



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO

**FCE**  
FACULTAD DE  
CIENCIAS ECONÓMICAS

# **LA DEMANDA DE GNC EN ARGENTINA: UN ANÁLISIS DE COINTEGRACIÓN**

Por Andrés Joaquín Argüello

Directora: Florencia Gabrielli

Universidad Nacional de Cuyo

2012

En este trabajo se presenta un análisis econométrico de la demanda de GNC en Argentina. Siguiendo la metodología para series cointegradas de Engle y Granger (1987), se estimaron las elasticidades precio, sustitución e ingreso de la demanda de GNC, así como su relación con el stock de vehículos y el cambio en la tecnología de los automóviles. Los resultados encontrados señalan que la demanda de GNC es poco elástica a los cambios en los precios (tanto propios como de su sustituto) o en el ingreso. En gran medida, estos hallazgos concuerdan con lo esperado por las características propias de este combustible, que por su precio y prestaciones posiblemente atraiga a consumidores de bajos ingresos o que realizan un uso intensivo de sus vehículos.

Palabras clave: Demanda GNC, Elasticidad, Cointegración, Combustibles alternativos.  
JEL: C22, C51, L91, Q41, Q42.

# TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>2. REVISIÓN DE LA LITERATURA .....</b>	<b>7</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN DEL MERCADO .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1. Conceptos generales sobre el gas natural .....</b>	<b>9</b>
<b>3.2. Descripción de la tecnología del GNC y sus características como bien económico .....</b>	<b>13</b>
<b>3.3. Análisis descriptivo del mercado.....</b>	<b>15</b>
3.3.1. Características del mercado argentino.....	15
3.3.2. Comparación con otros países .....	18
<b>4. MODELO TEÓRICO .....</b>	<b>20</b>
<b>4.1. Especificación teórica de la ecuación de demanda .....</b>	<b>20</b>
<b>4.2. Método de estimación .....</b>	<b>21</b>
4.2.1. Conceptos generales sobre los métodos de cointegración.....	21
4.2.2. Selección del método de estimación: Modelo de corrección de errores de Engle-Granger ..	22
<b>5. DESCRIPCIÓN Y PREPARACIÓN DE LOS DATOS PARA LA ESTIMACIÓN .....</b>	<b>26</b>
<b>5.1. Presentación .....</b>	<b>26</b>
<b>5.2. Tratamiento de la estacionalidad.....</b>	<b>30</b>
<b>5.3. Orden de integración .....</b>	<b>32</b>
<b>6. ESTIMACIÓN .....</b>	<b>34</b>
<b>6.1. Regresión de largo plazo .....</b>	<b>34</b>
<b>6.2. Término de corrección de errores .....</b>	<b>37</b>
<b>7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>40</b>
<b>7.1. Interpretación .....</b>	<b>40</b>
<b>7.2. Comparación con la demanda de naftas .....</b>	<b>43</b>
<b>8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>46</b>

<b>9. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>48</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>51</b>

## 1. Introducción

Desde comienzos de la década del 2000, el fuerte incremento en el precio del petróleo, así como la creciente preocupación por la emisión de gases invernadero y el deterioro del medio ambiente en general, han reforzado el interés internacional en la búsqueda de fuentes de energía alternativas. En tal sentido, el sector transporte aparece como uno de los más complicados a la hora de diversificar su consumo: el 95% de las necesidades energéticas del transporte son satisfechas por derivados del petróleo, siendo este sector el principal demandante de esta fuente de energía -el transporte es responsable del 61% del consumo final de petróleo en el mundo- (IEA, 2012 e IPCC, 2007).

Frente a este escenario, la experiencia Argentina con el Gas Natural Comprimido (GNC) se destaca como uno de los casos de sustitución energética en el transporte más exitoso. Desde su introducción en el país a comienzos de la década de 1980, el GNC ha mostrado un notable y continuo crecimiento logrando una gran participación en el mercado de combustibles vehiculares: actualmente la cantidad de vehículos equipados para operar con este combustible supera el millón y medio y su consumo representa el 17% de la canasta de combustibles vehiculares vendidos al público en Argentina (ENARGAS, 2013).

En este trabajo, se propone entonces un análisis econométrico de la demanda de GNC, con el objetivo de identificar la sensibilidad (elasticidad) de la misma con respecto al ingreso de los individuos; a los cambios en la tecnología de los vehículos y a las variaciones en los precios, tanto de este combustible como de sus sustitutos. Se espera de esta forma aprovechar la disponibilidad de datos y la madurez del mercado del GNC en el país, para realizar un aporte al entendimiento de la demanda, de los combustibles alternativos en general y del GNC en particular.

Al igual que otros estudios sobre la demanda de bienes energéticos, la presente investigación aborda el análisis planteado utilizando un método de estimación para series cointegradas. Se pretende así describir el comportamiento dinámico de la demanda, obteniendo estimaciones tanto de corto, como de largo plazo para las diferentes elasticidades.

El trabajo está organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta un repaso por la literatura y los antecedentes del tema. La sección 3 se dedica a la descripción de la tecnología y al estudio del mercado del GNC argentino, como paso exploratorio previo al análisis econométrico planteado. La sección 4 introduce el modelo teórico y explica el enfoque econométrico adoptado. En la sección 5 se describen los datos utilizados en el modelo, así

como las transformaciones y procedimientos aplicados a estos y se testea su idoneidad para la estimación propuesta. La sección 6 se dedica a la estimación del modelo y la presentación y discusión de los estadísticos de prueba correspondientes. En la sección 7 se interpretan los resultados obtenidos y se comparan con lo encontrado por otros autores en el análisis de la demanda de naftas. Por último, en la sección 8 se recogen las conclusiones obtenidas y se sugieren nuevas líneas de investigación.

## 2. Revisión de la literatura

La demanda de combustibles vehiculares ha sido objeto de numerosos estudios empíricos, sin embargo, la mayor parte de ellos centra su análisis en los combustibles líquidos tradicionales (naftas y diesel), mientras que las investigaciones dedicadas a la estimación de la demanda de combustibles alternativos resultan escasas. En línea con lo que exponen Alves y Bueno (2003), la falta de estudios econométricos sobre esta temática posiblemente guarde relación con la poca difusión de los combustibles no tradicionales y la consecuente falta de casos de estudio.

En la búsqueda de antecedentes realizada, no se encontró ningún trabajo que contenga una estimación de la demanda de GNC para Argentina, o de algún otro combustible vehicular alternativo, como la que aquí se propone. Sin embargo, sí se hallaron trabajos que incluyen variables relacionadas al GNC en la estimación de la demanda de otros combustibles: tal es el caso del estudio de Johansson y Schipper (1997) para 12 países de la OECD, donde la demanda de GNC es analizada en conjunto con la demanda de naftas sumando las cantidades transadas de ambos productos; y de la investigación de Coria (2005), donde se indaga el impacto del GNC como sustituto de los combustibles líquidos, al incorporar la cantidad de vehículos con GNC como variable explicativa de la demanda de naftas y diesel en Argentina. Otra investigación dedicada a la demanda de naftas pero que se destaca por sus referencias a los combustibles alternativos, es la realizada por Alves y Bueno (2003) para el caso brasileño. El aporte de estos autores, además de incluir el nivel de ingresos y el precio de la nafta como variables explicativas de su demanda, considera la relación de sustitución entre este combustible y el etanol y presenta estimaciones de la elasticidad precio cruzada para la demanda de naftas. Es interesante destacar también que el estudio de Alves y Bueno (2003) se realiza para el principal socio comercial de la Argentina y sigue un enfoque metodológico muy similar al elegido en el trabajo aquí presentado.

Dada la escasez de otros estudios econométricos con referencias a combustibles alternativos, deben mencionarse los aportes de investigadores dedicados al estudio de la demanda de naftas. Resultan de gran importancia aquellos trabajos que indagan sobre los determinantes de la demanda de combustible y la sensibilidad de las elasticidades estimadas a los cambios en la especificación del modelo, en este grupo se encuentran las investigaciones de Espey (1998), de Hughes, Knittel y Sperling (2006) y de Brons, Nijkamp, Pels y Rietveld (2008). Otros aportes importantes sobre la forma funcional de la demanda y los métodos de estimación se encuentran en Akinboade, Ziramba, y Kumo (2008) y en Rao y Rao (2009).

Finalmente se encuentran aquellos estudios que hacen un abordaje descriptivo del mercado del GNC en el país. Entre estos trabajos, uno de los más extensos y detallados es el realizado por Caruso (2003), en él se analiza el sector del gas natural y sus derivados (incluido el GNC), proveyendo información sobre la cadena de valor del gas, el rol y la intervención del Estado, el impacto de la crisis de 2001 y la transformación sufrida por el sector luego de la misma. También existen investigaciones dedicadas exclusivamente al estudio del GNC y su industria como el trabajo realizado por el Centro de Estudios para la Producción (2009) que además de estudiar el mercado de consumo de gas natural, indaga acerca del mercado de equipos de GNC tanto para estaciones

### 3. Descripción del mercado

#### 3.1. Conceptos generales sobre el gas natural

El gas natural es una mezcla de distintos hidrocarburos compuesta principalmente por gas metano y, en menor medida, de otros hidrocarburos más pesados tanto gaseosos (como etano, propano y butano) como líquidos (pentano y superiores). Además de estos componentes, el gas que se extrae de los yacimientos contiene también algunos elementos no hidrocarburíferos como vapor de agua, dióxido de carbono, nitrógeno, ácido sulfhídrico, etcétera (Secretaría de Energía de la Nación, 2003).

Al igual que ocurre con el petróleo o el carbón, cada reservorio cuenta con una composición diferente. En la Tabla 1 puede verse la porción del volumen del gas extraído que habitualmente representa cada componente en un yacimiento tipo (Speight, 2007). Además de estos valores estándar, se agrega a la Tabla la información correspondiente al gas obtenido del yacimiento Loma de la Lata (provincia de Neuquén). Vale subrayar que este último es el reservorio gasífero más importante del país (Secretaría de Energía de la Nación, 2003).

Tabla 1: Composición del gas natural. Reservorio tipo y yacimiento de Loma de la lata.

COMPONENTE	YACIMIENTO TIPO	LOMA DE LA LATA
Metano	70-90%	89,5%
Etano, propano y butano <sup>(1)</sup>	0-20%	6,95%
Pentano y superiores	0-10%	1,57%
Dióxido de carbono	0-8%	1,57%
Oxígeno	0-0,2%	-
Nitrógeno	0-5%	0,78%
Ácido sulfhídrico y Sulfuro de carbonilo	0-5%	-
Gases raros	Rastros	-

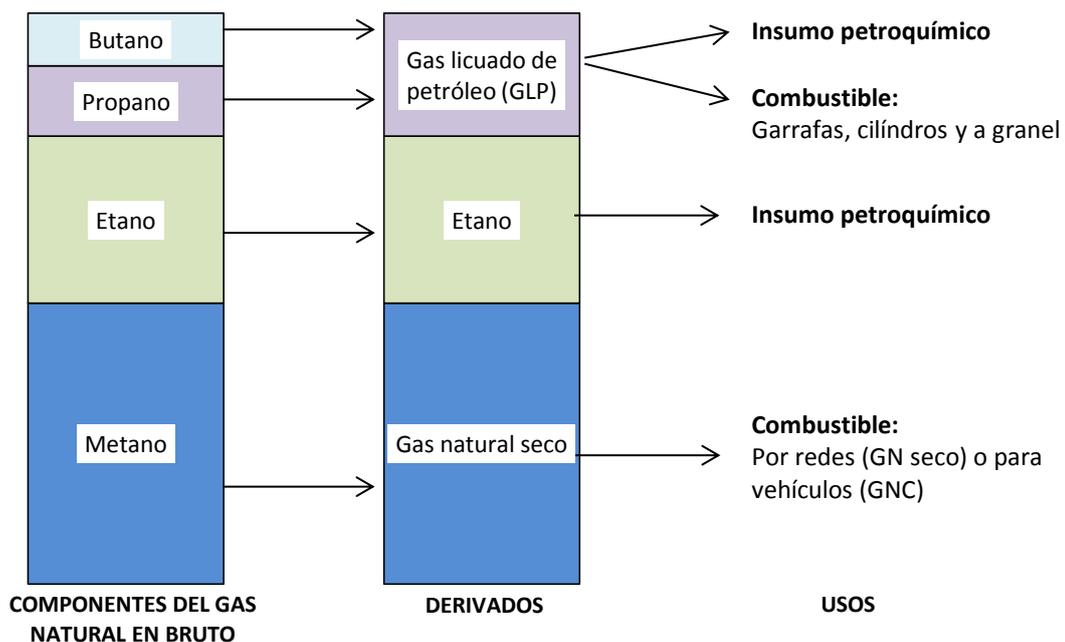
FUENTE: Speight (2007) y Secretaría de Energía de la Nación (2003).

<sup>(1)</sup> En el caso del yacimiento de Loma de la Lata la proporción es la siguiente: Etano 4,2%, propano 1,8%, butano 0,95%.

Cada uno de estos componentes del gas natural se utiliza en la obtención de diferentes derivados, sin embargo debe aclararse que, a diferencia de lo que ocurre en la refinación del petróleo, los procesos requeridos para extraer los distintos subproductos del gas natural consisten casi exclusivamente en la separación física de los componentes vistos en la Tabla 1; mientras que en la obtención de derivados del crudo intervienen numerosas transformaciones químicas. Esta separación de elementos y acondicionamiento del gas tiene lugar en las plantas

de tratamiento de gas, en ellas se quitan aquellos componentes no deseados (en general se trata de elementos no hidrocarbúricos como el vapor de agua, el nitrógeno o el ácido sulfhídrico) los que dificultan su transporte y/o reducen su densidad energética y, por otro lado, se separan unos de otros los distintos hidrocarburos contenidos en el gas natural (Speight, 2007). De esta forma cada componente es utilizado en la obtención de distintos derivados (el Gráfico 1 es una adaptación de la figura del trabajo de Caruso (2003)):

Gráfico 1: Componentes del gas natural, derivados y usos



Como se muestra en el Gráfico 1, los vehículos a GNC utilizan para su propulsión el mismo gas que circula por las redes domésticas (gas natural seco) el cual se compone casi completamente de gas metano. Debe recordarse que el metano representa entre el 70% y el 90% del volumen total de gases que se extraen (Tabla 1), de modo que el gas natural seco es el principal derivado del gas natural (de ahí también que en general se haga referencia al gas de red -al gas natural seco- y al gas natural en bruto tal y como sale del yacimiento simplemente como *gas natural*).

Las principales características del Gas Natural seco (GN seco) como fuente de energía son las siguientes:

- El metano es el integrante más simple de la familia de los hidrocarburos. También es el menos contaminante de los combustibles fósiles dejando como únicos residuos de su combustión dióxido de carbono y vapor de agua. (Speight, 2007)

- En condiciones normales de presión, el gas natural posee una muy baja densidad energética (su contenido calórico por unidad de volumen es de 7.000 a 8.000 veces menor que el del petróleo). A esto se suma que el licuado del gas metano (el cual, al llevar el gas a estado líquido, permite aumentar su densidad energética y hacer más eficiente su transporte) requiere su enfriamiento por debajo de los -165 grados centígrados y mantención de la temperatura en esos niveles durante el transporte. Esta propiedad constituye la principal diferencia con otros hidrocarburos gaseosos como el butano o el propano, los cuales son fácilmente licuables y que por lo tanto sí son utilizados comúnmente de esta forma (gas licuado de petróleo o GLP). (Energy Economics, 2011)
- Como resultado de lo explicado en el punto anterior, el transporte del gas por vías alternativas a los gasoductos resulta complicado y costoso. Esto hace que el mercado internacional de gas natural no se encuentre tan desarrollado como el del petróleo y que su industria tenga un carácter predominantemente local. (Energy Economics, 2011)

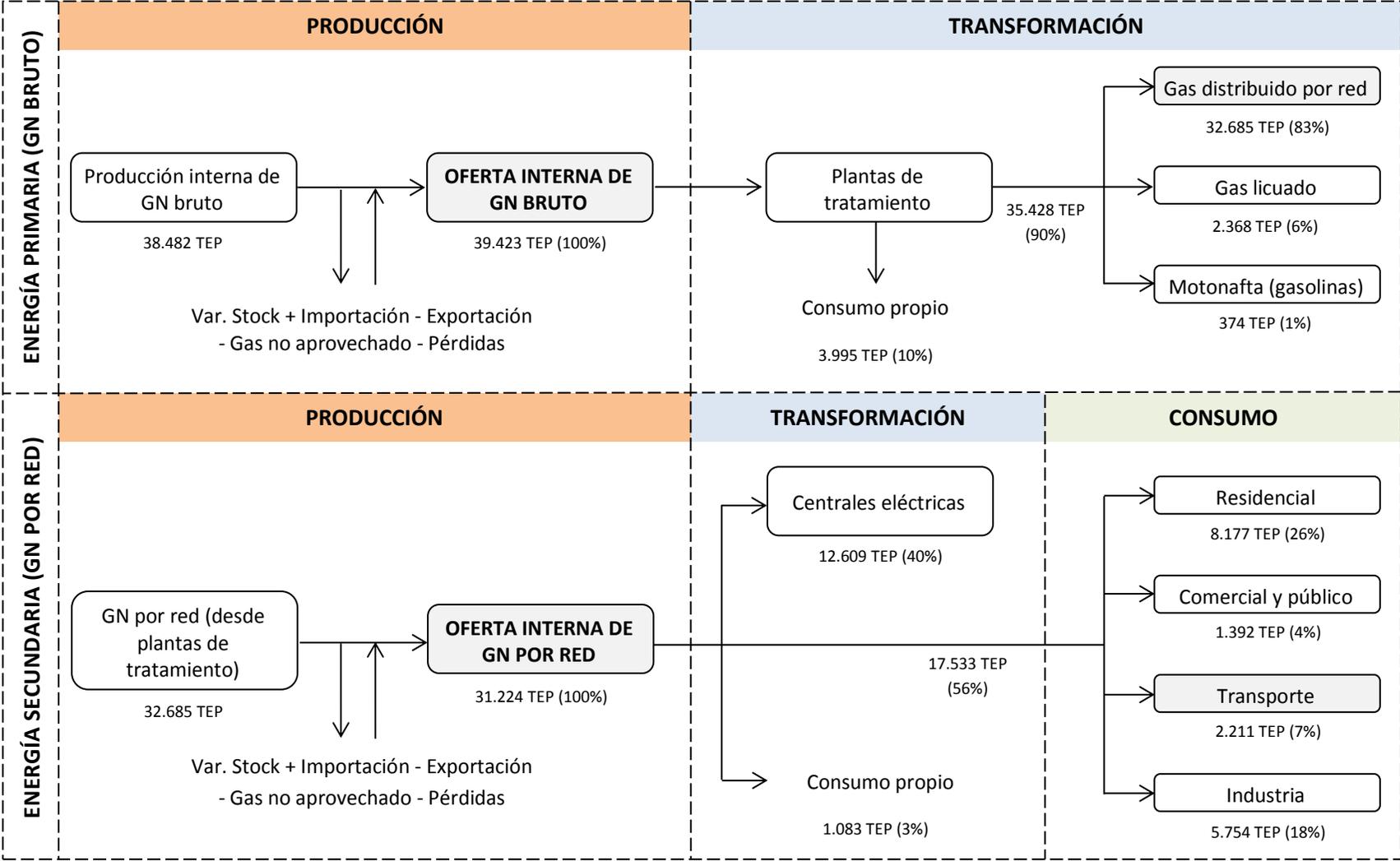
En Argentina, la abundancia de este recurso (sobre todo desde el descubrimiento de Loma de la Lata) hace que las dificultades planteadas anteriormente para su aprovechamiento no sean relevantes. Más aún, el gas natural por red satisface alrededor de un tercio del consumo energético final del país (Secretaría de Energía de la Nación, 2012).<sup>1</sup>

Además de su utilización como combustible vehicular alternativo, en el país el gas de red es utilizado para generar energía eléctrica, como combustible de hornos y calderas en la industria y como fuente de energía para calefaccionar hogares y comercios. La intensidad de cada uno de estos usos, así como los resultados de los procesos de obtención de derivados explicados en los párrafos anteriores puede resumirse en la matriz de transformación del gas natural que se presenta en el Gráfico 2. La misma se elaboró con la información disponible en el último balance energético nacional publicado por la Secretaría de Energía de la Nación (2012).

---

<sup>1</sup> Los consumidores energéticos finales son aquellos que utilizan la energía directamente en la satisfacción de sus necesidades o como insumo para la producción de bienes y/o servicios.

Gráfico 2: Matriz de transformación de gas natural en Argentina.



Si se contabiliza el combustible en función de su valor energético, el 83% del GN bruto que llega a las plantas de tratamiento argentinas es acondicionado e inyectado en la red de gas (GN seco). A partir de allí el gas es transportado por gasoductos hasta llegar a las distribuidoras y a los grandes usuarios con *by-pass* físico (aquellos conectados y abastecidos directamente por la red de transporte nacional y no por las redes propias de las distribuidoras). En cuanto a los destinos que recibe el gas natural una vez procesado, hay que destacar que el 40% del gas de red es demandado por las centrales eléctricas y, que entre un 3% y un 4% es consumido por el mismo sistema de producción y transporte de gas de red. De esta forma, los consumidores energéticos finales utilizan el 58% del total del gas distribuido por redes. A este último grupo de consumidores pertenece el sector transporte, el que a través de las estaciones de carga de GNC demanda aproximadamente un 7% del gas natural de red.

### **3.2. Descripción de la tecnología del GNC y sus características como bien económico**

Como se explicó en el apartado anterior, los vehículos a GNC consumen para su propulsión gas natural en sustitución de los combustibles líquidos tradicionales. Esta tecnología generalmente es implementada mediante alguna de las siguientes alternativas: 1) en vehículos diseñados y producidos desde su origen para operar con GNC o 2) a través de la conversión de automotores originalmente fabricados para utilizar combustibles líquidos, siendo esta última la opción más ampliamente utilizada en Argentina. Hay que subrayar además que los automotores impulsados con gas natural son de tipo *bi-combustible*, es decir, se trata de vehículos que pueden operar tanto con gas natural como con naftas (existen algunos vehículos que son fabricados de modo que trabajan únicamente con GNC pero se trata de casos excepcionales por lo que a los efectos del análisis del mercado argentino puede considerarse que la totalidad del parque automotor con GNC es de tipo *bi-combustible*).

De lo anterior se desprende una de las características más relevantes para el estudio del GNC como combustible alternativo de las naftas: la posibilidad de convertir vehículos que ya están en circulación a un costo relativamente bajo (al momento de realizar esta investigación, la revista NGV Global (2013) indica un precio promedio del kit de conversión de \$4000). Además, como ya se mencionó, los automotores convertidos siguen siendo aptos para operar utilizando naftas de modo que al desplazarse por lugares sin abastecimiento de GNC pueden recurrir al combustible líquido cuya disponibilidad es más amplia.

En cuanto a las características negativas de esta tecnología, las mismas se relacionan principalmente con la baja densidad energética y las dificultades mencionadas para licuar el gas metano. Para alcanzar una autonomía adecuada dados estos condicionantes, los vehículos

deben almacenar el gas a alta presión (200 bares) de modo de mejorar la relación energía/volumen. Para esto se hace necesaria la colocación de cilindros diseñados especialmente para contener el gas comprimido en los vehículos (Caruso, 2003); como es de esperar, las condiciones de trabajo que estos recipientes soportan hacen que los mismos tengan un peso y tamaño considerable. Estos inconvenientes en el almacenaje del gas afectan el desempeño de los vehículos de diferentes maneras: en primer lugar, la instalación de los cilindros implica una merma de espacio y un peso adicional en los vehículos. Por otro lado, aun utilizando el gas en forma comprimida, la autonomía alcanzada al operar con GNC es significativamente menor que la que se logra al utilizar naftas (Caruso, 2003). Finalmente la presión utilizada y los riesgos propios del uso del gas, hacen que el Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS) imponga ciertas medidas de seguridad que resultan incómodas para el consumidor; entre éstas se destacan la obligación de bajarse del vehículo para la carga y la revisión anual de los vehículos sin la cual no son autorizados para abastecerse de gas.

Las condiciones tecnológicas descriptas permiten realizar las siguientes hipótesis sobre las características del GNC como bien económico:

- Por la relativa sencillez y el bajo costo de la conversión, la relación de sustitución del GNC con las naftas y, en menor medida con el diesel, es más cercana que la de otras energías alternativas para vehículos particulares que requieren de tecnologías y formas de motorización totalmente distintas (por ejemplo vehículos eléctricos). Lo anterior se ve reforzado por la tecnología *bi-combustible* (la aplicación más habitual del GNC) y la reversibilidad de la conversión (el equipo de GNC puede ser desinstalado del vehículo y continuar su operación únicamente con nafta).
- Al ser el GN un bien sin un mercado internacional muy desarrollado y de difícil transporte, la implementación masiva de esta tecnología depende en gran medida de la disponibilidad o no de este recurso en el lugar y de la infraestructura de gasoductos y el desarrollo de las redes de gas que permitan abastecer a las estaciones de carga. No obstante esto, en el caso argentino, no se presentan estos limitantes, lo que entre otras cosas explica la gran penetración que ha logrado este combustible localmente.
- Los problemas e incomodidades para los consumidores generados por el difícil almacenamiento del gas hacen que, aun cuando se trata de una fuente de energía más limpia y de menor costo que las naftas, el gas natural sea visto como un sustituto de inferior calidad que las naftas.

Como se verá en las secciones posteriores, estas características del GNC fueron estudiadas al realizar el análisis econométrico. Particularmente, se indagó la relación de sustitución entre las naftas y el GNC y se evaluó si, conforme los datos disponibles, la demanda de este último seguía el comportamiento esperado para un bien inferior respecto del ingreso.

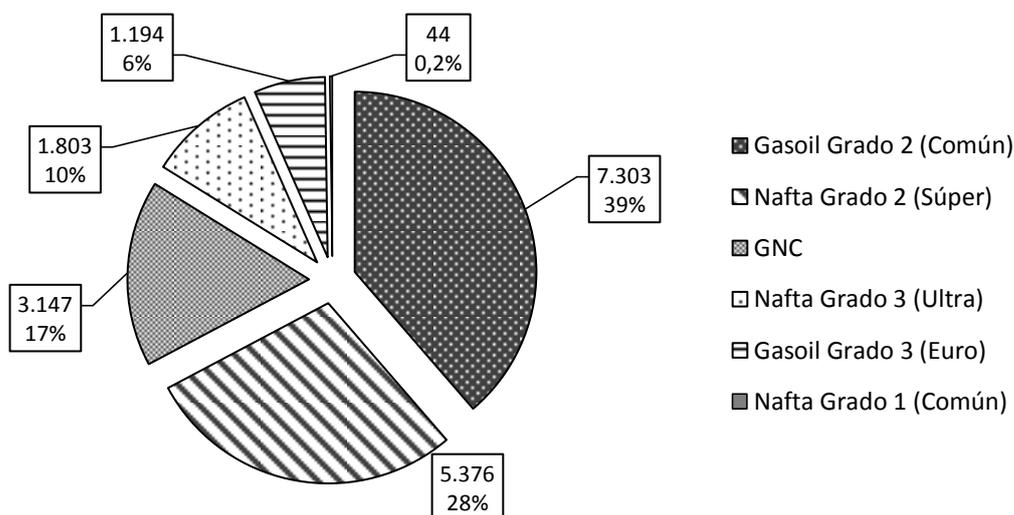
### 3.3. Análisis descriptivo del mercado

#### 3.3.1. Características del mercado argentino

A nivel mundial, Argentina es uno de los países en donde el GNC muestra un mayor desarrollo, esto es así tanto en términos relativos, es decir en relación al tamaño de la economía y la población local, como en términos absolutos en comparación con otras naciones.

Los últimos datos disponibles en el ENARGAS indican que, durante 2012, los usuarios de GNC demandaron 2.785 millones de metros cúbicos de gas natural, esto representa el 8,7% del volumen total de gas entregado por las distribuidoras (ENARGAS, 2013). Por otro lado, en relación al mercado de combustibles vehiculares, este consumo representa el equivalente a más de tres millones de litros de nafta.<sup>2</sup> La magnitud de estos valores resulta más clara cuando se analiza la composición de la canasta de combustibles del sector transporte (Gráfico 3):

Gráfico 3: Volumen vendido por tipo de combustible durante 2012 (en millones de litros y como porcentaje del total). Tipo de comercialización, *al público*.



FUENTE: Elaboración propia en base a ENARGAS (2013) y Secretaría de Energía de la Nación (2013).

<sup>2</sup> Para determinar esto se consideró una equivalencia de  $1 \text{ m}^3$  de GNC = 1,13 litros de nafta, este criterio es concordante con otros estudios como el de Caruso (2003).

Con una participación del 17% en la canasta de combustibles vehiculares, el GNC es el tercer carburante más consumido en el país. Comparativamente estos valores son similares a los que se observan para el etanol en Brasil (este combustible representa entre 15% y el 20% de la energía demandada por el transporte terrestre no ferroviario en el país vecino (MME, 2013)) de modo que, el GNC en Argentina, alcanza un nivel de penetración similar al logrado por uno de los programas de sustitución de combustibles más exitosos en el mundo en cuanto a su difusión y desarrollo (Alves y Bueno, 2003).

En cuanto al alcance geográfico del combustible en el mercado local, a diciembre de 2012, la cantidad de estaciones de carga en Argentina ascendía a 1.910 establecimientos con presencia en 19 de las 20 provincias argentinas con abastecimiento de gas natural por red (siendo la excepción la provincia de Santa Cruz). Como es de esperar, las provincias más pobladas (Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe y Mendoza) concentran la mayor parte de la actividad del sector a nivel nacional demandando el 80% del volumen total de GNC. El análisis completo del parque automotor convertido, la cantidad de puntos de carga y el volumen de gas consumido por provincia, puede verse en la Tabla 2.

Tabla 2: Volumen consumido, número de estaciones de carga, cantidad de vehículos habilitados para circular con GNC y parque automotor circulante estimado por provincia.

PROVINCIA	VOLUMEN CONSUMIDO <sup>(1)</sup>	NRO. DE ESTACIONES <sup>(2)</sup>	VEHÍCULOS CONVERTIDOS <sup>(2)</sup>	PARQUE AUTOMOTOR <sup>(2)</sup>
Buenos Aires	1.207	865	665.166	4.435.856
Córdoba	375	237	217.757	1.164.543
CABA	247	145	104.850	1.664.073
Santa Fe	224	138	128.719	1.025.645
Mendoza	197	148	131.653	576.796
Tucumán	121	84	54.809	232.828
Salta	74	46	31.511	186.757
San Juan	53	40	31.843	157.470
Santiago del Estero	46	32	14.840	99.491
Entre Ríos	45	49	39.364	369.546
San Luis	45	26	26.251	113.405
Jujuy	45	27	17.842	114.288
Río Negro	34	25	18.796	194.879
Neuquén	28	17	12.222	204.060
Catamarca	15	11	7.471	66.200
La Pampa	15	13	8.050	125.273
La Rioja	7	3	3.468	62.432
Chubut	4	3	1.443	220.635
Tierra del Fuego	2	1	616	70.847
Corrientes	-	-	461	186.553
Chaco	-	-	238	158.052
Formosa	-	-	168	64.401
Misiones	-	-	161	180.689
Santa Cruz	-	-	244	129.753
<b>Total</b>	<b>2.785</b>	<b>1.910</b>	<b>1.517.943</b>	<b>11.804.472</b>

FUENTES: Elaboración propia en base a ENARGAS (2013), ACARA (2012) y DNRPA (2013).

<sup>(1)</sup> Total año 2012, valores en millones de m<sup>3</sup>.

<sup>(2)</sup> Valores al 31/12/2012.

Como puede apreciarse en la Tabla 2, el nivel de consumo, la cantidad de puntos de carga y el número de vehículos convertidos de cada provincia son, en términos generales, proporcionales al tamaño del parque automotor de cada una de ellas y, como ya se mencionó, se concentra en las provincias de mayor población. No obstante esto, caben destacarse algunos casos que se desvían de este patrón general:

- CABA: Esta jurisdicción muestra un consumo de GNC y una cantidad de vehículos convertidos llamativamente baja en relación al tamaño de su parque automotor. Solo el 6% de los vehículos de la CABA están equipados con este combustible mientras que, el promedio nacional se ubica en el 13% y el nivel de conversión en los otros grandes

centros urbanos (Buenos Aires, Córdoba, Mendoza, Santa Fe y Tucumán) alcanza, en promedio el 16%. Posiblemente esta baja penetración del GNC en el mercado de la CABA, se explique por su alto nivel de ingresos (se espera que los consumidores de mayores ingresos prefieran utilizar nafta por sus mejores prestaciones). Adicionalmente, la disponibilidad de un sistema de transporte público más variado y accesible que otras provincias (el cual compite con el GNC como alternativa de transporte de bajo costo) también puede motivar este comportamiento.

- Provincias patagónicas (Río Negro, Neuquén, Chubut y Tierra del Fuego): Al igual que la CABA, las provincias patagónicas muestran un consumo de GNC bajo en relación con su parque automotor. A pesar de contar con casi el 6% de los vehículos en circulación en el país, el consumo de GNC de estas provincias en conjunto representa solo el 2% del total nacional. Por otro lado, con menos del 5% del total de sus vehículos equipados con este combustible, el nivel de conversión en estas jurisdicciones, también se encuentra por debajo del promedio nacional. Al igual que en el caso anterior, es posible que el alto ingreso per cápita de estas provincias explique la baja utilización de GNC. Además de esto, hay que destacar que gran parte del territorio de Río Negro, así como las provincias de Chubut y Tierra el Fuego en toda su extensión, están exentas del pago del impuesto específico a los combustibles (Ley 23.966) por lo que la brecha de precios del GNC con la nafta en estos lugares es significativamente menor. Por otro lado, la autonomía relativamente baja de los vehículos con GNC lo hacen un combustible poco atractivo para utilizar en estas provincias, cuya población es dispersa y sus localidades se encuentran separadas por grandes distancias, elemento al que se suma una red de puntos de carga poco desarrollada.

### **3.3.2. Comparación con otros países**

Como se ha visto hasta aquí, el GNC ha logrado un importante desarrollo en Argentina, representando una parte importante del mercado de combustibles vehiculares y logrando una amplia cobertura y disponibilidad geográfica, lo cual es crítico para el avance de cualquier combustible alternativo. Continuando con el análisis del mercado argentino de GNC, se evaluó el tamaño y la importancia del mismo en comparación con el resto del mundo. Con este fin, se estudiaron las siguientes variables para el grupo de países con más de un millón de vehículos a GNC (al cual pertenece Argentina): la cantidad de vehículos a GNC (en total y cada diez mil habitantes) y el número de estaciones de carga, información que se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3: Vehículos a GNC y cantidad de estaciones de carga al 31/12/2010 en los países con más de un millón de vehículos a GNC.

PAÍS	VEHÍCULOS A GNC	ESTACIONES DE CARGA	VEH A GNC C/10.000 HABITANTES
<b>Argentina<sup>(1)</sup></b>	<b>1.430.246</b>	<b>1.874</b>	<b>354</b>
Brasil	1.646.955	1.782	84
India	1.100.000	596	9
Irán	2.070.930	1.490	280
Pakistán	2.500.100	3.300	144

FUENTES: ENARGAS (2013), NGV Global (2013) y Naciones Unidas (2010).

<sup>(1)</sup> Los datos para Argentina corresponden a los que publica el ENARGAS (2013) para el mes de diciembre de 2010 mientras que, para el resto de los países, se siguió a la publicación NGV Global (2013). Para el caso argentino, se decidió seguir los datos del ENARGAS y no los de NGV Global porque la diferencia en la cantidad de vehículos publicada por una y otra fuente resultó mayor a lo admisible (1,9 millones según NGV Global contra 1,4 millones publicados el ENARGAS) hecho ante el cual se decidió elegir a la fuente oficial por sobre cualquier otro dato.

Con más de 1,4 millones de vehículos en diciembre de 2010, Argentina poseía el cuarto parque automotor a GNC más grande del mundo además de la segunda red de estaciones de carga (1.874 estaciones) y la relación automotores a GNC/habitantes más alta entre los países con más de un millón de vehículos a GNC (354 veh./10 mil hab.). Estos números reflejan la magnitud del sector GNC en Argentina y, en conjunto con lo señalado anteriormente, posicionan al país entre los más avanzados en el uso y desarrollo de esta fuente de energía como alternativa a los combustibles tradicionales.

Además de la comparación entre países, la Tabla 3 aporta otro dato relevante para el estudio de la demanda de GNC y su caracterización: todos los países con más de un millón de vehículos a GNC son naciones en vías de desarrollo, sugiriendo una relación inversa entre la demanda de GNC y el nivel de ingresos. Se resalta también que se trata de un comportamiento en línea con lo señalado en incisos anteriores cuando se mencionó que, a pesar de tratarse de un combustible más limpio y accesible que los tradicionales, su uso implica ciertas incomodidades y pérdida de prestaciones en comparación a las naftas; de modo que, salvo para aquellos consumidores con un alto interés en el aspecto ambiental, las características del GNC lo posicionan como un sustituto de calidad inferior a las naftas.

## 4. Modelo teórico

### 4.1. Especificación teórica de la ecuación de demanda

Para la selección de las variables relevantes del modelo y ante la falta de estudios empíricos sobre la demanda de GNC, se recurrió a la literatura dedicada al análisis de otros combustibles y bienes energéticos; siendo los estudios sobre la demanda de naftas, los más consultados por ser el sustituto más cercano del GNC.

En su forma más simple, la demanda de naftas es representada en función de su precio y del ingreso real (Akinboade et al., 2008). Además de estas variables, estudios dedicados específicamente al análisis de la forma funcional de la demanda de naftas, indican que deben considerarse: la evolución del stock de vehículos, la intensidad de uso y la eficiencia de los mismos (Espey (1998); Hughes, Knittel y Sperling (2006) y Brons et al. (2008)). También hay investigaciones como las de Bentzen (1994) y Polemis (2006) que optan por la inclusión de una variable de tendencia temporal con el fin de captar el efecto de los cambios tecnológicos (Akinboade, Ziramba y Kumo, 2008). Por último, hay que destacar el trabajo de Alves y Bueno (2003) quienes incluyen el precio de la alcoholnafta (combustible alternativo utilizado como sustituto de la nafta en Brasil) en el análisis de la demanda de nafta.

Siguiendo las referencias de los autores citados, se asume en este estudio la siguiente forma genérica para la demanda de GNC:

$$Q_t = f(P_t^g, P_t^n, Y_t, Veh_t, \omega_t) + \varepsilon_t \quad (1)$$

Donde:

$Q_t$  = Cantidad de GNC demandada

$P_t^g$  = Precio real del GNC

$P_t^n$  = Precio real de la nafta

$Y_t$  = Ingreso real

$Veh_t$  = Cantidad de vehículos a GNC

$\omega_t$  = Término de tendencia temporal

$\varepsilon_t$  = Término de error

En su representación más general la tendencia temporal  $\omega_t$  es estocástica, sin embargo por la dificultad de estimación que la forma estocástica implica, los modelos de cointegración más ampliamente vistos asumen un comportamiento determinístico de la tendencia. A los fines de la estimación, esto último se traduce en la inclusión de una variable  $t$  entre los regresores, cuyo valor indica los distintos períodos (aumentando desde 0 para la primera observación hasta T-1 para la última y siendo T el número de períodos analizados) (Amarawickrama y Hunt, 2007). La misma solución puede verse en los estudios de Bentzen (1994); Polemis (2006);

Akinboade et al. (2008) y de Alves y Bueno (2003). Siguiendo a los autores mencionados y dado el alcance del análisis que aquí se propone y la metodología econométrica elegida, se optó por utilizar esta forma determinística y lineal de tendencia.

Una vez resuelta la forma de representación del término de tendencia y siguiendo la forma Log-lineal más comúnmente utilizada, la ecuación genérica (1) queda especificada de la siguiente manera:

$$\ln(Q_t) = \beta_0 + \beta_1 \ln(P_t^g) + \beta_2 \ln(P_t^n) + \beta_3 \ln(Y_t) + \beta_4 \ln(Veh_t) + \beta_5 t + \varepsilon_t \quad (2)$$

Donde, al trabajar con los logaritmos naturales de las variables, los coeficientes  $\beta_n$  pueden ser interpretados como la elasticidad de la demanda respecto de la variable a la cual acompañan.

## 4.2. Método de estimación

La revisión de antecedentes indica que la demanda de naftas ha sido modelada mediante numerosas técnicas, se trata en general de estudios que utilizan series de tiempo y que consideran especificaciones de demanda tanto dinámicas como estáticas. Autores como Espey (1998) indican que, mientras que las especificaciones del primer grupo permiten captar y separar el comportamiento de corto y largo plazo de la demanda, los estudios que recurren a especificaciones estáticas obtienen, en general, valores intermedios de los coeficientes de forma que pueden considerarse como estimaciones de mediano plazo.

En el presente trabajo se estimó la demanda de GNC utilizando un método de estimación para series cointegradas. Este tipo de modelos, permite identificar las relaciones tanto de largo como de corto plazo entre las variables y se aplica frecuentemente en el estudio de la demanda de nafta: como señalan Akinboade et al. (2008). Los siguientes estudios utilizan alguno de los diferentes métodos de cointegración: Bentzen (1994); Samini (1995); Eltony y Al-Mutairi (1995); Ramanathan (1999); Alves y Bueno (2003); De Vita, Endresen y Hunt (2006) y Polemis (2006); a los que se pueden sumar la misma investigación de Akinboade et al. (2008) y el trabajo de Rao y Rao (2009) entre otros.

### 4.2.1. Conceptos generales sobre los métodos de cointegración

El concepto de cointegración fue presentado por primera vez por Granger en 1981 y profundizado luego en el estudio conjunto de Granger y Engle (1987). En este último trabajo los autores señalan que: si  $x_t^1$  y  $x_t^2$  son procesos integrados de orden  $d$  (i.e. I(d)), generalmente se cumple que su combinación lineal,  $x_t^3 = x_t^1 + ax_t^2$  es también un proceso

$I(d)$ . No obstante, en algunas situaciones también es posible que la combinación lineal de  $x_t^1$  y  $x_t^2$ , representada por  $x_t^3$  resulte ser  $I(d-b)$  con  $b > 0$ . Para estos casos especiales y generalizando lo anterior para  $N$  variables, los autores presentan la siguiente definición de cointegración: los  $N$  componentes del vector  $X_t$  son cointegrados de orden  $d$  y  $b$ ; si, 1) todos los componentes del vector  $X_t$  son  $I(d)$  y 2) existe un vector  $A (\neq 0)$  tal que  $z_t = A'X_t \sim I(d - b)$ . En tal caso, el vector  $A$  se denomina *vector de cointegración*. En su trabajo, Engle y Granger (1987) demuestran también que, si las variables del vector  $X_t$  son cointegradas con  $d = 1$  y  $b = 1$ , entonces puede formularse un modelo de corrección de errores (MCE) para representar la relación entre ellas.

Cabe mencionar que en el caso en que  $d = 1$  y  $b = 1$ , el comportamiento de las series tiene una interpretación de gran relevancia para el análisis económico: el hecho que una transformación lineal de variables  $I(1)$  resulte ser  $I(0)$  indica que, en su evolución, las series no pueden alejarse demasiado unas de otras; dicho de otra forma, las variables cointegradas siguen un equilibrio conjunto de largo plazo.

Por último, es importante mencionar las dificultades que este análisis plantea cuando el vector  $X_t$  tiene más de 2 componentes: para el caso general donde el vector  $X_t$  tiene  $N$  componentes, la cantidad de relaciones posibles es  $r \leq N - 1$  (con lo que los vectores de cointegración  $A$  pueden reunirse en una matriz  $A$  de orden  $N \times r$ ). La implicancia de esto es que para  $N > 2$ , pueden existir múltiples relaciones de equilibrio gobernando el comportamiento de las variables (Engle y Granger, 1987). Si bien la explicación de los métodos para determinar el orden de cointegración escapa del alcance y los objetivos de este trabajo, se menciona aquí el trabajo de Johansen (1988) que presenta un método para buscar el valor de  $r$  en el caso de modelos con más de una variable entre los regresores.

#### **4.2.2. Selección del método de estimación: Modelo de Corrección de Errores de Engle-Granger**

En la actualidad existen numerosos métodos para estimar estas relaciones de cointegración además del MCE planteado por Engle y Granger (1987), sin embargo, en el presente trabajo se decidió seguir el procedimiento propuesto originalmente por estos autores. Vale destacar que, aun cuando se trata del primer desarrollo en lo que a técnicas de estimación bajo cointegración se refiere, esta metodología sigue siendo ampliamente utilizada. Más aun, numerosos estudios sobre la demanda de combustibles y de otros bienes energéticos aplican el MCE de Engle y Granger (1987). Ejemplos de esto son las investigaciones de Bentzen (1994),

Eltony y Al-Mutairi (1995), Ramanathan (1999), Alves y Bueno (2003) y Amarawickrama y Hunt (2007).

La estimación del MCE de Engle y Granger (1987), consiste en un procedimiento en dos etapas en las cuales se utiliza el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Los autores demuestran que si las series son cointegradas, los estimadores obtenidos de esta forma son súper-consistentes, es decir convergen a los valores verdaderos de los parámetros a una velocidad superior a la normal, y con igual eficiencia (en muestras grandes) que los estimadores de máxima verosimilitud. La súper-consistencia de los estimadores implica además que estos son robustos a la endogeneidad lo cual resulta particularmente útil en estudios que, como en el aquí expuesto, se propone estimar una función de demanda y por lo tanto se debe solucionar el problema que representa la simultaneidad en la determinación de precios y cantidades transadas (lo que típicamente genera problemas de endogeneidad).

Como se mencionó en el párrafo anterior, el método de estimación elegido comprende un procedimiento en dos etapas; en una primera instancia se estima el vector de cointegración entre las series, es decir se busca la relación de largo plazo, mientras que en la segunda etapa se realiza la regresión correspondiente a los ajustes de corto plazo. Para el caso de estudio de este trabajo y siguiendo la especificación de la demanda de GNC presentada en la ecuación (2), el MCE queda planteado de la manera siguiente:

1. Para la estimación de la relación de largo plazo se utilizan los logaritmos de las variables en niveles (es decir sin diferenciar). A esta estimación se la denomina *regresión de cointegración* y, siguiendo la ecuación 2, adopta la siguiente forma:

$$\ln(Q_t) = \beta_0 + \beta_1 \ln(P_t^g) + \beta_2 \ln(P_t^n) + \beta_3 \ln(Y_t) + \beta_4 \ln(Veh_t) + \beta_5 t + \varepsilon_t \quad (3)$$

Donde, por tratarse de la regresión de cointegración, los coeficientes  $\hat{\beta}_i$  corresponden a las elasticidades de largo plazo.

2. Por su parte, el término de corrección de errores del modelo se estima utilizando las primeras diferencias de las variables y los residuos de la regresión anterior rezagados un período. Siguiendo la ecuación (3), la representación del mismo es la siguiente:

$$\Delta \ln(Q_t) = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta \ln(P_t^g) + \alpha_2 \Delta \ln(P_t^n) + \alpha_3 \Delta \ln(Y_t) + \alpha_4 \Delta \ln(Veh_t) + \alpha_5 \hat{\varepsilon}_{t-1} + \mu_t \quad (4)$$

Donde  $\Delta$  es el operador diferencia (i.e.  $\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$ ), el término  $\hat{\varepsilon}_{t-1}$  indica los residuos obtenidos de la regresión de cointegración rezagados un período y  $\mu_t$  es un término de error.

Se denomina a esta ecuación *término de corrección de errores* porque con ella se busca representar la dinámica del *ajuste*, es decir, la forma en que las variables retornan su camino de largo plazo ante una desviación del mismo (desviación estimada en la regresión de cointegración y que para el período t es representada por  $\hat{\varepsilon}_{t-1}$ ).

Además de la especificación del MCE, se presenta en esta sección el test de cointegración que se utilizará en la etapa de estimación. Como se explicó en el apartado anterior, para que el modelo representado por las ecuaciones (3) y (4) sea válido y los resultados de las regresiones correspondientes tengan sentido, es necesario que las series sean cointegradas. En tal sentido Engle y Granger (1987) también proponen diferentes métodos que, en todos los casos, buscan descartar la existencia raíces unitarias en los residuos de la regresión de cointegración. La explicación intuitiva de esto es que si las series son cointegradas, y por tanto siguen equilibrio de largo plazo representado en la ecuación (3), entonces  $\varepsilon_t$  que representa las desviaciones respecto de dicho equilibrio, debe ser estacionario y fluctuar entorno a cero (es decir debe ser I(0)) (Verbeek, 2004).

En la ecuación (5) se presenta la especificación del test elegido para contrastar la hipótesis de cointegración entre las variables. La prueba consiste en un test de raíces unitarias de Dickey-Fuller aumentado (ADF) diferenciándose de este únicamente en sus valores críticos.

$$\Delta \hat{\varepsilon}_t = \gamma \hat{\varepsilon}_{t-1} + \delta_1 \Delta \hat{\varepsilon}_{t-1} + \delta_2 \Delta \hat{\varepsilon}_{t-2} + \dots + \delta_m \Delta \hat{\varepsilon}_{t-m} + \zeta_t \quad (5)$$

Donde:

$\hat{\varepsilon}_t$  = Residuos de la regresión de cointegración       $\zeta_t$  = Término de error  
 $m$  = Número de retardos de  $\Delta \hat{\varepsilon}_t$  necesarios para que  $\zeta_t$  se comporte como ruido blanco

La hipótesis nula del test es que  $\hat{\varepsilon}_t$  tiene una raíz unitaria y por lo tanto no hay cointegración en la relación estimada. Para rechazar esta hipótesis, es necesario que el coeficiente  $\gamma$  sea estadísticamente distinto de cero al nivel de significancia elegido.

Vale destacar que la distribución de estos estadísticos, así como sus valores críticos, también se presentan en el trabajo de Engle y Granger (1987) pero solo para el caso de un único

regresor. En el presente estudio, por tanto, se recurrió a los valores calculados por Mac Kinnon (1991) para el caso de más de una variable explicativa los que, al igual que el propio test de cointegración, están incluidos en el paquete estadístico utilizado (E-Views).

## 5. Descripción y preparación de los datos para la estimación

### 5.1. Presentación

Conforme lo requerido por el modelo teórico presentado en la ecuación (2), se buscaron variables representativas de la cantidad demandada de GNC, los precios del GNC y las naftas, el ingreso y el stock de vehículos con equipos de gas. Para la obtención de estos datos se recurrió a las siguientes fuentes oficiales: el Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS, 2013), la Secretaría de Energía de la Nación (SECENER, ), el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC, 2013a y 2013b), el Banco Central de la República Argentina (BCRA, 2013) y la Dirección de Estadísticas y Censos de San Luis. El detalle de las series puede verse en la Tabla 4.

Tabla 4: Presentación de datos y fuentes.

NOMBRE CORTO	DESCRIPCIÓN	DETALLE	FUENTE
Q	Cantidad de GNC demandada	Gas entregado en todo el país por las distribuidoras a estaciones de carga de GNC. Datos en miles de m <sup>3</sup> de gas de 9300 kcal.	ENARGAS (2013)
Veh	Cantidad de vehículos con GNC	Total de vehículos habilitados por el ENARGAS para circular con GNC.	ENARGAS (2013)
Y	Ingreso	Producto Bruto Interno a precios de mercado en pesos de 1999.	INDEC (2013b)
p <sup>G(1)</sup>	Precio real del GNC	Precio del GNC con impuestos, en pesos/m3. Valores deflactados por el IPC (base 1999).	Elaboración propia en base a: SECENER (2013), BCRA (2013), INDEC (2013a) y Dirección Provincial de Estadísticas y Censos de San Luis (2013).
p <sup>N(1)</sup>	Precio real de la nafta	Precio de la Nafta con impuestos, en pesos/litro. Promedio ponderado de los tipos "común", "súper" y "premium". Valores deflactados por IPC (base 1999).	Elaboración propia en base a: SECENER (2013), BCRA (2013), INDEC (2013a) y Dirección Provincial de Estadísticas y Censos de San Luis (2013).

<sup>(1)</sup>Dada la controversia en torno a la fiabilidad del índice de precios al consumidor informado por el INDEC (2013), se decidió trabajar con la información publicada por la Dirección Provincial de Estadísticas de San Luis para todos los datos posteriores al inicio de este cuestionamiento (desde enero de 2007 a la fecha). A tal fin, se realizó un empalme de ambas series tomando como base el índice relevado por el INDEC (2013), la serie así obtenida, se presenta para su consulta en el Anexo.

Todas las variables están disponibles con una periodicidad mensual con excepción del PBI que se releva trimestralmente por lo que se decidió trabajar con datos trimestrales en la

estimación del modelo. Las estadísticas descriptivas de las series trimestralizadas se presentan en la Tabla 5, la misma también indica el método seguido para trimestralizar cada serie.

Tabla 5: Series trimestrales, estadísticas descriptivas.

FORMA DE TRIMESTRALIZACIÓN	Q	p <sup>G</sup>	p <sup>N</sup>	Y	Veh
	Suma	Promedio	Promedio	-	Promedio
MEDIA	611.711	0,0035	0,0106	324.211	1.115.357
MEDIANA	671.383	0,0033	0,0105	295.735	1.356.074
DES.V. EST.	147.177	0,0005	0,0013	72.487	393.747
MÁXIMO	814.463	0,0048	0,0132	471.240	1.524.671
MÍNIMO	321.093	0,0028	0,0083	212.907	416.302
N° DE OBSERVACIONES:	59				

Los valores de la Tabla 5 se calcularon considerando el mismo período que el usado en la estimación del modelo, es decir, entre el primer trimestre de 1998 y el tercer trimestre de 2012 con un total de 59 observaciones.

Para completar la descripción de los datos se muestra la evolución de estas series durante el período mencionado (Gráficos 4 a 8).

Gráfico 4: Cantidad de gas consumido por las estaciones de carga (Q), datos trimestrales. Valores en miles de m<sup>3</sup>.

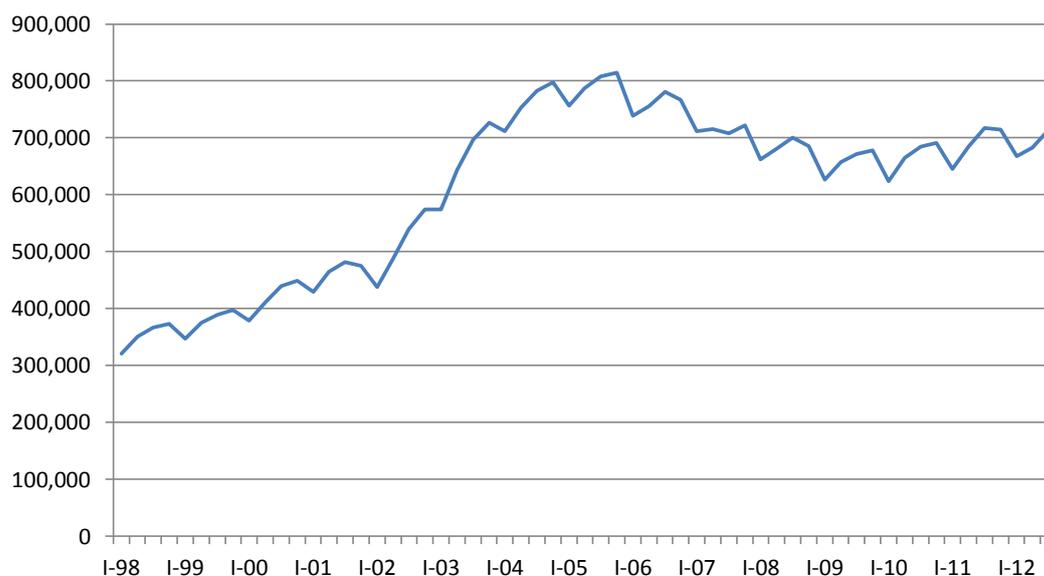


Gráfico 5: Precio final del GNC ( $P^G$ ). Valores en pesos de 1993 por  $m^3$ .

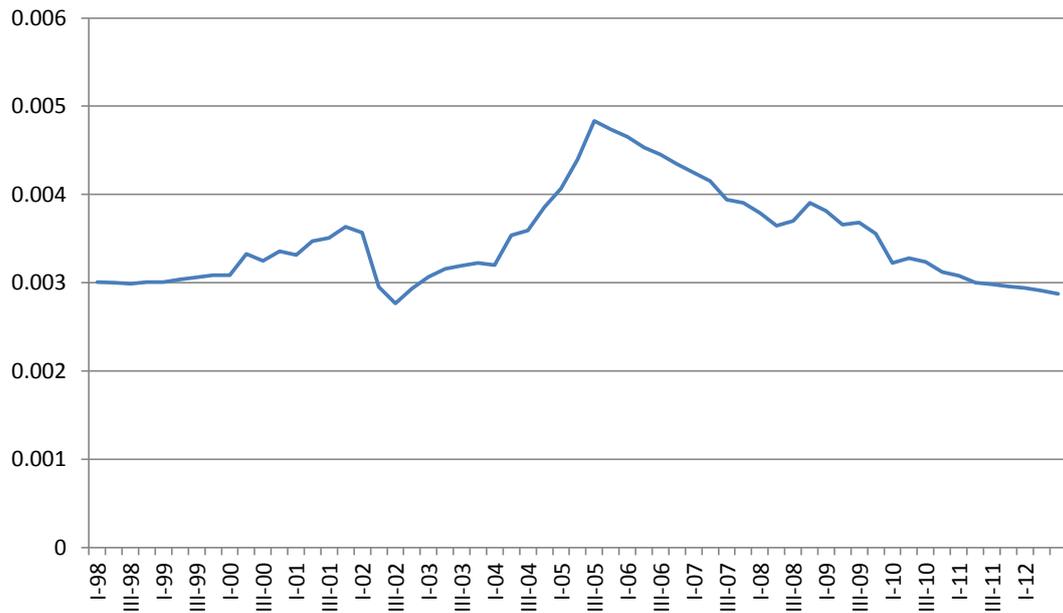


Gráfico 6: Precio promedio de la nafta ( $P^N$ ). Valores en pesos de 1993 por litro.

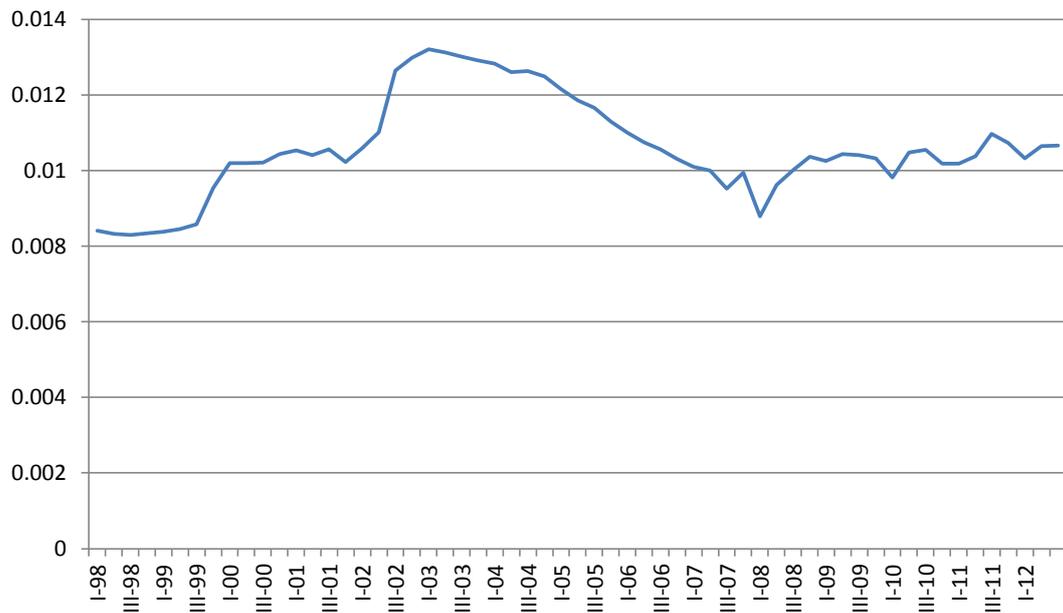


Gráfico 7: Evolución del PBI real (Y).

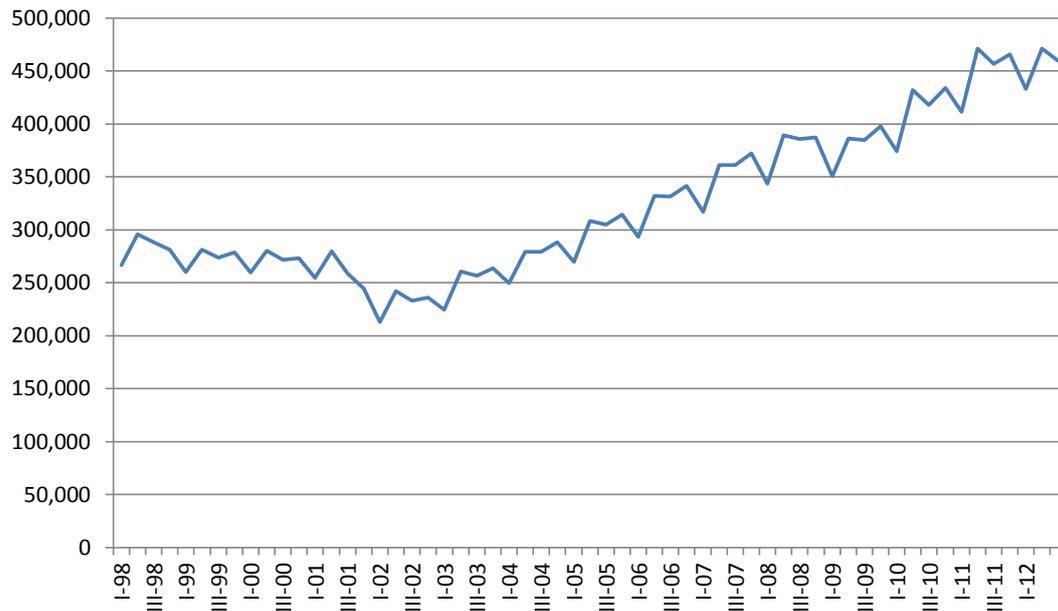
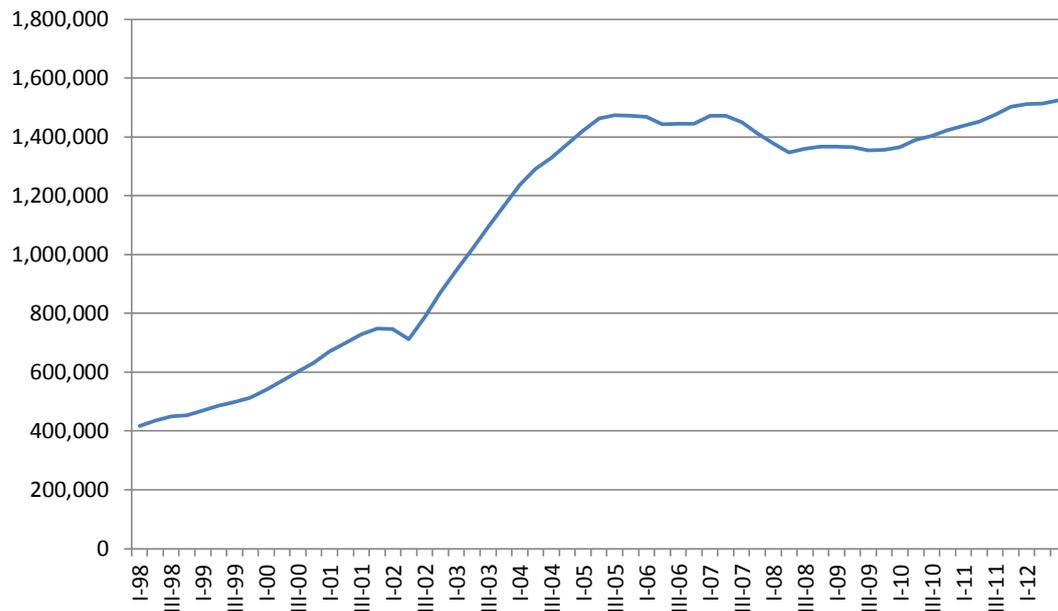


Gráfico 8: Evolución de la cantidad de vehículos habilitados para circular con GNC. (Veh).



Con vistas a la preparación de los datos para la estimación del modelo planteado, el análisis gráfico de las series aporta lo siguiente (Gráficos 4 a 8):

- El comportamiento de las variables analizadas es, en términos generales, el esperado para los procesos no estacionarios con media y varianza oscilantes a través del tiempo. En incisos posteriores se presentarán los test de estacionariedad y de raíces unitarias

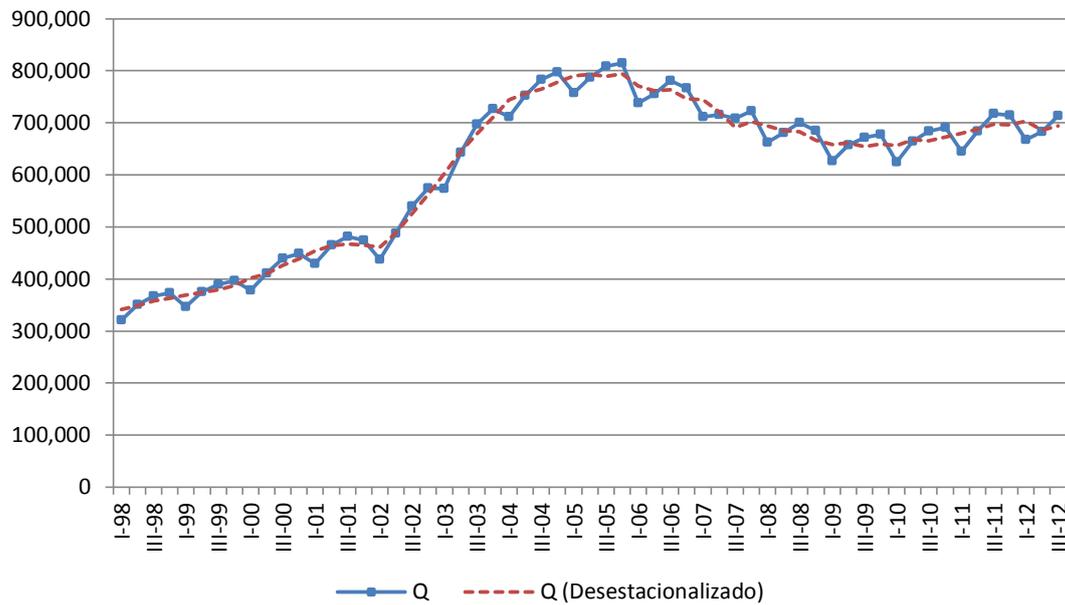
con los que se buscó determinar el orden de integración de las series, se adelanta aquí que en todos los casos, las variables resultaron ser I(1).

- Las variables correspondientes al consumo de GNC y PBI (Q e Y respectivamente) muestran un comportamiento estacional lo que motivó un análisis formal de la estacionalidad y la búsqueda de una solución a la misma. Los procedimientos y transformaciones realizadas en relación a esto se explicarán en los apartados siguientes.
- Además de lo estrictamente estadístico, los gráficos también permiten ver el impacto de la crisis de 2001-2002 sobre todas las variables. En general todas las series, con excepción del precio de la nafta cuya caída es menor, muestran una fuerte contracción durante la crisis seguida de una recuperación en los trimestres siguientes. Se destaca también que la cantidad consumida de GNC, el precio de la nafta y el número de vehículos habilitados (Gráficos 4, 6 y 7 respectivamente) muestran una recuperación mucho más rápida y pronunciada en durante período de reactivación de la crisis que el PBI (Gráfico 7).
- También durante la crisis internacional de 2008-2009 se observa este patrón en las series (exceptuando al precio del GNC cuyo análisis se presenta aparte) aunque en este caso la contracción de las variables no es tan pronunciada como en la crisis anterior y la recuperación de las mismas es gradual en todos los casos.
- Por último llama la atención el comportamiento del precio del GNC, cuyo valor en términos reales inicia un marcado descenso hacia mediados del año 2005, repuntando levemente durante 2008 (año en que, como se mencionó, el resto de las variables presentan una contracción) y continuando su caída desde 2009 hasta el final del período.

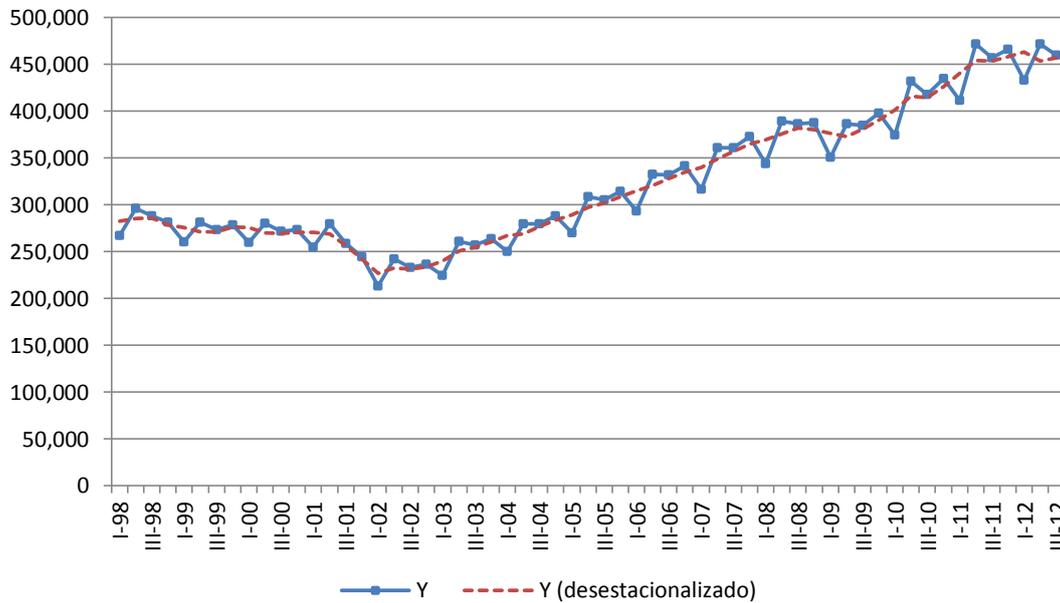
## **5.2. Tratamiento de la estacionalidad**

Como se vio en el apartado anterior, tanto la cantidad de GNC consumido como el PBI siguen un comportamiento estacional (ver Gráficos 4 y 7). Para abordar la estacionalidad se utilizó el procedimiento X-12-ARIMA obteniéndose las siguientes series desestacionalizadas.

**Gráfico 9:** Cantidad de gas consumido por las estaciones de carga. Valores en miles de m<sup>3</sup>. (Series Q y Q\_sa).



**Gráfico 10:** Evolución del PBI real, datos trimestrales observados y desestacionalizados. (Series Y e Y\_sa).



Cabe aclarar que de aquí en adelante y con el fin de simplificar la notación, los nombres “Q” e “Y” se utilizan para referirse a las series desestacionalizadas.

Además de ser necesaria para la estimación del modelo, la desestacionalización de las variables permitió un mejor análisis gráfico de las series; los efectos de las crisis de 2001-2002 y de 2008-2009 en cada serie resultan más claros en los Gráficos 9 y 10 que en los presentados en el inciso anterior (Gráficos 4 y 7).

En esta nueva revisión de las series, también se advierte con mayor claridad que, durante el tercer trimestre de 2007, la cantidad de GNC consumida fue significativamente baja. La búsqueda de información al respecto reveló que durante los meses de junio y julio de 2007 las estaciones de carga de todo el país sufrieron un importante corte en el suministro de gas, el mismo estuvo motivado por la incapacidad del sistema para abastecer la totalidad de la demanda de gas natural durante ese invierno. A esto se sumó otra medida excepcional: ante la situación extrema del suministro de GNC y las quejas de los consumidores, las petroleras YPF y Petrobras decidieron entregar nafta al precio del gas natural en todo el país a través de sus respectivas redes de estaciones.

Como se mostrará al momento de presentar la estimación del modelo, los efectos de estos cortes también se hicieron presentes en la regresión y terminaron motivando la inclusión de una variable dicotómica para su tratamiento. Finalmente debe mencionarse que en la misma búsqueda de información, se encontraron referencias a otros cortes de suministro en los meses de invierno, sin embargo ninguno resultó de la magnitud del anteriormente descrito.

### 5.3. Orden de integración

Como se explicó en Sección 4.1, el procedimiento de cointegración planteado necesita que las series utilizadas sean no estacionarias y con igual orden de integración. Para determinar el cumplimiento o no de esta condición, se utilizó la prueba de Dickey – Fuller aumentada (ADF por sus siglas en inglés) cuya especificación es la siguiente:

$$\Delta z_t = \alpha z_{t-1} + v_t' \varphi + \beta_1 \Delta z_{t-1} + \beta_2 \Delta z_{t-2} + \dots + \beta_p \Delta z_{t-p} + \vartheta_t \quad (6)$$

Donde:

$z_t$  = Variable a testear

$\vartheta_t$  = Término de error

$v_t$  = Vector de variables exógenas (normalmente un término de tendencia y una constante)

$p$  = Número de retardos de  $\Delta z_t$  necesarios para que  $\vartheta_t$  se comporte como ruido blanco

La hipótesis nula de este test es que el coeficiente  $\alpha$  es igual a cero y por tanto  $z_t$  tiene raíces unitarias.

La prueba de ADF se aplicó, en primer lugar, a los logaritmos naturales de las series. Los resultados del test indicaron, para todos los casos, la imposibilidad de rechazar la hipótesis nula de raíces unitarias a los niveles de significancia habituales. Los valores p de la prueba, así como las variables determinísticas incluidas en el test de cada variable se presentan en la Tabla 6.<sup>3</sup>

**Tabla 6:** Test de ADF para las variables en niveles.

VARIABLE	VARIABLES DETERMINÍSTICAS INCLUIDAS	P-VALOR
Ln(Q)	Constante	0,363
Ln(P <sup>G</sup> )	-	0,699
Ln(P <sup>N</sup> )	Constante	0,325
Ln(Y_sa)	Constante y tendencia	0,335
Ln(Veh)	Constante	0,239

Sin poder rechazar la hipótesis de que las series son integradas, se testeó también la presencia de raíces unitarias en las primeras diferencias de las variables. Como se muestra en la Tabla 7, los resultados de este nuevo análisis permitieron descartar, a los niveles de significancia habituales, la presencia de raíces unitarias en las series diferenciadas.

**Tabla 7:** Test de ADF para las variables diferenciadas.

VARIABLE	VARIABLES DETERMINÍSTICAS INCLUIDAS	P-VALOR
$\Delta$ Ln(Q)	-	0,041
$\Delta$ Ln(P <sup>G</sup> )	-	0,000
$\Delta$ Ln(P <sup>N</sup> )	-	0,000
$\Delta$ Ln(Y_sa)	-	0,000
$\Delta$ Ln(Veh)	Constante	0,028

Resumiendo los resultados presentados en las Tablas 6 y 7, las pruebas ADF sugieren la existencia de raíces unitarias en las series en niveles mientras que descartan, a los niveles de significancia usuales, la presencia de las mismas en las series en diferencia. Interpretados en conjunto, estos resultados aportan evidencia a favor de que las variables consideradas para la estimación del modelo, son integradas de orden 1 de modo que es viable la utilización del MCE de Engle y Granger (1987) para el análisis propuesto.

---

<sup>3</sup> En la especificación usada para las pruebas, se incluyeron únicamente las variables exógenas cuyos coeficientes resultaron estadísticamente distintos de cero en las regresiones del test.

## 6. Estimación

### 6.1. Regresión de largo plazo

Siguiendo la propuesta de Engle y Granger (1987), el primer paso en la estimación consistió en estimar la regresión de cointegración mediante MCO. La especificación de esta regresión se presentó oportunamente en la ecuación 3 y es la siguiente:

$$\ln(Q_t) = \beta_0 + \beta_1 \ln(P_t^g) + \beta_2 \ln(P_t^n) + \beta_3 \ln(Y_t) + \beta_4 \ln(Veh_t) + \beta_5 t + \varepsilon_t \quad (3)$$

La regresión representada en la ecuación (3), se estimó utilizando el paquete estadístico E-views. Los coeficientes estimados así como los estadísticos de prueba habituales se exhiben en la Tabla 8:

Tabla 8: Resultados de la regresión de largo plazo.

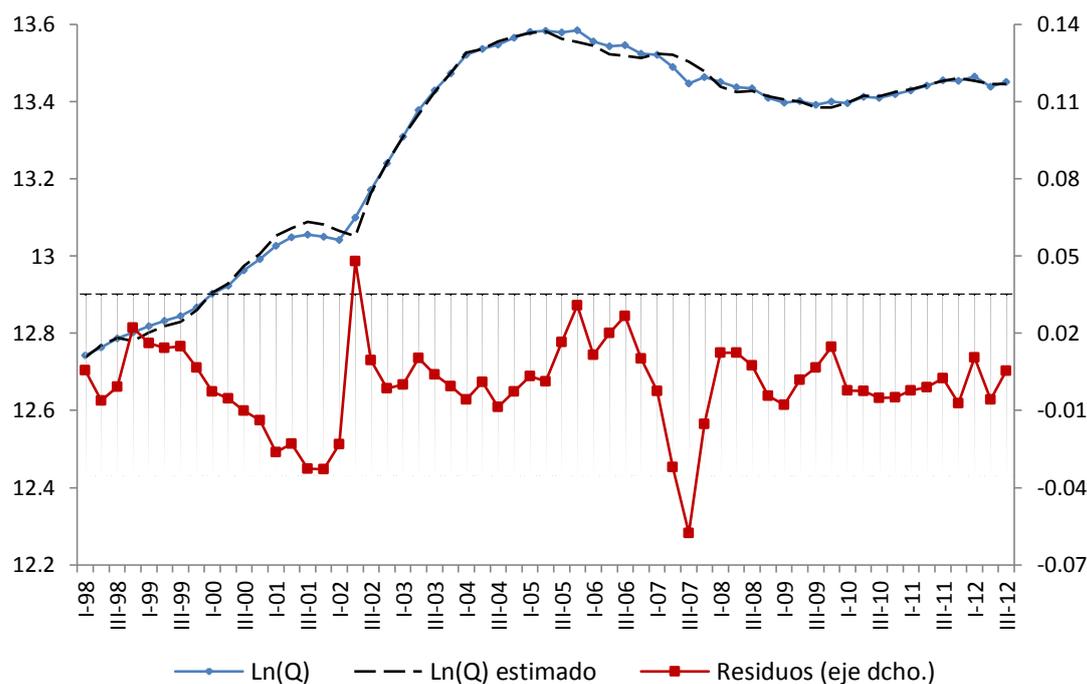
VARIABLE	COEFICIENTE	T-ESTADÍSTICO	P-VALOR
CONSTANTE	-2,433	-2,778	0,008
Ln(P <sup>g</sup> )	-0,182	-5,251	0,000
Ln(P <sup>n</sup> )	0,11	2,313	0,025
Ln(Y)	0,189	4,073	0,000
Ln(Veh)	0,948	28,778	0,000
TENDENCIA	-0,011	-12,582	0,000
Período	1998 T1 – 2012 T3	Durbin-Watson	0,937
R <sup>2</sup>	0,996	(D – W D <sub>inf</sub> )	1,374
R <sup>2</sup> Ajustado	0,996	(D – W D <sub>sup</sub> )	1,768
F-estadístico	2.672	Jarque-Bera	13,312
(P-valor)	0,000	(P-valor)	0,000

Como puede verse en la Tabla 8, los signos de los coeficientes concuerdan con lo esperado conforme la teoría económica: el coeficiente correspondiente al precio del GNC es negativo al igual que el coeficiente del término de tendencia (incorporado para capturar el efecto de la mayor eficiencia en los vehículos más modernos), mientras que los correspondientes al precio de la nafta (bien sustituto), al ingreso y al parque automotor con GNC son positivos. En el capítulo siguiente se profundiza el análisis de resultados y se comparan los mismos con los encontrados por otros investigadores.

Los valores originales y estimados de la variable dependiente, así como los residuos de la regresión realizada pueden verse en el Gráfico 11. Esta representación gráfica permite apreciar que los residuos correspondientes al segundo trimestre de 2002 y al segundo y tercer

trimestre de 2007, superan ampliamente el límite de las dos desviaciones típicas. Durante el primero de esos períodos, el error del ajuste puede explicarse por la magnitud de la crisis de 2001-2002. Por su parte, la desviación vista para las observaciones del año 2007 posiblemente obedezca a los mencionados cortes de gas, sufridos por las estaciones de carga de GNC durante el invierno de ese año.

Gráfico 11: Regresión de largo plazo, valores originales, estimados y residuos.



Para corregir los errores de ajuste señalados, se decidió incluir tres variables dicotómicas: dos para controlar los errores durante la crisis (identificadas con los nombres D01 y D02) y una para corregir la desviación de 2007 (D07).<sup>4</sup> De modo que, incorporando estas variables a la ecuación 7, la especificación final de la regresión de largo plazo adoptó la forma:

$$\ln(Q_t) = \beta_0 + \beta_1 \ln(P_t^g) + \beta_2 \ln(P_t^n) + \beta_3 Y_t + \beta_4 Veh_t + \beta_5 t + \beta_6 D01 + \beta_7 D02 + \beta_8 D07 + \varepsilon_t \quad (7)$$

Los estimadores resultantes de esta nueva regresión se muestran en la Tabla 9.

<sup>4</sup> La variable D01 toma valor 1 entre el cuarto cuatrimestre del año 2000 y el primero del año 2002 ambos inclusive, la variable D02 toma valor 1 para el segundo cuatrimestre del año 2002 y la variable D07 toma valor 1 para el segundo y el tercer cuatrimestre de 2007. En todos los casos, los períodos no mencionados toman valor 0.

**Tabla 9:** Resultados de la regresión de largo plazo.

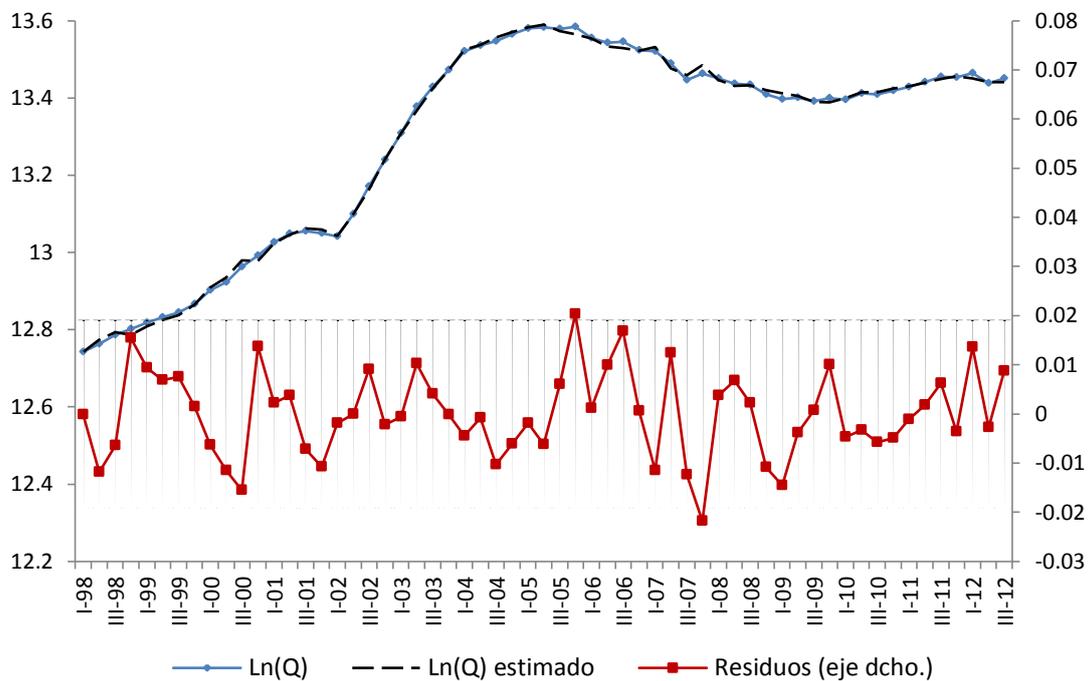
VARIABLE	COEFICIENTE	T-ESTADÍSTICO	P-VALOR
CONSTANTE	-1,907	-3,274	0,002
Ln(P <sup>g</sup> )	-0,152	-7,428	0,000
Ln(P <sup>n</sup> )	0,089	3,197	0,002
Ln(Y)	0,163	5,531	0,000
Ln(Veh)	0,938	45,340	0,000
TENDENCIA	-0,011	-18,695	0,000
D01	-0,033	-6,643	0,000
D02	0,042	3,833	0,000
D07	-0,053	-7,068	0,000
Período	1998 T1 – 2012 T3	Durbin-Watson	1,619
R <sup>2</sup> Ajustado	0,999	(D – W D <sub>inf</sub> )	(1,253)
F-estadístico	5.734	(D – W D <sub>sup</sub> )	(1,909)
(P-valor)	0,000	Breusch-Godfrey	3,275
Jarque-Bera	0,251	(P-valor)	(0,194)
(P-valor)	(0,882)		

Una vez más los coeficientes estimados tienen el signo esperado. También resulta positivo que, a pesar de la inclusión de nuevas variables, no se observa una diferencia significativa en el valor de los coeficientes con respecto a la regresión sin variables dicotómicas. Esto último es un resultado deseable ya que es un indicador de robustez de los estimadores.

Las pruebas estadísticas sobre el comportamiento de los residuos también resultaron satisfactorias: El test de Jarque – Bera indicó que no puede rechazarse la hipótesis nula de normalidad en los residuos. Por su parte, el valor obtenido para el estadístico de Durbin – Watson se encuentra dentro de la zona de indecisión. Esto quiere decir que, al nivel de significancia dado (5%), no se puede determinar, en base a esta prueba, si corresponde rechazar o no la hipótesis nula de ausencia de correlación positiva. Por esta razón se procedió a aplicar el test de Breusch – Godfrey el cual, con un p-valor igual a 0,194, no rechazó la hipótesis nula de ausencia de autocorrelación en los residuos.

Por último en el Gráfico 12 puede verse que, con la inclusión de las variables dicotómicas, el comportamiento de los residuos resultó más homogéneo y acotado a las bandas de las dos desviaciones típicas que en la regresión anterior.

**Gráfico 12:** Regresión de largo plazo con variables dicotómicas, valores originales, estimados y residuos.



## 6.2. Término de corrección de errores

Una vez estimada la relación de cointegración, se procedió al cálculo del término de corrección de errores que, recordando la ecuación (4), tiene la siguiente forma:

$$\Delta \ln(Q_t) = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta \ln(P_t^g) + \alpha_2 \Delta \ln(P_t^n) + \alpha_3 \Delta \ln(Y_t) + \alpha_4 \Delta \ln(Veh_t) + \alpha_5 \hat{\varepsilon}_{t-1} + \theta_t \quad (4)$$

A la ecuación (4) deben agregarse, las variables dicotómicas introducidas en la regresión anterior, con lo que se obtiene:

$$\Delta \ln(Q_t) = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta \ln(P_t^g) + \alpha_2 \Delta \ln(P_t^n) + \alpha_3 \Delta \ln(Y_t) + \alpha_4 \Delta \ln(Veh_t) + \alpha_5 \hat{\varepsilon}_{t-1} + \Delta D01 + \Delta D02 + \Delta D07 + \theta_t \quad (8)$$

Los estimadores obtenidos para este término de corrección de errores se presentan en la Tabla 10.

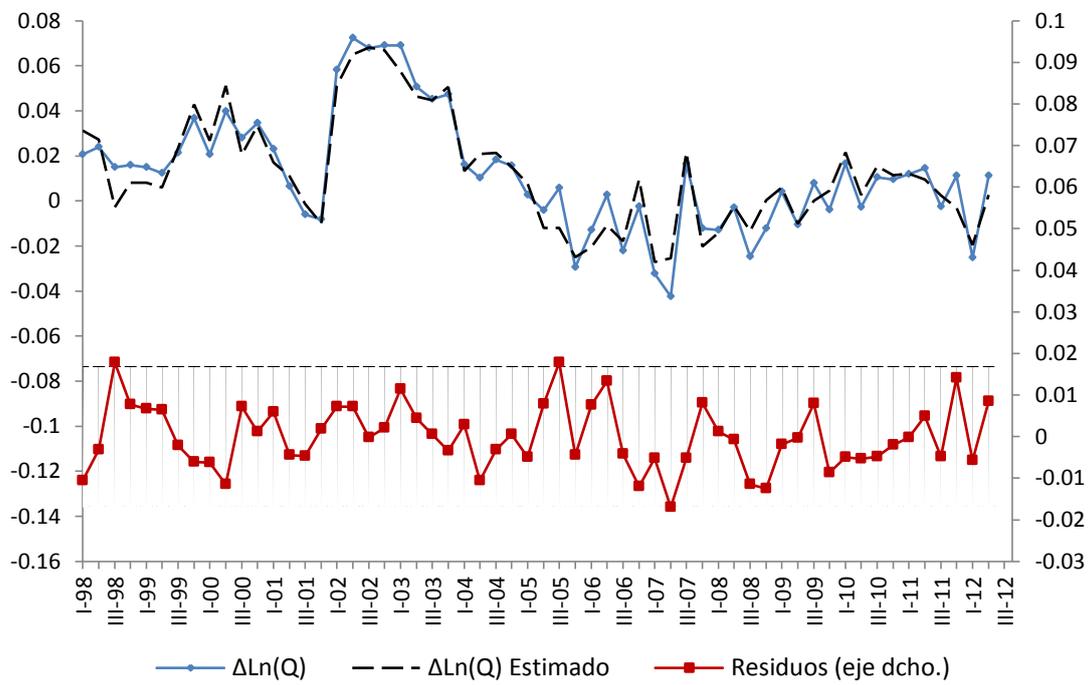
Tabla 10: Resultados de la regresión del término de corrección de errores.

VARIABLE	COEFICIENTE	T-ESTADÍSTICO	P-VALOR
CONSTANTE	-0,010	-5,362	0,000
$\Delta \ln(P^g)$	-0,164	-6,785	0,000
$\Delta \ln(P^n)$	0,109	4,486	0,000
$\Delta \ln(Y_{sa})$	0,212	4,009	0,000
$\Delta \ln(Veh)$	0,892	18,987	0,000
$\hat{\epsilon}_{t-1}$	-0,796	-6,721	0,000
$\Delta D01$	-0,022	-3,082	0,003
$\Delta D02$	0,040	8,093	0,000
$\Delta D07$	-0,035	-12,689	0,000
Período	1998 T1 - 2012 T3	Durbin-Watson	1,571
R <sup>2</sup> Ajustado	0,895	(D – W D <sub>inf</sub> )	(1,253)
F-estadístico	62,754	(D – W D <sub>sup</sub> )	(1,909)
(P-valor)	0,000	Breusch-Godfrey	10,685
Jarque-Bera	0,913	(P-valor)	(0,005)
(P-valor)	(0,634)		

Como muestra la Tabla 10, los coeficientes estimados para el término de corrección de errores resultaron, en todos los casos, significativos al 1% y sus signos son acordes a la teoría económica. Como se verá con mayor detalle en la discusión de resultados, los coeficientes estimados son en general mayores, en valor absoluto, a los estimados en la regresión de cointegración (Tablas 9 y 10) indicando una mayor sensibilidad de la demanda en el corto que en el largo plazo.

Los estadísticos relacionados al comportamiento de los residuos arrojaron los siguientes resultados: El test de Jarque – Bera, con un p-valor igual a 0,634, respaldó la hipótesis de residuos normalmente distribuidos. El valor obtenido en el test de Durbin – Watson se ubicó, al igual que en la regresión de cointegración, dentro de la zona de indecisión. Sin embargo, la prueba de autocorrelación de Breusch – Godfrey indicó que debe rechazarse la hipótesis de ausencia de correlación serial al 1% de significancia. Por este motivo, se decidió utilizar el método de Newey – West para corregir la matriz de covarianza de los parámetros y posibilitar el análisis e significancia en base a las pruebas t y F habituales (los datos de la Tabla 10 ya incluyen esta corrección). Completando el análisis de los residuos, se presentan, en el Gráfico 13, sus correspondientes valores junto con los de los datos originales y estimados.

**Gráfico 13:** Estimación del término de corrección de errores, valores originales, estimados y residuos.



## 7. Discusión de resultados

### 7.1. Interpretación

En este apartado se interpretan, desde una perspectiva económica, los resultados obtenidos durante la estimación del modelo; se busca dar explicaciones a los valores encontrados para cada estimador y se intenta caracterizar la demanda de GNC argentina en función de los mismos.

Cabe recordar que la especificación elegida para el análisis econométrico, permite describir la demanda de GNC argentina en términos de sus elasticidades precio, sustitución e ingreso y de su sensibilidad a los cambios en el número de vehículos convertidos. Por otro lado, el modelo representa también ciertos factores dinámicos del comportamiento de la demanda, al distinguir las elasticidades de corto plazo de las de largo plazo y describir, a través de las ecuaciones que lo componen, la forma en que se produce el ajuste ante una desviación respecto del equilibrio.

Para facilitar la lectura mientras se realiza el análisis de resultados, se reiteran aquí los valores estimados de cada coeficiente, indicando además la interpretación económica que corresponde a cada uno:

**Tabla 11:** Cuadro resumen, elasticidades estimadas de corto y largo plazo, tendencia y velocidad de ajuste.

ELASTICIDAD	ESTIMACIÓN DE LARGO PLAZO	ESTIMACIÓN DE CORTO PLAZO
Elasticidad precio ( $P^B$ )	-0,152	-0,164
Elasticidad sustitución ( $P^N$ )	0,089	0,109
Elasticidad ingreso ( $Y$ )	0,163	0,212
Elasticidad respecto del número de vehículos (Veh)	0,938	0,892
Coficiente de Tendencia:		-0,011
Velocidad de ajuste ( $\hat{\epsilon}_{t-1}$ ):		-0,796

Como muestra la Tabla 11 la elasticidad precio estimada para la demanda GNC resultó ser baja en términos absolutos y levemente más inelástica en el largo que en corto plazo. En función de esta baja sensibilidad a los cambios en el precio (y en conjunto con el resto de los resultados que se discuten más adelante) el GNC podría ser clasificado como un bien de primera necesidad (McConnell, Brue y Flynn, 2012). Por otro lado, existen diversas explicaciones sobre este comportamiento; autores como Akinboade et al. (2008) señalan que la ineficiencia y la

poca disponibilidad de transporte público obligan a los individuos a depender en mayor medida de sus propios vehículos para transportarse reduciendo la elasticidad precio de la demanda de combustibles. En el mismo sentido, la baja densidad y la alta dispersión de la población en Argentina, puede incrementar esta dependencia que, en última instancia, se traduce en una demanda de combustibles poco elástica. Alternativamente, la baja elasticidad encontrada también puede ser el reflejo de un perfil de consumidor de GNC de bajos ingresos; al respecto Hughes, et al. (2006) señalan que cuanto menor es el ingreso de los individuos, más costoso y complicado les resulta reducir la cantidad de desplazamientos realizados ante un cambio en el precio, porque casi la totalidad de los viajes que realizan estos individuos son imprescindibles (por ejemplo desplazamientos por o para trabajar), lo contrario ocurre con los consumidores de mayor poder adquisitivo, quienes asignan una proporción mucho mayor de sus gastos de transporte a *viajes suntuarios* (por ejemplo ir de vacaciones) los que, ante un cambio en los precios de los combustibles pueden ser reducidos con mayor facilidad.

En el caso de la elasticidad de sustitución (con relación a la nafta) los valores obtenidos también fueron cercanos a cero y similares entre las estimaciones de corto y de largo plazo (0,089 y 0,109 respectivamente). Debe aclararse primero que estos coeficientes indican la sensibilidad a los cambios en el precio de la nafta por parte de los consumidores cuyos vehículos ya están equipados para circular con GNC, y no los efectos del cambio de precios en el mercado de conversiones cuyo resultado es absorbido por los coeficientes correspondientes al stock de vehículos con GNC. Teniendo en cuenta esta aclaración, los resultados encontrados son coherentes con la hipótesis de que, una vez realizada la conversión a GNC, los consumidores utilizan casi exclusivamente este combustible y solo recurren a la nafta en ocasiones puntuales (por ejemplo al desplazarse a un lugar sin abastecimiento de GNC, ante la necesidad de mayor autonomía, etcétera). Por otro lado si, desde el punto de vista del consumidor, el principal atractivo del GNC es su bajo costo, es esperable que los individuos que optan por este combustible sean aquellos más sensibles al precio y, por lo tanto, difícilmente sustituyan su consumo de GNC por un combustible más caro como la nafta aun en aquellos períodos en que la brecha de precios es baja.

Por su parte, las estimaciones de la elasticidad ingreso resultaron inferiores a la unidad (0,16 y 0,21 para las elasticidades de largo y corto plazo respectivamente) y de signo positivo. Este resultado está en concordancia con lo observado en la elasticidad precio; de acuerdo al modelo, el gas natural comprimido se comporta como un bien de primera necesidad cuya demanda es inelástica. Por otro lado siendo el GNC un sustituto de calidad inferior a las naftas, al cambiar el ingreso, operan dos efectos con sentido contrario sobre su cantidad demandada:

- 1) Un efecto positivo ya que, un incremento en el ingreso, aumenta la cantidad y la distancia de los desplazamientos realizados lo que implica un mayor consumo de combustibles en general.
- 2) Un efecto negativo dado que el GNC ofrece prestaciones inferiores a la nafta, y por lo tanto, ante un mayor ingreso, se espera que los individuos disminuyan su consumo de GNC (de menor precio y calidad) y lo sustituyan aumentando su consumo de nafta (de mayor precio y mejor calidad).

El signo positivo en los coeficientes estimados indica que el primer efecto es de mayor magnitud que el segundo y que, de acuerdo a lo encontrado, el GNC no se comporta como bien inferior respecto del ingreso (en cuyo caso la elasticidad ingreso debería ser menor a cero). Por último, lo expuesto anteriormente también explica por qué el coeficiente de corto plazo resultó mayor que el de largo plazo: ante un cambio en el ingreso la cantidad de traslados (efecto positivo sobre la cantidad demandada del cambio en el ingreso) reacciona con mayor velocidad que el stock de vehículos con GNC (efecto negativo).

La sensibilidad de la demanda a los cambios en el stock de vehículos resultó más elevada: en este caso los valores estimados fueron de 0,938 para el coeficiente de largo plazo y de 0,892 para el de corto plazo. Estos valores cercanos a la unidad, encuentran la explicación natural que la cantidad demandada de GNC, aumenta en la misma proporción que el número de consumidores. Por otro lado el hecho que, durante el período observado el stock de vehículos haya crecido constantemente y que, también con el paso del tiempo, los cambios tecnológicos llevan a una mayor eficiencia en el consumo de combustible, posiblemente expliquen que los valores estimados para estos coeficientes sean inferiores a uno.

En cuanto a la estimación de la tendencia el valor encontrado resultó negativo. Como se indicó anteriormente, con la inclusión de este término se busca captar el efecto del cambio tecnológico y el consecuente aumento de eficiencia de los vehículos sobre la demanda de GNC. Aunque bajo en términos absolutos, un descenso del 1% por trimestre en la cantidad demandada es una magnitud considerable. En primer lugar se espera que la introducción de motores más eficientes en los vehículos reduzca la demanda de GNC al, requerir un menor consumo de combustible para recorrer igual distancia. Además de esto, es posible que la necesidad de una inversión con el fin de adaptar el vehículo a este combustible, acentúe el efecto negativo del cambio tecnológico sobre la demanda de GNC; al disminuir el consumo de combustible por kilómetro, también disminuye el ahorro generado en cada traslado como consecuencia del uso de GNC en vez de nafta. En la medida en que esto no sea acompañado

por una caída del costo de los equipos de gas, la rentabilidad de la conversión cae con lo que desaparece el incentivo a usar este combustible. Una vez más se trata de un indicio a favor de la hipótesis de que los usuarios de GNC, recurren a este combustible motivados principalmente por su bajo costo.

Por último, la estimación del coeficiente de ajuste (asociado a los residuos de la regresión de cointegración,  $\hat{\varepsilon}_{t-1}$ ) indica que, ante una desviación del equilibrio de largo plazo, el 80% de la brecha resultante se corrige en el transcurso del primer trimestre posterior a esta desviación. El rápido ajuste del mercado se explica posiblemente por la mencionada flexibilidad de la tecnología del GNC: su utilización no requiere un cambio de vehículo sino una serie de adaptaciones relativamente sencillas y reversibles y los vehículos convertidos a GNC pueden seguir utilizando naftas de modo que son consumidores potenciales de ambos combustibles.

## 7.2. Comparación con la demanda de naftas

En esta sección se comparan los resultados obtenidos con lo encontrado por otros autores en el estudio del consumo de naftas. Con esta comparación se buscó determinar en qué forma, las similitudes y diferencias tecnológicas entre estos combustibles son valoradas por los consumidores y cómo esto se ve reflejado en el comportamiento de la demanda de GNC.

En primer lugar las elasticidades estimadas en el presente estudio se compararon con lo aportado por Espey (1998), en cuyo trabajo, se analizan los resultados de 101 investigaciones sobre la demanda de naftas en el mundo. El resumen del análisis realizado en dicha investigación se presenta en la Tabla 12.

Tabla 12: Cuadro resumen, elasticidades estimadas por Espey (1998)

	ELASTICIDAD PRECIO		ELASTICIDAD INGRESO	
	CP	LP	CP	LP
Media	-0,26	-0,58	0,47	0,88
Mediana	-0,23	-0,43	0,39	0,81
Rango	0 a -2,91	0 a -2,72	0 a 2,91	0,05 a 2,73
N° de estimaciones	363	277	345	245

En comparación con lo encontrado por Espey (1998) para la demanda de naftas, se observa lo siguiente:

- La elasticidad precio del GNC aquí estimada es sensiblemente inferior a la encontrada en los estudios referidos a las naftas, además esta diferencia es mayor en el largo plazo que en el corto.
- La diferencia en las elasticidades ingreso es aún más marcada, observándose también una mayor brecha entre las elasticidades de largo plazo que en las de corto.
- También se observan algunas particularidades de carácter cualitativo en el presente estudio ya que: 1) Las elasticidades precio de corto y largo plazo aquí estimadas para la demanda de GNC no muestran diferencias significativas, mientras que de la revisión realizada por Espey (1998), surge que la demanda de naftas es sensiblemente más elástica en el largo plazo que en el corto. 2) Para la elasticidad ingreso también se observan diferencias; la regresión aquí realizada, indica una mayor sensibilidad de la demanda de GNC al ingreso en el corto que en el largo plazo y esto es exactamente lo opuesto a lo visto en el trabajo de Espey (1998).

En segundo lugar, dado que el método de estimación puede afectar el valor de las elasticidades obtenidas (Espey, 1998), se realizó una comparación con aquellos trabajos que utilizan técnicas de cointegración en el análisis. Los resultados de estas investigaciones se resumen en la Tabla 13:

Tabla 13: Comparación de resultados con otros estudios.

INVESTIGACIÓN	PAÍS	PERÍODO	ELASTICIDAD <sup>(1)</sup>				MÉTODO <sup>(2)</sup>
			PRECIO	INGRESO	VEH	SUSTITUCIÓN	
Argüello (2013)	Argentina	1998-2012	-0,179 (-0,161)	0,212 (0,163)	0,901 (0,944)	0,094 (0,079)	E-G
Bentzen (1994)	Dinamarca	1948-1991	-0,32 -0,41	- -	0,890 1,040	- -	E-G
Eltony and Al-Mutairi (1995)	Kuwait	1970-1989	-0,37 (-0,46)	0,470 (0,92)	- -	- -	E-G
Ramanathan (1999)	India	1972-1994	-0,21 (-0,32)	1,180 (2,68)	- -	- -	E-G
Alves y Bueno (2003)	Brasil	1984-1999	-0,092 (-0,465)	0,122 (0,122)	- -	0,230 (0,480)	E-G
Akinboade, Ziramba y Kumo (2008)	Sudáfrica	1978-2005	- (0,47)	- (0,36)	- -	- -	ARDL

<sup>(1)</sup>: Los paréntesis indican los valores de largo plazo mientras que la ausencia de estos indica los de corto plazo.

<sup>(2)</sup>: E-G = Engle y Granger (1987), ARDL = Modelo autorregresivo de rezagos distribuidos (Autoregressive Distributed Lag).

En la Tabla 13 puede apreciarse que, prácticamente en todos los casos, las elasticidades estimadas para la demanda de naftas por este grupo de investigaciones son menores en valor absoluto que los promedios encontrados por Espey (1998) (Tabla 12).

En lo que respecta a la comparación con los resultados del modelo presentado en este trabajo, puede decirse lo siguiente:

- Las elasticidades precio e ingreso aquí estimadas para la demanda de GNC, siguen siendo en términos generales más cercanas a cero que las obtenidas en los estudios de la demanda de naftas. La excepción a esto se encuentra en el trabajo de Alves y Bueno (2003), donde tanto las elasticidades ingreso, de corto y largo plazo, como las elasticidades precio y precio cruzada de corto plazo, resultan ser inferiores a las encontradas en la presente investigación.
- Vale destacar además que el estudio de Alves y Bueno (2003) es el único, entre los seleccionados para la comparación, que indaga la relación de sustitución entre dos combustibles tal y como se hace en el análisis realizado en este trabajo. Esta particularidad en la especificación de los dos modelos puede ser una explicación al hecho de que en ambos casos se obtengan demandas más inelásticas que el promedio.
- Finalmente hay que mencionar que, la sensibilidad a los cambios en el stock de vehículos, es muy cercana tanto en el corto como en el largo plazo a la estimada por Bentzen (1994). Además, al igual que en el aporte de dicho autor, la respuesta de la demanda de GNC a la cantidad de vehículos convertidos es más acentuada en el largo plazo que en el corto plazo.

## 8. Conclusiones

El presente trabajo estudió el comportamiento de la demanda de GNC en Argentina. El primer paso en este análisis, consistió en la recopilación de datos cualitativos sobre el GNC y sus características tecnológicas y en la descripción del mercado del GNC; en segundo lugar y una vez relevada esta información, se estuvo en condiciones de abordar el objeto principal de este estudio, la modelización y estimación de la demanda de GNC argentina, dicha estimación se realizó siguiendo la metodología de cointegración propuesta por Engle y Granger (1987).

De acuerdo al análisis econométrico llevado a cabo, el comportamiento de la demanda de GNC sería, en líneas generales, congruente con las hipótesis surgidas del análisis descriptivo del mercado y del estudio de las propiedades tecnológicas del GNC como combustible alternativo. Más precisamente, la evidencia encontrada indica que el combustible analizado es un bien de primera necesidad cuya demanda es poco sensible, tanto a los cambios en el ingreso de los individuos, como a las variaciones de su propio precio o a las de su sustituto más cercano (la nafta).

Estos resultados contrastan con lo encontrado por otros investigadores en el estudio de la demanda de naftas ya que, de acuerdo a la estimación realizada, la demanda de GNC sería sensiblemente más inelástica (sobre todo con respecto al ingreso) que la de este combustible. Como explicación a esto se plantea que, las características que diferencian al GNC de su sustituto más cercano (menor precio pero inferiores prestaciones), posiblemente atraigan a los grupos de consumidores que la literatura señala tienen una menor capacidad de adaptar sus hábitos de transporte (los individuos de menores ingresos o los que realizan un uso intensivo de los vehículos).

Por otro lado, desde la perspectiva del tomador de decisiones de política económica, la investigación realizada aporta los siguientes datos relevantes: en primer término, debe tenerse en cuenta la baja elasticidad encontrada para la demanda de GNC, ya que implica una menor efectividad de las regulaciones destinadas a modificar la cantidad consumida de este combustible. En segundo lugar se destaca que, aun cuando se trata de sustitutos cercanos, el amplio conocimiento que se tiene de la demanda de naftas no es suficiente para describir y predecir el comportamiento de la demanda de GNC, mereciendo ésta un estudio propio si se desea lograr una implementación de las medidas económicas en el sector.

Finalmente el análisis de resultados también indica que, para una correcta comprensión de la relación de sustitución entre el GNC y las naftas, como también del vínculo entre la demanda

de GNC y el nivel de ingreso; sería necesario investigar el comportamiento del mercado de equipos de gas para vehículos. Se propone entonces este tema como objeto de estudio para futuras investigaciones.

## 9. Bibliografía

- Akinboade, O. A., Ziramba, E., & Kumo, W. L. (2008). The demand for gasoline in South Africa: An empirical analysis using co-integration techniques. *Energy Economics*(30), 3222-3229.
- Alves, D. C., & Bueno, R. D. (2003, Marzo). Short-run, long-run and cross elasticities of gasoline demand in Brazil. *Energy Economics*, Vol. 25, 191-199.
- Amarawickrama, H. A., & Hunt, L. C. (Oct. de 2007). Electricity Demand for Sri Lanka: A Time Series Analysis. *Surrey Energy Economics Discussion paper Series(118)*. Reino Unido: Department of Economics University of Surrey.
- Asociación de Fábricas de Automotores. (2012). *Anuario 2011*.
- Banco Central de la República Argentina. (2013). *Mercado de cambios, Cotizaciones de cierre vendedor - Dolar Estadounidense*.
- Bhattacharyya, S. C. (2011). *Energy Economics - Concepts, Issues, Markets and Governance*. New York: Springer.
- Brons, M., Nijkamp, P., Pels, E., & Rietveld, P. (2008). A meta-analysis of the price elasticity of gasoline demand. A SUR approach. *Energy Economics*, Vol. 30, 2105–2122.
- Caruso, N. (Mar. de 2003). *Estudio 1.EG.33.6, Estudios sectoriales: Componente gas natural y derivados*. Buenos Aires: CEPAL.
- Centro de Estudios para Producción. (2009). El sector de GNC en Argentina. *Panorama del sector industrial: Presentaciones sectoriales*. Buenos Aires, Argentina.
- Coria, M. M. (2005). Determinantes del consumo de combustibles líquidos en Argentina. *Programa de estímulo a la investigación y aportes pedagógicos, trabajo de investigación*. Buenos Aires, Argentina: Universidad Católica Argentina, Facultad de Ciencias Sociales y Económicas.
- De Vita, G., Endresen, K., & Hunt, L. C. (2006). An empirical analysis of energy demand in Namibia. *Energy Policy*, 3447-3463.
- Diario Día a Día. (26 de Octubre de 2012). ¿Vuelve la "guerra del GNC"? *Editorial*.
- Dirección Provincial de Estadísticas y Censos, Provincia de San Luis. (2013). *Índice de precios al consumidor (IPC)*.
- Eltony, M., & Al-Mutairi, N. (Julio de 1995). Demand for gasoline in Kuwait: An empirical analysis using cointegration techniques. *Energy Economics*, 17, 249-253.
- Empresa de Pesquisa Energética - Ministério de Minas e Energia. (2012). *Balanzo energético nacional 2011 - Relatório Final*.

- Engle, R. F., & Granger, C. W. (Mar. de 1987). Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica*, 55(2), 251-276.
- Ente Nacional Regulador del Gas. (2013). *Datos operativos*.
- Espey, M. (1998). Gasoline demand revisited: an international meta-analysis of elasticities. *Energy Economics*, Vol. 20, 273-295.
- Hughes, J. E., Knittel, C. R., & Sperling, D. (2006, Sep.). Evidence of a shift in the short-run price elasticity of gasoline demand. *Nber working paper series*. Cambridge, Massachusetts, USA: National Bureau of Economic Research.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2013). *Índice de precios al consumidor (IPC) GBA desde 1943 en adelante (empalme de las series 1943, 1960, 1974 y 1988 con la serie base 1999=100)*.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2013). *Oferta y demanda globales, en millones de pesos a precios de 1993*.
- International Energy Agency. (2012). *Key world energy statistics*. París: International Energy Agency.
- International Panel on Climate Change. (2007). *Climate Change 2007 - Mitigation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jan, B. (1994). An empirical analysis of gasoline demand in Denmark using cointegration techniques. *Energy Economics*, 139-143.
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 231-254.
- Johansson, O., & Schipper, L. (1997, Sep.). Measuring the Long-Run Fuel Demand of Cars: Separate Estimations of Vehicle Stock, Mean Fuel Intensity, and Mean Annual Driving Distance. *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 31, No. 3, 277-292.
- MacKinnon, J. G. (1991). 'Critical values for cointegration tests', in *Long-run economic relationships: Readings cointegration*. (R. F. Granger, Ed.) Oxford University Press on Demand.
- McConnell, C. R., Brue, S. L., & Flynn, S. M. (2013). *Microeconomics - Principles, problems and policies*. McGraw-Hill.
- NGV Global. (2013). *Current Natural Gas Vehicle Statistics - Year 2011*.
- Polemis, M. L. (2006). Empirical assessment of the determinants of road energy demand in Greece. *Energy Economics*, 385-403.
- Ramanathan, R. (1999). Short- and long-run elasticities of gasoline demand in India: An empirical analysis using cointegration techniques. *Energy Economics*, 321-330.

- Rao, B. B., & Rao, G. (2009). Cointegration and the demand for gasoline. *Energy Policy*, 3978 – 3983.
- Samimi, R. (1995). Road transport energy demand in Australia: A cointegration approach. *Energy Economics*, 17(4), 329-339.
- Secretaría de Energía de la Nación. (2003). Conceptos sobre hidrocarburos.
- Secretaría de Energía de la Nación. (2012). *Balance energético nacional 2010*.
- Secretaría de Energía de la Nación. (2013). *Refinación y comercialización de petróleo, gas y derivados*.
- Secretaría de Energía de la Nación, Subcomisión de precios y tarifas de combustibles. (2013). *Precios del mercosur*.
- Sorense, B. E. (1997). Cointegration notes. *Economics*, 266.
- Spaight, J. G. (2007). *Natural gas a basic handbook*. Houston, Texas: Gulf Publishing Company.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2011). *World Population Prospects: The 2010 Revision, CD-ROM Edition*.
- Verbeek, M. (2004). *A Guide to modern econometrics* (Segunda ed.). West Sussex, Inglaterra: John Wiley & Sons Ltd.

## Anexo

A continuación se presenta el índice de precios utilizado para deflactar los valores de las series correspondientes al precio del GNC y de la nafta ( $P^g$  y  $P^n$  respectivamente). Dicho índice consiste en un empalme de la *Serie histórica del Índice de Precios al Consumidor (IPC) en el Gran Buenos Aires base 1999=100* informada por el INDEC (2013a) y la serie del índice de precios al consumidor (IPC) San Luis, informada por la Dirección Provincial de Estadísticas y Censos de San Luis (2013). La serie elaborada con estos datos considera los valores de la primera fuente (INDEC, 2013a) hasta diciembre de 2006 inclusive período a partir del cual se consideraron los valores de inflación reportados por la Dirección de Estadísticas de San Luis (2013).

Tabla 1.A: Índice de precios al consumidor (IPC) utilizado en las series  $P^g$  y  $P^n$ . (Base 1999=100).

PERÍODO	IPC	PERÍODO	IPC	PERÍODO	IPC
I-98	101.9	I-03	140.2	I-08	229.3
II-98	101.9	II-03	140.7	II-08	246.6
III-98	102.3	III-03	141.1	III-08	256.6
IV-98	101.8	IV-03	142.3	IV-08	262.2
I-99	101.8	I-04	143.6	I-09	268.6
II-99	100.8	II-04	146.4	II-09	279.8
III-99	100.5	III-04	148.7	III-09	289.4
IV-99	100.0	IV-04	150.5	IV-09	304.6
I-00	100.5	I-05	155.3	I-10	331.3
II-00	99.7	II-05	159.3	II-10	351.4
III-00	99.7	III-05	163.3	III-10	365.4
IV-00	99.4	IV-05	168.0	IV-10	389.7
I-01	99.1	I-06	173.3	I-11	407.4
II-01	99.6	II-06	177.4	II-11	433.8
III-01	98.6	III-06	180.6	III-11	458.2
IV-01	97.8	IV-06	185.0	IV-11	480.2
I-02	103.3	I-07	189.7	I-12	504.9
II-02	122.8	II-07	194.5	II-12	538.2
III-02	134.1	III-07	209.1	III-12	565.2
IV-02	137.2	IV-07	217.4		

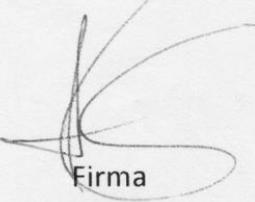
## DECLARACION JURADA – Res. 212/99-CD

“El autor de este trabajo declara que fue elaborado sin utilizar ningún otro material que no haya dado a conocer en las referencias, que nunca fue presentado para su evaluación en carreras universitarias y que no transgredí o afecta derecho de terceros”.

Mendoza, 19 de 09 del 2013

Andrés Joaquín Argiello  
Apellido y Nombre

25148  
Nº de Registro

  
Firma