552	41.241	27.806	8.481	0,31

\* Incluye combis, micros, ómnibus, custers, camiones, tractores, remocadores y semirremolques.

Fuente: elaboración propia en base a datos de la Sub Dirección de Circulación y Seguridad Vial-DRTC-LL.

De los 27.806 vehículos de Trujillo inscritos hasta fines de 2005, 8.481 (es decir, 31% del total) fueron inscritos entre 1999 y 2005<sup>12</sup> (sexta columna de datos). El resto de vehículos exhibe placas de rodaje emitidas antes de 1999. Entre los inscritos en los últimos siete años se observa que las camionetas *station wagon* son menos antiguas que el resto de la flota porque el 67% se inscribió a partir de 1999. Este hecho corrobora el alto crecimiento de las camionetas *station wagon* de los últimos años presentada en el cuadro y gráfico anteriores. Es necesario también indicar que haber solicitado placas a partir del año 1999 no implica necesariamente que la antigüedad de estos vehículos sea de siete años como máximo. Muchos inscriben vehículos usados. Son muy pocos los que inscriben vehículos del año. Lo que sí puede afirmarse es que la flota de Trujillo no es muy nueva porque casi el 70% se inscribió en la DRTC-LL antes de 1999.

12 La Sub Dirección de Circulación y Seguridad Vial de la DRTC-LL posee información sobre propietarios de uno o más vehículos junto con el tipo de combustible usado solamente para los vehículos inscritos a partir de 1999. Esta información sirvió de padrón para extraer la muestra que cubría dueños de un vehículo a gasolina o a GLP.

La población vehicular, objeto de este estudio, no está constituida por los dueños de los 27.806 vehículos de Trujillo de fines de 2005, sino solamente por los vehículos no petroleros cuyos dueños poseen un solo vehículo. Por consiguiente, es necesario hacer un ajuste adicional a las cifras. Se conoce que de los vehículos inscritos en la DRTC-LL a partir de 1999 el 52% corresponde a vehículos no petroleros y el 54% pertenece a dueños de un solo vehículo. Estos porcentajes se aplicaron a toda la flota de Trujillo en sus cuatro clases, como se puede apreciar en el siguiente cuadro.

Cuadro 1.3  
PARQUE AUTOMOTOR DE TRUJILLO 2005  
SEGÚN CLASE DE VEHÍCULOS, COMBUSTIBLE Y PROPIEDAD  
DE UNO O MÁS VEHÍCULOS

<i>Deducciones: primero por combustible usado, y luego de los vehículos gasolineros por propiedad</i>	<i>Vehículos sin el rubro "otros"</i>	<i>Combustible usado</i>		<i>Propiedad de no petroleros</i>	
		<i>Petroleros</i>	<i>No petroleros</i>	<i>Dueños de flotas</i>	<i>Dueños de un vehículo</i>
	2005	48%	52%	46%	54%
CLASE DE VEHÍCULO					
Automóviles	16.480	7.910	8.570	3.942	4.628
Camionetas Panel	374	179	194	89	105
Camionetas <i>Pick Up</i>	5.820	2.793	3.026	1.392	1.634
Camionetas <i>Station Wagon</i>	5.132	2.463	2.669	1.228	1.441
TOTAL	27.806	13.346	14.459	6.651	7.808

Fuente: elaboración propia en base a datos de la Sub Dirección de Circulación y Seguridad Vial-DRTC-LL.

Al parque automotor de Trujillo, presentado en la primera columna de este cuadro, se ha descontado primero los vehículos petroleros<sup>13</sup> (48%), quedando disponible los vehículos no petroleros (52%). Luego a estos

13 Solamente los vehículos a gasolina pueden convertirse económicamente a GLP. Para los vehículos petroleros, la conversión tiene un costo exageradamente grande. Sus dueños tendrían que cambiar previamente el motor de sus vehículos. Sin embargo, existen biocombustibles en experimentación para vehículos petroleros que eventualmente pueden sustituir al Diesel 2 y de esta forma ayudar a contaminar menos el aire.

últimos se ha sustraído los dueños de flotas (46% del 52%). El resultado final de estas dos deducciones constituye la flota no petrolera que pertenece a dueños de un solo vehículo (última columna del cuadro 1.3). Esta flota se encuentra dividida en las cuatro clases de vehículos. El total de vehículos asciende a 7.808 y constituye la población de dueños, que en este trabajo se estudió a través de una muestra. 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, excluyendo a los dueños de vehículos petroleros y a los de flotas.

Anteriormente se ha comparado los 2.000 vehículos convertidos con toda la flota de La Libertad, que suma 64.439 vehículos. Pero los convertidos pertenecen a los vehículos no petroleros de Trujillo en sus cuatro clases analizadas, que asciende a 14.459, según el cuadro 1.3. En esta nueva perspectiva, los 2.000<sup>14</sup> vehículos convertidos constituyen el 14% de los vehículos no petroleros de Trujillo, cifra no despreciable. En otras palabras, la meta de conversión para Trujillo está constituida por el 86% de los vehículos gasolineros. Para reducir este alto porcentaje es necesario que la tasa de incremento de conversiones sea mayor que la tasa de crecimiento neto de la flota gasolinera de Trujillo (aproximadamente 4,32% anual).

Ahora se considerará la dinámica de la población existente en la Provincia de Trujillo. Para estos fines se hizo uso de los resultados de los Censos de Población y Vivienda de 1972, 1981, 1993 y 2005, así como de algunos supuestos tomados de estudios de crecimiento poblacional en Trujillo en los últimos años<sup>15</sup>. Según los estudios hechos por personal del Municipio Provincial, la ciudad de Trujillo experimentó una tasa de crecimiento anual promedio de 2,3% hasta el año 2002, para luego irse reduciendo. Sin embargo, los datos preliminares del año 2005 permiten deducir una tasa intercensal 1993-2005 del orden del 2,4%, un poco mayor que la estimada por el Municipio Provincial. En este estudio se usó la tasa

---

14 Los 2.000 convertidos de La Libertad pertenecen a la Provincia de Trujillo, porque los grifos surtidores de GLP se encuentran todos en la ciudad de Trujillo. A ningún dueño de otra provincia le resulta económico abastecerse de GLP en caso de tener un vehículo convertido.

15 Ver "Municipalidad Provincial de Trujillo: Población", página web del 22 de julio de 2006 en: <http://www.munitrujillo.gob.pe/PlanifCatastro/planifica/paginas/planDes-Met3.htm>.

intercensal. Aunque las tasas de crecimiento poblacional de Trujillo son ligeramente mayores que la tasa a nivel nacional (1,7% en el año 2003), esta tasa se encuentra muy por debajo de la tasa de crecimiento de la flota de vehículos (4,32%). Esta situación constituye una fuente de congestión y contaminación vehicular.

El cuadro 1.4 presenta los estimados sobre las proyecciones de la población de Trujillo hasta el año 2008.

Cuadro 1.4  
PROVINCIA DE TRUJILLO: POBLACIÓN CENSAL Y PROYECCIÓN 2006-2008  
ESTRUCTURA URBANA Y RURAL

AÑO Censal	1972			1981			1993	2005	2006+	2007+	2008+
	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Total	Total	Total	Total	Total
TOTAL	265.922	13.559	279.481	388.829	14.508	403.337	597.315	794.652	813.724	833.253	853.251

(+) Estimación aplicando una tasa anual de 2,4% a partir de 2006.

Fuente: elaboración propia en base a los datos de los Censos de Población y Vivienda.

En el período intercensal 1972-1981, la población de Trujillo creció a una tasa promedio de 4,16% anual<sup>16</sup>. Luego en el período 1981-1993, la tasa de crecimiento se redujo a 3,33%. Más aún, en el período 1993-2005 la tasa se deprimió más, llegando a 2,4%, según la última estimación intercensal. En otras palabras, en los últimos 30 años la tasa se ha reducido a casi la mitad de lo que era antes<sup>17</sup>.

Ahora bien, retomando las cifras del crecimiento promedio del 2,4% de la población y del incremento del 4,32% de la flota vehicular, se puede deducir que en Trujillo habrá cada vez menos habitantes por vehículo registrado. Actualmente existen aproximadamente 12 habitantes por

16 En el mismo período, la población urbana creció a 4,31%, mientras que la rural lo hizo solo a 0,75%. A ese ritmo diferenciado, de los 833.256 habitantes que tenía la Provincia de Trujillo a fines de 2007 solamente el 2% sería rural.

17 La modesta cifra de 853.251 proyectada para el año 2008 puede ser una subestimación frente al auge económico experimentado recientemente en Trujillo atribuido al proyecto Chavimochic y a las inversiones en minería.

vehículo o, lo que es lo mismo, ocho vehículos por cada 100 habitantes. Si la proporción (8/100) sigue aumentando y no se toman medidas preventivas y de corrección de las emisiones tóxicas, los ciudadanos del centro de Trujillo estarán expuestos cada vez a una mayor congestión y contaminación. Esta situación, que ya se está experimentando, perjudica la salud de todos los trujillanos, en especial de los que habitan, laboran y visitan el CHT.

En resumen, actualmente la flota vehicular crece más rápido que la población urbana, aumentando la contaminación en Trujillo. La conversión de vehículos gasolineros a duales junto con otras medidas complementarias puede reducir en parte la gravedad de este problema. Es necesario considerar que la contaminación del aire en la ciudad de Trujillo es generada principalmente por la flota vehicular.

A continuación se verá la situación de las emisiones vehiculares en Trujillo.

## 1.2 NIVELES DE CONTAMINACIÓN EN TRUJILLO Y EL IMPACTO DEL GLP EN EL MEDIO AMBIENTE

En Trujillo, la contaminación del aire ha afectado principalmente a su Centro Histórico (CHT), que comprende todas las manzanas circundadas por la Av. España. En esta zona central de Trujillo viven aproximadamente 100.000 personas y existen alrededor de 170 empresas y comercios formales. Además, diariamente el CHT es visitado por aproximadamente 40.000 personas y 7.000 taxis.

La parte central de Trujillo, como la de otras ciudades costeras del país, tiene calles estrechas. En ellas los vehículos, especialmente taxis, emiten diariamente monóxido y dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos como los compuestos orgánicos volátiles, material particulado, plomo, azufre y otros tóxicos<sup>18</sup>. Estas emisiones afectan la salud de las personas y el medio ambiente. Un derivado de estas emisiones es el

---

18 Carlos Bocanegra. *Impactos e indicadores ambientales en la ciudad de Trujillo*, Parte II, 3. Impactos en el recurso aire, pág.74. Ver también las páginas web denominadas "Tóxicos emitidos en la combustión" del 20 de julio de 2006 en <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi99/autos-y-polucion/Toxico.htm> y "Las emisiones de los automóviles: sinopsis", en <http://www.epa.gov/air/espanol/transporte/sinopsis.html>.

ozono. En efecto, los óxidos de nitrógeno y varios compuestos orgánicos volátiles reaccionan químicamente en presencia de los rayos solares formando oxidantes fotoquímicos como el ozono<sup>19</sup>. Como se confirmará posteriormente, en la ciudad de Trujillo el nivel de algunos tóxicos y derivados se encuentra al borde de los estándares máximos normados por diversos países, por la Organización Mundial de la Salud, OMS, y por el reglamento de la calidad del aire en el Perú<sup>20</sup>.

Para apreciar el daño que causa al aire la contaminación es necesario poseer una idea acerca de cómo está constituido el aire en su forma natural, sin partículas contaminantes excesivas. El aire puro o atmósfera limpia se compone principalmente de tres elementos: 78,09% de Nitrógeno (N<sub>2</sub>), 20,95% de Oxígeno (O<sub>2</sub>) y 0,93% de Argón (A)<sup>21</sup>. El porcentaje de Argón es equivalente a 9.300 partes por millón (ppm) ó 9.300.000 partes por billón (ppb).

Adicionalmente, el aire puro contiene pequeñas cantidades de otros elementos que usualmente se expresan en ppm o ppb. Estos son 330 ppm de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), 2,2 ppm de Metano (CH<sub>4</sub>), 1 ppm de Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O), 0,12 ppm ó 120 ppb de Monóxido de Carbono (CO), 20 ppb de Ozono (O<sub>3</sub>), 1 ppb de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), 0,6 ppb de Óxido Nítrico (NO) y 0,2 ppb de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>). El resto de elementos del aire puro está constituido por pequeñísimas cantidades de diversos gases, partículas y metales como el Plomo. Las partículas y los metales se miden en gramos por metro cúbico (g/m<sup>3</sup>) o microgramos por metro cúbico (µg/m<sup>3</sup>).

Es muy útil comparar las cantidades ideales de los elementos del aire puro con las cantidades que se encuentran en el aire contaminado. En el cuadro 1.5 se contrasta la cantidad de cada elemento en el aire limpio con la cantidad que se encuentra en el aire contaminado, así como con el tiempo promedio que permanece cada elemento en la atmósfera.

---

19 Gerald Kiely. *Ingeniería ambiental: fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. McGraw-Hill / Interamericana de España. Madrid: 1999.

20 Los valores recomendados por la OMS y las normas de calidad del aire de varios países se encuentran en "OPS/CEPIS/PUB/00.50 Pág.32, Acápite 2.2 Guías y normas de calidad del aire en exteriores para contaminantes no tradicionales" de la página web del 20 de julio de 2006 [http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/E/fulltext/normas/2\\_2.pdf](http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/E/fulltext/normas/2_2.pdf).

21 Tyler Millar. *Ciencia ambiental, preservemos la Tierra*. 5ta Edición, Internacional Thomson Editores, S.A. México: 2002. Y Gerald Kiely. *Ingeniería ambiental*.

Cuadro 1.5  
CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS EN LA ATMÓSFERA LIMPIA  
Y EN LA CONTAMINADA CON SU TIEMPO DE RESIDENCIA  
(Mediciones: ppb, g/m<sup>3</sup> y µg/m<sup>3</sup>)

<i>Elemento</i>	<i>Limpio</i>	<i>Contaminado</i>	<i>Tiempo de residencia</i>
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )*	320.000 ppb	>400.000 ppb	N.A.
Metano (CH <sub>4</sub> )*	1.500 ppb	2.500 ppb	8-10 años
Óxido 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 ppb	N.A.
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	0,1-1 ppb	50-250 ppb	1 día
Óxido Nítrico (NO)	0,01-0,6 ppb	50-750 ppb	1 día
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	0,2-10 ppb	20-200 ppb	40 días
Partículas (PM)	<100 g/m <sup>3</sup>	>100 g/m <sup>3</sup>	N.A.
Plomo (Pb)	0,005 µg/m <sup>3</sup>	0,5-3 µg/m <sup>3</sup>	N.A.

\* El Dióxido de Carbono, el Metano y el Óxido Nitroso se sitúan en la parte alta de la estratosfera impidiendo la salida de los rayos solares reflejados.

Fuente: elaboración propia en base a información de *Ingeniería ambiental*, de Gerald Kiely, págs. 134 y 456.

En la ciudad de Trujillo, la actividad que más contamina el aire con estos elementos es el tráfico vehicular. Por este motivo, este estudio tiene como objetivo reducir la contaminación del aire en el Centro Histórico de Trujillo (CHT) proveniente de los vehículos que lo transitan: automóviles y camionetas no rurales.

Con respecto al tiempo de residencia, es cierto que los elementos que se quedan la parte baja de la atmósfera duran solamente unos pocos días. Sin embargo, la emisión diaria de contaminantes vehiculares hace imposible su desaparición completa de la atmósfera respirable (troposfera). Los elementos que permanecen más tiempo son los que van a la estratosfera (capa de la atmósfera a partir de 17 kilómetros sobre el nivel del mar). Estos son los primeros tres elementos del cuadro 1.5, a saber, dióxido de carbono<sup>22</sup>, metano y óxido nitroso. Estos elementos

22 Algunos ambientalistas estiman que el dióxido de carbono puede residir en la estratosfera hasta 15 años. Este elemento es el más mencionado como causante del efecto invernadero.

junto con el vapor de agua son los responsables más importantes del aumento de la temperatura (efecto invernadero) y el cambio del clima en la Tierra.

El Ozono ( $O_3$ ) se produce tanto en la parte baja como en la parte alta de la atmósfera. El ozono de la estratosfera, formado por la radiación ultravioleta del Sol, y el oxígeno protegen la vida en la Tierra, pero el ozono de la troposfera (aire respirable), que se mencionó antes, causa daño al sistema respiratorio de hombres, animales y plantas.

El conocido término “estándar” se encuentra estrechamente relacionado con el concepto de aire contaminado. Los estándares son las cantidades máximas de elementos tóxicos a las que puede estar expuesto el ser humano en un tiempo dado sin deteriorar su salud. Los estándares se expresan cantidades máximas seguras, medidas en microgramos por metro cúbico,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , y en tiempo de exposición. Resulta siempre peligroso al ser humano exponerse a cantidades o tiempos por encima de estos límites.

En el cuadro 1.6 se presenta un promedio de los estándares internacionales de la calidad del aire para tres estados equivalentes, cada uno con su tiempo de exposición y cantidad en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En la elaboración de estos estándares se ha considerado las normas de diversos países desarrollados y las de la Organización Mundial de la

Cuadro 1.6  
ESTÁNDARES INTERNACIONALES DE LA CALIDAD DEL AIRE,  
TIEMPO MEDIO DE EXPOSICIÓN Y CANTIDADES SEGURAS  
(Mediciones:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y tiempo)

Contaminante	Equivalente 1		Equivalente 2		Equivalente 3	
	Tiempo	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tiempo	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tiempo	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Monóxido de Carbono (CO)	1/2 hora	60.000	1 hora	30.000	8 horas	10.000
Ozono ( $O_3$ )	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 propia en base a *Ingeniería ambiental*, de Gerald Kiely, pág.459.

Salud<sup>23</sup>. El cuadro 1.6 se interpreta de esta manera. Las personas que se exponen a un elemento por encima del tiempo y/o de la cantidad segura de un estado equivalente no solo no respetan los estándares, sino que corren el riesgo de dañar su salud. Por ejemplo, si se toma el monóxido de carbono y el Equivalente 1. Si una persona respira por más de media hora aire con 60.000 µg de CO por m<sup>3</sup> o absorbe por media hora aire con más de 60.000 µg de CO por m<sup>3</sup>, entonces es muy probable que su salud se deteriore. El mismo razonamiento se aplica al Equivalente 2 y 3 del monóxido de carbono.

En el cuadro 1.6 no se presenta información para algunos equivalentes. Esta carencia proviene de la fuente consultada, pero se pudo llegar a medidas aproximadas tomando como referencia los equivalentes de contaminantes con información.

El Perú, como otros países, ha fijado estándares nacionales para el aire mediante el Decreto Supremo 074-2001-PCM. Estos estándares se presentan en el cuadro 1.7 para fines de comparación con los estándares internacionales.

Las medidas de este cuadro no emplean el concepto de equivalentes, pero son muy similares a las del cuadro 1.6. En efecto, los estándares nacionales de monóxido de carbono, de dióxido de nitrógeno y de plomo son exactamente iguales a los internacionales. El estándar nacional del ozono es muy similar al internacional. En cuanto al dióxido de azufre y a las partículas PM-10, los estándares nacionales son más tolerantes que las normas internacionales. La columna de formato de este cuadro establece el método estadístico de obtención de los valores o pone límites al número de exposiciones en el lapso de un año. Dado que el sistema de equivalentes del cuadro anterior es más específico, las mediciones del aire de la ciudad de Trujillo, que se presentan a continuación, harán referencia al cuadro 1.6 de estándares internacionales.

El Decreto Supremo 074-2001-PCM no solo aprobó el reglamento de estándares nacionales, sino también dio inicio a la formulación de planes de descontaminación del aire para 13 zonas de atención, entre las que se encuentra Trujillo. La institución pública denominada Gesta Zonal

---

23 Estas normas se han tomado de Gerald Kiely, *Ingeniería ambiental*. Op. Cit, pág.459.

Cuadro 1.7  
ESTÁNDARES NACIONALES DE LA CALIDAD DEL AIRE  
(Los valores son concentraciones en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Contaminante	Período	Forma del estándar	
		Valor en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Formato
Monóxido de Carbono, (CO)	8 horas	10.000	Promedio móvil.
	1 hora	30.000	No exceder más de una vez al año.
Dióxido de Nitrógeno, (NO <sub>2</sub> )	Anual	100	Promedio aritmético anual.
	1 hora	200	No exceder más de 24 veces al año.
Ozono, (O <sub>3</sub> )	8 horas	120	No exceder más de 24 veces al año.
Dióxido de Azufre, (SO <sub>2</sub> )	Anual	80	Media aritmética anual.
	24 horas	365	No exceder más de una vez al año.
Material Particulado de 10 micras, (PM-10)	Anual	50	Media aritmética anual.
	24 horas	150	No exceder más de una vez al año.
Plomo, (Pb)	Anual	(por determinar)	
	Mensual	1,5	No exceder más de cuatro veces al año.

Fuente: elaboración propia en base a DS 074-2001-PCM y al Diagnóstico de Línea Base de la Cuenca Atmosférica de Trujillo Metropolitano. Trujillo 2005. Gesta Zonal del Aire - Trujillo.

del Aire<sup>24</sup> se encarga de esta tarea. Gesta Zonal del Aire se compone de instituciones dedicadas al cuidado ambiental, que se dedican a la medición de la calidad del aire y a la formulación de planes de limpieza por zonas. Todas sus actividades están respaldadas por normas legales<sup>25</sup>. En

24 Gesta Zonal del Aire – Trujillo está conformado por la Cámara de Comercio de La Libertad, el Conam, la Municipalidad Provincial de Trujillo, DESA-La Libertad, las Direcciones Regionales de Educación, Pesquería, Industria y Turismo, Transportes, varias ONG, universidades, el Gobierno Regional (CTAR La Libertad), los Colegios Profesionales, el Sindicato de Choferes, la Policía Ecológica y los empresarios transportistas.

25 La base legal de Gesta Zonal del Aire está constituida por el DS N° 074-2001-PCM (reglamento de estándares nacionales), el DS N° 069-2003-PCM (valor de concentración de plomo), el DS N° 009-2003-SA (reglamento de los niveles de estados de alerta nacionales), el DS N° 047-2002-MTC (límites máximos de contaminantes para vehículos), el DS N° 013-2005-EM (reglamento de la ley del mercado de biocombustibles), el DS N° 025-2005-EM (cronograma de reducción progresiva del contenido del azufre en el diesel n° 1 y 2), y la Ley N° 28054 (promoción de biocombustibles).

mayo de 2005, la Gesta Zonal del Aire – Trujillo emitió un diagnóstico de Trujillo Metropolitano<sup>26</sup>. En este documento figuran mediciones de las emisiones de tóxicos en Trujillo. El cuadro 1.8 presenta estas mediciones de emisiones en diferentes años y en diferentes puntos de muestreo.

Si se compara estas cifras con los estándares internacionales de 24 horas de exposición del cuadro 1.6, se encuentra que en la ciudad de Trujillo las partículas totales suspendidas, PTS, se encuentran en el límite de tolerancia. Las PTS se asocian a enfermedades y a dificultades respiratorias<sup>27</sup>. Además, según los estándares internacionales y nacionales, la emisión de óxidos nitrosos, óxidos de carbono y los compuestos orgánicos volátiles (hidrocarburos) del cuadro 1.8, se puede considerar no excesiva. Sin embargo, la última medición de Gesta Zonal del Aire fue en el año 2003, por lo que es posible que actualmente algunas de estas emisiones ya estén excediendo los estándares internacionales en la ciudad de Trujillo, sobre todo en las horas punta<sup>28</sup>.

Una medición que figura en el cuadro, pero no dispone de estándares es el material particulado fino con un diámetro igual o menor a 2,5 micras, PM-2,5. El monitoreo de Digesa lo calcula alrededor de 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Algunos investigadores creen que estas partículas son peligrosas para el sistema respiratorio y se ha empezado a estudiar la naturaleza de estas partículas finas y sus efectos en la salud humana. En la ciudad de Trujillo también se ha realizado un estudio de las partículas PM-2,5 y otros contaminantes bajo el enfoque de exposición personal.

A diferencia de las mediciones anteriores que miden la calidad del aire en estaciones fijas de monitoreo, un grupo de investigadores de la Universidad de Georgia y el Ing. Manuel Aguilar-Villalobos, de Trujillo, han trabajado en los últimos años con el concepto de exposición personal a la contaminación<sup>29</sup>. Las personas pasan su tiempo durante el transcurso

---

26 El documento lleva por título “Dirección Regional de Salud, La Libertad, Gesta Zonal del Aire – Trujillo: diagnóstico de Línea Base de la Cuenca Atmosférica de Trujillo Metropolitano”. Trujillo, 2005.

27 Gerald Kerly. Op. Cit. En la pág. 470 comenta estos efectos en las personas, pero existen otros. Cuando estas partículas suben a las nubes pueden juntarse con gotas de agua y actuar como espejo, reflejando la luz solar al exterior (fenómeno denominado oscurecimiento solar porque tiende a bajar las temperaturas en la tierra).

28 Las horas de mayor tráfico son de 10:00 AM a 1:00 PM y de 6:00 PM a 9:00 PM.

29 Naeher, Luke P., Manuel Aguilar, Charlene Bayer, John Allen y Xianglu Han. *Exposición*

Cuadro 1.8  
CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE TRUJILLO PARA LOS AÑOS 1997, 2002 y 2003

Año	Contaminantes: fórmulas y unidades de medición	Dióxido	Dióxido	Dióxido	Partículas	Partículas	Partículas	Plomo
		de Azufre (SO <sub>2</sub> )	de Nitrogeno (NO <sub>2</sub> )	Totales Suspendidas (PTS)	10 micras diámetro (PM-10)	2.5 micras diámetro (PM-2.5)	(Pb)	
		µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	(mg/m <sup>3</sup> )	Mg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	
1997	Hospital Belén	0,01	50,3	110,58	-	-	0,43	
	Compañía de Bomberos	0,01	48,2	71,92	-	-	0,07	
	Colegio Químico Farmacéutico	0,02	211,76	224,27	-	-	0,23	
	Farmacia Maritana	0	29,52	140,37	-	-	0,06	
	Autopista Salaverry Km.3,6	0	3,99	-	-	-	-	
Vivienda (Av. T. Varcareel s/n Cd. 11)	-	-	-	-	-	-	0,21	
2002	SAITT	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	243,8	-	-	37,12	-
	Centro de Salud Vista Alegre	9,12	10,24	136,92	-	-	24,47	-
2003	Red de Salud, Trujillo	5,05	2,64	168,44	-	-	49,66	-
	SAITT	5,26	2,89	78,98	-	-	15	-
	Centro de Salud Vista Alegre	3,36	0,9	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 propia en base a Digesa, Gesta Zonal del Aire - Trujillo y PRAL - Trujillo.

de su vida en variados microambientes según su ocupación o estilo de vida. El enfoque de exposición personal ayuda a medir mejor el riesgo de contraer enfermedades para diferentes clases de trabajadores. El método específico consiste en medir la ingesta de tóxicos mediante dosímetros personales.

En el año 2002, este grupo de investigadores empezó a investigar la contaminación del aire de Trujillo y su influencia en la salud mediante un estudio piloto<sup>30</sup> de exposición a contaminantes automotrices entre 58 trabajadores externos (choferes, vendedores ambulantes de periódicos, policías de tránsito y personal de grifos) y diez trabajadores de oficinas que actuaron como controles. En ese estudio se midió el Particulado Fino (PM-2,5), así como el Monóxido de Carbono (CO) y los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV). Estos últimos comprenden el Benceno, Tolueno, Etilbenceno y el Xileno. El cuadro 1.9 presenta los resultados promedio y desviación estándar (DE) de los contaminantes por tipo de trabajadores medidos en el año 2002.

Como resultado de este estudio y según los contaminantes medidos por tipo de trabajador, los choferes de micros tuvieron la máxima exposición al material particulado ( $161 \pm 63,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )<sup>31</sup>, mientras que los trabajadores de los grifos y los trabajadores de oficinas tuvieron la mínima exposición al PM-2,5: ( $64 \pm 26,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $65 \pm 8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente). Los vendedores ambulantes de periódicos tuvieron la máxima exposición al Monóxido de Carbono ( $11,4 \pm 8,9$  ppm), mientras que los trabajadores de oficinas tuvieron la mínima exposición al CO ( $2,0 \pm 1,7$  ppm). En cuanto a la exposición a los COV, los policías de tránsito son los más expuestos al Benceno y Tolueno ( $187,5$  y  $668,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente) y los menos expuestos al Benceno son los choferes de combi ( $5,5 \pm 1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y al Tolueno los trabajadores de oficina ( $10,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Finalmente, la máxima

---

*ocupacional a contaminantes automotrices de particulado fino (PM-2,5), Monóxido de Carbono (CO) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) en Trujillo, Perú.*

30 Naeh, Luke P. y otros. Op. Cit. Es necesario mencionar que este estudio fue realizado por un convenio de la Universidad de Georgia, la Asociación del Aire Ambiental y la Municipalidad Provincial de Trujillo, Trujillo, 2002. Para conocer más detalles al respecto consulte *Exposición ocupacional a contaminantes automotrices de...* en <http://www.munitrujillo.gob.pe/download/ESTUDIO%20DE%20CONTAMINANTES.Pdf>.

31 Entre paréntesis hemos colocado el promedio y opcionalmente la desviación estándar precedida de los signos más menos.

Cuadro 1.9  
EXPOSICIÓN A MATERIAL PARTICULADO 2.5, MONÓXIDO DE CARBONO Y  
COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES  
(partes por millón, ppm y microgramos por metro cúbico,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Trabajadores	Media o Prom.	Material Particulado (PM-2.5)* $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Monóxido de Carbono (CO) ppm	Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Desv. estándar			Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xileno
Choferes combi	Promedio	114,4	2,9	5,5	22,3	2,6	15,6
	D.E.	26,9	0,8	1,7	7,4	1,4	5,6
Choferes micro	Promedio	161,0	2,4	138,6	499,6	NA	NA
	D.E.	63,4	0,7	112,9	440,7	NA	NA
Choferes taxi	Promedio	NA	3,1	8,4	37,3	4,6	27,6
	D.E.	NA	0,7	3,5	16,6	1,6	10,2
Vendedores de periódicos	Promedio	NA	11,4	NA	NA	NA	NA
	D.E.	NA	8,9	NA	NA	NA	NA
Policías de tránsito	Promedio	89,5	3,8	187,5	668,1	NA	NA
	D.E.	29,4	1,9	NA	NA	NA	NA
Personal de grifos	Promedio	64,0	4,8	110,6	253,9	43,2	213,6
	D.E.	26,5	2,0	118,4	226,0	40,1	197,4
Trabajadores de oficina	Promedio	65,2	2,0	NA	10,2	NA	NA
	D.E.	8,5	1,7	NA	NA	NA	NA

\* El PM-2,5 fue medido en un día laboral con el método pasivo en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Solamente el CO fue medido en ppm.

Fuente: elaboración propia en base a Naeher, Luke; Manuel Aguilar y otros: *Exposición ocupacional a contaminantes automotrices de PM-2,5, CO y COV en Trujillo - Perú, 2002.*

exposición al Etilbenceno y al Xileno la tiene el personal de grifos ( $42,3 \pm 40,1$  y  $213,6 \pm 197,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente) y la mínima la tienen los choferes de combi ( $2,6 \pm 1,4$  y  $15,6 \pm 5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente)<sup>32</sup>.

Una característica de este estudio es el énfasis que pone en los efectos de la contaminación en la salud personal. El aire que respira una persona en los diferentes ambientes que transita es el responsable de las afecciones que pueda tener en su sistema respiratorio, nervioso y cardiovascular a lo largo de su vida. Naeher afirma haber encontrado

32 Datos extraídos de los cuadros del informe citado de Naeher, Luke P. y otros.

que el material particulado, como el PM-2,5, afecta directa y gravemente al sistema respiratorio. Además, entre los COV, Naeher sospecha que el Benceno es posiblemente cancerígeno, provocando leucemia. En general, los hidrocarburos tienden a causar pérdida de coordinación, náusea y daños en el hígado. Además, algunos médicos investigadores sostienen que los hidrocarburos poliaromáticos, como el Benceno, son potencialmente cancerígenos.

Naeher recomienda continuar haciendo estudios profundos y detallados de los efectos de la contaminación ambiental en la salud para evaluar la magnitud del problema de salud pública ambiental. Según él, estos estudios permitirán diseñar políticas más eficientes de control y reducción de la contaminación del aire. Naeher continúa diciendo que en el Perú es posible realizar investigaciones epidemiológicas en regiones con diferentes características meteorológicas y condiciones socioeconómicas para determinar la relación entre las emisiones del parque automotor y sus efectos en la salud humana, especialmente en niños, ancianos, mujeres gestantes y otros grupos vulnerables<sup>33</sup>. Una recomendación importante de este estudio se refiere a la prioridad que el gobierno peruano debe dar a este tema asignando recursos para investigar la contaminación del aire en diferentes entornos en todas las ciudades del Perú.

En cuanto al material particulado, algunas fuentes<sup>34</sup> han ubicado la ciudad de Trujillo en niveles peligrosos para la salud. El grupo Gesta-Trujillo también ha alertado sobre los efectos del material particulado y otros tóxicos en la salud pública<sup>35</sup>. Concretamente, este grupo ha estimado las partículas y otros tóxicos vehiculares emitidos por todo tipo de vehículos, incluyendo los petroleros. Gesta-Trujillo ha realizado efectivamente una estimación de la producción de contaminación en toneladas de todos los vehículos de la ciudad de Trujillo durante el año 2003. El cuadro 1.10

---

33 Comentarios adicionales sobre este tema se pueden encontrar en la obra de Luke P. Naeher y otros. Op. Cit.

34 Carlos Bocanegra. *Impactos e indicadores ambientales en la ciudad de Trujillo*. Editora Nuevo Norte S.A. Trujillo, 2000, pág. 75. Además, hay que tener en cuenta que si bien disminuir las partículas ayuda a la salud humana, también puede disminuir la intensidad del fenómeno del oscurecimiento global (ver nota anterior), permitiendo que la tierra se caliente más.

35 Puede consultarse "Gesta Trujillo: Zonal del aire de Trujillo", página web del 22 de julio de 2006 ubicada en <http://www.ucv.edu.pe/lima/GESTADELAIRETRUJILLO.pdf>.

Cuadro 1.10  
EMISIÓN ESTIMADA DE CONTAMINANTES EN TRUJILLO PROCEDENTES  
DE DIVERSAS FUENTES MÓVILES DURANTE EL AÑO 2003 EN TN/Año

<i>Fórmulas de los contaminantes*</i>	<i>PTS</i>	<i>SO<sub>2</sub></i>	<i>NO<sub>x</sub></i>	<i>CO</i>	<i>COV</i>	<i>Pb</i>
Tipo vehículo:						
Automóvil	85,78	233,07	959,32	6.408	1.001,77	17,9
Camioneta Panel	0,65	1,79	5,6	36,6	5,21	NA
Camioneta <i>Pick up</i>	10,48	28,94	132,71	1.142,9	137,14	3,15
Camioneta <i>Station Wagon</i>	37,78	108,96	156,21	450,5	63,75	0,33
Total	134,69	372,76	1253,84	8.037,9	1.207,87	21,38
Camioneta rural	36,99	107,26	129,45	184,93	27,74	NA
Semirremolque	97,56	228,89	1.485,9	232,64	180,11	NA
Remolque	118,97	279,12	1.812,02	283,7	219,64	NA
Ómnibus	164,77	392,7	2160,29	1.098,5	476	NA
Camión	156,1	372,05	2.046,69	1.040,7	450,97	NA
Vehículo menor	4,43	5,7	16,73	1.730,3	691,34	NA
Total	578,82	1385,72	7.651,08	4.570,7	2.045,8	NA
TOTAL GENERAL	713,5	1.758,5	8.904,9	12.609	3.253,66	21,39

\* PTS = Partículas Totales Suspendidas, SO<sub>2</sub> = Dióxido de Azufre, NO<sub>x</sub> = Óxidos de Nitrógeno, CO = Monóxido de Carbono, COV = Compuestos Orgánicos Volátiles y Pb = Plomo.

Fuente: elaboración propia en base a información de Gesta Zonal de Trujillo, PRAL Trujillo.

presenta estos resultados. Para fines de comparación, se ha dividido el parque vehicular en dos grupos: los vehículos bajo estudio y los demás vehículos. Estos últimos son mayormente unidades de mayor tamaño que funcionan a petróleo.

Existen diferencias entre las emisiones de los vehículos bajo estudio y las emisiones de los demás vehículos. Solamente en monóxido de carbono y plomo, los vehículos bajo estudio son más contaminantes como grupo. En las demás emisiones, el grupo de vehículos mayores daña más el aire. El total general es bastante alto e indica que en la ciudad de Trujillo la reducción de la contaminación mediante la conversión a GLP es solo una contribución marginal frente a la gran cantidad de contaminantes vehiculares que toda la flota emite anualmente.

Por ejemplo, en relación a las emisiones de la gasolina el GLP reduce solamente un promedio de 25% del Monóxido de Carbono (CO), Dióxido

de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), Metano ( $\text{CH}_4$ ) y Óxido Nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ )<sup>36</sup>. Pero no reduce los otros Óxidos de Nitrógeno ( $\text{NOx}$ ), que junto con algunos hidrocarburos ( $\text{COV}$ ) son responsables de la formación del peligroso ozono en la atmósfera respirable (troposfera).

En cuanto al azufre, el GLP no es una fuente de emisión. Las emisiones de Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) son generadas por la combustión del Diesel 2. Como no es posible convertir vehículos petroleros al sistema dual, no se puede reducir este contaminante por esta vía. Sin embargo, se sabe que el dióxido de azufre constituye un serio peligro para el sistema respiratorio y la tolerancia humana a este contaminante es bien limitada<sup>37</sup>. Por consiguiente, es necesario estudiar también la forma de disminuir la gravedad de este problema<sup>38</sup>. Una forma podría ser convirtiendo vehículos petroleros a Gas Natural Comprimido (el GNC de Camisea), pero por el momento esta conversión se puede realizar solamente en Lima.

En relación al GLP y a la emisión de partículas existen dos posiciones. Muchos afirman que la combustión del GLP produce en general menos partículas que el uso de gasolina<sup>39</sup>, pero algunos creen que el GLP emite más partículas finas,  $\text{PM}_{2.5}$ . Esta ambigüedad recuerda que el GLP es un hidrocarburo que solamente emite menos emisiones peligrosas que otros como las gasolinas o el Diesel 2. La solución definitiva a las emisiones de los combustibles tiene que venir de una fuente limpia como el hidrógeno o la electricidad.

Finalmente, en lo que al plomo se refiere, este es un aditivo solo de las gasolinas, el GLP no contiene plomo. El estándar internacional anual es de  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En el año 1997, se midió  $0,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (cuadro 1.8) alrededor del hospital Belén, que se encuentra en el CHT. Felizmente,

---

36 Galarza y otros. Op. Cit. Pág. 22.

37 Se puede respirar un máximo de  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de dióxido de azufre en una hora, lo que equivale a 150 ppb en condiciones normales de presión y temperatura. Cantidades mayores son dañinas al ser humano, especialmente si el dióxido de azufre se convierte en ácido sulfúrico. Ver Kiely. Op. Cit. Pág. 406.

38 En relación al azufre, en EE.UU. ha tenido éxito la emisión de permisos para contaminar negociables, pero para fuentes de contaminación fijas (plantas de generación de electricidad en base a carbón). Ver Robert N. Stavins. "What Can We Learn from Grand Policy Experiment? Lessons from  $\text{SO}_2$  Allowance Trading". *Journal of Economic Perspectives* – Volume 12, Number 3 – Summer 1998 – Págs. 69-88.

39 Galarza y otros. Op. Cit. Pág. 22.

las últimas disposiciones obligan a reducir este aditivo en las gasolinas. Es muy probable que la cantidad de plomo en el ambiente esté disminuyendo, sobre todo en los grifos<sup>40</sup>, pero no existen todavía datos para probar el resultado de las medidas recientes de eliminación del plomo de las gasolinas.

En general, se puede afirmar que la reducción de la contaminación mediante la conversión a GLP es una contribución solo marginal, si consideramos el tamaño total de la flota de vehículos de Trujillo. Como se observó en el cuadro 1.2, a fines de 2005 la cantidad total de vehículos en operación de La Libertad ascendió a 51.552. Frente a esta cifra, los 2.000 convertidos hasta fines de 2005 representaron solamente el 3.9% de toda la flota. El 25% de reducción en contaminantes del 3,9% de vehículos representa una reducción de solo 1% en emisiones de Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>) y Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O). Ahora bien, si todos los 14.419 vehículos no petroleros del cuadro 1.3 se convirtieran a duales, entonces sí se podría llegar a una reducción significativa de los cuatro contaminantes que se acaban de mencionar. Pero, como se verá al analizar los modelos de conversión, existen una serie de obstáculos que no permiten aumentar las conversiones hasta abarcar la totalidad de los vehículos no petroleros de Trujillo.

En resumen, las conversiones de automóviles y camionetas no rurales son un medio de reducir parte de la contaminación que se emite diariamente en el CHT. Los vehículos a GLP emiten 25% menos de monóxido de carbono, dióxido de carbono metano y óxido nitroso que los vehículos gasolineros. Asimismo, los convertidos no arrojan al aire ni partículas de plomo ni azufre. Si bien las emisiones de óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles aumentan, el GLP reduce las emisiones de los contaminantes que más afectan la salud humana y se encuentran en mayor proporción en la atmósfera respirable.

Pasamos ahora a analizar una medida de control de la contaminación ensayada en Trujillo, su comparación con la conversión a GLP y las condiciones en las que debe realizarse una conversión para que sea económica y ayude a disminuir la contaminación.

---

40 Los más expuestos a este metal son los que proveen el servicio de abastecimiento de gasolina en los grifos surtidores. Ver Kiely. Op. Cit. Pág. 476.

### 1.3 MEDIDAS ENSAYADAS EN TRUJILLO Y CONDICIONES DE LA CONVERSIÓN A GLP

La contaminación afecta a la salud de las personas que viven, trabajan, estudian, tienen negocios y visitan diariamente el centro de Trujillo. Cualquier medida que tienda a reducir aunque sea marginalmente la contaminación del centro beneficiará a toda esta población. Pero algunas medidas de control ensayadas en Trujillo han afectado económicamente a la parte de la población que trabaja o tiene negocios en el Centro de Trujillo<sup>41</sup>. Por ejemplo, se ha prohibido el ingreso por horas a la parte más transitada del centro. Esta medida ha generado un costo económico para los taxis y los negocios de la parte restringida. Si bien la población que visita y trabaja en la parte restringida se encuentra aliviada, el área circundante a la zona restringida se ha congestionado más y sufre una mayor contaminación. Por consiguiente, para el centro de la ciudad como un todo la contaminación ha disminuido muy poco<sup>42</sup>.

En general, las restricciones al acceso no son muy eficaces en reducir la contaminación. Por ese motivo, este estudio enfoca el problema de la limpieza del aire en el Centro Histórico de Trujillo prestando atención a los cambios tecnológicos, como la conversión a GLP. Como se mencionó antes, este cambio no es suficiente para solucionar el problema, pero si se complementa con la implementación de medidas bien pensadas de control y mando, puede resultar significativo. La diferencia entre el cambio a GLP y los instrumentos de control radica en que la conversión respeta la libertad de los dueños de vehículos, quienes deciden libremente en función de los costos y beneficios de la inversión. En otras palabras, la reducción de la contaminación mediante la conversión se realiza usando los incentivos del mercado.

---

41 Existen estudios costo-beneficio de la contaminación en las ciudades y los grupos afectados. La metodología de estos estudios se encuentra desarrollada en Perman, Roger y otros: *Natural Resources & Environmental Economics*, capítulo 8.

42 Además muchas medidas de control de la contaminación del aire de las ciudades generan conflictos sociales. Estos conflictos sin embargo no son monopolio de las ciudades; se presentan en todos los sectores de la economía. Por ejemplo, en el año 2005 se presentó un conflicto entre el pueblo de San Mateo y la empresa minera Lisandro Proaño. Los detalles se pueden apreciar en "El conflicto ambiental en San Mateo de Huanchor" del 23 de julio de 2006 en <http://peru.indymedia.org/news/2005/07/18200.php>.

Las ventajas de la conversión son de carácter económico y ambiental. Solamente se puede obtener las ventajas si se incurre en costos. Además del costo de la inversión, existe un costo de preconversión. La conversión logra sus objetivos económicos y ambientales solamente si se realiza en vehículos con motor y demás accesorios en excelentes condiciones de operación. Más aún, el trabajo mismo de convertir debe hacerse con tecnología apropiada, mano de obra calificada, supervisada por un ingeniero, y con componentes de calidad. Después de la conversión, el vehículo debe recibir un mantenimiento regular<sup>43</sup>. Si se respetan estas condiciones, entonces el GLP puede disminuir, por lo menos en un 25%, los óxidos de carbono y otros gases, así como ahorrar por lo menos un 40% en el gasto en combustibles y en gastos de mantenimiento.

En resumen, conviene recordar dos puntos. Primero, el GLP es menos contaminante que las diversas gasolinas, pero puede aumentar las emisiones de compuestos orgánicos volátiles y algunos óxidos de nitrógeno, creando ozono<sup>44</sup>. Sin embargo, estos aumentos no son muy significativos porque en conjunto constituyen un volumen de emisiones muy inferior a los óxidos de carbono, azufre, plomo y material particulado, que el GLP ayuda a disminuir significativamente. Segundo, es necesario prestar atención al proceso de conversión y al mantenimiento del vehículo convertido si se quiere alcanzar los objetivos económicos y ambientales que promete el uso del GLP.

---

43 Algunos vehículos convertidos en Trujillo arrojan GLP por el tubo de escape. Esta situación constituye un serio peligro para la salud y un riesgo de incendios y hasta de explosiones. El mantenimiento regular se encarga de disminuir este peligro latente. Asimismo, muchos dueños de vehículos duales no encienden diariamente los motores de sus vehículos con gasolina por unos 15 minutos, como es recomendable. Encender un vehículo dual, que ha estado varias horas sin uso, directamente con GLP puede dañar el motor.

44 Algunos vehículos modernos vienen con convertidores catalíticos en sus tubos de escape. Estos dispositivos permiten reducir las emisiones de tóxicos. Sin embargo, instalarlos en vehículos es costoso. La industria metal-mecánica peruana podría interesarse en el tema e intentar crear sistemas económicos de reducción o conversión de emisiones tóxicas.



## EXTERNALIDADES, INVERSIÓN EN CONVERSIÓN Y MERCADO DE COMBUSTIBLES

El tema específico de determinantes de la conversión no ha sido tratado en la literatura revisada, ni encontrado en las páginas web. Por consiguiente, se ha considerado como referencias teóricas relevantes a los modelos generales de las fallas del mercado y a las externalidades negativas, a la teoría de la inversión financiera y al análisis del mercado de combustibles.

### 2.1 EXTERNALIDADES NEGATIVAS

El transporte dentro de las ciudades es una actividad en la que intervienen básicamente los dueños de vehículos, la naturaleza, la sociedad y el Estado. Cuando los dueños de vehículos queman combustible, la sociedad y la naturaleza se ven afectadas. Tradicionalmente el gobierno se ha encargado de proveer y mantener la infraestructura vial, normar el tráfico y emitir dispositivos de seguridad para conductores y peatones. Sin embargo, recientemente el Estado ha tomado conciencia del ambiente y ha empezado a emitir normas dirigidas a disminuir la contaminación de las ciudades. La contaminación del aire producida por el transporte afecta a la salud pública y, consecuentemente, a la economía.

El transporte contamina el aire de la siguiente manera. Los dueños alimentan sus vehículos comprando combustibles fósiles. Al quemarse, para transformar estos combustibles en energía motriz se toma de forma gratuita oxígeno del aire para mezclarlo adecuadamente con el combustible y obtener la combustión deseada. Luego, también de forma gratuita,

los vehículos empiezan a arrojar tóxicos al aire por el tubo de escape, como subproductos de la energía motriz. El resultado es aire contaminado concentrado en el centro de las ciudades, lugares que soportan un alto tránsito de vehículos.

En la literatura económica, el aire puro se considera un bien público y libre. Todos tienen igual derecho al uso del aire puro<sup>45</sup>. Sin embargo, la contaminación que emiten al aire los dueños de vehículos afecta negativamente a todos los involucrados, incluidos ellos mismos. 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 del servicio, ciertamente los servicios de transporte serían más caros y su oferta sería menor, pero tendríamos aire más puro. Tanto el aire puro como los servicios de transporte son bienes escasos y deseados, pero el sistema de mercado tiende erradamente a producir más servicios de transporte y menos aire puro que las cantidades deseadas por la sociedad en su conjunto. Esta falla del sistema significa soportar más contaminación que la socialmente deseable.

El excedente de contaminación constituye la externalidad negativa<sup>46</sup>. Cuanto más tóxicos tenga el aire, como subproducto de la actividad del transporte, mayor será la cantidad de la externalidad negativa del aire 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 y/o limpieza de la contaminación (mal económico) emitida por el transporte urbano. Las políticas, leyes y reglamentaciones del medio ambiente, administradas en forma eficiente y adecuada, pueden reducir la contaminación. Disponer de aire más limpio permite disminuir

---

45 Gilpin, Alan. *Economía ambiental: un análisis crítico*. México: Alfaomega Grupo Editor S.A., 2003.

46 El término "externalidad" significa que los productores no lo consideran en sus costes y "negativa" quiere decir que tiene efectos negativos en la propiedad y salud de los demás. Sir Nicholas Stern, ex economista en jefe del Banco Mundial, define esta falla del mercado no solo en términos de los efectos inmediatos en la salud y propiedad, sino también en términos de sus efectos acumulados a largo plazo (efecto invernadero y cambio climático). Ver "Climate Non Conformity", del 28 de noviembre de 2006 en <http://www.opinionjournal.com/editorial/feature.html?id=110009181>. Ciertamente el cambio climático, más calor y más frío que antes, va a poner en peligro la vida de los seres humanos y la rentabilidad de muchas actividades económicas, empezando por la agricultura.

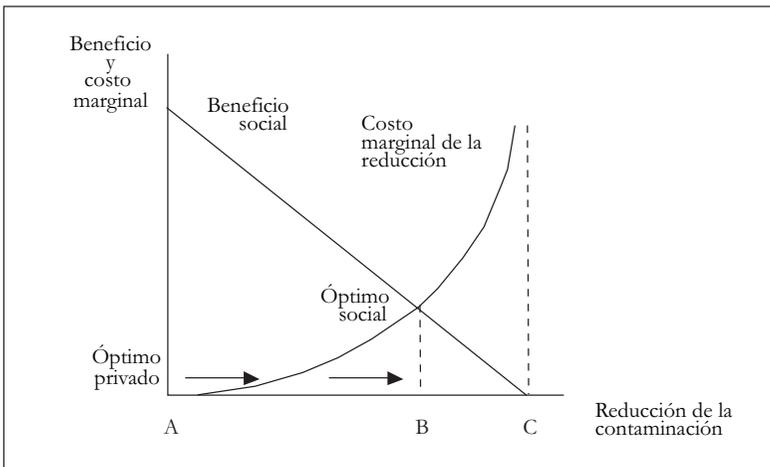
los diversos tipos de morbilidad (hasta muertes prematuras) asociadas a la contaminación. Sin embargo, dadas las instituciones y el estado de la tecnología, no es todavía una tarea fácil.

El mercado no permite asignar los costos de las externalidades a las unidades que lo producen. Además, no está claramente definido si los peatones tienen derecho a respirar aire puro o los dueños de vehículos tienen derecho a contaminar el aire. Por consiguiente, bajo cualquier régimen de competencia los niveles óptimos de provisión de servicios de transporte van a seguir siendo mayores que lo deseable desde el punto de vista social.

Se verá ahora cómo la reducción del transporte urbano y otras medidas permitirían, en teoría, disminuir la contaminación y acercar la economía al óptimo social. El gráfico 2.1 ilustra este camino a partir del óptimo privado.

Las medidas de mando y de control encaminadas a reducir la contaminación son las que se encargan de pasar del punto A, el óptimo privado, al punto B, el óptimo social. Estas medidas<sup>47</sup> obligan a los dueños de

Gráfico 2.1  
BENEFICIO SOCIAL Y COSTO MARGINAL  
DE LA REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN



47 Las medidas mismas tienen un costo, que por razones de simplicidad no se toman en cuenta en este estudio.

vehículos incurrir en costos adicionales, cada vez mayores<sup>48</sup>. Estos costos pueden consistir simplemente en circular menos y consecuentemente dejar de prestar servicios y de percibir beneficios, como también incurrir en costos explícitos como son los de mantenimiento del vehículo, cambio de piezas y partes, reparación del motor y otros. Estos últimos permiten reducir en parte la contaminación sin dejar de circular.

Asimismo, pasar del punto A al punto B también implica aumentar el bienestar social, pero a una tasa decreciente: el beneficio marginal en el gráfico 2.1 va reduciéndose. Cuanto más se avanza en la dirección del punto B, el beneficio marginal social es cada vez menor hasta que este iguala al costo creciente de reducción de contaminación en el punto B. A partir de aquí, si se pretende limpiar más el aire, el beneficio resultará menor que el costo. Por consiguiente, no es socialmente deseable avanzar más allá del punto B. Esta consideración implica que el óptimo social no consiste en alcanzar la reducción total de la contaminación (punto C). Este punto elevaría el costo privado muy por encima del beneficio social, que sería casi nulo. Los altos costos privados llevarían a la paralización casi total del transporte en la ciudad y a cero contaminación (alternativa irracional). El óptimo social implica entonces tolerar la cantidad B-C de contaminación, porque tanto el transporte como el aire puro son bienes sustitutos escasos y deseados.

Ahora se pasará a considerar las medidas usadas para pasar del punto A al punto B. La política de limpieza en diferentes países ha empleado diversos instrumentos para reducir la contaminación. Destacan entre ellos: a) los instrumentos de mando y control, b) los instrumentos orientados al mercado<sup>49</sup>, c) la política de educación y difusión de información ambiental y d) las medidas de promoción financiera.

Las medidas de mando y control son regulaciones directas mediante las que se ordena a las empresas reducir las emisiones en una cantidad determinada en un lapso dado. El gobierno puede sugerir estándares de diseño para tecnologías limpias o simplemente anuncia estándares de performance que establecen la máxima cantidad de contaminación que

---

48 Gilpin, Alan. Op. Cit. pág. 174.

49 Los dos primeros instrumentos son tratados por Robert N. Stavins en "What Can We Learn from Grand Policy Experiment? Lessons from SO<sub>2</sub> Allowance Trading". En: Journal of Economic Perspectives – Volume 12, Number 3 – Summer 1998 – págs. 69-88.

las empresas pueden emitir. Los instrumentos de mercado a su vez están constituidos básicamente por los impuestos a la contaminación y los permisos de emisión negociables. En la literatura se afirma que estos dos instrumentos permiten a los contaminadores del aire entender el valor del aire puro y, en el caso de permisos negociables, estos también minimizan el costo de lograr cierto nivel de reducción.

En cuanto a los instrumentos de información y apoyo financiero se puede sugerir dos observaciones. Primero, la información ambiental sensibiliza a la población y crea presión social para reducir la contaminación. Por consiguiente, las políticas de educación ambiental reducen la contaminación, aunque su efecto se deja sentir solo en el mediano y largo plazo. Segundo, las medidas de promoción financiera bien diseñadas permiten invertir en la reducción de las emisiones, siempre y cuando exista un beneficio que permita pagar los préstamos. Como se verá luego, este es el caso de la conversión de vehículos gasolineros al sistema dual. El financiamiento de la conversión vía sistema financiero tiene asegurado su devolución bajo ciertas condiciones. Además, el apoyo financiero puede orientarse a la adquisición de vehículos nuevos. Las subvenciones, crédito blando e incentivos fiscales para adquirir vehículos nuevos, que reemplazan a los obsoletos, mejoran la calidad del aire. En cierta medida, las medidas de apoyo financiero pueden considerarse también instrumentos orientados al mercado porque pueden tomar la forma de menores impuestos o mayores subsidios.

En general, los objetivos de las políticas de limpieza son reducir la contaminación, cumplir con los estándares vigentes exigidos y lograr acercarse al óptimo social indicado por el punto B del gráfico 2.1. Estas políticas pueden ser instrumentos orientados al mercado o medidas de mando y control.

Aunque la contaminación del aire de fuentes fijas ha sido recientemente regulada con instrumentos orientados al mercado con cierto éxito<sup>50</sup>, la contaminación de fuentes móviles, como el transporte, ha sido regulada principalmente con medidas de mando y control. Estas últimas medidas no siempre han sido aceptadas por los dueños de vehículos por los costos que implica acatarlas. Externamente se manifiestan con menos servicio de transporte y a veces con una reducción de la flota. En efecto, las cuotas,

---

50 Stavins, Robert. Op. Cit.

licencias, revisiones técnicas, prohibición de la circulación, restricción del acceso a los lugares más contaminados, limitación de los permisos del ejercicio de taxis y otras han sido siempre rechazadas e incumplidas por los dueños de vehículos, especialmente por los dueños de taxis.

Por otro lado, la regulación de la contaminación del aire ha incentivado la creación y difusión de tecnologías más limpias en lugares como Japón, Europa y EE. UU. Estas tecnologías nuevas permiten alcanzar los estándares establecidos, muchas veces a un costo menor. Dentro de estas tecnologías nuevas se encuentran los convertidores catalíticos, que ahora emplean los vehículos nuevos, los combustibles ecológicos como el etanol, el diseño de nuevos motores de combustión híbrida y la modificación de los actuales mediante la instalación dispositivos que ahorran combustible o permiten usar otros combustibles. Uno de estos dispositivos es el *kit* de conversión que una vez instalado en el vehículo le permite usar gas además del combustible tradicional<sup>51</sup>. Los *kits* de conversión de vehículos gasolineros al sistema dual gasolina/GLP incluye el vaporizador, el tanque, la cañería y otros dispositivos menores<sup>52</sup>. Con la conversión se hace más barato acatar las medidas de reducción de la contaminación porque el GLP contamina menos que los demás combustibles fósiles. Además, en el caso de taxis, no es necesario aumentar la tarifa de transporte para el público porque la conversión es rentable por sí misma a los precios actuales.

A diferencia de los cuatro instrumentos de política mencionados antes, la conversión reduce la contaminación sin disminuir el servicio ni el tamaño de la flota. Cuando se considera la conversión, tanto el punto A como el B del gráfico 2.1 se trasladan a la derecha, a medida que se van convirtiendo más vehículos gasolineros. El beneficio va disminuyendo porque el aire se va limpiando a un costo privado compensado con

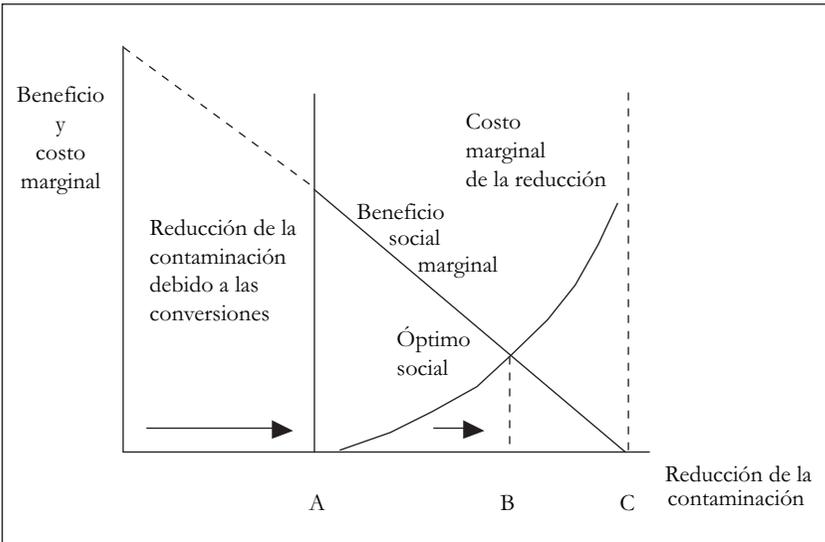
---

51 Comentarios sobre este tema pueden encontrarse en Walter Nicholson. *Teoría microeconómica*. 8ª Edición. Internacional Thomson Editores Spain Paraninfo S.A. Madrid, 2004. pág. 694.

52 Es importante recalcar que la tecnología GLP reduce, no elimina la contaminación. La producción de energía vehicular que no contamine en absoluto el aire todavía se encuentra bajo de estudio. Lo que disponemos son cambios a sistemas híbridos con GLP o GLC. También existen vehículos alimentados con etanol o biocombustibles en general. Los motores que operan con electricidad o hidrógeno todavía tienen un costo de operación muy alto.

beneficios de ahorro en combustible. El resultado un poco exagerado se puede apreciar en el gráfico 2.2.

Gráfico 2.2  
CONVERSIONES Y NUEVO COSTO - BENEFICIO  
DE LA REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN



En relación al gráfico anterior, tanto el punto A como el punto B se han desplazado a la derecha. En otras palabras, con las conversiones se ha avanzado en el camino de reducción de la contaminación sin costo social alguno. Sin embargo, existen al menos tres limitaciones para esta reducción. Primero, la conversión se aplica solamente a vehículos gasolineros. Segundo, el GLP no es completamente limpio; emite algunos contaminantes y, en cantidades significativas, si la instalación está mal hecha o no se mantiene adecuadamente el vehículo convertido. Tercero, la decisión de los dueños de convertir su vehículo no depende solamente del ahorro en combustible que el GLP produce; existen otras consideraciones que impiden la conversión, como se verá en el capítulo 3.

Es necesario resaltar que en el gráfico 2.2 el punto A se encuentra más a la derecha que en el gráfico 2.1. Las conversiones han reducido la

contaminación y el beneficio social marginal se ha reducido en el nuevo punto A. Las conversiones implican menos contaminación y aumentan el beneficio total social, reduciendo el beneficio marginal. A partir del nuevo punto A, las medidas complementarias de control y mando tendrán un costo marginal creciente, pero pasar ahora del punto A, el óptimo privado, al punto B, el óptimo social, requiere menos regulación porque la distancia A-B es menor en el gráfico 2.2 que la presentada en el gráfico 2.1.

Los instrumentos de mando y control que permiten llegar al óptimo social, el punto B, se consideran medidas complementarias y también sustitutas a las conversiones. Son sustitutas porque una determinada reducción se puede llevar a cabo con instrumentos de mando y control, o con conversiones. Son complementarias porque las conversiones no son suficientes para llegar al óptimo social. Son necesarias medidas adicionales. En este contexto, la estrategia apropiada para limpiar el aire de las ciudades consistiría en incentivar las conversiones hasta donde sea posible y luego aplicar instrumentos de mando y control para acercarse al óptimo social.

Sin embargo, es necesario recordar que la aplicación de instrumentos de mando y control crea conflicto social, como se vio anteriormente. Es necesario adoptar medidas que minimicen el conflicto. Por ejemplo, se podría restringir el acceso al centro de la ciudad a los vehículos que probablemente contaminan en exceso, como los que arrojan humo negro o blanco. Esta y otras medidas tienen un costo para el organismo público que las administra y también para los dueños de vehículos. Sin embargo, hay que recordar que es racional implementarlas mientras el beneficio social sea mayor que el costo privado. El costo de algunas medidas puede ser reducido con otras medidas complementarias. Por ejemplo, las revisiones técnicas pueden ir acompañadas de medidas de apoyo financiero a los dueños de vehículos. Este apoyo ayudaría a afrontar el mantenimiento y las reparaciones necesarias para que los vehículos puedan ir a revisión.

Muchos dueños de vehículos, especialmente de taxis, han descuidado el mantenimiento de sus vehículos no solo por motivos económicos, sino también por costumbre<sup>53</sup>. Cambiar los hábitos y actitudes de las personas

---

53 En nuestra cultura parece existir poca previsión del futuro. Se adquieren activos, pero se descuida su mantenimiento de tal manera que la vida útil de las inversiones se abrevia. Esta costumbre no muy racional hace menos rentable a largo plazo los proyectos privados de inversión.

no es muy fácil. Es posible que la participación ciudadana pueda influir en el cambio de las conductas negativas hacia el medio ambiente y de los intereses privados de largo plazo. En efecto, la presión social puede hacer más responsables a los dueños de vehículos. Para esto se requiere que toda la población tome conciencia del daño social<sup>54</sup> que causan los vehículos que más contaminan. Luego, es necesario dirigir la participación ciudadana hacia objetivos alcanzables con medidas eficaces.

Mientras tanto, este estudio presenta las conversiones como una forma de reducir la contaminación sin crear conflicto social. Más aún, como se verá luego, el proceso de convertir un vehículo gasolinero al sistema dual es una inversión rentable para los dueños de vehículos porque genera beneficios futuros mayores al gasto inicial. De hecho, el motivador más importante de la conversión debería ser su rentabilidad basada en los beneficios futuros que se obtienen de usar un combustible más barato que la gasolina.

Volviendo al tema ambiental, es posible que la conversión sea motivada no solo por su rentabilidad, sino también por el deseo de contaminar menos el aire. Si los dueños de los vehículos gasolineros son conscientes del daño ambiental que causan, esta reflexión puede crear un motivo adicional en ellos que los induzca a tomar la decisión de conversión. En los países avanzados, tienen al parecer más conciencia del problema ambiental y están demostrando tener responsabilidad social al actuar como productores o consumidores ecológicos<sup>55</sup>. Un consumidor ecológico tendría poder para influir en las decisiones de los dueños de vehículos prefiriendo usar taxis convertidos, por ejemplo. Asimismo, es posible que un taxista con responsabilidad social tenga más motivos para convertir su vehículo al sistema dual.

En resumen, los dueños actualmente no toman en cuenta el daño que generan las emisiones tóxicas de sus vehículos. Por consiguiente, la contaminación está aumentando cada vez más en las ciudades del Perú, como sucede en Trujillo. La reducción de la contaminación del aire se puede obtener con medidas de control y mando y/o con un cambio tecnológico como la conversión de vehículos al sistema dual. El principal

---

54 Sismondi, Daniela. Op. Cit. pág. 67.

55 Fraj, Elena y Eva Martínez. *Comportamiento ecológico de los consumidores*. Madrid: Esic Editorial, 2002.

motivador de la conversión es su propia rentabilidad. Adicionalmente, muchas personas están tomando conciencia del daño que causa el aire contaminado de las ciudades a la salud humana y al ambiente. Este conocimiento está creando nuevas actitudes que pueden apoyar las decisiones de conversión y las medidas de limpieza.

Desde el punto de vista privado, la conversión exige una inversión inicial, pero ofrece incentivos económicos para realizarla. La teoría de la inversión y la incertidumbre asociada constituye también un legítimo marco de referencia para este estudio.

## 2.2 INVERSIÓN EN CONVERSIÓN

El análisis de las externalidades aplicado al transporte permitió explicar por qué se genera la contaminación del aire en las ciudades. También permitió presentar que una forma atractiva de disminuir la contaminación del aire es a través de las conversiones de vehículos gasolineros al sistema dual gasolina/GLP. La conversión es una decisión económica de inversión que toman los dueños de vehículos gasolineros. La teoría de la inversión explica en parte el comportamiento de esos dueños. Los conceptos importantes de esta teoría son costos, beneficios, rentabilidad, incertidumbre y riesgo.

Los costos de esta teoría se refieren a la compra del equipo de conversión, que se instala en el vehículo, y a los gastos de mantenimiento. Los beneficios son los ahorros en el gasto diario en combustible: el GLP es más barato que las diversas gasolinas del mercado. La incertidumbre del precio futuro del GLP y el riesgo de que la conversión se vuelva obsoleta con otras posibles innovaciones tecnológicas determinan que la decisión de conversión sea un poco riesgosa. En general, la información imperfecta que tenemos del futuro siempre crea incertidumbre en el presente. Los profesionales de la rama de la estadística han cuantificado la incertidumbre, asignando probabilidades en forma subjetiva u objetiva a los inciertos sucesos del futuro.

La teoría de la inversión establece que un gasto en el presente se llevará a cabo si los rendimientos futuros descontados al presente usando una tasa de descuento adecuada exceden al desembolso inicial. La inversión en el proceso de conversión de vehículos gasolineros a

duales constituye el gasto inicial actual. El proceso será rentable si los ingresos futuros que genera la inversión, bajo la forma de ahorro en el gasto de combustible y otros, son mayores que el gasto de inversión inicial. Esta comparación requiere traer los inciertos beneficios futuros al presente usando una tasa de interés. La tasa que se empleará es la tasa de interés del mercado de préstamos para taxistas, por ser la más apropiada.

El cuadro 2.1 presenta los cálculos de los costos presentes y los beneficios futuros junto al valor presente de los beneficios.

Cuadro 2.1  
COSTO, BENEFICIOS Y VALOR PRESENTE DE LA CONVERSIÓN  
AL SISTEMA DUAL

<i>Costo o inversión inicial en Nuevos Soles</i>		<i>Beneficio anual válido por ocho años en Nuevos Soles</i>		
<i>Rubros:</i>		<i>Rubros:</i>	<i>Taxista</i>	<i>Particular</i>
Conversión	S/. 2.000	Ahorro en combustible	S/. 4.800	S/. 1.920
Reparación	S/. 500	Depreciación	S/. -250	S/. -250
Trámites	S/. 500	Mantenimiento	S/. -300	S/. -300
TOTAL	S/. 3.000	Anualidad	A = S/. 4.250	A = S/. 1.370
Tasa de dcto $i = 0,60$		Valor Presente (VP)*	S/. 11.168	S/. 3.600
Duración $n = 8$ años				

\* Fórmula de descuento:  $VP = A / (1 + 0.60)^i$ , donde  $i = 1 \dots n$ .

Fuente: elaboración propia en base a los datos técnicos proporcionados por los talleres de conversión.

En el cuadro, el mayor gasto inicial es la compra del equipo de conversión, que asciende a S/. 2.000<sup>56</sup>. Si a esta cantidad se agrega posibles reparaciones previas que requiera el vehículo por un monto promedio de S/. 500 y los gastos en trámites de certificación y cambio de tarjeta de propiedad por otros S/. 500, la inversión completa podría llegar a la cifra de S/. 3.000.

56 Equivalente a \$ 600 al tipo de cambio vigente. Esta cantidad es el costo de un *kit* de conversión de calidad instalado con mano de obra también de calidad.

Ahora bien, el ahorro anual en combustible<sup>57</sup> para un taxista que emplea cinco galones de combustible diarios, asciende a S/. 4.800, a los precios actuales. Y 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<sup>58</sup>. Asimismo, se descuenta S/. 300 anuales por concepto de mantenimiento del *kit* instalado. Este gasto garantiza la duración del equipo y certifica el ahorro en combustible estipulado. Con estos supuestos, los beneficios netos anuales alcanzarían la cifra de 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 taxistas y particulares traídos al presente usando la tasa de interés del 60%<sup>59</sup> dan los valores presentes de S/. 11.168 para taxistas y S/. 3.600 para particulares<sup>60</sup>. Estas cantidades son mayores que los S/. 3.000 soles de inversión inicial. Por consiguiente, la inversión es rentable para ambos grupos dados los supuestos mencionados.

Los beneficios netos anuales de S/. 4.250 para taxistas y S/. 1.370 para particulares son considerados montos promedio. Esto quiere decir que estas cifras pueden variar en virtud de las circunstancias de cada dueño del vehículo, del mercado de combustibles, del entorno macroeconómico y de las innovaciones tecnológicas. A más variación en los beneficios netos anuales, menos deseos de invertir experimentarán los dueños de vehículos<sup>61</sup>, normalmente adversos al riesgo. Los dueños

57 El ahorro anual en combustible es el beneficio de la inversión. No se ha considerado la mayor duración del motor ni el menor gasto en limpieza y lubricantes. Estos ahorros adicionales harían por supuesto mucho más rentable la inversión.

58 Se ha supuesto en forma razonable que el *kit* de conversión dura ocho años y luego su valor residual es cero.

59 Esta es la tasa máxima estimada para taxistas. Las líneas de crédito tienen un costo variable según el riesgo que presenta el prestatario. En el mercado financiero, los taxistas obtienen crédito a una tasa de interés que puede llegar hasta el 4% mensual. Esta tasa acumulada a rebatir llega a 60% al año.

60 La fórmula financiera empleada es el valor presente de una anualidad por ocho años.  $VP = A * \sum 1 / (1+0.60)^i$ , donde A es la anualidad e i representa los años, que varían de 1 a 8. El valor de esta fórmula se encuentra resolviendo la progresión  $[K(n+1) - 1] / [K(n+1) - K n]$  donde  $K = (1+0.60)$  y  $n = 8$ . Ver Samuelson y Nordhaus. Economía. XVIII Edit. McGraw-Hill / Interamericana Editores S.A. México, 2006. Pág. 263.

61 La mayoría de personas es adversa al riesgo. La forma de la función de utilidad de una persona adversa al riesgo se puede encontrar en Jeffrey M. Perloff. Microeconomía. 3ª Edición. Pearson Education S.A. Madrid, 2004. Pág.17.

de vehículos particulares serán los más sensibles a los cambios en beneficios porque su valor presente de S/. 3.600 es ligeramente superior a los S/. 3.000 de inversión inicial. Por otro lado, el valor presente de los beneficios de los taxistas es S/. 11.168, muy superior al monto de la inversión inicial. Aun si sus beneficios se reducen en 10, 20 ó 30 por ciento, la inversión para taxistas sigue siendo rentable.

Un factor que puede alterar los beneficios esperados es el cambio relativo en los precios de los combustibles. Si el precio del GLP se aproxima al de la gasolina, los ahorros en combustible disminuyen y la inversión se torna menos rentable. Este tema se analizará detalladamente en la siguiente sección relacionada con el mercado de combustibles.

Mientras tanto, conviene indicar que un taxista que decide pedir un préstamo para convertir su vehículo puede pagar gran parte del crédito de S/. 3.000 con el ahorro en combustibles de solo un año. En efecto, el ahorro de S/. 4.250, acumulado en el primer año y descontado a una tasa de 60%, valdría en el presente S/. 2.656. Por otro lado, el dueño de un vehículo particular no puede pagar el préstamo en un año usando solo el ahorro que obtiene del uso del GLP en lugar de gasolina. Si este último desea pagar el préstamo en un año tiene forzosamente que hacer uso de ingresos adicionales que no provienen de la posesión y uso de su vehículo.

Se pasará ahora a analizar otro aspecto de la incertidumbre de la inversión en conversión relacionado con la información disponible. Es verdad que el principal motivador de la conversión de vehículos al sistema dual es el ahorro en el gasto en combustible, pero existen aspectos del proceso de conversión que pueden retardar la toma de decisiones. Uno de ellos es la asimetría de la información<sup>62</sup> que poseen las personas que intervienen en el proceso. El que desea convertir su vehículo tiene que optar por un determinado taller. Cada taller emplea *kits* de conversión de una determinada marca y dispone de una mano de obra con cierta

---

62 La información sobre las características del bien de capital por adquirir y sobre el profesionalismo de las personas encargadas de hacerlo operativo influye en la toma de decisiones de inversión en conversión. En este respecto, Perloff hace un análisis general de la asimetría de la información y la toma de decisiones. Ver Jeffrey M. Perloff. Op. Cit. Pág.19.

calificación. El taller conoce mejor sus equipos y mano de obra que el dueño que desea convertir su vehículo. La falta de conocimiento acerca de los talleres de conversión, de la calidad de los equipos a instalarse y de la calificación de la mano de obra empleada puede retardar la decisión de conversión de los dueños de vehículos.

Además, los inversionistas deberían tener algún conocimiento técnico sobre las características de los equipos, su forma de operar en los vehículos gasolineros, sus efectos en la performance del vehículo, las diferentes marcas de los *kits* y sus precios, y las garantías que ofrecen los talleres. En este tema, el testimonio de los dueños de vehículos ya convertidos es una fuente valiosa de información tanto positiva como negativa. Muchos dueños están satisfechos con la inversión realizada, pero otros por economizar han convertido sus vehículos en talleres informales con resultados no tan halagadores.

Como se mencionó anteriormente, las conversiones mal hechas o la compra de equipos de calidad cuestionable pueden convertir el proceso en poco rentable. En general, las conversiones mal hechas no logran alcanzar los objetivos de rentabilidad analizados y muchas veces crean confusión entre los dueños que se encuentran en el proceso de decidir por la conversión de sus vehículos. Una recomendación que se desprende de este estudio es la conveniencia de difundir la tecnología GLP, presentando los diferentes *kits* disponibles en el mercado, sus características y su calidad<sup>63</sup>. También se recomienda que organismos del Estado certifiquen los talleres de conversión que prestan servicios de calidad. De esta manera, los dueños de vehículos sabrían dónde acudir para fines de conversión y mantenimiento. Finalmente, se debe invitar a las instituciones locales y a la ciudadanía organizada a ayudar en la transmisión de información confiable sobre el proceso de conversión, *kits* y tanques de calidad, y sobre las características de los vehículos duales.

La falta de conocimiento del proceso y de las características de los equipos fomenta dudas y temores entre los dueños de vehículos gasolineros, como el miedo de que el gas del vehículo genere un incendio<sup>64</sup>,

---

63 Tal como se hizo en los dos talleres sobre GLP que organizó la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Trujillo en el año 2006.

64 Por ejemplo, cuando un taxi convertido explota por errores cometidos en el taller que lo convirtió o por el mantenimiento nulo que se le da al vehículo convertido, no solo crea temores entre los dueños de taxis, sino también entre las personas

y el temor a quedarse en algún momento sin surtidores de GLP cerca. Estos temores también pueden retardar y hasta impedir las conversiones de vehículos al sistema dual.

Incluso si el dueño de un vehículo gasolinero conoce perfectamente la tecnología dual y no posee ningún tipo de temor, 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. La falta de acceso al crédito impide algunas conversiones que de otra forma se llevarían a cabo. Esto quiere decir que no solo la rentabilidad<sup>65</sup>, 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 un sentido amplio, la falta de ahorros propios acumulados y/o la dificultad de acceder al crédito formal son restricciones a las conversiones. Las políticas de fomento de líneas de crédito para taxistas y de difusión de las ventajas del crédito pueden aumentar las conversiones a la tecnología GLP<sup>66</sup>.

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 sea rentable en términos económicos. Esto significa que la rentabilidad no es suficiente para explicar la conversión de vehículos al sistema dual, como se verá en detalle al considerar los determinantes de los modelos de conversión.

Una vez realizada la inversión, viene el período de recuperación del capital mediante el ahorro en el gasto de combustible. El ahorro futuro depende de la diferencia en el gasto en GLP y lo que se gastaría en gasolina si no se hubiera convertido. Este cálculo depende de los precios de mercado. El análisis que viene a continuación enfoca los precios de mercado

---

que usan los servicios de taxis. En Trujillo se han presentado dos de estos lamentables eventos.

65 En general, la decisión de inversión en un nuevo proceso no depende solamente de la rentabilidad del mismo, los hábitos y prejuicios pueden influir negativamente. Toma tiempo y esfuerzo cambiar de conducta para adaptarse a una situación de mayor bienestar.

66 Es verdad que algunos dueños no disponen de los requisitos necesarios para poder acceder a un préstamo, pero también es cierto que entre los dueños calificados para obtener préstamos existe cierto rechazo a usar el crédito formal.

de los combustibles en cuanto permiten aumentar la confianza en los gastos presentes y ahorros futuros presentados en el cálculo del valor presente.

### 2.3 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 vehículos, sus dueños ofertan servicios a sí mismos o al público (taxis) y demandan diariamente combustibles y otros insumos para seguir operando. Un vehículo convertido provee los mismos servicios que un vehículo gasolinero, aunque con menos contaminación. La diferencia entre ambos se encuentra en el precio que pagan por los combustibles que emplean. Como expresaron algunos taxistas convertidos en la encuesta: “10 soles de gas rinden 30 ó 40 por ciento más que 10 soles de gasolina”. Por consiguiente, el análisis de la dinámica de los mercados de las diversas gasolinas y del GLP resulta necesario para asegurar el flujo de ahorro futuro en el gasto en combustibles. Este flujo representa los ingresos futuros que permiten justificar la inversión presente.

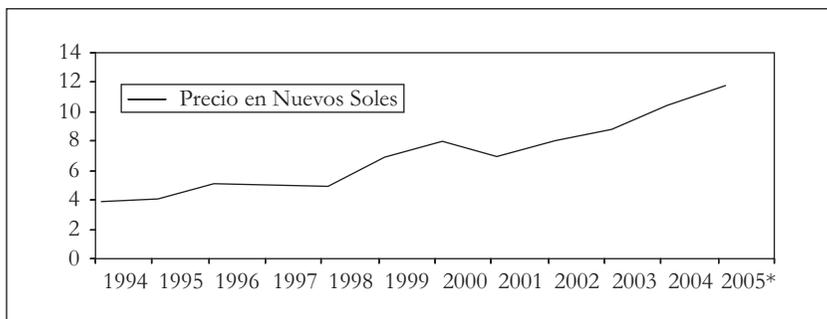
En los últimos 10 años, el precio de los diversos combustibles ha aumentado consistentemente debido a que la demanda de los mismos ha crecido a un ritmo mayor que la oferta. El Perú no ha podido escapar del aumento de los precios de los combustibles, a pesar del fondo de compensación que existe para amortiguarlo. Por ejemplo, el precio de la gasolina de 84 octanos en el Perú se ha triplicado desde fines de 1994 hasta fines de 2005, como se puede observar en el gráfico 2.3.

Las demás gasolinas de diferente octanaje y el Diesel 2 también han experimentado alzas similares. La explicación por el lado de la demanda se encuentra en el crecimiento de la flota vehicular y la industrialización a nivel mundial. Recientemente, la República Popular China y la India<sup>67</sup> han empezado a demandar más combustible. Por el lado de la oferta, no existe registro de descubrimientos importantes de yacimientos petroleros en los últimos años. Esta situación ha determinado que el crecimiento de

---

67 BCRP, 2006: “Medidas del gobierno para estabilizar los precios de los combustibles”. Moneda 132, pág. 30.

Gráfico 2.3  
PRECIO DE LA GASOLINA DE 84 OCTANOS  
(DICIEMBRE 1994-2005\*)



\* El precio del año 2005 es del mes de octubre.

Fuente: elaboración propia en base a datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI.

la oferta sea moderado. Como resultado, los precios de todas las gasolinas y del Diesel 2 han aumentado en los últimos 10 años y se espera que lo seguirán haciendo en los próximos años. El gráfico 2.3, que presenta la trayectoria del precio de la gasolina de 84 octanos<sup>68</sup>, muestra el precio del combustible representativo de este estudio.

El Perú ha ido aplicando medidas para reducir el alza de combustibles. Pero estas han logrado solo suavizar la volatilidad de esta tendencia al alza, no congelar los precios a largo plazo. Por otro lado, los acontecimientos relacionados con la oferta hacen suponer que el precio de los combustibles no va a descender a los niveles de los años ochenta y noventa. En general, los conflictos en Medio Oriente tienden a impulsar el alza del precio del barril del petróleo y la política conciliadora entre Oriente y Occidente tiende a estabilizar y hasta reducir un poco los precios. Sin embargo, es muy difícil recuperar los niveles de precios de la década de 1980 porque esta alza gradual en precios está reflejando la relativa escasez de todos los combustibles fósiles. Estos recursos son no renovables y tienen un límite físico. Es muy probable que la producción actual de

68 Esta gasolina es la que mayormente usan los taxis y algunos vehículos particulares gasolineros. Por consiguiente, el alza del precio de esta gasolina es el que induce a muchos dueños de vehículos a optar por la conversión.

combustibles derivados del petróleo sea la máxima alcanzable y dentro de algunos años la oferta empiece a contraerse<sup>69</sup>. La contracción de la oferta de combustibles durará hasta que la energía usada en la extracción sea mayor que la energía extraída<sup>70</sup>. En el período de contracción el alza del precio de los combustibles es inevitable, salvo si se encuentran sustitutos más baratos e igualmente eficientes.

La escasez relativa de cualquier bien genera incremento en su precio. En el caso del petróleo genera inflación, porque afecta a la energía, a los pasajes y a todos los bienes que requieren transporte. Pero no todo es negativo. El alto precio del barril de petróleo, producido por la escasez de sus reservas y otros factores, está incentivando investigaciones en energías alternativas como las generadas por el Sol, el viento, la electricidad, el hidrógeno o la destilación. Actualmente existen combustibles sustitutos como el etanol, el GLP y el GNC. El etanol se produce y emplea en forma significativa en Brasil y en Estados Unidos<sup>71</sup>. El GLP y el GNC se emplean en algunos países de Europa, Asia y América. Además, existen otros biocombustibles en experimentación en diversos países. En el Perú los combustibles alternativos viables a corto plazo son el GLP y el GNC. A mediano plazo, el Perú podría producir etanol. En lugares donde se requiera mucho tiempo para tender gasoductos, como es el caso de las ciudades fuera de Lima, el GLP se convierte en la opción rápida de implementar, aunque restringida a los vehículos gasolineros.

El galón de GLP cuesta actualmente 40% menos que el galón de gasolina de 84 octanos. Al parecer esta relación puede mantenerse en el

---

69 Algunos analistas creen que la reducción de la oferta de petróleo empezará dentro de uno o dos años; otros creen que hasta el año 2050 no se puede hablar de contracción de la producción de combustibles fósiles y que el proceso de descenso puede durar hasta el año 2100.

70 No se puede saber de antemano cuando se dejará de extraer petróleo o gas. Sin embargo, es probable que el petróleo se acabe antes que el gas, porque en la última década se ha encontrado reservas considerables de gas en el mundo. Por consiguiente, es posible que los combustibles asociados al gas natural suban de precio más lentamente que los derivados del petróleo.

71 El etanol contamina menos el aire y reduce la dependencia del petróleo de Oriente Medio. Algunos países incentivan la producción de etanol. En Estados Unidos el etanol se encuentra doblemente protegido: subsidio y arancel. Sin embargo, como el etanol se produce mayormente de la caña de azúcar o del maíz, puede reducir la producción de alimentos aumentando su precio.

futuro cercano porque Camisea está aumentando su oferta de GLP. En efecto, Camisea no solo produce gas natural, sino también procesa algunos productos líquidos como el GLP. La oferta nacional actual de GLP es ligeramente mayor que la demanda nacional. Por otro lado, el gobierno está impulsando en Lima la conversión al gas natural de Camisea. La mayor disposición del gas de Camisea para los hogares, fábricas y vehículos en Lima tiende a disminuir la demanda de GLP a nivel nacional, al mismo tiempo que las conversiones fuera de Lima la aumentan. A nivel global sucede lo mismo. Existe en muchos países mayor entusiasmo por el GNC y el etanol que por el GLP. Estos hechos inducen a pensar que la demanda mundial no se va a alterar por las conversiones a GLP y menos por las hechas en el Perú. Por consiguiente, es muy probable que en el mediano plazo el precio del GLP se mantenga cercano al 60% del precio de la gasolina 84 octanos, aun si el Perú llega a importar de nuevo GLP<sup>72</sup>.

En resumen, es muy probable que en el mediano plazo la relación entre el precio del GLP y los precios de las diversas gasolinas se mantenga bastante estable porque el GLP tiene sustitutos con demanda creciente (GNC y etanol). Por estas consideraciones, el ahorro que se obtiene y se obtendrá de usar GLP en lugar de gasolina permitirá garantizar la recuperación del capital invertido en conversión. Este análisis aumenta la confianza en las cifras de la rentabilidad de la conversión presentadas en el cuadro 2.1.

---

72 En un escenario pesimista de reducción de la producción de GLP en Talara y de aumento de la demanda nacional por encima de lo que produce Camisea, el precio del GLP aumentaría en relación a las gasolina de 84 octanos. Frente a este panorama, es posible que el gobierno establezca un fondo de compensación para mantener bajo el precio del GLP para garantizar la rentabilidad de surtidores de GLP y vehículos convertidos. Sin embargo, aun sin compensación, es poco probable que el precio del GLP iguale al de la gasolina de 84 octanos porque, como se dijo, el GLP no despierta mucho entusiasmo en el mundo y su producción es relativamente barata.



## MODELOS DE CONVERSIÓN Y CAMBIOS EN LOS DETERMINANTES

Este capítulo empieza analizando las variables de la encuesta con la finalidad de encontrar relaciones entre la variable por explicar, la conversión de vehículos y los determinantes postulados a la luz de la teoría y del sentido común. El tamaño de la muestra y las personas a encuestar se obtuvieron con fórmulas estadísticas y técnicas de muestreo aleatorio. El anexo C describe detalladamente la muestra usada, las variables empleadas y el análisis efectuado a los datos de la encuesta. Después del análisis de variables, se construye modelos lineales de conversión como una primera aproximación al problema. El anexo D describe en detalle la estimación del modelo de probabilidad lineal y su corrección. Luego se estimó y analizó el modelo Logit, que es el modelo escogido para este estudio por sus características matemáticas y mejor adaptación a los datos de la muestra<sup>73</sup>. Finalmente, se predijo escenarios de conversión que se deducen de cambios en las variables explicativas que pueden alterarse con medidas de limpieza.

### 3.1 ANÁLISIS DE VARIABLES

En los modelos de variable dependiente dicótoma, la variable dependiente  $Y$  es una variable artificial que asume los valores de “1” ó “0”, indicando

---

<sup>73</sup> En el modelo Logit la probabilidad de conversión no aumenta en forma lineal con el cambio en los determinantes, sino en forma no lineal. Permite mayor variación en la probabilidad de conversión en los umbrales de cambio de los determinantes. Este comportamiento se ajusta mejor a lo que se espera usando el sentido común.

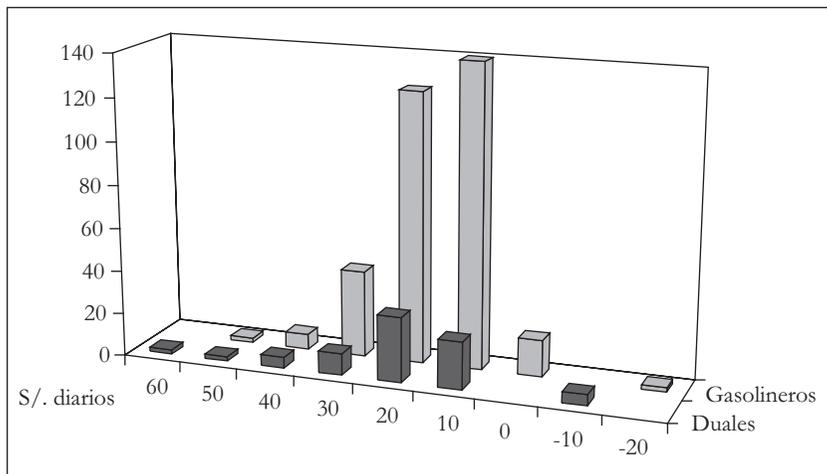
la “presencia” o “no presencia” de una cualidad o atributo. La ausencia de una cualidad es el punto base con el que se compara la mayor o menor influencia de los determinantes. Un aumento en el valor de un determinante puede producir mayor o menor probabilidad de conversión dependiendo del sentido de la influencia. En el modelo de conversión,  $Y = 1$  significa que el vehículo es dual, es decir, usa GLP y gasolina, mientras que  $Y = 0$  representa al vehículo gasolinero. Los vehículos que emplean solo gasolina constituyen la categoría base con la que se compara el cambio que han experimentado los dueños de los vehículos duales en función de los determinantes o de las variables explicativas. Sin embargo, una vez estimado el modelo los valores predichos de  $Y$  ya no son los dos valores discretos, sino una serie continua entre cero y uno, y se interpretan como la probabilidad de conversión.

Las variables explicativas del modelo de conversión son mixtas, algunas son dicótomas y otras cuantitativas. Entre ellas se encuentra la variable de la encuesta más importante en términos teóricos, el ahorro en combustible. En efecto, los dueños de duales declararon que ellos tomaron la decisión de convertir sus vehículos principalmente porque el precio de la gasolina se incrementaba año tras año y el GLP les permitía gastar menos en combustible (cuadro B.2, anexo B). Sin embargo, cuando se pregunta a todos los dueños de vehículos cuánto es el ahorro del GLP sobre la gasolina, tanto los dueños de gasolineros como de duales coinciden en que el ahorro se sitúa entre 30 y 50 por ciento (cuadro B.14, anexo B). Esta coincidencia también se detecta en el ahorro diario en soles, como puede apreciarse en el siguiente gráfico (cuadro B.7a, anexo B).

El gráfico 3.1 muestra que tanto los dueños de vehículos gasolineros como los de duales saben que el ahorro diario se encuentra entre 10 y 30 soles, dependiendo de los kilómetros recorridos. Esta similitud de respuestas impide introducir el ahorro en soles o en porcentajes como variable explicativa. No es la falta de información ni la creencia errónea del monto de ahorro lo que impide la conversión.

Sin embargo, el ahorro replanteado como la mayor o menor necesidad de ahorrar sí constituye una explicación de los hechos. En efecto, entre todos los dueños los que más sienten la necesidad de ahorrar son los que tienen bajos ingresos (cuadro B.18, anexo B) e hijos pequeños (cuadro B.19, anexo B). Entre este grupo de dueños se encuentra más convertidos que fuera del grupo. Es muy probable que los dueños con

Gráfico 3.1  
FRECUENCIAS DE AHORRO DIARIO DE GASOLINEROS Y DUALES



Fuente: elaboración propia en base a resultados de encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

ingresos no bajos y sin hijos pequeños no sientan presión por maximizar sus ingresos. Ellos se encuentran bien como están<sup>74</sup>. En consecuencia, el ahorro en combustible no es significativo; en su lugar se introduce en el modelo como determinante el nivel de sus ingresos y el tamaño de su familia. Los dueños con ingresos bajos (variable dicótoma) e hijos pequeños (variable dicótoma) tienen mayor probabilidad de convertir sus vehículos.

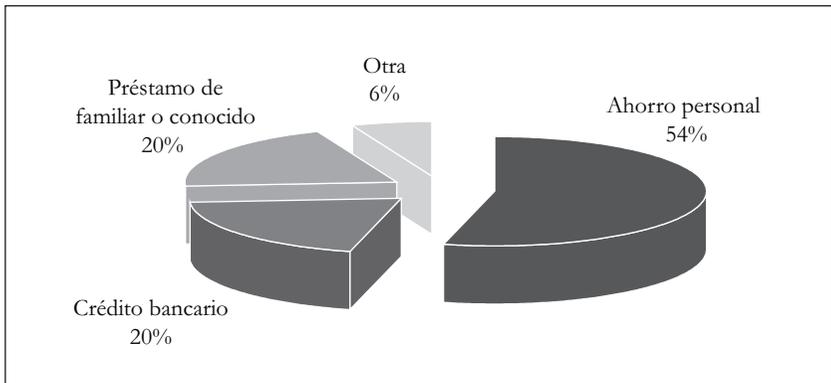
Otro grupo de determinantes está constituido por el conocimiento de la tecnología, el temor por la seguridad del vehículo y el temor de no encontrar un grifo GLP cuando se requiera. Estos tres determinantes

<sup>74</sup> Algunos dueños no optan por la conversión, a pesar de conocer los ahorros que el uso del GLP genera, porque tienen mucho temor al cambio o su racionalidad es limitada. Agentes que no maximizan y se encuentran satisfechos con los beneficios que obtienen son parte de un campo de investigación que se dio en la década de 1970. El economista Dr. Rodolfo S. Cermeño-Bazán, egresado de la UNT y ex docente de la PUCP, cree que este concepto es aplicable a este estudio. También es posible que algunos dueños de vehículos nuevos (pertenecientes a estratos altos de ingreso) piensen que la conversión daña sus vehículos.

se registraron en una escala de Likert y al convertirse a variables dicótomas resultaron tener respaldo empírico (estadísticos t significativos). Los umbrales de cambio para su transformación a variables dicótomas se encontraron en la mitad de la escala de Likert (cuadro B.15, anexo B).

Con respecto al acceso al crédito, no se encontró diferencias claras entre las respuestas de los dueños de vehículo gasolineros y las de los dueños de vehículos duales (cuadro B.16, anexo B). En otras palabras, la restricción financiera no encontró respaldo empírico. En general, los dueños de un solo vehículo sienten cierto rechazo al uso del crédito formal<sup>75</sup>. Cuando se preguntó a los convertidos cómo financiaron la conversión, respondieron que mayormente con ahorros propios, préstamos de familiares y de conocidos (cuadro B.3, anexo B). El gráfico 3.2 permite apreciar los porcentajes de las fuentes de financiamiento.

Gráfico 3.2  
FUENTE DE FINANCIAMIENTO DE LOS VEHÍCULOS CONVERTIDOS



Fuente: Elaboración propia en base a encuestas sobre conversión de vehículos a GLP.

En este gráfico se puede detectar que solamente 20% de los convertidos usó el crédito bancario. He aquí algunas conjeturas que explican

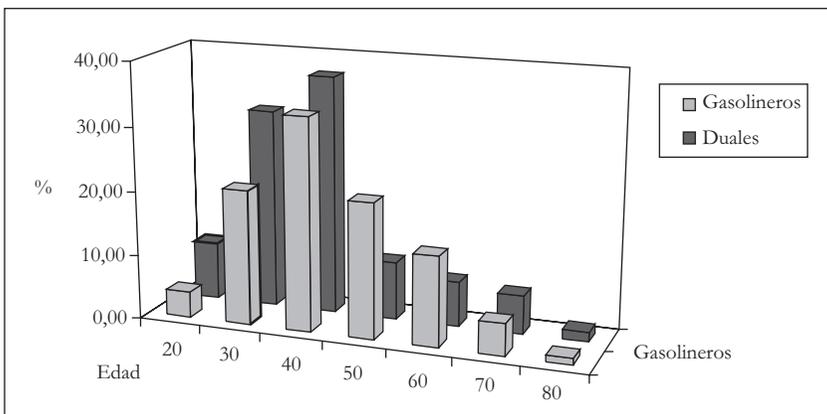
75 No se sabe si los dueños de flotas tienen otra actitud. Es posible que deseen compartir el riesgo con los bancos ya que el tamaño de sus activos es mayor.

el bajo uso del sistema financiero formal. Es posible que los dueños de vehículos gasolineros no acudan mayormente a los bancos por prejuicios (cuadro B.9, anexo B). También es posible que se genere cierta indecisión entre los dueños de vehículos por la incertidumbre del futuro de los combustibles. La incertidumbre crea temores e impide usar el sistema financiero formal. El miedo se puede manifestar en una actitud de rechazo al endeudamiento bancario.

Además de los determinantes postulados, la encuesta muestra cierta correlación entre la condición de vehículo convertido y dos variables no conjeturadas como determinantes. Estas son la edad del dueño (cuadro B.17, anexo B) y la antigüedad del vehículo (cuadro B.10, anexo B). Se encontró que al agregar estas dos variables como determinantes cuantitativos la explicación del modelo se incrementa. Tiene cierto sentido encontrar que entre los dueños jóvenes y vehículos nuevos se encuentren más convertidos que entre sus opuestos. Se pasará ahora a detallar la forma funcional de la influencia de estos dos determinantes.

En primer lugar, los dueños cuyas edades se encuentran entre 20 y 40 años tienen en mayor porcentaje vehículos convertidos que los de edad intermedia (50-60 años), como se observa en el gráfico 3.3.

Gráfico 3.3  
PORCENTAJE DE GASOLINEROS Y DUALES SEGÚN LA EDAD DE DUEÑO DEL VEHÍCULO

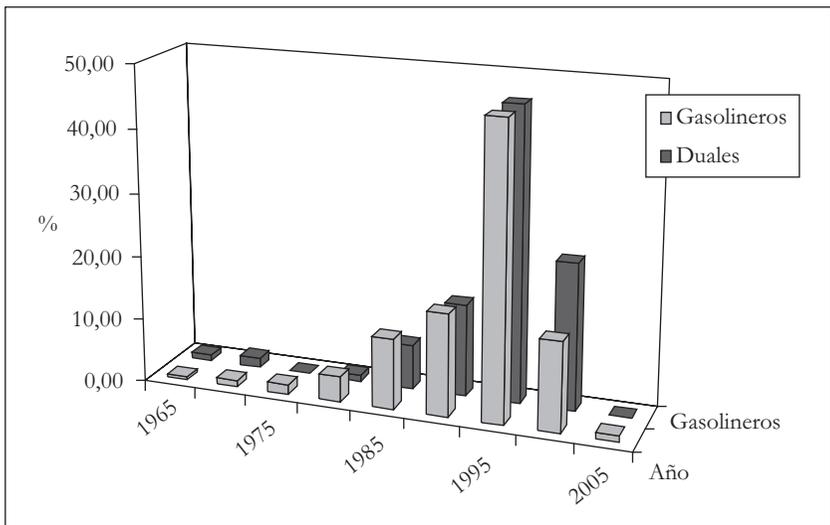


Fuente: elaboración propia en base a encuestas sobre conversión de vehículos.

Los más jóvenes tienen mayor porcentaje en la distribución, como se observa en el gráfico 3.3. Las torres más claras corresponden a vehículos no convertidos y las más oscuras a los convertidos. En las clases 20-40 años, las barras de los duales son más altas que las de los gasolineros, mientras que en las clases de 50-60 años estas últimas son mayores. En las clases 70-80, los duales ligeramente ganan. Esto significa que algunos de los que forman parte de la categoría de adulto mayor (más de 65 años) inexplicablemente se han convertido.

La segunda variable agregada es la antigüedad del vehículo (año de fabricación). El gráfico 3.4 presenta los porcentajes de dueños de vehículos gasolineros y duales, según el año de fabricación del vehículo.

Gráfico 3.4  
PORCENTAJE DE GASOLINEROS Y DUALES SEGÚN EL AÑO DE FABRICACIÓN DEL VEHÍCULO



Fuente: elaboración propia en base a encuesta sobre conversión.

En este gráfico la diferencia no es muy notoria. Se observa ligeramente más convertidos entre los vehículos fabricados en los años 2000-2005 que

entre los más antiguos. Asimismo, llama la atención observar unos pocos vehículos muy antiguos (1965-1970) que se encuentran convertidos<sup>76</sup> (barras oscuras ligeramente más altas que las claras). Entre los vehículos fabricados en años intermedios (1975-1990) los vehículos gasolineros dominan ligeramente a los convertidos.

Las diferencias porcentuales observadas en la edad de dueño y en el año de fabricación de vehículo justificaron su incorporación al modelo con resultados significativos. Los dueños jóvenes y los que poseen vehículos nuevos tienen mayor probabilidad de convertirse que sus contrarios. Los jóvenes toman riesgos más fácilmente y el costo de convertir vehículos nuevos es menor. No requieren gastos de preconversión. Sin embargo, entre los vehículos de adultos mayores y los muy antiguos también se encuentran algunos vehículos convertidos. No existe explicación coherente para esta observación empírica inesperada. Podría tratarse de valores extremos o de errores de muestreo. Se optó por dejar estos datos como están, sin darles un tratamiento especial.

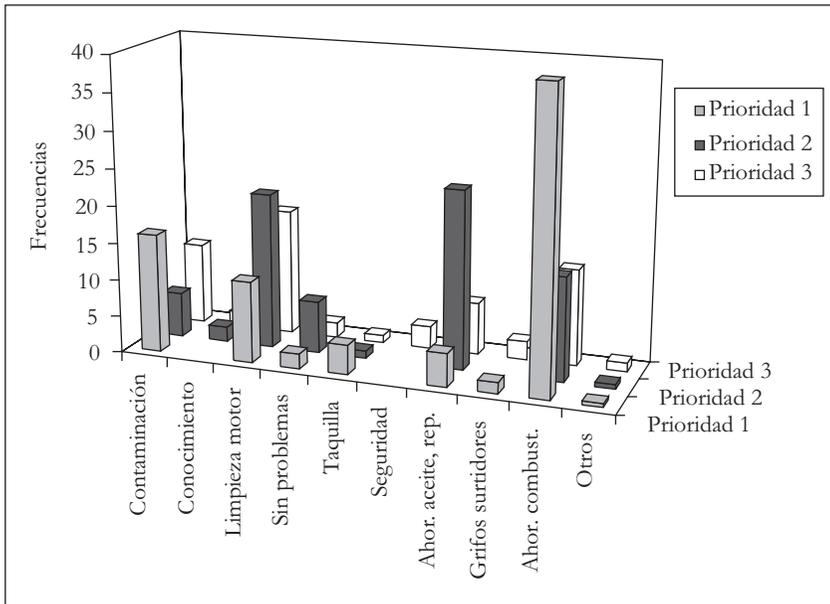
Finalmente, los motivos ambientales como determinantes de la conversión no resultaron significativos en el modelo. Los resultados de la encuesta insinúan que la menor contaminación es más una ventaja que un motivo de conversión. Las respuestas de los dueños de vehículos duales sobre las ventajas priorizadas de la conversión presentan la menor contaminación del GLP en un lugar importante (cuadro B.5, anexo B).

También destacan como ventajas de la conversión el ahorro en combustible, la limpieza del motor y el ahorro en aceite, en repuestos y otros. Las frecuencias de estas respuestas en forma de barras para cada una de las tres prioridades se presentan en el gráfico 3.5. En ese gráfico, se presenta las tres frecuencias de prioridad. Este se refiere a ventajas, no a motivos de conversión. El primer rubro de izquierda a derecha muestra la ventaja de la menor contaminación que produce el GLP, el segundo al

---

76 La encuesta reporta dos vehículos antiguos convertidos. Es posible convertir vehículos muy antiguos, siempre y cuando se encuentren en óptimas condiciones operativas. De lo contrario, el GLP no se quema totalmente, contaminando el ambiente. Conversiones realizadas en motores con fallas pueden dañar completamente el motor en un plazo no muy largo.

Gráfico 3.5  
VENTAJAS DE LA CONVERSIÓN DE GASOLINEROS A DUALES



Fuente: elaboración propia en base a encuesta sobre conversión.

conocimiento de la tecnología GLP, el tercero a la limpieza del motor, y así sucesivamente. Si se suma las frecuencias de las tres prioridades por cada rubro (tres barras diferentes), se encuentra que el ahorro en combustible es la mayor ventaja de la conversión, a la que le sigue la limpieza del motor, el ahorro en aceite y repuestos, y la menor contaminación. Los demás rubros no son significativos.

En este gráfico ocupa un lugar destacado la menor contaminación que produce el GLP. Sin embargo, cuando se pregunta sobre la menor contaminación como motivo de conversión, las respuestas no le dan importancia (cuadro B.2, anexo B). Esto significa que la menor contaminación no se tomó en cuenta en el cálculo costo-beneficio de los dueños al momento de convertir sus vehículos.

### 3.2 CONSTRUCCIÓN DE MODELOS ALTERNATIVOS

Se postuló seis variables explicativas, la encuesta cubrió 13 determinantes y finalmente se escogió siete variables<sup>77</sup> como resultado del análisis de la encuesta. Luego, el proceso de estimación de los modelos de variable dependiente dicótoma corroboró las siete variables explicativas. Las tabulaciones cruzadas aplicadas a los resultados de la encuesta y los ensayos de estimación de los modelos dicótomos supusieron cambios a los determinantes originalmente postulados. Todo el análisis tuvo como guía la teoría y el sentido común. A continuación se presenta las modificaciones realizadas a los determinantes del modelo:

1. Se reemplazó la variable “ahorro en combustible” por los determinantes dicótomos ingresos bajos, INGRBAJOS, e hijos pequeños, HIJOSCHICOS.
2. Las variables conocimiento de la tecnología, CONOCTECN, temor por la seguridad del vehículo, TEMESEGUR, y temor de no encontrar grifos cerca, TEMENOGRIFF, resultaron ser significativas, tal como se había postulado.
3. Se eliminó la variable “acceso al crédito” pues resultó ser no significativa en el modelo. Como se vio anteriormente, los dueños de vehículos duales prefirieron usar sus ahorros y el de sus familiares para financiar la conversión. En cierto sentido, la restricción financiera para muchos dueños de vehículos consiste en la imposibilidad de acumular ahorros o conseguir ahorros de familiares<sup>78</sup>.

---

77 La medición, rango y significado de las 13 variables determinantes preguntadas en la encuesta de las cuales seis fueron las postuladas por la hipótesis se encuentra en el anexo C, cuadros C.1 y C.2. Este anexo metodológico define las variables, explica la técnica del diseño de la encuesta y describe los pasos del análisis de la información contenida en las respuestas de la encuesta.

78 Teniendo en cuenta la forma en que los pequeños empresarios financian sus operaciones, se puede afirmar que la restricción financiera se manifiesta como falta de ahorros propios y familiares. Los resultados de la encuesta parecen confirmar esta conjetura. Desafortunadamente no se anticipó esta situación. De lo contrario se hubiera hecho una pregunta sobre la cantidad de ahorros acumulados y facilidad de acceso a los mismos.

4. Adicionalmente, la probabilidad de conversión también resultó ser sensible a la antigüedad del vehículo, FABRIC, y a la edad del dueño, EDAD. En la encuesta, más convertidos se encontraron en el grupo de vehículos nuevos y dueños jóvenes. También se encuentra unos pocos dueños con vehículos convertidos en el grupo de vehículos muy antiguos y adultos de la tercera edad.
5. Finalmente, la menor contaminación que arroja el GLP no resultó ser un motivo significativo de conversión. Sin embargo, los dueños de vehículos ya convertidos reconocen que el GLP contamina menos que la gasolina.

En concreto, los cambios se justificaron no solo por las tabulaciones cruzadas de las respuestas de la encuesta, sino también por las pruebas  $t$  de los estimadores de los modelos. Con estos cambios, el porcentaje de explicación de los determinantes es alto tanto en el modelo lineal como en el modelo Logit.

La especificación del modelo lineal y el significado de las variables se presentan en el cuadro 3.1.

Con estas siete variables explicativas, dos de ellas introducidas como polinomios de segundo grado, se procedió a estimar el Modelo Lineal de Probabilidad (MLP). Al aplicar la Prueba de White al mismo se detectó la presencia de heteroscedasticidad. Por consiguiente, se procedió a corregir esta violación de los supuestos clásicos y se estimó el modelo MLP ponderado. El anexo D presenta los resultados de estas regresiones iniciales, la prueba aplicada, el modelo ponderado y algunos comentarios adicionales.

Como se mencionó anteriormente, en los modelos lineales la probabilidad de conversión varía en forma lineal (constante) cuando cualquier regresor (variable explicativa o determinante) cambia de valor. Esta especificación no se ajusta a los hechos observados. Las probabilidades de la presencia de una cualidad normalmente cambian más rápido cerca de valores umbrales o de inflexión detectados en los regresores. El modelo no lineal Logit refleja mejor esta característica, por lo que fue el elegido para este estudio.

El modelo Logit tiene la forma de una función acumulativa. Cuando la relación entre un regresor  $X_i$ , y la variable explicada  $Y_i$ , es positiva, la curva Logit es asintótica a cero para valores bajos de  $X_i$  y asintótica a uno

Cuadro 3.1  
ESPECIFICACIÓN DEL MODELO LINEAL DE PROBABILIDAD

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_7^2 + \beta_9 X_8 + \beta_{10} X_8^2$$

Donde:

Y = variable dependiente dicótoma que toma el valor de "1" cuando el vehículo es dual y el valor de "0" cuando es gasolinero.

X<sub>2</sub> = INGRBAJOS, variable dicótoma resultado de respuestas a la pregunta D sobre el ingreso mensual familiar total. Los ingresos menores a S/.1.500 se convierten en "1" y los mayores a S/.1.500 pasan a ser "0". Signo esperado positivo.

X<sub>3</sub> = HIJOSCHICOS, variable dicótoma resultado de respuestas a la pregunta G1 sobre el número de hijos menores de 18 años. Los que respondieron no tenerlos se convierten en "0" y los que tienen uno o más pasan a ser "1". Signo esperado positivo.

X<sub>4</sub> = CONOCTECN, variable dicótoma resultado de respuestas a la pregunta 14 "¿Conoce la tecnología dual?". Las respuestas "nada" y "muy poco" se convierten en "0" y las respuestas "poco, algo" y "bastante, mucho" pasan a ser "1". Signo esperado positivo.

X<sub>5</sub> = TEMESEGUR, variable dicótoma resultado de respuestas a la pregunta 15 "¿Teme por la seguridad de duales?". Las respuestas "nada" y "muy poco" se convierten en "0" y las respuestas "poco, algo" y "bastante, mucho" pasan a ser "1". Signo esperado negativo.

X<sub>6</sub> = TEMENGRIF, variable dicótoma resultado de respuestas a la pregunta 17 "¿Teme no encontrar un grifo cerca?". Las respuestas "nada" y "muy poco" se convierten en "0" y las respuestas "poco, algo" y "bastante, mucho" pasan a ser "1". Signo esperado negativo.

X<sub>7</sub> = FABRIC, variable cuantitativa resultado de respuestas a parte de la pregunta 10 sobre el año de fabricación del vehículo. Su forma cuadrática obedece a la estructura detectada en el cuadro B.10 del anexo B.

X<sub>8</sub> = EDAD, variable cuantitativa resultado de respuestas a la pregunta A2 sobre la edad del dueño del vehículo. Su forma cuadrática obedece a la estructura detectada en el cuadro B.17 del anexo B.

Fuente: elaboración propia.

para valores altos. Lo contrario se presenta cuando la relación es negativa. En este modelo, Y<sub>i</sub> es la condición de convertido o no convertido. Una vez realizada la regresión logística, Y<sub>i</sub> se transforma en P<sub>i</sub>, la probabilidad de convertir su vehículo que tiene un dueño. Esta probabilidad depende

de los siete regresores postulados, según la fórmula de acumulación logística<sup>79</sup>.

Si se dispusiera de probabilidades,  $P_i$ , como variable dependiente, la fórmula logística podría linearizarse. Para estos fines, se convierte la variable dependiente  $P_i$  en la variable no observada  $L_i$ , con esta fórmula:  $L_i = \log ( P_i / (1 - P_i) )$ .  $L_i$  se define como el logaritmo de la razón de la probabilidad de conversión sobre la probabilidad de no conversión. La nueva variable  $L_i$  es ahora una función lineal de todas las variables explicativas. En este estudio los datos de la variable dependiente no son probabilidades, sino valores dicótomos. En este caso, el programa EViews 4.0 estima directamente los coeficientes del modelo logístico, empleando el método de máximo verosimilitud (ML) con algunos algoritmos de convergencia rápida.

En la estimación del modelo Logit, las variables FABRIC y EDAD influyen en la variable dependiente en forma no lineal. Se escogió polinomios de segundo grado para ambas variables.

La estimación del modelo Logit ejecutada con el paquete EViews 4.0 se presenta en el cuadro 3.2.

En la primera columna de este cuadro se encuentran los nombres de las variables explicativas. La letra C se refiere al intercepto. Todos los determinantes son dicótomos, excepto EDAD y FABRIC. Estos dos últimos se presentan dos veces, la segunda al cuadrado para reflejar la influencia polinómica sobre el Logit ( $L_i$ ). La segunda columna se refiere a los coeficientes de las variables, que son las estimaciones de la influencia de cada determinante sobre la probabilidad de conversión. En la tercera columna se encuentran los errores estándar de cada coeficiente. La siguiente columna nos presenta el probador z-statistic de la hipótesis individual de nulidad de los coeficientes. Finalmente, la última columna calcula el valor p de cada probador Z. Todos, excepto el de TEMENO-GRIF, son menores al nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ . Por consiguiente, casi todos los regresores son significativos en forma individual.

Concretamente, el conocimiento de la tecnología dual (CONOCTECN), el temor por la seguridad de los vehículos convertidos (TEMESEGUR), el

---

79 Esta fórmula tiene esta expresión  $P_i = e^{Z_i} / (1 + e^{Z_i})$ , donde la variable  $Z_i$  es una función lineal de los regresores.

Cuadro 3.2  
MODELO LOGIT

Dependent Variable: Y				
Method: ML - Binary Logit				
Date: 11/08/06 Time: 21:22				
Sample: 1 509				
Included observations: 463				
Excluded observations: 46				
Convergence achieved after 142 iterations				
Covariance matrix computed using second derivatives				
<i>Variable</i>	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>z-Statistic</i>	<i>Prob.</i>
C	25380,51	8689,987	2,920661	0,0035
INGRBAJOS	0,829874	0,336041	2,469564	0,0135
HIJOSCHICOS	1,205428	0,364300	3,308890	0,0009
CONOCTECN	1,123650	0,284608	3,948067	0,0001
TEMESEGUR	-0,899798	0,308392	-2,917711	0,0035
TEMENOGRIFF	-0,482735	0,284098	-1,699186	0,0893
FABRIC	-25,56560	8,741528	-2,924614	0,0034
FABRIC^2	0,006439	0,002198	2,928943	0,0034
EDAD	-0,294740	0,075625	-3,897405	0,0001
EDAD^2	0,003031	0,000827	3,666476	0,0002
Mean dependent var	0,164147	S.D. dependent var		0,370809
S.E. of regression	0,341558	Akaike info criterion		0,778870
Sum squared resid	52,84793	Schwarz criterion		0,868238
Log likelihood	-170,3084	Hannan-Quinn criter.		0,814051
Restr. Log likelihood	-206,7215	Avg. log likelihood		-0,367837
LR statistic (9 df)	72,82632	McFadden R-squared		0,176146
Probability(LR stat)	4,24E-12			
Obs with Dep=0	387	Total obs		463
Obs with Dep=1	76			

Fuente: elaboración propia usando Eviews 4.0 con los datos de la encuesta.

año de fabricación del vehículo (FABRIC), la edad del dueño del vehículo (EDAD), la escala de ingresos menores a S/. 1.500,00 (INGRBAJOS) y la posesión de hijos menores a 18 años (HIJOSCHICOS) presentan valores absolutos del estadístico Z mayores a 1,96. Solamente el temor de no

encontrar un grifo cerca (TEMENOGRAF) presenta un valor de Z ( $Z=1,7$ ) un poco inferior. Esto quiere decir que TEMENOGRAF es un determinante no significativo al 5%<sup>80</sup>. Como se comenta en el anexo D, la relación de grifos y vehículos convertidos no es muy baja en Trujillo, por lo que esta variable no constituye un verdadero motivo para no optar por la conversión.

Asimismo, en este modelo y también en los dos modelos lineales del anexo D, los signos de los coeficientes encontrados son los esperados por la teoría y el sentido común. Sin embargo, el modelo Logit presenta algunas diferencias en relación a los modelos lineales del anexo D que es necesario evaluar.

Las características del modelo Logit presentadas en el cuadro 3.2 y su evaluación se presentan en estos cuatro puntos<sup>81</sup>:

1. El modelo es no lineal y emplea el método de estimación de Máxima Verosimilitud junto con rutinas iterativas de convergencia. Este método exige muestras grandes y emplea la función de densidad normal para calcular los estimadores. En este estudio, el tamaño de la muestra ( $n = 463$ ) cumple con ese requisito. Asimismo, las pruebas de significancia individual para este modelo emplean la distribución normal estándar Z, en lugar de la distribución t de los modelos lineales. Como se comentó anteriormente, todos los Z son significativos excepto el de TEMENOGRAF.
2. El estadístico  $R^2$  McFadden ( $R^2_{\text{McF}}$ ) refleja la bondad de ajuste en este modelo a diferencia del  $R^2$  de los modelos lineales. En este estudio el ajuste es un poco pobre:  $R^2_{\text{McF}} = 0,17615$ . Dos hechos contribuyeron a este resultado: no se pudo elaborar un determinante de la restricción financiera y el ahorro en combustible se ve reflejado solo en forma imperfecta en los ingresos bajos e hijos pequeños. Una medida alternativa de  $R^2_{\text{McF}}$  es “ $R^2$  cuenta”. Este estadístico se obtiene al dividir el número de predicciones correctas sobre el número total

---

80 En una prueba bilateral de la hipótesis de influencia nula de TEMENOGRAF, los valores Z críticos de la función de densidad normal para un nivel de significancia de 0,05 son -1,96 y 1,96. Pero el Z probador para la hipótesis nula es -1,69919. En consecuencia, TEMENOGRAF se encuentra en el área de aceptación de la hipótesis nula.

81 Damodar Gujarati. *Econometría*. Cuarta Edición. Mc-Graw-Hill Interamericana. México: 2004. Págs.584-585.

de observaciones. En la elaboración del “R<sup>2</sup> cuenta”, las predicciones del Logit mayores a 0,5 se consideran “1” y las menores “0”. Para este modelo, el “R<sup>2</sup> cuenta” resultó ser  $R^2 = 0,8531$ , que es mucho mejor que el  $R^2_{\text{McF}}$ , pero es necesario notar que el “R<sup>2</sup> cuenta” predijo en forma acertada 99% de los no convertidos y solamente 16% de los convertidos.

3. La prueba global de significancia para este modelo no es la prueba F, sino la razón de verosimilitud ( $LR_{\text{statistic}}$ ) que sigue una distribución *ji*-cuadrado y en el modelo toma el valor de  $LR_{\text{statistic}} = 72,83$ . El *ji*-cuadrado crítico para 9 grados de libertad (número de determinantes) y 5% de nivel de significancia ( $\alpha = 0,05$ ) resulta ser  $LR_{\text{stat}} = 16,919$ . Claramente, el probador es mayor que el valor crítico de la prueba. Por consiguiente, el modelo es globalmente significativo y puede ser usado para fines de análisis y predicción.
4. Las diversas propensiones a convertirse de cada una de las variables determinantes dicótomas se obtienen tomando los antilogaritmos del valor absoluto de sus coeficientes.

Dado que el programa EViews 4.0 no presenta un cuadro de propensiones, estas se han calculado manualmente. En un modelo de variable dependiente dicótoma, la propensión indica la probabilidad de que se presente una cualidad sobre la probabilidad de que no se presente cuando una variable explicativa dicótoma con coeficiente positivo pasa de “0” a “1”. Si el coeficiente es negativo, la razón de probabilidades se aplica cuando la variable explicativa dicótoma pasa de “1” a “0”. Cuanto más alta la propensión, mayor será la ganancia obtenida con el cambio en el valor del regresor que la genera. El cuadro 3.3 presenta las propensiones de las variables explicativas dicótomas del modelo Logit de conversión.

De acuerdo al punto cuatro de las características del modelo Logit, cada propensión se obtiene elevando la base neperiana “e” al valor absoluto del coeficiente de la variable explicativa dicótoma<sup>82</sup>. En el cuadro 3.3 la primera variable dicótoma es ingresos mensuales menores a S/. 1.500,

---

82 No se ha obtenido la propensión a la conversión para la edad ni para el año de fabricación, porque son variables cuantitativas y sus propensiones cambian conforme cambia la edad del dueño y la antigüedad del vehículo.

Cuadro 3.3  
PROPENSIONES A LA CONVERSIÓN

<i>Variable</i>	<i>Coficiente</i>	<i>Propensión = P(conversión) / P(no conversión)</i>
INGRBAJOS	0,82987	2,2930
HIJOSCHICOS	1,20543	3,3382
CONOCTECN	1,12365	3,0761
TEMESEGUR	-0,89980	2,4591
TEMENGRIF	-0,48274	1,6205

Fuente: elaboración propia en base a resultados del modelo Logit.

INGRBAJOS. Su coeficiente en el modelo Logit es 0,82987. El antilogaritmo de esta cantidad es 2,2930. Esto indica que los dueños de vehículos gasolineros que tienen ingresos menores a S/. 1.500 mensuales son 2,3 veces más propensos<sup>83</sup> a convertirse que los que tienen ingresos mayores a esa cantidad. Esto significa que los dueños de bajos ingresos tienen mayor necesidad de ahorrar en combustible que los de altos ingresos (mayores a S/. 1.500 mensuales).

La segunda variable del cuadro es HIJOSCHICOS. El antilogaritmo de su coeficiente es 3,3382. Esto sugiere que los dueños de vehículos gasolineros que tienen hijos menores a 18 años son 3,3 veces más propensos a convertirse que los que no tienen hijos o sus hijos son todos mayores de 18 años. Generalmente los dueños con hijos pequeños tienen mayores gastos que los que los que no tienen hijos o sus hijos son mayores. Los hijos mayores a 18 años normalmente trabajan y no constituyen una carga para el hogar.

La variable CONOCTECN posee un antilogaritmo de 3,0761. Esta cifra sugiere que un dueño de vehículo gasolinero que posee conocimiento de la tecnología dual tiene una propensión a convertirse tres veces más grande que el que no conoce la tecnología dual. Los *kits* de conversión son productos industriales cuya adquisición depende no solo del precio,

83 Por propensión a conversión se entiende la probabilidad de conversión sobre la probabilidad de no conversión. Por ejemplo, si la probabilidad de conversión es 0,25, la propensión sería 1/3. Del mismo modo, si la probabilidad de conversión es 0,5, la propensión sería 1. En otras palabras, la propensión aumenta tres veces cuando la probabilidad de conversión pasa de 0,25 a 0,50.

sino también de la compresión de su forma de operar en el vehículo que se va a instalar. El conocimiento es muy importante en la adquisición e instalación de los *kits* de conversión porque la inversión en ellos es un compromiso de largo plazo.

La cuarta variable del cuadro es TEMESEGUR. El antilogaritmo de su coeficiente es 2,4591. Los dueños de vehículos gasolineros que no temen por la seguridad del vehículo convertido son 2,5 veces más propensos a convertirse que los que tienen dudas. Finalmente, el temor de no encontrar un grifo cerca, TEMENOGRIFF, es poco significativa y su propensión es consecuentemente la menor, 1,6 veces.

Por fortuna, el conocimiento se encuentra relacionado con los temores. A más conocimiento, menos dudas. El conocimiento despeja muchos temores respecto a la calidad y a la performance del producto por adquirir. Por consiguiente, tanto el conocimiento como los temores (7,1 de propensión total) pueden ser modificados con una política de difusión de información veraz y apropiada sobre la conversión.

En efecto, la política de difusión sugerida en este estudio tiene por finalidad aumentar la probabilidad de conversión alterando los valores del conocimiento de la tecnología, el temor por la seguridad del vehículo y el temor por la escasez de grifos surtidores de GLP. Los dueños de vehículos gasolineros mayormente no conocen la tecnología GLP (CONOCETECN = 0), temen por la seguridad de sus vehículos (TEMESEGUR = 1) y temen no encontrar grifos de GLP (TEMENOGRIFF = 1). En la medida en que las acciones de difusión de la tecnología GLP logren alcanzar sus objetivos, los valores de estas tres variables “0”, “1” y “1” tenderán a convertirse en sus opuestos “1”, “0” y “0”.

Más aún, es posible que la política de difusión pueda también inducir al cambio a los dueños que no tienen hijos pequeños (HIJOSCHICOS = 0) y cuyos ingresos no son bajos (INGRBAJOS = 0). Estos dueños, que al parecer no necesitan convertir sus vehículos, podrían cambiar de opinión con información real sobre el GLP. En la medida en que la percepción la naturaleza del GLP y del proceso de conversión<sup>84</sup> mejore entre los

---

84 En opinión de ingenieros y técnicos, la conversión tiende a aumentar el valor del vehículo cuando se realiza de acuerdo a las normas internacionales. Al ser el GLP un combustible más limpio que la gasolina, el motor se conserva mejor, usa menos aceite y su vida útil se prolonga. Por otro lado, la conversión mal hecha puede alterar

dueños de vehículos, habrá más conversiones, aun entre las personas no directamente afectadas por las políticas de difusión.

Se pasará ahora a considerar cambios en las probabilidades de conversión generados por diversas políticas de limpieza del aire. Cada una de las tres variables dicótomas mencionadas se cruzará con tres valores típicos de antigüedad del vehículo, FABRIC, y de edad del dueño, EDAD, creando varios escenarios de conversión.

### 3.3 ESCENARIOS DE PROBABILIDAD DE CONVERSIÓN

Antes de describir los escenarios que puede generar las políticas de limpieza del aire, es conveniente analizar gráficamente la influencia sobre la probabilidad de conversión de los dos determinantes cuantitativos, esto es, el año de fabricación del vehículo, FABRIC, y la edad del dueño del vehículo, EDAD. Estos determinantes no pueden ser alterados por la política de limpieza. Solamente es posible graficar el cambio en probabilidad para todos los valores de FABRIC y EDAD.

Si se utiliza los coeficientes de los determinantes, presentados en el cuadro 3.2, para hacer variar FABRIC y EDAD, dejando los demás determinantes en su valor base de referencia, se podrá apreciar la relación de las diversas edades y antigüedades con la probabilidad de conversión. Para esta tarea se usó el programa Mapple VII. El gráfico 3.6 presenta los diversos valores de FABRIC y EDAD de la muestra (eje de la izquierda y derecha respectivamente) y la probabilidad de conversión (eje vertical).

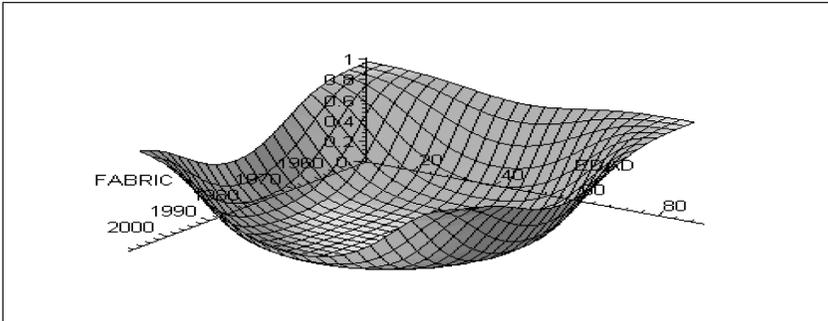
Este gráfico se asemeja a una campana invertida con cuatro cimas en forma de vértices. Los dueños de mediana edad (40 años) y con vehículos medianamente antiguos (1975) son los que tienen menor probabilidad de convertir sus vehículos al sistema dual, *ceteris paribus*. El cruce de estos dos valores corresponde al punto más bajo de la campana invertida y, por consiguiente, a la menor probabilidad de conversión.

---

la integridad, dañar el motor y reducir el valor del vehículo. Las políticas de difusión deben enfatizar en la calificación del personal de conversión, en la calidad de los *kits* y de tanques de gas, en el mantenimiento regular y hasta en la forma del encendido diario.

Gráfico 3.6

PROBABILIDAD DE CONVERSIÓN PARA AÑO DE FABRICACIÓN DEL VEHÍCULO Y EDAD DEL DUEÑO CUANDO LAS VARIABLES DICÓTOMAS ADOPTAN SU VALOR BASE



Fuente: elaboración usando Mapple VII en base a resultados de la regresión del modelo Logit.

El primero de los cuatro vértices del gráfico de la campana, empezando por la izquierda, corresponde a los dueños más jóvenes con vehículos nuevos. Este grupo presenta una alta probabilidad de conversión. Igualmente, los jóvenes con vehículos muy antiguos, correspondiente al segundo vértice, también tienen alta probabilidad de conversión. El tercero y cuarto vértice de izquierda a derecha corresponden a dueños de la tercera edad con vehículos nuevos y antiguos, respectivamente. No existe una explicación muy convincente para la alta probabilidad de estos dos vértices, pero el número de casos de la muestra es bastante pequeño, sobre todo para el último vértice.

Ahora se pasará a considerar otro lugar importante de la campana invertida. El lugar geométrico que se encuentra entre el centro de la campana invertida (la probabilidad más baja) y los vértices (las más altas probabilidades) conforma una especie de aro caracterizado por tener las mayores pendientes del gráfico. Dicho lugar corresponde a umbrales del cambio. En ellos la probabilidad de conversión es alta porque sus pendientes son las más grandes (el cambio en Y sobre el cambio en X es máximo en ese aro). A medida que nos apartamos del aro central, la campana invertida se vuelve asintótica a los valores "0" (en el punto más bajo de la campana invertida) y asintótica a "1" (vértices de la campana).

Esto significa que la probabilidad de conversión es casi cero para las edades y años de fabricación intermedios y es casi uno para edad y años extremos. A medida que nos alejamos de la parte más baja de la campana invertida en cualquier dirección, la probabilidad de conversión aumenta primero lentamente, luego rápidamente y, por último, lentamente de nuevo en los vértices.

Otra forma de explicar la campana invertida del gráfico 3.6 es haciendo cortes transversales. Para un corte perpendicular en cualquier año de fabricación de los vehículos, los dueños jóvenes (20-40 años) tienen alta probabilidad, los adultos de edad intermedia (50-60 años) tienen baja probabilidad y adultos de edad avanzada (70-80 años) tienen de nuevo alta probabilidad<sup>85</sup>.

Asimismo, para un corte perpendicular en cualquier edad del dueño del vehículo se presenta la curva por antigüedad del vehículo. Los vehículos nuevos (año de fabricación 1995-2005) y los muy antiguos (año de fabricación 1950-1960) tienen mayor probabilidad de encontrarse convertidos que los de antigüedad intermedia (año de fabricación 1965-1990). Ciertamente es más fácil y barato convertir un vehículo nuevo que uno antiguo porque este último requiere reparaciones previas. Sin embargo, en la muestra existen vehículos muy antiguos que se encuentran convertidos<sup>86</sup>. La explicación no existe, solo conjeturas. Es posible que algunos dueños de vehículos muy antiguos se preocupen por su mantenimiento<sup>87</sup> o posean todas las características de los convertidos<sup>88</sup>.

---

85 Como se remarcó, los jóvenes son menos renuentes al cambio que los adultos, pero para los adultos de edad avanzada existen solo conjeturas. Es posible que tengan bajos ingresos o que hayan comprado el vehículo ya convertido o que sean profesionales del área.

86 Existen muy pocos vehículos antiguos que son duales o dueños de la tercera edad con vehículos convertidos. En la muestra seleccionada, dos vehículos fabricados antes de 1971 (un automóvil y una camioneta *pick up*), se convirtieron a duales en el año 2005. Igualmente, seis vehículos duales (cinco autos y una camioneta *pick up*) pertenecen a dueños cuyas edades exceden los 65 años. Un automóvil comparte ambas categorías.

87 Un vehículo con mantenimiento regular y en buenas condiciones se puede convertir sin costos adicionales, aun si el motor es muy antiguo.

88 Esto es son dueños con vehículos muy antiguos, pero poseen hijos pequeños, tienen ingresos bajos, conocen la tecnología del GLP y nada los asusta.

Se pasará ahora a considerar los desplazamientos de la campana sin salirse de sus asíntotas. Esto sucede cuando cambian de valor los determinantes dicótomos, que son manejables. Así, cuando el valor de CONOCTECN cambia de “0” a “1” la campana invertida se desplaza hacia arriba aumentando la probabilidad de conversión. Debe recordarse que el coeficiente de CONOCTECN es positivo. Por el contrario, cuando el valor de TEMESEGURO o de TEMENOGRIFF cambia de “0” a “1”, la campana invertida se deprime hacia abajo porque ambas variables tienen coeficientes negativos. Como se verá después, estos cambios en la probabilidad de conversión no son iguales en todos los puntos de la campana invertida. Las asíntotas son límites de desplazamiento.

El rol de la política de difusión de información es cambiar el valor de CONOCTECN de “0” a “1”, elevando la campana y aumentando el número de dueños de vehículos bien informados. Asimismo, la misma política tiende a cambiar el valor de TEMESEGURO y de TEMENOGRIFF, de “1” a “0”. Esta disminución de temores eleva también la campana, lo que disminuye los temores entre los dueños de vehículos. En otras palabras, la política de limpieza del aire, consistente en difundir información sobre la tecnología GLP y sobre el proceso de conversión, aumenta tres veces la probabilidad de conversión entre los dueños de vehículos gasolineros para cualquier edad del dueño y año de fabricación del vehículo. El conocimiento aumenta y las dos dudas se disipan con esta política.

Existen dos determinantes dicótomos no manejables y son: ingresos bajos, INGRBAJOS, e hijos pequeños, HIJOSCHICOS. Sus coeficientes son positivos, lo que indicaría que la probabilidad de conversión aumenta cuando su valor pasa de “0” a “1”. Si por motivos circunstanciales un dueño sufre una disminución en sus ingresos y/o comienza a tener hijos, su probabilidad de conversión aumenta. Obviamente no es posible diseñar instrumentos de política que alteren estas características en los dueños. Sin embargo, la escasez de los hidrocarburos y la naturaleza humana juegan a favor de la conversión.

El continuo incremento del precio del petróleo podría encargarse de reducir los ingresos reales y volverlos ingresos bajos. Asimismo, a medida que los dueños jóvenes contraen matrimonio y empiezan a tener hijos, la presión económica aumenta y también su probabilidad de conversión. Estos cambios en la probabilidad de conversión no son ciertamente inmediatos; se sitúan más bien en el mediano plazo. Por consiguiente, las únicas

variables que las políticas de limpieza pueden modificar de inmediato son el conocimiento y los temores de los dueños de vehículos.

Se pasará ahora a analizar los escenarios. Los cambios en la probabilidad de conversión generados por las medidas de difusión de la tecnología GLP son diferentes para diversas combinaciones de edad de dueño, EDAD, y antigüedad del vehículo, FABRIC. Como no se puede usar todo este continuo, se ha elegido tres años de fabricación (1965, 1985 y 2005) y tres edades de los dueños (20, 50 y 80) como escenarios de la política de limpieza. El año de fabricación 1965 corresponde a antigüedad alta, 1985 a antigüedad intermedia y 2005 a antigüedad baja. Igualmente, 20 años representa a jóvenes, 50 años a adultos y 80 años a adultos mayores.

El cuadro 3.4 presenta los escenarios del cambio en la probabilidad de conversión cuando cambian las tres variables dicótomas (CONOCTECN, TEMESEGUUR y TEMENOGRIF) para tres valores elegidos de FABRIC y EDAD<sup>89</sup>.

En el cuadro, debajo de CONOTECHN se encuentran dos columnas. La política dirigida a fomentar el conocimiento de la tecnología dual mediante la difusión de información, *ceteris paribus*, permite pasar de la columna NO a la columna SÍ, lo que aumenta la probabilidad de conversión para cualquier antigüedad del vehículo y edad del dueño. Por ejemplo, para un vehículo de 1965 la probabilidad de conversión de su dueño pasa de 15 a 35 por ciento, es decir, 20 puntos porcentuales adicionales. Para un vehículo de 1985, la probabilidad aumenta de 1,2 a 3,6 por ciento, es decir, solamente 2,4 puntos adicionales. Para un vehículo de 2005, la probabilidad de conversión de su dueño pasa de 13 a 31 por ciento, es decir, 18 puntos porcentuales adicionales. En otras palabras, el incremento en la probabilidad de conversión por difusión de la tecnología GLP es mayor para los dueños de vehículos muy antiguos y nuevos. Los dueños de vehículos de antigüedad intermedia casi no reaccionan al mayor conocimiento tecnológico.

---

89 Las probabilidades de este cuadro se obtuvieron usando los coeficientes del modelo Logit (cuadro 3.2). Con ellos se pronosticó la variable  $Z_i$ , luego se aplicó la fórmula  $P_i = Z_i / (1 + Z_i)$  para obtener las probabilidades. Se cuidó que INGRBAJOS e HIJOS-CHICOS estuvieran en su valor base. Los tres pronósticos de FABRIC se han realizado con EDAD en su valor intermedio, y las tres predicciones de EDAD con FABRIC en su valor intermedio.

Cuadro 3.4  
 ESCENARIOS PRODUCIDOS POR POLÍTICAS DE DIFUSIÓN  
 (Probabilidades de conversión para cambios de tres variables  
 manejables en tres puntos de antigüedad y edad)

		<i>Variables dicótomas manejables</i>		<i>Conoce la tecnología de duales</i>		<i>Teme por seguridad de duales</i>		<i>Teme no encontrar grifos GLP</i>	
		CONOCTECN		TEMESEGUR		TEMENOGRAF			
		NO	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ
<i>Tres puntos de antigüedad y edad</i>		0	1	0	1	0	1	0	1
<i>FABRIC</i>		<i>Año de fabricación</i>							
Antigüedad del vehículo	Alta	1965	0,1464	0,3454	0,1464	0,0652	0,1464	0,0957	
	Intermedia	1985	0,0119	0,0358	0,0119	0,0049	0,0119	0,0074	
	Baja	2005	0,1278	0,3107	0,1278	0,0562	0,1278	0,0829	
<i>EDAD</i>		<i>Edad del dueño</i>							
Edad del dueño	Joven	20	0,1257	0,3067	0,1257	0,0553	0,1257	0,0815	
	Adulto	50	0,0119	0,0358	0,0119	0,0049	0,0119	0,0074	
	Adulto mayor	80	0,1915	0,4215	0,1915	0,0878	0,1915	0,1275	

Fuente: elaboración propia en base al modelo estimado Logit.

La misma característica se observa en la edad del dueño del vehículo. Dueños de alrededor de 20 y 80 años incrementan el porcentaje de conversión en alrededor del 20 puntos porcentuales debido a la difusión de la tecnología GLP, mientras que los dueños de 50 años incrementan su conversión solamente en dos puntos porcentuales. De este análisis se deduce que los dueños de edad intermedia son difíciles de alterar su comportamiento mediante la difusión de información sobre la tecnología GLP.

Se pasará ahora a considerar las columnas NO y SÍ de TEMESEGR y de TEMENOGRAF del cuadro. Ahora las políticas de difusión eliminan los temores y los cambios van de la columna NO a la columna SÍ. Para los valores extremos de antigüedad y edad, eliminar temores permite incrementar la probabilidad de conversión en más de cuatro puntos porcentuales, mientras que para los valores medianos, el incremento en la probabilidad de conversión no llega ni a un punto porcentual. Es el mismo proceso visto antes cuando CONOTECH pasaba de NO a SÍ.

Considerando que la política de difusión no solo aumenta los conocimientos de los dueños de vehículos, sino también reduce los temores asociados al GLP, se suma el incremento en probabilidad de CONOC-TECN, TEMESEGUR y de TEMENOGRIFF. Ahora, se encuentra que estas políticas aumentan la probabilidad de conversión en más de 28 puntos porcentuales en los valores extremos elegidos de edad y antigüedad, y en menos de cuatro puntos porcentuales en los valores medianos de edad y de antigüedad.

Como se puede apreciar, los vehículos de antigüedad intermedia y los dueños de edad mediana son los que menos aumentan su probabilidad de conversión. Es posible que los dueños con estas características consideren la conversión como una decisión que conlleva un riesgo innecesario. También es posible que este grupo carezca de una formación adecuada<sup>90</sup> más que de información correcta.

En resumen, el modelo Logit se empleó para describir la influencia de determinantes en la probabilidad de conversión y para simular escenarios de cambio en esa probabilidad como producto de las políticas de limpieza del aire. Los determinantes significativos resultaron ser primero ingresos bajos (INGRBAJOS) e hijos pequeños (HIJOSCHICOS). Estos determinantes reemplazaron al ahorro en combustible que resultó ser no significativo. Luego vienen los tres determinantes manejables conocimiento de la tecnología dual (CONOC-TECN), temor por la seguridad del vehículo (TEMESEGUR) y temor de no encontrar grifos cerca (TEMENOGRIFF). Estos tres determinantes no afectan significativamente la probabilidad de conversión de los valores medianos de los dos últimos determinantes: antigüedad del vehículo (FABRIC) y edad del dueño (EDAD). Sin embargo, para los vehículos nuevos y dueños jóvenes (incluyendo algunos completamente opuestos) el aumento en probabilidad es de casi 30 puntos porcentuales.

---

90 La formación de actitudes adecuadas para aceptar el cambio tecnológico que favorece al medio ambiente y para desempeñarse con responsabilidad en sociedad debería formar parte de un programa de reforma educativa dirigida a la formación integral del estudiante (conocimientos y valores).

## DISCUSIÓN E IMPLICANCIAS DE POLÍTICA

El capítulo 2, que analiza el marco teórico del estudio, presentó cuatro instrumentos que se pueden usar para limpiar el aire de las ciudades: a) los instrumentos de mando y 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. Estos instrumentos, bien diseñados, pueden efectivamente reducir la contaminación de las ciudades. Los instrumentos de mando y control no han dado resultados visiblemente apreciables, pero también ha faltado imaginación y firmeza en su aplicación. Los instrumentos orientados al mercado se han usado preferentemente en el control de la contaminación generada por fuentes inmóviles. La conversión de vehículos ayuda a limpiar el aire de las ciudades y se ha visto cómo su probabilidad es incrementada con las políticas de difusión.

La difusión de las bondades y de la tecnología del GLP es parte de las políticas de educación ambiental. En general, estas políticas tienen como objetivo despertar entre las personas respeto por la naturaleza. En este estudio, la política de educación y de difusión se ha usado más bien para incentivar las conversiones al mostrar la racionalidad de la decisión de invertir en conversión y demostrar que no hay nada que temer si la conversión 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 cambia el valor de los determinantes dicótomos del modelo y, como consecuencia, aumenta la probabilidad de conversión. Sin embargo, el aumento en las conversiones no es suficiente para limpiar

el aire. Estas deben ser acompañadas de políticas de control destinadas a supervisar los talleres de conversión, controlar el mantenimiento regular de los vehículos mediante revisiones técnicas y sacar de circulación los vehículos más contaminantes.

Las medidas de promoción financiera no se analizaron porque la restricción financiera no resultó significativa como determinante de la conversión. Sin embargo, el sentido común indica que un sistema financiero con buena imagen puede cambiar la actitud de rechazo de muchos dueños de vehículos. Según los resultados de la encuesta, los dueños de vehículos duales usaron mayormente ahorros propios, de familiares y de conocidos para financiar la conversión. En Trujillo, las entidades financieras han empezado a difundir las ventajas del endeudamiento formal y a dar facilidades crediticias, como es el caso de la Caja Trujillo. Las promociones de crédito pueden inclinar la balanza hacia la conversión de muchos dueños de vehículos con deseos de convertirse y sin ahorros suficientes. Además, si las entidades financieras asesoran a sus clientes evitando que estos últimos tomen decisiones incorrectas, la actitud de rechazo puede cambiar. El ideal sería que los dueños de taxis usen regularmente el sistema financiero para invertir en conversión y para dar mantenimiento a sus vehículos. La reinstalación de las revisiones técnicas<sup>91</sup> podría obligar a dar mantenimiento a los vehículos.

Los instrumentos de mando y control merecen un comentario adicional. En el capítulo 2 se insistió en su necesidad para avanzar hacia el óptimo social. Pero estos instrumentos pueden apoyar las conversiones si se dirigen a la certificación de talleres de conversión y a la implementación de revisiones técnicas a los vehículos. Las conversiones sin calidad en la mano de obra y los equipos, y sin el mantenimiento regular, no logran alcanzar los objetivos económicos y ambientales propuestos. Este estudio pone énfasis en la calidad de la conversión y en el respeto a las normas de uso y mantenimiento de los vehículos convertidos. Esta es la única manera de obtener realmente la rentabilidad privada indicada en el capítulo 2 y mejoras significativas en la calidad del aire de la ciudad.

---

91 Las revisiones técnicas son una medida discontinuada que debe reinstalarse. Las normas de revisión se emiten a nivel nacional y los encargados de implementarla son los Gobiernos Regionales y los municipios.

Por consiguiente, los instrumentos de mando y control aplicados al medio ambiente y a las conversiones deben continuar.

Se volverá ahora al segmento más renuente a convertirse: los dueños de edad intermedia (50-60 años). Las políticas de difusión les afectan muy poco porque es posible que ellos tengan hijos ya mayores y/o sus ingresos no sean muy bajos. Una estrategia de dos pasos que pueda aumentar la probabilidad de conversión de este grupo es la siguiente. Primero, las políticas de difusión deben 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 podría iniciar la difusión de una cultura del productor y del consumidor ecológico. Este cambio institucional mejora las actitudes de las personas hacia el gas. Si la gente desarrolla preferencias por los vehículos duales y puede fácilmente identificarlos, aumentará la probabilidad de conversión entre los taxistas.

Otro segmento de baja reacción a las políticas de difusión es el constituido por vehículos de antigüedad intermedia. Generalmente estos vehículos requieren una preconversión (reparaciones previas a la conversión). Las políticas de promoción financiera pueden dirigirse no solo a financiar la conversión, sino también a cubrir este tipo de gastos. Asimismo, los dueños de estos vehículos requieren estar convencidos de las ventajas económicas (rentabilidad) y físicas (motores más limpios y de mayor duración) de la conversión. Si el problema radica en la aversión a asumir riesgos<sup>92</sup>, entonces la evaluación de sus vehículos hecha en talleres de reconocida calidad puede cuantificar mejor el riesgo que significa la conversión. Además, conocer los daños ecológicos que causan los vehículos gasolineros a la población y al medio ambiente puede ser un factor motivador adicional. Si los dueños de vehículos empiezan a valorar la salud pública y el medio ambiente (cultura ecológica), podrían animarse a tomar algunos riesgos para no contribuir con el deterioro del entorno. Es verdad que los cambios de actitudes toman cierto tiempo, pero eventualmente se traducen en acciones benéficas para la salud y el ambiente.

---

92 Los dueños de taxis de edad intermedia y/o con vehículos de antigüedad intermedia posiblemente desean una vida tranquila sin riesgos. Ellos se encuentran bien con su edad y la de sus vehículos. Esta actitud es la que se denomina racionalidad limitada.

Con respecto a las revisiones técnicas, es importante que se respeten los estándares de calidad en la condición de la flota vehicular. No es posible que sigan circulando en las ciudades vehículos que arrojan humo blanco o negro por el tubo de escape. Las revisiones bien hechas reducen más la contaminación que las restricciones de acceso al centro de las ciudades<sup>93</sup>. Tanto las revisiones técnicas como otras medidas de mando y 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<sup>94</sup>. En este contexto las medidas adquieren sinergias y dan mejores resultados.

Existen instrumentos de mercado como impuestos, subsidios y permisos negociables para limpiar el aire y también para incentivar las conversiones. Los permisos negociables han resultado exitosos en el control de las fuentes fijas de contaminación. Los impuestos y subsidios pueden aplicarse a fuentes móviles de contaminación, como la causada por el tráfico vehicular. Los impuestos y subsidios se dirigen principalmente a los combustibles. Los precios de los combustibles son resultado de los costos, al margen de ganancias, impuestos y/o subsidios. Una medida sugerida es incrementar los impuestos al Diesel 2 y a las gasolinas más contaminantes y reducirlos o subsidiar el etanol y los gases. Esos cambios marginales deben hacerse con cuidado para no incrementar excesivamente el costo del transporte urbano e interprovincial. Por otro lado, el precio del barril del petróleo sigue aumentando, los fondos de estabilización disminuyen y el costo de transporte eventualmente aumenta. Esta situación ya no permite usar los impuestos y subsidios como medidas ecológicas. La única salida es buscar alternativas a los combustibles fósiles.

Es necesario aclarar que este estudio se centra en la conversión no con la finalidad de solucionar el problema de la contaminación de las ciudades, sino para contribuir a aliviar un poco este problema. El modelo Logit indica que una restricción importante es la falta de conocimiento apropiado. El conocimiento elimina los temores. En consecuencia, el

---

93 En algunas ciudades se ha ensayado prohibir un día a la semana la circulación de cada vehículo. Para burlar esta restricción, algunos dueños compraron un segundo vehículo. De esta manera, la prohibición alentó el aumento de la flota y de la contaminación.

94 El objetivo concreto de estas medidas es sacar de circulación la flota más antigua, que normalmente es la más contaminante.

estudio concluye que las políticas de difusión son medidas que logran aumentar la probabilidad de conversión significativamente. Los encargados de aplicar estas medidas son los Gobiernos Regionales y Municipales con el apoyo de las instituciones de medio. Estas comprenden la prensa, las cámaras de comercio, los ministerios, las universidades y las ONG relacionadas con el tema. Todos estos organismos podrían juntarse e iniciar campañas de difusión de la tecnología GLP, de sus ventajas y costos. En la Universidad Nacional de Trujillo ya se han llevado a cabo dos talleres de conversión de vehículos a GLP con el auspicio de la Caja Trujillo y Senati-Trujillo.

Entre los dueños de vehículos, existe el temor de que el precio del GLP suba y se iguale al de la gasolina como sucedió con el Diesel 2 en el pasado. Es necesario aclarar que el Diesel 2 requiere procesamiento y tiene un costo de producción, mientras que el GLP es un subproducto de la refinación del petróleo o un producto que se extrae y procesa junto con el gas natural. Por consiguiente, su costo es menor. Además, como se analizó, no es probable que la demanda de GLP vaya a incrementar su precio porque han surgido sustitutos eficientes como el GNC y el etanol. Lo que sí es posible es que todos los combustibles suban de precio manteniendo su estructura relativa. El alza pasada de todos los combustibles ha fomentado el cambio hacia el GLP y luego hacia el GNC. Los primeros en convertir sus vehículos fueron los dueños de menores ingresos y con mayor carga familiar. Pero si el precio de los combustibles sigue aumentando, es probable que las conversiones también aumenten. En este caso, el rol del Estado es garantizar la calidad de los talleres de conversión y dar incentivos a las entidades financieras que manejen préstamos para conversión de vehículos.

Las entidades financieras, y en especial la Caja Trujillo, que pertenece a la Municipalidad Provincial, ya se encuentran apoyando este proceso con una línea de crédito para la inversión en conversión de los taxistas de Trujillo. Los dueños de vehículos gasolineros, a su vez, desean una tasa de interés preferencial<sup>95</sup>. Este pedido está socialmente justificado porque la conversión contribuye a resolver parcialmente el problema de

---

95 Este fue el sentir de varios dueños de vehículos que salió a luz en los dos talleres de conversión de vehículos a GLP llevado a cabo en la UNT.

la contaminación del aire en Trujillo. En el pasado se ha usado mayormente ahorros personales y familiares para financiar la conversión. Es muy probable que estos sean al presente muy exiguos, por lo que el rol del sistema financiero con responsabilidad social es dar mayor cobertura y facilidades a sus operaciones, sobre todo si tienen consecuencias sociales benéficas. Este es el caso de la conversión a GLP.

El Estado no solo debe respaldar los créditos, sino también dar el ejemplo convirtiendo a gas todas sus unidades de transporte que actualmente utiliza. Pareciera que el Estado no apoya firmemente este proceso de conversión porque teme una menor recaudación de impuestos<sup>96</sup>. Si este fuera el caso, el Estado debe evaluar la menor cantidad de ingresos recaudados con el beneficio social en términos de la salud de la población. Es muy probable que una población más saludable implique menos gastos en el sector salud y, por consiguiente, ahorros en la importación de medicinas.

Finalmente, en los dos talleres de conversión llevados a cabo en la UNT, el ingeniero del Senati-Trujillo, encargado de la revisión de vehículos convertidos, informó sobre las deficiencias en los trabajos de conversión llevado a cabo en Trujillo. Es necesario que la DRTC-LL y el Concejo Provincial de Trujillo, con la asesoría del Senati-Trujillo, normen y supervisen la calidad de los trabajos de conversión hechos en los talleres de Trujillo. Una forma de impedir las conversiones de mala calidad llevadas a cabo en talleres informales es dar un certificado de idoneidad a los talleres que cumplan con las normas que exige Senati-Trujillo. Cuidando la calidad de los equipos instalados y de la mano de obra usada en la conversión se evita accidentes trágicos, se asegura los ahorros en combustible y se limpia el aire de Trujillo.

---

96 Si las ventas de gasolina y petróleo disminuyen por las conversiones a GLP y GNC, la recaudación de impuestos a los combustibles puede disminuir.

---

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las principales conclusiones y recomendaciones que se deducen del estudio son:

1. La conversión de vehículos gasolineros a duales es un fenómeno social algo complejo. Consideraciones de beneficio/costo y fuentes de financiamiento no agotan el tema. Existen adicionalmente problemas de falta de conocimientos técnicos, temores, descuido del mantenimiento de los vehículos, informalidad en los talleres de conversión y falta de conciencia ambiental, entre otros. Las políticas de incentivo a las conversiones deben tomar en cuenta estos aspectos.
2. El incentivo más importante para realizar la conversión es el ahorro en combustible que obtiene el dueño de un vehículo dual. Los que más ahorran son los que más usan su vehículo. Por este motivo, los taxistas tienen más incentivos que los dueños de vehículos particulares. Sin embargo, a pesar de que muchos dueños conocen el ahorro, sus taxis no se encuentran convertidos al sistema dual. Esto significa que existen otras variables que restringen el uso de las ventajas disponibles. Además, la variable ahorro en combustible como porcentaje no resultó ser significativa en los modelos y fue reemplazada por las variables dicótomas de ingresos bajos e hijos pequeños.
3. Una restricción importante a la decisión de conversión es la falta de financiamiento. Se pensó inicialmente que el acceso al crédito podía

medir esta variable, pero la falta de ahorros personales resultó ser más importante. Por diversos motivos, los dueños de un solo vehículo (posiblemente a diferencia de los dueños de flotas) tienen temor a endeudarse. En consecuencia, la variable acceso al crédito resultó ser también no significativa en los modelos.

4. Las variables significativas pero no manejables fueron a) ingresos bajos de los dueños, b) la condición de tener hijos pequeños, c) la edad del dueño y d) la antigüedad del vehículo. Los dueños con ingresos bajos e hijos pequeños sienten mayor presión por ahorrar y optan por la conversión. Los dueños con ingresos altos y sin hijos son renuentes a la conversión. En cuanto a la edad y a la antigüedad, los más renuentes a convertirse son los dueños de edad intermedia (50-60 años) con vehículos de antigüedad intermedia (fabricados entre 1975 y 1990). Es posible que los dueños con estas características puedan ser inducidos a convertir sus vehículos con medidas especiales de difusión que resalten las ventajas del GLP y la racionalidad de la decisión a tomar.
5. Las variables significativas y manejables fueron a) el conocimiento de la tecnología dual, b) el temor por la seguridad de los vehículos convertidos y c) el temor por la “escasez” de grifos surtidores de GLP. Estas tres variables son las que pueden cambiarse con facilidad mediante la política de difusión de información verídica del proceso.
6. El proceso de conversión incluye la mano de obra empleada, los equipos a instalar, el mantenimiento que requieren y las normas vigentes. En efecto, el conocimiento técnico acerca de cómo operar eficientemente un vehículo a GLP permite cambiar los valores de las tres variables listadas en el punto 5. Las medidas de difusión comprenden la organización de talleres para los dueños de vehículos, la creación de campañas de divulgación de la tecnología GLP y la organización de la ciudadanía y de las instituciones relacionadas con el transporte y el medio ambiente para crear un clima de apoyo al medio ambiente y a las conversiones.
7. Es necesario insistir en la certificación de los talleres de conversión que dispongan de mano de obra calificada, usen *kits* de conversión de

calidad y acaten las normas vigentes. En este sentido, las autoridades deben determinar qué talleres son aptos para este trabajo, de acuerdo a las normas que el Senati emplea para certificar las conversiones. Asimismo, se reitera la atención que debe prestarse al mantenimiento de los vehículos. Muchos vehículos convertidos se encuentran en malas condiciones y arrojan GLP por el tubo de escape. Las revisiones técnicas anuales permiten detectar estas anomalías y corregirlas.

8. Es necesario indicar que las políticas de incentivos a las conversiones no son en sí mismas suficientes para limpiar el aire del Centro Histórico de Trujillo. Es imprescindible complementarlas con políticas municipales de restricciones al acceso al Centro de Trujillo, con revisiones técnicas periódicas a los vehículos y con experimentos creativos como “Un día sin autos en el centro de Trujillo”<sup>97</sup>.
9. Asimismo, a nivel nacional, los ministerios de Economía y Finanzas, de Transportes y Comunicaciones y de Salud deben apoyar medidas como mayores impuestos a los combustibles más contaminantes e incentivos a la importación de vehículos nuevos para el transporte urbano, especialmente si operan a gas. Tanto las medidas locales como las nacionales complementan el trabajo de la conversión y deben aplicarse mientras el beneficio social sea mayor que el costo privado<sup>98</sup>.
10. Del análisis de los niveles de contaminación en Trujillo se deduce que los centros de investigación pública y privada de la región deben preocuparse por este problema. Es importante priorizar las líneas de investigación. Debe darse un alta prioridad a la descripción y explicación de las diversas formas de contaminación urbana, al uso y al desarrollo de tecnologías de limpieza, y a la explicación del comportamiento de los agentes no solo desde el punto de vista de los incentivos y controles, sino también de las costumbres y hábitos individuales y

---

97 Cada año se determina un día en el que esta prohibido ingresar al CHT. Todo el centro queda para los peatones y el turismo local aumenta.

98 Perman, Roger y otros. Op. Cit.

culturales. Este conocimiento permitirá diseñar mejores políticas de limpieza.

11. Finalmente, aunque se conocen límites permisibles<sup>99</sup>, la contaminación sigue avanzando en Trujillo. En los países avanzados las ciudades se han limpiado por el cambio tecnológico incorporado en los nuevos vehículos y por el respeto de los ciudadanos a las normas de control. En Trujillo es posible aumentar el respeto a las normas y crear un clima propicio para las conversiones mediante un convenio amplio. Este acuerdo estaría integrado por el Municipio Provincial, la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones, la Defensoría del Pueblo, los talleres de conversión, el Senati, los dueños de vehículos, el gremio de taxistas, las ONG que se dedican a proteger el medio ambiente, las universidades y las entidades financieras.

---

99 Carlos Bocanegra, en su obra citada, presenta tablas y gráficos sobre el estado de la contaminación en el centro de Trujillo en relación a los límites máximos permisibles.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BCRP

2006 “Medidas del gobierno para estabilizar los precios de los combustibles”.  
Revista Moneda 132. Lima: BCRP.

BOCANEGRA, Carlos

2000 *Impactos e indicadores ambientales en la Ciudad de Trujillo*.  
Trujillo: Empresa editora Nuevo Norte.

FIELD, Barry C.

1995 *Economía ambiental*. Colombia: McGraw-Hill Interamericana S.A.

FRAJ, Elena Y Eva Martínez

2002 *Comportamiento ecológico de los consumidores*. Madrid: Esic  
Editorial.

GALARZA, Elsa Y Otros

2003 *Implementación de tecnologías limpias en el Perú: el uso de GLP  
en taxis*. Documento de Trabajo 53. Lima: CIUP.

GESTA ZONAL DEL AIRE - Trujillo

2005 *Diagnóstico de Línea Base de la Cuenca Atmosférica de Trujillo  
Metropolitano*. Trujillo: Dirección Regional de Salud, La Libertad.

GILPIN, Alan

2003 *Economía ambiental: un análisis crítico*. México: Alfaomega Grupo  
Editor S.A.

GUJARATI, Damodar

2004 *Econometría*. Cuarta Edición. México: McGraw-Hill Interamericana.

HERNÁNDEZ Sampieri, R., C. Fernández Y P. Baptista.

1998 *Metodología de la investigación*. 2ª Edición. México: McGraw-Hill.

KIELY, Gerald

1999 *Ingeniería ambiental*. Madrid: McGraw-Hill / Interamericana de España.

KORK, Marcelo

2003 “La contaminación del aire”. En la Revista Cuanto.

MILLER, Tyler

2002 *Ciencia ambiental, preservemos la Tierra*. 5ta Edición. México: Internacional Thomson Editores S.A.

NAEHER, Luke P., Manuel Aguilar, Charlene Bayer, Jhon Allen Y Xianglu Han

2002 *Exposición ocupacional a contaminantes automotrices de particulado fino (PM-2,5), Monóxido de Carbono (CO) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)*. Trujillo-USA. University of Georgia.

NICHOLSON, Walter

2004 *Teoría microeconómica*. 8ª Edición. Madrid: Internacional Thomson Editores Spain Paraninfo S.A.

PERLOFF, Jeffrey M.

2004 *Microeconomía*. 3ª Edición. Madrid: Pearson Education S.A.

PERMAN, Roger Y Otros.

2003 *Natural Resources & Environmental Economics*. Alemania: Edit. Prentice-Hall.

SAMUELSON, Paul Y William Nordhaus

2006 *Economía*. Decimoctava Edición. México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S. A.

SISMONDI, Daniela (Compiladora).

2003 *Contaminación atmosférica y conciencia ciudadana*. Santiago de Chile: CEPAL, UN.

STAVINS, Robert N.

1998 "What Can We Learn from the Grand Policy Experiment? Lessons Form SO<sub>2</sub> Allowance Trading". USA: Journal of Economic Perspectives, Number 3, vol. 12, pp. 69-88.

VILLEGAS DIAZ, Omar

2006 *Crecimiento del parque vehicular en la Ciudad de Trujillo y su efecto en la contaminación del Centro de Trujillo*. Trujillo: UNT. Prueba de Capacidad Profesional (inédita).



---

## LINKOGRAFÍA

1. “Noticias ‘Se inicia campaña por combustibles limpios’” del 20 de julio de 2006 en  
<http://www.airesaludable.org/noticias/2004-10-22-combust-limpios.htm>.
2. “Tóxicos emitidos en la combustión” del 20 de julio de 2006 en  
<http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi99/autos-y-polucion/Toxico.htm>.
3. “Las emisiones de los automóviles: sinopsis” en  
<http://www.epa.gov/air/espanol/transporte/sinopsis.html>.
4. “OPS/CEPIS/PUB/00.50 Pag.32, Acápite 2.2 ‘Guías y normas de calidad del aire en exteriores para contaminantes no tradicionales’” en la página web del 20 de julio de 2006  
[http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/E/fulltext/normas/2\\_2.pdf](http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/E/fulltext/normas/2_2.pdf).
5. “Municipalidad Provincial de Trujillo: Población”, página web del 22 de julio de 2006 en  
<http://www.munitrujillo.gob.pe/PlanifCatastro/planifica/paginas/planDesMet3.htm>.
6. “Gesta Trujillo: Zonal del aire de Trujillo”, página web del 22 de julio de 2006 ubicada en  
<http://www.ucv.edu.pe/lima/GESTADELAIRETRUJILLO.pdf>.

7. “El conflicto ambiental en San Mateo de Huanchor” del 23 de julio de 2006 en <http://peru.indymedia.org/news/2005/07/18200.php>.
8. “Sobre ganancias petroleras en el mundo y en el Perú”. Publicado el 2 de agosto de 2006 en [http://www.larepublica.com.pe/index.php?option=com\\_content&task=blogcategory&id=16&Itemid=484](http://www.larepublica.com.pe/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=16&Itemid=484).
9. “Osinerg: Scop Docs Estadística del mercado de combustibles” del 22 de julio de 2006 en <http://www.osinerg.gob.pe/osinerg/homepage.jsp>.
10. “The Future Demand for Alternative Fuel Passenger Vehicles: A Preliminary Literature Review” del 23 de julio de 2006 en <http://aqp.engr.ucdavis.edu/Documents/caoMokhAFVinterimreport72003.pdf>.
11. “Combustibles ecológicos” en <http://www.calandria.org.pe/campanas/combustibles.pdf>.
12. “Climate non Conformity” del 28 de noviembre de 2006 donde se cita a Sir Nicholas Stern, ex economista en jefe del Banco Mundial en <http://www.opinionjournal.com/editorial/feature.html?id=110009181>.

---

## ANEXOS

### Anexo A ENCUESTA PARA LOS DUEÑOS DE UN SOLO VEHÍCULO

Buenos días, en la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Trujillo estamos realizando un estudio sobre conversión de automóviles y camionetas no rurales a Gas Licuado de Petróleo o GLP. Esta encuesta tiene por finalidad conocer qué factores determinan que un dueño convierta su vehículo a GLP. Se aplica solamente a dueños de un solo automóvil o camioneta (*station wagon, pick up* o panel), que usan GLP/gasolina (DUALES) o gasolina solamente (GASOLINEROS).

Por ello, le agradeceríamos que respondiera a las siguientes preguntas. Le garantizamos la confidencialidad de los datos.

#### INSTRUCCIONES:

- a. En los casilleros o puntos suspensivos se coloca la información requerida.
  - b. En el espacio entre paréntesis se marca con un aspa o se prioriza según el caso.
1. Coloque en los casilleros el número de vehículos de su propiedad según tipo y combustible usado.

USTED ES DUEÑO DE:	TIPO DE COMBUSTIBLE QUE USA EL VEHÍCULO				
	GLP solamente	GLP/Gasolina	Gasolina solo	Petróleo	TOTAL
Automóviles					
Camioneta <i>Station Wagon</i>					
Camioneta <i>Pick Up</i>					
Camioneta Panel					
Otros					
TOTAL					

DUALES (los dueños de vehículos GASOLINEROS empiezan a responder en la pregunta 7)

2. Priorice las razones por las que Ud. convirtió su vehículo de gasolinero a dual: GLP/gasolina.
  - El GLP contamina menos el ambiente.
  - El precio de la gasolina subía mucho.
  - Conocía algo acerca de la tecnología dual.
  - Existían suficientes grifos de GLP.
  - Confiaba en la seguridad del vehículo convertido.
  - Con GLP se gasta menos en combustible.
  - Motor limpio y ahorro en aceite y repuestos.
  - Otra/especificar .....
  
3. ¿Cómo Ud. financió específicamente la conversión de su vehículo? (Marque con un aspa)
  - Tenía ahorros para hacer la conversión.
  - Tuve fácil acceso al crédito bancario.
  - Conseguí un préstamo de un familiar o conocido.
  - Otra/especificar .....
  
4. ¿Cuánto gasta al día en combustible? .....  
 ¿Cuánto gastaba antes de la conversión?.....  
 ¿En qué año convirtió su vehículo a dual?.....  
 ¿En qué taller? .....  
 ¿Cuánto pagó por la conversión?.....  
 Marca del equipo colocado .....  
 ¿Qué garantías, planos y otros documentos ha obtenido del taller de conversión?.....  
 ¿En qué tiempo va a recuperar o recuperó la inversión que hizo en conversión?.....  
 Su vehículo es particular taxi colectivo movilidad escolar  
 Otro/especificar.....  
 ¿Cuántas horas trabaja su vehículo por día?.....  
 ¿Contamina el ambiente su vehículo más o menos que los gasolineros?  
 .....  
 ¿Por qué?.....

5. Priorice las ventajas que ha obtenido de su vehículo convertido.
- Contamina menos el medio ambiente.
  - Conoce mejor los vehículos duales.
  - Se conserva limpio el motor.
  - No le ha dado problemas el vehículo convertido.
  - Cobra más por alquilar su vehículo.
  - Confianza en la seguridad del vehículo convertido.
  - Ahorro en aceite y repuestos.
  - Los grifos surtidores de GLP dan buen servicio.
  - Gran ahorro en combustible.
  - Otras/especificar.....
6. Priorice las desventajas que Ud. ha encontrado en su vehículo convertido.
- Gastos en cambio de tarjeta de propiedad.
  - Necesitó reparaciones antes del cambio.
  - Reparaciones adicionales después del cambio.
  - Huele a gas en la cabina.
  - Pierde potencia cuando tiene peso.
  - Disminuye el espacio de la maletera.
  - Existen pocos grifos de GLP.
  - Otra/especificar.....

GASOLINEROS (los dueños de vehículos DUALES continúan en la pregunta 10)

7. ¿Cuánto gasta al día en combustible? .....
- ¿Cuánto cree que gastaría si fuera a gas? .....
- ¿Sabe cuánto cuesta la conversión de su vehículo a GLP?.....
- ¿De qué depende?.....
- ¿Qué garantías le ofrecen? .....
- .....
- Su vehículo es particular taxi colectivo movilidad escolar
- Otro/especificar.....
- ¿Cuántas horas trabaja su vehículo por día? .....
- ¿Contamina el ambiente su vehículo más o menos que los duales?
- .....
- ¿Por qué?.....

8. Priorice las razones por las que NO ha convertido su vehículo de gasolinero a dual gasolina/GLP.
- No dispone de ahorros para pagar la conversión.
  - El costo de conversión es muy caro.
  - Desconoce los procesos y la tecnología del GLP.
  - Lo prefiere auténtico, sin equipos extraños.
  - No sabe los costos ni beneficios de la conversión.
  - Recién he adquirido mi vehículo.
  - No hay seguridad, el gas es peligroso.
  - Prefiere vehículos a GLP de fábrica.
  - No hay especialistas ni buenos equipos de GLP.
  - Mi vehículo necesita antes reparación.
  - Espero que venga el gas natural de Camisea.
  - Disminuye el espacio de la maletera.
  - Existen muy pocos grifos de GLP.
  - Otra/especificar .....
9. Priorice las razones por las que no busca recursos en los bancos para financiar la conversión de su vehículo de gasolinero a dual: gasolina/GLP.
- Es difícil acceder al crédito bancario.
  - Los bancos piden requisitos y papeleo.
  - Teme no poder pagar las cuotas del préstamo.
  - No tiene ingresos fijos.
  - Los intereses que cobran son altos.
  - No me gusta endeudarme.
  - Es riesgoso, puedo perder el vehículo.
  - Otra/especificar .....

## DUALES Y GASOLINEROS

10. Describa la frecuencia de mantenimiento de su vehículo en meses o kilómetros.
- Marca del vehículo .....
- Año de fabricación .....

<i>Tipo de mantenimiento</i>	<i>Frecuencia en semanas, meses o kilómetros</i>	<i>Para duales: frecuencia antes de convertir su vehículo</i>
Cambio de aceite		
Cambio de repuestos		
Afinación del motor		
Otros/especificar		
.....		
.....		
.....		

Comentarios.....

.....

11. Si doy más mantenimiento a mi vehículo, entonces (marque con un aspa lo que es verdad para Ud.)
  - Arrojaré menor contaminación al ambiente.
  - Incurriré en gastos o deudas a corto plazo.
  - Brindaré mayor seguridad a los pasajeros.
  - Mi vehículo rendirá más.
  - Haré menos gastos de reparación a largo plazo.
  - Tendré menos riesgos de accidentes.
  - Tendré menos dinero para alimentos.
  - Otro/especificar.....
  
12. Priorice las medidas de control de la contaminación en Trujillo que estaría dispuesto a aceptar.
  - Acceso restringido por horas al Centro de Trujillo.
  - Entrada en días alternos según placa.
  - Un día sin autos al año en el Centro de Trujillo..
  - Entrada sólo para vehículos nuevos.
  - Ninguna medida.
  - Otras/especificar.....
  
13. ¿Qué porcentaje del gasto en combustible de un vehículo gasolinero se ahorra al convertirlo a dual: GLP/gasolina?
  - No sabe  0%  10%  20%  30%  40%  50% o más
  
14. ¿Conoce Ud. la tecnología dual de los vehículos convertidos?
  - nada  muy poco  poco, algo  bastante, mucho

15. ¿Teme Ud. por la seguridad de los vehículos duales convertidos?  
nada muy poco poco, algo bastante, mucho
16. ¿Normalmente tiene Ud. acceso al crédito bancario? SÍ NO
17. ¿Si tuviera o ya tiene un vehículo GLP, temería o teme Ud. no encontrar un grifo cerca?  
nada muy poco poco, algo bastante, mucho

INFORMACIÓN ESTADÍSTICA (señale con un aspa entre los paréntesis y llene los puntos suspensivos)

- a. Sexo y edad Mujer Hombre Edad : ..... años
- b. Nivel de estudios  Primario  Secundario  Técnico  Superior
- c. Profesión y ocupación:.....  
 .....
- d. Ingreso mensual familiar total: Menos de 500 Entre 500 y 1.000  
 Entre 1.000 y 1.500 Entre 1.500 y 2.000 Entre 2.000 y 2.500  
 Entre 2.500 y 3.000 Más de 3.000
- e. Porcentaje del ingreso mensual familiar total que proviene de  
 Mi vehículo ..... %  
 Otra fuente ..... %  
 Especifique la fuente .....
- f. Número de personas que viven en su hogar.....  
 (incluyéndose Ud.)
- g. Número de hijos que Ud. tiene (coloque en los puntos suspensivos el número):  
 Menores de 18 años..... Mayores de 18 años .....
- h. La casa donde vive es  
Propia Alquilada De los padres De los suegros   
 Otro/especificar.....

## Anexo B RESPUESTAS TABULADAS DE LA ENCUESTA

Este anexo presenta las tabulaciones de las respuestas de la encuesta dirigida a los dueños de vehículos. Como se observa en el anexo A, las preguntas se dividen en tres partes: la primera va dirigida a los 83 dueños de vehículos duales (preguntas 2-6), la segunda a los 426 dueños de vehículos gasolineros (preguntas 7-9) y la tercera a ambos grupos (preguntas 10-17 y A-H). Las preguntas numeradas 10-17 se refieren a los determinantes de la conversión. Las preguntas A-H son datos estadísticos de carácter socioeconómico.

Las respuestas a la pregunta 1, presentadas en el cuadro B.1, especifican el tipo de vehículo que poseen y el combustible que usan todos los dueños de la encuesta. En total fueron encuestados 509 dueños, cuya composición por combustible y tipo de vehículo es como sigue.

Cuadro B.1  
COMPOSICIÓN POR TIPO DE VEHÍCULO Y COMBUSTIBLE USADO

<i>Pregunta 1 Combustible</i>	<i>Duales</i>	<i>Gasolineros</i>	<i>TOTAL</i>
Tipo de vehículo			
Automóviles	35	309	344
Camionetas <i>Station Wagon</i>	36	85	121
Camionetas <i>Pick up</i>	9	25	34
Camionetas Panel	3	7	10
TOTAL	83	426	509

Fuente: elaboración propia usando los resultados de la pregunta 1 de la encuesta. Se identifica el tipo de vehículo y el combustible que usa. Los duales usan gasolina y GLP.

A partir de la pregunta 2, se presenta los cuadros de las tabulaciones de las tres partes de la encuesta. Las tabulaciones consisten en agrupar los datos por tipo de respuesta emitida junto con su frecuencia relativa (Fr.). En las respuestas priorizadas, se muestra las frecuencias de las 3 prioridades emitidas. Si por error algunos encuestados reportaron prioridades

mayores a 3, una nota indica cuántos lo hicieron. Las frecuencias más altas se presentan con fondo de color. El número o letra de la pregunta va dentro del cuadro.

## VEHÍCULOS DUALES

Las respuestas a la pregunta 2 sobre motivos de conversión se presentan en el cuadro B.2.

Cuadro B.2  
MOTIVOS DE LA CONVERSIÓN DE GASOLINEROS A DUALES

<i>Pregunta 2</i>	<i>Prioridades*</i>		
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Razones por las que Ud. convirtió su vehículo a dual.</i>			
a. El GLP contamina menos el ambiente.	7	17	11
b. El precio de la gasolina subía mucho.	42	14	2
c. Conocía algo acerca de la tecnología dual.	1	1	3
d. Existían suficientes grifos de GLP.		1	1
e. Confiaba en la seguridad del vehículo convertido.			4
f. Con GLP se gasta menos en combustible.	21	11	5
g. Motor limpio y ahorro en aceite y repuestos.	9	25	13
h. Otra.		1	1

\* Se eliminaron dos encuestados que marcaron Prioridad 4.

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

Resalta el precio de la gasolina y el ahorro en combustible en prioridad 1. La necesidad de ahorrar se ve reflejada en ambas respuestas.

En la pregunta 3, cuyos resultados están en el cuadro B.3, se pide al encuestado marcar una de las cuatro fuentes de financiamiento.

Los ahorros personales fueron los más usados.

La pregunta 4 es un poco larga y se presenta en dos cuadros (cuadro B.4a y cuadro B.4b).

El cuadro B.4a registra el gasto actual en combustible y el gasto que se incurría antes de la conversión. Con esta información se ha calculado el ahorro diario de cada dueño encuestado.

Cuadro B.3  
FINANCIAMIENTO DE LA CONVERSIÓN DE GASOLINEROS A DUALES

<i>Pregunta 3</i>	
<i>¿Cómo Ud. financió la conversión de su vehículo?</i>	<i>Fr.</i>
a. Tenía ahorros para hacer la conversión.	44
b. Tuve fácil acceso al crédito bancario.	17
c. Conseguí un préstamo de un familiar o conocido.	17
d. Otra.	5
TOTAL	83

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

Cuadro B.4a  
GASTO Y AHORRO DIARIO DE DUALES

<i>Pregunta 4 Gasto diario</i>			<i>Ahorro diario</i>	
<i>Marca (S/.)</i>	<i>Actual Fr.</i>	<i>Anterior Fr.</i>	<i>Marca (S/.)</i>	<i>Actual Fr.</i>
10	10	1	-20	
20	11	10	-10	4
30	38	6	0	
40	19	14	10	21
50	2	23	20	37
60	2	16	30	11
70	1	2	40	5
80		4	50	2
90		2	60	1
100		3	70	
No sabe		2		2
TOTAL	83	83		83

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

El ahorro promedio diario que perciben los convertidos es S/. 20. La variación depende de los kilómetros recorridos.

El cuadro B.4b mide una serie de indicadores de la conversión: el año de la conversión, el costo de la conversión y el tiempo de recuperación de la inversión en la conversión, así como el uso del vehículo, las horas diarias trabajadas y un juicio sobre la contaminación que arroja en relación a los vehículos gasolineros.

En este cuadro, las respuestas cuantitativas sobre la conversión se presentan en las seis primeras columnas. Luego vienen las cuatro columnas sobre el tipo de vehículo y su uso diario con sus respectivas frecuencias. Finalmente, en las columnas 11 y 12, se reporta la opinión de los dueños de duales respecto a la contaminación de sus vehículos.

Cuadro B.4b  
CONVERSIÓN: AÑO, COSTO Y RECUPERACIÓN, TIPO DE VEHÍCULO, USO Y CONTAMINACIÓN

Año de la conversión	Pregunta 4 Conversión										
	Costo		Tiempo de Recuperac. (meses)			Tipo de vehículo	Uso diario (horas)		Contaminación en relación a los gasolineros		
	Fr.	(\$)	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.		
1998	0	390	5	3	11	Particular	20	3	4	más	0
1999	0	420	2	6	18	Taxi	57	6	14	igual	0
2000	0	450	5	9	7	Colectivo	4	9	27	menos	74
2001	2	480	10	12	8	Mobilidad	1	12	24		
2002	1	510	39	15	0	Otro	1	15	5		
2003	2	540	5	18	1			18			
2004	7	570	7	21	0			21	1		
2005	34	600	5	24	2			24	4		
2006	33	630	1	27	0			27			
No sabe	4	No sabe	4	No sabe	36			No sabe	4	No sabe	9
TOTAL	83	TOTAL	83	TOTAL	83	TOTAL	83	TOTAL	83	TOTAL	83

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

La mayor parte de vehículos se convirtieron entre 2005-2006. Se pagó un promedio de S/. 510 por la conversión, que se recuperó en seis meses aproximadamente. En la muestra de duales prevalecen los taxis, que normalmente operan uno o dos turnos diarios. Los convertidos son conscientes de que contaminan menos.

Se pasará ahora a tabular las preguntas 5 y 6, que tienen que ver con las ventajas y desventajas del uso del GLP en lugar de la gasolina que usaban antes.

El cuadro B.5 ilustra los resultados de la pregunta sobre ventajas.

Cuadro B.5  
VENTAJAS DE LA CONVERSIÓN DE GASOLINEROS A DUALES

<i>Pregunta 5</i>	<i>Prioridades*</i>		
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Ventajas obtenidas del vehículo convertido</i>			
a. Contamina menos el medio ambiente.	12	6	8
b. Conoce mejor los vehículos duales.		1	1
c. Se conserva limpio el motor.	13	14	15
d. No ha ocasionado ningún problema.	2	7	
e. Cobra más por alquilar su vehículo.	4	1	1
f. Tiene confianza en la seguridad del vehículo.			3
g. Ahorra en aceite y repuestos.	5	22	3
h. Los grifos surtidores de GLP dan buen servicio.	1		2
i. Obtiene ahorro en combustible.	34	15	13
j. Otra.	1	1	1

\* Se eliminaron 11 encuestados que marcaron Prioridad 4 y 5.

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

El ahorro en combustibles es la mayor ventaja y se encuentra en primera prioridad.

El cuadro B.6 presenta las desventajas priorizadas.

Cuadro B.6  
DESVENTAJAS DE LA CONVERSIÓN DE GASOLINEROS A DUALES

<i>Pregunta 6</i>	<i>Prioridades</i>		
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Desventajas encontradas en el vehículo convertido</i>			
a. Gastos en el cambio de la tarjeta de propiedad.	28	6	1
b. Reparaciones necesarias antes del cambio.	4	5	3
c. Reparaciones adicionales después del cambio.	1	4	1
d. Olor a gas en la cabina.	2	4	2
e. Pérdida de potencia.	12	8	3
f. Disminución del espacio en la maleta.	5	5	6
g. Existencia de pocos grifos de GLP.	11	10	5
j. Otra.	18	3	

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

Todas las desventajas son mencionadas. Un poco resalta los gastos en los cambios de tarjeta de propiedad.

## VEHÍCULOS GASOLINEROS

Se pasará ahora a considerar las preguntas 7–9, dirigidas a los 426 dueños de vehículos gasolineros.

La pregunta 7 es similar a la pregunta 4 dirigida a duales. Se refiere al gasto en combustible, costo estimado de conversión, tipo de vehículo, horas diarias de uso y contaminación en relación a duales y se presenta en dos cuadros, los cuadros B.7a y B.7b.

A fin de comparar la percepción del gasto y ahorro diario de los gasolineros con la de los duales, ya se analizó en el cuadro B.4a, se integra este cuadro en el cuadro B.7a.

Se percibe similitud en la respuesta de ambos grupos en cuanto al ahorro diario. El conocimiento del ahorro que se obtiene al usar GLP en lugar de gasolina lo conocen bien ambos grupos.

CUADRO B.7\*  
COMPARACIÓN DEL GASTO Y AHORRO DIARIO

Marca S/.	Pregunta 7 GASOLINEROS				Marca S/.	Pregunta 4 DUALES			
	Gasto diario Fr.		Marca S/.	Aborro Fr. si fuera dual		Gasto diario Fr.		Marca S/.	Aborro Fr. actual
	actual	si fuera dual				actual	anterior		
10	56	91	-20	2	10	10	1	-20	
20	73	115	-10		20	11	10	-10	4
30	75	107	0	16	30	38	6	0	
40	122	20	10	139	40	19	14	10	21
50	70	2	20	128	50	2	23	20	37
60	17		30	40	60	2	16	30	11
70	7		40	7	70	1	2	40	5
80	2		50	2	80		4	50	2
90			60		90		2	60	1
100	1		70		100		3	70	
No sabe	3	91		92	No sabe		2		2
TOTAL	426	426		426	TOTAL	83	83		83

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

El cuadro B.7b se refiere costo estimado de conversión, tipo de vehículo, uso diario y contaminación.

En él, las primeras dos columnas reportan en cuánto estiman el costo de conversión los dueños de vehículos gasolineros con sus respectivas frecuencias. Luego las siguientes columnas tabulan el tipo de vehículo, las horas diarias que trabaja el vehículo y la contaminación que emite en relación a los vehículos duales.

Cuadro B.7b  
COSTO, TIPO DE VEHÍCULO, USO Y CONTAMINACIÓN DE GASOLINEROS

Costo estimado de conversión (dólares)	Tipo de vehículo		Uso diario (horas)		Contaminación en relación a los duals		
	Fr.		Fr.		Fr.		
360	11	Particular	178	0	0	más	220
390	18	Taxi	241	3	99	igual	42

► Costo estimado de conversión (dólares)	Tipo de vehículo		Uso diario (horas)		Contaminación en relación a los duales		
	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	
420	4	Colectivo	5	6	44	menos	34
450	9	Movilidad	1	9	91		
480	5	Otro	0	12	108		
510	198			15	41		
540	17			18	4		
570	5			21			
600	50			24	10		
630	20			27			
No sabe	89		1	No sabe	29	No sabe	130
TOTAL	426	TOTAL	426	TOTAL	426	TOTAL	426

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

El costo promedio estimado es \$510, exactamente igual que la estimación de los dueños de vehículos duales. También la mayoría son taxis, pero existen más particulares que en el caso de los duales. En cuanto al uso diario, más frecuencia se encuentra en un turno de 12 horas. Y los dueños de vehículos gasolineros saben que contaminan más que los duales.

A continuación se presenta los resultados sobre los motivos de la no conversión de los gasolineros.

Esta pregunta es similar a la pregunta 2 hecha a los dueños de duales sobre los motivos de su conversión.

El cuadro B.8 presenta las respuestas priorizadas a la pregunta de "¿por qué no se convirtieron?".

Varios marcaron erradamente prioridad 4 y 5 y fueron eliminados de la presentación.

La falta de ahorros personales es la principal razón que reportan para su rechazo a la conversión.

Si faltan ahorros, la pregunta 9 indaga sobre la razón de no acudir a las entidades bancarias para recibir apoyo financiero. Las razones priorizadas se presentan en el cuadro B.9.

**Cuadro B.8**  
**MOTIVOS DE LA NO CONVERSIÓN DE GASOLINEROS A DUALES**

<i>Pregunta 8</i>	<i>Prioridades*</i>		
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Razones por las que no convirtió su vehículo a dual.</i>			
a. No dispone de ahorros para pagar la conversión.	166	56	8
b. El costo de la conversión es muy caro.	81	88	20
c. Desconoce los procesos y la tecnología GLP.	33	32	13
d. Prefiere su vehículo auténtico, sin equipos extraños.	24	6	7
e. No sabe los costos ni beneficios de la conversión.	15	23	32
f. Recién ha adquirido su vehículo.	3	5	4
g. No hay seguridad, el GLP es peligroso.	14	19	11
h. Prefiere vehículos a GLP de fábrica.	6	19	5
i. No hay especialistas ni buenos equipos de GLP.	10	15	7
j. El vehículo necesita antes una reparación.	11	13	15
k. Espero que venga el gas natural de Camisea.	4	13	10
l. La conversión disminuye el espacio de la maleta.	14	18	16
m. Existen pocos grifos de GLP.	7	14	21
h. Otra.	34	11	6

\* Se eliminó 8 encuestados que marcaron Prioridad 4 y 5.

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

**Cuadro B.9**  
**RAZONES POR LAS QUE NO ACUDE A LOS BANCOS POR FINANCIAMIENTO**

<i>Pregunta 9</i>	<i>Prioridades*</i>		
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Razones por las que no acude a los bancos</i>			
a. Es difícil acceder al crédito bancario.	53	15	4
b. Los bancos piden muchos requisitos y papeleo.	55	46	9
c. Teme no poder pagar las cuotas del préstamo.	23	27	13
d. No tiene ingresos fijos para pagar cuotas fijas.	29	16	12
e. Los intereses que cobran son muy altos.	48	52	23
f. No me gusta endeudarme.	86	23	16
g. El préstamo es riesgoso, puedo perder el vehículo.	21	21	10
h. Otra.	86	8	2

\* Se eliminó 3 encuestados que marcaron Prioridad 4.

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

Todas las razones son válidas. Parecería que los dueños de vehículos no acuden a los bancos sobre todo porque no les gusta endeudarse y es engorroso sacar un préstamo.

#### DETERMINANTES DE LA CONVERSIÓN

A partir de la pregunta 10 hasta el final, la encuesta se dirige a toda la muestra (509 dueños) con la finalidad de obtener los valores de los determinantes de la conversión postulados y otra información complementaria de carácter socioeconómico.

Las respuestas de cada pregunta se agruparon según la condición de vehículo gasolinero y dual con sus respectivos porcentajes.

Los casilleros con mayores porcentajes se presentan con fondo de color. Este procedimiento permite determinar umbrales o puntos de cambio de duales a gasolineros y viceversa; tanto para variables cuantitativas como para cualitativas.

Un determinante varios grados ordenados y un solo umbral puede convertirse en variable dicótoma.

Un determinante cuantitativo puede tener uno o más umbrales. Dos umbrales implican influencia de tipo cuadrática (polinomio de segundo grado).

Se empezará con la pregunta 10 sobre mantenimiento y otros datos técnicos de carácter cualitativo. La única respuesta que se pudo tabular fue el año de fabricación del vehículo. Los resultados se presentan en el cuadro B.10.

Cuadro B.10  
AÑO DE FABRICACIÓN DEL VEHÍCULO

P. 10 Año	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	No sabe	Total
Vehículos											
Gasolineros	0	3	6	18	49	70	200	59	3	18	426
%	0,00	0,70	1,41	4,23	11,50	16,43	46,95	13,85	0,70	4,23	100,00
Duales	1	1		1	5	12	39	19		5	83
%	1,20	1,20	0,00	1,20	6,02	14,46	46,99	22,89	0,00	6,02	100,00
TOTAL	1	4	6	19	54	82	239	78	3	23	509
%	0,20	0,79	1,18	3,73	10,61	16,11	46,95	15,32	0,59	4,52	100,00

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

Los porcentajes cambian en 1970-1975 y en 1990-1995 (dos umbrales). Los casilleros marcados indican que el año de fabricación influye en la conversión en forma no lineal.

Las respuestas a la pregunta 11 reportan las razones por las que el dueño de un vehículo piensa que es necesario darle un mantenimiento frecuente.

Tanto los dueños de vehículos gasolineros como duales relacionan el mantenimiento con el rendimiento del vehículo, con el ahorro en los gastos de reparación, con la mayor seguridad otorgada a los pasajeros y con el medio ambiente, como lo indica el cuadro B.11.

Cuadro B.11  
RAZONES DEL MANTENIMIENTO FRECUENTE AL VEHÍCULO

<i>Pregunta 11</i> <i>Si doy más mantenimiento a mi</i> <i>vehículo, entonces...</i>	<i>Gasolineros</i> <i>Fr.</i>	<i>%</i>	<i>Duales Fr.</i>	<i>%</i>	<i>TOTAL</i>
a. Arrojaré menos contaminación al ambiente.	179	82,49	38	17,51	217
b. Incurriré en mas gastos o deudas a corto plazo.	27	84,38	5	15,63	32
c. Brindaré mayor seguridad a los pasajeros.	150	81,52	34	18,48	184
d. Mi vehículo rendirá más.	222	82,84	46	17,16	268
e. Haré menos gastos de reparación a largo plazo.	180	79,30	47	20,70	227
f. Tendré menor riesgo de cometer accidentes.	87	84,47	16	15,53	103
g. Tendré más dinero sobrante para alimentos.	13	65,00	7	35,00	20
h. Otra.	20	90,91	2	9,09	22

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

En la muestra, 83,70% son vehículos gasolineros y 16,30% son duales. Ambos grupos muestran porcentajes similares en las respuestas a esta

pregunta. Cierta discrepancia se encuentra en la respuesta: “tendré más dinero sobrante para alimentos” (g).

Las respuestas a la pregunta 12 se muestran en el cuadro B.12 y tratan sobre la aceptación de medidas de control de la contaminación usando prioridades.

Cuadro B.12  
ACEPTACIÓN DE MEDIDAS DE CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN

<i>Pregunta 12</i> <i>¿Qué medidas de control estaría dispuesto a aceptar?</i>	<i>Prioridades de gasolineros*</i>			<i>Prioridades de duales</i>			<i>Prioridades Total</i>		
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
a. Acceso restringido por horas al Centro de Trujillo.	86	19		18	4	1	104	23	1
b. Entrada al centro en días alternos según placa.	40	11	7	9	5		49	16	7
c. Un día al año sin autos en el Centro de Trujillo.	115	26	2	22	5	1	137	31	3
d. Entrada sólo para vehículos nuevos.	28	3	1	6	2	2	34	5	3
e. Ninguna medida.	143	3		31	0		174	3	
h. Otra	36	10	3	2	7		38	17	3

\* Se eliminó un encuestado que marcó Prioridad 4.

Fuente: elaboración propia en base a Encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

Tanto los dueños de vehículos gasolineros como duales aceptan el acceso restringido y un día sin autos. Pero preferirían no tener ninguna medida de control. En las tres respuestas ambos grupos concuerdan.

A continuación se analiza las preguntas 13, 14, 15, 16 y 17 referidas a los cinco determinantes de conversión postulados en el proyecto.

Se empieza describiendo las respuestas tabuladas. Solamente el primer determinante (pregunta 13), ahorro en combustible, es cuantitativo; los demás (preguntas 14-17) siguen una escala de Likert ordenada. El cuadro B.13 tabula las respuestas a la cinco preguntas, con sus respectivas frecuencias.

**Cuadro B.13**  
**AHORRO, TECNOLOGÍA, SEGURIDAD, CRÉDITO Y GRIFOS GLP**

<i>Pregunta 13</i>	<i>Pregunta 14</i>	<i>Pregunta 15</i>	<i>Pregunta 16</i>	<i>Pregunta 17</i>					
<i>Ahorro en combustible de duales</i>	<i>Conoce tecnología de duales</i>	<i>Teme por seguridad de duales.</i>	<i>Tiene acceso a crédito Fr.</i>	<i>Teme no encontrar grifos</i>					
<i>Fr.</i>	<i>Fr.</i>	<i>Fr.</i>	<i>Fr.</i>	<i>Fr.</i>					
0%	24	Nada	145	Nada	168	SÍ	265	Nada	96
10%	14	Muy poco	151	Muy poco	121	NO	243	Muy poco	119
20%	39	Poco, algo	183	Poco, algo	149			Poco, algo	165
30%	85	Bastante	29	Bastante	70			Bastante	124
40%	113								
50%	162								
No sabe	72	No sabe	1	No sabe	1	No sabe	1	No sabe	5
TOTAL	509	TOTAL	509	TOTAL	509	TOTAL	509	TOTAL	509

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

Las cinco preguntas tienen respuestas bastante uniformes, pero en cuanto al porcentaje de ahorros en combustibles la mayoría opina que se encuentra entre 40 y 50 por ciento.

Ahora se empieza a relacionar cada respuesta con la condición de duales y gasolineros. Si las respuestas en porcentaje cambian al pasar de gasolineros a duales surge un posible determinante.

El cuadro B.14 presenta los porcentajes de las respuestas a la pregunta 13 para duales y gasolineros.

**Cuadro B.14**  
**AHORRO EN COMBUSTIBLE EXPRESADO POR LOS DUEÑOS DE VEHÍCULOS GASOLINEROS Y DUALES EN PORCENTAJE**

<i>Dueños de vehículos</i>	<i>P. 13 ¿Qué % del gasto en combustible de un vehículo gasolinero se ahorra al convertirlo a dual?</i>							
	<i>0%</i>	<i>10%</i>	<i>20%</i>	<i>30%</i>	<i>40%</i>	<i>50%</i>	<i>No sabe</i>	<i>TOTAL</i>
Gasolineros	23	12	29	69	89	136	68	426
%	5,40	2,82	6,81	16,20	20,89	31,92	15,96	100,00
Duales	1	2	10	16	24	26	4	83
%	1,20	2,41	12,05	19,28	28,92	31,33	4,82	100,00
TOTAL	24	14	39	85	113	162	72	509
%	4,72	2,75	7,66	16,70	22,20	31,83	14,15	100,00

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

No se encuentra diferencia porcentual entre ambos grupos. Al parecer, el porcentaje de ahorro no explicaría la conversión, pero es posible que lo haga la necesidad de ahorrar medida con variables *proxy*.

El cuadro B.15 presenta las respuestas a las preguntas 14, 15 y 17 en porcentajes para los dueños de vehículos convertidos y no convertidos. Las tres preguntas se refieren al conocimiento de la tecnología, al temor por la seguridad de los convertidos y al temor de la escasez de surtidores GLP.

Cuadro B.15  
RESPUESTAS A TECNOLOGÍA, SEGURIDAD Y GRIFOS GLP DE LOS DUEÑOS DE VEHÍCULOS GASOLINEROS Y DUALES EN PORCENTAJE

Vehículos	P. 14 ¿Conoce Ud. la tecnología dual de los vehículos convertidos?					TOTAL
	Nada	Muy poco	Poco, algo	Bastante	No sabe	
Gasolineros	135	132	141	18	0	426
%	31,69	30,99	33,10	4,23	0,00	100,00
Duales	10	19	42	11	1	83
%	12,05	22,89	50,60	13,25	1,20	100,00
TOTAL	145	151	183	29	1	509
%	28,49	29,67	35,95	5,70	0,20	100,00
Vehículos	P. 15 ¿Teme Ud. por la seguridad de los vehículos convertidos?					TOTAL
	Nada	Muy poco	Poco, algo	Bastante	No sabe	
Gasolineros	129	100	130	66	1	426
%	30,28	23,47	30,52	15,49	0,23	100,00
Duales	39	21	19	4	0	83
%	46,99	25,30	22,89	4,82	0,00	100,00
TOTAL	168	121	149	70	1	509
%	33,01	23,77	29,27	13,75	0,20	100,00
Vehículos	P. 17 ¿Si tuviera o tiene un dual, temería o teme no encontrar un grifo cerca?					TOTAL
	Nada	Muy poco	Poco, algo	Bastante	No sabe	
Gasolineros	72	96	148	105	5	426
%	16,90	22,54	34,74	24,65	1,17	100,00
Duales	24	23	17	19	0	83
%	28,92	27,71	20,48	22,89	0,00	100,00
TOTAL	96	119	165	124	5	509
%	18,86	23,38	32,42	24,36	0,98	100,00

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

Los dueños de vehículos gasolineros y duales muestran diferencias claras en sus respuestas a estas tres preguntas. Los porcentajes altos cambian de grupo en la mitad de la escala de Likert para las tres preguntas. Este cambio permitió dividir las respuestas en dos atributos que indican la presencia o ausencia de conocimiento y temor (variables dicótomas).

Se pasará ahora a cruzar las respuestas a la pregunta 16, acceso al crédito, con la condición de gasolineros y duales, como lo ilustra el cuadro B.16.

Cuadro B.16  
ACCESO AL CRÉDITO EXPRESADO POR LOS DUEÑOS DE  
VEHÍCULOS GASOLINEROS Y DUALES EN PORCENTAJE

Vehículos	P. 16 ¿Normalmente tiene Ud. acceso al crédito bancario?			TOTAL
	SI	NO	No sabe	
Gasolineros	222	203	1	426
%	52,11	47,65	0,23	100,00
Duales	43	40	0	83
%	51,81	48,19	0,00	100,00
TOTAL	265	243	1	509
%	52,06	47,74	0,20	100,00

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

El acceso al crédito es igual para gasolineros y duales, contrario a lo postulado.

Los cuadros B.17 a B.19 presentan los resultados de las preguntas A–H.

El cuadro B.17 presenta las variables sexo, edad, estudios y tipo de vivienda cruzadas con la condición de gasolinero y dual.

Las únicas diferencias porcentuales entre gasolineros y duales que resaltan son las referidas a la edad del dueño del vehículo. Al parecer, la edad influye en la conversión en forma cuadrática (polinomio de segundo grado).

El cuadro B.18 presenta el ingreso familiar y sus fuentes cruzado por la condición de gasolineros y duales.

**Cuadro B.17**  
**RESPUESTAS A SEXO, EDAD, ESTUDIOS Y TIPO DE VIVIENDA DE LOS DUEÑOS DE**  
**VEHÍCULOS GASOLINEROS Y DUALES EN PORCENTAJE**

Vehículos	P. A1 Sexo			P. B Educación					
	Hombre	Mujer	TOTAL	Primaria	Secund.	Técnic	Super,	N.A.	TOTAL
Gasolineros	401	25	426	25	167	53	178	3	426
%	94,13	5,87	100,00	5,87	39,20	12,44	41,78	0,70	100,00
Duales	81	2	83	4	40	10	28	1	83
%	97,59	2,41	100,00	4,82	48,19	12,05	33,73	1,20	100,00
TOTAL	482	27	509	29	207	63	206	4	509
%	94,70	5,30	100,00	5,70	40,67	12,38	40,47	0,79	100,00

Vehículos	P. A2 Edad en años								
	20	30	40	50	60	70	80	N.A.	TOTAL
Gasolineros	15	89	143	91	59	20	4	5	426
%	3,52	20,89	33,57	21,36	13,85	4,69	0,94	1,17	100,00
Duales	7	26	31	8	5	5	1	0	83
%	8,43	31,33	37,35	9,64	6,02	6,02	1,20	0,00	100,00
TOTAL	22	115	174	99	64	25	5	5	509
%	4,32	22,59	34,18	19,45	12,57	4,91	0,98	0,98	100,00

Vehículos	P. H La casa donde vive es...					TOTAL
	Propia	Alquilada	De padres	De suegros	Otra	
Gasolineros	262	59	72	21	6	426
%	61,50	13,85	16,90	4,93	1,41	100,00
Duales	43	13	21	4	1	83
%	51,81	15,66	25,30	4,82	1,20	100,00
TOTAL	305	72	93	25	7	509
%	59,92	14,15	18,27	4,91	1,38	100,00

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

**Cuadro B.18**  
**RESPUESTAS A INGRESO Y SUS FUENTES DE LOS DUEÑOS DE VEHÍCULOS**  
**GASOLINEROS Y DUALES EN PORCENTAJE**

<i>P. D Ingreso mensual familiar total (en miles de soles)</i>												
<i>Vehic.</i>	<0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	2,5-3	>3	No sabe				<i>TOTAL</i>
Gasol.	18	146	119	65	24	24	23	7				426
%	4,23	34,27	27,93	15,26	5,63	5,63	5,40	1,64				100,00
Duales	8	34	24	10	2	1	4	0				83
%	9,64	40,96	28,92	12,05	2,41	1,20	4,82	0,00				100,00
TOTAL	26	180	143	75	26	25	27	7				509
%	5,11	35,36	28,09	14,73	5,11	4,91	5,30	1,38				100,00

<i>P. E1 Porcentaje del ingreso familiar que proviene del uso del vehículo</i>													
<i>Vehic.</i>	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	No sabe	<i>TOTAL</i>
Gasol.	154	1	5	18	11	30	17	17	15	1	150	7	426
%	36,15	0,23	1,17	4,23	2,58	7,04	3,99	3,99	3,52	0,23	35,21	1,64	100,00
Duales	14	0	4	3	2	7	2	4	1	0	45	1	83
%	16,87	0,00	4,82	3,61	2,41	8,43	2,41	4,82	1,20	0,00	54,22	1,20	100,00
TOTAL	168	1	9	21	13	37	19	21	16	1	195	8	509
%	33,01	0,20	1,77	4,13	2,55	7,27	3,73	4,13	3,14	0,20	38,31	1,57	100,00

<i>P. E2 Porcentaje del ingreso familiar que proviene de otra fuente</i>													
<i>Vehic.</i>	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	No sabe	<i>TOTAL</i>
Gasol.	149	1	14	17	16	31	9	19	6	1	154	9	426
%	34,98	0,23	3,29	3,99	3,76	7,28	2,11	4,46	1,41	0,23	36,15	2,11	100,00
Duales	45	0	1	4	2	7	2	2	5	0	14	1	83
%	54,22	0,00	1,20	4,82	2,41	8,43	2,41	2,41	6,02	0,00	16,87	1,20	100,00
TOTAL	194	1	15	21	18	38	11	21	11	1	168	10	509
%	38,11	0,20	2,95	4,13	3,54	7,47	2,16	4,13	2,16	0,20	33,01	1,96	100,00

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

Solamente el ingreso mensual familiar total discrimina entre gasolineros y duales. Las fuentes del ingreso son completamente aleatorias. En porcentajes, existen más convertidos entre los dueños de bajos ingresos que entre los de altos ingresos.

Finalmente, el cuadro B.19 presenta las respuestas para el número de personas en el hogar (F), número de hijos menores de 18 años (G1) y número de hijos mayores a 18 años (G2). Todas las respuestas están dadas en porcentaje para los dueños de vehículos gasolineros y duales.

Cuadro B.19  
RESPUESTAS A PERSONAS EN EL HOGAR, HIJOS MENORES Y MAYORES DE LOS  
DUEÑOS DE VEHÍCULOS GASOLINEROS Y DUALES EN PORCENTAJE

Vehículos	P. F Número de personas que viven en su hogar (incluyéndose Ud.)											TOTAL	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		No sabe
Gasolineros	1	8	27	62	122	94	54	15	18	2	3	20	426
%	0,23	1,88	6,34	14,55	28,64	22,07	12,68	3,52	4,23	0,47	0,70	4,69	100,00
Duales	0	0	6	9	23	26	10	2	4		2	1	83
%	0,00	0,00	7,23	10,84	27,71	31,33	12,05	2,41	4,82	0,00	2,41	1,20	100,00
TOTAL	1	8	33	71	145	120	64	17	22	2	5	21	509
%	0,20	1,57	6,48	13,95	28,49	23,58	12,57	3,34	4,32	0,39	0,98	4,13	100,00

Vehículos	P. G1 Número de hijos menores de 18 años								TOTAL
	0	1	2	3	4	5	6	No sabe	
Gasolineros	158	108	106	37	8	1	0	8	426
%	37,09	25,35	24,88	8,69	1,88	0,23	0,00	1,88	100,00
Duales	19	26	27	6	2	1	1	1	83
%	22,89	31,33	32,53	7,23	2,41	1,20	1,20	1,20	100,00
TOTAL	177	134	133	43	10	2	1	9	509
%	34,77	26,33	26,13	8,45	1,96	0,39	0,20	1,77	100,00

Vehículos	P. G2 Número de hijos mayores de 18 años									TOTAL
	0	1	2	3	4	5	6	7	No sabe	
Gasolineros	268	45	56	25	12	6	5	1	8	426
%	62,91	10,56	13,15	5,87	2,82	1,41	1,17	0,23	1,88	100,00
Duales	62	6	10	4	0	0	0	0	1	83
%	74,70	7,23	12,05	4,82	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	100,00
TOTAL	330	51	66	29	12	6	5	1	9	509
%	64,83	10,02	12,97	5,70	2,36	1,18	0,98	0,20	1,77	100,00

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

Los dueños con hijos menores de 18 años (pregunta G1) responden en mayor porcentaje cuando poseen vehículos duales, excepto los que tienen tres hijos. Esta observación también se refleja en los hijos mayores a 18 años.

Del análisis porcentual efectuado, los determinantes más relevantes resultaron ser a) las tres dicótomas de conocimiento de la tecnología, temor por la seguridad y temor por no encontrar un grifo cerca (esta última es un poco débil en su influencia), b) el año de fabricación del vehículo, c) la edad del dueño del vehículo, d) los ingresos menores a S/. 1.500 y e) la condición de poseer hijos menores de 18 años.

El ahorro en combustible y el acceso al crédito parecen no influir en la conversión porque tanto los convertidos como los no convertidos presentan porcentajes similares.

## Anexo C

### VARIABLES, MUESTRA Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

En este anexo se abordará en detalle el tema de la metodología, esto es, las variables usadas, el tamaño de la muestra y los análisis efectuados a los resultados de la encuesta.

#### *C.1 Variables usadas y fuentes de información*

El marco teórico analizado en el capítulo 2 permitió determinar las variables que explican la conversión de vehículos al sistema dual. Estas variables denominadas *determinantes* de la decisión de conversión son: el ahorro en combustible, el conocimiento de la tecnología GLP, el temor por la seguridad de los vehículos convertidos, el temor de no encontrar surtidores de GLP, el acceso al crédito y el deseo de contaminar menos. Las variables postuladas orientaron el diseño de la encuesta. Además, como resultado de las respuestas a la encuesta piloto, la encuesta definitiva terminó con preguntas adicionales. Se preguntó detalles de la performance de los vehículos gasolineros y duales y se agregó al final las preguntas básicas de carácter socioeconómico. El objetivo de las preguntas y del estudio fue explicar la decisión individual de conversión en un momento del tiempo como función transversal del valor diferenciado que toman los determinantes de los dueños de vehículos.

Como se puede apreciar en el anexo A, la pregunta 1 versa sobre tipo de vehículo y de combustible usado. A continuación, la encuesta se dirige exclusivamente a dueños de vehículos duales (preguntas 2-6). Luego, la segunda parte se aplica a los de dueños de vehículos gasolineros (preguntas 7-9). En la tercera parte (preguntas 10-17 y A-H), que se dirige a todos los dueños de vehículos, se colocó los determinantes postulados (preguntas 13-17), las características socioeconómicas de los dueños (preguntas A-H) y algunos detalles como financiamiento, gastos, antigüedad del vehículo, mantenimiento, horas de trabajo y contaminación (preguntas 10-12).

El cuadro C.1 presenta información detallada de los determinantes postulados: preguntas 13-17 y 2, 7. Estas dos últimas sirvieron para analizar

la actitud frente a la contaminación de los dueños de vehículos duales y gasolineros.

Cuadro C.1  
VARIABLES POSTULADAS: MEDICIÓN, RANGO Y SIGNIFICADO

Variable	Medición		Rango	Significado	Nº de pregunta
	Tipo	Escala			
Ahorro en combustible	Cuantitativa	Proporción	0 - 100	porcentaje %	13
Conocimiento de la tecnología	Cualitativa	Ordinal (Escala Likert)	0 - 3	"nada", "muy poco", "poco", "bastante"	14
Temor por la seguridad	Cualitativa	Ordinal (Escala Likert)	0 - 3	"nada", "muy poco", "poco", "bastante"	15
Temor de no encontrar grifo	Cualitativa	Ordinal (Escala Likert)	0 - 3	"nada", "muy poco", "poco", "bastante"	17
Acceso al crédito	Cualitativa	Nominal (Dicótoma)	1, 0	"SÍ", "NO"	16
Menor contaminación	Cualitativa	Nominal (Dicótoma)	1, 0	"SÍ", "NO"	2 y 7

Fuente: elaboración en base al diseño de la encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

El ahorro en combustible fue contestado en porcentajes. El conocimiento y los temores fueron obtenidos presentando la siguiente escala ordinal "nada", "muy poco", "poco" y "bastante". Esta escala se convirtió en dual asignando el valor de "0" a las respuestas "nada" y "muy poco", y el valor de "1" a las respuestas "poco" y "bastante". El corte dicótomo aplicado obedece al umbral de cambio en las respuestas una vez cruzadas con la condición de gasolinero y dual (anexo B). El acceso al crédito se respondió en forma dual "SÍ" y "NO". Con respecto a la menor contaminación como motivo de conversión, la pregunta 2, dirigida a dueños de vehículos duales, presenta como alternativas los determinantes postulados, incluyendo la menor contaminación del GLP, para que el encuestado priorice. Asimismo la respuesta a pregunta 7 dirigida a dueños de vehículos no convertidos se refieren a qué vehículos contaminan más.

El cuadro C.2 presenta la información sobre otras variables que podrían completar la explicación de la decisión de conversión (preguntas 10 y A-G).

Cuadro C.2  
VARIABLES ADICIONALES: MEDICIÓN, RANGO Y SIGNIFICADO

Variable	Medición		Rango	Significado	Nº de pregunta
	Tipo	Escala			
Año de fabricación del vehículo	Cuantitativa	Proporción	1950-2005	Antigüedad	10
Sexo	Cualitativa	Nominal (Dicótoma)	1, 0	"Sí", "NO"	a
Edad	Cuantitativa	Proporción	20 - 80	Años	a
Estudios	Cualitativa	Nominal	1 - 4	"primaria", "secundaria", "técnica", "superior"	b
Ingreso	Cuantitativa	Proporción	7 clases	<500,500-1000,1000-1500,...	d
Nº de personas del hogar	Cuantitativa	Proporción	1 - 20	Integrantes del hogar	f
Nº de hijos<18	Cuantitativa	Proporción	0 - 20	Hijos pequeños	g

Fuente: elaboración en base al diseño de la encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

De estas variables solamente fueron significativas: a) el año de fabricación del vehículo, b) la edad del dueño, c) su ingreso y d) el número de hijos menores de 18 años. Estos cuatro determinantes adicionales no fueron postulados explícitamente. En este estudio, se dejó la posibilidad de que el análisis de la encuesta permita encontrar otros determinantes complementarios.

Además de los resultados de la encuesta, se hizo uso de información histórica sobre flota vehicular, población, precio de combustibles y la situación de los contaminantes vehiculares en Trujillo. En el capítulo 1 figuran las instituciones fuentes y responsables de esta información. Estas series de tiempo permitieron definir el contexto social, económico y ambiental del estudio. La información sobre el parque automotor se obtuvo de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de La Libertad. Los datos poblacionales y del alza de combustibles provinieron del Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI.

### C.2 Tamaño de muestra y técnicas de recopilación de datos

Según los cuadros 1.2 y 1.3 del capítulo 1, la población objetivo del estudio consta de 7.808 vehículos. En base a estimados obtenidos de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de La Libertad y del Servicio de Administración Tributaria de Trujillo del Concejo Provincial (CPT-SATT), estos 7.808 vehículos se desagregan por clase de vehículo y combustible usado, según lo presenta el cuadro C.3.

Cuadro C.3  
ESTRATIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO

<i>Combustible usado</i>	<i>Duales y GLP solo</i>	<i>Gasolina</i>	<i>TOTAL</i>
Clase de vehículo			
Automóviles	337	4.291	4.628
Camionetas <i>Station Wagon</i>	93	1.348	1.441
Camionetas <i>Pick up</i>	217	1.417	1.634
Camionetas Panel	7	98	105
TOTAL	654	7.154	7.808

Fuente: elaboración propia en base a los porcentajes de últimos vehículos registrados en la DRTC-LL. Estos porcentajes se aplicaron a todo el parque automotor de la muestra.

Los duales y los vehículos exclusivos a GLP se han unido en una sola categoría de convertidos ya que el número de vehículos a GLP de fábrica es mínimo. En el cuadro los convertidos suman 654. Esto implica que la mayor parte de los 2.000 convertidos pertenecen a los dueños de flotas de vehículos. Se considera flota cuando un dueño posee más de un vehículo.

Como resultado de aplicar una fórmula de este tamaño y agregar unas encuestas adicionales, se llegó a la cifra de 540 encuestas, que representa el 7% de los 7.808 vehículos de Trujillo. Se entregó 54 encuestas a cada uno de los 10 encuestadores entrenados. De cada estrato, cada encuestador podía entrevistar su cuota correspondiente con cierta flexibilidad. Se logró recolectar 509 encuestas válidamente llenadas. Las encuestas válidas y el porcentaje de la población desagregadas por combustible usado y por clase de vehículo se presentan en el cuadro C.4.

Cuadro C.4  
ENCUESTAS VÁLIDAS Y PORCENTAJE DE LA POBLACIÓN  
POR CLASE DE VEHÍCULO Y COMBUSTIBLE USADO

<i>Combustible usado</i>	<i>Duales y GLP solo</i>		<i>Gasolina solo</i>		<i>TOTAL</i>	
<i>Clase de vehículo</i>	<i>Tamaño</i>	<i>%</i>	<i>Tamaño</i>	<i>%</i>	<i>Tamaño</i>	<i>%</i>
Automóviles	35	0,10	309	0,07	344	0,07
Camionetas <i>Station Wagon</i>	36	0,39	85	0,06	121	0,08
Camionetas <i>Pick up</i>	9	0,04	25	0,02	34	0,02
Camionetas Panel	3	0,43	7	0,07	10	0,10
TOTAL	83	0,13	426	0,06	509	0,07

Fuente: elaboración propia en base a la muestra de 509 y su relación porcentual con la población de 7.808 dueños de vehículos por combustible usado y por clase de vehículo.

En algunos estratos no se respetó las cuotas asignadas porque no se encontró a los dueños escogidos al azar y tuvieron que reemplazarse encuestando a dueños de vehículos encontrados en parques de estacionamiento de varios puntos de la ciudad de Trujillo. Obviamente fue más fácil entrevistar a dueños de camionetas *station wagon* duales porque en los últimos meses un número considerable de ellos se ha convertido a GLP. Todo lo contrario sucedió con las camionetas *pick up*, que fueron más difíciles de ubicar.

Se aumentó un poco el porcentaje de los vehículos duales para que tengan mayor representación en la muestra. De los 2.000 vehículos convertidos, solamente 654 pertenecen a dueños de un solo vehículo. Fue entonces necesario encuestar algo más que el porcentaje promedio de los dueños de vehículos duales para poder realizar con confianza las comparaciones porcentuales y las regresiones de variable dependiente dicotoma.

El tamaño de la muestra se obtuvo de la siguiente manera. Se propuso para este estudio un error de estimación o precisión del 3%, esto es,  $B = 0,03$ . Los pronósticos de los modelos de probabilidad de conversión pudieron equivocarse en un máximo de 3% hacia arriba y hacia abajo de la cifra real. Bajo un nivel de significancia del 5% de la distribución normal, se obtiene un valor de  $Z = 1,96$ . Además, se estimó la desviación estándar de los errores poblacionales en  $s = 0,35$ . Esta cantidad es una

estimación, de  $\sigma$ , y se obtuvo del error estándar de la regresión del modelo MLP ponderado realizado con las 100 encuestas piloto.

Con estos datos, se hizo uso de la siguiente fórmula<sup>100</sup> del tamaño de muestra:  $n = (Z * s / B)^2$ . Con los datos sugeridos, el tamaño de muestra resultante fue  $n = 523$  dueños de vehículos. Para cubrir las encuestas no válidas, se repartió 540 encuestas, 54 a cada uno de los 10 encuestadores. Desafortunadamente, se logró recolectar solamente 509 encuestas válidas. Más aún, el modelo Logit aceptó solamente 463 observaciones variable dependiente y determinantes válidos. Con esta cantidad de observaciones válidas introducida en la fórmula, la precisión del estudio aumentó un poco,  $B = 0,032$ , para no disminuir el nivel de confianza del estudio.

Para seleccionar en forma aleatoria a los encuestados se hizo uso del padrón de dueños de vehículos inscritos en la Dirección Regional de Transporte de La Libertad. Específicamente, los dueños de vehículos que formaron parte de la muestra se obtuvo aplicando números aleatorios al padrón de la DGTC-LL<sup>101</sup>.

Como se mencionó anteriormente, en mayo de 2006 se realizó una encuesta piloto a 100 dueños, escogidos estrictamente al azar. De esa encuesta se pudo obtener información para mejorar y refinar la del presente estudio, así como para calcular el error estándar de la regresión usado en la determinación del tamaño de la muestra. Con las 100 encuestas piloto se estimó un modelo MLP ponderado con menos determinantes que el modelo definitivo. El error estándar de la regresión de este modelo fue 0,354. Esta estimación sirvió para calcular el tamaño de muestra definitiva. En la administración de la encuesta final no se entrevistó a ninguno de los 100 entrevistados en la fase piloto.

Las preguntas de la encuesta final cubrieron todas las variables proyectadas. Además, se agregó algunas preguntas sobre indicadores socioeconómicos que el sentido común indica como complementarios a los determinantes de la decisión de conversión. Algunas variables socioeconómicas

---

100 La fórmula de estandarización de una distribución muestral es:  $Z = (\text{media muestra} - \text{media población}) / (\sigma / \text{raíz}(n))$ . La diferencia máxima de medias es  $B$  y  $\sigma$  es estimado con el  $s$  de la muestra piloto. Despejando  $n$ , se obtiene el tamaño de la muestra.

101 Como se dijo, no todos los dueños fueron ubicados en sus hogares y se procedió a entrevistar dueños escogidos al azar en grifos, zonas de estacionamiento de taxis y oficina de registro de la DGTC-LL.

resultaron ser significativas en los modelos estimados y pasaron a complementar la explicación. En términos generales, los resultados tabulados y cruzados guardan coherencia con los modelos estimados. En el anexo B se presentó las tabulaciones y cruces de las preguntas de la encuesta.

### *C.3 Tipo de análisis*

Para construir los modelos se hizo uso de las técnicas de regresión de variable dependiente dicótoma y de las variables construidas en base a los resultados de la encuesta aplicada. Cada pregunta de la encuesta ha sido tabulada en sus diversas respuestas empleando la hoja electrónica Excel para el vaciado de las respuestas y macros del Excel para el proceso de tabulación y cruces de las respuestas. Los determinantes postulados y las variables socioeconómicas se han cruzado con la condición de gasolineros y duales para encontrar su incidencia en la conversión y la posible forma funcional de los determinantes. Estos cruces se hicieron con un programa desarrollado en el Visual Basic del Excel. Este programa permitió obtener los resultados de duales, gasolineros y totales de cada pregunta con sus porcentajes respectivos, como se puede apreciar en el anexo B.

Una vez analizados los determinantes y las variables socioeconómicas se procedió a construir los modelos de regresión, usando el paquete EVIEWS 4.0. Se estimó primero el modelo MLP sin ponderar que resultó ser heteroscedástico. Luego se estimó el MLP ponderado que corrigió la heteroscedasticidad. Los resultados de estos dos modelos se pueden apreciar en el anexo D. La naturaleza lineal de estos modelos obligó a estimar un tercer modelo, el Logit. Este modelo es no lineal y se adapta mejor al cambio en las probabilidades de conversión inducido por los cambios en los determinantes. Con los resultados de la regresión del modelo Logit se procedió a predecir diferentes escenarios de políticas de limpieza del aire en Trujillo.

Los escenarios se obtuvieron cambiando el valor de los determinantes. En todos los modelos estimados, las variables “edad del dueño” y “año de fabricación del vehículo” tienen una influencia no lineal en la conversión y su introducción mejora el ajuste de los modelos. Para reflejar la incidencia no lineal de estas dos variables se optó por usar polinomios de segundo grado. Esto significa introducir ambas variables dos veces: la primera a la

potencia de uno y la segunda al cuadrado. Los dos polinomios de segundo grado introducidos constituyen los únicos determinantes cuantitativos de los modelos. La influencia no lineal de las dos variables mencionadas se encuentra corroborada con el análisis de la encuesta. Al cruzar ambas variables con la condición de gasolinero o dual se observa claramente dos umbrales (cuadros B.10 y B.17, anexo B).

El paquete matemático Maple VII permitió visualizar la forma que adopta el modelo Logit cuando se hace variar los dos determinantes cuantitativos: EDAD y FABRIC, esto es, edad del dueño y año de fabricación del vehículo.

En resumen, los determinantes son todos dicótomos menos la edad de dueño y el año de fabricación del vehículo. Los regresores de escala ordinal como son el conocimiento y los dos tipos de temores se han convertido en variables dicótomos usando la mitad de la escala cualitativa como umbral de cambio. En general, la encuesta es de carácter transversal porque se hizo en el mes de junio de 2006 a una muestra representativa de los dueños de un solo vehículo. Se aplicó la encuesta en promedio a 7% de los dueños de vehículos, pero se incrementó este porcentaje a los vehículos convertidos hasta un promedio de 13%, quedando los gasolineros representados por 6% de su población.

Las escalas para las preguntas de actitudes fueron: “nada”, “muy poco”, “poco o algo” y “bastante o mucho”. Las escalas para las ventajas, desventajas y razones de cambio fueron priorizadas de 1 a 3. Algunos pocos encuestados marcaron más de las tres prioridades requeridas. En la presentación de los cuadros del anexo B, estos encuestados han sido eliminados. Es necesario indicar que la priorización de ventajas y razones de cambio no fue usada en los modelos de regresión, sirvió para medir la actitud de los dueños de vehículos y para confirmar la información sobre los determinantes de los modelos. Como figura en el formato de la encuesta, los datos fueron estrictamente confidenciales y anónimos.

## Anexo D

### EL MODELO LINEAL DE PROBABILIDAD Y LA CORRECCIÓN DE LA HETEROSCEDASTICIDAD

Con los datos de la encuesta se construyó inicialmente Modelos Lineales de Probabilidad, MLP, de conversión. El primer modelo regresionado fue el especificado en el cuadro 3.1 del capítulo 3. Se trata de un MLP no ponderado, cuyos resultados se presentan en el cuadro D.1.

Cuadro D.1  
MODELO LINEAL DE PROBABILIDAD

Dependent Variable: Y				
Method: Least Squares				
Date: 12/06/06 Time: 19:28				
Sample: 1 509				
Included observations: 463				
Excluded observations: 46				
<i>Variable</i>	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-Statistic</i>	<i>Prob.</i>
C	3063,118	1139,931	2,687108	0,0075
INGRBAJOS	0,084987	0,03513	2,419193	0,0159
HIJOSCHICOS	0,122317	0,037314	3,27802	0,0011
CONOCTECN	0,13375	0,033116	4,038796	0,0001
TEMESEGUR	-0,09539	0,033624	-2,83693	0,0048
TEMENOGRIFF	-0,056973	0,033891	-1,681049	0,0934
FABRIC	-3,084337	1,146396	-2,690464	0,0074
FABRIC^2	0,000777	0,000288	2,694555	0,0073
EDAD	-0,035326	0,009139	-3,865197	0,0001
EDAD^2	0,000364	0,0001	3,640784	0,0003
R-squared	0,144017	Mean dependent var		0,164147
Adjusted R-squared	0,127011	S.D. dependent var		0,370809
S.E. of regression	0,346462	Akaike info criterion		0,739272
Sum squared resid	54,37616	Schwarz criterion		0,82864
Log likelihood	-161,1416	F-statistic		8,468479
Durbin-Watson stat	0,294008	Prob(F-statistic)		0,00000

Fuente: elaboración usando EViews en base a datos de la encuesta.

De este cuadro se deduce que todas las variables determinantes tienen el signo esperado y son significativas, excepto la variable TEMENOGRIFF, temor de no encontrar un grifo cerca. TEMENOGRIFF tiene el signo esperado, pero el valor t de su coeficiente tiene una probabilidad de  $p = 0,0934$ . Este valor es mayor que el nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ . Sin embargo, poseer un coeficiente no significativamente diferente de cero era previsible a partir del análisis de la encuesta. En el cuadro B.16 (pregunta 17) del anexo B, la diferencia en porcentaje entre gasolineros y duales para TEMENOGRIFF es baja. Los gasolineros tienen ligeramente un mayor temor de no encontrar un grifo cerca que los duales. La razón del poco temor refleja la situación real de Trujillo. En efecto, en Trujillo existen cuatro grifos surtidores de GLP (dos de ellos pertenecen a Repsol S.A.) y están ubicados estratégicamente: dos en la zona norte (la más populosa), uno en el centro y uno en el sur de la ciudad. Además, en la ciudad de Trujillo existen solamente un poco más de 2.000 vehículos duales. Por otro lado, si a los vehículos duales se les acaba el GLP pueden usar su tanque de gasolina para llegar al grifo surtidor. Esto explica en parte la baja significancia de TEMENOGRIFF.

El modelo MPL sin ponderar normalmente viola el supuesto de homoscedasticidad. La prueba más utilizada para detectar heteroscedasticidad es el estadístico de White. Para obtener el estadístico de White se somete a regresión los residuos al cuadrado del modelo original respecto a las variables explicativas en su forma simple y elevadas al cuadrado. También a veces se emplea términos cruzados. El cuadro D.2 presenta los resultados de la Prueba de White sin términos cruzados.

Cuadro D.2  
PRUEBA DE WHITE DEL MODELO MLP

White Heteroskedasticity Test:			
F-statistic	7,669035	Probability	0,00000
Obs*R-squared	67,16149	Probability	0,00000
Test Equation:			
Dependent Variable: RESID^2			
Method: Least Squares			
Date: 12/30/06 Time: 17:27			
Sample: 1 509			
Included observations: 463			
Excluded observations: 46			



Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	815,5916	306,848	2,657967	0,0081
INGRBAJOS	0,055332	0,018830	2,938456	0,0035
HIJOSCHICOS	0,051667	0,020507	2,519452	0,0121
CONOCTECN	0,078009	0,017763	4,391594	0,0000
TEMESEGUR	-0,046528	0,018022	-2,581739	0,0101
TEMENOGRIFF	-0,026769	0,018413	-1,453790	0,1467
FABRIC	-0,547783	0,205714	-2,662840	0,0080
(FABRIC^2)^2	1,75E-11	6,54E-12	2,679960	0,0076
EDAD	-0,008973	0,015973	-0,561789	0,5745
EDAD^2	5,01E-05	0,000264	0,189720	0,8496
(EDAD^2)^2	6,79E-09	1,87E-08	0,363732	0,7162
R-squared	0,145057	Mean dependent var		0,117443
Adjusted R-squared	0,126143	S.D. dependent var		0,198613
S.E. of regression	0,185664	Akaike info criterion		-0,506282
Sum squared resid	15,58099	Schwarz criterion		-0,407978
Log likelihood	128,2043	F-statistic		7,669035
Durbin-Watson stat	0,528501	Prob(F-statistic)		0,000000

Fuente: elaboración usando EViews en base a datos de la encuesta.

La fórmula de White es un estadístico probador *chi*-cuadrado cuya fórmula es  $n * R^2$ . Su valor en el cuadro es  $Obs * R\text{-squared} = 67,16$ . El valor crítico para 10 grados de libertad (número de estimadores menos uno) y 95% de nivel de confianza es 18,307. Claramente, el probador se encuentra a la derecha del valor crítico y se rechaza la hipótesis nula de homoscedasticidad. Este resultado era previsible porque los errores del modelo MLP son binomiales y su varianza cambia de acuerdo a la fórmula:  $Var(error_i) = (Y_i^{estimado}) * (1 - Y_i^{estimado})$ . La principal consecuencia de la heteroscedasticidad es tener estimadores MCO no eficientes.

Para eliminar el problema de la heteroscedasticidad se volvió a someter a regresión este modelo modificando las variables y el intercepto con su ponderador. El ponderador usado fue la inversa de la raíz cuadrada de la estimación de la varianza de los errores del modelo sin ponderar. Los resultados del modelo MLP ponderado se presentan en el cuadro D.3.

Cuadro D.3  
MODELO MPL PONDERADO

Dependent Variable: Y				
Method: Least Squares				
Date: 12/06/06 Time: 19:41				
Sample(adjusted): 1 507				
Included observations: 406				
Excluded observations: 101 after adjusting endpoints				
Weighting series: 1/RW				
<i>Variable</i>	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-Statistic</i>	<i>Prob.</i>
C	2991,957	1148,753	2,604526	0,0095
INGRBAJOS	0,098312	0,026546	3,703438	0,0002
HIJOSCHICOS	0,116963	0,029180	4,008281	0,0001
CONOCTECN	0,148888	0,028485	5,226911	0,0000
TEMESEGUR	-0,104598	0,026021	-4,019701	0,0001
TEMENOGRAF	-0,047379	0,027960	-1,694512	0,0910
FABRIC	-3,013427	1,154730	-2,609638	0,0094
FABRIC^2	0,000759	0,000290	2,615496	0,0093
EDAD	-0,035700	0,008145	-4,382949	0,0000
EDAD^2	0,000359	8,84E-05	4,057488	0,0001
Weighted Statistics				
R-squared	0,077523	Mean dependent var		0,135256
Adjusted R-squared	0,056557	S.D. dependent var		0,292520
S.E. of regression	0,284128	Akaike info criterion		0,345539
Sum squared resid	31,96858	Schwarz criterion		0,444217
Log likelihood	-60,14433	F-statistic		9,569753
Durbin-Watson stat	0,322303	Prob(F-statistic)		0,000000
Unweighted Statistics				
R-squared	0,134384	Mean dependent var		0,184729
Adjusted R-squared	0,114711	S.D. dependent var		0,388556
S.E. of regression	0,365592	Sum squared resid		52,92839
Durbin-Watson stat	0,223576			

Fuente: elaboración usando Eviews en base a datos de la encuesta.

Es necesario aclarar el tema de los ponderadores. Dado que la varianza del modelo MLP es  $w_i = (Y_i^{\text{estimado}}) * (1 - Y_i^{\text{estimado}})$ , entonces la raíz cuadrada de esta varianza es  $rw_i = \sqrt{w_i}$ . Por consiguiente, todo el modelo se multiplica por el factor  $(1 / rw_i)$  antes de estimarlo. En este proceso, algunos valores de  $Y_i^{\text{estimado}}$  no están acotados entre cero y uno. Para evitar tener ponderadores incorrectos con estos valores, se eliminó todas las observaciones cuyo valor estimado fuese mayor a uno o menor a cero. Este proceso hizo perder 57 grados de libertad. De 463 que tenía el modelo MLP simple, se pasó a 406 grados de libertad del modelo MLP ponderado.

En el modelo ponderado el valor de  $R^2$  ajustado disminuyó. De  $R^2 = 0,14$  en el modelo sin ponderar, se pasó a  $R^2 = 0,078$  en el ponderado. Sin embargo, la significancia de cada determinante aumenta sin cambiar los signos esperados. Este aumento es el esperado porque al ponderar las variables la varianza del modelo y de los estimadores disminuye, mientras que aumenta la eficiencia y significancia de los mismos. Las observaciones excluidas pasaron de 46 en el modelo no ponderado a 101 en el modelo ponderado. En el primer caso, los excluidos se explican porque algunos encuestados no respondieron algunas preguntas. A estos se les ha agregado la exclusión de 57 predicciones negativas y por encima de uno en el modelo ponderado. Como se dijo, esta acción es necesaria para poder obtener ponderadores correctos.

El objetivo de ponderar es eliminar la heteroscedasticidad. Al aplicar las pruebas de White al modelo ponderado la heteroscedasticidad queda eliminada. Sin embargo, la principal limitación de los modelos lineales de probabilidad es precisamente su formulación lineal, es decir, la probabilidad aumenta linealmente con el cambio en los determinantes.