

ESTUDIOS ECONÓMICOS ESTADÍSTICOS

Nueva Metodología de Cálculo para el Crecimiento de la Actividad Generación Eléctrica en Frecuencia Mensual

Felipe Labrín
Marcelo Méndez

N.º99 Junio 2013

BANCO CENTRAL DE CHILE





BANCO CENTRAL DE CHILE

CENTRAL BANK OF CHILE

A contar del número 50, la Serie de Estudios Económicos del Banco Central de Chile cambió su nombre al de Estudios Económicos Estadísticos.

Los Estudios Económicos Estadísticos divulgan trabajos de investigación en el ámbito económico estadístico realizados por profesionales del Banco Central de Chile, o encargados por éste a especialistas o consultores externos. Su contenido se publica bajo exclusiva responsabilidad de sus autores y no compromete la opinión del Instituto Emisor. Estos trabajos tienen normalmente un carácter definitivo, en el sentido que, por lo general, no se vuelven a publicar con posterioridad en otro medio final, como una revista o un libro.

As from issue number 50, the *Series of Economic Studies* of the Central Bank of Chile will be called *Studies in Economic Statistics*.

Studies in Economic Statistics disseminates works of investigation in economic statistics carried out by professionals of the Central Bank of Chile or by specialists or external consultants. Its content is published under exclusive responsibility of its authors and it does not reflect the opinion of the Central Bank. These documents normally are definitives and are not made available in any other media such as books or magazines.

Estudios Económicos Estadísticos del Banco Central de Chile
Studies in Economic Statistics of the Central Bank of Chile
ISSN 0716 - 2502

**NUEVA METODOLOGÍA DE CÁLCULO PARA EL CRECIMIENTO
DE LA ACTIVIDAD
GENERACIÓN ELÉCTRICA EN FRECUENCIA MENSUAL ***

Felipe Labrín

Gerencia de Estadísticas Macroeconómicas
Banco Central de Chile

Marcelo Méndez

Gerencia de Estadísticas Macroeconómicas
Banco Central de Chile

Resumen

El presente documento describe la metodología de cálculo del valor agregado de la actividad Generación Eléctrica en frecuencia mensual, a partir de la información obtenida en la Compilación de Referencia 2008 de las Cuentas Nacionales de Chile. La nueva metodología es comparada con la utilizada en el ciclo de compilación anterior, basada en los resultados de la Compilación de Referencia del año 2003. Finalmente, y aplicando la metodología actual, se simula el impacto que tendría en el PIB del año 2013 el desarrollo de la matriz eléctrica en base a distintos combustibles, manteniendo un escenario hidrológico fijo.

Abstract

This document describes the methodology used for calculating the value added of the electric generation activity in monthly frequency, based on the 2008 Benchmark Compilation of Chile's National Accounts. The new methodology is then compared with that used in the previous compilation cycle, which was based on the results of the 2003 benchmark compilation. Finally, by applying the current methodology, we simulate the impact that developing the energy matrix based on different fuels while maintaining a fixed hydrological scenario would have on GDP for 2013.

* E-mails: flabrin@bcentral.cl; mmendez@bcentral.cl.

I. Introducción

La actividad Generación Eléctrica presenta características que la distinguen de otras industrias, y que hacen necesario un tratamiento especial para la medición de su aporte al valor agregado. En particular, la inestabilidad de su estructura productiva supone un singular desafío para la estimación de su crecimiento en frecuencia mensual, medición para la cual un simple indicador de producción resulta insuficiente. Adicionalmente, la significativa variación de los precios relativos de sus principales insumos productivos, básicamente combustibles para la generación, hace necesaria una actualización continua de sus ponderaciones en el consumo intermedio de la actividad.

En el presente documento se describe la nueva metodología de cálculo del valor agregado de la actividad Generación Eléctrica en frecuencia mensual, basándose en los resultados obtenidos en la Compilación de Referencia 2008¹ de las Cuentas Nacionales de Chile. Se muestra la relación entre la producción de la actividad y su valor agregado, explicitando la manera en que el consumo de combustibles ingresa al cálculo. Además, se señala la técnica estadística utilizada para enfrentar la alta volatilidad de la serie de valor agregado, y de ese modo dar consistencia al análisis económico de los resultados.

La primera sección del documento detalla las principales características de la actividad Generación Eléctrica en Chile y su inclusión en las Cuentas Nacionales. La segunda parte describe la nueva metodología de medición de la actividad y la compara con la utilizada a partir de la Compilación de Referencia anterior. En la tercera sección se realiza un ejercicio que permite estimar los efectos en el PIB del uso de distintos combustibles para el desarrollo de la matriz eléctrica. Por último, en el cuarto apartado se presentan las conclusiones y comentarios finales.

II. Marco conceptual

a. Principales características de la actividad

La actividad eléctrica en Chile se desarrolla en torno a dos grandes redes, que abastecen en conjunto al 98% de la población. Por una parte, el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) cubre las regiones XV, I y II del país, destacando la actividad minera como su principal demandante. Por otro lado, el Sistema Interconectado Central (SIC) se extiende desde Tal-Tal en la II región hasta la isla grande de Chiloé en la X región, suministrando energía a la mayor parte de la población nacional. Adicionalmente, existen sistemas eléctricos independientes en las regiones XI (Aysén) y XII (Magallanes), ambos con una cobertura poblacional inferior al 1%².

En cada uno de los sistemas interconectados existe un Centro de Despacho Económico de Carga (CDEC), organismo integrado por representantes de las empresas generadoras, transmisoras y

¹ El propósito de una Compilación de Referencia es obtener las estimaciones más exhaustivas de los componentes de las Cuentas Nacionales. Constituye un esfuerzo estadístico mayor, debido al gran procesamiento de fuentes de información, las que no se encuentran disponibles todos los años, forzando su realización cada ciertos intervalos de tiempo. En el caso de Chile, estos intervalos son de 5 años, siendo la Compilación de Referencia 2008 la última compilación vigente.

² Los cuatro sistemas eléctricos mencionados se refieren sólo a la actividad en Chile continental.

grandes clientes que participan en la operación del sistema. La principal función de los CDEC es la coordinación económica del sistema, siguiendo criterios de máxima eficiencia³ y seguridad operacional. Además de la supervisión de los CDEC, la actividad eléctrica es regulada por la Comisión Nacional de Energía (CNE), organismo público responsable, entre otras funciones, del diseño de normas técnicas para el buen funcionamiento del sector energético y de la fijación de tarifas de los servicios eléctricos.

De acuerdo a su capacidad instalada, el mercado eléctrico distingue dos tipos de clientes: clientes libres y clientes regulados. El primer grupo está integrado por aquellos demandantes que cuentan con una potencia conectada superior a 2 MW, quienes pactan sus condiciones de suministro eléctrico directamente con las empresas generadoras⁴, mientras que los clientes regulados corresponden a pequeñas industrias, establecimientos comerciales y clientes residenciales, que compran la energía a las empresas distribuidoras de electricidad, pagando una tarifa que se encuentra regulada por la CNE. Existe además un mercado para las transferencias de energía entre generadoras eléctricas excedentarias y deficitarias, es decir, aquellas generadoras que, por orden centralizada de despacho proveniente de los CDEC, deben producir una cantidad de energía mayor o menor a la que han comprometido por contrato. En este mercado spot, la energía es valorada de forma horaria al costo marginal de la operación del sistema en ese momento⁵.

Según la disponibilidad de recursos, la generación eléctrica en Chile se produce en base a tres fuentes: hidráulica, térmica y eólica⁶. Dada la escasez de recursos hídricos en el norte del país, la energía eléctrica en el SING es generada casi exclusivamente en centrales térmicas; mientras que en las zonas del país cubiertas por el SIC es posible combinar la termoelectricidad con la hidroelectricidad y, aún en un incipiente desarrollo, con la energía eólica. A diciembre del año 2011, la potencia instalada total en Chile alcanzó los 17,4 GW, de los cuales un 65,2% correspondió a centrales termoeléctricas, un 33,7% a centrales hidroeléctricas y un 1,1% a centrales eólicas.

El siguiente cuadro resume, para cada sistema eléctrico, las principales características señaladas.

³ Los CDEC determinan centralizadamente qué centrales y en qué momento deben producir, de acuerdo a la disponibilidad y costo de los insumos de generación presentes en cada sistema.

⁴ Esta condición es opcional para los clientes con una potencia conectada de al menos 500 kW.

⁵ Dado que el despacho de centrales coordinado por los CDEC respectivos se realiza según su costo unitario de producción, el costo horario de una unidad adicional de energía (costo marginal) equivale al costo de la unidad generadora más cara operando en el sistema en ese instante.

⁶ A fines de 2012 comenzó a operar la primera planta solar en el país. Sin embargo, su efecto en la generación total es aún irrelevante.

Tabla 1.1: Principales características del sistema eléctrico chileno⁽¹⁾

Sistema	Cobertura poblacional (%)	Ventas a clientes (2)		Potencia instalada			
		Libres (%)	Regulados (%)	Térmica (%)	Hidráulica (%)	Eólica (%)	Total (MW)
SING	6,2	89,1	10,9	99,7	0,3	0,0	4.582,6
SIC	92,2	30,6	69,4	52,5	45,9	1,5	12.715,2
Aysén	0,6	0,0	100,0	52,2	42,9	4,9	41,0
Magallanes	0,9	0,0	100,0	100,0	0,0	0,0	99,0
Total	100,0	44,7	55,3	65,2	33,7	1,1	17.437,8

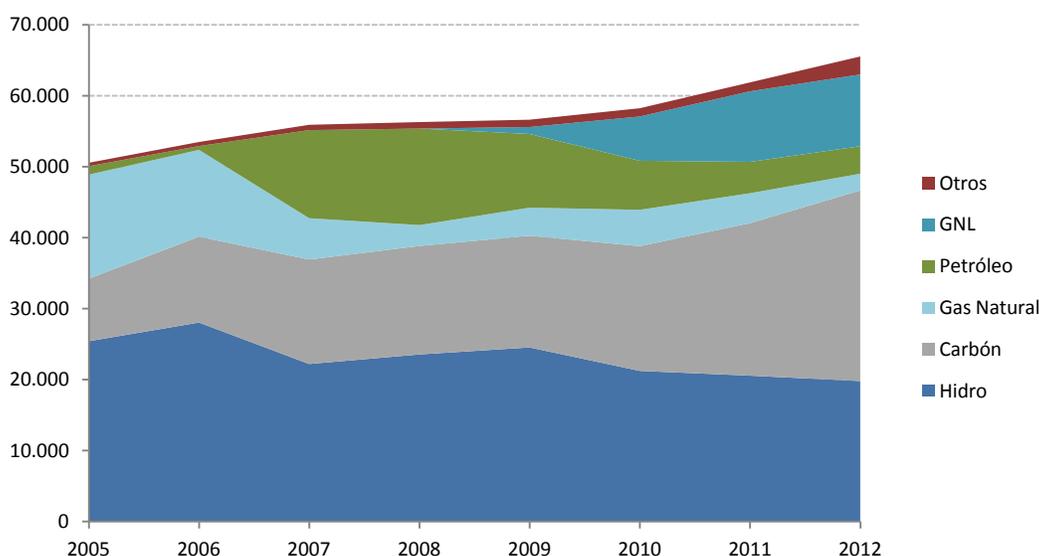
(1) Estadísticas a Diciembre de 2011.

(2) Corresponde a las ventas del año 2011.

Fuente: Anuario estadístico del CDEC-SIC.

En relación a los combustibles utilizados para la generación termoeléctrica, el gas natural y el carbón se han posicionado como los principales insumos. Sin embargo, los problemas de disponibilidad del primero⁷ y la prolongada sequía que ha afectado al país en años recientes han forzado al sistema a intensificar la instalación de centrales en base a petróleo, especialmente en el SIC. El gráfico siguiente muestra la evolución de la generación eléctrica por tipo para el período 2005-2012, considerando la producción del SIC y el SING.

Gráfico 1.1: Generación por tipo (GWh). Período 2005-2012



Fuente: Comisión Nacional de Energía (CNE).

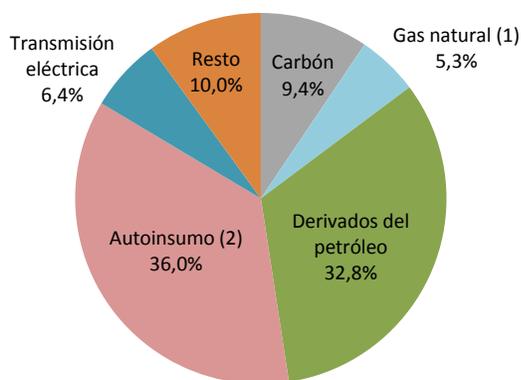
⁷ Las restricciones al suministro de gas natural desde Argentina comenzaron el año 2004 y se consolidaron como un factor crítico en los años 2007-2008. Recién a partir del año 2009 pudo contarse con gas natural proveniente de otras fuentes, gracias a la instalación de terminales de regasificación de GNL en el país.

b. La Generación Eléctrica en las Cuentas Nacionales

De acuerdo a la clasificación de actividades de las Cuentas Nacionales (CCNN) de Chile⁸, la actividad Generación Eléctrica está contenida en la agrupación Electricidad, Gas y Agua (EGA), la cual representa un 2,7% del PIB según la Compilación de Referencia del año 2008 de las CCNN⁹. A pesar de esta baja participación, la relevancia del sector EGA para la economía, en particular de la generación eléctrica, radica en la transversalidad de su demanda y en su indispensabilidad para los procesos productivos de cualquier industria.

Una de las particularidades de la actividad Generación Eléctrica consiste en la variabilidad de su estructura productiva, toda vez que la generación de energía eléctrica, un producto de naturaleza homogénea, se puede obtener a partir de distintos procesos y usando diferentes insumos según su disponibilidad y precio, afectando la composición temporal de la matriz de generación, como se observó en el gráfico 1.1. De ese modo, la eficiencia del sistema depende, en todo momento, no sólo de variables de mercado, sino también de factores exógenos como la hidrología. El gráfico siguiente muestra la composición del consumo intermedio de la actividad en la Compilación de Referencia 2008¹⁰, donde puede observarse la alta participación del petróleo en desmedro del gas natural, dados los problemas de disponibilidad de éste último y la escasez de recursos hídricos previamente mencionada, que afectaron con especial intensidad a ese año de medición¹¹.

Gráfico 1.2: Composición del consumo intermedio de la actividad Generación Eléctrica en la Compilación de Referencia 2008 (%).



- (1) Incluye la demanda por el servicio de gasoductos.
- (2) Corresponde a las compras de energía y potencia realizadas en el mercado spot.

Fuente: Compilación de Referencia 2008, Cuentas Nacionales de Chile

⁸ Basada en la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU, Rev.3) de las Naciones Unidas.

⁹ En el mismo año de medición, la participación de la Generación Eléctrica en el valor agregado de esta agrupación alcanzó un 49.2%. Es necesario mencionar que sólo a partir del año 2008 las CCNN individualizan el aporte al valor agregado de cada una de las actividades que componen el sector EGA.

¹⁰ En ese año, un 76.2% de la producción bruta de la actividad correspondió a consumo intermedio, mientras que el 23.8% restante correspondió a valor agregado.

¹¹ Como se mencionó, a partir del año 2009 el sistema eléctrico pudo contar nuevamente con gas natural para la generación, gracias al inicio de las operaciones de regasificación de GNL en el país.

Dada la alta concentración de la industria y la abundante información disponible, en la medición anual de la actividad Generación Eléctrica se aplica el método de actividad censada¹², utilizando información directa del universo de empresas. De este modo, la información sobre ventas físicas, ingresos y costos es obtenida a través de encuestas, balances y memorias de las propias empresas, antecedentes que son complementados con registros de comercio exterior, anuarios de los CDEC e informes estadísticos de la CNE.

Por su parte, la medición de la actividad en frecuencia mensual se realiza a partir de las estadísticas de operación publicadas por los CDEC para cada una de las unidades productivas de los respectivos sistemas eléctricos. Estos niveles físicos de producción se clasifican según tipo de generación, y la variación interanual asociada a cada tipología se aplica a la estructura productiva determinada para la actividad en el año de referencia.

La siguiente sección describe con mayor detalle la metodología utilizada para la medición de la actividad en frecuencia mensual, a partir de los resultados de la Compilación de Referencia 2008, contrastándola con la metodología utilizada en el ciclo de compilación anterior.

III. Medición de la actividad

a. Cálculo actual de corto plazo

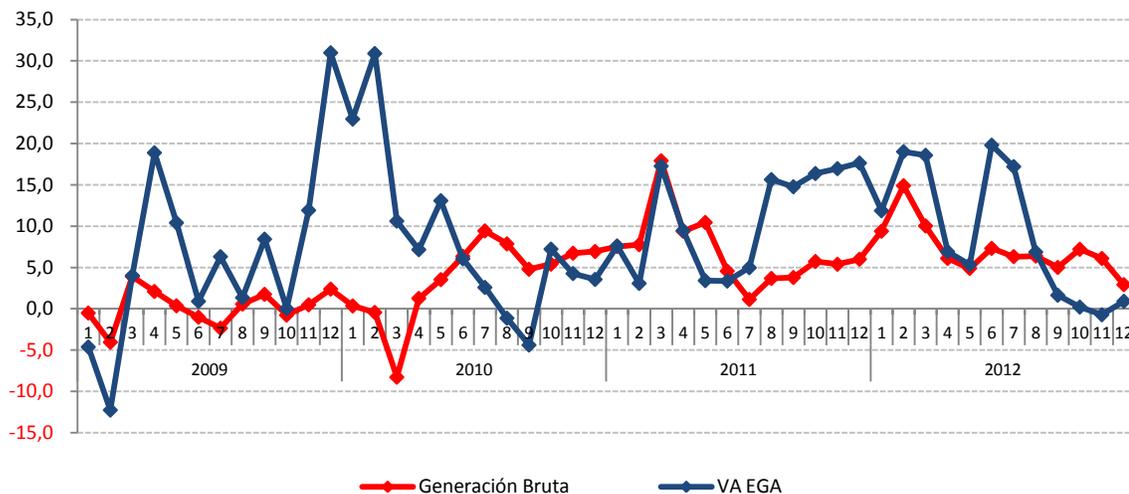
La medición coyuntural de la Generación Eléctrica en el ciclo de seguimiento en referencia 2008 estima la estructura productiva de la actividad para cada mes. Para lograr este propósito, los niveles de la cuenta de producción de la actividad en el año de referencia son extrapolados de acuerdo a indicadores independientes para la producción y el consumo intermedio, obteniendo resultados valorados a precios del año 2008. Luego, estos resultados se consolidan con las otras actividades del sector EGA para ser encadenados como agrupación. De este modo, se obtienen variaciones de volumen, que reconocen las variaciones de precios relativos de un período a otro¹³.

Tanto la metodología como los resultados de la actividad se encuentran afectados por la naturaleza del sector. Como se ha mencionado, la estructura productiva de la actividad exhibe una alta volatilidad debido al uso variable de sus insumos de producción para la generación de un producto homogéneo, los que presentan diferencias relevantes en términos de costo y eficiencia. Así, a pesar de mantener un nivel de producción física relativamente estable en términos de variación interanual, el valor agregado generado por la actividad varía considerablemente dependiendo de la combinación de insumos utilizada, como puede observarse en los gráficos 2.1 y 2.2.

¹² Consiste en estimar las variables de la cuenta de producción, esto es, la Producción Bruta (PB), el Consumo Intermedio (CI) y los distintos componentes del Valor Agregado (VA), a nivel de universo. Este método se utiliza cuando se dispone de información para el universo de las unidades productivas de una actividad, usando datos de encuestas y/o estados financieros de todas las empresas.

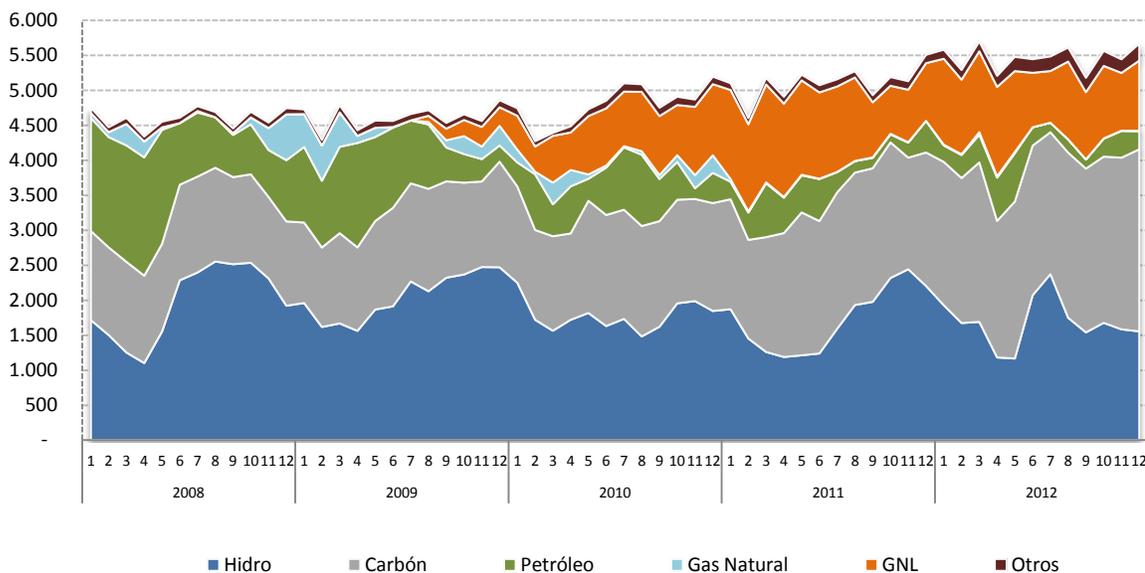
¹³ El encadenamiento de las series de resultados de la actividad económica se encuentra fuera del alcance de este documento. Para mayor información véase el documento N°90 de la Serie de Estudios Económicos Estadísticos (SEEE): “Nuevas series de Cuentas Nacionales encadenadas: Métodos y fuentes de estimación”.

Gráfico 2.1: Tasas de variación de la generación bruta y del valor agregado del sector EGA(%)
Enero 2009 – Diciembre 2012



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 2.2: Generación por tipo (GWh)
Enero 2008 – Diciembre 2012



Fuente: elaboración propia, en base a información de los CDEC.

Se observa que el valor agregado sectorial crece por sobre la generación bruta en aquellos meses en que la variación interanual de los tipos de generación favorece la eficiencia en el uso de los recursos (por ejemplo, mayor generación hidráulica y menor uso de diesel en el período Noviembre 2009 - Febrero 2010, y caída persistente de este último en el período Agosto 2011 - Julio 2012); mientras

que se contrae por debajo de la generación bruta en los meses en que ocurre lo contrario (por ejemplo, caída interanual de la generación hidráulica en el período Julio 2010 - Septiembre 2010).

Con el objetivo de incorporar los resultados de la actividad de manera consistente con la evolución de la economía, la volatilidad presente en la Generación Eléctrica se ajusta estadísticamente a través de un método conocido como *benchmarking*, de uso extendido en el ámbito de las CCNN. La aplicación y los efectos de este método son explicados con mayor detalle en los siguientes apartados.

i. Fuentes de información

La medición mensual de la actividad en el nuevo ciclo de seguimiento consiste en extrapolar un sistema de ponderaciones utilizando indicadores de producción. La base de ponderaciones se establece a partir de la cuenta de producción de la actividad en la Compilación de Referencia 2008 de las CCNN, en tanto que las estadísticas de generación bruta mensual de las centrales del SIC y el SING permiten determinar los indicadores utilizados para la extrapolación de la estructura productiva de la actividad. Esta información es pública y se encuentran disponible en los sitios web de las instituciones relacionadas¹⁴.

ii. Metodología de cálculo

La base de medición, esto es, la cuenta de producción de la actividad para el año 2008 a precios corrientes, se utiliza de manera desagregada para identificar, por un lado, el nivel de producción y, por otro lado, el consumo de combustibles¹⁵. Como se observa en el gráfico 1.2, los combustibles representan alrededor de un 50% del consumo intermedio de la Generación Eléctrica; sin embargo, la exclusión del autoinsumo en el análisis aumenta su relevancia como factor explicativo del valor agregado de la actividad¹⁶. Una vez desagregados, tanto la producción como los componentes del consumo intermedio son distribuidos mensualmente de acuerdo a los niveles mensuales de generación bruta total, para el primer caso, y por tipo de combustible, para el segundo.

Para la extrapolación de los componentes de esta base, se calculan indicadores mensuales de producción y consumo intermedio en base a las estadísticas de generación publicadas por los CDEC de los dos sistemas interconectados. Así, para la producción se utiliza como indicador la variación interanual de la generación bruta total de cada sistema, mientras que para el consumo intermedio se establecen como indicadores las variaciones interanuales de las unidades físicas producidas en base a cada tipo de combustible, asumiendo implícitamente la existencia de retornos constantes a escala

¹⁴ Los resultados de la Compilación de Referencia 2008 están disponibles en el sitio web del Banco Central de Chile (www.bcentral.cl), mientras que las estadísticas de generación bruta por central están disponibles en los sitios web del CDEC-SIC (www.cdec-sic.cl) y del CDEC-SING (www.cdec-sing.cl).

¹⁵ Considerando las particularidades de los dos principales sistemas interconectados (SIC y SING), esta descomposición se realiza para ambos sistemas por separado.

¹⁶ El autoinsumo corresponde a las compras de energía y potencia en el mercado spot, encontrándose su contrapartida en la producción bruta de la propia actividad. Por lo tanto, su aporte al valor agregado de la actividad es nulo, y debe ser omitido del análisis tanto en el consumo intermedio como en la producción bruta.

para cada tecnología de producción. Por último, el agregado correspondiente al resto del consumo intermedio se extrapola utilizando el mismo indicador de la producción.

Formalmente, para cada sistema interconectado, el valor agregado mensual se obtiene de acuerdo a la siguiente expresión:

$$VA_{\text{Generación Eléctrica,t,v}} = PB_{t,v-1} * (1 + \Delta\%Q_{t, v, v-1}) - \sum_{i=1}^n (C_{i,t,v-1} * (1 + \Delta\%q_{i, t, v, v-1})) - RCI_{t, v-1} * (1 + \Delta\%Q_{t, v, v-1})$$

Donde:

$t=1, 2, \dots, 12$:	Corresponde al mes en medición.
$v= 1, 2, \dots, \infty$:	Corresponde al año del mes en medición.
$i= 1, 2, \dots, n$:	Corresponde al tipo de combustible en la estructura de CI.
$VA_{\text{Generación Eléctrica,t,v}}$:	Valor Agregado del mes t, en el año v.
$PB_{t,v-1}$:	Valor de la Producción Bruta del mes t, durante el año v-1.
$\Delta\%Q_{t, v, v-1}$:	Variación porcentual interanual en el mes t de la Generación Bruta.
$C_{i,t,v-1}$:	Valor del Consumo del combustible i en el mes t, durante el año v-1.
$\Delta\%q_{i, t, v, v-1}$:	Variación porcentual interanual en el mes t de la generación en base al combustible i.
$RCI_{t, v-1}$:	Valor del Resto del CI en el mes t, durante el año v-1.

Finalmente, los resultados por sistema se consolidan para obtener una aproximación mensual de la cuenta de producción a nivel de actividad, reducida en el consumo intermedio según el número de insumos utilizados.

iii. Benchmarking

Debido a la alta volatilidad de la tasa de variación del valor agregado de la actividad, es necesario establecer una medición “ancla” que permita lograr observaciones mensuales consistentes. Esta medición referencial se establece para el caso de la Generación Eléctrica como el resultado de los programas de operación a 12 meses de los CDEC. Esta información rescata con mayor coherencia la realidad del sector en frecuencia anual y se actualiza periódicamente para incorporar la información efectiva del mes en curso.

Este proceso de medición implica la necesidad de reconciliar las observaciones mensuales provenientes de la metodología descrita en los apartados anteriores, con la información anual proyectada por los CDEC. Para este propósito se recomienda el uso de una técnica estadística que permita su incorporación a la medición coyuntural de la economía de forma coherente, manteniendo a la vez su perfil mensual de crecimiento. La técnica utilizada corresponde al *benchmarking*, que consiste en el ajuste de una serie de alta frecuencia a una referencia de menor frecuencia, pero de la que se espera mayor consistencia.

Así, por una parte, a partir de la información de los CDEC se obtiene la serie en frecuencia anual (RA_T) proyectada, y por otra, se tiene una serie proveniente de la metodología descrita que ajusta el peso de los combustibles de respaldo¹⁷ en la base de extrapolación, compensando con el resto de los insumos. De esta forma, se obtiene una serie menos volátil y que servirá de insumo para perfilar la serie del valor agregado final, denominada FM_t .

La serie final se obtiene de la corrección de la siguiente expresión de discrepancias:

$$d_T = RA_T - \sum_{t=1}^{12} FM_t$$

donde $T=1,2,\dots, N$ corresponde al número de años en la serie, y $t=1,2,\dots,12$ a los meses, y que muestra las discrepancias entre las observaciones anuales (referencias) y la agregación de las observaciones mensuales (indicadores). Luego, llevando las discrepancias a cero, se obtiene:

$$RA_T - \sum_{t=1}^{12} \widehat{FM}_t = 0$$

donde \widehat{FM}_t corresponde a la serie de indicadores en frecuencia mensual, ajustada a la referencia anual, que constituye la serie final a estimar. Esta serie puede descomponerse como:

$$\widehat{FM}_t = FM_t + (F \times d)$$

Es decir, la estimación de la serie ajustada es igual a la serie modificada, corregida a través de distribución de las discrepancias (d) entre las referencias anuales y la agregación de los indicadores mensuales a través de un filtro F , que recoge la información dentro de la matriz de varianzas-covarianzas de los errores¹⁸. Cabe enfatizar que para el período de medición se requiere proyectar el crecimiento anual de la serie original para ese año, estimación que se realiza haciendo uso de los programas de operación a doce meses publicados en los sitios web de los CDEC respectivos.

¹⁷ Un combustible de respaldo es aquél que, dado su mayor costo relativo dentro de la matriz de generación eléctrica, sólo se utiliza cuando no es posible producir electricidad de manera más eficiente. En la matriz chilena, corresponde principalmente al petróleo diesel.

¹⁸ Para mayor información con respecto al caso general del *benchmarking* y su uso en el ámbito de las Cuentas Nacionales, véase el documento N°90 de la Serie de Estudios Económicos Estadísticos (SEEE) del Banco Central: “Nuevas series de Cuentas Nacionales encadenadas: Métodos y fuentes de estimación”.

b. Comparación con el cálculo del ciclo anterior¹⁹

El cálculo del crecimiento mensual de la Generación Eléctrica en base 2003 se basó en la determinación de coeficientes de valor agregado sobre producción bruta (VA/PB) para cada tecnología de generación. En primer lugar, se determinó un precio unitario de la energía para el año base, promediando las fijaciones de precio monómico²⁰ establecidas por la CNE en Abril y Octubre de 2003. Con ello, la producción de la unidad productiva i se estimó según la expresión

$$PB_i = \left(\frac{\text{Precio monómico Abril 2003} + \text{Precio monómico Octubre 2003}}{2} \right)_i * \alpha$$

en donde α es un factor de corrección que incorpora la producción secundaria de la actividad.

En rigor, una vez que los precios de nudo son determinados por la CNE, la tarifa de la energía ya no depende de la tecnología de producción, por lo que la expresión señalada fue aplicada como valor unitario de producción para todas las unidades generadoras. De ese modo, la variación en los coeficientes técnicos por tipo de generación se determina sólo por los consumos unitarios de cada central generadora.

Para estimar el consumo intermedio por unidad de producción se utilizó la información de costo de combustible (CC) y costo variable no combustible (CVNC) por central, proporcionada en los informes de Precio de Nudo de la CNE. Un componente adicional de costo fijo (CF) fue estimado a partir de los resultados de la Compilación de Referencia 2003 para la actividad. Así, el consumo intermedio de la unidad productiva i se estimó como la suma

$$CI_i = CF_i + CC_i + CVNC_i$$

Finalmente, los coeficientes técnicos de valor agregado por tipo de generación se calcularon como el cociente

$$\left(\frac{VA}{PB} \right)_i = \frac{PB_i - CI_i}{PB_i}$$

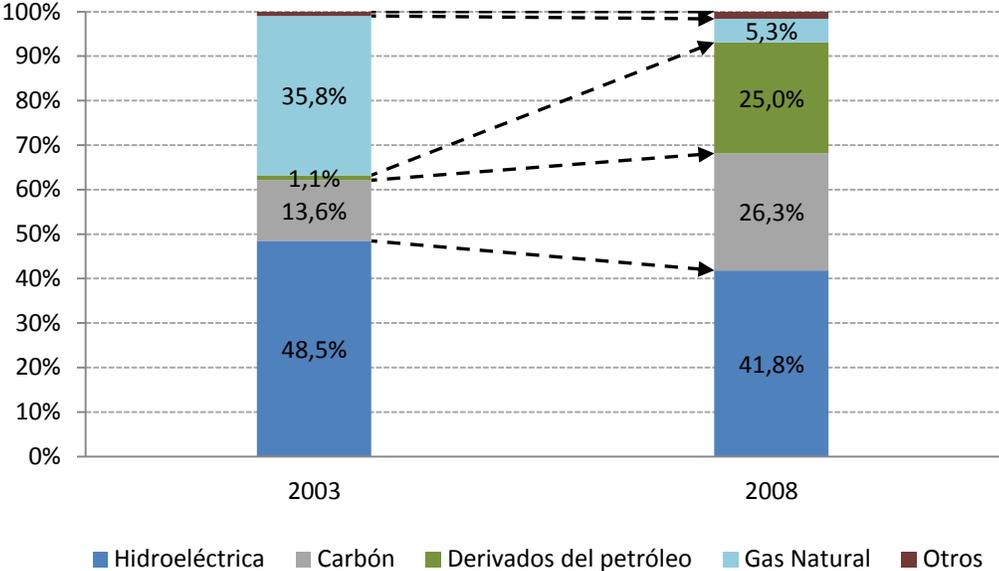
Los coeficientes técnicos estimados representan el aporte al valor agregado de cada tipo de generación, y constituyeron la base de medición para el cálculo del crecimiento de la actividad en base 2003, utilizando como índices de variación, al igual que en el nuevo ciclo de seguimiento, las estadísticas de generación bruta proporcionadas por los CDEC. Del mismo modo, la variación en el consumo de combustibles, especialmente a partir de la menor disponibilidad de gas natural argentino y el consecuente aumento en el uso de petróleo diesel, implicó una alta volatilidad de la serie de crecimiento de la actividad, por lo que la aplicación del ajuste estadístico de *benchmarking* también fue implementada en el ciclo de seguimiento en base 2003.

¹⁹ En el presente documento se describe sucintamente la metodología utilizada en el ciclo de seguimiento anterior. Para un mayor detalle sobre la metodología aplicada, véase el documento N°61 de la Serie de Estudios Económicos Estadísticos (SEEE) del Banco Central: “Efecto de la Sustitución de Combustibles en el Valor Agregado de la Generación Eléctrica”.

²⁰ Tarifa que combina los precios de nudo de la energía y la potencia en un punto fijo de conexión al sistema eléctrico.

Tras lo expuesto, se observa que la principal diferencia entre las estimaciones del crecimiento mensual de la actividad en el ciclo de seguimiento actual y el ciclo de seguimiento en base 2003 radica en la base de medición para el cálculo y, en definitiva, en las condiciones bajo las cuales se produjo la energía eléctrica en cada año de referencia. El siguiente gráfico muestra la composición de la generación eléctrica por tipo en los años de interés.

Gráfico 2.3: Composición de la generación eléctrica por tipo (%) – Años 2003 y 2008



Fuente: elaboración propia, en base a información de los CDEC.

El gráfico refleja el cambio en el escenario energético experimentado por el sistema eléctrico chileno entre los años 2003 y 2008. Por un lado, la menor disposición de recursos hídricos en el período implicó una disminución en la participación de la generación hidroeléctrica de casi siete puntos porcentuales al año 2008. Y por otra parte, la caída sostenida en la importación de gas natural argentino forzó al sistema a la utilización intensiva de derivados del petróleo, hasta entonces usado sólo como combustible de respaldo para la operación del sistema.

Un cambio sustancial en la estructura productiva de la actividad, tal como el señalado en el gráfico, representa un complejo desafío para la medición en base fija, toda vez que los parámetros estimados para la referencia pierden representatividad como base de medición. En particular, el coeficiente técnico del año 2003 correspondiente a la generación en base a derivados del petróleo resultó negativo y de un alto valor absoluto, puesto que el costo unitario de producción de tales unidades de respaldo fue muy superior al precio único determinado para un sistema que en ese período utilizaba insumos de mucha mayor eficiencia. De ese modo, el posterior aumento en el uso de petróleo para la generación eléctrica tuvo un efecto sobredimensionado en el valor agregado de la actividad medido en base fija.

La obsolescencia de la base fija de medición es un problema que puede ser parcialmente subsanado con la implementación de índices encadenados, que, como se mencionó, actualizan anualmente la base de medición al incorporar la estructura de precios vigente al período inmediatamente anterior. Este proceso es aplicado a los resultados de la agrupación EGA con referencia al año 2008, minimizando los problemas asociados a la volatilidad característica de la serie de valor agregado de la Generación Eléctrica en el nuevo ciclo de seguimiento.

IV. Combustibles de desarrollo y su efecto en el PIB

De acuerdo a los programas de operación mensual del CDEC-SING y del CDEC-SIC para el año 2013, la generación bruta total crecería un 6,4% en relación al año 2012. Considerando para el SIC un escenario hidrológico promedio²¹, la generación hidráulica crecería un 16,8%, alcanzando una participación de 33,7% en la generación total, tres puntos porcentuales superior a su participación en el año 2012. Por su parte, la generación termoeléctrica crecería un 1,1%, mientras que la generación eólica lo haría en un 88,1%. La tabla siguiente muestra la variación interanual esperada para la generación por tipo, de acuerdo al escenario hidrológico señalado.

Tabla 3.1: Variación interanual 2013-2012 esperada (%) de la generación eléctrica por tipo – Escenario base

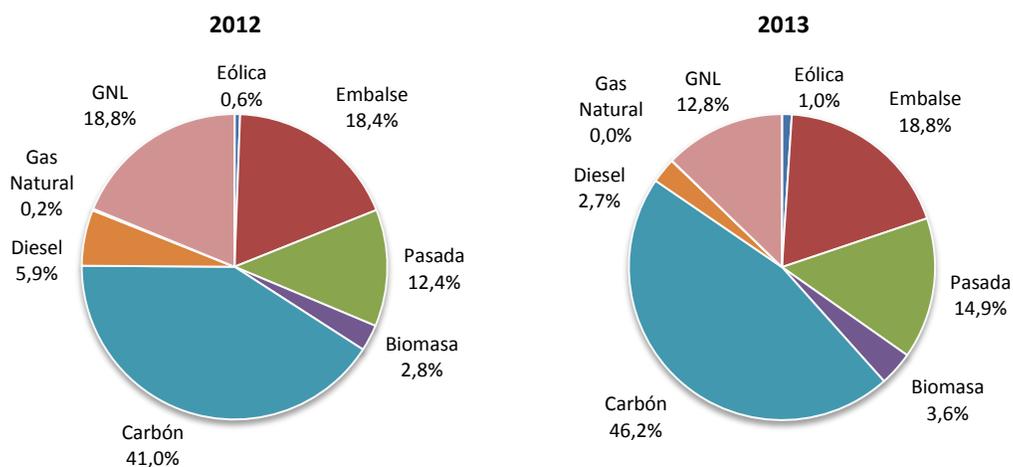
Tipo de generación	Δ%	Subtipo	Δ%
Hidráulica	16,8	Embalse	9,0
		Pasada	28,3
Térmica	1,1	Biomasa	38,1
		Carbón	19,8
		Diesel	-52,1
		Gas Natural	-82,1
		GNL	-27,8
Eólica	88,1	Eólica	88,1
Total	6,4	Total	6,4

Fuente: elaboración propia, en base a información de los CDEC.

En la tabla puede observarse también una sustitución en el uso de combustibles, disminuyendo la generación en base a petróleo diesel y gas natural, y aumentando la producción de electricidad en base a carbón. Según estas variaciones estimadas, la matriz eléctrica del año 2013, en comparación a la del año anterior, se vería como se muestra a continuación.

²¹ La estimación consiste en un promedio simple entre los escenarios hidrológicos “medio” y “seco” definidos por el CDEC-SIC.

Gráfico 3.1: Matriz de generación eléctrica (%) – Años 2012 y 2013 – Escenario base



Fuente: elaboración propia, en base a información de los CDEC.

Dado el desarrollo proyectado para la matriz eléctrica en el año 2013, existen dos elementos principales que favorecerían el crecimiento del valor agregado de la actividad: el alza en la generación hidroeléctrica y la disminución en el uso de diesel y gas natural²². Con esta proyección base, el consumo intermedio de la actividad varía según se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.2: Variación interanual 2013-2012 esperada (%) del CI de la actividad Generación – Escenario base

Variable	Tasa	Participación	Incidencia
Consumo Intermedio	-8,8	100,0	-8,8
Carbón	17,9	26,0	4,7
GNL	-21,4	30,6	-6,6
Diesel	-52,1	15,9	-8,3
Gas Natural	-82,1	0,4	-0,4
Biomasa	38,1	0,2	0,1
Resto CI	6,4	26,9	1,7

Fuente: elaboración propia.

Se observa que el aumento en los costos de la actividad debido a un mayor uso de carbón, es ampliamente compensado con la caída en los costos provocada por el menor uso de diesel y gas natural. En este escenario, el consumo intermedio de la actividad caería un 8,8% en el año 2013, mientras que el alza de su valor agregado incidiría en el PIB en 0,31 puntos porcentuales.

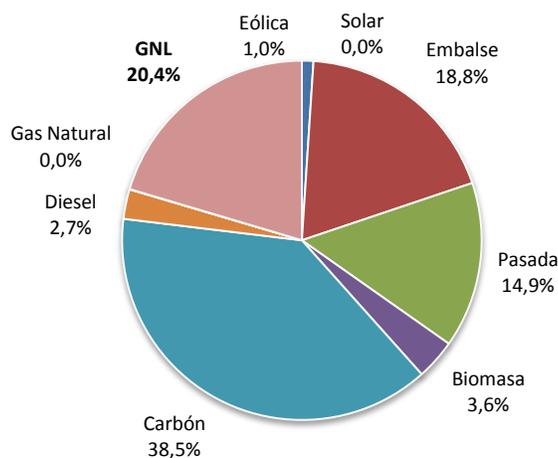
²² La estructura de precios en el año base 2008 ubica al GNL más cercano al diesel que al carbón, por lo que el uso de este último en reemplazo de cualquiera de los dos primeros, significa un aumento del valor agregado de la actividad.

La situación hasta aquí descrita supone una extensión natural de la tendencia reciente experimentada por la matriz eléctrica chilena, esto es, un desarrollo de la matriz en base a carbón, en desmedro del gas natural y, especialmente, del petróleo diesel. Sin embargo, es posible realizar un ejercicio de simulación con distintas alternativas de desarrollo para la matriz de generación, traspasando la totalidad de la nueva producción térmica en base a carbón hacia la utilización de GNL y diesel²³. En cada escenario se mantendrá constante la participación hídrica en la matriz, por lo que los resultados estarán influidos al alza debido al crecimiento de este tipo de generación dado su bajo nivel en el año 2012. Por ello, el análisis de los resultados de cada escenario se realiza en términos comparativos.

Desarrollo en base a GNL

Si la generación en base a carbón se mantuviera constante en el año 2013, y el diferencial estimado en relación al año anterior se traspasara íntegramente hacia la generación en base a GNL, este combustible pasaría a representar un 20,4% de la matriz eléctrica, tal como se muestra en el gráfico siguiente.

Gráfico 3.2: Matriz de generación eléctrica 2013 (%) – Desarrollo en base a GNL



Fuente: elaboración propia, en base a información de los CDEC.

Por su parte, en términos valorados, la estructura del consumo intermedio de la actividad presentaría las siguientes tasas de variación.

²³ La generación adicional en base a carbón esperada para el año 2013 alcanza los 5.300 GWh, nivel de producción posible de ser generado tanto en base a GNL como en base a diesel. En el caso del derivado del petróleo, la generación resultante volvería a los niveles que presentó el año 2010, mientras que para el GNL, ésta sería sólo un 7% superior a la registrada el año 2011, es decir, al primer año de régimen productivo conjunto de los terminales de regasificación de GNL.

Tabla 3.3: Variación interanual 2013-2012 esperada (%) del CI de la actividad Generación Desarrollo en base a GNL

Variable	Tasa	Participación	Incidencia
Consumo Intermedio	-0,2	100,0	-0,2
Carbón	0,0	26,0	0,0
GNL	21,7	30,6	6,6
Diesel	-52,1	15,9	-8,3
Gas Natural	-82,1	0,4	-0,4
Biomasa	38,1	0,2	0,1
Resto CI	6,4	26,9	1,7

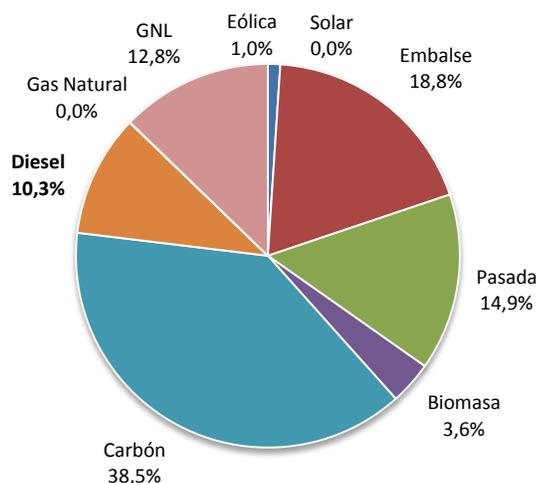
Fuente: elaboración propia.

Se observa nuevamente una caída en el consumo intermedio, sin embargo ésta es mucho más acotada que en el escenario base, pues la compensación entre el aumento en los costos dado el mayor uso de GNL y la caída en los costos debido a la menor utilización de diesel es más ajustada que en la estimación original. En este escenario, el consumo intermedio cae ligeramente y el crecimiento del valor agregado de la actividad tendría una incidencia en el PIB de 0,18 puntos porcentuales, poco más de la mitad del efecto producido por el caso base.

Desarrollo en base a Diesel

Por otro lado, si el desarrollo de la generación térmica del año 2013 estuviera dado por el uso de diesel en vez del carbón, el derivado del petróleo pasaría a representar un 10,3% de la matriz eléctrica, como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico 3.3: Matriz de generación eléctrica 2013 (%) – Desarrollo en base a Diesel



Fuente: elaboración propia, en base a información de los CDEC.

En este caso, la estructura del consumo intermedio de la actividad presentaría las siguientes tasas de variación.

Tabla 3.4: Variación interanual 2013-2012 esperada (%) del CI de la actividad Generación Desarrollo en base a Diesel

Variable	Tasa	Participación	Incidencia
CI	8,3	100,0	8,3
Carbón	0,0	26,0	0,0
GNL	-21,4	30,6	-6,6
Diesel	84,7	15,9	13,4
Gas Natural	-82,1	0,4	-0,4
Biomasa	38,1	0,2	0,1
Resto CI	6,4	26,9	1,7

Fuente: elaboración propia.

Es decir, el mayor costo debido al aumento en el uso de diesel no es compensado por la caída de los costos explicada por la menor utilización de GNL, por lo que el consumo intermedio crece, incluso por sobre la producción bruta (6,4%). Con ello, el alza del valor agregado de la actividad incide en el PIB en 0,05 puntos porcentuales, menos de una tercera parte del impacto producido por el escenario que simula al GNL como combustible de desarrollo, y una sexta parte del impacto producido por el escenario establece al carbón como tal.

En resumen, el ejercicio realizado permite estimar, para un año en particular y un escenario hidrológico predefinido, la magnitud del efecto que tendría en el PIB la selección de un combustible específico para el desarrollo térmico de la matriz de generación. En concreto, se concluye que el impacto en el PIB para el período analizado sería 0,13 puntos porcentuales inferior si el combustible de desarrollo fuera el GNL en lugar del carbón, diferencia que se duplicaría si en vez de este último se utilizara como combustible de desarrollo el petróleo diesel.

V. Comentarios finales

La estructura de producción de la actividad Generación Eléctrica presenta una alta volatilidad debido al uso variable de sus principales insumos productivos: recursos hídricos, carbón, gas natural, petróleo diesel y otros combustibles son utilizados en cada momento de acuerdo a su disponibilidad y costo, entre otros criterios técnicos y económicos. Debido a esta estructura variable, la actividad presenta un marcado desalineamiento entre su producción y su valor agregado. Lo anterior supone un particular desafío para la medición del crecimiento de la actividad en alta frecuencia, pues obliga a realizar una estimación mensual de su valor agregado, a diferencia del resto de actividades económicas, para las cuales un indicador de producción proporciona una estimación adecuada de su crecimiento en el corto plazo.

En el presente documento se ha descrito la actual metodología de cálculo del valor agregado de la Generación Eléctrica en frecuencia mensual, basada en los resultados de la Compilación de

Referencia 2008 de las Cuentas Nacionales de Chile. En ella se explicita la inclusión del consumo intermedio en el cálculo, al determinar una aproximación de la cuenta de producción de la actividad en cada período. La nueva metodología es comparada con la anterior, basada en los resultados de la Compilación de Referencia 2003 y que incluía los consumos intermedios de manera indirecta, a través de coeficientes técnicos de producción. En ambos casos, la alta volatilidad de la serie de valor agregado resultante sugiere la utilización de un proceso de *benchmarking*, técnica estadística que permite dar consistencia económica al análisis de los resultados.

Por último, el ejercicio de simulación con que finaliza el documento evalúa el impacto que tendría en el PIB el desarrollo de la matriz de generación en base a distintos combustibles para un año en particular. Se concluye que, dada la estructura de precios relativos vigente en la actual base de referencia, un desarrollo en base a carbón implicaría un efecto dos veces mayor respecto a un eventual desarrollo en base a gas natural licuado (GNL), y seis veces mayor si el desarrollo térmico se realizara en base a petróleo diesel.

Referencias

Banco Central de Chile (2011), “Cuentas Nacionales de Chile. Compilación de Referencia 2008”.

Centro de Despacho Económico de Carga del Sistema Interconectado Central (2012), “Estadísticas de Operación 2002-2011”.

Centro de Despacho Económico de Carga del Sistema Interconectado del Norte Grande (2012), “Estadísticas de Operación 2002-2011”.

Comisión Nacional de Energía (2012), “Generación Bruta SIC-SING. Estadísticas de Electricidad / Producción y Consumo”.

Escobar, C.G. y Méndez, M. (2007), “Efecto de la Sustitución de Combustibles en el Valor Agregado de la Generación Eléctrica”, Estudios Económicos Estadísticos N° 61, Banco Central de Chile.

Guerrero, S. et al (2012), “Nuevas series de Cuentas Nacionales encadenadas: Métodos y fuentes de estimación”, Estudios Económicos Estadísticos N° 90, Banco Central de Chile.

**Estudios Económicos Estadísticos
Banco Central de Chile**

**Studies in Economic Statistics
Central Bank of Chile**

NÚMEROS ANTERIORES

PAST ISSUES

Los Estudios Económicos Estadísticos en versión PDF pueden consultarse en la página en Internet del Banco Central www.bcentral.cl . El precio de la copia impresa es de \$500 dentro de Chile y US\$12 al extranjero. Las solicitudes se pueden hacer por fax al: +56 2 26702231 o por correo electrónico a: bcch@bcentral.cl.

Studies in Economic Statistics in PDF format can be downloaded free of charge from the website www.bcentral.cl . Separate printed versions can be ordered at a price of Ch\$500, or US\$12 from overseas. Orders can be placed by fax: +56 2 26702231 or email: bcch@bcentral.cl.

EEE – 98 Mayo 2013
Ajuste Estacional de Series Macroeconómicas Chilenas
Marcus Cobb y Maribel Jara

EEE – 97 Mayo 2013
Exposiciones Intersectoriales en Chile: Una aplicación de las Cuentas Nacionales por Sector Institucional
Ivette Fernández

EEE – 96 Marzo 2013
Series Históricas del PIB y componentes del gasto, 1986-2008
Marcus Cobb, Gonzalo Echavarría, y Maribel Jara

EEE – 95 Febrero 2013
SAM 2008 para Chile. Una Presentación Matricial de la Compilación de Referencia 2008
José Venegas

EEE – 94 Diciembre 2012
Carry-To-Risk Ratio como Medida de Carry Trade
Sergio Díaz, Paula González, y Claudia Sotz

EEE – 93 Diciembre 2012
Medidas de Expectativas de Inflación: Compensación Inflacionaria en Base a Swap Promedio Cámara y Seguro de Inflación
Sergio Díaz

EEE – 92 Agosto 2012
Estadísticas de Colocaciones
Erika Arraño y Beatriz Velásquez

EEE – 91 Abril 2012
Empalme Estadístico del PIB y de los Componentes del Gasto: Series Anuales y Trimestrales 1986-2003, Referencia 2008
Simón Guerrero y María Pilar Pozo

EEE – 90 Marzo 2012
Nuevas Series de Cuentas Nacionales Encadenadas: Métodos y Fuentes de Estimación
Simón Guerrero, René Luengo, Pilar Pozo, y Sebastián Rébora

EEE – 89 Marzo 2012
Implementación del Sexto Manual de Balanza de Pagos del FMI en las Estadísticas Externas de Chile
Juan Eduardo Chackiel y María Isabel Méndez

- EEE – 88** Septiembre 2011
Mercado Cambiario 2000-2010: Comparación Internacional de Chile
María Gabriela Acharán y José Miguel Villena
- EEE – 87** Julio 2011
Cuentas Nacionales por Sector Institucional, CNSI. Metodología y Resultados 2005-2011.I.
División de Estadísticas, Gerencia de Estadísticas Macroeconómicas, Banco Central de Chile
- EEE – 86** Abril 2011
Publicación de Estadísticas Cambiarias del Banco Central de Chile
María Gabriela Acharán y José Miguel Villena
- EEE – 85** Abril 2011
Remesas Personales desde y hacia Chile
Álvaro del Real y Alfredo Fuentes
- EEE – 84** Marzo 2011
Chilean Direct Investment, 2006-2009
Francisco Gaete y Miguel Ángel Urbina
- EEE – 83** Diciembre 2010
Una Caracterización de las Empresas Privadas No Financieras de Chile
Josué Pérez Toledo
- EEE – 82** Mayo 2010
Una Nota Introductoria a la Encuesta de Expectativas Económicas
Michael Pedersen
- EEE – 81** Abril 2010
Una Visión Global de la Deuda Financiera de los Hogares Chilenos en la Última Década
José Miguel Matus, Nancy Silva, Alejandra Marinovic, y Karla Flores
- EEE – 80** Noviembre 2009
Clasificación del Gasto en Consumo Final de los Hogares e Instituciones Privadas Sin Fines de Lucro por Finalidad, Período 2003-2007
Ivette Fernández
- EEE – 79** Noviembre 2009
Empalme de Subclases del IPC de Chile Series Mensuales 1989-2008
Michael Pedersen, Hernán Rubio, y Carlos Saavedra
- EEE – 78** Septiembre 2009
Metodología y Resultados de la Mensualización del PIB Sectorial Trimestral en el Período 1996-2008
Pilar Pozo y Felipe Stanger
- EEE – 77** Julio 2009
Clasificación del Gasto de Consumo Final del Gobierno por Funciones (COFOG) en el Período 2003-2007
Laura Guajardo
- EEE – 76** Junio 2009
Diagnóstico de Estacionalidad con X-12-ARIMA
Mauricio Gallardo y Hernán Rubio
- EEE – 75** Marzo 2009
El Mercado Cambiario Chileno en el Período 1998-2008
Paulina Rodríguez y José Miguel Villena
- EEE – 74** Marzo 2009
Indicadores Cuantitativos de Calidad aplicados a Componentes de la Balanza de Pagos Chilena
Andrea Contreras y Sergio Cooper
- EEE – 73** Marzo 2009
Caracterización de las Colocaciones Bancarias en Chile
José Matus, Daniel Oda, y Nancy Silva
- EEE – 72** Enero 2009
Descripción del Funcionamiento del Mercado Secundario de Bonos Soberanos Locales en Chile
Sergio D'Acuña, Sergio Godoy, y Nicolás Malandre
- EEE – 71** Enero 2009
Examen de las Compensaciones y Precios de Suscripción en el Mercado de Derivados Cambiarios Chileno
Carlos Echeverría, Claudio Pardo, y Jorge Selaive



BANCO CENTRAL
DE CHILE

ESTUDIOS ECONÓMICOS ESTADÍSTICOS • Junio 2013