



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE ECONOMÍA Y NEGOCIOS  
ESCUELA DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN

# **ÍNDICE DE RIESGO DE SEGURIDAD DE SUMINISTRO ENERGÉTICO:**

## **UNA PROPUESTA PARA CHILE**

**MANUEL MEERSOHN MEERSOHN**

SEMINARIO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO COMERCIAL  
MENCIÓN ADMINISTRACIÓN

Profesor Guía: Eugenio Figueroa B.

Santiago, Chile

2016



# Tabla de Contenidos

Tabla de Contenidos .....	3
Agradecimientos.....	5
Introducción .....	6
Objetivos del trabajo .....	8
Marco teórico .....	9
Índice de riesgo en seguridad de suministro energético: Una propuesta para Chile. ....	11
I. Métricas de combustibles a nivel global.....	14
1. Seguridad de las reservas globales de petróleo.....	16
2. Seguridad de la producción mundial de petróleo.....	20
3. Seguridad de las reservas globales de gas natural.....	23
4. Seguridad de la producción mundial de gas natural.....	25
5. Seguridad de la producción mundial de carbón .....	27
II. Métricas de importación de combustibles .....	29
6. Exposición por importación de petróleo.....	31
7. Exposición por importación de gas natural.....	38
8. Exposición por importación de carbón .....	41
9. Gasto en importación de combustibles fósiles .....	43
10. Gasto en importación de combustibles fósiles como porcentaje del PIB .....	44
III. Métricas de gasto en energía .....	46
11. Gasto en energía en relación al PIB.....	46
12. Gasto en energía por número de hogares .....	50
13. Precios de retail de electricidad .....	50
14. Precio del petróleo crudo.....	52
IV. Métricas de volatilidad de precios y mercados .....	53
15. Volatilidad en el precio del petróleo crudo .....	53
16. Volatilidad del gasto por importación de energía.....	54
17. Uso de la capacidad de refinación total .....	55
18. Stock de reserva de petróleo .....	57

V. Métricas de intensidad de uso de energía .....	58
19. Consumo energético primario per cápita .....	58
20. Intensidad en el consumo energético .....	59
21. Intensidad en el consumo de combustibles fósiles .....	60
22. Eficiencia en el consumo residencial.....	61
23. Eficiencia en el consumo comercial .....	62
24. Eficiencia en el consumo industrial.....	63
VI. Métricas del sector eléctrico .....	65
25. Diversidad en la capacidad de generación eléctrica .....	65
26. Márgenes en la capacidad eléctrica.....	67
27. Millas de transmisión de energía eléctrica .....	69
VII. Métricas del sector de transportes .....	70
28. Promedio de millas por galón de combustible en vehículos motorizados .....	70
29. Millas recorridas por vehículo por PIB .....	71
30. Uso de combustibles alternativos para el transporte.....	73
VIII. Métricas medioambientales.....	75
31. Emisiones de CO <sub>2</sub> por el sector Energía .....	76
32. Emisiones de CO <sub>2</sub> del sector energía, per cápita.....	79
33. Intensidad de las emisiones de CO <sub>2</sub> del sector energía .....	79
34. Electricidad poco intensiva en CO <sub>2</sub> .....	79
IX. Métricas de Investigación y Desarrollo.....	81
35. Inversión industrial en I+D enfocado a Energía .....	81
36. Inversión estatal en I+D enfocado a Energía.....	82
37. Educación terciaria en la población .....	83
Conclusiones.....	85
Fuentes y Referencias.....	87
Anexo 1 .....	94

## Agradecimientos

Agradezco a mi familia por apoyarme y formarme para ser la persona que soy.

Gracias Eduardo y Verónica, Baldomero y Sonia, Marcos y Eliana.

A María Jesús, por la compañía incondicional y la inspiración para continuar día a día.

A mis profesores y ayudantes, que generosamente comparten y traspasan sus conocimientos a las nuevas generaciones. Mención especial para el profesor Eugenio Figueroa, por tener la disposición de acompañar mi trabajo y brindarme sus consejos.

## Resumen

La seguridad energética de un país se define como su capacidad para satisfacer la demanda nacional de energía con suficiencia, oportunidad, sustentabilidad y precios adecuados, en el presente y hacia el futuro.

No es posible encontrar estudios que integren todas las aristas relacionadas a la seguridad de suministro energético de nuestro país, de modo que sea factible hacer un seguimiento de la evolución del riesgo derivado de la forma en que Chile obtiene las materias primas que componen su matriz energética.

Se ha observado la situación de dependencia extrema a la importación de combustibles fósiles para sustentar el consumo energético de los distintos sectores de la economía. Esto implica una matriz energética poco sustentable en el largo plazo, por restricciones de disponibilidad de reservas de estos combustibles fósiles, que repercuten en inestabilidad y tendencia al alza de precios; así como también por las presiones crecientes de los organismos internacionales para que se adopten tecnologías de generación basadas en fuentes energéticas renovables y poco intensivas en emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero.

Por lo anterior, es urgente contar con herramientas que permitan un análisis de la evolución de las distintas variables de riesgo, permitiendo así encausar las políticas públicas y medir el éxito o fracaso relativo de éstas según la evolución de los indicadores de riesgo relacionados.

## Introducción

La seguridad energética de un país se define como su capacidad para satisfacer la demanda nacional de energía con suficiencia, oportunidad, sustentabilidad y precios adecuados, en el presente y hacia el futuro<sup>1</sup>. La problemática de la seguridad energética constituye en la actualidad uno de los temas centrales que afectan de forma esencial a las economías y la política de seguridad de los Estados<sup>2</sup>.

En Chile la preocupación por la seguridad de suministro energético ha sido históricamente tratada por el sector privado, siendo el Estado un garante de cumplimiento de la ley y regulador de los mercados. Desde el año 1982, con la promulgación de la Ley de Servicios Eléctricos, la privatización de la generación, transmisión y distribución eléctrica no hizo más que intensificar esta situación. Esto explica el status actual en que existen mercados oligopolios en los dos principales sistemas interconectados del país los que, hasta el momento, han sido reaccionarios ante la contingencia para la generación de una matriz energética diversificada que asegure cumplir con los requerimientos para la optimización de las variables de riesgo para Chile.

No es sino hasta el año 2008 cuando, considerando la real importancia de un correcto uso de las enormes potencialidades de los recursos internos, se promulgó la Ley 20.257, que redujo la libertad de los mercados para auto-

---

<sup>1</sup> NAVARRETE, Jorge Eduardo. "Seguridad energética, ¿para quién?". En: <http://www.jornada.unam.mx/2008/05/29/index.php> , Mayo 2008.

<sup>2</sup> QUINTO, Javier. "Seguridad de suministro: un valor en alza para la política energética y en la política de seguridad nacional". En: UNISCI Discussion Papers. Universidad Complutense de Madrid, N° 13. pp 185 – 199. Enero 2007.

regularse y definir internamente la composición de la matriz eléctrica, con el fin de conseguir un 5% de participación de las fuentes renovables para el año 2010.

Es frecuente leer textos de carácter técnico, político y sociológico que analicen la contingencia energética chilena. Sin embargo, no es posible encontrar estudios que integren de forma sistemática y clara todas las aristas relacionadas a la seguridad de suministro energético de nuestro país, de modo que sea factible hacer un seguimiento de la evolución del riesgo derivado de la forma en que Chile obtiene las materias primas que componen su matriz energética.

En este tema, como en cualquier otro de su relevancia en la política y planificación estratégica de largo plazo de los Estados, se requiere de consensos en las cifras e indicadores que se tomarán en cuenta para generar estándares de evolución inter-temporal. Estos servirán para dar una lectura más precisa e integral en determinado punto del tiempo.

## Objetivos del trabajo

Este seminario de título se enfocará en proponer un índice que agrupe los distintos criterios y aristas para dar una mirada general al estado de la seguridad de suministro energético para Chile y, a su vez, al riesgo de no-suministro de esta industria, que se traducirá en mayor riesgo sistémico para todos los ámbitos de la economía.

En consecuencia, se ha propuesto generar un marco que pueda ser replicado año a año, con enfoque en la búsqueda de experiencia de estudio en el tema,

para generar la base de estudio de la realidad chilena. Esto para adecuar metodologías existentes a las particularidades de este país, y seleccionar las mejores fuentes de información para cada una de las aristas del tema de suministro energético. El criterio será el uso de fuentes de datos locales, preferentemente de organismos públicos, sociedades empresariales, agrupaciones gremiales reconocidas o centros de estudios nacionales que aseguren confiabilidad de los datos requeridos.

## Marco teórico

La literatura revisada para dar base teórica a este trabajo hace referencia al significado de “seguridad de suministro energético” y los alcances y relevancia de este concepto en un mundo donde no sólo la disponibilidad de la energía es vital, sino que la naturaleza de ésta.

Una definición compartida por varios organismos internacionales, como la IEA, hace referencia a la probabilidad de que la energía se suministre en forma continua a un Estado (IEA, 2002). Una falla en el correcto suministro energético provoca impactos negativos a nivel social y económico (Yusta, 2009).

Para (Chester, 2010) el concepto de “seguridad del suministro energético” posiciona a la energía como eje estratégico en el desarrollo de todo país. El aseguramiento de este recurso tiene varias dimensiones, que pasan por su disponibilidad, adecuación de infraestructura y capacidad energética, asequibilidad y sostenibilidad. Sin embargo, estas dimensiones por sí solas no ayudarán a dar una respuesta óptima al tema, dado el aspecto transversal del impacto que las fuentes energéticas tengan sobre el cambio climático, por medio de emisiones de gases de efecto invernadero. Es por esto que las

naciones más avanzadas han tomado el camino del desarrollo de tecnologías energéticas limpias (Nuttall, Manz, 2008).

La seguridad de suministro energético tiene directa relación con las variables micro y macroeconómicas. Según el informe “Estrategia Europea de Seguridad” (ISS-EU, 2003) las políticas de comercio exterior son cruciales para llevar una correcta política energética que permita el abastecimiento continuo. En esta línea, las importaciones y exportaciones de energía pueden tener gran impacto en la balanza de pagos, y sus costos son un factor importante para la inflación y la competitividad internacional de la economía (CIEP, 2004).

El suministro energético se basa en la interacción de procesos, actores, industrias, tecnologías, etc. con características muy diferentes entre sí, pero en caso de crisis estas cadenas interaccionan traspasando los factores críticos de uno a otro (Quinto, 2007). La ocurrencia de fallas en esta cadena es frecuentemente de carácter técnico, pero también existen amenazas no técnicas que pueden afectar a la seguridad de suministro energético (Yusta, 2009).

La clasificación de amenazas no técnicas abarca todos aquellos riesgos de tipo geopolítico, estratégico, geográfico, y militar que impactan el suministro energético a un país (Correa, 2010).

## **Índice de riesgo en seguridad de suministro energético: Una propuesta para Chile.**

Luego de una investigación de las modalidades existentes, se determinó que un buen *benchmark* para desarrollar un índice anual para Chile es el trabajo realizado por el *U.S. Chamber of commerce* a través del *Institute for 21st. Century energy* en la creación del *Index of U.S. energy security risk* y del *International index of energy security risk*.

Para respaldar la importancia de esta iniciativa en la obtención de información útil para los distintos sectores de una economía, es importante señalar que el *U.S. Chamber of Commerce* es la federación de negocios más grande del mundo, representando los intereses de más de 3 millones de negocios, además de cámaras estatales y locales y asociaciones industriales.

La misión del *Institute for 21st. Century energy* es unificar políticos, reguladores, líderes de negocios, y al público estadounidense en torno a una estrategia de sentido común para ayudar a mantener a los EEUU seguros, prósperos, y limpios. A través del desarrollo de políticas, educación y patrocinio, el Instituto está construyendo apoyo para acciones significativas a niveles locales, estatales, nacionales e internacionales.

Así, a partir del 2011, el Instituto viene realizando un índice que estudia el comportamiento del riesgo de suministro energético para los EEUU. También el 2012 comenzó a generar un nuevo índice internacional, para estudiar de forma complementaria el cómo las fluctuaciones en el mercado se explican sólo viendo lo que sucede en el resto del mundo, debido a la naturaleza global de todas las grandes operaciones y transacciones intra e inter economías.

El objetivo de este trabajo es aplicar el *Index of U.S. Energy security risk* al contexto chileno, creando el “*Índice de riesgo en seguridad de suministro energético para Chile*”. Para determinar el riesgo en seguridad de suministro para Chile, este índice asignará valores a las métricas mediante data de buena calidad, dándole prioridad a fuentes nacionales, salvo en las métricas de carácter internacional.

Para efectos de este trabajo, se respetarán las unidades de medida establecidas en el *Index of U.S. Energy security risk*, para así facilitar la posterior comparación y análisis de resultados contemplando data procesada por el U.S. Chamber of commerce.

El índice, al igual que el *Index of U.S. Energy security risk*, se compondrá de treinta y siete métricas distintas, agrupadas en nueve categorías, que a su vez responden a cuatro áreas primarias de riesgo o sub-índices. Reproduciendo los criterios del informe original, pero aplicándolos a la realidad chilena, estas cuatro áreas o dimensiones primarias de riesgo serán nombradas y explicadas a continuación:

- **Dimensión geopolítica del riesgo:** Nace a partir del hecho de que la mayoría de las fuentes de energía utilizadas en Chile son importadas y transadas en los mercados globales como *commodities*. Además estas fuentes son acotadas de acuerdo a la disponibilidad de reservas y a los niveles de explotación de los países que hoy exportan energías, y de los costos de transporte determinados por la distancia relativa al país de destino. Esto trae consigo incertidumbre derivada de que disputas internacionales puedan convertirse en problemas de suministro energético, entendiendo la energía como un ítem estratégico de las naciones.

Así, depender de otros países incrementa el riesgo de suministro. Según datos del Balance Nacional Energético, considerando sólo las energías primarias consumidas para el período 2013, la proporción de energía extranjera es de 59,33%, cifra que nos acerca a la necesidad de estudiar empírica y sistemáticamente los riesgos que asumimos en el suministro energético.

- **Dimensión económica del riesgo:** Hace referencia a la incertidumbre por la alta volatilidad de los precios de los combustibles, la que tiene grandes implicancias en los presupuestos de hogares, negocios e industrias. Precios altos se traducirían en el largo plazo en disminución de la riqueza y de las posibilidades de competencia de Chile.

Además, la dependencia de suministro tiene un importante efecto en la balanza comercial.

- **Dimensión de confiabilidad del riesgo:** El suministro confiable de energía es fundamental para la seguridad y prosperidad de cualquier nación. Las fallas o cortes son caros, y existe gran riesgo de que esto ocurra producto de accidentes o sabotaje de infraestructura crítica.
- **Dimensión medioambiental del riesgo:** Las emisiones de dióxido de carbono y de otros gases de efecto invernadero provenientes del tratamiento de combustibles fósiles representan el mayor riesgo medioambiental del sector energético.

La incertidumbre que provoca el cambio climático y las medidas para mitigar los impactos de éste son parte de esta área.

En la misma línea de facilitar la eventual comparación con datos internacionales, se optó por usar como referente monetario el dólar

estadounidense, por ser la divisa más comúnmente usada para tal efecto. Además, permitirá la observación de la evolución del riesgo como parte de un mercado global, del que Chile depende en gran medida para sustentar su consumo energético.

Así, se procedió a buscar un año base con el cual poder estandarizar las distintas fuentes de datos. El método utilizado fue el análisis de varianza interna entre los distintos años del período 2009-2015, según la información cambiaria del Servicio Nacional de Aduanas. Se concluyó que el año con mayor estabilidad en el tipo de cambio a moneda chilena fue el 2012, que en promedio fue de CLP486,5 por 1USD, con una desviación estándar de CLP 9,8. Esto determinó la elección de este año como base, lo que deriva en un PIB anual para el año en estudio de US\$282.080.013.703.

A continuación se procederá a describir y calcular las categorías del índice, cada una con su correspondiente cantidad de métricas que abordarán distintas aristas particulares del tema. Los resultados recopilados de valores nominales y modificación de porcentajes para la formulación de los sub-índices de riesgo, además de la relación proporcional que tenga cada métrica en particular con el riesgo total, se encontrarán en el Anexo 1.

### *1. Métricas de combustibles a nivel global*

Miden la confiabilidad y diversidad de las reservas y suministro global de petróleo, gas natural y carbón.

Las métricas son construidas a partir de las reservas y producción de cada uno de estos combustibles en cada país, y extraídas de datos encontrados en el sitio web del *U.S. Energy Information Administration*, (E.I.A.) en su sección de estadísticas internacionales del sector energético.

Esta data es ponderada por el índice de libertad publicado por Freedom House todos los años, a partir de 1972, en su informe *Freedom of the World*, que asigna valores a los países de acuerdo a estudios en las categorías de derechos políticos y libertades civiles, siendo el valor “1” muestra de gran libertad y el valor “7” muestra de muy poca libertad en el país correspondiente. Para efectos de análisis se utilizará un promedio simple entre las categorías nombradas.

El supuesto que usa el *Institute for 21st. Century energy* al utilizar la libertad de los países es que a una mejor evaluación en el ranking para un país, o sea a menor valor en el índice, mayor es la confiabilidad y la seguridad de sus reservas y su producción para la economía mundial.

Esto es luego ajustado por un índice de diversidad de las reservas y producción del combustible, que se calcula mediante un índice de participación de mercado, llamado Herfindahl-Hirschman (HHI) (cuyo valor máximo es 10.000, el que indica monopolio absoluto), a través de procedimientos realizados por el *Institute for 21st. Century energy*. Esta métrica indica el riesgo promedio por unidad de combustible a nivel global.

Estas métricas están diseñadas como una medida de riesgo por sí mismas, a diferencia de otras que inicialmente se construyen en unidades físicas o monetarias para luego convertir las métricas en mediciones de riesgo.

Es necesario también aclarar que existen casos en que la cantidad de naciones que muestren valores de extracción es mayor a aquellas con registro de reservas de los combustibles en cuestión. Esto es debido a que en caso de la extracción, los datos son registrados a partir de la actividad económica contingente, mientras que en caso de las reservas, éstas son registradas e

informadas por la EIA sólo para los casos probados mediante estudios rigurosos que cumplan estándares de credibilidad.

Por último, dadas las condiciones de suministro diferentes de EEUU, estos dan gran realce al gas natural y petróleo crudo en el riesgo por importaciones, dejando de lado la importancia del riesgo por importación de carbón.

Ignorar este combustible para el caso chileno sería contraproducente y le quitaría validez a este índice. El 2013 el carbón, medido en unidades energéticas, representó, según datos del Balance Nacional Energético, un 32% del total de las importaciones de energías primarias en Chile. Dado esto, se ha procedido a incorporar este combustible en las Métricas de importación, lo que significará no solo la modificación de algunas sino que el agregar una nueva métrica. Para no afectar así las ponderaciones sobre todos los sub-índices, se tomó la decisión de eliminar la métrica “Seguridad de las reservas globales de carbón” de esta categoría, dado que se privilegiará la medición del riesgo a largo plazo. Según el World Energy Council en el informe “World Energy Sources: Coal” escrito el 2013, el carbón es el combustible fósil más abundante en la tierra. Se estima que dada la tendencia de crecimiento de demanda de carbón, las reservas probadas de 869 billones (U.S.) de toneladas métricas debieran cubrir la producción de alrededor de 115 años, muy por encima de otros combustibles fósiles. Además, el mismo informe afirma que según otras estimaciones, las reservas reales son al menos 4 veces mayores que las probadas.

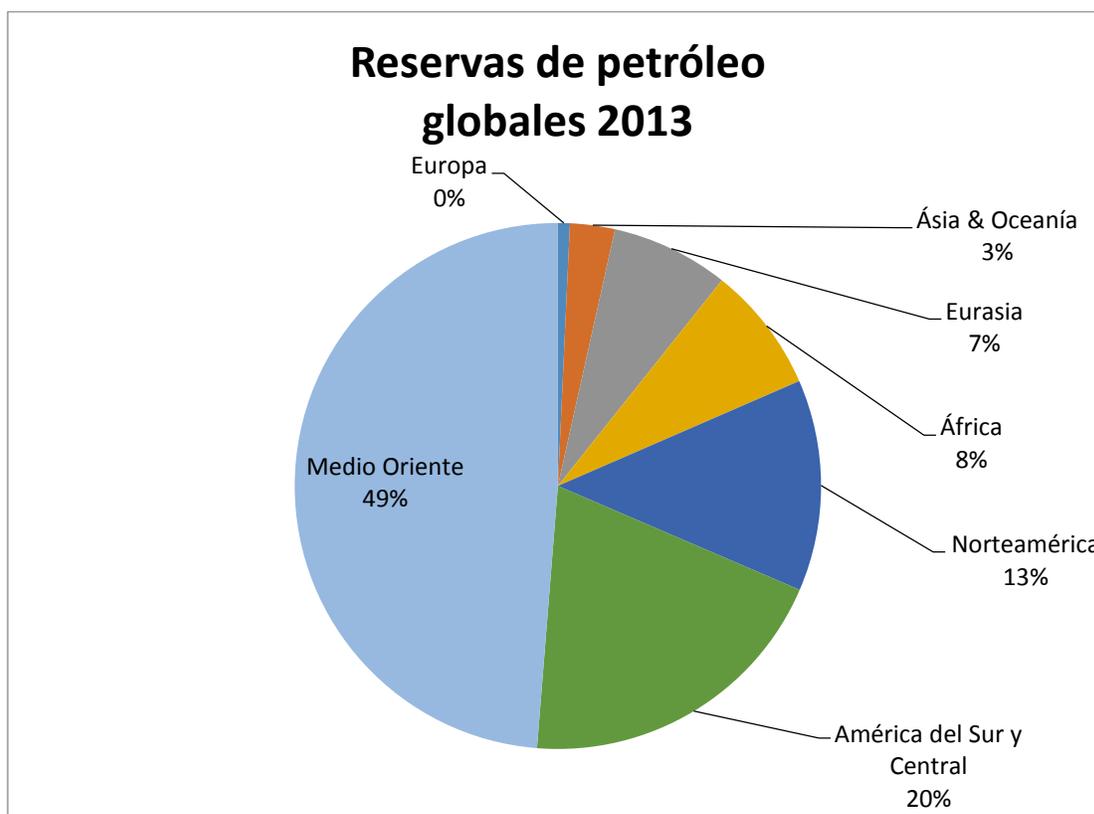
#### 1. Seguridad de las reservas globales de petróleo

Esta métrica se construye en base a la disponibilidad de reservas de petróleo a nivel global, e indica el riesgo relacionado al barril promedio de petróleo en

reservas. Por tratarse de las reservas, esta métrica apunta a la medición de riesgos de largo plazo.

Este combustible está fuertemente concentrado en ciertos territorios del planeta. De hecho, del total de 1645,98 billones de barriles existentes al año 2013, un 82% se encuentra en Medio Oriente y en el continente americano, lo que implica un gran riesgo geopolítico (ver Ilustración I.1.1). Si hubiera problemas económicos, de infraestructura, desastres naturales, guerras u otros en cualquiera de estas dos regiones, el mundo entero lo resentiría.

### **Ilustración I.1.1.**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del International energy statistics, E.I.A.

Paralelo a la fuerte concentración regional, la situación se agrava por el hecho de que los diez países con mayores reservas en el mundo concentran un 85% de éstas, como es posible de observar en la **Tabla I.1.1**. Además, esta tabla

muestra el promedio entre los ítems derechos políticos y libertades civiles de los índices de libertad respectivos a cada país. La media es 5 puntos, lo que representa una libertad bastante limitada y que implicaría que estas fuentes son muy poco confiables y seguras, aumentando el riesgo de suministro para el mundo en general en una economía globalizada como la actual. Sin embargo, si se considera un promedio ponderado de acuerdo al volumen de reservas respectivo a cada país, este riesgo disminuye por mayor índice de libertad en la media de 4,39.

**Tabla I.1.1.**

<b>Mayores reservas de petróleo a nivel global (2013)</b>		
<b>País/valores</b>	<b>Reservas 2013</b>	<b>F.I. 2013</b>
<b>Venezuela</b>	<b>297,57</b>	<b>5</b>
<b>Arabia Saudita</b>	<b>267,91</b>	<b>7</b>
<b>Canadá</b>	<b>173,1052</b>	<b>1</b>
<b>Irán</b>	<b>154,58</b>	<b>6</b>
<b>Iraq</b>	<b>141,35</b>	<b>6</b>
<b>Kuwait</b>	<b>104</b>	<b>5</b>
<b>Emiratos Árabes Unidos</b>	<b>97,8</b>	<b>6</b>
<b>Rusia</b>	<b>80</b>	<b>5,5</b>
<b>Libia</b>	<b>48,01</b>	<b>4,5</b>
<b>Nigeria</b>	<b>37,2</b>	<b>4</b>
<b>Mundo</b>	<b>1.645,984</b>	<b>-</b>

Fuente: Construcción propia a partir de datos encontrados en International energy statistics, E.I.A. y datos del estudio *Freedom of the World* de Freedom House. Dato de reservas en billones norteamericanos de barriles.

Más aún, los dos mayores países depositarios de petróleo, Venezuela (297,57 billones de barriles) y Arabia Saudita (267,91 billones de barriles) concentran cerca del 35% del total del combustible en su territorio. Lo más inquietante es que ambos países presentan índices de libertad muy altos, o sea poca libertad

interna, promediando 6 puntos de 7, lo que implica un gran riesgo geopolítico y de confiabilidad de suministro para el mundo entero, respetando los supuestos antes expuestos.

Para la construcción del valor nominal de la métrica, se calculará un índice inicial denominado “Libertad de Suministro”, mediante la suma del total de los productos entre cantidad de barriles de petróleo crudo en reserva y el índice de libertad promedio de cada país, ponderado el resultado por el total de petróleo en reserva a nivel global. Este valor debe estar entre 1 y 7, al igual que el Freedom Index, donde a menor valor, mayor será la libertad exhibida.

Para este año en particular, la Libertad de Suministro para las reservas globales tiene un valor de 5, valor clasificado como de “libertad parcial”. Las mayores concentraciones del combustible en cuestión se encuentran en países con libertades muy restringidas.

Luego, el índice de Herfindahl-Hirschman fue calculado utilizando los porcentajes de participación en las reservas mundiales de todos aquellos países que las posean, lo que da un total de 98 naciones. El valor de este índice para el año 2013 es de  $HHI=991$ , lo que implica que la participación en las reservas de petróleo están casi en un punto en que se consideren “moderadamente concentradas” según los estándares de las instituciones encargadas de auditar fusiones horizontales en los EEUU, las que consideran que un valor de  $HHI=1000$  entra en esta clasificación (Sin embargo, si se utilizaran los bloques regionales-político-culturales que muestra la Ilustración I.1.1, este índice aumentaría a  $HHI= 3057$ ).

La EIA ha estimado que el impacto en el riesgo que tiene la variación de los índices de libertad de Freedom House es más que proporcional, por lo que en

el cálculo de la métrica final se toma su valor cuadrado. Por el contrario, el indicador de diversidad de suministro, calculado a partir de HHI, tiende a sobreestimar las variaciones en la participación del mercado, por lo que se ha estimado que su incidencia sobre el riesgo es menos que proporcional, por lo que se ocupará para el cálculo su raíz cuadrada.

Así, el producto entre el valor al cuadrado de la libertad de suministro y la raíz cuadrada de la diversidad de suministro para las reservas de petróleo crudo dan un valor nominal para esta métrica de 788.

## 2. Seguridad de la producción mundial de petróleo

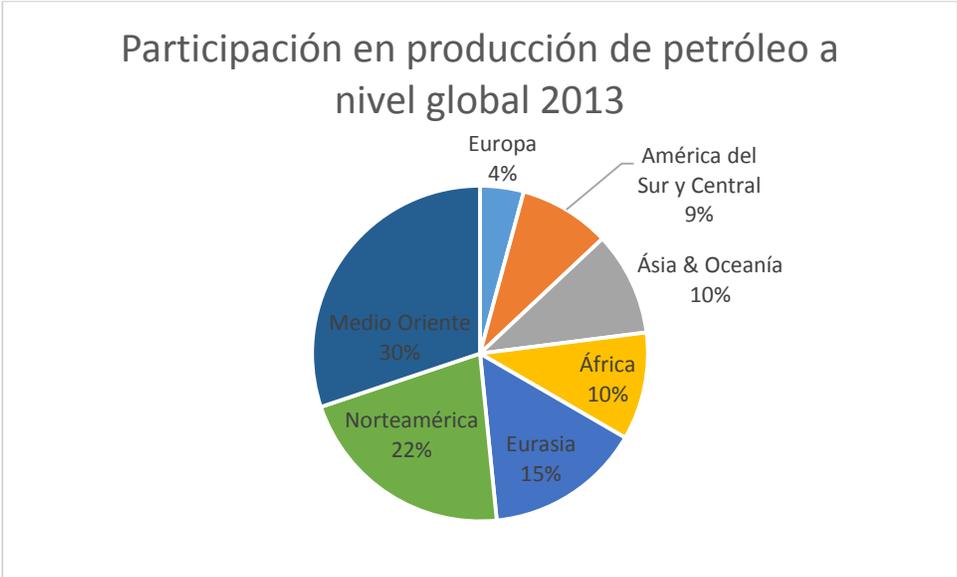
Esta métrica es un índice que representa la producción de petróleo a nivel global, e indica el riesgo relacionado al barril promedio producido. A pesar de que un mejor término para este ítem sería el de “extracción de petróleo”, se respetará la terminología utilizada por el *Institute for 21st. Century energy*

La producción global de petróleo está marcadamente concentrada en ciertos territorios del planeta. De hecho, del total de 32.899.645.759 barriles producidos al año 2013, un 61% corresponde a Medio Oriente y al continente americano, siguiendo la tendencia de las reservas, lo que implica un gran riesgo geopolítico. La ilustración I.2.1 muestra la participación en la producción de petróleo de las distintas regiones del mundo.

Paralelo a la fuerte concentración regional, agrava la situación el hecho de que los diez países con mayor producción total reportada al año 2013 concentran un 64,6% del total producido a nivel global, como es posible de observar en la Tabla I.2.1. Más aún, los tres mayores países productores de petróleo, EEUU (4.505.110.000 barriles), Arabia Saudita (4.234.129.460 barriles) y Rusia

(3.844.815.990 barriles) concentran más del 38% de la producción del combustible.

**Ilustración I.2.1**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del International energy statistics, E.I.A.

Además, esta tabla muestra el promedio entre los dos ítems derechos políticos y libertades civiles de los índices de libertad respectivos a cada país, siendo la media de estos 4,7 puntos, lo que representa una libertad bastante limitada y que implicaría que estas fuentes son muy poco confiables y seguras, aumentando el riesgo de suministro para el mundo en general en una economía globalizada como la actual. Sin embargo, este riesgo disminuye notoriamente por mayor índice de libertad en la media de 2,93 si se considera un promedio ponderado de acuerdo al volumen de producción respectivo, lo que es una muy buena señal para los mercados, debido a que el riesgo asociado a cada barril producido y distribuido en el mundo es notablemente menor si se considera el indicador ponderado.

Ya que este es un indicador global, pierde su importancia el destino de consumo que tenga esta producción, ya sea interna o externa. Sin embargo, el

valor de esta métrica se vería afectada si se considerara que, por ejemplo, EEUU, el país con mayor explotación de petróleo, no es exportador de crudo sino que de derivados, debido a regulaciones internas que datan de 1970, por lo que el impacto de la ponderación de valor 1 del Freedom Index no se traspa a otros países sino que es puramente beneficio interno.

**Tabla I.2.1**

<b>Mayor producción de petróleo a nivel global (2013)</b>		
<b>País/valores</b>	<b>Producción 2013</b>	<b>F.I. 2013</b>
<b>Estados Unidos</b>	<b>4.505.110,00</b>	<b>1</b>
<b>Arabia Saudita</b>	<b>4.234.129,46</b>	<b>7</b>
<b>Rusia</b>	<b>3.844.815,99</b>	<b>5,5</b>
<b>China</b>	<b>1.627.685,65</b>	<b>6,5</b>
<b>Canadá</b>	<b>1.486.961,96</b>	<b>1</b>
<b>Emiratos Árabes Unidos</b>	<b>1.178.799,51</b>	<b>6</b>
<b>Irán</b>	<b>1.165.215,21</b>	<b>6</b>
<b>Irak</b>	<b>1.116.057,40</b>	<b>6</b>
<b>México</b>	<b>1.061.359,33</b>	<b>3</b>
<b>Kuwait</b>	<b>1.026.322,48</b>	<b>5</b>
<b>Mundo</b>	<b>32.899.645,76</b>	<b>-</b>

Fuente: Construcción propia a partir de datos encontrados en International energy statistics, E.I.A. y datos del estudio *Freedom of the World* de Freedom House. Datos de producción en miles de barriles.

La Libertad de Suministro se obtendrá mediante el producto de la participación en la extracción anual de una nación y su respectivo índice de libertad, resultando para este año en un valor de 4,3. Se ocupará el cuadrado de este valor para el cálculo de esta métrica por considerarse que el riesgo varía de forma más que proporcional a la variación de este índice.

Luego, el índice de Herfindahl-Hirschman fue calculado utilizando los porcentajes de participación en la producción global de todos aquellos países que lleven a cabo esta actividad, lo que da un total de 133 naciones. El valor

de este índice para el año 2013 es de  $HHI=647$ , lo que implica que la participación en la producción de petróleo está en niveles de concentración aceptables según los estándares de las instituciones encargadas de auditar fusiones horizontales en los EEUU. Se ocupará la raíz cuadrada de este valor para el cálculo de la métrica por considerarse que el riesgo varía de forma menos que proporcional a la variación de las participaciones de mercado. (Sin embargo, si se utilizaran divisiones regionales-político-culturales que muestra la Ilustración I.2.1, este índice aumentaría a  $HHI= 1898$ , provocado en gran medida por la participación de Medio Oriente en este mercado).

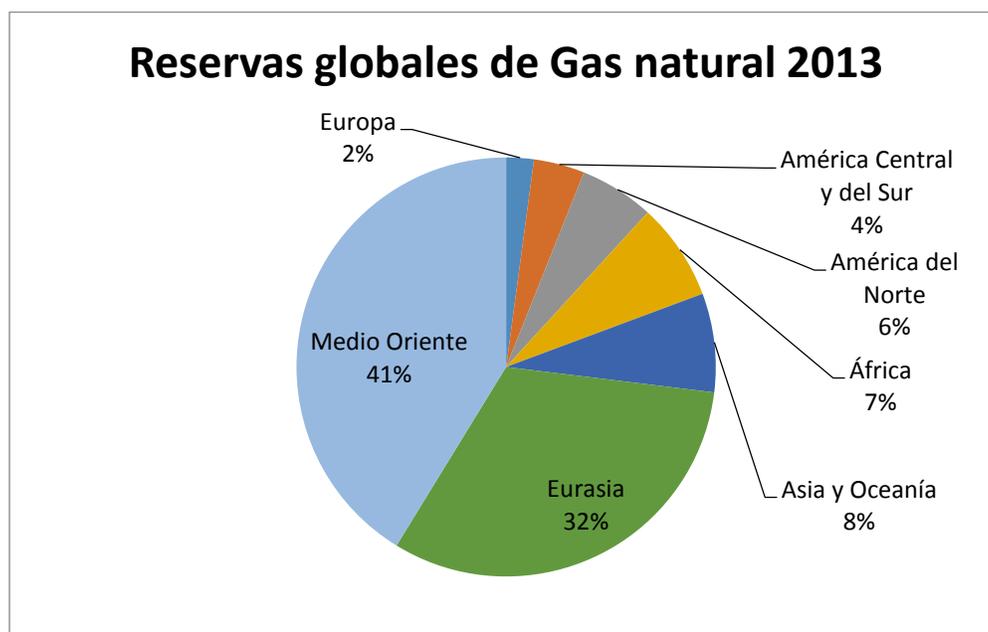
Así, el producto entre el valor al cuadrado de la libertad de suministro y la raíz cuadrada de la diversidad de suministro para la extracción de petróleo crudo a nivel global da un valor nominal de 476.

### 3. Seguridad de las reservas globales de gas natural

Esta métrica indica el nivel de riesgo asociado al metro cúbico promedio de las reservas de gas natural (GN) en el mundo. Al medir las reservas existentes, implica claramente preocupaciones y riesgos de largo plazo.

Es posible observar cómo la gran concentración y riesgo geopolítico del petróleo se reproduce de forma más marcada en el caso del GN. Entre Medio Oriente y Eurasia se concentra un 73% del total de 6.845 kilómetros cúbicos que componen las reservas globales de este combustible al año 2013. La ilustración I.3.1 muestra la distribución de las reservas de GN en el mundo:

### Ilustración I.3.1.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de International energy statistics, E.I.A.

Tan solo considerando las reservas de Rusia (25%), Irán (17%) y Qatar (13%), un 55% del total de reservas de GN se localiza en países con libertades restringidas, con un promedio de índice de libertad de 5,7, afectando así la disponibilidad del combustible en el mundo. La posición en las negociaciones a partir de la invasión de Ucrania el año 2014, cuando Rusia planteó la posibilidad de cortar el suministro a toda Europa, es un ejemplo del grado en que esto afecta al riesgo de seguridad de suministro.

Para la construcción del valor nominal de la métrica, primero se calculará la Libertad de Suministro, mediante la suma del total de los productos entre cantidad de kilómetros cúbicos de GN en reserva y el índice de libertad promedio de cada país, ponderado el resultado por el total de GN en reserva a nivel global. Este valor debe estar entre 1 y 7, al igual que el Freedom Index, donde a menor valor, mayor será la libertad exhibida.

Para este año en particular, la Libertad de Suministro para las reservas globales tiene un valor de 5,2, valor clasificado como de “libertad parcial”, determinado porque las mayores concentraciones de GN se encuentran en países con libertades muy restringidas.

Luego, el índice de Herfindahl-Hirschman fue calculado utilizando los porcentajes de participación en las reservas mundiales de todos aquellos países que las posean, lo que da un total de 99 naciones. El valor de este índice para el año 2013 es de  $HHI=1.182$ , lo que implica que la participación en las reservas de GN son “moderadamente concentradas”.

La EIA ha estimado que la variación de los índices de libertad de Freedom House tiene un impacto en el riesgo más que proporcional, por lo que en el cálculo de la métrica final se toma su valor cuadrado. Por el contrario, el indicador de diversidad de suministro, calculado a partir de HHI, tiende a sobreestimar las variaciones en la participación del mercado, estimándose que su incidencia sobre el riesgo es menos que proporcional, por lo que se ocupará para el cálculo su raíz cuadrada.

Así, para las reservas de GN, el producto entre el valor al cuadrado de la libertad de suministro y la raíz cuadrada de la diversidad de suministro da un valor nominal para esta métrica de 920.

#### **4. Seguridad de la producción mundial de gas natural**

Esta métrica indica el nivel de riesgo asociado al metro cúbico promedio de GN producido en el mundo.

EEUU y Rusia son los mayores productores de GN, con tamaños y participación del mercado bastante similares y muy por encima de cualquier

otro país, concentrando entre ambos un 38% del total de 121,3 kilómetros cúbicos extraídos el año 2013.

Para esta métrica, la Libertad de Suministro se obtendrá mediante el producto de la participación en la extracción anual de una nación y su respectivo índice de libertad, resultando para este año en un valor de 3,8 que indica que el suministro es parcialmente libre. Se ocupará el cuadrado de este valor para el cálculo de esta métrica por considerarse que el riesgo varía de forma más que proporcional a la variación del índice.

Luego, el índice de Herfindahl-Hirschman fue calculado utilizando los porcentajes de participación en la producción global de todos aquellos países que lleven a cabo esta actividad, lo que da un total de 94 naciones. El valor de este índice para el año 2013 es de  $HHI=879$ , lo que implica que la participación en la producción de GN está en niveles de concentración aceptables. A pesar de la magnitud del HHI, es indudable el nivel de influencia y repercusión sobre los mercados internacionales que tienen las medidas de EEUU y Rusia, y por esto es posible afirmar que este es un caso ejemplo de cómo el HHI puede subestimar (o sobreestimar) el poder de ciertos participantes dentro de un mercado, camuflados por la existencia de muchos otros incumbentes con una baja participación generalizada. Luego de Rusia, el tercer mayor productor es Irán, con un modesto 4,6% de la oferta anual. Consecuentemente, se ocupará la raíz cuadrada del valor calculado para el cálculo de la métrica por considerarse que el riesgo varía de forma menos que proporcional a la variación de las participaciones de mercado.

Este es un mercado muy interesante de analizar, debido a que es posible observar que el mayor productor, EEUU, tiene tan solo un 4,5% de las reservas globales del combustible, mientras que otros países con grandes

reservas, y por lo tanto grandes ventajas comparativas, no están produciendo al nivel de sus potencialidades. Es por esto que se debiese esperar un gran cambio y ajuste de las condiciones de competencia de otras economías en el largo plazo, dado que una vez que se realicen inversiones que permitan aumentar la extracción de este combustible en otros puntos del globo, el mercado global debiera tender a dar un gran salto

Para finalizar, el producto entre el valor al cuadrado de la libertad de suministro y la raíz cuadrada de la diversidad de suministro para la extracción de GN a nivel global, da un valor nominal de 428 para esta métrica.

## 5. Seguridad de la producción mundial de carbón

Esta métrica indica el nivel de riesgo asociado a la tonelada promedio de carbón producida en el mundo.

Este dato es de especial importancia para el año 2013, ya que a partir de los datos de la EIA es posible observar que el mercado del carbón, con 68 países componentes de la oferta de 8.144 millones de toneladas, está especialmente concentrado en China, con un 48% del total de toneladas extraídas en el mundo, mientras que el resto de países, liderados por EEUU, con un 11% de la extracción, se reparten en mínimas partes el resto de la participación. Esto implica un verdadero problema para la seguridad de suministro mundial, aminorado por la tendencia a la apertura económica de China, liberalización que debiera permear en el largo plazo otros ámbitos de esta sociedad, mejorando así el índice de libertad actual de 6,5, que sin duda explicita un potencial peligro ante eventualidades que puedan afectar a este país o a sus relaciones internacionales.

Para el cálculo de la métrica, se consideran los 68 países productores de carbón mineral, que dada la distribución de la producción de este mercado tendría una valoración de  $HHI=2.657$ .

A pesar de lo antes descrito, el HHI no toma valores tan altos dado que existe una repartición muy segmentada del 51% restante de la producción mundial, lo que debiera netear el resultado. Sin embargo, un corte de suministro de China sería desastroso para este mercado y provocaría un total colapso internacional transversal a toda industria, dado que el carbón satisface más de un cuarto de la demanda por combustibles primarios en el mundo, y compone en un 40% la matriz eléctrica internacional (World Energy Council en el informe “World Energy Sources: Coal” 2013). Esto reafirma la tesis de que el HHI es un indicador con muchas falencias y que tiende a subestimar o sobreestimar casos extremos, lo que explica por qué se ocupa su raíz para el cálculo del valor nominal de la métrica.

El impacto sobre Chile de una crisis de suministro de carbón sería sin duda enorme, dado que al 2013 sólo produjo un 20% de su consumo total, medido en unidades energéticas. De éste, un 93% fue destinado a la generación eléctrica. El mismo año, el carbón representó, según el Balance Nacional Energético, un 47% de los insumos dentro de la matriz eléctrica, medidos en unidades energéticas.

En cuanto a Libertad de Suministro, el valor es de 4,3, lo que implica libertad parcial, resultando en un valor nominal para esta métrica de 960.

## II. Métricas de importación de combustibles

Estas métricas se basan en el cálculo del total neto de las importaciones de cada combustible, dividido por el total de la demanda nacional. El porcentaje resultante indicará la participación de mercado en Chile del suministro de combustibles cubierto por proveedores externos. Luego, este porcentaje es ajustado para reflejar el índice de libertad, desarrollado por *Freedom House*, correspondiente a los productores de combustible no chilenos. Mediante este método es posible desarrollar un indicador del nivel en el cual cambios en el volumen relativo de importaciones exponen a Chile a fuentes de combustible potencialmente poco confiables o muy concentradas.

El valor de estas métricas será directamente proporcional a la dependencia de fuentes de suministro externos. Así, a mayor valor, mayor será la dependencia, y viceversa. La participación de mercado se verá afectada por la cantidad importada, el nivel de producción doméstica y la demanda total por combustible a nivel interno, reflejando así la distribución del suministro importado. La libertad de suministro, en cambio, caracterizará la acumulación del riesgo asociado a cada país.

Para el período 2013, y en lo referente al análisis de la construcción del subíndice, se considerará la equivalencia entre “oferta total” y “demanda total”, mediante el establecimiento del supuesto de que la totalidad de la producción y flujo de combustibles que compone la oferta es a su vez consumida en el mismo período. La anterior equivalencia será válida exclusivamente para combustibles primarios, ya que en otros casos puede observarse producción interna que genera distancias significativas entre ambas cifras.

Además, considerando que en el caso de algunos combustibles Chile es tanto importador como exportador, se ha llegado a la conclusión de que es el neto entre ambos flujos el que ayudará a determinar cuán seguro es el poder contar con cada combustible en particular a futuro. Así, para efectos del informe en construcción, se considerará que las exportaciones son prescindibles ante malos eventos, por lo que no contribuyen en aumentar el riesgo por suministro de energía.

Según la metodología expuesta por el *Institute for 21st. Century energy*, la creación de este índice seguirá los siguientes pasos:

- Determinación del porcentaje de la demanda que es explicada por suministro externo, o sea, la ponderación de las importaciones.
- Creación de un indicador de Libertad de Suministro, mediante la suma de cada uno de los productos entre el volumen importado por cada país y el índice de libertad promedio, extraído del informe Freedom of the World de Freedom House. Posteriormente, división del resultado por la cantidad total importada por Chile para el respectivo año.

Se ha estimado que el riesgo que implica el depender de fuentes externas de suministro crece más que proporcionalmente a la evolución de este indicador, por lo que se tomará el cuadrado de este para calcular el valor de cada una de las métricas siguientes.

- Creación de un indicador de Diversidad de Suministro mediante la determinación del índice de Herfindhal-Hirschmann para todos los países que compongan el total de importaciones del combustible en análisis.

Se ha estimado que el riesgo que implica el depender de fuentes externas de suministro crece menos que proporcionalmente a la

evolución de este indicador, por lo que se tomará la raíz cuadrada de este para calcular el valor de cada una de las métricas siguientes.

- Por último, se procederá a obtener el producto entre: el porcentaje importado del combustible, el cuadrado del indicador de libertad de suministro y la raíz cuadrada de la diversidad de suministro. El resultado será entonces el valor nominal definitivo de cada una de las métricas en construcción.

Estas métricas están diseñadas como una medida de riesgo por sí mismas, a diferencia de otras donde inicialmente se construye en unidades físicas o monetarias para luego convertir las métricas en mediciones de riesgo.

Debido a la diversidad de fuentes de datos, y que algunas fuentes usan unidades de fuerza, de energía, de masa, etc., no siempre se presentarán en las mismas unidades de medida entre una métrica y otra, siendo esto irrelevante para la métrica resultante, debido a que la información relevante para los cálculos es la medida relativa al total importado, no la cantidad nominal.

## 6. Exposición por importación de petróleo

Este indicador expresa el nivel en el cual cambios del volumen relativo de importaciones exponen a Chile a fuentes de petróleo crudo y derivados del petróleo potencialmente poco confiables o muy concentradas.

Es importante mencionar que, como primera aproximación al Índice en desarrollo, no se utilizarán los datos para todos los derivados del petróleo demandados en Chile, sino que sólo con los dos principales combustibles secundarios componentes de la oferta interna. En primer lugar el petróleo diésel (48.381 tera-calorías) y luego el gas licuado del petróleo (GLP) (12.941

tera-calorías), que representan un 84,9% del total de derivados del petróleo transados en el país, medido en unidades energéticas, como puede verse en la ilustración II.7.1.

Además, los dos combustibles mencionados en conjunto suman el 82,2% del total de la energía neta suministrada a Chile desde el extranjero. No se considerarán cifras del consumo final para los derivados del petróleo porque esto implicaría incorporar volúmenes de petróleo crudo y gas natural transformados en los distintos derivados, los que son considerados por separados en la determinación del riesgo en las distintas métricas consideradas en el subíndice.

**Ilustración II.7.1.**



Fuente: Balance Nacional de energía para el año 2013 presentado por el Ministerio de Energía de Chile en su página oficial

Comenzando con la elaboración del indicador, en la tabla II.7.1 se puede observar la composición de la oferta de petróleo crudo para el período 2013.

De esta información se desprende el hecho de que en 2013 aproximadamente un 98,3% de la totalidad del consumo nacional fue respaldado por

importaciones, lo que revela una dependencia casi absoluta y muy preocupante hacia el exterior.

**Tabla II.7.1**

<b>Composición suministro de petróleo para Chile 2013</b>	
<b>ITEM</b>	<b>Petróleo Crudo</b>
	<b>Tcal</b>
<b>Producción Primaria</b>	<b>3.850</b>
<b>Importación</b>	<b>100.341</b>
<b>Exportación</b>	<b>0</b>
<b>Var.Stock + Perdidas + Error Est.</b>	<b>2.069</b>
<b>Oferta Total</b>	<b>102.122,5</b>

Fuente: Balance Nacional de energía para el año 2013 presentado por el Ministerio de Energía de Chile

En la tabla II.7.2 es posible observar la composición de estas importaciones, fuertemente lideradas por Ecuador y Brasil, que juntos abarcan un 51,8% de las importaciones de petróleo crudo a nuestro país, lo que representa un primer indicio de gran concentración del mercado.

Siguiendo la metodología creada por el *Institute for 21st. Century energy*, la creación de este índice requiere de los siguientes indicadores: libertad de suministro y diversidad de suministro.

El primero se crea mediante la ponderación de las cantidades importadas desde cada país y su índice de libertad promedio correspondiente, y el segundo mediante la determinación del HHI correspondiente a la participación del mercado del petróleo crudo en Chile.

Los resultados se muestran en la tabla II.7.2, a partir de la cual puede calcularse el valor buscado, que sería el producto entre el porcentaje importado, el cuadrado de la libertad de suministro y la raíz cuadrada de la

diversidad de suministro. Esto arroja un valor nominal de 240 para el riesgo de exposición por importaciones de petróleo crudo, valor que será relevante al analizarlo dentro de series inter-temporales, o sea, al conocer la evolución y las tendencias en este riesgo específico.

**Tabla II.7.2**

<b>Origen y seguridad de importaciones de petróleo con destino Chile – 2013</b>					
<b>Países</b>	<b>Cantidad (KTon)</b>	<b>Participación</b>	<b>Freedom Index</b>	<b>Libertad de Suministro</b>	<b>Diversidad de suministro</b>
<b>Ecuador</b>	<b>3187,70</b>	<b>35,93%</b>	<b>3</b>	<b>1,08</b>	<b>1290,61</b>
<b>Brasil</b>	<b>2029,49</b>	<b>22,87%</b>	<b>2</b>	<b>0,46</b>	<b>523,13</b>
<b>Inglaterra</b>	<b>967,70</b>	<b>10,91%</b>	<b>1</b>	<b>0,11</b>	<b>118,94</b>
<b>Argentina</b>	<b>805,39</b>	<b>9,08%</b>	<b>2</b>	<b>0,18</b>	<b>82,39</b>
<b>Canadá</b>	<b>759,59</b>	<b>8,56%</b>	<b>1</b>	<b>0,09</b>	<b>73,28</b>
<b>Colombia</b>	<b>721,76</b>	<b>8,13%</b>	<b>3,5</b>	<b>0,28</b>	<b>66,16</b>
<b>Perú</b>	<b>266,27</b>	<b>3,00%</b>	<b>2,5</b>	<b>0,08</b>	<b>9</b>
<b>Australia</b>	<b>72,09</b>	<b>0,81%</b>	<b>1</b>	<b>0,01</b>	<b>0,66</b>
<b>Trinidad Y Tobago</b>	<b>46,13</b>	<b>0,52%</b>	<b>2</b>	<b>0,01</b>	<b>0,27</b>
<b>España</b>	<b>17,076</b>	<b>0,19%</b>	<b>1</b>	<b>0,00</b>	<b>0,04</b>
<b>Total</b>	<b>8873,182</b>	<b>1</b>	<b>1,9</b>	<b>2,29</b>	<b>2164,48</b>

Fuente: Información de importaciones del sistema de información estadística del Ministerio de Energía de Chile y datos del estudio *Freedom of the World* de Freedom House. La unidad de medida para la columna cantidad es KiloToneladas métricas, la que expresa masa y no energía.

Por último cabe mencionar también que si bien el resultado de libertad de suministro es positivo, ya que en promedio los países proveedores muestran altos niveles de libertad y por lo tanto bajo riesgo, el análisis del HHI muestra

que este mercado es bastante concentrado para el caso chileno, lo que redundaría en mayores posibilidades de tener problemas de suministro futuros.

Para el caso del petróleo diésel y el gas licuado de petróleo, ambos derivados del petróleo crudo, observamos en la tabla II.7.3 las cifras componentes de la oferta producto del comercio exterior, excluyendo así la producción de estos combustibles a nivel interno.

**Tabla II.7.3**

<b>Composición suministro de petróleo diésel y GLP para Chile – 2013</b>		
<b>ITEM</b>	<b>Petróleo Diesel</b>	<b>Gas Licuado</b>
	<b>Tcal</b>	<b>Tcal</b>
<b>Producción Primaria</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Importación</b>	<b>54.185</b>	<b>12.342</b>
<b>Exportación</b>	<b>4.659</b>	<b>787</b>
<b>Var.Stock + Perdidas + Error Est.</b>	<b>1.145</b>	<b>-1.386</b>
<b>Oferta Total</b>	<b>48.380,6</b>	<b>12.940,8</b>

Fuente: Balance Nacional de energía para el año 2013 presentado por el Ministerio de Energía de Chile

De esta información se desprende el hecho de que el 2013 aproximadamente un 112% del total del suministro de diésel fue respaldado por importaciones, lo que revela que, junto a la producción secundaria interna, y explicitado en la variación positiva de stock y la existencia de exportaciones, Chile mantuvo ese año un superávit de este combustible.

En el caso del GLP esta cifra alcanza un 95,3% del total de suministro. Sin embargo, como fue expresado en la descripción del subíndice, la cifra neta del resultado del comercio exterior será la relevante para el cálculo.

Por lo tanto, para el diésel usaremos la cifra de 100% y para el GLP un 89.3%, lo que de todas formas revela una dependencia casi absoluta y muy preocupante hacia el exterior.

En la tabla II.7.4 podemos observar la composición de las importaciones de diésel, fuertemente concentradas por EEUU que representa el 93,23% de las importaciones del combustible a nuestro país. Esta concentración deja a Chile altamente expuesto ante eventualidades que afecten al país del norte o a los canales de distribución utilizados, a pesar de ser respecto a un país con índice de libertad excelente, lo que según el criterio usado representa menor riesgo de corte de suministro.

**Tabla II.7.4**

<b>Origen y seguridad de importaciones de petróleo diesel con destino Chile – 2013</b>					
<b>Países</b>	<b>Cantidad (KTon)</b>	<b>Participación</b>	<b>Freedom Index</b>	<b>Libertad de Suministro</b>	<b>Diversidad de Suministro</b>
<b>U.S.A.</b>	<b>3.476,03</b>	<b>93,23%</b>	<b>1,0</b>	<b>0,93</b>	<b>8692,09</b>
<b>España</b>	<b>252,32</b>	<b>6,77%</b>	<b>1,0</b>	<b>0,07</b>	<b>45,80</b>
<b>Corea Del Sur</b>	<b>0,02</b>	<b>0,00%</b>	<b>1,5</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Grecia</b>	<b>0,02</b>	<b>0,00%</b>	<b>2,0</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Total</b>	<b>3.728,39</b>	<b>1</b>	<b>1,38</b>	<b>1,00</b>	<b>8737,89</b>

Fuente: Información de importaciones del sistema de información estadística del Ministerio de Energía de Chile y datos del estudio *Freedom of the World* de Freedom House. La unidad de medida para la columna cantidad es KiloToneladas métricas, la que expresa masa y no energía.

Usando los valores en la tabla II.7.4, podemos definir en 93,48 el valor nominal para el riesgo de exposición por importaciones de petróleo diésel. Este es mucho más bajo en comparación al petróleo crudo debido a la confiabilidad en el suministro por parte de los socios estratégicos para el período 2013.

En la tabla II.7.5 vemos para el GLP importaciones mucho mejor distribuidas entre los proveedores, los que presentan a su vez, en promedio, un muy buen índice de libertad.

**Tabla II.7.5**

<b>Origen y seguridad de importaciones de GLP con destino Chile – 2013</b>					
<b>Países</b>	<b>Cantidad (KTon)</b>	<b>Participación</b>	<b>Freedom Index</b>	<b>Libertad de suministro</b>	<b>Diversidad de suministro</b>
<b>Argentina</b>	<b>327,32</b>	<b>33,55%</b>	<b>2,0</b>	<b>0,67</b>	<b>1125,41</b>
<b>Suiza</b>	<b>289,56</b>	<b>29,68%</b>	<b>1,0</b>	<b>0,30</b>	<b>880,73</b>
<b>U.S.A.</b>	<b>210,25</b>	<b>21,55%</b>	<b>1,0</b>	<b>0,22</b>	<b>464,34</b>
<b>Holanda</b>	<b>46,44</b>	<b>4,76%</b>	<b>1,0</b>	<b>0,05</b>	<b>22,65</b>
<b>Singapur</b>	<b>46</b>	<b>4,70%</b>	<b>4,0</b>	<b>0,19</b>	<b>22,12</b>
<b>España</b>	<b>45</b>	<b>4,61%</b>	<b>1,0</b>	<b>0,05</b>	<b>21,27</b>
<b>Peru</b>	<b>11,16</b>	<b>1,14%</b>	<b>2,5</b>	<b>0,03</b>	<b>1,31</b>
<b>Corea Del Sur</b>	<b>0,06</b>	<b>0,01%</b>	<b>1,5</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Grecia</b>	<b>0,02</b>	<b>0,00%</b>	<b>2,0</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Total</b>	<b>975,70</b>	<b>1</b>	<b>1,78</b>	<b>1,49</b>	<b>2537,85</b>

Fuente: Información de importaciones del sistema de información estadística del Ministerio de Energía de Chile y datos del estudio *Freedom of the World* de Freedom House. La unidad de medida para la columna cantidad es KiloToneladas métricas, la que expresa masa y no energía.

Así, el cálculo del valor nominal para el riesgo por exposición de importaciones de gas licuado del petróleo arroja 99,88. Por tanto, es posible afirmar, según los criterios ya planteados, que para al menos 82,2% de los derivados de petróleo representados por el petróleo diésel y el gas licuado del petróleo, la seguridad de suministro es casi el doble que la registrada para el petróleo crudo para el período 2013.

Para la determinación final de la métrica “Exposición por importaciones de petróleo” se calculó un ponderado de los riesgos individuales del petróleo crudo, diésel y GLP de acuerdo a la cantidad importada de cada uno de estos combustibles. Esto dio un valor nominal de la métrica de 182, valor que será

relevante al analizarlo dentro de series inter-temporales, o sea, al conocer la evolución y las tendencias en este riesgo específico a través del tiempo.

## 7. Exposición por importación de gas natural

Este indicador expresa el nivel en el cual cambios del volumen relativo de importaciones exponen a Chile a fuentes de GN potencialmente poco confiables o muy concentradas.

En la tabla II.8.1 podemos observar la composición de la oferta de GN para el período 2013.

**Tabla II.8.1**

<b>Composición suministro de gas natural para Chile 2013</b>	
<b>ITEM</b>	<b>Gas Natural</b>
	<b>Tcal</b>
<b>Producción Primaria</b>	<b>9017,33</b>
<b>Importación</b>	<b>36219,90</b>
<b>Exportación</b>	<b>0</b>
<b>Var.Stock + Perdidas + Error Est.</b>	<b>-442,45</b>
<b>Oferta Total</b>	<b>45.679,68</b>

Fuente: Balance Nacional de energía para el año 2013 presentado por el Ministerio de Energía de Chile

De esta información se desprende que aproximadamente un 79,3% de la totalidad del consumo nacional fue respaldado en 2013 por importación, lo que revela una dependencia muy elevada hacia el exterior para sustentar el consumo actual de GN.

Esta métrica abarca en su construcción la totalidad del consumo e importación de GN, tanto en estado gaseoso como licuado. Es posible hacer esta suma

debido a que la cantidad importada es expresada en Kilonewtons, o sea, unidades de fuerza, lo que hace que ambos combustibles sean totalmente comparables en los términos de este análisis. Sin embargo, la participación del GN en estado gaseoso en importaciones es casi irrelevante, dado que el GN licuado tiene una participación cercana al 99,3% del total de GN importado.

En la tabla II.8.2 podemos observar la composición de estas importaciones, fuertemente lideradas por Trinidad y Tobago que concentra un 84,1% del total de GN importado a Chile, marcando una dependencia muy peligrosa hacia ese país.

**Tabla II.8.2**

<b>Origen y seguridad de importaciones de gas natural con destino Chile – 2013</b>				
<b>Países</b>	<b>Combustible</b>	<b>Cantidad (KN)</b>	<b>Participación</b>	<b>Freedom Index</b>
<b>Trinidad y Tobago</b>	<b>Gas natural licuado</b>	<b>2.311.263.626</b>	<b>84,10%</b>	<b>2</b>
<b>República de Yemen</b>	<b>Gas natural licuado</b>	<b>296.503.872</b>	<b>10,79%</b>	<b>6</b>
<b>Qatar</b>	<b>Gas natural licuado</b>	<b>120.644.430</b>	<b>4,39%</b>	<b>5,5</b>
<b>Argentina</b>	<b>Gas natural</b>	<b>19.890.690</b>	<b>0,72%</b>	<b>2</b>
<b>Alemania</b>	<b>Gas natural</b>	<b>1.901</b>	<b>0,00%</b>	<b>1</b>
<b>Total</b>	<b>GN+GNL</b>	<b>2.748.304.519</b>	<b>1</b>	<b>2,59</b>

Fuente: Estadísticas de importaciones del Servicio Nacional de Aduanas y datos del estudio *Freedom of the World* de Freedom House

Siguiendo la metodología creada por el *Institute for 21st. Century energy*, la creación de este índice requiere de los siguientes indicadores: libertad de suministro y diversidad de suministro.

El primero se crea mediante la ponderación de las cantidades importadas desde cada país y su índice de libertad promedio correspondiente, y el segundo mediante la determinación del HHI correspondiente a la participación del mercado del GN en Chile.

Los resultados se muestran en la tabla II.7.3, a partir de la cual puede calcularse el valor buscado, que sería el producto entre el porcentaje importado, el cuadrado de la libertad de suministro y la raíz cuadrada de la diversidad de suministro, arrojando un valor nominal de 450 para el riesgo de exposición por importaciones de GN. Este valor será relevante al analizarlo dentro de series inter-temporales, o sea, al conocer la evolución y las tendencias en este riesgo específico.

**Tabla II.8.3**

<b>Libertad y Diversidad de suministro externo de gas natural para Chile – 2013</b>		
<b>Países</b>	<b>Libertad de Suministro</b>	<b>Diversidad de Suministro</b>
<b>Trinidad y Tobago</b>	<b>1,68</b>	<b>7072,44</b>
<b>República de Yemen</b>	<b>0,65</b>	<b>116,39</b>
<b>Qatar</b>	<b>0,24</b>	<b>19,27</b>
<b>Argentina</b>	<b>0,01</b>	<b>0,52</b>
<b>Alemania</b>	<b>6,92</b>	<b>4,78</b>
<b>Total</b>	<b>2,59</b>	<b>7208,63</b>

Fuente: Elaboración propia usando estadísticas de importaciones del Servicio Nacional de Aduanas y datos del estudio *Freedom of the World* de Freedom House.

Este valor está explicado en gran medida debido al extremadamente elevado valor del HHI, lo que implica que el mercado de las importaciones de GN a Chile es cercano a ser monopolístico.

Incluso si se incluye el aporte de la producción primaria interna, el HHI será de 4962, lo que sigue implicando un mercado altamente concentrado y de alto riesgo, lo que redundará en un alto riesgo relativo al suministro de GN desde fuentes internas y externas combinadas.

## 8. Exposición por importación de carbón

Este indicador expresa el nivel en el cual cambios del volumen relativo de importaciones de carbón exponen a Chile a fuentes de este combustible potencialmente poco confiables o muy concentradas.

En la tabla II.9.1 podemos observar la composición de la oferta de carbón para el período 2013. En esta tabla también se destaca el hecho de que Chile es un país importador neto, pero que cuenta con una pequeña cuota de exportación. Este hecho recién el año 2013 se intensificó a volúmenes considerables a raíz de que Copec, en asociación con Ultramar, obtuviera permiso para comenzar extracciones en la Mina Invierno en la región de Magallanes, luego de que hace poco menos de un siglo esta actividad hubiera finalizado abruptamente, luego de ser un gran foco de prosperidad durante el siglo XIX.

Esto es muy importante debido a que esta mina también realiza en este período envíos a nivel nacional, permitiendo una mejora en los indicadores de auto-abastecimiento, lo que en proyecciones podría aumentar para futuros ejercicios. Esto representaría una gran mejora para la seguridad de suministro energético de Chile, considerando que para el 2013 la participación del carbón en la matriz energética fue de un 47% según los datos obtenidos del Balance Nacional Energético.

De la tabla II.9.1 podemos establecer que las importaciones representan un 77,7% de la oferta total de carbón medido en unidades físicas, lo que revela una dependencia muy elevada hacia el exterior para sustentar el consumo actual.

**Tabla II.9.1**

<b>Composición suministro de carbón mineral para Chile – 2013</b>	
<b>ITEM</b>	<b>Carbón</b>
	<b>Mil Ton</b>
<b>Producción Primaria</b>	<b>2.178</b>
<b>Importación</b>	<b>9.271</b>
<b>Exportación</b>	<b>893</b>
<b>Var.Stock + Perdidas + Error Est.</b>	<b>-229</b>
<b>Oferta Total</b>	<b>10.784,8</b>

Fuente: Balance Nacional de energía para el año 2013 presentado por el Ministerio de Energía de Chile

Prosiguiendo el análisis, podemos ver en la tabla II.9.2 que Colombia, el mayor productor latinoamericano de carbón y figurante entre los mayores del mundo, concentra más de la mitad de las importaciones, hecho que incrementa considerablemente el valor del indicador de libertad de suministro para Chile.

**Tabla II.9.2**

<b>Origen y seguridad de importaciones de carbón mineral con destino Chile – 2013</b>					
<b>Países</b>	<b>Cantidad carbón (MTon)</b>	<b>Participación</b>	<b>Freedom Index</b>	<b>Libertad de suministro</b>	<b>Diversidad de suministro</b>
<b>Colombia</b>	<b>2295,042</b>	<b>54,35%</b>	<b>3,5</b>	<b>1,90</b>	<b>2953,44</b>
<b>U.S.A.</b>	<b>1268,09</b>	<b>30,03%</b>	<b>1</b>	<b>0,30</b>	<b>901,67</b>
<b>Australia</b>	<b>474,428</b>	<b>11,23%</b>	<b>1</b>	<b>0,11</b>	<b>126,21</b>
<b>Canadá</b>	<b>158,615</b>	<b>3,76%</b>	<b>1</b>	<b>0,04</b>	<b>14,11</b>
<b>Argentina</b>	<b>26,877</b>	<b>0,64%</b>	<b>2</b>	<b>0,01</b>	<b>0,41</b>
<b>Total</b>	<b>4223,052</b>	<b>1</b>	<b>1,7</b>	<b>2,37</b>	<b>3995,83</b>

Fuente: Información de importaciones del sistema de información estadística del Ministerio de Energía de Chile y datos del estudio *Freedom of the World* de Freedom House.

Con las cifras revisadas, se establece un valor nominal de 276 para el riesgo de suministro de carbón, obtenido a partir del producto de la libertad de suministro, diversidad de suministro y el porcentaje de importación. Esta es

una cifra importante de seguir dado el rol fundamental que hoy se le asigna a este combustible dentro de los sectores industrial, minero, residencial y comercial de la economía chilena, dado su gran participación en la generación térmica de electricidad.

## 9. Gasto en importación de combustibles fósiles

Esta métrica está definida como el valor de las importaciones netas de petróleo crudo y sus derivados, GN licuado y gaseoso y carbón mineral, expresado en billones (U.S.) de dólares estadounidenses.

Esta métrica fue modificada para incluir como factor de riesgo al carbón, dado que para la realidad chilena excluir este insumo de la métrica, como sucede en el índice original, sería invalidar las conclusiones que arrojará el estudio de su evolución. Esto debido a la gran relevancia de este combustible, especialmente dentro de la matriz de generación eléctrica, donde para el año 2013 representó un 47% del total de unidades energéticas consumidas.

El gasto en importación de combustibles fósiles para el período 2013 alcanzó una cifra total de US\$14,359 billones, según datos de la Balanza Comercial presentados por el Banco Central de Chile, representando un 19% del total de US\$74,568 billones de mercancías importadas el mismo año.

Consecuentemente, el valor nominal de esta métrica será de 14,359. Mayores detalles del cálculo se encontrarán en la métrica número 10 de este índice.

## 10. Gasto en importación de combustibles fósiles como porcentaje del PIB

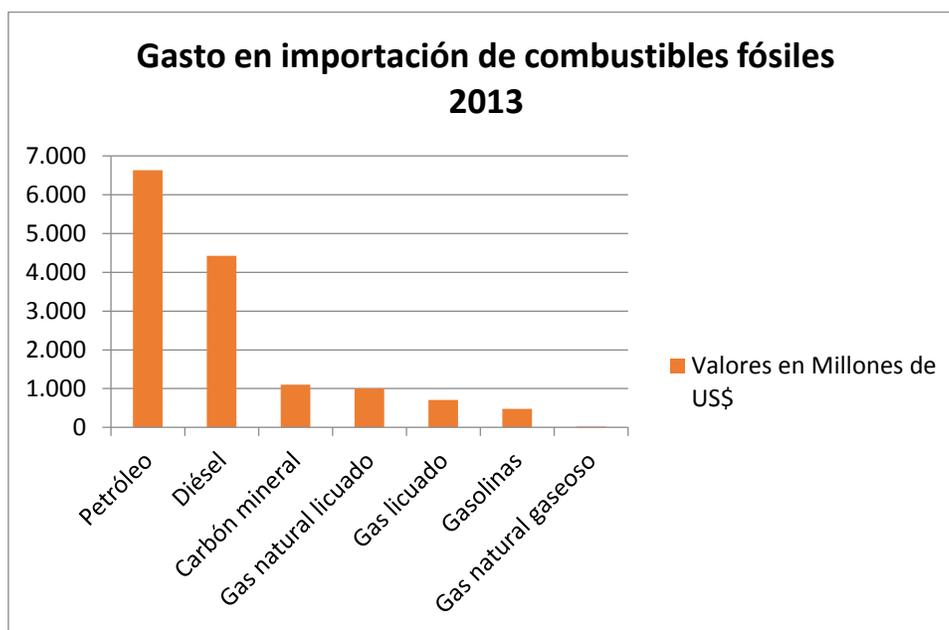
Esta métrica está definida como el valor de las importaciones netas de petróleo crudo y sus derivados, GN licuado y gaseoso y carbón mineral, expresado como porcentaje del PIB para el período. El porcentaje resultante será otra medida de nuestra dependencia económica en combustibles importados, y la cantidad de dinero relativa al tamaño de su economía que Chile envía a sus proveedores externos.

La razón de la repetición de este cálculo, ahora como razón del PIB, es el poder observar no sólo el gasto en sí, sino cómo la economía es capaz de desarrollarse, eficientando su consumo energético. Siguiendo la tendencia de las economías desarrolladas, avanzando hacia actividades económicas menos intensivas como por ejemplo el área de servicios.

Esta métrica fue modificada para incluir como factor de riesgo al carbón, dado que para la realidad chilena excluir este insumo de la métrica, como sucede en el índice original, sería invalidar las conclusiones que arrojará el estudio de su evolución, dada la gran relevancia de este combustible, especialmente dentro de la matriz de generación eléctrica, donde para el año 2013 representó un 47% del total de unidades energéticas consumidas.

Mientras que los costos totales son afectados por la cantidad importada y por el nivel de precios, una economía creciente y fuerte debiera poder afrontar sin grandes fluctuaciones los efectos de cantidades y precios crecientes para estos combustibles en distintos períodos. Así, esta métrica indica la susceptibilidad de la economía nacional ante shocks de precios de los combustibles importados.

### **Ilustración II.10.1.**



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos para el año 2013 de importación de bienes del Banco Central de Chile en Balanza Comercial de Importación de Bienes.

En la ilustración II.11.1. es posible observar la composición del gasto en importación de combustibles fósiles para el período 2013, el que alcanzó una cifra total de US\$14.359 millones. Esto representa un 5,1% del total del PIB para dicho año, que asciende a la cifra de US\$282.080.013.703 según el valor de la divisa promedio para el año anterior al que está en estudio. Vale la pena mencionar también que las importaciones de combustibles fósiles representan un 18% del total de importaciones al país. Esta cifra está muy marcada por el monto de la importación de petróleo crudo y Diesel, que entre ambos explican un 77% del gasto.

Consecuentemente, el valor nominal de esta métrica será de 0,051.

### *III. Métricas de gasto en energía*

#### 11. Gasto en energía en relación al PIB

Esta métrica es definida como el gasto en energía, medido en dólares a precio de la divisa de 2012, incurrido por la economía chilena al año 2013. Esto indicará por un lado la magnitud de los costos derivados del consumo energético y la exposición a ser afectados por shocks en precios. Por el otro, mostrará la evolución de la dependencia de Chile a actividades económicas intensivas en consumo energético. Debiera esperarse que el PIB crezca en una mayor tasa que el consumo de energía. Además, un análisis del detalle permitirá ver los insumos de mayor gasto, lo que permitiría manejar una herramienta para enfocar potenciales políticas públicas.

Para el cálculo de esta métrica, se optó por considerar sólo los costos derivados del consumo primario de energía, y del consumo de energéticos secundarios en el caso de que estos fuesen importados. Se descartó la contabilización del consumo de energéticos secundarios de producción nacional, por considerarse que el mayor riesgo se concentra en el proceso de obtención, no en los costos derivados de su transformación y transmisión. El método intermedio de contabilizar todas las formas de energía fue descartado por la doble contabilización que esto implicaría.

La fuente de obtención y los criterios utilizados para la construcción de la información presentada en la Tabla III.1.1 se detallará a continuación:

- Petróleo crudo, Derivados del Petróleo, Gas Natural y Carbón mineral: Precio unitario se obtuvo a partir del precio de importación promedio, que a su vez fue calculado a partir del monto total importado (según

datos del Banco Central) en relación a la cantidad importada (según datos del Balance Nacional Energético). El precio calculado fue aplicado también a la producción interna, a las exportaciones y a las variaciones de stock del período, para así poder valorizar de forma homogénea, y considerando que el precio de importación es la mejor alternativa dada la magnitud relativa con respecto al consumo total y dado que representa un costo de oportunidad a la producción interna.

El consumo total fue obtenido mediante la suma de la producción nacional y las importaciones netas, menos las variaciones de stock.

En el caso de los derivados del petróleo, la producción nacional no fue considerada dentro del consumo con el fin de evitar la doble contabilización, dado que la refinación interna se realiza con insumos ya valorizados en el ítem Petróleo Crudo.

- Hidroelectricidad, Eólica y Solar: Conociendo el total consumido en unidades energéticas por un período de tiempo, en este caso GWh, se utilizó como precio unitario el valor de venta de productor del GWh promedio a nivel nacional de energía eléctrica, cuyo cálculo es detallado en la Métrica número trece de este índice.

-

- Leña y Biomasa: En cuanto al volumen, éste es expresado en el Balance Nacional Energético como una totalidad entre ambos insumos energéticos. Sin embargo, tras estudiar las formas de uso y los costos asociados, se procedió a separar estos componentes para los efectos de esta métrica. Se considerará Leña lo consumido por los sectores comercial, público, residencial e industrial, mientras que se considerará Biomasa lo consumido por los Centros de Transformación,

dado que son éstos los que la ocupan para el proceso de co-combustión en centrales termoeléctricas.

- Leña: El precio unitario es calculado a partir de datos del estudio “¿Dónde comprar Leña Seca este mes?” único seguimiento constante, de periodicidad mensual, que se realiza en las comunas de Temuco, y Padre Las Casas, Región de la Araucanía, por el Ministerio del Medio Ambiente en colaboración con el Servicio Nacional del Consumidor. De este estudio se extrajeron sólo los datos expresados en metros cúbicos (dada la dificultad de conversión de masa a volumen de la madera, por las distintas densidades de las especies y niveles de humedad).
- Biomasa: el precio fue obtenido mediante un estimativo de la Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales de la Universidad Austral de Chile. El precio es US\$44 por tonelada, y se utilizará la relación de 0,75 toneladas por m<sup>3</sup>.
- Biogás: Para este combustible se utilizó el mismo precio que para la Biomasa, dado que este es el insumo directo en su producción. Sin embargo, se le aplicó una tasa de rendimiento de 0,28% m<sup>3</sup>/kilo extraída del estudio “Biogás: Una alternativa ecológica para la producción de energía”<sup>3</sup>.

Por último, en términos generales, se respetarán las unidades físicas utilizadas por el Balance Nacional Energético.

---

<sup>3</sup> Gutierrez García, G. de J. et al. (2012), “Biogás: Una alternativa ecológica para la producción de energía”, Ide@s CONCYTEG,7 (85), pp. 881-894

**Tabla III.11.1.**

<b>Gasto por consumo energético en Chile, 2013 (Miles de USD a valor 2012)</b>						
<b>Energético</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Producción Bruta</b>	<b>Importación</b>	<b>Exportación</b>	<b>Var. Stock+ Perd y Cierre</b>	<b>Consumo Bruto</b>
<b>Petróleo Crudo [Mil m3]</b>	<b>635,45</b>	<b>254.514</b>	<b>6.633.000</b>	<b>0</b>	<b>136.77</b> <b>3</b>	<b>6.750.740</b>
<b>Derivados de Petróleo</b>	<b>648,42</b>	<b>0</b>	<b>5.608.000</b>	<b>691.201</b>	<b>-50.446</b>	<b>4.967.244</b>
<b>Hidroelectricidad [GWh]</b>	<b>82,50</b>	<b>1.628.28</b> <b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1.628.281</b>
<b>Gas Natural [Mill. m3]</b>	<b>263,05</b>	<b>253.940</b>	<b>1.020.000</b>	<b>0</b>	<b>-12.460</b>	<b>1.286.400</b>
<b>Carbón [Mil Ton]</b>	<b>118,43</b>	<b>257.937</b>	<b>1.098.000</b>	<b>105.763</b>	<b>-27.105</b>	<b>1.277.278</b>
<b>Leña [Mil m3]</b>	<b>57,56</b>	<b>924.566</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-5.265</b>	<b>929.831</b>
<b>Eólica [GWh]</b>	<b>82,50</b>	<b>45.765</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>45.765</b>
<b>Solar [GWh]</b>	<b>82,50</b>	<b>18.312</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>18.312</b>
<b>Biogás [Mill. m3]</b>	<b>82,50</b>	<b>3.740</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.740</b>
<b>Biomasa [Mil m3]</b>	<b>0,06</b>	<b>708</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-5</b>	<b>713</b>
<b>Gasto total</b>	<b>-</b>	<b>3.387.763</b>	<b>14.359.000</b>	<b>796.965</b>	<b>41.493</b>	<b>16.908.306</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Balance Nacional de Energía, Banco Central de Chile y Ministerio de Energía de Chile

Según los criterios utilizados, la magnitud del gasto fue de US\$16.908.305.795 al año 2013, lo que ponderado con respecto a cada US\$1.000 del tamaño de la economía para este año, cuando el PIB fue de US\$282.080.013.703, daría un valor nominal a esta métrica de 60 dólares de gasto en energía por cada 1000 dólares del PIB anual, de acuerdo a la modalidad de cálculo y los criterios y supuestos asociados que, según se estimó, son óptimos para esta métrica, al evitar la doble contabilidad dada la existencia de insumos energéticos y productos finales.

## 12. Gasto en energía por número de hogares

Esta métrica es definida como el gasto total en energía de todos los sectores, medido en dólares a precio de la divisa de 2012, incurrido por la economía chilena al año 2013, en relación a la cantidad de hogares constituidos al mismo año, indicando su importancia en el presupuesto de los hogares y la susceptibilidad ante cambios bruscos en volumen o costos de la energía.

Dado que el cálculo del gasto total en energía y los criterios utilizados para éste ya fueron desarrollados en la métrica número 12 de este índice, se sabe que su magnitud es de US\$16.908.305.795 al año 2013.

Por otro lado, según el “Compendio estadístico INE 2015” publicado por el Instituto Nacional de Estadísticas de Chile, el cuarto trimestre de 2013 se registraron 5.490.149 hogares, con un promedio de ocupantes de 1,4 personas para el período.

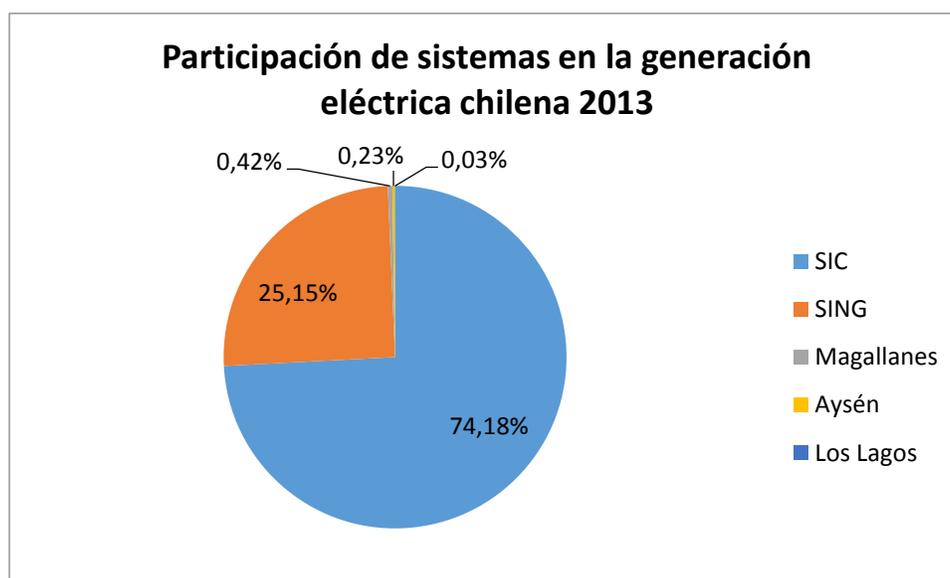
Luego, la relación entre gasto en energía y número de hogares dará un valor nominal a esta métrica de 3.080.

## 13. Precios de retail de electricidad

La métrica usada es el costo promedio por electricidad en Chile medido en centavos de dólar estadounidense por kWh. Es un promedio ponderado de todas las clases de energía transadas por retail, impuestos incluidos. Así, esta métrica indica la disponibilidad de energía de bajo costo y confiable. El riesgo indicado por esta métrica es directamente proporcional a su valor nominal.

Para calcularlo, se hará un ponderado entre la participación de cada una de las divisiones del sistema de generación eléctrica y el promedio de sus tarifas para el año en estudio. En la Ilustración II.14.1. es posible apreciar la participación de cada uno de los sistemas con respecto al total de 68.513,69 GWh generados el 2013.

### **Ilustración III.14.1.**



Fuente: Elaboración propia usando información de producción y consumo disponible en la página oficial de la Comisión Nacional de Energía

Luego, en la tabla III.14.1 se observan los precios de nudo promedio observados para el año 2013, obtenidos a partir del portal web del Sistema de información estadística del Ministerio de Energía. Se descarta el mercado de contratos en el cálculo de este índice, debido a la carencia de información oficial al respecto. No es relevante dada la alta correlación entre ambos precios, por lo que el precio de nudo a clientes cumplirá con el objetivo de permitir estudiar esta evolución, dado que lo que interesa es la evolución de los indicadores y no el valor nominal o corte transversal de un año particular.

**Tabla III.14.1**

<b>Precio promedio energía eléctrica por sistema – Chile 2013</b>	
<b>Sistemas Eléctricos</b>	<b>Precio energía nominal (\$/KWh)</b>
<b>Los Lagos</b>	<b>131,12</b>
<b>Magallanes</b>	<b>98,39</b>
<b>Aysén</b>	<b>64</b>
<b>SIC</b>	<b>42</b>
<b>SING</b>	<b>35,81</b>

Fuente: Sistema de información estadística del Ministerio de Energía de Chile

Los datos presentados arrojan un precio ponderado promedio para el año 2013 de \$40,75/kWh, lo que expresado en la divisa escogida, utilizando el precio promedio observado para el año 2012 (que según información proporcionada por el Servicio Nacional de Aduanas chileno fue de \$493.43/1USD), el valor nominal de esta métrica sería 83 centavos de dólar por cada kWh consumido.

Sin embargo, aparte de este precio es necesario considerar la existencia de otros costos que no tienen que ver con el precio de la energía, sino que con los costos de distribución, que en esta primera aproximación no serán considerados en pos de respetar el formato y contenido del índice original que está siendo adaptado.

#### 14. Precio del petróleo crudo

La métrica usada es el costo promedio de cada barril de petróleo crudo importado durante el año 2013. El riesgo y la métrica son directamente proporcionales: ante fluctuaciones positivas de ésta, mayor será el riesgo asociado.

Para que el cálculo se ajuste a la realidad chilena y contenga además los costos de transportes, se han rescatado datos de importaciones en dólares y en

barriles estadounidenses, los primeros de información del Banco Central y los segundos a partir del Balance Nacional Energético, que presenta los datos en metros cúbicos.

Así, para el total de 65.652.945 barriles estadounidenses importados al año 2013, avaluados en un total de US\$6.633 millones al valor de divisa del año inmediatamente anterior, el costo promedio de cada barril fue de US\$101, valor nominal para esta métrica.

Esto dio un precio distinto pero cercano al establecido por el West Texas Intermediate (WTI), que define el precio del barril de petróleo para el 2013 en US\$97,94. La diferencia de US\$3,09 es muy probablemente explicada por costos de transporte y distribución o por mayores compras en períodos donde el valor del combustible superó al promedio anual WTI.

Se utilizará WTI y no Brent dado que el WTI representa el nivel de precios del crudo en EEUU, mercado que es tomado como referencia para el establecimiento de precios por los principales exportadores a Chile.

#### *IV. Métricas de volatilidad de precios y mercados*

##### 15. Volatilidad en el precio del petróleo crudo

Esta métrica representa el cambio en los precios del petróleo crudo, definido como el promedio simple entre la variación observada para los últimos cuatro períodos. En este caso, se utilizarán las variaciones 2010-2011; 2011-2012; 2012-2013. Lo que se busca es medir la susceptibilidad de la economía chilena ante cambios bruscos en los precios de este combustible, el más importante dentro de la matriz energética.

Para este efecto se tomarán los precios del WTI publicados por el Banco Central de Chile, observables en la tabla IV.15.1., que en promedio han variado 6,45%.

**Tabla IV.15.1**

<b>Variación Anual Precios Petróleo WTI, 2010-2013</b>		
<b>Año</b>	<b>Precio del petróleo WTI (US\$/barril)</b>	<b>Variación anual</b>
<b>2010</b>	<b>79,43</b>	<b>-</b>
<b>2011</b>	<b>95,05</b>	<b>16,43%</b>
<b>2012</b>	<b>94,16</b>	<b>-0,95%</b>
<b>2013</b>	<b>97,94</b>	<b>3,86%</b>
<b>Promedio</b>	<b>91,65</b>	<b>6,45%</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Central de Chile.

## 16. Volatilidad del gasto por importación de energía

Esta métrica es definida como la variación promedio anual en el gasto por importación de energía, por cada US\$1.000 del PIB. En el “*US Index of Energy Security Risk*” la medición estudia la volatilidad del gasto total en energía. Sin embargo, dado el contexto chileno, se ha estimado que una medida de riesgo más certera es el estudio del comercio internacional en términos monetarios. Esto porque el aprovechamiento de los diversos recursos energéticos internos, hoy poco explotados, implicará mayor gasto, pero una considerable disminución en el riesgo.

Para el cálculo, se promediarán las últimas tres variaciones en las importaciones, para este caso datos de los años 2010 a 2013, cada variación dividida por el respectivo PIB del año, todos los datos transformados a dólar promedio del año 2012.

**Tabla IV.16.1**

<b>Variación en el gasto por importación de energías, 2010 a 2013, dolares CIF</b>					
<b>Año</b>	<b>Importaciones</b>	<b>PIB</b>	<b>Import/US\$1000PIB</b>	<b>Var./US\$1000PIB</b>	<b>Promedio</b>
<b>2010</b>	<b>12.272.007.383</b>	<b>228.161.624.557</b>	<b>53,79</b>	<b>-</b>	<b>-2,25%</b>
<b>2011</b>	<b>14.930.697.945</b>	<b>249.376.238.716</b>	<b>59,87</b>	<b>10%</b>	
<b>2012</b>	<b>14.852.769.314</b>	<b>265.220.479.282</b>	<b>56,00</b>	<b>-7%</b>	
<b>2013</b>	<b>14.359.453.080</b>	<b>282.080.013.704</b>	<b>50,91</b>	<b>-10%</b>	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Central de Chile.

En la Tabla IV.16.1 es posible ver el detalle de los datos, obtenidos a partir de la Balanza comercial presentada por el Banco Central de Chile, cuyo cálculo resulta en un valor nominal de la métrica de (-0,023), mostrando la reversión en el gasto de combustibles importados como razón del tamaño de la economía local.

#### 17. Uso de la capacidad de refinación total

Esta métrica es definida como la porción de la capacidad total de refinación de petróleo crudo que es efectivamente utilizada. El estudio de esta relación servirá para visualizar la probabilidad de ocurrencia de escenarios de incrementos de precios derivados de un muy alto uso de la capacidad de refinación, lo que provocaría potencialmente problemas de suministro. El índice guía ocupa exclusivamente el dato global. En cambio, para la elaboración del índice Chileno, se ocupará adicionalmente para el cálculo de esta métrica la tasa de ocupación de la capacidad de refinación nacional. Ambos datos serán ponderados de acuerdo a la porción del suministro de productos refinados de petróleo que cubran para el año en estudio, considerando producción nacional e importaciones, sin considerar exportaciones ni variaciones de stock.

Según el informe “BP Statistical Review of World Energy 2014” publicado en junio del año 2014 por la empresa BP Global, una de las mayores proveedoras a nivel mundial de productos en base a petróleo y gas natural, la capacidad de refinación total el año 2013 fue de 94,9 millones de barriles estadounidenses diarios, 1,5% superior al año 2012. Mientras, el promedio de producción de derivados de petróleo al mismo año fue de 76,3 millones de barriles estadounidenses diarios, 0,5% superior al año anterior. Los países con mayores capacidades de refinación son EEUU (18,8%) y China (13,3%), pero mientras que EEUU se mantuvo estático en capacidad instalada y sólo creció 2,1% en producción, China mostró gran dinamismo con un crecimiento en capacidad del 5,6% y un crecimiento de producción del 4,9%, siendo líder en el desarrollo de nuevas capacidades, proceso notorio para el año en estudio.

Esta diferencia de un punto porcentual entre crecimiento en capacidad y crecimiento en producción provocó que la relación entre ambos sea de 80,4%, la más baja desde el año 1987.

En el caso nacional, de la Memoria anual de ENAP – 2013 se extrae que la tasa de ocupación de la capacidad instalada fue de 74,8% promedio del total de 15,1 millones de m<sup>3</sup> de productos refinados que es capaz de producir esta industria.

Así, ponderando por la relación de origen del suministro de derivados del petróleo, que para este año se dividió en 57,2% de producción nacional y 42,8% de importaciones, da como resultado un valor nominal para esta métrica de 0,772.

## 18. Stock de reserva de petróleo

Esta métrica es definida como la cantidad promedio de días, de la demanda de petróleo crudo y sus derivados, que es posible cubrir a partir de las reservas de estos combustibles, indicando la vulnerabilidad del sistema ante un corte de suministro.

Por regulación estatal la Empresa Nacional del Petróleo, ENAP está obligada a mantener stocks de reservas que permitan cubrir al menos la demanda de combustible de 25 días. Para información detallada de inventarios en reserva, se acudió a la memoria anual de ENAP para el año 2013, única productora del combustible y la responsable de la refinación de éste en sus diversos productos derivados. Según la memoria, al 31 de diciembre de 2013 las reservas estaban compuestas por 854,1 miles de m<sup>3</sup> de petróleo crudo y 812,1 miles de m<sup>3</sup> de sub-productos de este. Dado que el petróleo crudo se almacena y usa para su refinamiento, y el consumo final es de productos refinados, entonces se utilizará la demanda de los sub-productos del petróleo para el cálculo de esta métrica.

Según la memoria anual ENAP para el 2013, el rendimiento volumétrico de la refinación alcanzó para este año un 95,6%, lo que significa que una vez refinado el stock de crudo en reservas, estas se convertirán en 816,5 miles de m<sup>3</sup> de sub-productos, quedando en un total de 1628,6 miles de m<sup>3</sup> contando los ya existentes en reservas.

Dados los niveles de consumo anuales extraídos del Balance Nacional Energético para el año 2013, de 53 miles de m<sup>3</sup> de derivados de petróleo, hay reservas suficientes para cubrir 30,7 días de demanda diaria promedio respectivamente, valor nominal de esta métrica.

## V. Métricas de intensidad de uso de energía

### 19. Consumo energético primario per cápita

Esta métrica es definida como la cantidad en millones de BTU (MMBTU) de energía por persona, por año. Así, indica cambios en intensidad de consumo en relación al cambio demográfico en el país.

Para esta métrica se tomará el consumo energético de energías primarias, evitando así la doble contabilización de energías. El año 2013 Chile consumió, según datos del Balance Nacional Energético, un total aproximado de 1.351,7 millones de MMBTU de energéticos primarios, compuestos mayoritariamente por petróleo crudo, 30%, leña y biomasa, 29%, y carbón, 22%, todas fuentes con gran impacto medioambiental, tanto en emisiones de GEI como en la intervención de ecosistemas.

Según estimaciones del INE publicados en el “Compendio Estadístico INE 2015”, la población del país al 2013 fue de 17.659.390, lo que implica que el consumo promedio de energías primarias por persona a este año fue de 76,5 MMBTU, aproximadamente el resultado de que cada persona quemara 76,5 millones de fósforos al año.

Esta es una cifra baja en relación a la evolución histórica de EEUU, que en los últimos años ronda los 300 MMBTU per cápita, luego de una fuerte disminución.

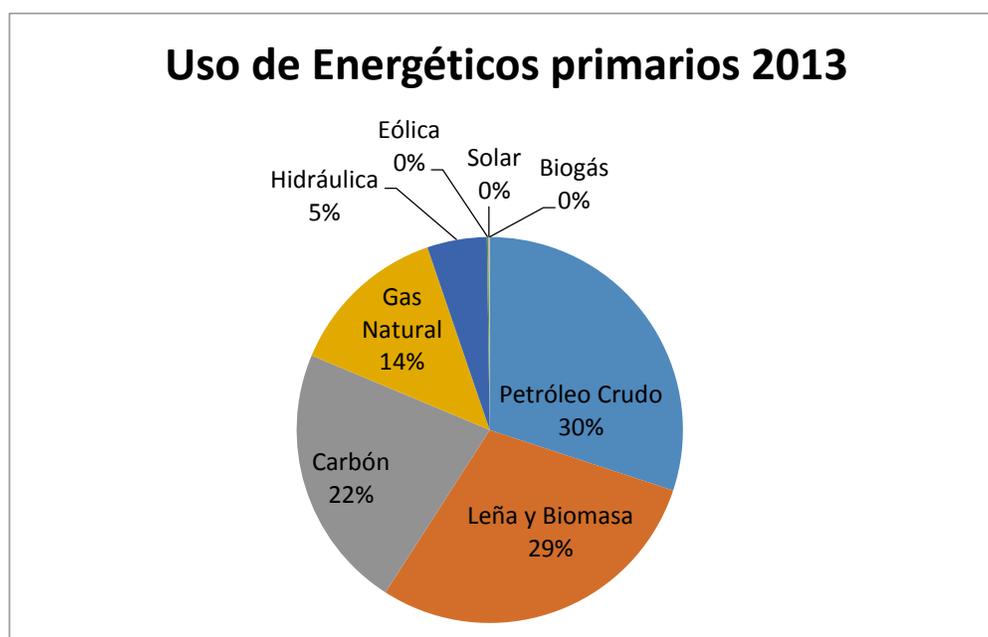
Este indicador está íntimamente relacionado con el desarrollo económico y tecnológico del país, dado que debiera esperarse que en el largo plazo a mayor desarrollo más grandes serán las eficiencias en el uso de energías, por lo que

esta métrica, que es directamente proporcional al riesgo, debiera tender a la baja, resultando en una relación cóncava entre ambos medidores.

## 20. Intensidad en el consumo energético

Esta métrica es definida como la energía primaria total medida en millones de BTU por cada US\$1.000 del PIB anual. El estudio de su evolución indicará la importancia de la energía como componente del desarrollo económico.

### Ilustración V.20.1.



Fuente: Elaboración propia a partir de información del Balance Nacional Energético publicado para el 2013 por el Ministerio de Energía de Chile.

Puede observarse la descomposición del total de 1.351,7 millones de MMBTU en la Ilustración V.20.1. A su vez, esta cantidad ponderada por cada US\$1.000 del PIB da como resultado un valor nominal de 4,792 MMBTU/US\$1.000 para el año en estudio.

## 21. Intensidad en el consumo de combustibles fósiles

Esta métrica se define como la cantidad de combustibles fósiles y sus derivados consumidos en el año, medido en millones de BTU, por cada US\$1.000 del PIB, lo que indicaría la evolución de la importancia de estas fuentes de energía como componente del crecimiento económico. A mayor participación, mayor será el riesgo en seguridad de suministro.

Para las fuentes primarias de energía se tomará en cuenta su consumo total, en cambio para las fuentes secundarias se usarán las importaciones netas menos la variación de stock para el año, para así evitar la doble valoración del riesgo, ya que el consumo total incluiría productos refinados a partir de insumos primarios que ya cuentan con una asignación de riesgo.

Esto supone un cambio con respecto al índice original, que plantea como métrica la medición de la intensidad en consumo de petróleo, dado que la extracción de gas y carbón es alta en EEUU relativo a su consumo. Sin embargo, en Chile todos los combustibles fósiles suponen gran riesgo, dada la dependencia a las importaciones que presentamos, y el impacto directo ante la escasez de estos o ante problemas políticos con proveedores.

Un ejemplo que demuestra la necesidad de hacer seguimiento de este riesgo considerando todos los combustibles fósiles, no solo al petróleo, es el estado de crisis que provocó el corte de suministro de gas natural por parte de Argentina.

Prosiguiendo al cálculo de la métrica, de los componentes del total de 1.171,7 millones de MMBTU de energía fósil consumidos, aproximadamente un 35% corresponde a petróleo, 26% a carbón, 24% a derivados de petróleo (recordar

que fueron descontados los derivados de petróleo refinados internamente) y 15% a gas natural.

El valor resultante de intensidad de consumo es de 4,154 MMBTU por cada US\$1.000 del PIB, un valor que EEUU manejaba a comienzos de la década de 1990. Sin embargo, considerando que en esta métrica se ha incluido toda la gama de combustibles fósiles, a diferencia del índice original, se podría inferir que el riesgo es moderado para el contexto internacional.

## 22. Eficiencia en el consumo residencial

Esta métrica mide la relación entre el total de energía medida en MMBTU consumida por el sector residencial y el número de hogares existentes al año en estudio. El consumo energético incluirá todos los tipos de energías, primarias o secundarias, utilizadas por este sector.

En Chile, el sector residencial tiene una magnitud de 240,3 miles de MMBTU representando un 13% del consumo total energético, y un 25% del consumo final, descontado el consumo de los Centros de Transformación energética. En la Tabla V.22.1 es posible observar el desagregado de este dato.

Según el “Compendio estadístico INE 2015” publicado por el Instituto Nacional de Estadísticas de Chile, el cuarto trimestre de 2013 se registraron 5.490.149 hogares, con un promedio de ocupantes de 1,4 personas para el período.

Así, la relación entre consumo residencial y número de hogares resulta en un valor nominal para esta métrica de 43,8 MMBTU, que expresa el consumo energético promedio por hogar.

**Tabla V.22.1.**

<b>Composición consumo energético residencial – Chile 2013</b>		
<b>Energético</b>	<b>Consumo Residencial MMBTU</b>	<b>Participación</b>
<b>Leña y Biomasa</b>	<b>140.277.380</b>	<b>58,38%</b>
<b>Total Derivados</b>	<b>43.794.693</b>	<b>18,23%</b>
<b>Electricidad</b>	<b>37.207.538</b>	<b>15,49%</b>
<b>Gas Natural</b>	<b>17.921.047</b>	<b>7,46%</b>
<b>Gas corriente</b>	<b>540.560</b>	<b>0,22%</b>
<b>Solar</b>	<b>539.249</b>	<b>0,22%</b>
<b>Total</b>	<b>240.280.468</b>	<b>1</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de información del Balance Nacional Energético publicado para el 2013 por el Ministerio de Energía de Chile.

Esta cifra está muy por debajo de los niveles de consumo estadounidenses, que al 2013 fue superior en más de tres veces. Sin embargo, es necesario considerar las diferencias en la naturaleza del consumo que caracterizan a ambos países, dado que Chile carece de muchas tecnologías muy masificadas en ese país. Esto es muy positivo dado que aparte del bajo consumo promedio, Chile se verá a su vez beneficiado con todas las mejoras tecnológicas domésticas desarrolladas para hacer más eficiente el consumo, empujadas por países más intensivos.

### 23. Eficiencia en el consumo comercial

Esta métrica mide la cantidad de energía consumida por el sector comercial, medida en MMBTU en el año 2013, ponderada por la superficie en miles de metros cuadrados de suelo con uso comercial. Su evolución indicará el nivel

en el que la operación de empresas comerciales asume mejoras en eficiencia energética.

Para la aplicación al caso chileno, dada la carencia de información para el sector comercial en general, se ocuparán los datos existentes de superficie construida por el gran retail que, dado su tamaño o tipo de organización corporativa, generan memorias anuales, ya sean malls, supermercados, farmacias, etc.. La información de este segmento fue capturada por el informe “Tendencias del Retail en Chile – 2016” elaborado por el Departamento de Estudios de la Cámara de Comercio de Santiago, que a partir de las memorias corporativas determinó que existen 4.504.504 m<sup>2</sup> de suelo de uso comercial al año 2013.

A partir del Balance Nacional Energético del año 2013 se extrae que el sector comercial consumió ese año 46,8 millones de MMBTU, de los que un 99,4% corresponden a Electricidad (63,4%), Derivados de Petróleo (26,2%) y Gas Natural (9,8%).

Luego, el valor nominal para esta métrica será 10.386 MMBTU/Mm<sup>2</sup> para el año en estudio.

#### 24. Eficiencia en el consumo industrial

Esta métrica mide la cantidad de energía consumida por el sector industrial de la economía, medida en trillones (U.S.) de BTU, por cada unidad del valor nominal del Índice de Producción Industrial (IPI) desarrollado en Chile en base al promedio de producción física del año 2009 (valor IPI=100), con el fin de medir la evolución mensual de la actividad productiva de las distintas categorías industriales. Este índice es desarrollado por el Sub-departamento de

Estadísticas Coyunturales de Industrias, Departamento de Estudios Económicos Coyunturales, del Instituto Nacional de Estadísticas, INE a partir del año 2009.

Para el cálculo del total de energía consumido por la industria en Chile, se utilizarán los datos del cuadro 5 del Balance Nacional Económico del año 2013, donde se desagrega el consumo en seis sectores: “Transportes”, “Industria y Minería”, “Comercial, Público y Residencial”, “Energético” y “Centros de Transformación”. Para esta métrica se tomarán los datos de los sectores Industria y Minería, Energético y Centros de Transformación. El consumo por sector y por insumo energético puede observarse en la tabla V.24.1. Debe mencionarse que para este sector también hay consumo de energía solar (0,1 Trillones de BTU) y gas corriente (0,03 Trillones de BTU, contabilizados en el total, pero muy insignificantes para considerarse en la tabla.,

**Tabla V.24.1.**

<b>Consumo Sectorial (Trillones de BTU) Año 2013</b>				
<b>Energético</b>	<b>Sector IyM</b>	<b>Sector Energético</b>	<b>Consumo CTR</b>	<b>Consumo Industrial Total</b>
<b>Carbón (**)</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>295</b>	<b>301</b>
<b>Derivados de Petróleo</b>	<b>166</b>	<b>43</b>	<b>49</b>	<b>259</b>
<b>Leña y Biomasa</b>	<b>83</b>	<b>0</b>	<b>168</b>	<b>252</b>
<b>Electricidad</b>	<b>146</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>159</b>
<b>Gas Natural (**)</b>	<b>30</b>	<b>27</b>	<b>101</b>	<b>157</b>
<b>Coke Mineral</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<b>Gas Coke</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>Gas Alto Horno</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
<b>Eólica</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>Alquitrán (***)</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>Biogás</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Total</b>	<b>432</b>	<b>87</b>	<b>631</b>	<b>1.150</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de información del Balance Nacional Energético publicado para el 2013 por el Ministerio de Energía de Chile.

Luego, para el año 2013 el valor promedio del IPI, publicado por el INE, es de 113,14, lo que significa que el valor nominal de esta métrica será de 10,16 TrillonesBTU/IPI.

Si se compara con la misma métrica en el *U.S. Index of Energy Security Risk*, es posible dimensionar la gran diferencia de tamaño del sector industrial relativo al consumo energético, dado que el valor nominal para EEUU supera los 300 TrillonesBTU/IPI.

## VI. Métricas del sector eléctrico

### 25. Diversidad en la capacidad de generación eléctrica

Se determinará un indicador de concentración en la participación de los distintos tipos de insumos para la generación eléctrica dentro de la matriz energética de Chile para el año 2013, siendo el dato de interés la capacidad instalada bruta por insumo, y no la generación efectiva obtenida aquel año.

El procedimiento que se usará será el cálculo de un HHI para cada uno de los cuatro sistemas eléctricos del país, considerando la existencia de cinco categorías particulares a la matriz chilena: Carbón, Petróleo Diesel y otros derivados, Gas Natural, Hidráulica Convencional y Energías Renovables No Convencionales. Luego, se ponderará de acuerdo a la participación en la capacidad instalada total para la generación de un valor nominal único para esta métrica. Este procedimiento se verá simplificado en la Tabla VI.25.1.

La fuente de los valores utilizados es la Comisión Nacional de Energía, que publica cada año documentos para cada sistema eléctrico de Chile donde es posible estudiar las características particulares de todas las unidades de generación.

En el U.S. Index for energy security risk adoptaron el uso de una ponderación que ajusta cada uno de los insumos por su disponibilidad. Sin embargo, para el paralelo con Chile, esta constante se omitirá, ya que en el escenario local las distintas fuentes de energía varían su participación dentro de la matriz energética por factores externos al insumo en sí, que tienen que ver con la lógica de mercado, la regulación estatal, las tecnologías disponibles, el respaldo ciudadano, etc. Es así como, por ejemplo, a pesar del potencial hídrico que presenta y su gran disponibilidad, Chile ha sido muy lento en avanzar en esta dirección por el creciente rechazo de la población a estos proyectos. Por otro lado, ante el cese de suministro argentino de gas natural para el 2006, Chile optó por un modelo con una base termoeléctrica en carbón, insumo que es importado, a pesar de tener, por ejemplo, importantes oportunidades en el desarrollo de la energía solar, que muestra una inmensa disponibilidad en el norte de nuestro país.

**Tabla VI.27.1.**

<b>Composición matriz de generación eléctrica por sistema y por categoría – Chile 2013</b>				
<b>Sistema/Categoría</b>	<b>SING</b>	<b>SIC</b>	<b>AYSÉN</b>	<b>MAGALLANES</b>
<b>Hidráulica convencional</b>	<b>0%</b>	<b>39%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
<b>Carbón</b>	<b>65%</b>	<b>16%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
<b>Gas natural</b>	<b>24%</b>	<b>21%</b>	<b>0%</b>	<b>98%</b>
<b>Petróleo</b>	<b>11%</b>	<b>18%</b>	<b>50%</b>	<b>2%</b>
<b>ERNC</b>	<b>0%</b>	<b>7%</b>	<b>50%</b>	<b>0%</b>
<b>Capacidad Instalada/Total</b>	<b>18%</b>	<b>81%</b>	<b>0,3%</b>	<b>0,6%</b>
<b>HHI por Categoría</b>	<b>4.888</b>	<b>2.558</b>	<b>5.000</b>	<b>9.541</b>
<b>HHI Ponderado</b>	<b>3.033</b>			

Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados por la CNE en portal Energía Abierta.

De la Tabla VI.25.1. es necesario especificar que, dado que se estableció la existencia de cinco categorías de insumos en la generación, el HHI mínimo sería de 2.000, por lo que las conclusiones deben sacarse sobre el valor nominal menos 2.000. Esto implica que el valor nominal para esta métrica es de 1.033, por lo que según este criterio de medición, es posible afirmar que este es un escenario de concentración moderada, fuertemente controlado por la baja concentración que presenta el Sistema Interconectado Central (SIC) y su alta participación en la capacidad instalada total, en contraste con los demás sistemas.

Es necesario también decir que este indicador no es necesariamente mejor al disminuir el HHI, ya que tiene que ver con cómo se complementan las distintas tecnologías de generación, para ser capaz de abastecer al país. De hecho, desde una perspectiva ambiental, por ejemplo, sería deseable que el nivel de concentración de mercado aumente, y por tanto el valor nominal de la métrica crezca, en favor de plantas de generación hidráulica y de tipo ERNC.

## 26. Márgenes en la capacidad eléctrica

En esta métrica se determinará la capacidad ociosa del sistema eléctrico de Chile. Esto será medido como el porcentaje que representa el peak de demanda anual con respecto a la potencia instalada neta total.

Para el caso de Chile, se hará un ajuste considerando la existencia de cuatro sistemas de transmisión eléctrica, independientes entre sí: Sistema Interconectado del Norte Grande (SING), Sistema Interconectado Central (SIC), Sistema Eléctrico de Aysén y Sistema Eléctrico de Magallanes. Dada esta realidad, se procederá a calcular un valor nominal para cada una de estas

divisiones para luego ponderar los resultados por el porcentaje del total de capacidad instalada de generación, para obtener una cifra única representativa.

Los datos de demanda máxima observada y de potencia instalada de generación, que podrán verse en la tabla VI.26.1, se obtuvieron a partir de información presentada por las memorias anuales de: CDEC SING para SING, CDEC SIC para SIC, EDELAYSEN para Sistema Eléctrico de Aysén y EDELMAG para Sistema Eléctrico de Magallanes. Los dos primeros son Centros de Despacho Económicos de Carga, organismos encargados de determinar y coordinar la operación del conjunto de instalaciones y actores del sistema eléctrico, y los dos restantes son empresas privadas que concentran el 100% de la transmisión de sus respectivas áreas, además de generar y distribuir energía.

**Tabla VI.27.1.**

<b>Márgenes en la generación eléctrica- Chile 2013</b>			
<b>Sistema</b>	<b>Demanda máxima (GW)</b>	<b>Potencia instalada (GW)</b>	<b>D.M./P.I.</b>
<b>SING</b>	<b>2,169</b>	<b>4,600</b>	<b>47%</b>
<b>SIC</b>	<b>6,992</b>	<b>14,135</b>	<b>49%</b>
<b>Aysén</b>	<b>0,022</b>	<b>0,041</b>	<b>55%</b>
<b>Magallanes</b>	<b>0,051</b>	<b>0,102</b>	<b>50%</b>
<b>Total</b>	<b>9,234</b>	<b>18,878</b>	<b>49%</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de: Memoria anual 2013 CDEC SING; Memoria anual 2013 CDEC SIC; Memoria anual 2013 EDELAYSEN; Memoria anual 2013 EDELMAG.

Es notable la simetría en la relación entre demanda máxima y potencia instalada que exhiben estos cuatro organismos, donde la demanda máxima se acerca a ser la mitad de la capacidad instalada.

Ponderados estos valores por la potencia instalada relativa, da un valor nominal a la métrica de un 48,9%. Comparado a los valores en EEUU, que ronda el 25%, esto denota un muy bajo riesgo de suministro y una gran

capacidad para sobrellevar eventuales problemas sin afectar en demasía las actividades económicas y la vida de los clientes.

## 27. Millas de transmisión de energía eléctrica

En esta métrica se definirá la cantidad de millas de circuitos de líneas de transferencia eléctrica por gigawatt componente de la demanda máxima anual. Esta relación indicará la integración del sistema de transmisión vigente con la demanda.

Al igual que la métrica 26., para el caso de Chile, se hará un ajuste considerando la existencia de cuatro sistemas de transmisión eléctrica, independientes entre sí. Dada esta realidad, se procederá a calcular un valor nominal para cada una de estas divisiones, para luego ponderar los resultados por el porcentaje del total de energía anual transmitida, para generar una cifra única representativa.

De otra forma, al generar una cifra tomando los valores absolutos desde el comienzo, el indicador resultante no reflejaría la realidad, ya que implícitamente contendría el criterio equivocado de que las líneas serían parte de un solo sistema que podría compartir potencias generadas en uno de ellos en caso de deficiencias en otro.

Los datos de demanda máxima observada, longitud de líneas de transmisión y de generación anual, que podrán verse en la tabla VI.27.1, se obtuvieron a partir de información presentada por las memorias anuales de: CDEC SING para SING, CDEC SIC para SIC, EDELAYSEN para Sistema Eléctrico de Aysén y EDELMAG para Sistema Eléctrico de Magallanes.

**Tabla VI.27.1.**

<b>Infraestructura crítica de transmisión e indicador de tamaño relativo del sistema- Chile 2013</b>			
<b>Sistema</b>	<b>Longitud de líneas (millas)</b>	<b>Demanda máxima (GW)</b>	<b>Generación anual (GWh)</b>
<b>SING</b>	<b>4.803</b>	<b>2,1690</b>	<b>16.756</b>
<b>SIC</b>	<b>10.320</b>	<b>6,9920</b>	<b>48.973</b>
<b>Aysén</b>	<b>1.977</b>	<b>0,0224</b>	<b>133</b>
<b>Magallanes</b>	<b>619</b>	<b>0,0506</b>	<b>287</b>
<b>Total</b>	<b>17.720</b>	<b>9,234</b>	<b>66.149</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de: Memoria anual 2013 CDEC SING; Memoria anual 2013 CDEC SIC; Memoria anual 2013 EDELAYSÉN; Memoria anual 2013 EDELMAG.

Como resulta evidente, el SIC es el que tiene la mayor extensión en líneas, concentrando el 58% nacional, siendo esto consecuente con el hecho de que abarca un 92,2% del total de la población, en la zona más densamente poblada de Chile.

Según los datos expuestos, el valor nominal para esta métrica ya ponderada sería de 1.884.

## **VII. Métricas del sector de transportes**

### **28. Promedio de millas por galón de combustible en vehículos motorizados**

En esta métrica se define el consumo promedio de combustible, medido en galones, que la flota automotriz del país necesita para recorrer una milla (mpg).

Dado que el índice toma estas unidades de medida, se respetará para futuras comparaciones, a pesar de que en Chile es más comúnmente usado el indicador “kilómetros por litro” para la medición del volumen requerido de combustible para determinada distancia.

Según el informe “Seguimiento ambiental del mercado automotriz chileno” (construido por el Centro Premio Nobel Mario Molina Chile y por el Centro de Control y Certificación Vehicular del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile) en su segunda edición, el promedio del mercado automotriz nacional alcanzaría la cifra de 31,2 mpg., muy por debajo de los 45 mpg. de la Unión Europea, conglomerado líder en este indicador. Esta diferencia demuestra la importancia de hacerle un seguimiento a este dato en particular, porque devela una gran oportunidad de mejora y una necesidad de foco en políticas públicas de largo plazo para acercarnos a los máximos estándares. Sobre todo tomando en cuenta que las tecnologías para alcanzarlos ya fueron desarrolladas y el énfasis primario debiera estar en su implementación.

## 29. Millas recorridas por vehículo por PIB

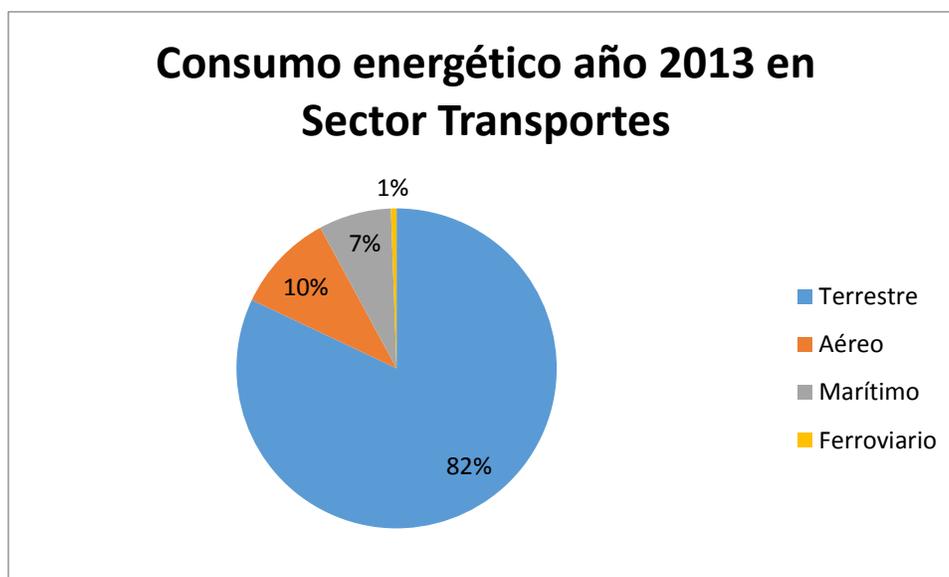
En esta métrica se define la cantidad de millas recorridas por vehículos motorizados, VMT por sus siglas en inglés (Vehicle-Miles Traveled), como razón de cada US\$1.000 del PIB anual. De esta manera se entenderá la importancia del transporte vehicular en relación al contexto y la evolución económica, evaluando así la dependencia de la conectividad nacional con respecto al tamaño de la economía.

Según Euromonitor International, esta dependencia tendría un punto de inflexión al alcanzar el desarrollo una economía, debido al surgimiento de mejores alternativas en el transporte y, en mayor medida, por el desarrollo de los centros urbanos, los que concentrarían más población e inhibirían la necesidad de transporte de larga distancia. Esto también se vería intensificado dada la alta fluctuación en los costos por consumo de combustibles que se

observan en Chile, debido a su situación de dependencia del mercado global, lo que debiera llevar en el largo plazo a buscar eficientar el proceso de transporte.

Según datos del Balance Nacional Energético, elaborado por la División de Prospectiva y Política Energética del Ministerio de Energía, el 82% del total de la energía consumida en el Sector Transporte se destina al ítem terrestre, como se puede ver en la Ilustración VII.29.1.. En el año 2013, el transporte por vía terrestre explicó alrededor del 26% de la totalidad del consumo final de energía en Chile, aparte del 58% del total del consumo final de derivados de petróleo. Así, esta métrica es especialmente importante en un país como este, y su seguimiento y enfoque en su mejoramiento debe ser sin duda objeto de política pública.

**Ilustración VII.29.1.**



Fuente: Elaboración propia usando datos del Balance Nacional de Energía para el año 2013 presentado por el Ministerio de Energía de Chile en su página oficial

En el informe anual de Euromonitor International, *International Marketing and Data Statistics*, cuya data para Chile es desarrollada por Euromonitor Chile, es posible observar que Chile es el líder mundial en este indicador, con 28.908 kilómetros (17.963 millas) recorridos al año por automóvil, aventajando ampliamente a India, segundo en el ranking con 23.927 kilómetros.

Este dato demuestra que claramente existe en Chile una tendencia de uso intensivo del transporte terrestre, tanto para transporte de personas y de carga, dadas las particularidades de su territorio y las deficiencias en disponibilidad y costos de otros medios de transporte. Esto sumado a la creciente tasa de motorización del país, que de 2009 a 2013 aumentó en un 24%, la relación entre automóviles motorizados y población, razón que para el 2013 es de aproximadamente 0,24.

Para calcular el valor nominal de esta métrica, se multiplicará el promedio de millas recorridas por vehículo (VMT) por la cantidad de vehículos motorizados en circulación, que según el Compendio Estadístico de INE serían 4.168.980 unidades para el año en estudio, y luego ponderando por el PIB anual, resultando en un valor nominal de 265.

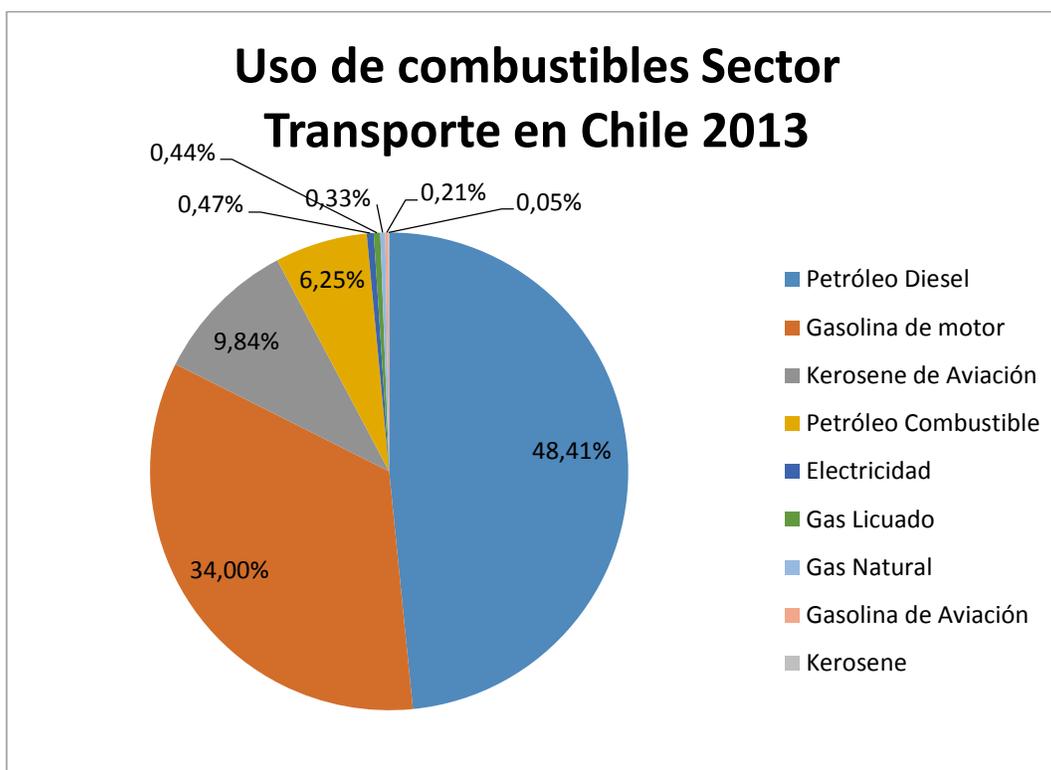
### **30. Uso de combustibles alternativos para el transporte**

Esta métrica es definida como el uso de combustibles alternativos al petróleo o sus derivados, usados como un porcentaje del total de consumo energético del sector de transportes, indicando así la diversificación del sector y su flexibilidad ante contingencias, reflejando que a mayor porcentaje, menor será el riesgo de suministro asociado.

En Chile este es un ámbito muy poco explorado. No se han seguido ejemplos internacionales en el uso de automóviles en base a gas natural, metano, energía eléctrica, entre otros, incidiendo fuertemente así en la presión por petróleo, del que el sector de transporte es el principal demandante.

En la Ilustración VII.30.1 es posible observar la composición de la demanda por energéticos para el sector transporte. A partir de esta se puede desprender que tan sólo un 0,8% del total de energía no deriva de petróleo crudo, descompuesto a su vez en 0,47% en energía eléctrica y 0,33% en gas natural.

**Ilustración VII.30.1.**



Fuente: Elaboración propia usando datos del Balance Nacional de Energía para el año 2013 presentado por el Ministerio de Energía de Chile

EEUU históricamente mostraba valores para esta métrica siempre entre 2% y 4%, explicado en gran parte por la mayor participación de motores en base a

gas natural. Sin embargo, esta tendencia a la estabilidad se rompió el año 2007, luego de que la baja participación de mercado tendiera al alza sostenidamente, hasta llegar al 7% al año 2013. Esto debido a la promulgación de mandatos legales federales con respecto al uso de combustibles renovables (EPAAct 2005 y EISA 2007) que respaldaron el incremento en la producción de etanol a partir de biomasa, por medio de asegurar un mercado para este combustible. Las proyecciones de la E.I.A. hablan de un crecimiento esperado del 2,1% anual en el futuro.

Así, a pesar de la actual baja participación de mercado de motores en base a insumos alternativos, es posible, en base al ejemplo presentado, afirmar que la política y la regulación juegan un rol fundamental a la hora no sólo de mejorar la relación en observación, sino que de llevar la matriz energética general a un esquema afín a los intereses del Estado, que debieran apuntar a minimizar el riesgo de suministro. Sería razonable esperar que en Chile se replicara esta situación, dado el alto potencial en la generación de biogás. Este podría, al 2025, convertirse entre un 3% y 6% del total de la matriz<sup>4</sup>, lo que permitiría generar un mercado de motores que funcionasen en base a este combustible.

### **VIII. Métricas medioambientales**

Para las métricas originales del “*U.S. Index of Energy Security Risk*” se utiliza el dato de emisiones de CO<sub>2</sub> exclusivamente, excluyendo otros gases contaminantes del estudio, debido a que la información histórica a partir de 1975 y las proyecciones que manejan no los incorporan. Sin embargo, al ser este un tema de muy reciente preocupación en Chile, el primer inventario

---

<sup>4</sup> Universidad Técnica Federico Santa María: Potencial de la Biomasa para la Generación Eléctrica en Chile al 2025 Página 2 de 74, 2008

nacional de emisiones fue lanzado el mismo año 2013 para el período 1990-2010, incorporando ya las últimas indicaciones y consensos internacionales sobre el tema. Esto permite disponer de datos de otros gases de efecto invernadero aparte del CO<sub>2</sub>, abarcando la actividad en todo el territorio y midiendo las emisiones de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), CH<sub>4</sub> (metano), y N<sub>2</sub>O (óxido nitroso), todo expresado en unidades de equivalencia a CO<sub>2</sub> (toneladas de CO<sub>2</sub> eq.).

### 31. Emisiones de CO<sub>2</sub> por el sector Energía

Esta métrica es definida como el total de emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas tanto a la producción como al consumo energético, medido en millones de toneladas, o sea, en unidades físicas que indican la cantidad de masa de esta externalidad. Además del interés que genera el poder reducir la cantidad de gases contaminantes, la medición y eventual optimización de esta métrica es relevante debido a la contingencia internacional. Esto dado que la política global está valorando en gran medida el cumplimiento de estándares impuestos en diversos tratados, entre los cuales destaca el Protocolo de Kyoto de 1997, marcando un precedente en la búsqueda de la reducción de los gases de efecto invernadero. Así, a mayor emisión, mayor será la presión internacional, pudiendo afectar en el largo plazo relaciones comerciales.

La Comisión Nacional de Energía presentó el “Inventario Sectorial de Gases de Efecto Invernadero de Energía” (ISGEI de Energía), elaborado según las directrices del IPCC (*Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático*, por sus siglas en inglés) para inventarios nacionales de gases de efecto

invernadero (GEI) (Directrices IPCC 2006<sup>5</sup>). La información de este inventario puede observarse resumida en la Tabla VIII.31.1.

**Tabla VIII.31.1.**

<b>Emisiones de GEI del sector Energía, por categoría, 2013 (Gg CO2eq)</b>		
<b>Sector Emisor</b>	<b>Emisiones (Gg CO2 eq)</b>	<b>Participación en emisiones (%)</b>
<b>Industria energética</b>	<b>35.675,4</b>	<b>43,6%</b>
<b>Transporte</b>	<b>23.708,3</b>	<b>29,0%</b>
<b>Industria, manufactura y construcción</b>	<b>15.462,6</b>	<b>18,9%</b>
<b>Residencial, comercial y pública</b>	<b>6.021,7</b>	<b>7,4%</b>
<b>Emisiones fugitivas</b>	<b>887,5</b>	<b>1,1%</b>
<b>Total</b>	<b>81.755,7</b>	<b>1</b>

Fuente: Elaboración propia usando datos del ISGEI de Energía 2013; CNE, 2016

El 2013 en Chile se produjeron 81.755,7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq. por el sector Energía, valor nominal de la métrica. El mayor emisor es la industria energética, con un 43,6% del recuento total de gases de efecto invernadero, dada la participación del 75,5% de la termo-generación a partir de combustibles fósiles dentro de la matriz eléctrica. El segundo mayor emisor de GEI fue el sector de Transportes, con un 29%, seguido por la industria manufacturera y de la construcción, con un 19%.

A partir del informe “Inventario de emisiones de GEI 1990- 2010, proyección de emisiones a 2040 y matrices de abatimiento de CO<sub>2</sub> – Chile” preparado por The Boston Consulting Group para la Asociación de Generadoras de Chile, en septiembre de 2013, es posible conocer con más detalle la composición de esta producción, ya que se definen características para el período estudiado de 20

<sup>5</sup> IPCC, “Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero” (2006). En: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/>

años. Se asumirá que esta composición no debiera variar significativamente desde 2010 a 2013:

- Industria energética: las emisiones corresponden en alrededor de un 90% a la generación eléctrica con base térmica. En el período 1990-2010 esta categoría creció a un promedio de 8% anual, acompañando el aumento en la generación eléctrica de 6% anual promedio.
- Transporte: las emisiones corresponden en alrededor de un 90% a transporte terrestre o “por carretera”, consecuentemente con lo observado en las Métricas del sector transporte del índice en elaboración. Estas crecieron en un 5% promedio al año.
- Industria, manufactura y construcción: corresponden principalmente a las emisiones de minería (metales no ferrosos), con un crecimiento anual promedio de 7%, hierro y acero (con un crecimiento anual promedio de 1%).
- Comercial, Residencial y Pública: corresponden en un 68% a las emisiones residenciales, que crecieron al 2% anual (aproximadamente el doble del crecimiento de la población para el mismo período), en un 30% al sector comercial, que crecieron al 4% anual, y en un 2% al sector público.
- Emisiones fugitivas: a diferencia de las demás categorías, estas emisiones no son producto de la quema de combustibles, sino de fugas o reacciones químicas en procesos de extracción y transporte de combustibles fósiles o transporte y almacenamiento de CO<sub>2</sub>. Dentro de esta categoría, las principales sub-categorías en Chile están en la producción de GN, con un crecimiento del 6% anual en emisiones, y combustibles sólidos, que decreció en un 12% promedio anual.

### 32. Emisiones de CO<sup>2</sup> del sector energía, per cápita

Esta métrica es definida como las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas a la energía per cápita, indicando el efecto del consumo de energía per cápita, y la intensidad en GEI que caractericen a los insumos energéticos que estén siendo usados.

Se ocupará el valor de 81.755,7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq. de la métrica número 31, para un total de población de 17.659.390 personas. Esto da como resultado 4.630 toneladas de CO<sub>2</sub>eq. por persona al año lo que, llevado a millones de toneladas, significa 0,005 Gg CO<sub>2</sub>eq pp, valor nominal para esta métrica.

### 33. Intensidad de las emisiones de CO<sup>2</sup> del sector energía

Esta métrica es definida como la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> medidas en toneladas métricas (a diferencia de las métricas anteriores), emitidas por cada US\$1.000 del PIB anual. Indicará la importancia en la economía local de las energías altas en emisiones, además de ser un medidor de la eficiencia del uso de energías.

Se ocupará el valor de 81.755,7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq. de la métrica número 31, para un PIB anual de US\$282.080.013.703, resultando en un valor nominal para esta métrica de 290 toneladas de CO<sub>2</sub> eq. por cada US\$1.000 del PIB.

### 34. Electricidad poco intensiva en CO<sup>2</sup>

Esta métrica es definida como la porción de la generación de energía eléctrica transformada a partir de fuentes renovables, plantas hidroeléctricas, plantas

nucleares y plantas termoeléctricas o con base en combustibles fósiles, que operen con tecnologías que permitan la captura y almacenamiento de las emisiones de gases contaminantes. El estudio de esta métrica indicará el progreso de la industria eléctrica en diversificar hacia una generación poco intensiva en emisión de CO<sup>2</sup> y GEI en general.

En la Tabla VIII.34.1 es posible observar la descomposición del consumo de insumos para los centros de transformación eléctrica, medido en unidades energéticas. En Chile aún no existen plantas productivas de energía nuclear, ni se han aplicado, al menos de forma significativa, tecnologías de captura y almacenamiento de GEI. Es por esto que podemos clasificar a las fuentes Carbón, Leña y Biomasa, Gas Natural y Derivados de Petróleo como intensivos en generación de GEI.

**Tabla VI.27.1.**

<b>Consumo Centros de Transformación de Energía Eléctrica (TeraCalorías), 2013</b>		
<b>Energético</b>	<b>Consumo Absoluto</b>	<b>Consumo Relativo</b>
<b>Carbón</b>	<b>69.956</b>	<b>42,43%</b>
<b>Leña y Biomasa</b>	<b>42.237</b>	<b>25,62%</b>
<b>Gas Natural</b>	<b>23.077</b>	<b>14,00%</b>
<b>Hídrica</b>	<b>16.973</b>	<b>10,29%</b>
<b>Derivados de Petróleo</b>	<b>12.059</b>	<b>7,31%</b>
<b>Eólica</b>	<b>477</b>	<b>0,29%</b>
<b>Biogás</b>	<b>81</b>	<b>0,05%</b>
<b>Solar</b>	<b>7</b>	<b>0,00%</b>
<b>Total</b>	<b>164.867</b>	<b>1</b>

Fuente: Elaboración propia usando datos del Balance Nacional de Energía para el año 2013 presentado por el Ministerio de Energía de Chile

En el caso del combustible Leña y Biomasa, que pudiera confundir por la asociación de la Biomasa con la generación por ERNC, este es utilizado para plantas de co-combustión, o sea, generación termoeléctrica vía combustión simultánea de carbón mineral y Biomasa. Este proceso tomó mayor realce a

partir de la promulgación de la ley 20.257, en 2008, que impone a las empresas eléctricas una cota mínima de 5% de generación con fuentes renovables para el año 2010, con el fin de disminuir la dependencia hacia combustibles fósiles e importados, además de agregar insumos renovables a la matriz eléctrica. Este porcentaje llegaría al 20% al año 2020.

Es importante diferenciar que la porción de Biomasa utilizada en generación eléctrica, y considerada como ERNC, es la que se destina a la generación de Biogas mediante el proceso de gasificación.

Así, el porcentaje de la generación eléctrica poco intensiva en emisiones de GEI es de 10,63%, valor nominal de esta métrica, compuesto por fuentes hídrica, eólica, biogás y solar. En el caso de las fuentes hídricas, a pesar de que las centrales de embalse, mayoritarias frente a las centrales de pasada, no son consideradas como ERNC, no son emisoras de GEI.

## **IX. Métricas de Investigación y Desarrollo**

### **35. Inversión industrial en I+D enfocado a Energía**

En esta métrica se definirá la magnitud y evolución de la inversión en investigación y desarrollo (I+D) en el campo energético, realizado por particulares y empresas privadas, por cada US \$1.000 del PIB. Esto indicará el nivel de involucramiento y compromiso de los privados en el desarrollo de nuevas tecnologías y mejoras en eficiencia energética.

La realidad chilena es precaria en este aspecto, según los datos entregados por la CNE en su informe acerca de proyectos registrados en ciencias y tecnología en energía, debido a que tan solo el 0,31% de las inversiones en este campo son realizadas por privados. Lo anterior, medido en divisa estadounidense para

el año 2012, da un total de US\$205.553, cifra que evidentemente es deficiente y no pretende generar los importantes cambios que el sector energético local necesita.

Esta inversión está relacionada a dos proyectos que apuntan a la investigación de potencialidad en la generación de energía hidroeléctrica para el suministro de poblados aislados del sur de Chile.

Dado el PIB chileno al año 2013 a tasa de cambio promedio del año anterior, de US\$282.080.013.703, la relación buscada entre inversión y PIB sería de 0,00073, valor nominal para esta métrica.

### 36. Inversión estatal en I+D enfocado a Energía

En esta métrica se definirá la magnitud y evolución de la inversión en investigación y desarrollo en el campo energético realizado por el Estado y desarrollada por el sector público y privado, evidenciando así el énfasis en la política pública y en la asignación de recursos que tenga el descubrimiento de nuevos esquemas de producción, transmisión y consumo energético, entre otros.

Según los datos por la CNE en su informe acerca de proyectos registrados en ciencias y tecnología en energía, casi la totalidad, 99,69%, del aporte monetario para apoyar proyectos de esta naturaleza proviene de arcas fiscales. Esto suma un total de US\$66.033.032, lo que ponderado por cada US\$1.000 del PIB de Chile resulta en un valor nominal para la métrica de 0,234.

También es importante destacar el hecho de que la mayor parte de esta inversión está enfocada en la investigación acerca de potencialidad de instalación, capacidad de generación y factibilidad económica de la

implementación de tecnologías ya pre-existentes en determinados territorios. Lamentablemente, no existe en Chile una vocación hacia la innovación o descubrimiento de nuevos métodos de generación, distribución, transformación, transmisión o consumo energético.

### 37. Educación terciaria en la población

En esta métrica se busca definir la cantidad de personas que tienen una formación educacional superior, ya sea universitaria o técnica, por cada \$1.000.000.000 del PIB. A través de esto se busca obtener una visión de la evolución del capital humano y social con el que cuenta el país, en contraste con la evolución de su economía.

En el *U.S Index of energy security risk* esta métrica es absolutamente distinta, ya que mide la cantidad de profesionales en las ciencias y matemáticas presentes en el país, que debieran tener mayor potencialidad de impacto en la implementación de nuevas tecnologías.

Sin embargo, en el índice chileno el enfoque que se le quiere dar a esta métrica es distinto. Chile se mueve en un mundo globalizado, donde los temas medioambientales han tomado gran realce e importancia. En este mundo no sólo los profesionales especializados en ciencias exactas son los llamados a ejercer un cambio tanto en la tendencia y los hábitos de consumo, como en ejercer presión política ciudadana para impulsar cambios estructurales en los estándares y regulaciones estatales. Estas han demostrado ser más efectivas que tan sólo la auto-regulación de los mercados, en corregir las externalidades que los mercados no miden en su optimización, llevando así a las economías a producir y consumir energía de forma más ambientalmente racional. Por lo anterior, se cree que a mayor cantidad de profesionales y técnicos de todas las

ramas del conocimiento, mejor será el manejo energético interno y por lo tanto menor el riesgo por seguridad de suministro.

Para la obtención de datos de escolaridad se tomarán los datos recopilados por la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN) realizado por el Ministerio de Desarrollo Social el año 2013. Idealmente se debiesen ocupar los datos y proyecciones a partir del Censo nacional realizado el 2012, pero éste, debido a razones técnicas, fue deslegitimado como fuente de información por el Gobierno y todas las entidades interesadas.

Así, de acuerdo a la Encuesta CASEN, para el 2013 un 16,5% de los chilenos presenta una educación superior completa lo que, según las estimaciones poblacionales del INE para el mismo año, daría un total de 2.896.874 personas tituladas de la educación superior, traduciéndose en 10.269,7 profesionales por cada mil millones de dólares del PIB, cifra que será el valor nominal de esta métrica.

## Conclusiones

El objetivo sobre el que se construyó este trabajo, a saber, el de poder generar una medición del riesgo por seguridad de suministro energético objetiva y replicable, utilizando fuentes de información primarias de origen nacional (salvo en casos en que se precise de fuentes internacionales), se ha cumplido satisfactoriamente mediante la adaptación de un índice desarrollado en los EEUU.

Resulta fundamental el correcto estudio de las fuentes de riesgo de suministro por parte del sector público, privado y los ciudadanos, para que, por medio del acercamiento y aterrizaje de la información, puedan direccionarse las iniciativas y esfuerzos conjuntos para minimizar la ocurrencia de eventos negativos.

Se ha observado la situación de dependencia extrema a la importación de combustibles fósiles para sustentar el consumo energético interno en Chile, transversal a los sectores de la economía, implicando una matriz energética poco sustentable en el largo plazo. Lo anterior, debido a restricciones de disponibilidad de reservas de estos combustibles fósiles, que repercuten en inestabilidad y tendencia al alza de precios, y también por las presiones crecientes de los organismos internacionales por la adopción de tecnologías de generación que se basen en fuentes energéticas renovables y poco intensivas en emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero.

Paralelo a la alta dependencia a importaciones que sufre el mercado energético local, se observa gran concentración tanto de las reservas como la producción

de combustibles fósiles a nivel de ciertas naciones, lo que se intensifica más aún al componer los datos en bloques internacionales.

El poder contar con herramientas que permitan un análisis inter-temporal de la evolución de las distintas variables de riesgo se convierte en una urgencia, pues es la forma de permitir, por un lado, el encausar políticas públicas y, por otro, el poder medir el éxito o fracaso relativo de éstas, según la evolución de los indicadores de riesgo relacionados.

Siguiendo esta idea, en este informe se ha detectado una tremenda carencia en inversión y desarrollo en el sector energético, especialmente en el ámbito privado. Esto probablemente dada la tendencia al *statu quo* que se ha observado en esta industria, a pesar de que las fuentes de energías renovables, tales como mareomotriz, geotermia, biomasa, solar, eólica, entre otras, muestran potencialidades muy significativas en las diversas regiones y enmarcadas en distintos ecosistemas. Pese a lo anterior, la tendencia ha sido ignorar e incluso subestimar estas fuentes, que sólo han podido ingresar significativamente a la matriz energética gracias a presiones de la ciudadanía y del Estado, específicamente con la Ley 20.257, y por medio de tecnologías importadas desde otros países, donde sí se ha realizado I+D en este ámbito, a pesar de que algunos de estos países tienen menos capacidad de generación que en Chile.

Como comentario final, es preciso agregar que ambos índices que constituyen el *benchmark* para esta propuesta aplicada a Chile, operan primero en unidades físicas o monetarias para luego convertir las métricas en mediciones de riesgo, haciendo este trabajo en relación a un año base, definido como el año 1980. No obstante, en Chile resulta extremadamente difícil remontar este tipo de data no sólo a ese año en particular, sino que dentro de cualquier

década pasada. Debido a ello, este trabajo consistió en exponer solamente los datos para el año 2013, dejando la tarea de recolectar esta información a quien tome en el futuro la labor de elaborar un índice de publicación periódica en el tiempo, contando ya con las fuentes y la metodología expuesta en este informe.

## Fuentes y Referencias

Banco Central de Chile, “Balanza comercial 2013”. En:

<http://www.bcentral.cl/> (Accedido en Abril de 2016)

BP Global, “BP Statistical Review of World Energy 2014” (2014). En:

[http://www.bp.com/content/dam/bp-country/de\\_de/PDFs/brochures/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf](http://www.bp.com/content/dam/bp-country/de_de/PDFs/brochures/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf) (Accedido en Mayo de 2016)

Cámara de Comercio de Santiago, “Tendencias del Retail en Chile – 2016” (2016). En:

[http://www.ccs.cl/prensa/2016/01/tendencias\\_retail\\_2016\\_WEB.PDF](http://www.ccs.cl/prensa/2016/01/tendencias_retail_2016_WEB.PDF)

(Accedido en Mayo de 2016)

CHESTER, Lynne. Conceptualizing energy security and making explicit its polysemic nature. En: Energy Policy 38 (2010) 887–895

CDEC SIC, “Anuario y Estadísticas de Operación – 2013” (2014). En:

[www.cdec-sic.cl/anuarios/anuario2014/cdec\\_sic\\_2013.pdf](http://www.cdec-sic.cl/anuarios/anuario2014/cdec_sic_2013.pdf) (Accedido en Mayo de 2016)

CDEC SING, “Anuario y Estadísticas de Operación – 2014” (2015). En:

[http://www.cdec-sing.cl/html\\_docs/anuario2014/esp/files/assets/common/downloads/CDEC%20SING%202014.pdf](http://www.cdec-sing.cl/html_docs/anuario2014/esp/files/assets/common/downloads/CDEC%20SING%202014.pdf) (Accedido en Mayo de 2016)

Centro Premio Nobel Mario Molina Chile, “Seguimiento Ambiental del Mercado Automotriz Chileno” (2011). En:

<http://www.cmmolina.cl/seguimiento-ambiental-del-mercado-automotriz-chileno-segunda-edicion/> (Accedido en Mayo de 2016)

CIEP Clingendael Institute. “EU Energy Supply Security and Geopolitics” (2004), En:

[http://www.clingendael.nl/publications/2004/200401000\\_ciep\\_study.pdf/](http://www.clingendael.nl/publications/2004/200401000_ciep_study.pdf/)

Clingendael International Energy Programme (Accedido en Junio 2016).

Comisión Nacional de Energía (CNE). En: [www.cne.cl](http://www.cne.cl) (Accedido en Abril de 2016)

Congreso Nacional, Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (2008). “Ley 20257”. En: [http://centralenergia.cl/uploads/2009/12/Ley\\_ERNC\\_LEY-20257.pdf](http://centralenergia.cl/uploads/2009/12/Ley_ERNC_LEY-20257.pdf) (Accedido en Mayo de 2016).

CORREA, Gabriel J. “Identificación y evaluación de amenazas a la seguridad del suministro energético” (2010). En:

<http://www.banrepcultural.org/sites/default/files/Tesis-GJCorrea-suministro-energetico.pdf> (Accedido en Junio 2016)

Datos Energía Abierta, Comisión Nacional de Energía. En:

<http://datos.energiaabierta.cne.cl/> (Accedido en Mayo de 2016)

División de Prospectiva y Política Energética del Ministerio de Energía de Chile “Balance Nacional de Energía 2013” (2014). En:

<http://datos.energiaabierta.cne.cl/dataviews/90535/bne-2013-variacion-consumo-bruto-energia-primaria/> (Accedido en Abril de 2016)

EDELAYSEN, “Reporte Anual – 2013” (2014). En:

<http://www.gruposaes.cl/edelayesen/imgmodulo/archivos/53.PDF> (Accedido en Mayo de 2016)

EDELMAG, “Memoria Anual – 2013” (2014). En:

<http://www.edelmag.cl/wp->

[content/uploads/descargables/memorias/Memoria%20Edelmag%202013.pdf](http://content/uploads/descargables/memorias/Memoria%20Edelmag%202013.pdf)

(Accedido en Mayo de 2016)

Euromonitor International, “International Marketing and Data Statistics”

(2014). En: <http://www.euromonitor.com/transport-and-communications>

(Accedido en Mayo de 2016)

Empresa Nacional del Petróleo (ENAP), “Memoria anual ENAP 2013”

(2014). En: [www.enap.cl/descarga/forzada/2238/](http://www.enap.cl/descarga/forzada/2238/) (Accedido en Mayo de

2016)

Estadísticas Coyunturales del Instituto Nacional de Estadísticas, “Índice de Producción Industrial” (2014). En:

[http://www.ine.cl/canales/chile\\_estadistico/estadisticas\\_economicas/ipi/series\\_estadisticas.php](http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/estadisticas_economicas/ipi/series_estadisticas.php) (Accedido en Mayo de 2016)

Freedom House, “Freedom of the World 2013” (2014). En:

[https://freedomhouse.org/sites/default/files/FIW%202013%20Booklet\\_0.pdf](https://freedomhouse.org/sites/default/files/FIW%202013%20Booklet_0.pdf)

(Accedido en Abril de 2016)

GUTIERREZ García, G. de J. et al. (2012), “Biogás: Una alternativa ecológica para la producción de energía”, *Ide@s CONCYTEG*, 7 (85), pp. 881-894

Institute for 21st Century Energy, U.S. Chamber of Commerce, “U.S. Index of Energy Security Risk - 2013” (2014). En:

<http://www.energyxxi.org/sites/default/files/Idex%20of%20US%20Energy%20Security%20Risk.pdf> (Accedido en Abril de 2016).

Institute for 21st Century Energy, U.S. Chamber of Commerce, “International Index of Energy Security Risk - 2013” (2014). En:

[www.energyxxi.org/sites/default/files/InternationalIndex-Final2013.pdf](http://www.energyxxi.org/sites/default/files/InternationalIndex-Final2013.pdf)

(Accedido en Abril de 2016)

Instituto de Estudios de Seguridad de la U.E. “Estrategia Europea de Seguridad” (2003). En: [www.iss-eu.org](http://www.iss-eu.org) 29p. (Accedido en Mayo 2016).

Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE) (2015), “Compendio estadístico INE 2015”. En:

[http://www.ine.cl/canales/menu/publicaciones/calendario\\_de\\_publicaciones/pdf/compendio\\_estadistico\\_ine\\_2015.pdf](http://www.ine.cl/canales/menu/publicaciones/calendario_de_publicaciones/pdf/compendio_estadistico_ine_2015.pdf). (Accedido en Mayo de 2016).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), “Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero” (2006).

En: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/> (Accedido en Junio de 2016)

International Energy Agency, “Resources to Reserves – 2013” (2014). En:

<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Resources2013.pdf> (Accedido en Mayo de 2016)

International Energy Agency, “Security of supply in electricity markets” (2002). En: [www.iea.org](http://www.iea.org) 177p. (Accedido en Mayo 2016).

Ministerio de desarrollo Social de Chile, “Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional – 2013” (2013). En:

[http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/documentos/Casen2013\\_Educacion.pdf](http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/documentos/Casen2013_Educacion.pdf) (Accedido en Junio de 2016)

Ministerio de Energía de Chile, Sistema de Información Estadística. En:

<http://www.energia.gob.cl/> (Accedido en Abril de 2016)

NAVARRETE, Jorge Eduardo. “Seguridad energética, ¿para quién?” (2008). En: <http://www.jornada.unam.mx/2008/05/29/index.php> , (Accedido en Mayo 2016).

NUTTALL, William J. & MANZ, Devon L “A new energy security paradigm for the twenty-first century”. En: *Technological Forecasting & Social Change* 75 (2008) 1247– 1259

QUINTO, Javier. “Seguridad de suministro: un valor en alza para la política energética y en la política de seguridad nacional”. En: *UNISCI Discussion Papers*. Universidad Complutense de Madrid, N° 13. pp 185 – 199. Enero 2007.

Servicio Nacional de Aduanas de Chile. En: <https://www.aduana.cl/> (Accedido en Mayo de 2016)

Servicio Nacional del Consumidor, SERNAC, “¿Dónde comprar Leña este mes?” (Enero a Diciembre de 2013). En: <http://www.sernac.cl/category/noticias/sernac-en-regiones/araucania/> (Accedido en Mayo de 2016).

The Boston Consulting Group, “Inventario de emisiones de GEI 1990- 2010, proyección de emisiones a 2040 y matrices de abatimiento de CO2 – Chile” (2013). En: <http://generadoras.cl/wp-content/uploads/Estudio-emisiones-CO2-en-Chile.pdf> (Accedido en Junio de 2016)

Universidad Técnica Federico Santa María, “Potencial de la Biomasa para la Generación Eléctrica en Chile al 2025” (2008). En: [www.neim.utfsm.cl/arch/20080808-02-Biomasa.pdf](http://www.neim.utfsm.cl/arch/20080808-02-Biomasa.pdf) (Accedido en Junio de 2016)

U.S. Energy Information Administration, “International Energy Statistics”. En <http://www.eia.gov/> (Accedido en Abril de 2016).

World Energy Council, “World Energy Sources: Coal” (2014). En: [https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/10/WER\\_2013\\_1\\_Coal.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/10/WER_2013_1_Coal.pdf) (Accedido en Mayo 2016)

YUSTA, José María. “Amenazas a la seguridad del suministro energético español”. En: Inteligencia y seguridad. Revista de análisis y prospectiva. N° 6. Noviembre 2009.

## Anexo 1

Valores para el año base 2013 del Índice de seguridad de suministro energético adaptado a Chile						
Ponderación para generación de sub-índices por tipo de riesgo					Relación proporcionalidad	Valor nominal 2013
Métrica	Geopolítico	Económico	Confiabilidad	Medioambiental		
1	9%	0%	0%	0%	+	788
2	7%	5%	6%	0%	+	476
3	6%	0%	0%	2%	+	920
4	5%	2%	3%	2%	+	428
5	2%	1%	1%	0%	+	960
6	8%	0%	7%	0%	+	182
7	3%	0%	2%	0%	+	450
8	4%	0%	2%	0%	+	276
9	6%	6%	0%	0%	+	14,4
10	0%	9%	0%	0%	+	0,051
11	5%	7%	0%	0%	+	60
12	0%	9%	0%	0%	+	3080
13	0%	10%	0%	0%	+	83
14	13%	13%	6%	0%	+	101
15	5%	3%	10%	0%	+	0,065
16	0%	5%	14%	0%	+	-0,023
17	3%	0%	6%	0%	+	0,772
18	2%	0%	6%	0%	-	30,7
19	0%	3%	0%	8%	+	76,5
20	0%	4%	0%	10%	+	4,8
21	8%	3%	0%	6%	+	4,2
22	0%	3%	0%	4%	+	43,8
23	0%	3%	0%	4%	+	10386
24	0%	3%	0%	4%	+	10,2
25	0%	0%	7%	3%	+	1033
26	0%	1%	7%	0%	-	0,489
27	0%	1%	8%	3%	-	1884
28	3%	4%	0%	12%	-	31,2
29	2%	2%	0%	8%	+	265
30	3%	0%	4%	4%	+	0,8
31	2%	0%	0%	7%	+	81.755,70
32	2%	0%	0%	5%	+	0,00463
33	2%	0%	0%	5%	+	289,9
34	0%	0%	5%	7%	+	0,1063

<b>35</b>	0%	1%	2%	2%	-	0,00073
<b>36</b>	0%	1%	2%	2%	-	0,234
<b>37</b>	0%	1%	2%	2%	-	10269,7
	100%	100%	100%	100%		

En las distintas columnas es posible observar los ponderadores del valor ajustado con respecto al año base de cada una de las métricas para realizar el cálculo de los sub-índices asociados al índice de riesgo de seguridad de suministro, que desagregan el riesgo total en las categorías ya descritas en este trabajo: riesgo geopolítico, económico, por confiabilidad y medioambiental.

Además, es posible observar la relación de proporcionalidad de cada métrica con respecto al riesgo, donde “+” implica un relación de proporcionalidad directa, o sea, si la métrica aumenta positivamente esto genera un que aumente el riesgo, y viceversa. En estos casos solo es necesario ajustar el valor nominal del año particular a la base 2013 de valor 100. En caso contrario, “-” se refiere a métricas con proporcionalidad inversa al riesgo, casos en los que se hace necesario invertir los valores de la métrica para posteriormente normalizar al año base 2013.