



**“EFECTIVIDAD DE LAS POLÍTICAS ENERGÉTICAS Y  
AMBIENTALES SOBRE EL CONSUMO DE GASOLINAS EN EL  
PERÚ”**

**Trabajo de Investigación presentado  
para optar al Grado Académico de  
Magíster en Economía**

**Presentado por**

**Sr. Carlos Renato Salazar Rios**

**Asesor: Profesor Fabrizio Orrego Peche**

**2016**

Dedico el presente trabajo a mis padres por su permanente apoyo, a mi enamorada por sus críticas contribuciones y a mis profesores por brindarme las herramientas en mi formación profesional

## Índice

Índice de tablas.....	iv
Índice de gráficos .....	v
Índice de anexos .....	vi
<b>Capítulo I. Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo II. Revisión de literatura.....</b>	<b>5</b>
<b>Capítulo III. Marco analítico y metodología .....</b>	<b>8</b>
1. Contexto.....	8
2. Metodología.....	10
3. Base de datos .....	13
<b>Capítulo IV. Análisis de los resultados.....</b>	<b>15</b>
1. Resultados.....	15
2. Impacto sobre el CO <sub>2</sub> .....	18
<b>Capítulo V. Extensiones.....</b>	<b>20</b>
1. Simulaciones sobre el impacto en las emisiones de CO <sub>2</sub> .....	20
2. Impacto del gas natural vehicular .....	22
<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>24</b>
1. Conclusiones.....	24
2. Recomendaciones .....	24
<b>Bibliografía .....</b>	<b>25</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>27</b>
<b>Nota biográfica .....</b>	<b>33</b>

### Índice de tablas

Tabla 1.	Dimensionamiento de la literatura relevante .....	5
Tabla 2.	Estimaciones del consumo de gasohol por vehículo .....	16
Tabla 3.	Efecto de las políticas energéticas y ambientales sobre las emisiones de CO <sub>2</sub> .....	18
Tabla 4.	Estimaciones del consumo de gasohol por vehículo en los departamentos con GNV .....	23

## Índice de gráficos

Gráfico 1.	Distribución de las emisiones de CO <sub>2</sub> según sector (en %), 2014.....	2
Gráfico 2.	Evolución del consumo mensual de gasolinas por vehículo .....	2
Gráfico 3.	Evolución de las emisiones de CO <sub>2</sub> según actividad económica, 1980-2014 .....	8
Gráfico 4.	Cronología de las políticas energético ambiental para las gasolinas en el Perú .....	9
Gráfico 5.	Evolución de la dispersión departamental del consumo promedio trimestral de gasohol por vehículo.....	14
Gráfico 6.	Distribución del impacto del GLP en las emisiones de CO <sub>2</sub> por vehículo al mes (en kg).....	20
Gráfico 7.	Distribución del impacto del ISC en las emisiones de CO <sub>2</sub> por vehículo al mes (en kg).....	21
Gráfico 8.	Distribución del impacto del gasohol en las emisiones de CO <sub>2</sub> por vehículo al mes (en kg).....	22

## Índice de anexos

Anexo 1.	Emisiones de CO <sub>2</sub> en algunos países americanos.....	28
Anexo 2.	Evolución de la diferencia entre los precios de gasoholes y gasolinas.....	29
Anexo 3.	Descripción de variables.....	30
Anexo 4.	Evolución de la tasa de crecimiento del PBI .....	31
Anexo 5	Efectos de los estimadores.....	32

## Capítulo I. Introducción

A partir de la difusión de los impactos ambientales expuestos en la III Conferencia Sobre el Cambio Climático<sup>1</sup>, diversos países han adoptado medidas para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), focalizando los esfuerzos en la moderación de las emisiones del principal GEI generado por la actividad humana: el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

En ese contexto, y a pesar de registrar una contribución del 0,1% respecto al total de emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial, en el Perú se han adoptado políticas energéticas y ambientales orientadas a incentivar el uso eficiente y la diversificación de fuentes alternativas a las gasolinas y diéseles vehiculares, debido a que el consumo de estos habría generado alrededor del 40% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, convirtiéndolas en la principal fuente de GEI a nivel local (gráfico 1).

Respecto a las políticas implementadas, tres han sido los principales instrumentos orientados a modificar el patrón de consumo de los combustibles fósiles vehiculares tradicionales: (i) la obligatoriedad de la comercialización de biocombustibles, medida que sustituye las gasolinas por gasoholes y los diéseles por diéseles BX<sup>2</sup>; (ii) la gradualidad del impuesto selectivo al consumo (ISC), cuyo objetivo está orientado a internalizar las externalidades atribuidas al grado de nocividad de cada combustible, y (iii) la promoción del desarrollo de la industria de gas natural y líquidos de gas natural vehicular, debido a que el consumo de un galón de gasolina emite aproximadamente 13 y 34,3% más de CO<sub>2</sub> respecto al consumo de un galón equivalente<sup>3</sup> de gas licuado de petróleo (GLP) y gas natural vehicular (GNV), respectivamente.

No obstante, durante el periodo 1998-2014, las emisiones de CO<sub>2</sub> en el Perú registraron una tasa de crecimiento promedio anual del 4,6%, alcanzando una tasa superior a lo registrado en los países de la región (2,5% anual)<sup>4</sup>. Por otra parte, a partir del año 2006, la evolución del consumo mensual de gasoholes por vehículo no ha registrado una tendencia alineada con los objetivos previstos, en tal sentido, esta demanda pasó de 17,9 a 19,8 galones al mes en los años 2006 y 2015,

---

<sup>1</sup> Realizada en Kioto en 1997, en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (suscrita en el año 1992).

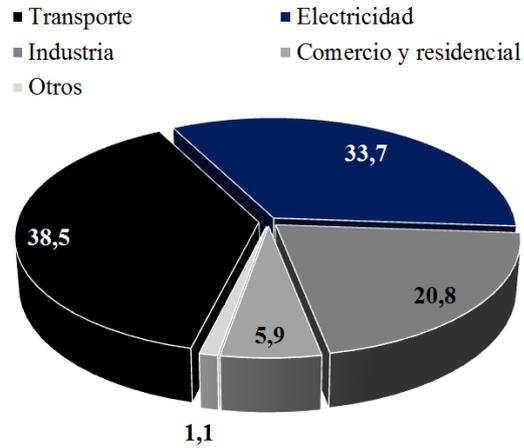
<sup>2</sup> Según lo señalado en el Reglamento para la Comercialización de Biocombustibles (D.S. 021-2007-EM), el diésel BX es la mezcla que contiene diésel N.º 2 y biodiésel B100, donde X representa el porcentaje en base volumétrica de biodiésel B100 contenido en la mezcla, mientras que el gasohol es la mezcla que contiene gasolina y alcohol carburante, donde éste último proviene de la mezcla entre el etanol y una sustancia desnaturalizada.

<sup>3</sup> Un galón equivalente de gasolina es aquella cantidad de combustible alternativo necesaria para generar la misma energía liberada del consumo de un galón de gasolina.

<sup>4</sup> British Petroleum. 2015-Statistical Review of World Energy (anexo 1).

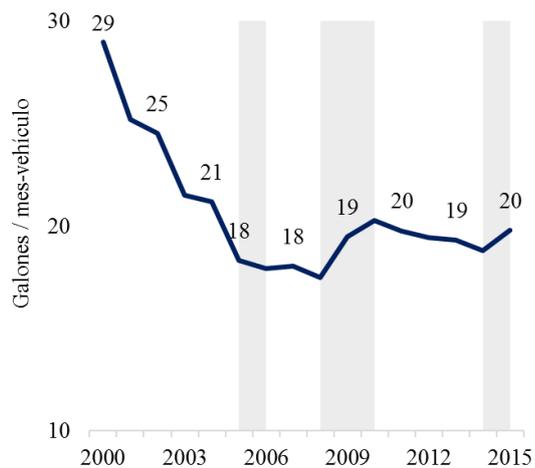
respectivamente, cuestionando así la efectividad de las políticas implementadas durante ese periodo (gráfico 2).

**Gráfico 1. Distribución de las emisiones de CO<sub>2</sub> según sector (en %), 2014**



Fuente: British Petroleum, International Energy Agency

**Gráfico 2. Evolución del consumo mensual de gasolinas por vehículo**



Fuente: Osinergmin, Ministerio de Transportes y Comunicaciones

En el marco de evaluación de las políticas energéticas (Davis y Kilian, 2011; Asensio y otros, 2014), el presente estudio utilizará información del consumo mensual de gasolinas, para una muestra de 24 departamentos durante el periodo del 2006 al 2015, con el objetivo de estimar y diferenciar el impacto atribuible a los instrumentos tributarios, estándares ambientales y fuentes energéticas alternativas, así como el impacto de los determinantes convencionales como el precio e ingreso de los hogares sobre el consumo de gasolinas en el Perú. Para tal fin, se utilizará un modelo panel de variables instrumentales y efectos fijos, debido a que a través de esta especificación se corregirán los sesgos asociados a la endogeneidad de las variables no observadas y, al mismo tiempo, el problema de la endogeneidad de la demanda y el precio de las gasolinas.

Respecto a los resultados obtenidos, la imposición de la comercialización de biocombustibles en el mercado local generó una reducción del 0,05% en el consumo mensual de gasolinas por vehículo. Si bien este resultado no evidencia la existencia de un efecto rebote sobre el consumo gasoholes (efecto atribuido a la pérdida energética derivada de la mezcla entre los combustibles tradicionales y los biocombustibles)<sup>5</sup>, esto se debe a que el precio actual del etanol ha encarecido los precios de los gasoholes, por tanto, el incremento en los precios derivados de esta medida habría contrarrestado el efecto rebote de esta política (anexo 2 para mayor detalle).

Por otra parte, el desarrollo del proyecto Camisea ha permitido la viabilidad de la comercialización de combustibles como el GLP y el GNV en el sector vehicular, lo cual ha incidido directamente en la elasticidad precio de la demanda de gasolinas debido a la ampliación de sustitutos para el usuario final, incrementando la sensibilidad de esta demanda ante variaciones de los precios finales. Los resultados señalan que la elasticidad precio de la demanda fue de 0,44 en valor absoluto, 0,24 más que lo registrado por Vásquez (2005). Asimismo, la elasticidad cruzada del precio del GLP fue de 0,07, confirmando que el gasohol y el GLP son considerados bienes sustitutos para el usuario final.

Respecto al instrumento tributario, las variaciones del precio de las gasolinas derivadas del inicio de la gradualidad del ISC en función al grado de nocividad de los combustibles (Pigou, 1920) habría generado un impacto del -0,05 adicional sobre el consumo de gasolinas debido a la percepción temporal derivado de este tipo de medidas. En tal sentido, la permanencia de un incremento o de una reducción se prolonga por meses y no registran una fluctuación como la evidencia por los precios marcadores del petróleo.

Finalmente, las políticas energéticas analizadas habrían permitido mitigar alrededor del 79 kg de CO<sub>2</sub> por consumo mensual de vehículo, una de las políticas de mayor efecto neto sería la asociada al instrumento tributario, un incremento del S/ 1,00 en el ISC generaría una reducción del 66 kg de CO<sub>2</sub> por consumo mensual de vehículo, seguida por la obligatoriedad del gasohol en sustitución por las gasolinas tradicionales. A nivel agregado, estas políticas mitigaron las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 44% respecto a lo registrado, es decir, el escenario contrafactual asociado al no implementar las políticas habría intensificado el nivel de las emisiones en un 00%.

---

<sup>5</sup> El trabajo de Anderson (2012) identifica que debido a que el etanol posee un menor poder calorífico respecto a la gasolina, el consumo de un galón de gasohol no equipararía la energía liberada en el consumo de un galón de gasolina, ocasionando que se requiere un mayor volumen del biocombustible para satisfacer las necesidades energéticas previas.

En la siguiente sección se desarrollará una revisión histórica de la evolución de la literatura existente relacionada a analizar los determinantes de la demanda de gasolinas, identificando la contribución del presente documento dentro del marco bibliográfico en el sector.

Posteriormente, en el capítulo III se contextualizará y describirán las políticas energéticas ambientales implementadas y se presentará la idoneidad de la metodología y la información estadística usada. Finalmente, en la última sección se describirán los mecanismos de transmisión de las políticas evaluadas y se desarrollarán las recomendaciones que permitirían alcanzar de forma más eficaz los objetivos planteados.

## Capítulo I. Revisión de literatura

El contexto económico y ambiental ha incentivado el desarrollo de diversos estudios enfocados a analizar los mecanismos de transmisión de distintos instrumentos de política económica empleados para alterar el comportamiento natural de la demanda de gasolinas a nivel mundial, debido a las implicancias sobre el bienestar derivados del consumo de este tipo de combustible.

Partiendo de la contextualización de la literatura existente señalada por Brons y otros (2008), podemos identificar dos corrientes que dimensionalizan el impacto de los determinantes de la demanda de las gasolinas sobre variables socioeconómicas que derivan en un efecto sobre el bienestar social (tabla 1). Como consecuencia de la crisis del petróleo en 1973, diversos estudios se enfocaron en analizar el impacto de los *shocks* de precio del petróleo sobre el bienestar de los consumidores y la seguridad energética, en ese sentido, el trabajo de Pitts y otros (1981) analiza el comportamiento adaptativo de largo plazo de los hogares ante incrementos sustanciales en los precios de los combustibles, utilizando información a nivel del consumo de hogares<sup>6</sup>, los autores concluyen que en términos generales los incrementos en los precios no desalientan el uso de los vehículos excepto a aquellos segmentos cuya condición económica imposibilite su consumo regular. Asimismo, el trabajo de Puller y Greening (1999) señala que el incremento en los precios genera un impacto en la demanda del hogar a través del consumo de kilómetros recorridos por vehículo y la eficiencia del uso de la gasolina.

**Tabla 1. Dimensionamiento de la literatura relevante**

	<b>Microeconómico</b>	<b>Macroeconómico</b>
Socioeconómico	Pitts y otros (1981), Puller y Greening (1999) Galeotti y otros (2003), Polemis (2012)	Cunado y otros (2015), Kilian (2008), Vásquez (2005)
Ambiental	Davis y Kilian (2011), Liu (2015), Anderson (2012), Asensio y otros (2014)	West y Williams (2005)

Fuente: Elaboración propia, 2016

Por otra parte, Cunado y otros (2015) analizan el impacto de los *shocks* de precios sobre las variables macroeconómicas en cinco economías asiáticas, siguiendo el trabajo de Kilian (2008) los autores identifican que los impactos derivados de *shocks* de oferta generan un limitado impacto, mientras que los de demanda generan un impacto significativo sobre la actividad económica; asimismo, los autores señalan que las políticas de monetarias asociadas al tipo de

<sup>6</sup> El estudio recolecta información del Panel de Consumidores de la Universidad de Carolina del Sur.

interés y al tipo de cambio ayudaron a mitigar los efectos de los *shocks* de oferta en algunos países del Asia como Japón y Corea.

Debido a la importancia de la industria de hidrocarburos sobre la actividad económica en el Perú, Vásquez (2005) modela las relaciones de equilibrio en el corto y largo plazo en este mercado; asimismo, realiza un análisis de la sensibilidad de la demanda agregada de hidrocarburos (gasolinas, kerosene y GLP) ante *shocks* en los precios e ingresos, encontrando que las gasolinas de mayor octanaje presentan un grado de sensibilidad significativamente mayor respecto al resto de combustibles.

Otra corriente de investigación se ha centrado en evidenciar empíricamente los mecanismos de transmisión asimétricos de las variaciones del precio del petróleo en cada uno de los agentes dentro de la cadena de valor de las gasolinas. Galeotti y otros (2003) encuentran evidencia empírica del ajuste asimétrico en los mercados de gasolina en varios países de Europa. Por otra parte, Polemis (2012) analiza el efecto competitivo de respuestas asimétricas ante variaciones del precio del crudo, aspecto que no había sido considerado en trabajos previos.

A partir de la concientización de la gravedad del calentamiento climático y sus efectos sobre el desarrollo económico sostenible, diversos estudios han dirigido el análisis a evaluar el impacto de los instrumentos de política ambiental sobre uno de los principales generadores de CO<sub>2</sub> a nivel mundial: el sector transporte. El trabajo de Davis y Kilian (2011) evalúa la contribución de los impuestos a las gasolinas sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>, los autores concluyen que las variaciones del precio final, derivado de incrementos en ese instrumento, generan un mayor impacto sobre el consumo de gasolinas debido a la dinámica temporal y al efecto mediático asociado a esta. En este contexto, Liu (2015) realiza un análisis comparativo entre la efectiva de impuestos a las gasolinas y la implementación de estándares de eficiencia incorporando un análisis heterogéneo de la demanda, el autor concluye que la elasticidad precio de la demanda (entre -0,1 y -0,4) fue afectada significativamente por las eficiencias en los rendimientos de los vehículos, reduciendo la sensibilidad del consumidor ante cambios en los precios.

Por otra parte, Anderson (2012) investiga el grado de sustitución entre el etanol y las gasolinas, el autor concluye que las preferencias por el etanol son heterogéneas, pero que gran parte de los hogares están dispuestos a pagar por prima por el consumo de un combustible más limpio. Por último, el trabajo de Asensio y otros (2014) analiza el impacto sobre el consumo de gasolinas de tres políticas públicas (reducción del límite máximo de velocidad, incremento en el contenido de

biocombustibles y una reducción en la tarifa de transporte ferroviario), los autores encontraron evidencia estadística de que el incremento en el contenido de biocombustibles no generó un impacto sobre el consumo de gasolinas, mientras que la reducción del límite de velocidad habría generado una reducción entre el 2 y 3% de la demanda de gasolinas.

La ausencia de un análisis *ex post* a las políticas energéticas implementadas en el Perú, asume un beneficio neto favorable para la sociedad. No obstante, tal como señala Davis y Kilian (2011) entender los mecanismos de transmisión de las políticas públicas permitirá desarrollar instrumentos eficaces para lograr interiorizar las externalidades derivadas del consumo de gasolinas, evitando costos económicos innecesarios a la industria, los cuales serán trasladados en gran medida al usuario final. En ese contexto, el presente trabajo contribuirá a identificar qué políticas energéticas han sido eficaces y cuáles deberían ser rediseñadas para lograr alcanzar los objetivos planeados.

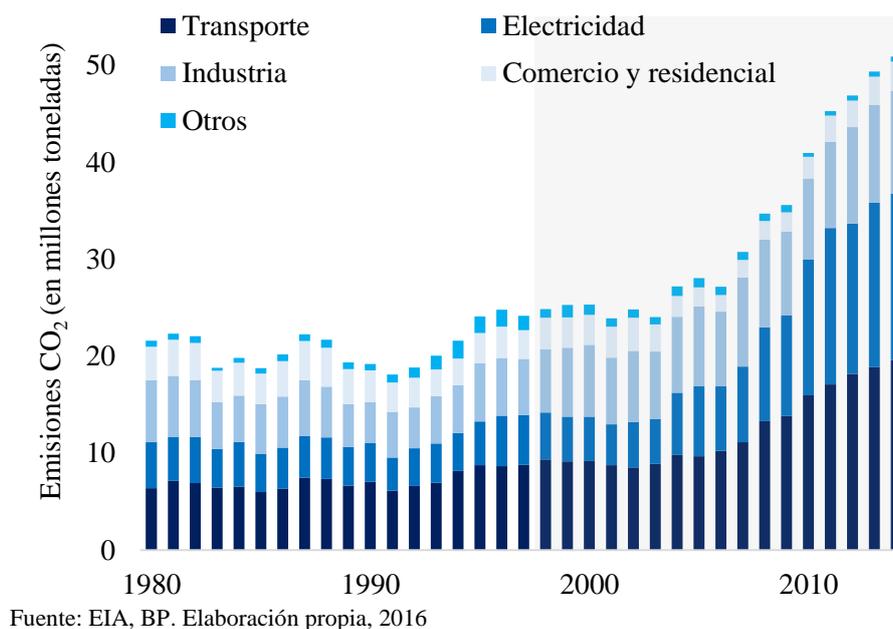
### Capítulo III. Marco analítico y metodología

#### 1. Contexto

Tal como se observa en el gráfico 3, el sector transporte ha representado alrededor del 40% del total de emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel local, intensificando el nivel de sus emisiones a partir de la expansión económica experimentada en el año 2004. Por otra parte, es importante señalar que la entrada del proyecto Camisea ha generado que el sector eléctrico intensifique paulatinamente su contribución, alcanzando una representatividad del 33,7% en el 2014.

En tal sentido, las políticas energéticas en el Perú han focalizado su esfuerzo a tratar de modificar el patrón de consumo de gasolinas a través de distintos instrumentos económicos, buscando mitigar el impacto ambiental derivado del consumo de este combustible en el país<sup>7</sup>.

**Gráfico 3. Evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> según actividad económica, 1980-2014**

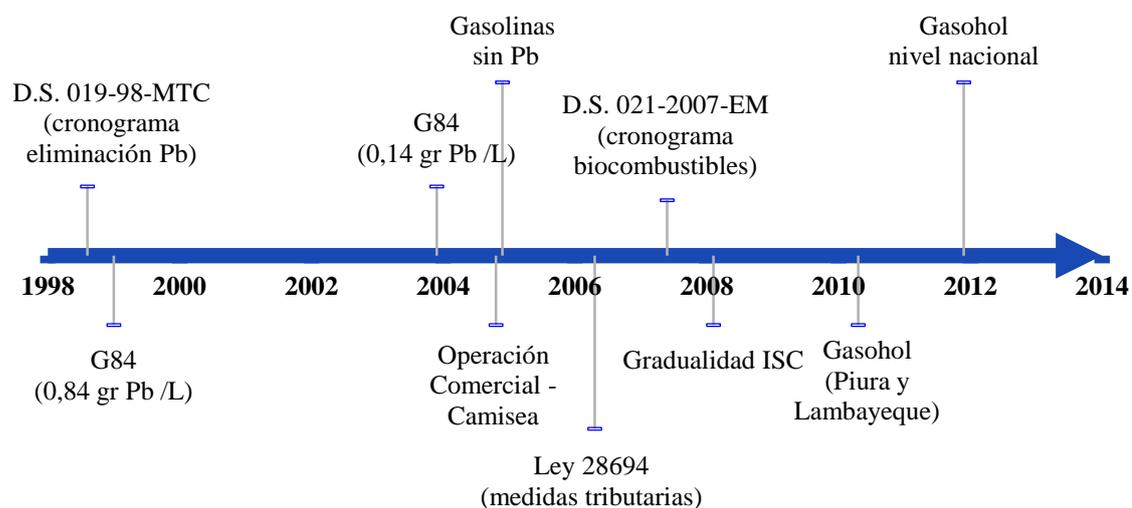


A partir de la incorporación del Protocolo de Kioto en la Convención Marco de las Naciones Unidas, el Perú ha implementado políticas orientadas a promover el uso eficiente y la diversificación energética en el país. En ese contexto, a través del Decreto Supremo 019-98-MTC, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) estableció los lineamientos para la

<sup>7</sup> Tal como señala la Environmental Protection Agency (EPA, por sus siglas en inglés) la manera más efectiva de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> es a través de instrumentos que modifiquen el patrón de consumo de combustibles fósiles por parte de los usuarios finales y no a través de los agentes intermediarios en la cadena de valor.

eliminación gradual del contenido de plomo en las gasolinas con el objetivo de mejorar la calidad del aire y así reducir los efectos de las emisiones de material particulado sobre la salud pública. Este lineamiento se prolongó hasta mediados del año 2004, periodo a partir del cual se eliminó en su totalidad el contenido de plomo en todos los tipos de gasolina (84, 90, 95, 97 y 98 octanos).

**Gráfico 4. Cronología de las políticas energético ambiental para las gasolinas en el Perú**



Pb: Plomo

Fuente: Elaboración propia, 2016

En agosto de 2004, el Consorcio Camisea inicia operaciones comerciales, permitiendo que el gas natural y los líquidos de gas natural (propano, butano, entre otros) se comercialicen de forma segura y garantizando la continuidad de estos combustibles para los sectores industriales, comerciales, residenciales y vehiculares. Para el sector vehicular, este contexto generó que se intensifique la comercialización del gas licuado de petróleo (GLP), combustible que hasta ese momento era abastecido a través de las importaciones vía marítimas, debido a que este combustible representaba para el usuario final un costo energético y nivel de contaminación ambiental menor respecto a los combustibles tradicionales como las gasolinas y diésels (Tamayo y otros, 2014).

Posteriormente, a través de la Ley 28694, se dieron los lineamientos para que a partir del 2008 el ISC se modifique de acuerdo al grado de nocividad del combustible. En ese sentido, la ley establece que el Consejo Nacional de Ambiente será quien elabore los índices de nocividad que serán incorporados por el Ministerio de Economía y Finanzas al momento de establecer la gradualidad del ISC a las gasolinas.

Por otra parte, con el objetivo de desarrollar el mercado de biocombustibles, a través del Decreto Supremo 021-2007-EM, el Ministerio de Energía y Minas estableció el cronograma para la incorporación obligatoria de la comercialización de gasohol, combustible que contiene 7,8% de etanol y 92,2% de gasolina. La norma entró en vigencia en abril de 2010 en los departamentos de Piura y Lambayeque, para que posteriormente se expanda a nivel nacional en diciembre de 2011. Esta política, entre uno de sus múltiples objetivos, ha buscado reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a través de la sustitución forzosa de los combustibles tradicionales por biocombustibles, debido a que la combustión de estos últimos emiten un menor nivel de CO<sub>2</sub> respecto a los tradicionales.

## 2. Metodología

En esta sección se describirá el procedimiento metodológico utilizado para determinar el impacto atribuible a las políticas energéticas y ambientales implementadas sobre la demanda de gasolinas por vehículo en el Perú. Siguiendo la estructura funcional presentada por Baltagi y Griffin (1983) y Puller y Greening (1999), la demanda de gasolina de un hogar puede descomponerse a través de la siguiente forma funcional:

$$\frac{C_{it}}{V_{it}} = \frac{KRV_{it}}{KPG_{it}} \quad [1]$$

Donde  $C_{it}$  representa el consumo mensual de gasoholes;  $V_{it}$  es el *stock* de vehículos;  $KPG_{it}$  es una medida de rendimiento que expresa los kilómetros recorridos por galón de gasohol consumido, y  $KRV_{it}$  es la demanda de kilómetros recorridos por vehículo en el departamento  $i$  en el periodo  $t$ . Esta representación permite identificar que el consumo de gasolinas por vehículo es una demanda derivada de la demanda por kilómetros recorridos; por tanto, la satisfacción de esta necesidad podrá ser cubierta dependiendo de los sustitutos disponibles en el mercado y la disponibilidad de los recursos del hogar.

Partiendo de la especificación propuesta por Bakhat y otros (2013), la variable  $KRV_{it}$  estará determinada por las siguientes variables económicas:

$$KRV_{it} = \beta_0 * [(Pgas_{it})]^{\beta_1} * [Ypc_{it}]^{\beta_2} * [Pglp_{it}]^{\delta_1} \quad [2]$$

Donde  $Pgas_{it}$  es el precio real de gasohol,  $Ypc_{it}$  representa el ingreso per cápita real y  $Pglp_{it}$  es el precio real del GLP en el departamento  $i$  en el periodo  $t$ . Reemplazando la expresión [2] en [1], tomando logaritmos neperianos e incorporando las variables de política energética y un

término de error, obtenemos el modelo lineal estocástico extensamente utilizado para la estimación de la demanda de gasolina por vehículo:

$$\ln(Gas_{it}) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(Pgas_{it}) + \beta_2 * \ln(Ypc_{it}) + \delta_1 * \ln(Pglp_{it}) + \delta_2 * Dbio_{it} + \delta_3 * \ln(ISC_{it}) + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad [3]$$

Donde la variable dependiente  $\ln(Gas_{it})$  simboliza el logaritmo neperiano del consumo mensual de gasohol por vehículo del departamento  $i$  y el periodo  $t$ . Asimismo, con el objetivo de estimar el impacto de las tres políticas energéticas y ambientales señaladas en la sección anterior, se incorporó a la expresión [3] las tres variables de política relevantes:  $Pglp_{it}$ ,  $ISC_{it}$  y  $Dbio_{it}$  representan el precio real del GLP, el impuesto selectivo al consumo de gasoholes y el inicio del periodo de comercialización del gasohol en el departamento  $i$  en el periodo  $t$ . Finalmente,  $\mu_i$  expresa el componente no observable del departamento  $i$  fijo en el periodo de análisis y  $\varepsilon_{it}$  es la perturbación idiosincrática del modelo.

Los estimadores de relevantes del modelo son  $\delta_1$  que medirá el grado de sustitución o complementariedad del GLP sobre el consumo del gasohol,  $\delta_2$  captura el efecto atribuible al inicio de la comercialización de gasoholes en el país lo cual  $\delta_3$  permitirá corroborar la hipótesis planteada por Davis y Kilian (2011) en la que se señala que las variaciones del precio final derivadas de cambios en los impuestos específicos generan un impacto adicional sobre la demanda de gasolinas. De acuerdo a la revisión de literatura existente, se esperaría que los parámetros identificados tengan los siguientes signos  $\delta_1, \delta_2 > 0, \delta_3 < 0$ , es decir, que el combustible GLP vehicular sea considerado un bien sustituto, que el inicio de la obligatoriedad para la comercialización del gasohol genere un efecto rebote sobre el consumo de gasolinas (Anderson, 2012) y que exista un efecto inverso atribuible al instrumento tributario implementado.

Con el objetivo de estimar el impacto de las políticas energéticas y ambientales previamente señaladas, se estimará una función de demanda lineal estándar en la literatura; asimismo, en aras de obtener una medida de sensibilidad transversal a las unidades de las variables, se expresarán las variables en logaritmo neperiano. No obstante, de acuerdo a la teoría económica, esta especificación contendría problemas de endogeneidad en algunas variables observadas y no observadas. En tal sentido, con el objetivo de controlar la endogeneidad de las variables no observadas sobre el modelo (por ejemplo, variables relacionadas a las costumbres de transporte intrarregional), se utilizará un modelo de panel data en efectos fijos. Asimismo, para corregir el problema de endogeneidad del precio y la demanda de gasolina, derivada de la causalidad reversa

entre estas variables<sup>8</sup>, se incorporará una etapa de estimación adicional al modelo original, esta etapa consiste en utilizar como variable instrumental el precio del WTI<sup>9</sup> para el precio minorista de gasolinas.

Respecto a la idoneidad del instrumento, debido a la ausencia de un test que garantice la exogeneidad de este, se describirán los argumentos económicos que sustentan el uso del WTI como instrumento (Davis y Kilian, 2011). El precio minorista en el mercado local se conforma de los siguientes componentes:

$$P_{gas} = [ PP * (1 + r\%) + ISC + MC_{MA} + MC_{MI} ] * [ 1 + igv\% ] \quad [4]$$

Donde,

$P_{gas}$ : Precio final del gasohol.

$PP$ : Precio del productor (en función al precio internacional).

$r\%$ : Impuesto al rodaje.

$ISC$ : Impuesto selectivo al consumo de gasohol.

$MC_{MA}$ : Margen comercial bruto del mayorista.

$MC_{MI}$ : Margen comercial bruto del minorista.

$igv\%$ : Impuesto general a las ventas.

Por tanto, el precio final se descompone por factores locales como de variables internacionales; en tal sentido, la causalidad inversa del precio final con la demanda de gasohol está asociada a las variaciones de los márgenes comerciales de los agentes mayoristas y minoristas a nivel local, por tanto, una variación de la demanda de gasohol local no tiene impacto sobre el precio a nivel productor, debido a que este se determina por factores de oferta mundial, demanda de países desarrollados y por *shocks* especulativos (Tamayo y otros, 2015)<sup>10</sup>. Esto permitirá contar con un estimador consistente de la elasticidad del precio del gasohol, lo cual contribuirá a controlar factores exógenos al impacto esperado de las políticas energéticas evaluadas.

---

<sup>8</sup> La causalidad inversa implica que una variación en una de las variables explicativas generará un impacto sobre la variable dependiente pero esta última también generará un impacto sobre el regresor. Este problema de endogeneidad genera que la covarianza entre la perturbación y el precio de la gasolina sea distinta de cero:  $Cov(P_{gas_{it}}, \varepsilon_{it}) \neq 0$ . Por tanto, el estimador a través de mínimos cuadrados ordinarios sobre las variables en niveles será sesgada.

<sup>9</sup> El WTI es considerado uno de los principales marcadores del precio internacional del petróleo debido a la calidad y volumen de crudo comercializado.

<sup>10</sup> Se cumplen los dos supuestos necesarios para asegurar la idoneidad de un instrumento: exogeneidad de la variable ( $cov(WTI, u) = 0$ ) y la relevancia ( $cov(WTI, P_{gas}) \neq 0$ ).

### 3. Base de datos

Con la información oficial disponible se elaboró una base de datos del consumo mensual por vehículo a nivel departamental, para una serie temporal entre el periodo de enero de 2006 a diciembre de 2015. Asimismo, se consistenció la información relacionada a los precios de los gasoholes<sup>11</sup>, GLP y GNV, ingreso promedio mensual por miembro del hogar (INGm), el ISC y el precio internacional de West Texas Index (WTI, por sus siglas en inglés).

Cabe señalar que para la determinación del efecto ingreso, esta será aproximada a través de la construcción de la variable gasto mensual por hogar a nivel departamental. Para tal fin, se estimó el gasto real anual por miembro del hogar en base a la Encuesta Nacional de Hogares (ENAH) elaborada por el Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI). No obstante, ésta encuesta no garantiza la representatividad de esta variable a nivel mensual y regional. Por tanto, para la generación de esta variable se aproximó a través del grado de asociación entre el PBI y las ventas de energía eléctrica a nivel nacional (anexo 2), utilizando estos factores de evolución, se mensualizó la variable ingreso a nivel departamental a través de la evolución de las ventas eléctricas mensuales para cada departamento. Por último, debido a la presencia de factores estacionales en la evolución mensual de la serie, se desestacionalizó esta variable a través del método Census X-12.

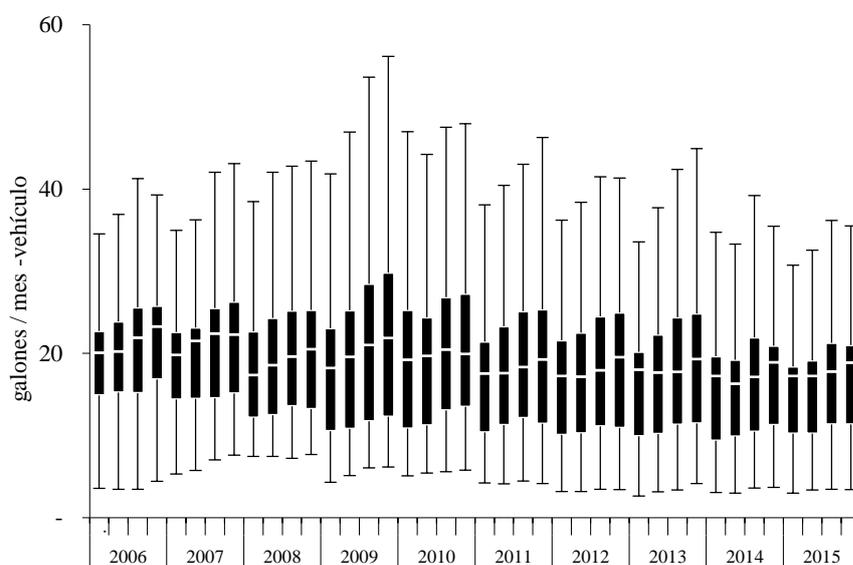
Por otra parte, basados en la información del índice de precios al consumidor a nivel departamental, registrada por el INEI, se deflataron todos los valores nominales y se expresaron en términos reales. La tabla 1 muestra un resumen estadístico de la variabilidad entre departamentos y variabilidad temporal de las variables utilizadas en el modelo. El consumo de gasohol registró una desviación estándar entre los departamentos de 12,89 galones, mientras que la variabilidad temporal fue de 10,46 galones. Por otra parte, el precio mínimo de gasohol fue de 6,22 soles reales por galón registrado en el departamento de Loreto en el año 2009, es importante señalar que la obligación para la comercialización de gasohol excluye temporalmente a los departamentos de Amazonas, Ucayali, San Martín, Loreto y Madre de Dios hasta que el Ministerio de Energía y Minas manifieste a través de una resolución la sostenibilidad de esta medida (anexo 3).

---

<sup>11</sup> Debido a la indisponibilidad de información desagregada del consumo por tipo de gasohol (gasohol de 84, 90, 95, 97 y 98 octanos) a nivel departamental, se utilizó el promedio simple entre el precio del gasohol de 84 y 90 octanos por ser los combustibles de mayor representatividad en el consumo vehicular a nivel nacional.

La variable ISC es solo una variabilidad temporal, debido a que este instrumento ha sido transversal a todos los departamentos, en ese sentido, la variabilidad del ISC entre departamentos (0,02 soles reales por galón) se explica por la variabilidad del índice de precios en cada región. Por último, debido a la disponibilidad de una oferta sostenible, solo se comercializa GLP vehicular en 22 departamentos del país, excluyendo del análisis inicial a los departamentos de Madre de Dios y Loreto.

**Gráfico 5. Evolución de la dispersión departamental del consumo promedio trimestral de gasohol por vehículo**



Fuente: Osinergmin, MTC

Partiendo del trabajo de Baltagi y Griffin (1981) se identificará la variable dependiente como el consumo de gasohol por vehículo. Por otra parte, para caracterizar la dinámica de la demanda se utilizará el precio del gasohol, el precio del bien sustituto (GLP), una variable de ingresos y las variables de políticas energética: una *dummy* que señala el inicio de la comercialización de gasoholes en cada departamento, una variable continua asociada al ISC y el precio del bien sustituto como el GLP que captura la política de diversificación sostenible en el país.

El gráfico 5 muestra la evolución de la dispersión departamental (gráficos de cajas) del consumo mensual de gasoholes por vehículo. La serie muestra un componente estacional durante las fiestas de fin de año, asimismo, se evidencia una alta dispersión en los años 2009 y 2010, periodos post crisis internacional que derivó en una caída sustancial del precio internacional del WTI.

## Capítulo IV. Análisis de los resultados

En este capítulo se analizarán los resultados de las estimaciones de los impactos atribuibles a las políticas energéticas y ambientales implementadas. En tal sentido, en el primer punto se describirán los mecanismos de transmisión de las políticas analizadas sobre el consumo de gasolinas a nivel nacional, mientras que en la siguiente subsección se incorporará un análisis del impacto de estas políticas sobre el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub>, identificando cuál de estas generó la mayor contribución al objetivo de mitigar las emisiones de este GEI.

### 1. Resultados

La tabla 2 muestra el resumen y comparación de los estimadores de modelos anidados para la demanda de gasoholes. Es importante señalar que siguiendo la modelación propuesta por Davis y Kilia (2011) se utilizará una especificación en primeras diferencias para eliminar el efecto fijo no observable en el modelo y al mismo tiempo transformar algunos regresores en series estacionarias. Se observa que a medida que se incorporan las variables de política y variables intrínsecas a cualquier demanda de servicios o bienes (por ejemplo, el ingreso de los hogares), los signos de los estimadores de política analizados (desarrollo del mercado de GLP, impuesto selectivo al consumo de gasolinas y la adopción de biocombustibles) no se modifican ni se registra una variación significativa en sus respectivos niveles<sup>12</sup>.

La incorporación en el modelo de todas las variables identificadas previamente generó que la especificación del modelo 5 registre los mayores niveles de variabilidad explicada de la variable dependiente, tanto a nivel inter, intra y total, asimismo, los estimadores identificados registrados los signos esperados<sup>13</sup>.

---

<sup>12</sup> Cabe señalar con la prueba de Hausman se validó estadísticamente el uso de efectos fijos por efectos aleatorios.

<sup>13</sup> Siguiendo el trabajo de Asensio y otros (2014) se estimó adicionalmente una regresión en variables instrumentales en primeras diferencias incorporando como instrumento al tipo de cambio, no obstante, este instrumento no generó un impacto significativo en la primera etapa de la estimación, generando adicionalmente variaciones en los niveles de los otros estimadores identificados, por tanto, se excluyó de los resultados la incorporación del tipo de cambio como instrumento relevante.

**Tabla2. Estimaciones del consumo de gasohol por vehículo <sup>1</sup>**

Variables	IV - FD (1)	IV - FD (2)	IV - FD (3)	IV - FD (4)	IV - FD (5)
$\Delta \text{Ln}(\text{Precio gasohol})$	-0,341*** (-2,96)	-0,342*** (-2,96)	-0,346*** (-2,98)	-0,457*** (-2,80)	-0,445*** (-2,73)
$\Delta \text{Ln}(\text{Precio GLP})$		0,0661* (1,77)	0,0677* (1,81)	0,0846** (2,09)	0,0729* (1,78)
$\Delta \text{Ln}(\text{Ingreso})$			0,0356 (1,13)	0,0337 (1,08)	0,031 (1,00)
$\Delta \text{Ln}(\text{Impuesto selectivo al consumo})$				-0,0553** (-2,05)	-0,0532** (-1,97)
$\Delta \text{Biocombustibles}$					-0,0802*** (-4,51)
Constante	-0,00135 (-0,88)	-0,00177 (-1,18)	-0,00198 (-1,30)	-0,00275* (-1,72)	-0,00210 (-1,30)
Instrumento <sup>2</sup>	WTI	WTI	WTI	WTI	WTI
Observaciones	2856	2019	2019	2019	2019
R <sup>2</sup> -intra	0,0456	0,1128	0,0723	0,0258	0,1260
R <sup>2</sup> -inter	0,7564	0,8019	0,7490	0,7803	0,7645
R <sup>2</sup> -total	0,1468	0,1287	0,1383	0,0975	0,1609

Nota: <sup>1</sup> el estadístico t se presenta entre paréntesis. Los niveles de significancia son:

\* p<0,1, \*\* p<0,05 y \*\*\* p<0,01. <sup>2</sup> Se utilizó como instrumento relevante al marcador internacional del petróleo: el WTI.

Fuente: Elaboración propia, 2016

Respecto a las estimaciones de la especificación del modelo 5, los resultados muestran que la demanda del gasohol es inelástica, alcanzando un valor equivalente a los -0,45, es decir, un incremento del 1% en el precio del gasohol, generaría una reducción del 0,45% de la demanda de gasohol mensual por vehículo. Esta estimación evidencia una reducción de la inelasticidad del precio respecto a lo analizado por Vásquez (2005), el cual estimó una elasticidad precio de corto plazo del -0,2<sup>14</sup>. Esto se explica en gran medida por el desarrollo del mercado de GLP, el cual ha generado un respaldo viable para los consumidores ante fluctuaciones significativas de los precios internacionales del petróleo. Asimismo, siguiendo las conclusiones expuestas por Pitts y otros (1981), el incremento desmedido del precio del petróleo durante los años 2007 y 2008 ha generado que los consumidores modifiquen su patrón de consumo de gasolinas, racionalizando su demanda por kilómetros recorridos u optando por el uso de sistemas de transporte público.

<sup>14</sup> El trabajo de Vásquez (2005) realiza también una estimación de la elasticidad de largo plazo equivalente a -0,4. No obstante, debido a la especificación del modelo utilizado, el estimador comparable sería el de la elasticidad de corto plazo.

Por otra parte, la elasticidad ingreso de la demanda de gasohol fue inferior a la unidad, evidenciando que la normalidad del bien y que este es considerado un bien básico (ante incrementos en los ingresos, las variaciones del consumo de este bien se incrementan en un porcentaje menor al incremento). En tal sentido, un incremento del 1% en los ingresos reales de los hogares, generaría un incremento en la demanda mensual de gasohol por vehículo del 0,031%. Esto evidencia que los hogares peruanos no modifican tanto su patrón de consumo de kilómetros por vehículo ante incrementos en los ingresos del hogar.

Respecto al impacto atribuible al instrumento de política tributaria, se registró el signo esperado para la variable ISC. En tal sentido, los incrementos de mayor permanencia temporal generarían un impacto adicional sobre el consumo de gasohol por vehículo, en efecto, un incremento del 1% en el valor real del impuesto selectivo al consumo de gasoholes, generaría una reducción de la demanda del 0,053%. Una explicación a este contexto lo planteada Davis y Kilian (2011), quienes argumentan que las campañas mediáticas que difundan los incrementos en este tipo de impuestos, generan un efecto indirecto sobre el patrón de consumo en este mercado.

Respecto al estimador asociado a la comercialización de biocombustibles, no se encontró evidencia de la presencia de un efecto rebote sobre el consumo de gasoholes en el país. Esto debido a que la inserción del nuevo combustible habría incrementado el precio del nuevo combustible comercializado, en tal sentido, el precio del etanol registró un nivel por encima del precio de las gasolinas (aproximadamente entre 0,02 y 0,34 soles por galón adicional)<sup>15</sup>, por tanto, el precio del combustible comercializado a partir de la obligatoriedad de la comercialización de gasohol habría encarecido su nivel, con lo cual eliminaría el efecto rebote esperado por la reducción del poder calorífico del nuevo combustible. Es importante señalar que la mezcla entre el etanol y la gasolina produce un combustible con menor poder energético que la gasolina, por tanto, un hogar requerirá una mayor cantidad de galones de gasohol para satisfacer sus necesidades habituales de transporte. El estimador registró que a partir de la comercialización del gasohol se redujo el consumo mensual de este combustible por vehículo en aproximadamente 0,08%.

Por último, el estimador asociado al GLP registró un coeficiente positivo y altamente significativo, evidenciando que este combustible ha ampliado la gama de fuentes energéticas alternativas para la demanda de transporte local. En tal sentido, se estima que una reducción del 1% en el precio real del GLP vehicular, derivaría en una reducción mensual del consumo de gasoholes por vehículo del 0,073%.

---

<sup>15</sup> Véase anexo 1 para mayor detalle.

## 2. Impacto sobre el CO<sub>2</sub>

Con el objetivo de vincular los efectos del desarrollo del mercado de GLP vehicular, el impuesto selectivo al consumo a los combustibles vehiculares y la inserción de los biocombustibles sobre el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub>, en esta sección se estimará el grado de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> atribuibles a las políticas identificadas, para tal fin, se utilizarán las estimaciones señaladas en la sección anterior y los factores de emisiones de CO<sub>2</sub> registrada por la Energy Internacional Agency (EIA, por sus siglas en inglés) para cada tipo de combustible. Cabe señalar que se tomará en consideración el nivel de emisiones de los sustitutos evaluados, identificando el efecto neto sobre los niveles de emisiones de CO<sub>2</sub> registrados a nivel local.

Siguiendo el trabajo desarrollado por Davis y Kilian (2011), la tabla 3 muestra un resumen de los impactos netos derivados de las políticas analizadas sobre el nivel de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Respecto al desarrollo del mercado de GLP vehicular, se estima que una reducción del 1% en el precio real del sustituto directo GLP, generaría una reducción en el consumo promedio mensual de gasolina de 0,015 galones por vehículo, esto derivaría en una disminución en las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente al 0,13 kg por vehículo al mes, no obstante, el consumo de GLP, al ser un derivado de los hidrocarburos<sup>16</sup> también genera un factor de emisión de CO<sub>2</sub> equivalente a los 5,74 kg por galón de GLP consumido, por tanto, considerando este componente, el efecto neto sobre el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> sería del -0,02 kg por vehículo, representando una disminución mensual por vehículo del -0,01% de CO<sub>2</sub>.

**Tabla 3. Efecto de las políticas energéticas y ambientales sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>**

Políticas	Elasticidad	Consumo Gasolina <sup>1</sup> (gal / mes-veh)	Factor de emisión CO <sub>2</sub> <sup>2</sup> (kg /galón)	Impacto emisiones CO <sub>2</sub> (en %)	Impacto neto emisiones CO <sub>2</sub> (en kg)
GLP <sup>3</sup>	0,07%			-0,01%	-0,02
ISC	-0,05%	20	8,91	-0,05%	-0,09
Gasohol <sup>3</sup>	-0,08%			-7,87%	-14,0

Nota: <sup>1</sup> Consumo promedio mensual de gasolina por vehículo durante el periodo de análisis. <sup>2</sup> Factor de emisión de CO<sub>2</sub> para el consumo de un galón de gasolina - EIA. <sup>3</sup> El factor de emisiones de CO<sub>2</sub> para el consumo de un galón de GLP es de 5,74 kg. <sup>4</sup> El factor de emisiones de CO<sub>2</sub> para el consumo de un galón de gasohol es de 8,22 kg.

Fuente: Elaboración propia, 2016

<sup>16</sup> El GLP es un hidrocarburo que, a condición normal de presión y temperatura, se encuentra en estado gaseoso, pero a temperatura normal y moderadamente alta presión es licuable. Usualmente está compuesto de propano, butano, polipropileno y butileno o mezcla de los mismos (D.S. 032-2002-EM).

Por otra parte, el impacto del impuesto selectivo al consumo de las gasolinas sobre el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> produce una reducción directa, debido a que el mecanismo de transmisión es a través del precio de este combustible. En tal sentido, se estima que un incremento de 1% en el ISC mitigaría aproximadamente 0,09 kg de CO<sub>2</sub> por consumo mensual de un vehículo promedio, representando una reducción porcentual del 0,05% de las emisiones de este GEI.

Finalmente, el impacto en las emisiones de CO<sub>2</sub>, atribuible a la inserción del biocombustible gasohol, registró un nivel superior al resto de variables de política, alcanzando los -14 kg de CO<sub>2</sub>. Es importante señalar que el poder calorífico del gasohol es inferior al registrado por el consumo de un galón de gasolina, en tal sentido, si el consumo promedio mensual de gasolina por vehículo es de 20 galones, se requerirá 20,52 galones de gasohol para satisfacer el mismo requerimiento energético para recorrer la demanda de kilómetros de transporte requerido. No obstante, a consecuencia de que el factor de emisión del etanol es de 0,0 kg de CO<sub>2</sub> por galón consumido<sup>17</sup>, el nivel de emisiones de este gas de efecto invernadero derivado del consumo de gasohol es del 8,22 kg de CO<sub>2</sub>. Asimismo, si consideramos la reducción en el consumo de galones debido al incremento en el precio del gasohol respecto a la gasolina, generaría un efecto neto en el nivel de emisiones de aproximadamente 14 kg de CO<sub>2</sub> por vehículo al mes.

---

<sup>17</sup> EIA - *Carbon Dioxide Emission Factors for Transportation Fuels*

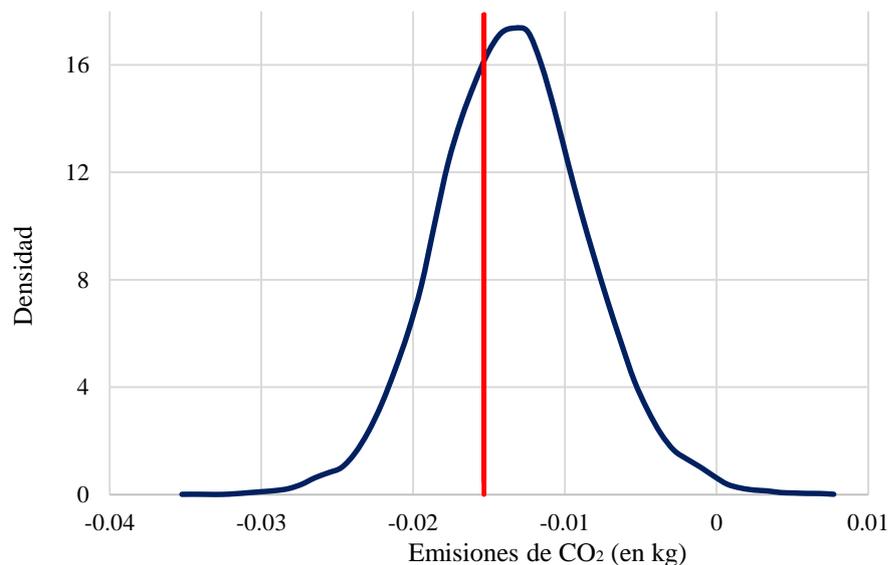
## Capítulo V. Extensiones

### 1. Simulaciones sobre el impacto en las emisiones de CO<sub>2</sub>

En esta sección se utilizará una aproximación para determinar la distribución muestral de los estimadores identificados en la sección previa, con el objetivo de aproximar la distribución del impacto sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> atribuibles a cada política energética y ambiental analizada. Para tal fin, se utilizó un *bootstrap* no paramétrico en la que se seleccionaron departamentos para formar muestras independientes con reemplazo, en cada muestra se estimó, bajo la metodología señalada en la sección previa, los estimadores de política relevantes. Este procedimiento se llevó a cada 5.000 veces, y se almacenaron los estimadores en una base de datos para obtener una aproximación a la distribución muestral de los parámetros de las variables de política.

Respecto al combustible vehicular sustituto (GLP), el gráfico 6 muestra la distribución muestral del impacto en las emisiones de CO<sub>2</sub> atribuibles a una reducción en el precio real del GLP. De acuerdo con la simulación de 5.000 muestras con reemplazo, el impacto que registró mayor densidad en la distribución muestral fue del -0,013 kg de CO<sub>2</sub> por vehículo al mes.

**Gráfico 6. Distribución del impacto del GLP en las emisiones de CO<sub>2</sub> por vehículo al mes (en kg)**

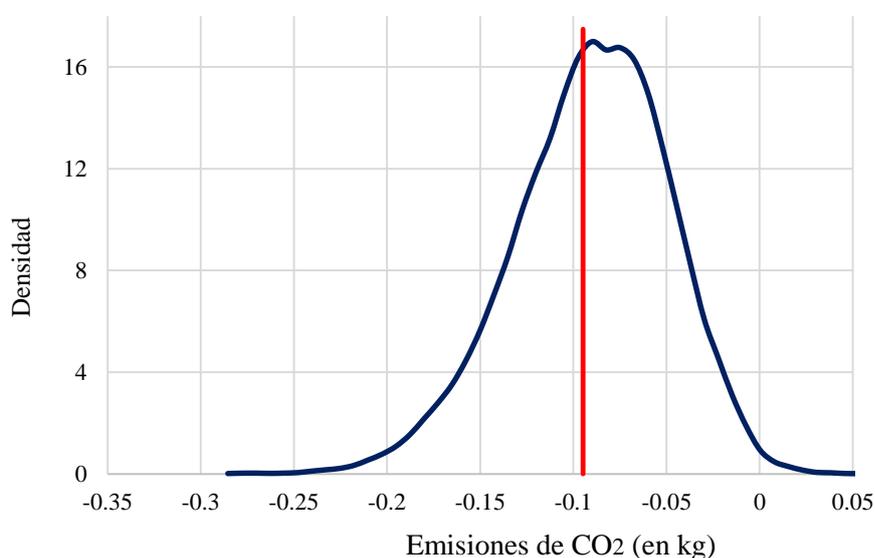


Nota: Proceso *bootstrap* con 5000 simulaciones con reemplazo

Fuente: Elaboración propia, 2016

Respecto al impacto relacionado a la gradualidad del impuesto selectivo al consumo de combustibles, en específico, al gasohol, el procedimiento *bootstrap* permitió generar una distribución muestral del impacto sobre el nivel de las emisiones de CO<sub>2</sub> cuyo soporte, al 95% de la muestra simulada, se encontraría entre los 0,2 y 0,02 kg de CO<sub>2</sub> por consumo mensual de cada vehículo. Es importante señalar que si extrapolamos este promedio al total del parque vehicular (carros y automóviles) el impacto estimado mensual sería de alrededor de 415 toneladas de CO<sub>2</sub> menos, atribuible a la política tributaria de un incremento del 1% en términos reales.

**Gráfico 7. Distribución del impacto del ISC en las emisiones de CO<sub>2</sub> por vehículo al mes (en kg)**

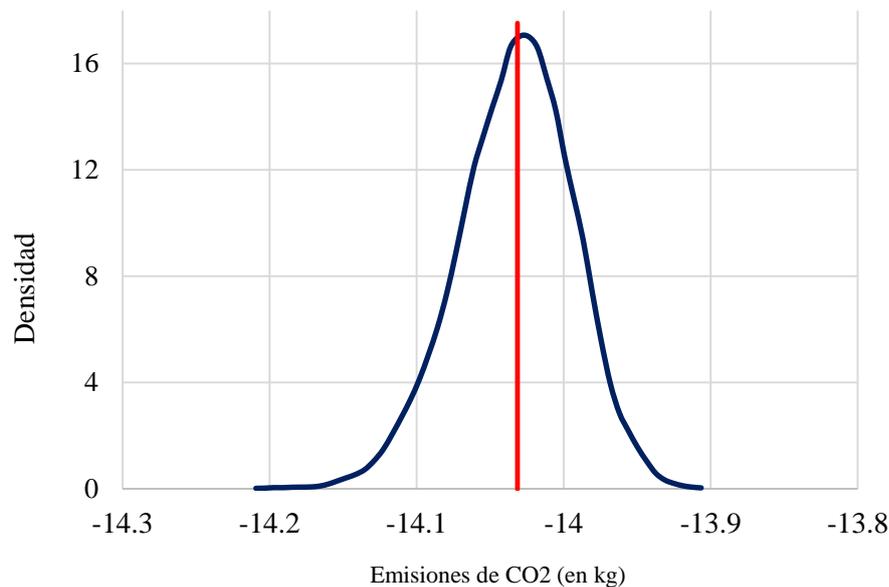


Nota: Proceso *bootstrap* con 5000 simulaciones con reemplazo

Fuente: Elaboración propia, 2016

La política energética asociada a la implementación de la comercialización de gasohol en el Perú habría generado una reducción en el nivel de emisiones mensuales de CO<sub>2</sub> por vehículo, de aproximadamente de 14 kg. De acuerdo con la simulación generada para la distribución de los estimadores y posteriormente, la construcción de la distribución del impacto atribuible para el CO<sub>2</sub>, se estimó que el 95% del soporte de la distribución estaría entre 14,13 y 13,96 kg. Tal como se señaló en la sección previa, el encarecimiento en el precio del nuevo combustible contrarrestó el efecto rebote atribuible a esta política (pérdida en el poder calorífico del gasohol respecto a la gasolina).

**Gráfico 8. Distribución del impacto del gasohol en las emisiones de CO<sub>2</sub> por vehículo al mes (en kg)**



Nota: Proceso *bootstrap* con 5000 simulaciones con reemplazo

Fuente: Elaboración propia, 2016

## 2. Impacto del gas natural vehicular

A partir de la entrada en operación del Proyecto Camisea en el año 2004, la industria del GNV se desarrolló a nivel nacional. No obstante, debido a la concentración industrial y poblacional, el inicio de la expansión de este servicio se registró en Lima Metropolitana. Una de las principales ventajas de este nuevo combustible fue el nivel de precio relativo significativamente menor a los combustibles tradicionales. No obstante, los consumidores que optasen por esta alternativa tendrían que asumir los costos de conversión de sus automóviles debido a que, a la fecha, no se comercializan vehículos con motores de combustión directa al GNV.

La tabla 4 muestra una regresión particular solo para los departamentos, y en el periodo temporal disponible, en el que se comercializó GNV. Los estimadores de las variables como el GLP y GNV no registran los signos esperados por la teoría económica, esto, debido a que la regulación en la estructura del precio final del GNV limita las fluctuaciones y, por tanto, el efecto sobre el consumo de combustibles vehiculares no regulados. Si se incorpora como instrumento al tipo de cambio, y debido a que este impacta sobre los ajustes en la tarifa de GNV hacia el gasocentro, se observa en el modelo 9 que el impacto atribuible a este combustible sería del 0,01%, signo esperado y evidenciando un bajo grado de sustitución respecto a los gasoholes.

**Tabla 4. Estimaciones del consumo de gasohol por vehículo en los departamentos con GNV**

<b>Variables del modelo</b>	<b>IV - FE (8)</b>	<b>IV - FE (9)</b>
$\Delta \text{Ln}$ (Precio gasohol)	-0,195	0,0123
$\Delta \text{Ln}$ (Precio GLP)	-0,127	-0,147
$\Delta \text{Ln}$ (Precio GNV)	-0,0212	0,0105
$\Delta \text{Ln}$ (Ingreso)	0,473***	0,476***
$\Delta \text{Ln}$ (Impuesto selectivo al consumo)	-0,118	-0,0918
$\Delta$ Biocombustibles	0,00328	0,00454
Constante	-0,0077	-0,00764
Instrumento	WTI	WTI, TC
Observaciones	284	284

Nota: el estadístico t se presenta entre paréntesis. Los niveles de significancia son: \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$  y \*\*\*  $p < 0,001$

Fuente: Elaboración propia, 2016

## **Conclusiones y recomendaciones**

### **1. Conclusiones**

Las políticas energéticas y ambientales implementadas habrían generado un impacto relativamente significativo sobre el consumo de gasolinas y esta sobre el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel local. En términos agregados, estas políticas generaron una reducción equivalente a 62 mil toneladas de CO<sub>2</sub> mensual en promedio, representando un efecto del 1,5% sobre el nivel registrado.

Por otra parte, a pesar del impacto atribuible a la obligatoriedad de la comercialización del gasohol, este habría generado un costo adicional a la sociedad, debido a que la nueva mezcla (gasohol) incrementa el precio del combustible en aproximadamente S/ 0,8, generando un recorte presupuestal nacional de aproximadamente S/ 15 soles en el presupuesto familiar.

### **2. Recomendaciones**

Promover políticas que faciliten la adopción hacia combustibles alternativos a las gasolinas, estos lineamientos ampliarían el portafolio de opciones viables para los usuarios finales, permitiendo efectivizar las políticas tributarias pigouviana orientadas a internalizar las externalidades negativas derivadas del consumo de gasolinas.

## **Bibliografía**

- Anderson, S. (2012). The demand for ethanol as a gasoline substitute. *Journal of Environmental Economics and Management* 63: 151-168.
- Asensio, J., Gómez, A. y A. Matas (2014). How effective are policies to reduce gasoline consumption? Evaluating a set of measures in Spain. *Energy Economics* 42: 34-42
- Balestra, P., y J. Varadharajan-Krishnakumar (1987). Full information estimations of a system of simultaneous equations with error component structure. *Econometric Theory* 3: 223–246.
- Baltagi, B. y J. Griffin (1983) Gasoline Demand in the OECD - An application of Pooling and Testing Procedures. *European Economic Review* 22: 117-137.
- Bhattacharyya, S. (2012). Energy access programmes and sustainable development: A critical review and analysis. *Energy for Sustainable Development* 16: 260-271.
- Brons, M., Nijkamp, P., Pels, E. y P. Rietveld (2008) A meta-analysis of the price elasticity of gasoline demand - A SUR approach. *Energy Economics* 30: 2105-2122.
- Cunado, J., Jo, S. y F. Perez de Garcia (2015) Macroeconomic impacts of oil price shocks in Asian economies. *Energy Policy* 86: 867-879.
- Davis, L. y L. Kilian (2011) Estimating the effect of a gasoline tax on carbon emissions. *Journal of applied econometrics* 26: 1197-1214.
- Galeotti, M., Lanza, A. y M. Manera (2003) Rockets and feathers revisited: an international comparison on European gasoline markets. *Energy Economics* 25: 175-190.
- Kilian, L. (2008). The Economic Effects of Energy Price Shocks. *Journal of Economic Literature* 46: 871-909.
- Liu, W. (2015). Gasoline taxes or efficiency standards? A heterogeneous household demand analysis. *Energy Policy* 80: 54-64.

Pitts, R., Willenborg, J. y D. Sherrell (1981) Consumer adaptation to gasoline price increases. *Journal of Consumer Research* 8: 322-330.

Pigou, A. C. (1920) *The Economics of Welfare*, 4th edition. London; Macmillan.

Polemis, M. (2012) Competition and price asymmetries in the Greek oil sector - an empirical analysis on gasoline market. *Empirical Economics* 43: 789-817.

Puller, S. y L. Greening (1999) Household adjustment to gasoline price change - An analysis using 9 years of US survey data. *Energy Economics* 21: 37-52.

Tamayo, J., Salvador, J., Vásquez, A. y R. García (2014). *La industria del gas natural en el Perú. A diez años del Proyecto Camisea*. Lima-Perú: Osinergmin.

Tamayo, J., Salvador, J., Vásquez, A. y R. De la Cruz (2015). *La industria de los hidrocarburos líquidos en el Perú: 20 años de aporte al desarrollo del país*. Lima-Perú: Osinergmin.

Vásquez, A. (2005) *La demanda agregada de combustibles líquidos en el Perú*. Documento de Trabajo 12. Lima: Oficina de estudios económicos del Osinergmin.

## **Anexos**

## Anexo 1. Emisiones de CO<sub>2</sub> en algunos países americanos

De acuerdo al resumen estadístico de British Petroleum<sup>18</sup>, Brasil fue el país que registró el mayor nivel absoluto de emisiones de CO<sub>2</sub> en Latinoamérica durante el año 2014, no obstante, en términos relativos, Trinidad y Tobago y el Perú registraron las mayores tasas promedio de crecimiento durante el periodo 1998-2014, alcanzando los 5,3 y 4,6% anual, respectivamente.

La evolución del nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> en el Perú, evidencia una preocupación ambiental potencial debido a que a pesar de que en varios países de la región también se evidenció un contexto de crecimiento económico, estos no derivaron en un incremento proporcional en el nivel de las emisiones de CO<sub>2</sub> (Chile, Colombia y México).

### Comparación del nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> (en millones de toneladas)

Países	Emisiones de CO <sub>2</sub> (en millones de toneladas)			PBI pc, PPA (en \$ internacionales)		
	1998	2014	Δ %	1998	2014	Δ %
Argentina	133	199	2,5	-	-	
Brasil	348	582	3,3	8.507	15.893	4,0
Chile	59	88	2,6	8.908	22.071	5,8
Colombia	63	84	1,9	6.529	13.357	4,6
Ecuador	21	38	3,9	6.079	11.372	4,0
<b>Perú</b>	<b>25</b>	<b>51</b>	<b>4,6</b>	<b>4.900</b>	<b>11.989</b>	<b>5,8</b>
Trinidad y Tobago	23	51	5,3	11.964	31.967	6,3
Venezuela	140	182	1,7	11.726	18.276	2,8
México	364	500	2,0	9.266	17.315	4,0
Otros	169	210	1,4	-	-	
<b>Latinoamérica</b>	<b>1.345</b>	<b>1.986</b>	<b>2,5</b>	<b>8.261</b>	<b>15.690</b>	<b>4,1</b>

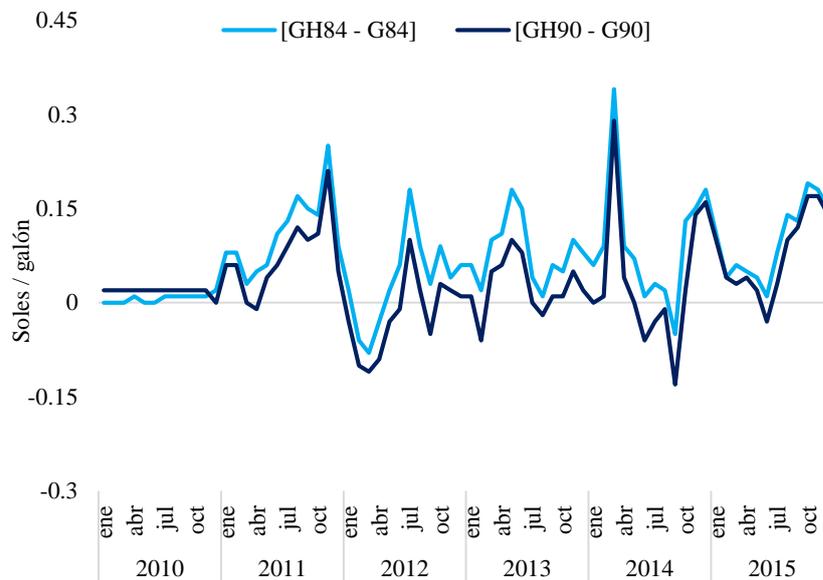
Fuente: British Petroleum, World Bank. Elaboración propia, 2016

<sup>18</sup> Disponible en <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

## Anexo 2. Evolución de la diferencia entre los precios de gasoholes y gasolinas

De acuerdo con lo señalado en el Reglamento para la Comercialización de Biocombustibles<sup>19</sup>, un galón de gasohol contiene 7,8% de galón de etanol y 92,2% de gasolina. Tal como se señala en el gráfico, el precio del gasohol de 84 y 90 octanos fue, en gran medida, superior a los precios subyacentes de sus respectivas gasolinas. En tal sentido, en el 88% de los meses comprendidos entre enero del 2010 a diciembre de 2015, el precio del gasohol de 84 octanos (GH84) registró un valor superior al del precio de la gasolina de 84 octanos (G84); asimismo, el precio del gasohol de 90 octanos (GH90) superó al precio de la gasolina de 90 octanos (G90) en 52 de los 72 meses analizados.

### Evolución de la diferencia entre los precios de gasoholes y gasolinas según su grado de octanaje <sup>1</sup>



Nota: <sup>1</sup> Con base en los precios de referencia que publica el Osinergmin y que reflejan una operación eficiente de importación desde el mercado relevante.

Fuente: Osinergmin

Las fluctuaciones de estas diferencias se explican por el precio del etanol, requerido en la mezcla del gasohol.<sup>20</sup> La ecuación B.1 señala que si el precio del etanol supera al precio de la gasolina, este generaría que el biocombustible registre un nivel superior al combustible tradicional.

$$P_{gasohol} = [7,8\%] * P_{etanol} + [92,2\%] * P_{gasolina} \quad [B. 1]$$

<sup>19</sup> Aprobado por el Decreto Supremo 021-2007-EM y sus modificatorias.

<sup>20</sup> Esta mezcla se efectúa durante la carga del combustible hacia los camiones cisternas en las plantas de abastecimiento a nivel nacional.

### Anexo 3. Descripción de variables

#### Estadísticas descriptivas

Variable	Unidad	Categoría	Promedio	Desviación estándar	Mín.	Máx.	Observaciones
Gasohol	galón / mes - vehículo	Total <sup>1</sup>	20,92	16,39	2,36	162,40	N = 2880
		Inter <sup>2</sup>		12,89	8,03	64,89	n = 24
		Intra <sup>3</sup>		10,46	-27,99	118,43	T = 120
Precio gasohol	S/ del 2007 / galón	Total	10,78	1,64	6,22	14,51	N = 2880
		Inter		0,80	8,53	11,78	n = 24
		Intra		1,44	7,16	13,85	T = 120
Precio GLP	S/ del 2007 / litro	Total	1,48	0,21	0,85	2,10	N = 2880
		Inter		0,14	1,25	1,85	n = 22
		Intra		0,17	0,90	1,92	T = 99,9
Precio GNV	S/ del 2007 / m <sup>3</sup>	Total	1,34	0,14	0,80	1,61	N = 290
		Inter		0,11	1,21	1,51	n = 6
		Intra		0,07	0,93	1,54	T = 48,3
Impuesto Selectivo Consumo	S/ del 2007 / galón	Total	1,39	0,64	0,46	3,12	N = 2880
		Inter		0,02	1,34	1,42	n = 24
		Intra		0,64	0,45	3,15	T = 120
PBI per cápita	S/ del 2007 / población	Total	968	750	242	4.516	N = 2880
		Inter		754	371	4.014	n = 24
		Intra		136	17	1.552	T = 120
WTI	S/ del 2007 / galón	Total	4.83	1,16	2,00	8,77	N = 2880
		Inter		0,08	4,63	4,97	n = 24
		Intra		1,16	2,12	8,72	T = 120

Nota: <sup>1</sup> Se trabaja con toda la información de la muestra sin distinguir la temporalidad ni a los individuos.

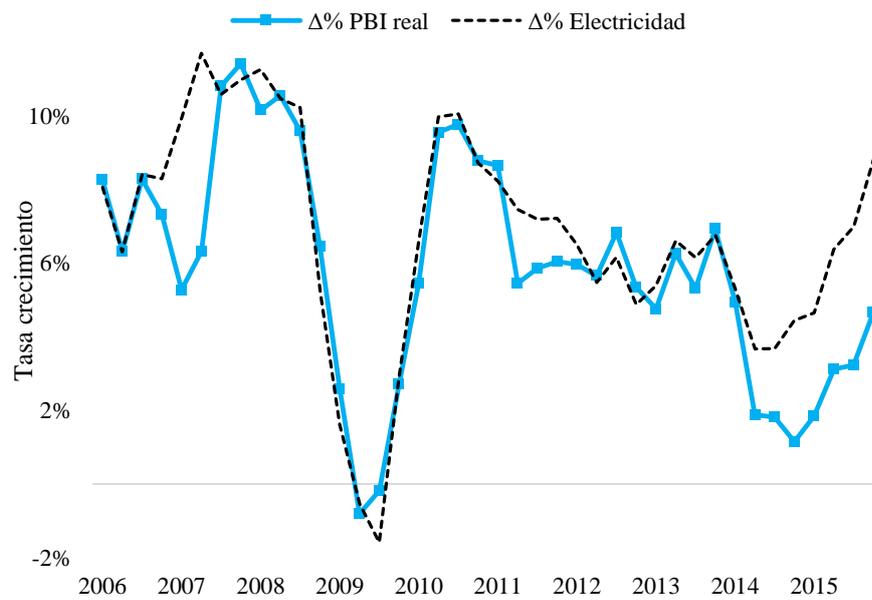
<sup>2</sup> Se trabaja con el promedio temporal de cada unidad de análisis ( $\bar{x}_i$ ). <sup>3</sup> Se construye a partir de la diferencia de cada observación menos el promedio temporal de cada unidad de análisis más el promedio total de la muestra ( $x_{it} - \bar{x}_i + \bar{x}$ ).

Fuente: Osinergmin, MTC, INEI, BM

#### Anexo 4. Evolución de la tasa de crecimiento del PBI

Tal como se registra en el gráfico siguiente, la evolución del PBI real y las ventas de electricidad muestran un patrón de comportamiento similar, en tal sentido, el coeficiente de correlación contemporánea entre estas variables fue de 0,85, nivel significativamente alto, evidenciando una alta correlación positiva entre estas.

#### Evolución de la tasa de crecimiento del PBI real y las ventas de electricidad



Fuente: BCR, Osinergmin

## Anexo 5. Efectos de los estimadores

Según lo señalado en la tabla siguiente, se evidencia que, si se adiciona como instrumento al tipo de cambio, los signos y las magnitudes esperadas se modifican drásticamente. Esto, debido a que la nueva estimación del precio de la gasolina en la primera etapa del proceso, correlaciona con el resto de variables explicativas del modelo que, siguiendo con señalado por Frisch y Waugh (1933), su incorporación altera al resto de estimadores del modelo.

### Efectos de los estimadores según instrumentos utilizados

Variables	IV - FD (5)	IV - FD (6)	IV - FD (7)
$\Delta \text{Ln(Precio gasohol)}$	-0,445*** (-2,73)	0,0616688 (0,33)	-0,2410695* (-1,67)
$\Delta \text{Ln(Precio GLP)}$	0,0729* (1,78)	0,0043634 (0,10)	0,0453182 (1,14)
$\Delta \text{Ln(Ingreso)}$	0,031 (1,00)	0,0229172 (0,72)	0,0277504 (0,89)
$\Delta \text{Ln(Impuesto selectivo al consumo)}$	-0,0532** (-1,97)	0,0238171 (0,77)	-0,0221947 (-0,91)
$\Delta \text{Biocombustibles}$	-0,0802*** (-4,51)	-0,0991774 (-5,33)	-0,0878618 (-4,99)
Constante	-0,00210 (-1,30)	-0,0002608 (-0,15)	-0,0013587 (-0,85)
Instrumento <sup>12</sup>	WTI	TC	WTI y TC
Observaciones	2019	2019	2019
R <sup>2</sup> -intra	0,1260	0,1497	0,1834
R <sup>2</sup> -inter	0,7645	0,8682	0,6977
R <sup>2</sup> -total	0,1609	0,0782	0,1760

Fuente: Elaboración propia, 2016

## **Nota biográfica**

### **Carlos Renato Salazar Ríos**

Lima, 1986. Bachiller en Economía con estudios de maestría en Economía de la Universidad del Pacífico. Cuenta con más de cuatro años de experiencia en el diseño y asesoría de análisis económico de sanciones y análisis cuantitativo de políticas públicas en los sectores eléctricos, gas natural e hidrocarburos líquidos. Actualmente es analista económico del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Osinergmin.