

NOTAS DE INVESTIGACIÓN

Esta sección tiene por objetivo divulgar artículos breves escritos por economistas del Banco Central de Chile sobre temas relevantes para la conducción de las políticas económicas en general y monetarias en particular. Las notas de investigación, de manera frecuente, aunque no exclusiva, responden a solicitudes de las autoridades del Banco.

MODELACIÓN DE PRECIOS INTERNACIONALES DE COMBUSTIBLES RELEVANTES PARA LA ECONOMÍA CHILENA*

*Carlos J. García J.***
*Patricio Jaramillo G.****

I. INTRODUCCIÓN

En septiembre del 2005, se creó el Fondo de Estabilización del Precio de los Combustibles (FEPCO), con el objetivo fundamental de enfrentar las alzas del precio del petróleo y de las gasolinas y aminorar su impacto en la economía chilena. Para el funcionamiento del FEPCO, la Comisión Nacional de Energía (CNE) debe determinar el precio de paridad de la gasolina y otros combustibles, transformándose en elementos importantes en la fijación de los precios internos.

La presente nota de investigación caracteriza los mercados internacionales de gasolinas que son relevantes para el funcionamiento del Fondo y desarrolla modelos de proyecciones para los precios de paridad que la Comisión determina. La relevancia de esto radica en la incidencia que tienen estos precios en la inflación de la economía, por lo que avanzar en el entendimiento de su dinámica y determinación contribuye a reducir las fuentes de incertidumbre asociadas a su análisis. En esta misma línea, Pincheira y García (2007), profundizan el análisis del efecto de los cambios del precio del petróleo sobre diversas medidas inflacionarias, incluyendo las subyacentes.

Este trabajo se divide de la siguiente manera: la sección II introduce el concepto de precio paridad de importación, mientras en la sección III se describen los mercados internacionales que son relevantes para

su determinación —en el caso de la gasolina¹— y se desarrolla un modelo general para representar cada uno de los mercados. La sección IV presenta los modelos propuestos para pronosticar el precio de paridad de la gasolina y otros derivados del petróleo (querosén y diésel), y en la sección V se concluye.

II. PRECIO PARIDAD DE IMPORTACIÓN

En términos generales, el precio paridad se define como el costo alternativo de importar (combustible) por parte de los agentes locales. Por ello, dicho precio se convierte en una aproximación más bien teórica que permite que los precios internos de los combustibles se determinen fundamentalmente por las condiciones vigentes en los mercados internacionales.

En una primera parte, se considera el valor al cual los agentes transan en bolsa (precio marcador), considerando la ganancia del intermediario que realiza la transacción, más los ajustes de calidad necesarios según los requerimientos medioambientales vigentes

* Se agradecen los comentarios de los asistentes al seminario interno del Banco Central de Chile y a William Baeza quien amablemente despejó muchas de las dudas sobre cómo modelar el mercado de las gasolinas. Las conclusiones y errores que persisten son de exclusiva responsabilidad de los autores y no reflejan la visión del Banco Central de Chile. Al escribir este artículo, ambos autores pertenecían a la División de Estudios del Banco Central de Chile.

** *Ilades-Universidad Alberto Hurtado. E-mail: cgarcia@uahurtado.cl.*

*** *Gerencia Investigación Económica Banco Central de Chile. E-mail: pjaramillo@bcentral.cl*

¹ Si bien en las primeras secciones nos enfocamos en la gasolina, los conceptos e implicancias también son válidas para los otros combustibles.

en cada país. En el caso de Chile, dado que las gasolinas que se comercializan en el mercado interno no son observables directamente, los productos disponibles se ajustan por cantidad de azufre.² De esta manera queda determinado el precio FOB (*free on board*), que luego considera una serie de gastos y costos relacionados con la internación del producto a los mercados nacionales.

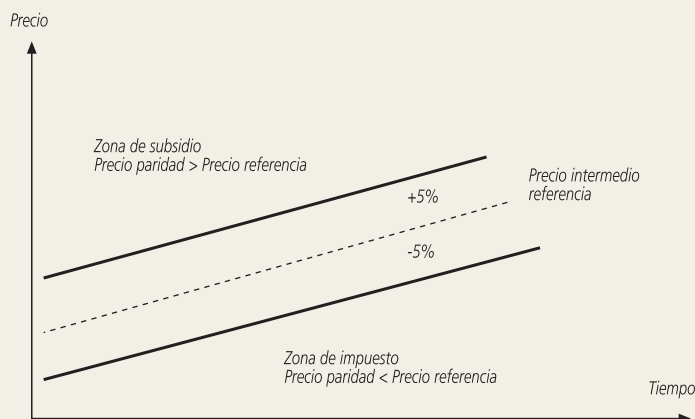
El precio de paridad ha sido calculado por la CNE desde la creación del Fondo de Estabilización del Precio del Petróleo —el 15 de enero de 1991—, como consecuencia de la considerable volatilidad del precio del petróleo y sus derivados generada por la guerra del Golfo Pérsico. Dicho Fondo consideró, además de la gasolina, el querosén doméstico, el petróleo diésel, el gas licuado y el *Fuel Oil*.³ El cálculo de los precios de paridad se ha continuado realizando tras la creación del Fondo de Estabilización del Precio de los Combustibles (FEPCO)⁴ que se constituyó tras la temporada de huracanes que azotara el Golfo de México en agosto y septiembre del 2005, luego del fuerte impacto que estos generaron en los precios internacionales.

En particular para el caso de la CNE, el precio de paridad se define como: “la menor cotización promedio semanal observada en los mercados internacionales relevantes (América, Europa y/o Asia) y de calidades similares a las vigentes en Chile, incluyendo CIF y otros costos”⁵...

Luego, el precio paridad que semanalmente publica la CNE es usado para establecer el monto de impuestos/subsidios que se derivan del Fondo y, por ende, es relevante tanto para la ENAP como para las compañías mayoristas (Shell, YPF-Repsol, Copec y Esso). El gráfico 1 describe la operatoria del Fondo de estabilización. Si el precio de paridad está por sobre la banda del precio intermedio de referencia (+/- 5%) se otorga un subsidio, y si ocurre lo inverso se cobra un impuesto. A su vez, el precio intermedio de referencia representa el precio esperado por los agentes a mediano y largo plazo, considerando el precio del petróleo WTI (promedio móvil) y márgenes de refinación de tiempos normales.

GRÁFICO 1

Mecanismo del Fondo de Estabilización de Precios de Combustibles



Fuente: Elaboración propia sobre la base de la Comisión Nacional de Energía.

III. MERCADO INTERNACIONAL DE LA GASOLINA Y MODELACIÓN

El mercado de las gasolinas se encuentra entre los más relevantes a nivel mundial, no solo por su liquidez sino por el impacto que generan los movimientos de sus precios en la economía mundial. Uno de los mercados más relevantes es la bolsa de Nueva York (NYMEX), puesto que concentra cerca del 50% de las transacciones realizadas en Estados Unidos, país que consume la mitad del petróleo demandado por los países industrializados (G-7). En NYMEX se transan varios tipos de gasolina, tales como la gasolina de 93 y 97 octanos proveniente de la Costa del Golfo de México, y la de 93 octanos refinada en Nueva York. Además, existen otros mercados tanto en Europa como

² Los estándares nacionales permiten 50 ppm de azufre (unidad de concentración que corresponde al fraccionamiento de una unidad en un millón).

³ En marzo del 2000, el Fondo sufrió una serie de modificaciones, que buscaron crear un mecanismo con atribuciones dinámicas que permitieran representar mejor la situación del mercado internacional. Asimismo, se autorizó un incremento de recursos destinados al Fondo.

⁴ Con esto el antiguo mecanismo de estabilización quedó remitido solo al *Fuel Oil* y al gas licuado, mientras el FEPCO se concentró en la gasolina, el petróleo diésel y el querosén doméstico.

⁵ Semanalmente se publican los precios de paridad para cada uno de los mercados y que consideran precios FOB, flete marítimo, tasa de seguro, de arancel, dólar observado, tasa libo y tarifas de almacenamiento. Ver www.cne.cl

en Asia, los cuales también han sido considerados por la CNE, ya que cuentan con excedentes de exportación (Róterdam y Singapur, entre otros).⁶

El precio de la gasolina en los mercados internacionales es determinado fundamentalmente por el precio del petróleo y los márgenes de refinación. Estos últimos contabilizan la evolución del mercado tanto por el lado de la oferta como por el lado de la demanda, pero reflejando, principalmente en el corto plazo, las limitaciones en la capacidad de refinación de la industria, dada la relativa estabilidad de la demanda.

Una forma de contabilizar los márgenes de refinación es a través del *crack spread* 3-2-1(CS^{321}), concepto que ha sido históricamente usado en la industria de los combustibles. La teoría detrás de este concepto es relativamente simple y considera el hecho de que, en términos generales, se usan 3 barriles de petróleo para producir 2 barriles de gasolina y 1 de otros destilados (por ejemplo *Heating Oil*, usado para calefacción). Por lo tanto, los márgenes de producción de las refinerías son aproximados por la siguiente fórmula:

$$CS^{321} = \frac{1}{3}(2 \cdot P^{gasolina} + 1 \cdot P^{HeatingOil} - 3 \cdot P^{Petróleo}) \quad (1)$$

En el cuadro 1 se muestran algunas estadísticas descriptivas de las gasolinas utilizadas por la CNE para la determinación del precio de paridad. El primer hecho estilizado es la importante variabilidad de todas las series, como muestra el cuadro, donde las desviaciones estándar superan el 50% del precio promedio. Destaca también la fuerte variación semanal de los precios de las gasolinas, las que fluctúan en torno al 5.0% en toda la muestra. En particular, se observa que la situación se ha acentuado en el último año en las gasolinas provenientes de la Costa del Golfo (93 y 97 octanos). Esta situación ha sido ocasionada por los problemas de refinación asociados a los huracanes del 2005, dado que el petróleo ha mantenido su variabilidad semanal histórica.

⁶ En junio del 2006 se aprobó la continuidad del funcionamiento del FEPCO hasta junio del presente año. En dicha oportunidad se introdujeron algunos cambios a la operatoria del fondo en lo relativo a márgenes de refinación, precio de paridad, mercados de referencia y día de entrada en vigencia de los precios determinados. En conjunto, estas medidas tienden a aproximar de mejor forma los precios internacionales.

CUADRO 1

Estadísticas Descriptivas Precio Internacional de Gasolinas^a

	Período 1991-2006 (frecuencia semanal)		Período 2005-2006 (frecuencia semanal)		Correlación
	Media	Var. Semanal (%)	Media	Var. Semanal (%)	
Gasolina según octanaje					
Costa del Golfo 93	196.8	5.5	439.5	9.80	0.817
Costa del Golfo 97	209.3	5.6	465.5	10.20	0.801
Costa del Golfo 95 ^b	203.0	5.5	452.5	10.00	0.810
Nueva York 93	200.0	5.0	432.1	7.60	0.885
CNE	233.4	4.7	467.2	7.30	0.834
Petróleo WTI	26.6	4.0	59.1	3.60	1.000

Fuente: Elaboración propia en a *Bloomberg* y Comisión Nacional de Energía.

a. Gasolinas expresadas en dólares por metro cúbico y petróleo en dólares por barril.

Por otra parte, se constata la estrecha relación contemporánea entre los distintos tipos de gasolinas y el precio del petróleo WTI, con una correlación promedio muy cercana a 1. También cabe destacar que el precio de paridad de la CNE —que está en términos CIF, a diferencia de las otras series expresadas en términos FOB— tiene una variabilidad semanal similar a la de la refinada en Nueva York, pero más baja que la de Costa del Golfo, capturando parte de la estabilización que la CNE hace al precio internacional relevante para la economía chilena. Esto se confirma en el gráfico 2, donde se observa que durante el huracán Rita, en septiembre del 2005, momento en que entraba a funcionar de lleno el FEPCO, el precio de la CNE no aumentó como sí lo hicieron los otros precios internacionales.

Asimismo, durante el primer semestre del año 2006 se observaron altos precios de gasolina, tanto por el mayor precio del petróleo como por los mayores márgenes de refinación en la industria, luego de la intensa temporada de huracanes entre agosto y septiembre del 2005⁷ (gráfico 3).

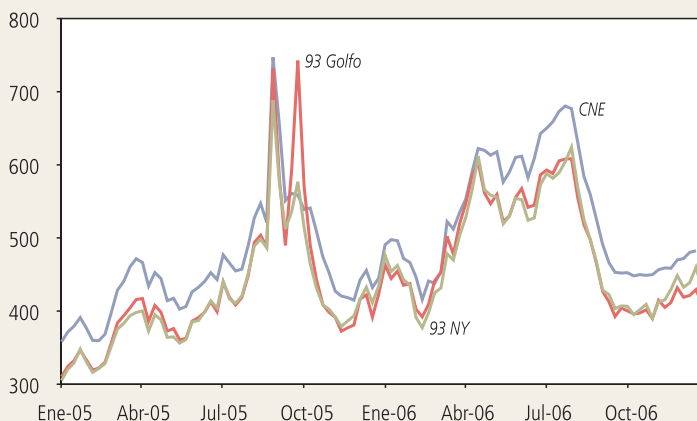
La metodología para modelar los precios de la gasolina se basa en la literatura reciente sobre transmisión de precios de gasolina derivados de los cambios en el precio del petróleo⁸ y en el espíritu de algunos modelos usados en la industria, como los que usa el Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE) (U.S.

Department of Energy, 2006)⁹ en sus ejercicios de proyección para explicar el precio de la gasolina en diferentes etapas del proceso de comercialización de este producto en el mercado americano.¹⁰

En esta línea, modelamos el cambio del precio de la gasolina ΔP_t en función de los cambios del precio del petróleo ΔOIL_{t-p} , los inventarios ΔINV_{t-p} , dummies estacionales y un término de corrección de errores CE_{t-1} para asegurar la relación de largo plazo entre los precios de la gasolina y del petróleo (margen de equilibrio). La ecuación (2) muestra un modelo de

GRÁFICO 2

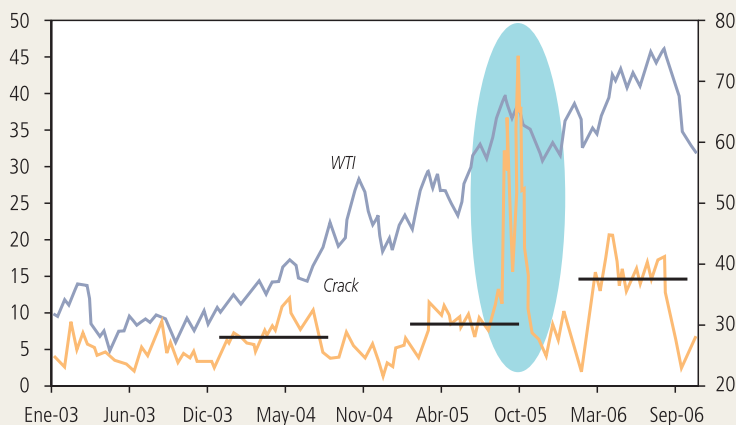
Evolución Precio Internacional de Gasolinas Seleccionadas (dólares por méetro cúbico)



Fuente: Elaboración propia en base a Bloomberg.

GRÁFICO 3

Evolución Precio del Petróleo y Margen de Refinación (dólares por barril)



Fuente: Elaboración propia sobre datos de Bloomberg.

corrección de errores no restringido (Hendry, 1995), expresado en términos generales, que captura la conducta de los precios de la gasolina en cada uno de

⁷ Dado esto, el periodo de mantención de las refinarias que suele realizarse entre febrero y abril de cada año, fue más prolongado que lo habitual.

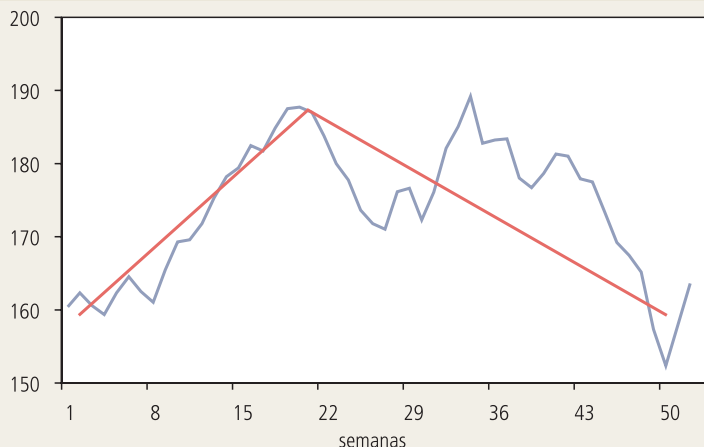
⁸ Borenstein, Camero y Gilbert (1997) y Borenstein y Shepard (2002).

⁹ Ver entre otros a Chan, Padmanabhan y Seethraman (2005), y Costello (2006).

¹⁰ Motor Assessment, Spring 1997.

GRÁFICO 4

Comportamiento Estacional Precio Internacional de la Gasolina^a (dólares por metro cúbico)



Fuente: Elaboración propia sobre datos de *Bloomberg*.

a. Considera los valores promedio observados para cada una de las semanas durante el período enero 1990 y diciembre 2004. El bienio 2005-2006 se excluyó debido al período de huracanes.

La variable *dummy* busca aproximar la estacionalidad regular del precio de la gasolina, la que se ilustra en el gráfico 4.¹¹

Comenzamos el proceso de estimación a partir de una forma general como la ecuación (2), y luego marginalizamos reduciendo los rezagos en función de la significancia estadística de los parámetros y verificando que los signos de los rezagos elegidos tengan sentido económico. Adicionalmente, la forma final del modelo pasaron tests estadísticos que aseguran las propiedades de mínima varianza y estabilidad de los coeficientes estimados. El cuadro 2 muestra los resultados para el precio de la gasolina en los mercados del Golfo y Nueva York.

los mercados internacionales que la CNE monitorea para fijar su precio de paridad.

$$\Delta P_t = \alpha_t + \sum_{i=1}^T \beta_{t-i} \Delta P_{t-i} + \sum_{i=1}^T \beta_{t-i} \Delta OIL_{t-i} + \sum_{i=1}^T \beta_{t-i} \Delta INV_{t-i} + Dummies + \delta CE_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

¹¹ Para el caso del petróleo y de la variable inventarios se pueden considerar las proyecciones realizadas por el DOE, disponibles mensualmente en <http://www.eia.doe.gov/emeu/stem/model/stem.html>.

CUADRO 2

Modelación Precio Internacional de Gasolinas^a

Modelo de gasolinas	Costa del Golfo	Nueva York	Costa del Golfo Controlando huracanes 2005	Nueva York
Constante	0.27	0.27	0.32	0.30
D(dependiente (-1))	-	-	-	-
D(LOIL)	0.85	0.83	0.83	0.80
D(LINV)	-0.45	-0.34	-0.44	-0.30
D(LINV(-1))	-0.58	-0.72	-0.50	-0.68
LMOI(-1)	-0.14	-0.14	-0.16	-0.14
LOIL(-1)	0.15	0.14	0.15	0.13
<i>Dummy</i> estacional	-0.0003	-0.0002	-0.0004	-0.0002
DR_1	-	-	0.22	0.08
DR_2	-	-	-0.10	-0.06
DK_1	-	-	0.37	0.31
DK_2	-	-	-0.12	-0.08
Arch(1) Residuo ²	0.37	0.39	0.17	0.17
R ²	0.48	0.52	0.62	0.60
DW	1.95	1.93	1.82	1.83

Fuente: Elaboración propia.

a. Todos los coeficientes significativos al 5%.

Las estimaciones se hicieron con datos semanales desde 1991 para Costa del Golfo y Nueva York.¹² Como era de esperar, los resultados obtenidos indican una alta sensibilidad del precio de la gasolina al precio del petróleo. De hecho, un aumento de 1% en el precio del petróleo eleva el precio de la gasolina en la primera semana en torno a 0.80%. Por otra parte, un aumento de los inventarios reduce el precio de la gasolina con una elasticidad cercana a 1 considerando la suma del efecto contemporáneo y el primer rezago. De esta forma, las estimaciones confirman que, en el largo plazo, el precio de la gasolina se mueve en línea con el precio del petróleo.

El cuadro 2 también muestra el impacto que tuvieron los huracanes Rita y Katrina del 2005 sobre el precio de la gasolina. Los resultados indican que solo Rita elevó el precio de la gasolina en 20% en una semana en el Golfo de México, pero que parte de ese efecto se disipó la semana siguiente, con una caída de 11%. El impacto sobre los otros mercados fue menor o no significativo.

Adicionalmente, se evaluaron los errores de predicción fuera de muestra de los modelos estimados a frecuencia mensual y semanal (cuadro 3). No se observan diferencias sustanciales entre ambos tipos de estimaciones dentro de un mes, las cuales fluctúan en torno a 5%. No obstante, en horizontes más distantes un modelo con datos mensuales acota los errores cuadráticos medios (ECM), dada la alta volatilidad de las series en datos de mayor frecuencia.

Por otra parte, los errores de proyección son más pequeños que alternativas como el uso de la estructura de futuros de gasolina, los cuales además presentan una importante variación semanal, en torno a 5%.

Los resultados del cuadro 2 indican que los coeficientes rezagados del nivel de precio de la gasolina y del petróleo son iguales.¹³ Sin embargo, el coeficiente de ajuste es estadísticamente distinto de 1, implicando que el traspaso entre gasolina y petróleo toma varias semanas. Por ello, en el gráfico 5 se muestra el cálculo del coeficiente de traspaso en términos de semanas para los dos mercados suponiendo un *shock* permanente de 10% en el precio del petróleo WTI. Se observa que, si bien el precio de la gasolina sube rápidamente durante la primera semana, con coeficiente de traspaso entre 70% y 80%, el mercado toma hasta diez semanas para transmitir completamente el aumento del precio del petróleo. Este resultado está en línea con la literatura; por ejemplo, ver Borenstein, et al., (1997).

¹² Se debió modelar la varianza con un ARCH(1) debido a la presencia de heterocedasticidad en los residuos. Sin embargo, la persistencia de la volatilidad condicional de los errores resultó baja y no afecta la media condicional de la serie, es decir, se rechazó la hipótesis nula de ARCH-M.

¹³ Para mejorar la eficiencia de las estimaciones, no se estimó por separado el término de corrección de errores, sino que se introdujo directamente en la ecuación de largo plazo a través de los rezagos del nivel de precios de la gasolina y del petróleo (Harris y Sollis, 2003).

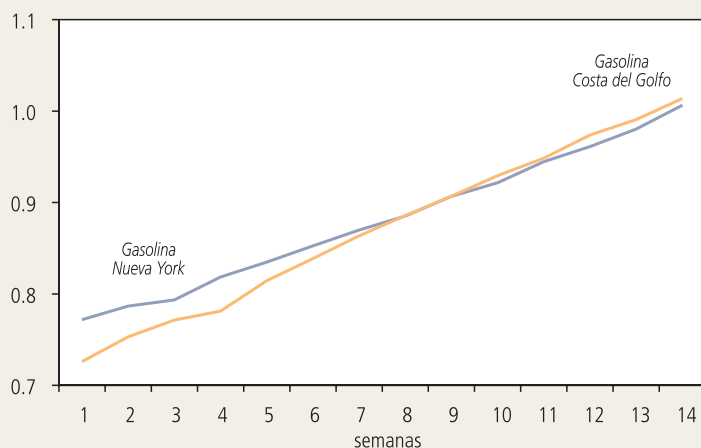
CUADRO 3

Errores de Proyección Fuera de Muestra (porcentaje)

Mes	Evaluación fuera de muestra (ECM, %)				Errores contratos a futuro	
	Costa del Golfo	Nueva York	Costa del Golfo	Nueva York	Porcentaje error	Variación semanal
	Frecuencia semanal		Frecuencia mensual			
1	5.0	4.7	4.5	4.6	11.0	6.6
2	6.7	6.5	4.8	5.6	18.0	5.6
3	7.2	7.1	5.3	5.9	22.0	5.0
4	7.5	7.3	5.7	6.1	26.0	4.5
5	7.6	7.3	5.9	6.3	29.0	4.4
6	7.7	7.5	5.9	6.3	32.0	4.2

Fuente: Elaboración propia.

Coefficiente de Traspaso de Petróleo a Precio Internacional de la Gasolina (shock permanente de 10%)



Fuente: Elaboración propia.

La explicación que ha dado la literatura por este traspaso imperfecto es la dificultad de hacer ajustes por el lado de la oferta por la presencia de costo de ajuste al momento de introducir cambios en la producción. Por ejemplo, un *shock* en el precio del petróleo modifica el costo marginal de producción, por lo que una firma competitiva que estuvo en su equilibrio de largo plazo deseará ajustar la producción hasta que el costo marginal vuelva a igualar el precio de la gasolina. Pero si los costos de ajuste se incrementan por el cambio en la producción, la firma distribuirá los ajustes de la producción a través del tiempo. Borenstein y Shepard (2002) argumentan que esto puede ocurrir aun si las firmas acumulan inventarios, en la medida en que es subóptimo desviarse de un nivel preferido de inventarios.

En seguida, cuando el proceso de traspaso concluye, es decir después de la semana 14, se reconstituye la relación de largo plazo, es decir, el margen de equilibrio entre la gasolina y el petróleo. Para calcular este margen de largo plazo, se estimó una nueva ecuación restringida a que $\beta_1=1$, según los resultados obtenidos del cuadro 2.

$$\ln(P_t) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(OIL_t) + \varepsilon_t \quad (3)$$

De esta manera, el margen de equilibrio de largo plazo es la exponencial de β_0 en la ecuación (3). Nuestras estimaciones indican que este valor debería situarse entre 7 y 8. En otras palabras, un barril es

equivalente a 0.16 metro cúbico, por tanto el costo de un metro cúbico de gasolina considerando solo petróleo sería 6.25 veces el valor del precio del petróleo medido en barriles. Así, tomando el valor medio de las estimaciones, 7.5, la industria tendría márgenes de equilibrio de 20% ($=7.5/6.25-1$).

IV. MODELACIÓN DE PRECIOS PARIDAD DE IMPORTACIÓN DE LA CNE

Tomando en consideración la forma en que la CNE fija su precio de paridad, se propone para este precio un modelo similar al de la ecuación (2) pero rezagado en los períodos relevantes para replicar

la función de reacción de la Comisión. Cabe destacar que las modificaciones introducidas al FEPCO en junio del 2006, ameritan una leve modificación para plasmar este cambio de régimen. Así, la ecuación (4) representa la función de reacción de la CNE:

$$\begin{aligned} \Delta P_t = & \alpha + \beta_1 \Delta P_{t-1} + \beta_2 (1-d) \Delta OIL_{t-2} \\ & + \beta_3 (1-d) \Delta INV_{t-2} + \beta_4 (1-d) \Delta INV_{t-3} \\ & + \beta_5 \text{Log}(P_{t-1}) + \beta_6 (1-d) \text{Log}(OIL_{t-3}) \\ & + \beta_2 \cdot d [0.3(\Delta OIL_{t-1}) + 0.5(\Delta OIL_{t-2}) + 0.2(\Delta OIL_{t-3})] \quad (4) \\ & + \beta_3 \cdot d [0.3(\Delta INV_{t-1}) + 0.5(\Delta INV_{t-2}) + 0.2(\Delta INV_{t-3})] \\ & + \beta_4 \cdot d [0.3(\Delta INV_{t-2}) + 0.5(\Delta INV_{t-3}) + 0.2(\Delta INV_{t-4})] \\ & + \beta_6 \cdot d \text{Log} \cdot (OIL_{t-2} + OIL_{t-3} + OIL_{t-4}) \end{aligned}$$

donde $d=0$ desde el 1 de enero de 1991 hasta el 30 de junio del 2006, y $d=1$ para los períodos posteriores, dado el cambio de régimen.

Los cambios al FEPCO en junio 2006 en lo que respecta al precio de paridad se pueden entender como un alineamiento más estrecho a las condiciones imperantes en los mercados internacionales, pero reduciendo la volatilidad al considerarse promedios de dos semanas. Por ello, no se modifica el espíritu inicial del fondo de estabilización de precios de los combustibles en lo que se refiere al cálculo del precio de paridad.

Los resultados obtenidos (cuadro 4) indican claramente que este supuesto es confirmado por la significancia estadística de los parámetros de las variables rezagadas (petróleo, inventarios y la estacionalidad respectiva).

CUADRO 4

Especificación Modelo Precio Gasolina que fija la Comisión Nacional de Energía

Constante α	0.38 7 [8.556] ^a
β_1	0.079 [2.862]
β_2	0.503 [14.302]
β_3	-0.268 [2.462]
β_4	-0.403 [3.709]
β_5	-0.150 [8.789]
β_6	0.133 [8.681]
<i>Dummy</i> estacionalidad	-0.0002 [3.136]
Durbin Watson	2.048
R ² ajustado	0.42

Fuente: Elaboración propia.

a. Test-*t* entre paréntesis cuadrados.

b. Todas las variables son significativas a los niveles convencionales.

Los resultados del cuadro 4 muestran también que el Fondo ha tenido éxito en estabilizar el precio de la gasolina. Ello, debido a que las *dummies* asociadas al huracán Katrina resultan significativas a los niveles convencionales, mientras que las vinculadas al segundo huracán (Rita) son no significativas.

Asimismo, los errores de predicción son más acotados que los obtenidos con los modelos estimados para los mercados internacionales (cuadro 5). En otras palabras, dada la estabilización que realiza el FEPCO, resulta más fácil predecir el precio de paridad que el precio internacional transado en bolsa.

El cuadro 5 indica que el modelo propuesto es también mejor que otras alternativas de uso común en las proyecciones de precios de *commodities* (AR, ARMA y modelos autorregresivos, VAR).

Los menores errores de predicción del modelo pueden deberse a que captura en mejor medida las estructuras y mecanismos involucrados en la fijación del precio de paridad de la CNE.

Lo anterior se puede clarificar, calculando el traspaso entre el precio de paridad que determina la Comisión y el precio del petróleo WTI luego de aplicar el mismo *shock* permanente de 10%.

El gráfico 6 indica que el modelo de predicción tiene, a lo menos, dos elementos importantes que lo diferencian de sus competidores cercanos. Primero, captura correctamente que dentro de las dos primeras semanas el traspaso es cero por la forma en que la CNE mira los mercados internacionales para fijar el precio de paridad. Segundo, su convergencia está más acorde con la observada en los mercados internacionales.

Para la proyección de los otros dos productos relacionados con el petróleo se siguió la misma estrategia. Primero, se procedió a modelar el mercado internacional relevante como se establece en la ecuación (2) y después, en base a como la ley estipula la forma en que la Comisión debe fijar sus precios de paridad, se estimaron funciones de reacción para cada uno de los productos.

Ecuación diésel

$$\begin{aligned}
 & +\beta_5 \text{Log}(P_{t-1}) + \beta_6 (1-d) \text{Log}(OIL_{t-3}) \\
 & +\beta_2 \cdot d [0.3(\Delta OIL_{t-1}) + 0.5(\Delta OIL_{t-2}) + 0. \\
 & +\beta_3 \cdot d [0.3(\Delta OIL_{t-2}) + 0.5(\Delta OIL_{t-3}) + 0. (5) \\
 & +\beta_4 \cdot d [0.3(\Delta INV_{t-2}) + 0.5(\Delta INV_{t-3}) + 0. \\
 & +\beta_6 \cdot d \text{Log} \cdot (OIL_{t-2} + OIL_{t-3} + OIL_{t-4}) \\
 & +\varepsilon_t
 \end{aligned}$$

Ecuación querosén

$$\begin{aligned}
 & +\beta_3 \text{Log}(P_{t-1}) + \beta_4 (1-d) \text{Log}(OIL_{t-3}) \\
 & +\beta_2 \cdot d [0.3(\Delta OIL_{t-1}) + 0.5(\Delta OIL_{t-2}) + 0. (6) \\
 & +\beta_4 \cdot d \text{Log} \cdot (OIL_{t-2} + OIL_{t-3} + OIL_{t-4}) \\
 & +\varepsilon_t
 \end{aligned}$$

Los resultados de las estimaciones se presentan en el cuadro 6, para el caso del querosén doméstico y el petróleo diésel. De igual forma que antes,

CUADRO 5

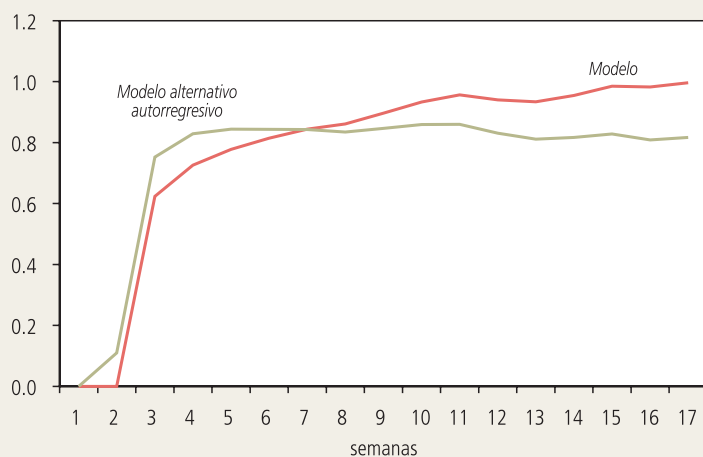
Errores de Predicción Modelo Propuestos versus Alternativas

Mes	Modelo	AR(1)	ARMA(1,1)	Autorreg. L(2)
Frecuencia Semanal				
1	4.5	7.4	7.4	5.1
2	5.8	11.4	11.3	7.3
3	6.1	13.7	13.7	8.6
4	6.3	15.2	15.1	9.7
5	6.3	14.9	14.8	9.4
6	6.4	15.0	14.9	9.8
Frecuencia Mensual				
1	4.7	8.0	7.4	6.1
2	5.4	11.9	11.8	6.7
3	5.4	13.3	13.2	7.5
4	5.4	13.7	13.6	8.9
5	5.3	13.4	13.4	8.8
6	5.6	15.0	14.9	9.4

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 5

Coefficiente de Traspaso de Petróleo a Precio de Gasolina que fija la Comisión Nacional de Energía (shock permanente de 10%)



Fuente: Elaboración propia.

se incorporan las variables precio del petróleo e inventarios.

En general, los resultados indican que la CNE sigue de cerca los mercados internacionales e incorpora los rezagos establecidos en la ley. Es decir, para

fijar los precios de referencia de cada semana, mira los precios vigentes en los mercados internacionales en semanas anteriores.

Dado que los cambios introducidos en la ley aplican también para los casos del petróleo diésel y el querosén doméstico, se introdujeron cambios similares para modelar estos productos.¹⁴

En relación con la evaluación fuera de muestra, los modelos para querosén y diésel tienen errores de predicción menores que los modelos de series de tiempo estándares. No obstante, hay diferencias, por cuanto además de tener modelos precisos para proyectar, se cuenta con modelos con una interpretación estructural y por tanto capturan explícitamente la forma que la CNE monitorea los mercados internacionales según lo establecido en la ley.

V. CONCLUSIONES

En esta nota de investigación se presentan modelos que ayudan a entender los mercados internacionales de combustibles, y que sirven además para ejercicios de proyecciones de precios de paridad de la gasolina y otros productos derivados del petróleo que determina la Comisión Nacional de Energía.

Esta forma de modelación considera una adecuada dinámica de corto plazo, y además captura la relación de largo plazo entre estos productos y el precio del petróleo. Dentro de la dinámica de corto plazo se aproximó la forma en que la CNE fija los precios de paridad, además de considerar otros elementos importantes en la determinación de este

¹⁴ Para el caso del gas licuado no se presenta modelación ya que continúa rigiéndose por los anteriores mecanismos de estabilización. En particular, el precio de paridad del gas licuado continúa determinándose bajo la operatoria del Fondo de Estabilización de Precios del Petróleo (Ley 19.681, del 19 de julio de 2000).

CUADRO 6

**Especificación Modelos Diésel y Querosén Doméstico
Precio Paridad que fija la Comisión Nacional de Energía**

		Variable dependiente	
		$\Delta \log$ precio diésel CNE	$\Delta \log$ precio querosén CNE
Constante α	0.258 [4.919] ^a	Constante α	0.286 [2.197]
β_1	0.103 [2.756]	β_1	0.092 [0.604]
β_2	0.572 [20.420]	β_2	0.570 [19.251]
β_3	0.110 [4.872]	β_3	0.010 [0.129]
β_4	0.104 [4.807]	β_4	0.056 [0.431]
		β_5	0.115 [2.184]
		β_6	0.104 [2.173]
		<i>Dummy</i> estacionalidad	0.0001 [2.291]
Durbin Watson	1.991	Durbin Watson	1.991
R ² ajustado	0.460	R ² ajustado	0.450

Fuente: Elaboración propia.
a. Test-*t* entre paréntesis cuadrados.
b. Todas las variables son significativas a los niveles convencionales.

precio como inventarios y fenómenos climáticos, como los huracanes que afectan la refinación de algunos importantes centros productivos.

La introducción de estructura en el modelo permitió obtener menores errores de predicción respecto de modelos alternativos de series de tiempo, o la utilización de precios de futuros transados en bolsa para los distintos combustibles. Asimismo, entregó una forma de entender la evolución de los distintos precios gracias a la inclusión de variables que capturan factores propios de la industria.

Finalmente, destaca el hecho de que, dentro de las dos primeras semanas, el traspaso de petróleo a gasolina CNE que arroja el modelo es cero por la forma en que

la Comisión mira los mercados internacionales para fijar el precio de paridad. No obstante, este traspaso tiende a ser completo en el transcurso de las diez semanas siguientes.

REFERENCIAS

- Borestein, S., C. Cameron y R. Gilbert (1996). "Do Gasoline Prices Respond Asymmetrically to Crude Oil Changes?" *Quarterly Journal of Economics* 112(1): 305-9.
- Borestein, S. y A. Shepard (1996). "Sticky Prices and Market Power in Wholesale Gasoline Market." *The RAND Journal of Economics* 33(1): 116-39.

- Chan, T., V. Padmanabhan y P. Seethraman (2005). "Modeling Locations and Pricing Decisions in the Gasoline Market: A Structural Approach."
- Costello, D. (2006). "Reduced Form Energy Model Elasticities from EIA, s Regional Short Term Energy Model (RSTEM), May.
- Harris, R. y R. Sollis (2003). *Applied Time Series Modelling and Forecasting*. Editorial John Wiley & Sons Ltd.
- Hendry, D. (1995). *Dynamic Econometrics (Advanced Texts in Econometrics)*. Oxford University Press.
- Motor Gasoline Assessment, Energy Information Administration, DOE. Julio 1997.
- Pincheira, P. y A. García (2007). "Impacto Inflacionario de un *Shock* de Precios del Petróleo Análisis Comparativo entre Chile y Países Industriales." *Economía Chilena* 10(1): 5-36
- U.S. Department of Energy (2006). "Statement of Howard Gruenspecht, Deputy Administrator." Mayo.