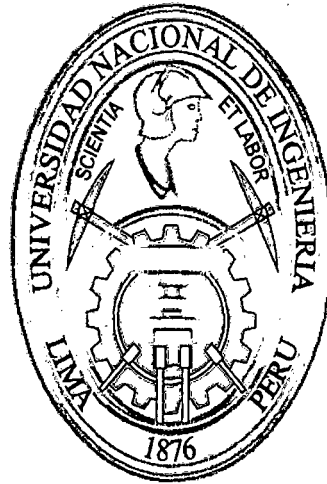


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**MODELO PARA EVALUAR LA SEGURIDAD
ENERGÉTICA EN LOS PAISES DE LATINOAMERICA**

TESIS

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

DHEYBI GROVER CERVAN PRADO

PROMOCION 2011- I

LIMA-PERU

2014

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

DEDICATORIA

*A mis padres, por brindarme su constante apoyo
y motivación para seguir adelante.*

*A mi asesor Ing. Fredy Saravia por su apoyo,
estímulo y orientación en el desarrollo del
presente trabajo de investigación.*

*A mis amigos, familiares y todas las personas que
contribuyeron en mi formación profesional.*

*Para ello esta dedicatoria de tesis, pues es a
ellos a quienes debo por su apoyo incondicional.*

CONTENIDO

Dedicatoria.....	i
Contenido.....	ii
Índice de ilustraciones	vii
Indice de tablas.....	ix
Prologo	1
Capítulo 1 INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Justificación	5
1.3 Objetivos	5
1.4 Alcances.....	6
1.5 Limitaciones.....	7
Capítulo 2 MARCO TEÓRICO	8
2.1 Fuentes y balances de energía	8

2.1.1 Definiciones Generales	8
2.1.2 Fuentes de Energía	11
2.1.3 Balances de Energía	13
2.2 Mercados y flujos energéticos	17
2.2.1 Petróleo	18
2.2.2 Gas Natural	22
2.2.3 Carbón	24
2.2.4 Electricidad y Calor	26
2.2.5 Fuentes renovables y desechos	29
2.3 Seguridad energética y sus dimensiones	32
2.3.1 Definiciones de Seguridad Energética	32
2.3.2 Dimensiones de Seguridad Energética	33
2.3.3 Factores de contexto estructural influyentes en la seguridad energética ..	34
2.4 Modelos de seguridad energética	36
2.4.1 Índice de desempeño de la arquitectura energética (EAPI)	36
2.4.2 Modelo de la Agencia Internacional de Energía	39
2.4.3 Índice ponderado de seguridad energética (IPSE)	42
Capítulo 3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA E HIPOTESIS	45
3.1 Identificación del problema	45
3.2 Planteamiento de la hipótesis	46
Capítulo 4 SITUACIÓN ENERGÉTICA EN LATINOAMÉRICA	47
4.1 Características de la región	47

4.2 Situación Energética de la Región	50
4.2.1 Sector Hidrocarburos	52
4.2.2 Sector Electricidad	55
4.3 Políticas energéticas en países representativos.....	58
4.3.1 Argentina.....	58
4.3.2 Brasil	59
4.3.3 Bolivia.....	61
4.3.4 Chile	62
4.3.5 Colombia.....	63
4.3.6 México	65
4.3.7 Perú	67
4.3.8 Uruguay.....	68
4.4 Aspectos comunes de las Políticas Energéticas.....	69
Capítulo 5 DISEÑO DEL MODELO	71
5.1 Metodología	71
5.1.1 Variables e indicadores recopilados.....	72
5.1.2 Método de medición de la concentración de mercado	73
5.1.3 Método de agregación de indicadores.....	74
5.1.4 Estructura del índice de seguridad energética.....	76
5.2 Dimensión de vulnerabilidad energética	77
5.2.1 Conectividad	77
5.2.2 Dependencia Energética.....	78
5.2.3 Cálculo del Índice de Vulnerabilidad.....	79

5.3 Dimensión de consumo energético	80
5.3.1 Eficiencia Energética	80
5.3.2 Intensidad Energética.....	80
5.3.3 Diversidad de Consumo	81
5.3.4 Incremental de Precios	82
5.3.5 Cálculo del Índice de Consumo	83
5.4 Dimensión de política energética	84
5.4.1 Equidad	84
5.4.2 Diversificación de la Matriz Energética.....	85
5.4.3 Cálculo del Índice de Política	86
5.5 Cálculo del índice de seguridad energética	87
Capítulo 6 RESULTADOS.....	88
6.1 Población, muestra y recolección de datos.....	88
6.2 Dimensión de vulnerabilidad	90
6.2.1 Conectividad	90
6.2.2 Dependencia Energética.....	95
6.2.3 Índice de Vulnerabilidad	96
6.3 Dimensión de consumo	98
6.3.1 Eficiencia Energética	98
6.3.2 Intensidad Energética.....	99
6.3.3 Diversidad de Consumo	100
6.3.4 Incremental de Precios	100
6.3.5 Índice de Consumo.....	101

6.4 Dimensión de política.....	103
6.4.1 Equidad	103
6.4.2 Diversificación de la matriz energética.....	106
6.4.3 Índice de Política.....	106
6.5 Índice de seguridad	108
6.6 Comparación con investigaciones similares.....	109
6.7 Validación de Hipótesis.....	111
Conclusiones	114
Bibliografía	116
APENDICE I - Balances Energéticos Recopilados	119

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2.1 – Principales fuentes de energía.....	11
Ilustración 2.2 – Estructura general de la cadena energética.	14
Ilustración 2.3 – Diagrama de sankey del balance energético mundial 2012	15
Ilustración 2.4 - Producción de Energía Mundial del año 2012 - TJ	17
Ilustración 2.5 - Consumo Final Mundial del año 2012 - TJ	18
Ilustración 2.6 - Flujograma simplificado para el petróleo	19
Ilustración 2.7 - Flujograma del petróleo crudo.....	20
Ilustración 2.8 - Flujograma de los productos derivados del petróleo	20
Ilustración 2.9 - Consumo del petróleo por sector	21
Ilustración 2.10 - Flujograma simplificado del Gas natural.....	23
Ilustración 2.11 - Flujograma simplificado del carbón mineral	25
Ilustración 2.12 - Flujograma simplificado para la electricidad	26
Ilustración 2.13 - Flujograma simplificado para el calor	27
Ilustración 2.14 - Diagrama de una central de electricidad y calor (CHP)	28
Ilustración 2.15 - Flujograma para el Grupo I de fuentes renovables y desechos	30
Ilustración 2.16 - Flujograma para el Grupo II de fuentes renovables y desechos	30
Ilustración 2.17 - Flujograma para el Grupo III de fuentes renovables y desechos... ..	31
Ilustración 2.18 - Marco Conceptual del Índice.....	37
Ilustración 2.19 - Índices e indicadores del EAPI 2014.....	38
Ilustración 2.20 - Esquema del modelo de la Agencia Internacional de Energía	42
Ilustración 2.21 - Agregación de los indicadores del IPSE.....	43
Ilustración 4.1 - Producción de energía primaria de Latinoamérica respecto al total mundial del año 2012 - TJ.....	50
Ilustración 4.2 - Relación de producción e importaciones sobre la demanda interna	51
Ilustración 4.3 - Reservas probadas de petróleo y gas en Latinoamérica	52
Ilustración 4.4 - Mayores productores regionales de petróleo año 2012 - TJ.....	53
Ilustración 4.5 - Mayores productores regionales de gas natural año 2012 - TJ.....	53
Ilustración 4.6 - Mayores productores regionales de carbón año 2012 - TJ	54
Ilustración 4.7 - Distribución de consumo de electricidad por países año 2012.....	55
Ilustración 4.8 - Generación eléctrica y exportación neta de electricidad - año 2012	56

Ilustración 4.9 - Cobertura eléctrica en Latinoamérica - año 2010.....	57
Ilustración 5.1 - Estructura del índice de seguridad energética	76
Ilustración 6.1 - Relación de indicadores que explican el índice de vulnerabilidad ..	97
Ilustración 6.2 - Relación de indicadores que conforman el índice de política	108

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 - Productos primarios y derivados del carbón mineral	24
Tabla 2.2- Ranking Global de Índices EAPI en Latinoamérica.....	39
Tabla 4.1- Factores considerados en las políticas energéticas de Latinoamérica	69
Tabla 4.2- Indicadores de seguridad energética para Latinoamérica.....	70
Tabla 6.1- Concentración de las importaciones de petróleo crudo por país	90
Tabla 6.2- Concentración de las importaciones de derivados de petróleo por país ...	91
Tabla 6.3- Concentración de las importaciones de carbón por país.....	92
Tabla 6.4- Concentración de las importaciones de gas natural por país	93
Tabla 6.5- Concentración de las importaciones de electricidad por país.....	93
Tabla 6.6- Concentración de las importaciones totales por país.....	94
Tabla 6.7- Indicador de Conectividad por país	94
Tabla 6.8- Indicador de Dependencia Energética por país	95
Tabla 6.9- Índice de Vulnerabilidad por país.....	96
Tabla 6.10- Indicador de Eficiencia Energética por país	98
Tabla 6.11- Indicador de Intensidad Energética por país.....	99
Tabla 6.12- Indicador de Diversidad de Consumo por país.....	100
Tabla 6.13- Indicador de Incremental de precios por país	101
Tabla 6.14- Índice de Consumo por país	102
Tabla 6.15- Indicador de electrificación por país.....	103
Tabla 6.16- Indicador de Acceso a combustibles no solidos por país	104
Tabla 6.17- Indicador de Calidad de suministro eléctrico por país.....	105
Tabla 6.18- Indicador de Equidad por país	105
Tabla 6.19- Indicador de Diversidad de matriz energética por país	106
Tabla 6.20- Índice de Política por país	107
Tabla 6.21- Índice de Seguridad por país.....	108
Tabla 6.22- Comparación de Índices de Seguridad por país - Año 2012	109

PROLOGO

La presente tesis analiza distintos esquemas metodológicos que se aplican para evaluar la seguridad energética en Latinoamérica. A partir de dicho análisis y como producto de este trabajo de investigación plasmado en tesis de grado se plantean los criterios para formular un modelo que se sintetiza en el cálculo de un índice de Seguridad Energética que contempla dimensiones de vulnerabilidad, consumo y política energética.

El **capítulo 1** se denomina INTRODUCCIÓN, donde se explican los antecedentes, la justificación, objetivos, los alcances y las limitaciones en el diseño del modelo.

El **capítulo 2** se denomina MARCO TEÓRICO, donde se resumen los conocimientos involucrados del sector energía, conceptos de la seguridad energética y revisión de la literatura actual sobre modelos del mismo.

El **capítulo 3** se denomina PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA E HIPOTESIS, donde se enuncia la identificación del problema a investigar y el planteamiento de las hipótesis.

El **capítulo 4** se denomina SITUACIÓN ENERGÉTICA EN LATINOAMERICA, donde se describen las características de la región en el aspecto energético, las políticas que promueven su regulación, desarrollo y la visión de la política en relación con la seguridad energética.

El **capítulo 5** se denomina DISEÑO DEL MODELO, es la parte central de esta Tesis donde se describe el desarrollo del modelo, así como los métodos empleados para su elaboración.

El **capítulo 6** se denomina RESULTADOS, donde muestra en forma cuantitativa los resultados obtenidos, se plantea un análisis comparativo con otras investigaciones sobre seguridad energética y la validación de la hipótesis.

Finalmente se describen las conclusiones de la investigación.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La crisis del petróleo de los años 1970, 1979, 1993 mostró en varias ocasiones la vulnerabilidad de los países industrializados a los shocks en los precios del petróleo, desde entonces la seguridad energética se ha convertido en un objetivo prioritario en la política energética de muchos países.

En tanto que la seguridad de los suministros de petróleo sigue siendo importante, las políticas de seguridad energética deberían considerar todas las fuentes de energía de modo que se puedan mitigar riesgos naturales, económicos y políticos que afectan la continuidad del aparato productivo de un país por consiguiente su infraestructura y los servicios. Esta situación plantea la problemática de evaluar el índice de seguridad energética, el cual es un parámetro que cuantifica los resultados de la política, riesgos, vulnerabilidades, entre otros aspectos del sector energía.

En particular los países desarrollados cuentan con un modelo de gestión que monitorea el nivel de seguridad, como es el caso de Estados Unidos a través de su departamento de energía; por otra parte la Agencia Internacional de Energía (IEA)¹ dispone de los modelos “Energy Security and Climate Policy” y “Short-term Energy Security”, así como el Foro Económico Mundial (WEF)² ha desarrollado una metodología denominada “Energy Architecture Performance Index” el cual abarca tres dimensiones: económica, ambiental y seguridad energética.

En los países de Latinoamérica la seguridad energética no deja de ser un problema, por cuanto como se ha visto, esta depende de la disponibilidad de recursos primarios, habiendo países con suficientes recursos primarios (Ecuador, Venezuela y Brasil) y del otro extremo países con insuficientes recursos primarios (Chile, Uruguay y países centroamericanos) siendo estos la mayoría. En ese sentido toma relevancia cuantificar un índice que refleje la realidad en cuanto a suficiencia energética.

Transponiendo la seguridad energética a nuestro país, donde la producción de hidrocarburos no es suficiente para el autoabastecimiento, observamos que este genera incertidumbre y discusión en ámbitos de política energética cuando ocurren aumento de precios, interrupciones de suministro, congestiones, entre otros aspectos de emergencia energética. En ese sentido, para poder mejorar o gestionar la política de seguridad energética hace necesario contar con una política y un modelo que pondere dicha política y recoja las particularidades propias del sector energético nacional.

¹ Por sus siglas en inglés, International Energy Agency (IEA)

² Por sus siglas en inglés, World Economic Forum (WEF)

1.2 Justificación

Bajo los antecedentes descritos, la presente tesis propone los criterios para diseñar y aplicar un modelo de evaluación de la seguridad energética, el cual forma parte y está siendo aplicado en el Proyecto de Investigación Aplicada - Contrato N° 175-FINCyT-IA-2013 denominado “Modelo para Evaluar la Seguridad Energética Impacto de las Energías Renovables y la Integración”.

1.3 Objetivos

El objetivo principal es diseñar un modelo cuantitativo para obtener un índice de seguridad energética en los países de Latinoamérica, cuyos resultados y aplicación serán contrastados con investigaciones similares.

Los objetivos específicos y complementarios planteados con la tesis son:

- Recopilar y analizar datos estadísticos de series de tiempo que sean comunes en los países de la región por fines comparativos.
- Determinar qué factores y criterios influyen en la seguridad energética
- Elaborar un índice de seguridad energética que relaciona los datos de consumo, vulnerabilidad y política energética propia para cada país de Latinoamérica.
- Comparar resultados del modelo cuantitativo con investigaciones similares.

1.4 Alcances

La seguridad energética es un término ampliamente utilizado y discutido, siendo a veces ambiguo en interpretación y subjetivo en valoración, sin embargo hay una serie de investigaciones que han tomado el desafío de conceptualizarlo, considerando que este parámetro responde a un contexto y a una realidad que cambia en el tiempo. Bajo esta premisa se delimitan los siguientes alcances:

- Recopilación estadística de datos del sector energía, con información de importantes organizaciones internacionales.
- Analizar los criterios y metodologías que se utilizan en el ámbito internacional y ponderar su aplicación para incluir como parte del modelo de seguridad que se desarrolla con la tesis.
- Emplear métodos de construcción y agregación de indicadores sintéticos para la formulación de índices.
- Identificar las principales fuentes de energía y los consumos correspondientes, tomando los datos de balances de energía para ser utilizados dentro del modelo de seguridad energética.
- Realizar una revisión de los precios de los energéticos como parte de su impacto sobre la seguridad energética.
- Los cálculos y resultados obtenidos es en base a información estadística.
- Comprobar los resultados con otras investigaciones desarrolladas por organismos con respaldo institucional que exponen su metodología y sus resultados.

1.5 Limitaciones

Como parte del desarrollo de este trabajo de Tesis, se han identificado las siguientes limitaciones:

- La disponibilidad de información al momento de realizar la investigación.
- La investigación se restringe únicamente a países de Latinoamérica que reportan datos continuamente a organizaciones internacionales.
- La información recopilada es del año 2000 al año 2012. Este periodo se debe a la disponibilidad de información a septiembre del 2014.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describen los conceptos que serán necesarios para identificar el problema del sector energético y darle una comprensión al tema de la Seguridad Energética.

En ese sentido se parte de la definición de las fuentes y los balances de energía pasando por los recursos y la demanda, siendo esta parte del mercado la que es más sensible a los temas de escasez y variación de precios lo que da origen a la problemática de la Seguridad Energética.

2.1 Fuentes y balances de energía

2.1.1 Definiciones Generales

Energía, se pueden encontrar diferentes conceptos para la energía. Se puede indicar que la energía es la capacidad que tiene un elemento natural o artificial de producir alteraciones en su entorno. (OLADE, 2011).

Fuente de Energía, conceptualmente es todo elemento o producto, natural y artificial, del cual podemos obtener energía en cualquiera de sus formas o manifestaciones, sin embargo en el ámbito de estadísticas energéticas se consideran solamente aquellos de los cuales podemos obtener calor y/o electricidad. (OLADE, 2011).

Energía primaria, se entiende por energía primaria a las distintas fuentes de energía tal como se obtienen de la naturaleza, ya sea : en forma directa como el caso de la energía hidráulica o solar, la leña y otros combustibles vegetales; o después de un proceso de extracción como el petróleo, carbón mineral, etc. (MEM, 2013).

Energía secundaria, se denomina energía secundaria a los diferentes productos energéticos que provienen de los distintos centros de transformación y cuyo destino son los diversos sectores del consumo y/u otros centro de transformación. (MEM, 2013).

Transformación de energía, son los procesos en que las fuentes energéticas tanto primarias como secundarias, se modifican en instalaciones llamadas centros de transformación, donde se producen cambios físicos o químicos a dichas fuentes, obteniéndose como resultados productos con propiedades que facilitan su aprovechamiento energético. (OLADE, 2011).

Matriz energética, es el estudio del sector energético en que se cuantifica la oferta, demanda y transformación de cada una de las fuentes energéticas al interior del país, así como al inventario de recursos energéticos disponibles. El conocimiento y

análisis de la matriz energética es un elemento básico para la planificación y aseguramiento del abastecimiento energético. (OLADE, 2011).

Cadena Energética, es la serie de etapas, actividades y eventos, por los que una fuente energética debe pasar desde su origen hasta su aprovechamiento, como producción, transporte, transformación, almacenamiento, etc. (OLADE, 2011)

Producción de energía, se considera a toda energía primaria, extraída, explotada, cosechada o aprovechada, en el territorio nacional, que sea de importancia para el país. (OLADE, 2011).

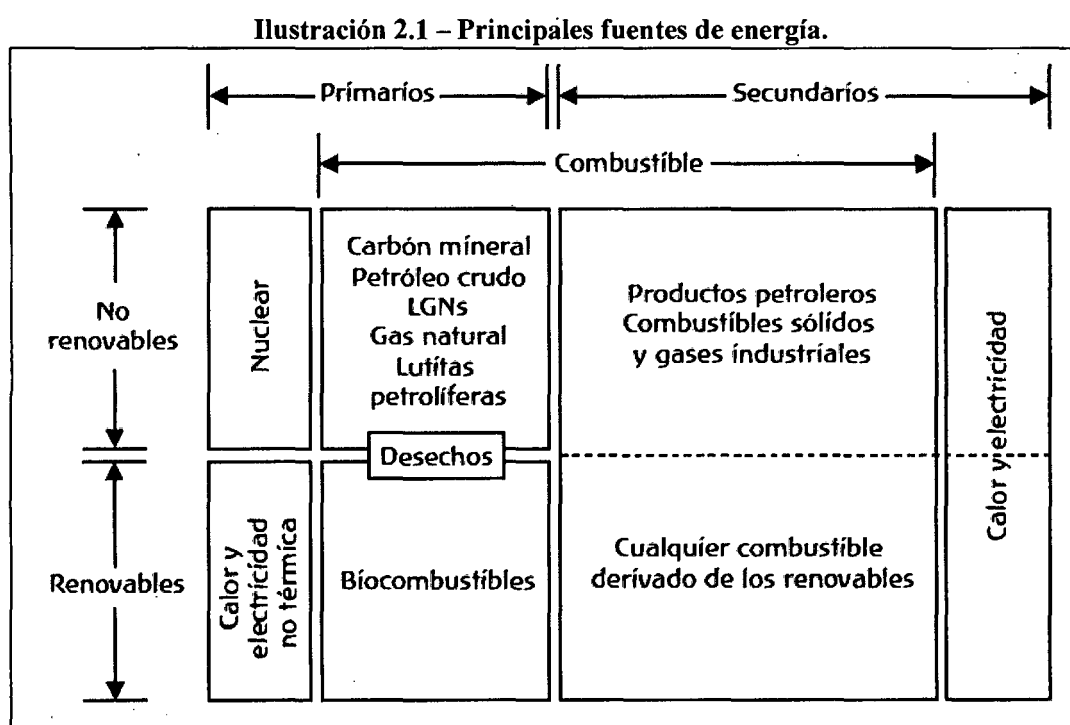
Importación de energía, incluye todas las fuentes energéticas primarias y secundarias originadas fuera de las fronteras y que ingresan para formar parte de la oferta total de energía. (MEM, 2013).

Exportación de energía, es la cantidad de energía primaria y secundaria que un país destina al comercio exterior. (MEM, 2013)

Consumo Final energético, es toda la energía que se entrega a los sectores de consumo, para su aprovechamiento como energía útil, como electricidad y calor. Se excluye de este concepto, las fuentes utilizadas como insumo o materia prima para producir otros productos energéticos ya que esto corresponde a la actividad de transformación. (OLADE, 2011).

2.1.2 Fuentes de Energía

En la Ilustración 2.1 se muestran las principales fuentes de energía y su clasificación., las cuales por su importancia, naturaleza y usos similares se describen y detallan.



Fuente: Manual de Estadísticas Energéticas. (EUROSTAT, 2007)

Petróleo crudo, el petróleo crudo es un aceite mineral que consiste en una mezcla de hidrocarburos de origen natural e impurezas asociadas, como el azufre. Comprende el petróleo crudo, líquidos de gas natural (LGN), insumos de refinerías y los aditivos, así como otros hidrocarburos. (IEA, 2014). Es el principal insumo a las refinerías, para la elaboración de los productos petroleros o derivados.

Productos de Petróleo, son los productos a base de aceite que pueden obtenerse por destilación y se utilizan normalmente fuera de la industria de la

refinación. Los derivados de petróleo comprenden gas de refinería, etano, GLP, gasolina de aviación, gasolina para motores, combustibles de aviación, queroseno, gasóleo, diésel, nafta, aguarrás, lubricantes, betún, ceras de parafina, coque de petróleo, entre otros. (IEA, 2014).

Gas natural, es una mezcla gaseosa de hidrocarburos. Incluye tanto el gas natural libre como el asociado y se presenta también en las minas de carbón o zonas de geopresión. Para objetos del balance energético se les considera dentro de una misma fuente, tanto al gas libre como al gas asociado neto producido, por ser de naturaleza y usos similares. (OLADE, 2011).

Carbón mineral, es un mineral combustible sólido, de color negro o marrón oscuro que contiene esencialmente carbono, así como pequeñas cantidades de hidrógeno y oxígeno, nitrógeno, azufre y otros elementos. El carbón no es un mineral uniforme y se clasifican por rangos de acuerdo a su grado de degradación, en series que van desde lignitos a antracitas, los cuales presentan diferencias considerables en su contenido de volátiles, carbono fijo y poder calorífico. (OLADE, 2011).

Biocombustibles y Residuos, se compone de los biocombustibles sólidos (leña, productos de caña), biocombustibles líquidos, biogás, los residuos animales, vegetales (cascarilla de arroz, café, aserrín), industriales y urbanos. (IEA, 2014)

Electricidad, es la energía generada con cualquier recurso, sea primaria o secundaria, renovable o no renovable, en los diferentes tipos de plantas de generación eléctrica. (OLADE, 2011). Se emplea en casi todos los tipos de actividad humana, que

van desde la producción industrial, el uso doméstico, la agricultura, el comercio, la iluminación, calefacción, entre otros usos. (EUROSTAT, 2007).

Geotérmica, es la energía almacenada bajo la superficie de la tierra en forma de calor, la cual puede ser transmitida hacia la superficie por un fluido que esté en contacto con la roca caliente. Este fluido está constituido por agua en estado líquido, vapor o una mezcla de ambos. Esta energía es utilizada para la generación de electricidad y en algunos casos también como calor para procesos industriales (cogeneración). (OLADE, 2011).

Hidroenergía, es el contenido de energía de la electricidad producida en las centrales hidroeléctricas. (OLADE, 2011).

Energía Eólica, es la energía producida por el viento y que se puede aprovechar en un conjunto turbina-generator. (OLADE, 2011).

Energía solar, aprovechada principalmente en el calentamiento de agua y generación eléctrica. (OLADE, 2011).

2.1.3 Balances de Energía

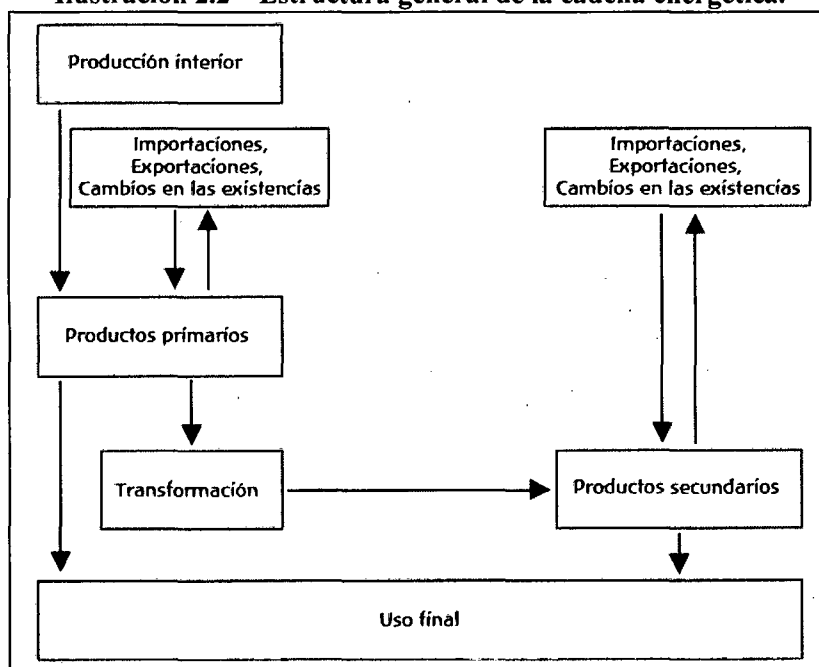
El balance energético, es la contabilización de los flujos de energía en cada una de las etapas de la cadena energética y las relaciones de equilibrio entre la oferta y la demanda, por las cuales la energía se produce, se intercambia con el exterior, se transforma y se consume; tomando como sistema de análisis el ámbito de un país una región; y para un periodo determinado (generalmente un año). (OLADE, 2011).

Para poder expresar las relaciones que se ponen en manifiesto en un balance energético, es indispensable establecer una estructura lo suficientemente general para obtener una adecuada configuración de las variables físicas propias de este sector.

Las actividades del balance energético se dividen en tres grupos de acuerdo a sus relaciones de equilibrio: a) actividades de oferta (producción, importación, exportación, variación de inventarios, bunker), b) actividades de transformación (refinerías, centrales eléctricas, carboneras, etc.) y c) actividades de consumo (sector industrial, transporte, residencial, etc.).

En la Ilustración 2.2 se representa la estructura general la cadena energética y en la Ilustración 2.3 se representa la cadena energética a través de un diagrama de Sankey.

Ilustración 2.2 – Estructura general de la cadena energética.



Fuente: Manual de Estadísticas Energéticas. (EUROSTAT, 2007)

Fuente: Agencia Internacional de Energía. Datos Estadísticos

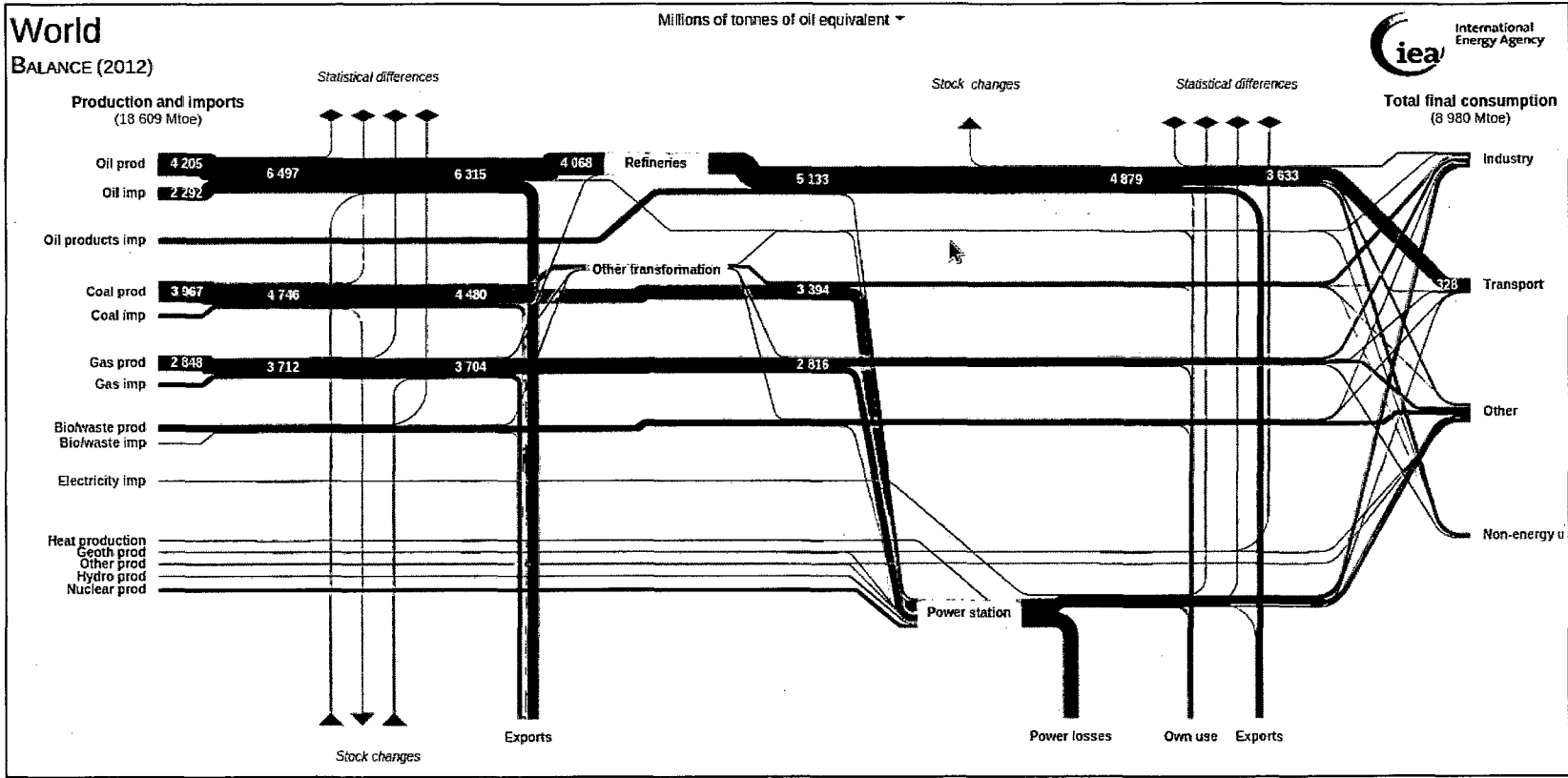


Ilustración 2.3 – Diagrama de sankey del balance energético mundial 2012

Oferta Interna Total, es la cantidad de cada fuente que está disponible para el uso interno, ya sea para insumo a transformación, para consumo propio del sector energético o para consumo final (OLADE, 2011). La oferta interna se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$OT = PP + IM - EX + VI - NA - BK + TR$$

Donde:

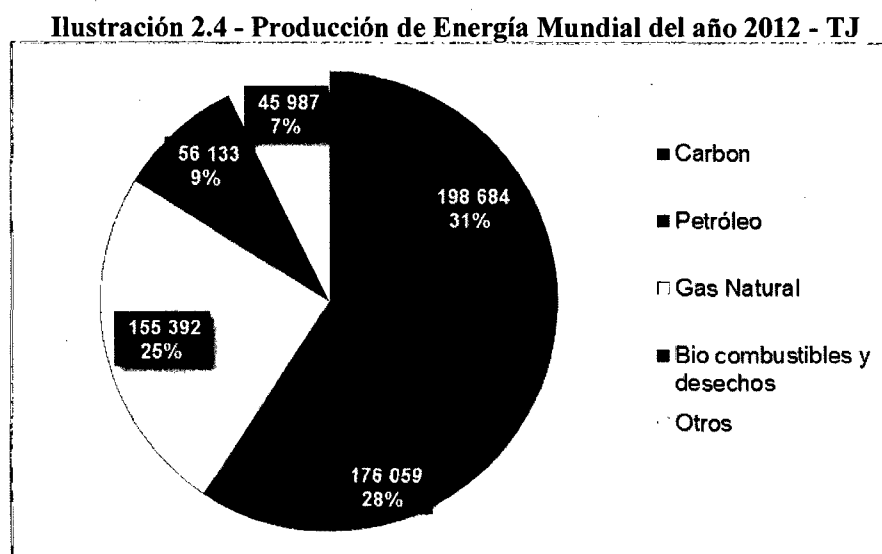
- *OT : Oferta interna total*
- *PP : Producción*
- *IM : Importación*
- *EX : Exportación*
- *VI : Variación de inventario*
- *BK : Bunker³*
- *TR : Transferencias*

Oferta total de energía primaria, es la cantidad de cada fuente primaria que está disponible para el uso interno. El cálculo es similar a la oferta interna total, para este caso solo se debe considerar fuentes energéticas primarias.

³ Se registra en este rubro, la cantidad de combustibles vendidos a naves marítimas y aéreas en viaje internacional, para mover sus motores.

2.2 Mercados y flujos energéticos

Las principales fuentes de energía primaria tradicionales son representadas por el petróleo, gas natural y carbón. Y en la última década, las fuentes energéticas renovables han empezado a tener un mayor impacto en la matriz energética de diversos países. En la Ilustración 2.4 se aprecia que el 84% de la producción energética mundial proviene del carbón, gas y petróleo.

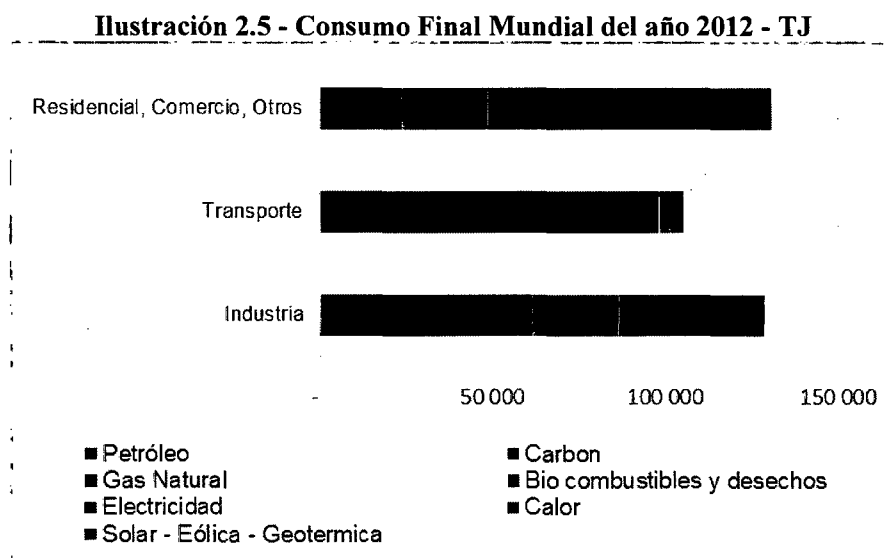


Fuente: Estadísticas de la AIE⁴

En cuanto al consumo final, las fuentes energéticas más empleadas son el petróleo (Refinado), electricidad, gas natural, carbón y fuentes renovables (principalmente biocombustibles y desechos). En la Ilustración 2.5 se muestra la

⁴ Agencia Internacional de Energía, los datos son consultados en <http://www.iea.org/statistics/>

distribución del consumo final por fuente energética y los principales sectores de consumo final.



Fuente: Estadísticas de la AIE⁵

2.2.1 Petróleo

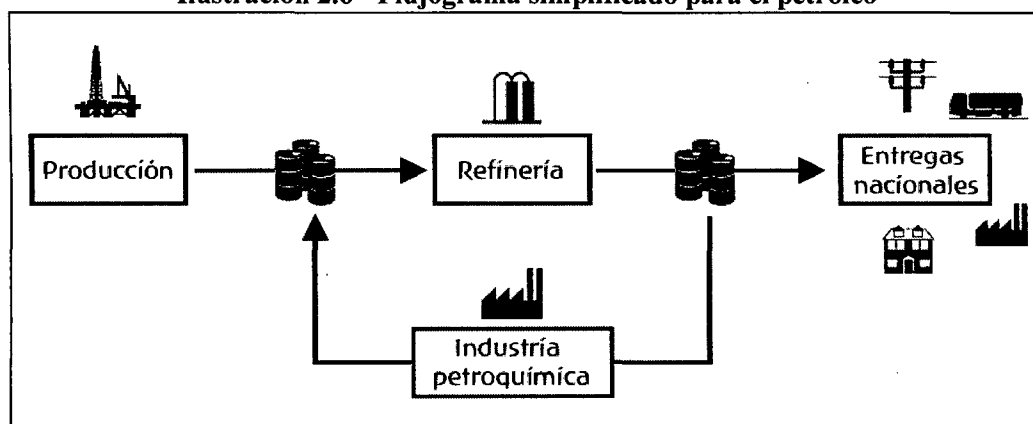
El petróleo es una mezcla compleja de hidrocarburos líquidos, compuestos químicos que contienen hidrógeno y carbono, que se forma naturalmente en yacimientos subterráneos de roca sedimentaria. El petróleo es el producto de mayor volumen comercial en el mundo, sea en términos de petróleo crudo o de productos refinados. (EUROSTAT, 2007).

Aunque la oferta del petróleo sigue creciendo en términos absolutos, su participación en la oferta total de energía en el mundo ha venido en descenso, desde más de 45% en 1973 hasta un 28% en el 2012.

⁵ Agencia Internacional de Energía, los datos son consultados en <http://www.iea.org/statistics/>

El flujo del petróleo desde la producción hasta el consumo final es complejo por la variedad de elementos en la cadena. En la Ilustración 2.6 se proporciona una visión simplificada de este flujo, con la oferta de insumos a la refinería, la oferta de productos terminados al usuario final, y los flujos petroquímicos que interactúan en el proceso.

Ilustración 2.6 - Flujograma simplificado para el petróleo



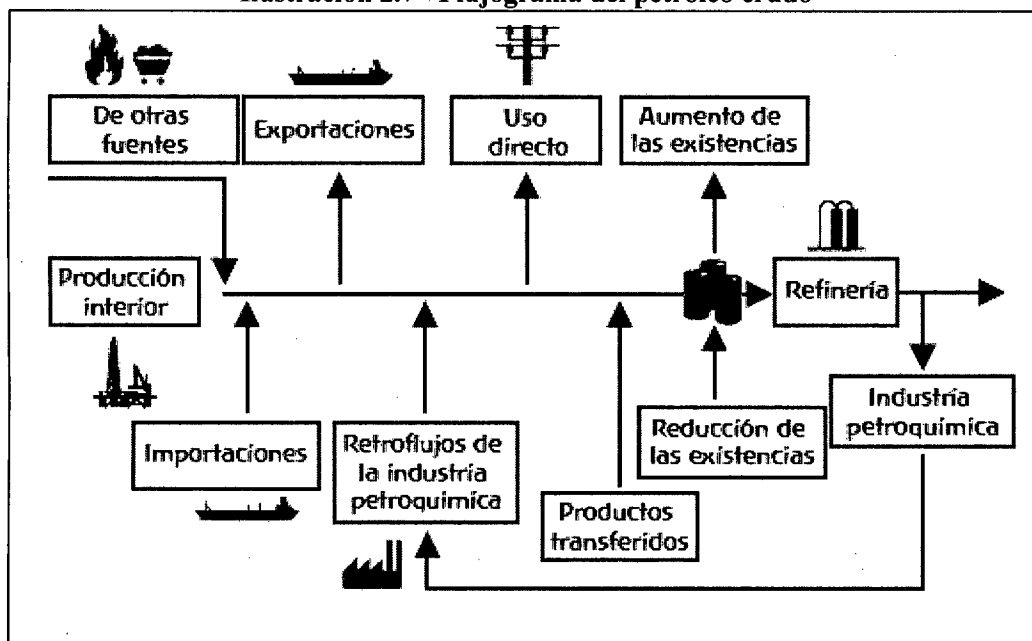
Fuente: Manual de Estadísticas Energéticas. (EUROSTAT, 2007)

El petróleo crudo, tal como sale del subsuelo, es una materia prima con usos limitados. Aunque se podría quemarlo como combustible, el verdadero potencial del petróleo crudo se alcanza cuando se lo refina, elaborando una gama de productos, que tienen utilidad para fines específicos de los consumidores finales (por ejemplo, gasolina para el transporte). El objetivo de la refinación es agregar valor a la materia prima, ya que el total de los productos refinados tiene que ser más valioso que el petróleo que sirve de insumo. (EUROSTAT, 2007)

El mercado energético del petróleo, puede desglosarse en dos flujos energéticos: petróleo crudo y productos de petróleo (derivados del petróleo, luego de la refinación). Para cada flujo, se cuenta con las características propias de un mercado;

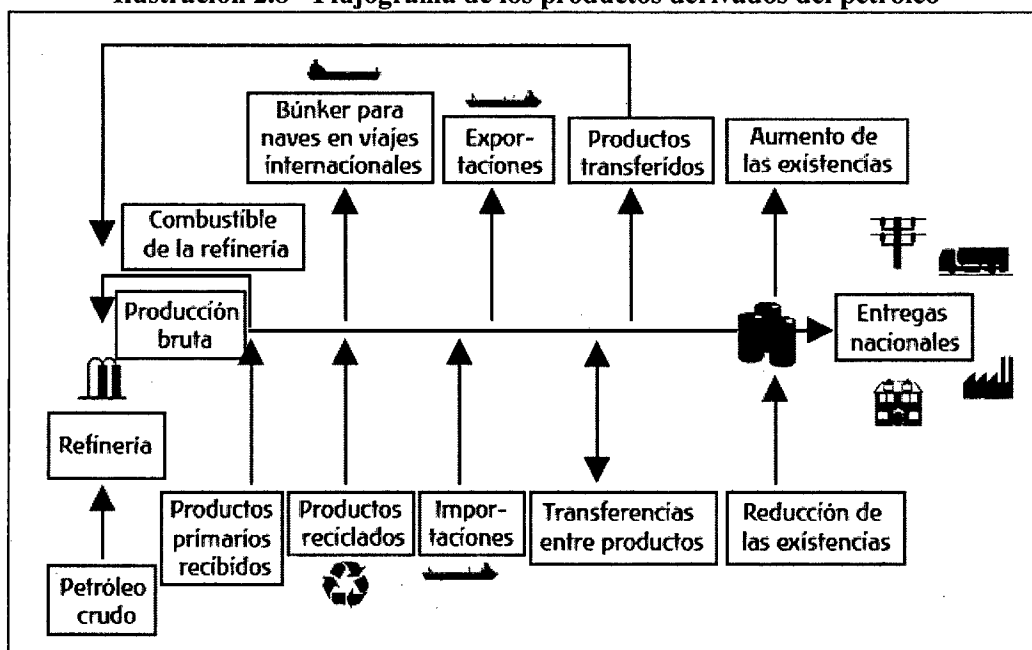
oferta, demanda, exportaciones, importaciones y productos en stock. En la Ilustración 2.7 e Ilustración 2.8 se muestra los flujos respectivos.

Ilustración 2.7 - Flujograma del petróleo crudo



Fuente: Manual de Estadísticas Energéticas. (EUROSTAT, 2007)

Ilustración 2.8 - Flujograma de los productos derivados del petróleo



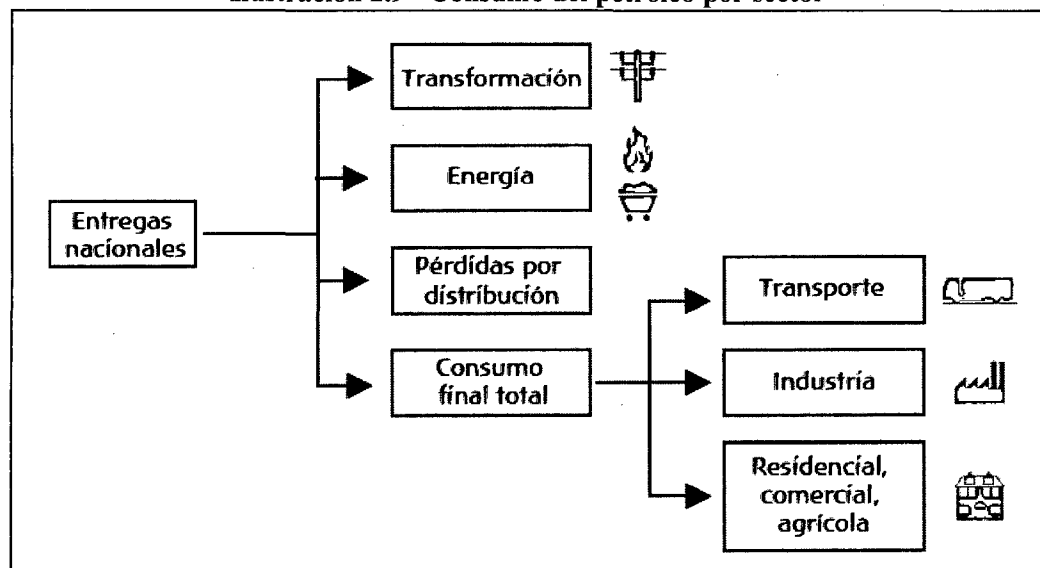
Fuente: Manual de Estadísticas Energéticas. (EUROSTAT, 2007)

Los productos petroleros se consumen en muchos lugares. Se reconocen fácilmente en la gasolina usada como combustible automotor y el combustible de calefacción para los hogares. Menos obvios son los usos de componentes basados en el petróleo para los plásticos, medicinas, alimentos y una serie de otros productos.

Se consume el petróleo principalmente en los siguientes sectores:

- En el sector de la transformación.
- Por las industrias energéticas en el sector energético.
- En el transporte y la distribución del petróleo (aunque limitadamente).
- En los varios sectores y ramas del consumo final (industria, residencial, etc.), incluyendo los usos tanto energéticos como no energéticos del petróleo.

Ilustración 2.9 - Consumo del petróleo por sector



Fuente: Manual de Estadísticas Energéticas. (EUROSTAT, 2007)

2.2.2 Gas Natural

El **gas natural** consta de varios gases, pero en su mayor parte de metano (CH_4). Como sugiere su nombre, el gas natural se extrae de reservas subterráneas naturales y no es un producto químicamente puro. Al extraerse del yacimiento gasífero o en asociación con petróleo crudo, constituye una mezcla de gases y líquidos (algunos de los cuales no serán productos energéticos). Sólo después de su procesamiento se convierte en uno de los gases comerciables que existían en su mezcla original. En esta etapa, el gas natural sigue siendo una mezcla de gases, pero predomina su contenido de metano (típicamente más del 85%). (EUROSTAT, 2007).

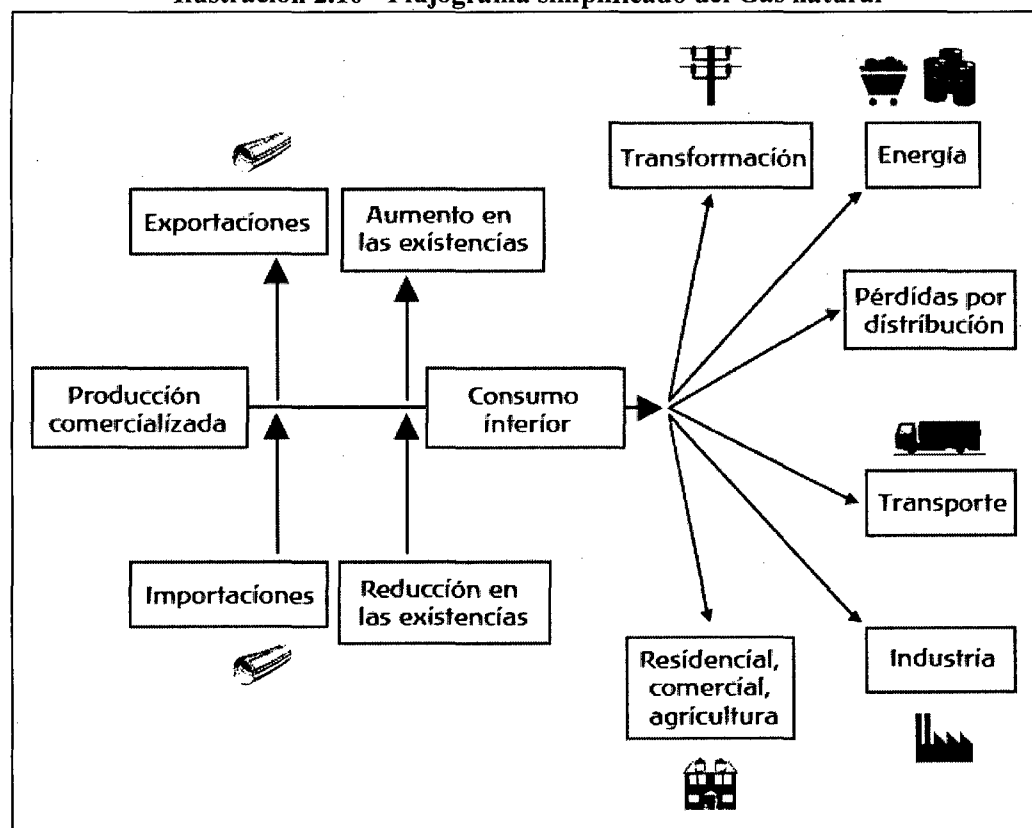
Para facilitar el transporte por largas distancias, el gas natural puede convertirse a forma líquida reduciendo su temperatura a -160 grados Celsius bajo presión atmosférica. Cuando se licua el gas, se llama gas natural licuado (GNL). La licuefacción cambia tan sólo el estado físico del gas natural a un líquido.

La oferta y demanda del gas natural están creciendo rápidamente. El gas natural representa hoy más del 25% de la oferta total mundial de energía primaria, a comparación del 16,2% en 1973.

La producción, el comercio, las existencias, el sector energético, la transformación y el consumo final son los principales elementos que hay que determinar para tener una imagen completa del flujo del gas en un país. Un flujograma desde la producción hasta el consumo se muestra en la Ilustración 2.10. Este

flujograma se ha simplificado intencionalmente para dar una visión general de la cadena de suministro.

Ilustración 2.10 - Flujograma simplificado del Gas natural



Fuente: Manual de Estadísticas Energéticas. (EUROSTAT, 2007)

El consumo de gas natural ocurre en varios sectores:

- En el sector de la transformación.
- Por la industria dentro del sector energético que produce la energía.
- En el transporte y la distribución del gas.
- En los diferentes sectores y ramas del consumo final (industria, transporte, residencial, servicios, etc.). Esto incluye los usos tanto energéticos como no energéticos del gas natural.

2.2.3 Carbón

El **carbón mineral primario** es un combustible fósil, usualmente con la apariencia física de una roca negra o parda, y consiste de materia vegetal carbonizada. Mientras mayor sea el contenido de carbono en un carbón mineral, mejor será su valor o calidad. Los tipos de carbón mineral se distinguen por sus características físicas y químicas. Estas características determinan el precio e idoneidad del carbón mineral para varios usos. Todos los productos del carbón mineral primario son combustibles sólidos. (EUROSTAT, 2007).

Los **combustibles derivados** incluyen tanto los combustibles sólidos como los gases producidos durante el procesamiento del carbón mineral y por la transformación del carbón mineral. En la Tabla 2.1 se detallan los productos del carbón.

Tabla 2.1 - Productos primarios y derivados del carbón mineral

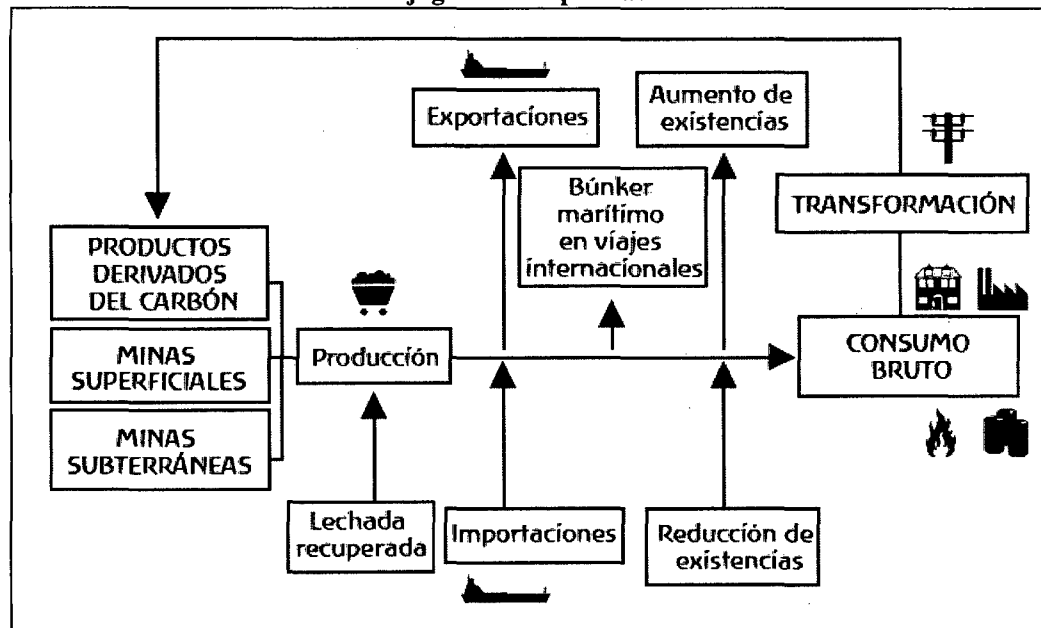
Productos Primarios del carbón mineral	Carbón coquizable	Combustibles Fósiles Sólidos
	Otro carbón bituminoso y antracita	
	Carbón sub-bituminoso	
	Lignito / carbón pardo	
	Turba	
Combustibles Derivados	Coque de horno	
	Coque de gas	
	Briquetas	
	Gas de planta	
	Gas de horno de coquización	
	Gas de alto horno	
	Gas de horno de acero al oxígeno	

Fuente: Manual de Estadísticas Energéticas. (EUROSTAT, 2007)

La producción, el intercambio comercial, las existencias, el sector energético, la transformación y el consumo final son los principales elementos que hay que conocer para tener una visión completa del flujo de los combustibles fósiles sólidos y

gases industriales en un país. Un flujograma desde la producción hasta el consumo se muestra en la Ilustración 2.11. Este flujograma se ha simplificado intencionalmente para dar una visión general de la cadena de la oferta.

Ilustración 2.11 - Flujograma simplificado del carbón mineral



Fuente: Manual de Estadísticas Energéticas. (EUROSTAT, 2007)

El consumo de combustibles fósiles sólidos y gases industriales ocurre en varios sectores:

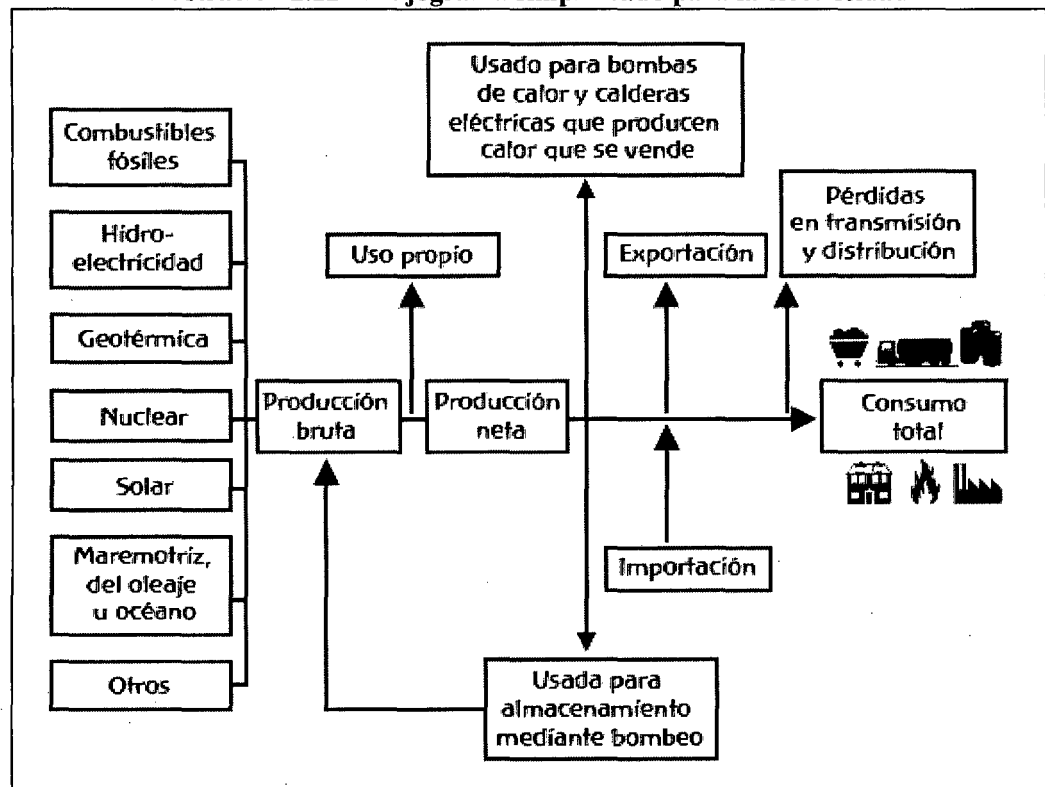
- En el sector de la transformación.
- Por la industria energética dentro del sector energético.
- En el transporte y la distribución de los combustibles (aunque muy limitado).
- En los varios sectores y ramas del consumo final (industria, residencial, etc.), esto incluye los usos energéticos y no energéticos de los combustibles

2.2.4 Electricidad y Calor

La **electricidad** es una forma de energía con una gama muy amplia de aplicaciones. Se utiliza en casi todos los tipos de actividad humana, que van desde la producción industrial, el uso doméstico, la agricultura, el comercio cuando requiere el trabajo de las máquinas, la iluminación y la calefacción.

La electricidad se obtiene de diversas fuentes (hidroenergía, solar, eólica, carbón, gas, petróleo, nuclear, etc.). Una vez producida la electricidad, se distribuye a los consumidores finales a través de los sistemas nacionales o internacionales de transmisión y distribución. (EUROSTAT, 2007).

Ilustración 2.12 - Flujo simplificado para la electricidad

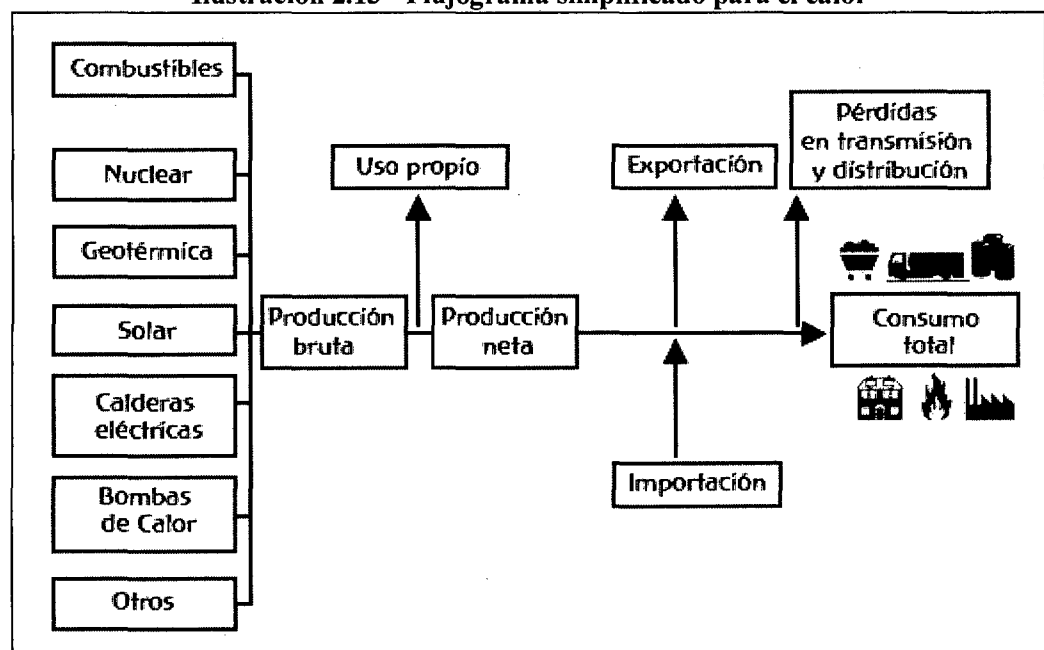


Fuente: Manual de Estadísticas Energéticas. (EUROSTAT, 2007)

El **calor**, así como la electricidad, es un portador de energía que principalmente se usa para calefacción de los espacios y en procesos industriales. La historia del calor es casi tan antigua como la historia de la propia humanidad, y comenzó con el descubrimiento del fuego.

El calor también se produce como energía primaria y secundaria. El calor primario se obtiene de fuentes naturales como la geotermia y el calor térmico solar. El calor secundario se obtiene de la fisión de los combustibles nucleares, y quemando combustibles primarios como el carbón mineral, gas natural, petróleo, fuentes renovables y desechos. El calor también se produce a partir de la electricidad en calderas eléctricas o bombas de calor. El calor puede producirse y utilizarse in situ, o distribuirse mediante un sistema de tubos hasta estructuras distantes del punto de producción. (EUROSTAT, 2007).

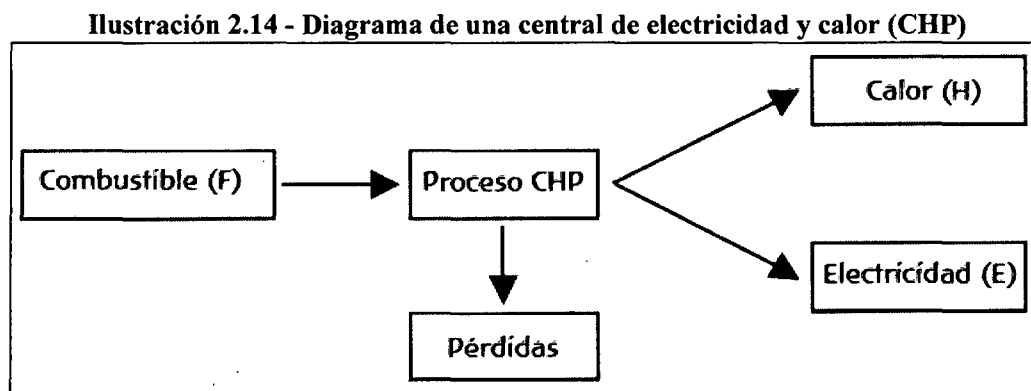
Ilustración 2.13 - Flujograma simplificado para el calor



Fuente: Manual de Estadísticas Energéticas. (EUROSTAT, 2007)

La cantidad total de electricidad producida se llama la **producción eléctrica bruta**. Las centrales eléctricas consumen alguna cantidad de la electricidad para su propio uso. La **producción eléctrica neta** se obtiene deduciendo este monto de la producción bruta. Esta producción neta se distribuye a través de sistemas nacionales de transmisión y distribución hasta los consumidores finales. Además, puede exportarse mediante interconexiones de transmisión internacional a otro país cuando exista un excedente de electricidad; o se puede importar cuando exista una escasez. Durante la transmisión y distribución, ocurren algunas pérdidas causadas por las características físicas de la red y del sistema de generación.

El flujo de calor es muy similar al de la electricidad con sólo dos excepciones: no hay realmente posibilidad de almacenar el calor, y el calor se transforma en electricidad. Las centrales de transformación que emplean combustibles, pueden ser de tres tipos: a) producción de electricidad, b) producción de calor y c) producción de electricidad y calor (CHP⁶). En la Ilustración 2.14 se diagrama esta última.



Fuente: Manual de Estadísticas Energéticas. (EUROSTAT, 2007)

⁶ Por sus siglas en inglés, Combined Heat and Power (CHP)

2.2.5 Fuentes renovables y desechos

Hay varias formas de **energía renovable**, derivadas directa o indirectamente del sol, o del calor generado muy dentro de la Tierra. Incluyen la energía generada de los recursos solares, eólicos, de biomasa, geotermia, hidroenergía y recursos marinos, biomasa sólida, biogás y biocombustibles líquidos.

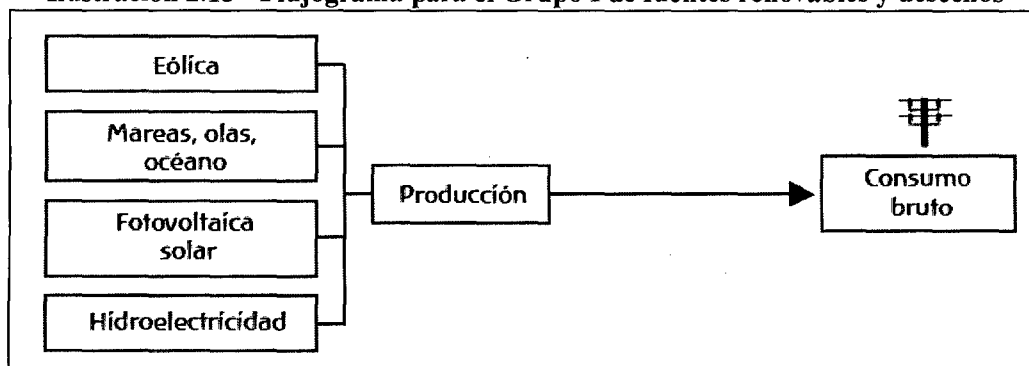
Los **desechos** son un combustible compuesto de muchos materiales que provienen de desechos combustibles industriales, institucionales, hospitalarios y familiares, como caucho, plásticos, aceites fósiles desechados y otros productos similares. Pueden estar en forma sólida o líquida, ser renovables o no-renovables, biodegradables o no biodegradables.

La biomasa sólida (principalmente la leña utilizada para cocción en los países en vías de desarrollo) es la más importante de todas las fuentes de energía renovable, y representa más del 10% de toda la oferta mundial de energía primaria (TPES), o tres cuartas partes de la oferta de fuentes renovables del mundo.

Las metodologías sobre balances energéticos clasifican los productos renovables y desechos por sus características y similitudes en tres grupos principales.

Grupo I, incluye los productos que necesitan transformarse en electricidad para captarse (como la hidroelectricidad o la solar fotovoltaica). Estas fuentes energéticas necesitan transformarse en electricidad para captarse. Por consiguiente el grupo I, se limita exclusivamente a la producción de electricidad.

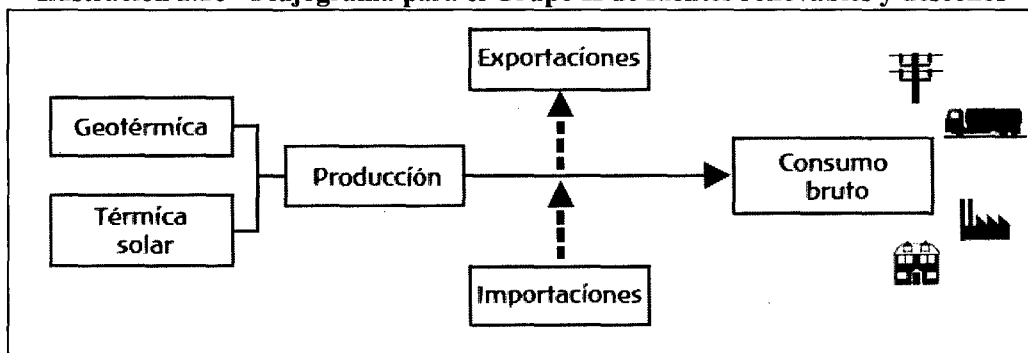
Ilustración 2.15 - Flujograma para el Grupo I de fuentes renovables y desechos



Fuente: Manual de Estadísticas Energéticas. (EUROSTAT, 2007)

Grupo II, incluye los productos que, una vez que existen, pueden tener múltiples usos en los sectores de la transformación y consumo final (como la geotermia o la térmica solar); por su naturaleza, estos productos no pueden almacenarse en un sentido convencional y, por lo tanto, son productos para los cuales no se puedan reportar datos sobre cambios en las existencias.

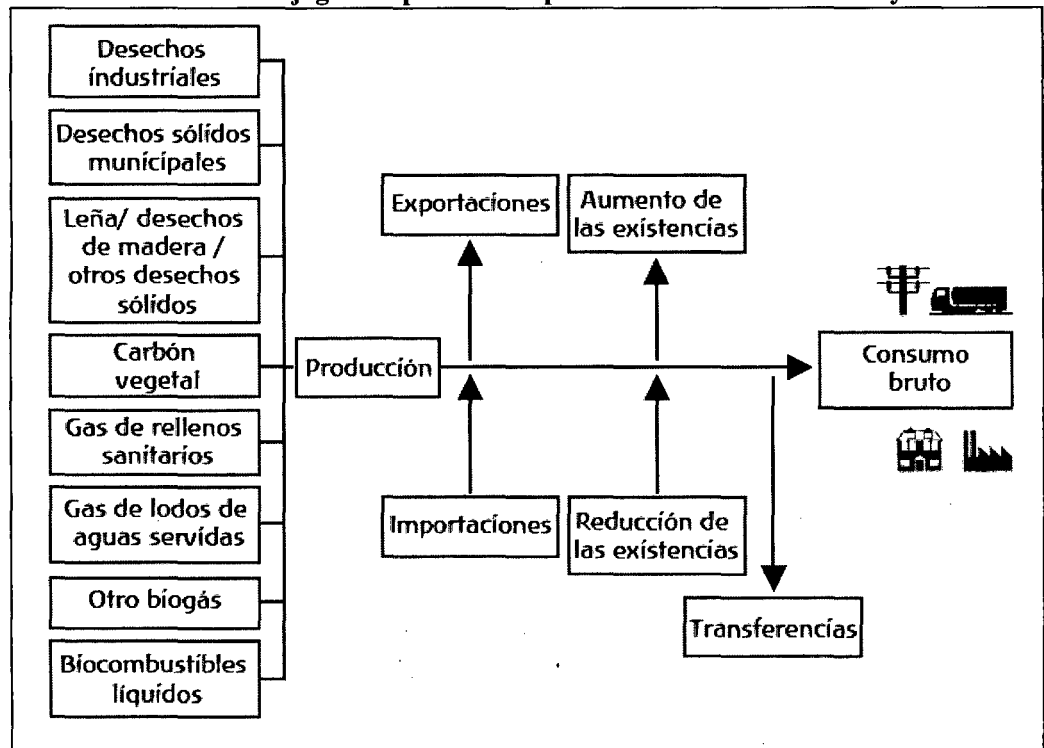
Ilustración 2.16 - Flujograma para el Grupo II de fuentes renovables y desechos



Fuente: Manual de Estadísticas Energéticas. (EUROSTAT, 2007)

Grupo III, incluye productos que existen y se usan para múltiples propósitos en los sectores de la transformación y consumo final (como los desechos, la leña, el biogás y los biocombustibles líquidos); por su naturaleza, sí pueden almacenarse en un sentido convencional, y sí son productos para los cuales se pueden reportar datos sobre los cambios en sus existencias.

Ilustración 2.17 - Flujograma para el Grupo III de fuentes renovables y desechos



Fuente: Manual de Estadísticas Energéticas. (EUROSTAT, 2007)

2.3 Seguridad energética y sus dimensiones

2.3.1 Definiciones de Seguridad Energética

La existencia de una definición única de seguridad energética es una tarea complicada debido al carácter multidimensional del concepto, ya que comprende aspectos técnicos, económicos, sociales, medioambientales y geopolíticos.

La Agencia Internacional de Energía define la seguridad energética como **"La disponibilidad ininterrumpida de las fuentes de energía a un precio asequible"**. La seguridad energética tiene muchas dimensiones: la seguridad energética a largo plazo se ocupa principalmente de las inversiones oportunas para suministrar la energía en función del desarrollo económico y el crecimiento ambiental sostenible. La seguridad energética a corto plazo se centra en la capacidad de respuesta del sistema de energía para reaccionar rápidamente a los cambios repentinos en el equilibrio entre oferta y demanda. (IEA, 2014).

El foro económico mundial, menciona acerca de la seguridad energética como **"El grado en que la arquitectura de la energía está en riesgo de un impacto y si se proporciona un acceso adecuado a la energía para todos los sectores de la población"**. (WEF, 2012).

Según el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la seguridad energética significa **"La disponibilidad de energía en todo momento y en diversas formas, en cantidades suficientes y a precios razonables"** (PNUD, 2000)

2.3.2 Dimensiones de Seguridad Energética

En 2011 varios investigadores realizaron un análisis detallado de 93 artículos académicos relacionados con la seguridad energética publicados entre septiembre de 2003 y septiembre del 2008 (Brown, Sovacool, Wang, & D'Agostino, 2011). Su objetivo era estudiar las dimensiones e indicadores que los artículos revisados consideraban relevantes para la cuantificación de la seguridad energética. Concluyendo en las siguientes 4 dimensiones:

- La disponibilidad, mencionada en 82% de los artículos, consiste en la diversificación de las fuentes energéticas con el objetivo de reducir la dependencia de países extranjeros.
- La asequibilidad, mencionada en un 51% de los artículos, está vinculada con la existencia de unos precios al consumo que no impidan el acceso a las fuentes de energía y que los precios no sean volátiles.
- Energía y eficiencia económica, mencionada en un 34% de los artículos, se centra en el rendimiento de los equipos energéticos y en las actitudes de consumo que determinan el impacto de las variaciones en los precios de energía.
- Gestión medioambiental, mencionada en un 26% de los artículos, está relacionada con la protección al medioambiente y de las generaciones futuras.

2.3.3 Factores de contexto estructural influyentes en la seguridad energética

Entre los principales factores influyentes que afectan el nivel de seguridad energética de un país pueden incluirse los siguientes:

- **Geográfico**, el cual repercute en las localizaciones y en la accesibilidad de recursos, así como en las rutas de aprovisionamiento. Por ejemplo zonas con potencial hidroeléctrico, conexiones marítimas.
- **Geológico**, debido a la ubicación en el subsuelo de las materias primas energéticas. Por ejemplo pozos petrolíferos, capacidad de explotación de gas.
- **Medioambiental**, que implica la protección del ecosistema y limitar los efectos de alteración climática. Por ejemplo reducción de emisiones de CO₂, control de impacto medioambiental.
- **Tecnológico**, que engloba el know-how⁷, las patentes y la investigación. Contar con la tecnología suficiente evita oligopolios técnicos foráneos y/o mejora capacidades para el aprovechamiento de la energía.
- **Corporativo**, referente a la configuración, organización y titularidad de las principales empresas del sector energético.
- **Económico**, alusivo a la configuración del mix, industria y cartera energética. Podemos encontrar dependencia externa, balance de fuentes, subvenciones, déficit tarifario.

⁷ El know-how o "saber cómo" es una expresión anglosajona utilizada para denominar los conocimientos preexistentes no siempre académicos, que incluyen técnicas, información secreta, teorías e incluso datos privados.

- **Social**, referido a la reacción de la población ante las fuentes energéticas y a la percepción de los riesgos y ventajas asociados. Por ejemplo la instalación de una central hidroeléctrica en la amazonia.
- **Jurídico**, que comprende la seguridad jurídica, la transparencia de la contratación y el modelo normativo-regulatorio. Por ejemplo régimen tarifario de electricidad, regulación de hidrocarburos.
- **Político**, tanto interior (competencias institucionales, líneas de gobierno, etc.) como exterior (tratados internacionales, conflictos, etc.).

2.4 Modelos de seguridad energética

De las referencias revisadas para los fines de la presente investigación, se han definido los siguientes criterios para seleccionar los modelos de cuantificación:

- Identificar Modelos que dispongan de data de cálculo y expongan los resultados obtenidos.
- Evaluar los resultados de aquellos modelos que puedan ser replicados para realizar los desarrollos cuantitativos.
- Que los modelos hayan sido desarrollado por organismos que cuenten con un respaldo institucional y validado internacionalmente.

Sobre dichas premisas base se han seleccionado los siguientes modelos para revisión de la metodología:

- Índice de desempeño de la arquitectura energética mundial (EAPI)⁸
- Modelo de la Agencia Internacional de Energía.
- Índice ponderado de seguridad energética (IPSE)

2.4.1 Índice de desempeño de la arquitectura energética (EAPI)

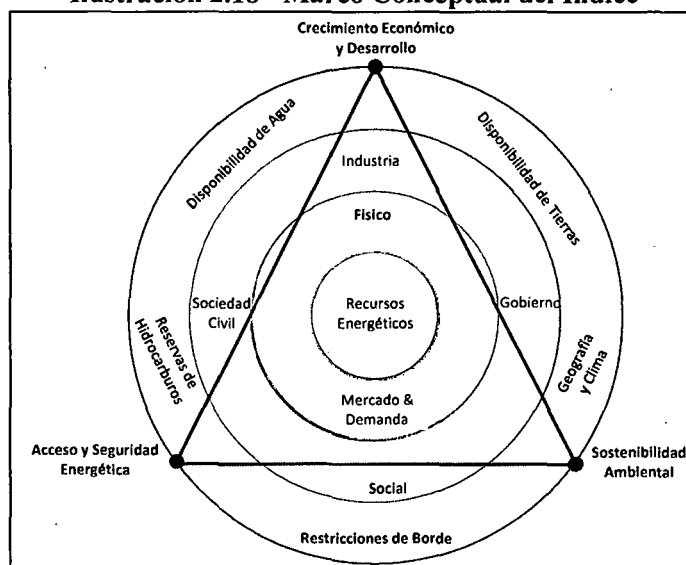
En el ámbito internacional, recientemente en el 2013, y antes en el 2012, el Foro Económico Mundial (WEF)⁹ ha desarrollado una metodología para calcular el índice de desempeño de la arquitectura energética denominado EAPI (WEF, 2012) y

⁸ Por sus siglas en inglés, Energy Architecture Performance Index (WEF, 2012)

⁹ Por sus siglas en inglés, World Economic Forum

que ha sido aplicado para distintos países de Europa, Asia y América. El EAPI se obtiene con la ponderación de tres índices que conforman el Triángulo Energético: La Sostenibilidad Ambiental, el Desarrollo Económico y la Seguridad Energética. En la Ilustración 2.18 se muestra el triángulo energético.

Ilustración 2.18 - Marco Conceptual del Índice



Fuente: Foro Económico mundial (WEF, 2012)

La Sostenibilidad Ambiental, el indicador refleja que la producción, transformación y consumo de energía se asocian con significativas externalidades ambientalmente negativas. La infraestructura energética sigue siendo el principal contribuyente al calentamiento global. La degradación del medio ambiente (por ejemplo, la contaminación por material residual) y la dependencia de otros recursos limitados (por ejemplo, agua y metales) destacan que la infraestructura tecnológica es crítica y prioritaria. (WEF, 2013)

Desarrollo Económico, el indicador refleja que la energía fiable al aumentar la productividad y facilitar la generación de ingresos promueve el desarrollo

económico y social. Las señales de precios deben reflejar los verdaderos costos asociados a la energía para garantizar que el consumo es económicamente viable. (WEF, 2013)

Seguridad energética, el suministro de energía está sujeta a una serie de riesgos e interrupciones. Pero la seguridad energética es también acerca de las relaciones entre naciones, la seguridad del suministro de los socios comerciales, los riesgos de la autosuficiencia energética y la incertidumbre sobre los precios (todo creando volatilidad), estas son preocupaciones críticas que deben ser gestionadas. (WEF, 2013).

En la Ilustración 2.19 se detalla los 16 indicadores empleados en la elaboración de los índices del EAPI.

Ilustración 2.19 - Índices e indicadores del EAPI 2014

INDICES						
I. Crecimiento Económico y Desarrollo		II. Sostenibilidad Ambiental		III. Acceso a la Energía y Seguridad		
INDICADORES	Eficiencia	1. Intensidad Energética	Impacto de las Emisiones GEI	7. Emisiones de CO ₂ del sector energía	Diversidad del Suministro	12. Diversidad de los Recursos Primarios (HHI)
	Distorsión de Precios	2. Distorsión de Precios de la Gasolina		8. Emisiones de partículas PM10	Nivel y Calidad del Acceso	13. Grado de Electrificación
		3. Distorsión de Precios de Diesel		9. Emisiones de Oxido Nitroso		14. Calidad del Suministro Eléctrico
	Aporte/Reducción en el Crecimiento	4. Precio de Electricidad a la Industria	10. Consumo de Combustible por Pasajero	Auto Suficiencia	15. Población que usa combustibles sólidos	
	5. Costo de las Importaciones	11. Energías Renovables o Energía Nuclear	16. Dependencia de la importación			
	6. Valor de las Exportaciones	Combustibles bajos en Carbono en la Matriz				

Fuente: Foro Económico mundial (WEF, 2013)

En este documento se muestran los resultados del cálculo de los Índices de Seguridad Energética de 124 países del mundo, de donde se extraen los resultados correspondientes a países de Latinoamérica en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2- Ranking Global de Índices EAPI en Latinoamérica

País	Puesto global	Crecimiento Económico y Desarrollo	Sostenibilidad Energética	Acceso y Seguridad Energética	Índice de Performance
Colombia	7	0.74	0.50	0.84	0.69
Costa Rica	9	0.68	0.56	0.77	0.67
Perú	18	0.78	0.46	0.70	0.65
Brasil	22	0.54	0.57	0.79	0.63
Uruguay	23	0.65	0.53	0.73	0.64
Paraguay	24	0.66	0.62	0.61	0.63
Chile	32	0.61	0.44	0.74	0.60
México	36	0.60	0.41	0.75	0.59
Argentina	46	0.64	0.40	0.68	0.57
Panamá	48	0.64	0.45	0.60	0.56
Ecuador	50	0.56	0.43	0.68	0.56
Venezuela	65	0.25	0.57	0.70	0.51
Guatemala	68	0.35	0.54	0.58	0.49
Bolivia	72	0.33	0.42	0.68	0.48
Nicaragua	76	0.40	0.48	0.51	0.46
Honduras	89	0.31	0.50	0.51	0.44

Fuente: World Economic Forum

De modo que este referente podría ser el elemento de comparación que servirá para contrastar los resultados que se obtengan con el desarrollo de la investigación.

2.4.2 Modelo de la Agencia Internacional de Energía

Este modelo de Seguridad Energética se sustenta en el documento Energy Security and Climate Policy - Assessing Interactions (IEA, 2007) en el cual se propone una metodología de evaluación de seguridad energética, planteándose los factores

“precio” y “disponibilidad física” como componentes principales de la seguridad energética.

Componente Precio, El enfoque propuesto se basa en la medición de concentración de cada mercado de combustibles (Carbón, gas, petróleo). Para lo cual distinguen dos elementos de análisis:

- La Concentración de Mercado de la Seguridad Energética (ESMC)¹⁰

En la que se caracteriza los riesgos de la seguridad energética a través de la modificación de la concentración de mercado. La expresión a emplearse para el cálculo del índice es dada por:

$$ESMC_{pol} = \sum_i (r_i * S_{if}^2)$$

Donde:

- r_i , es la estabilidad política de cada país, varía en un rango de 1 a 3
- S_{if} , es el porcentaje de participación de un integrante en el mercado de combustibles, definida por su capacidad de exportación neta, varía de 0 a 100.
- $ESMC_{pol}$, este resultado varía de 0 a 30 000, donde 0 representa un mercado competitivo y 30 000 un mercado con monopolio total.
- Índice de Seguridad Energética (ESI)¹¹

¹⁰ Por sus siglas en inglés, Energy Security Market Concentration (ESMC). (IEA, 2007)

¹¹ Por sus siglas en inglés, Energy Security Index (ESI) (IEA, 2007)

Representa la exposición de un determinado país a riesgos de concentración de recursos, lo cual depende del rol de cada combustible en la economía de un país. La expresión de cálculo estará dado por:

$$ESI_{price} = \sum_f (ESMC_{pol-f} * C_f/TPES)$$

Donde:

- $C_f/TPES$, es la proporción de participación en el mix de combustibles.
- $ESMC_{pol-f}$, es el índice *ESMC* del combustible *f* en el mercado internacional.

Para el caso del gas, el cálculo del índice es más complejo, ya que depende si los precios son competitivos o están indexados al petróleo, por ello que el análisis se disgrega para precios competitivos y precios indexados al petróleo.

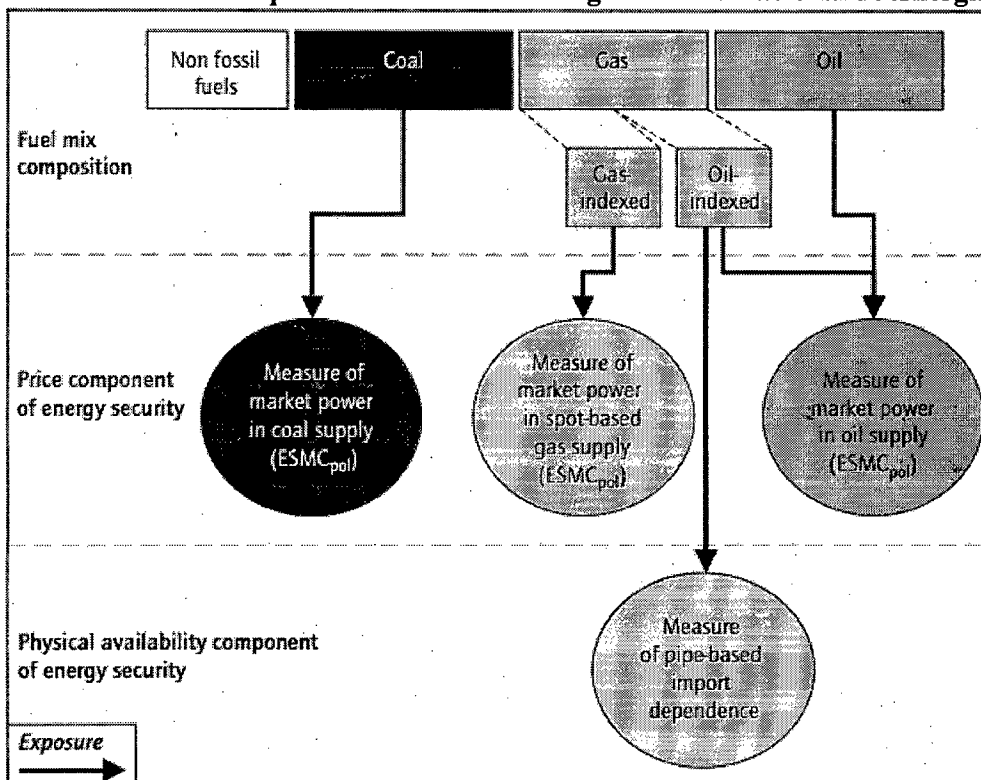
Componente de Disponibilidad Física, Este componente de disponibilidad física de la seguridad energética es útil en los mercados donde los precios están regulados o vinculado a otros productos básicos. En tales casos, el efecto de los precios no puede contribuir a equilibrar la demanda y la oferta. Por lo tanto, la falta de disponibilidad física de recursos energéticos es la principal preocupación.

En la mayoría de los países europeos y en varios países de Asia los precios de gas caen en esta categoría. Este indicador ESI_{volume} se centra en el comercio de gas por redes de gasoductos. Para un país determinado es una medida de la proporción de la demanda total de energía cubierta por importaciones de gas por gasoductos

indexados al petróleo. Cuanto más alto sea este porcentaje, el país es menos seguro energéticamente.

Usualmente el gas se encuentra indexado al petróleo, además de presentar un riesgo de falta de disponibilidad física también se encuentra expuesto al riesgo de precios del petróleo. Por lo tanto el Gas une ambos componentes de los precios y la disponibilidad física en la seguridad energética.

Ilustración 2.20 - Esquema del modelo de la Agencia Internacional de Energía



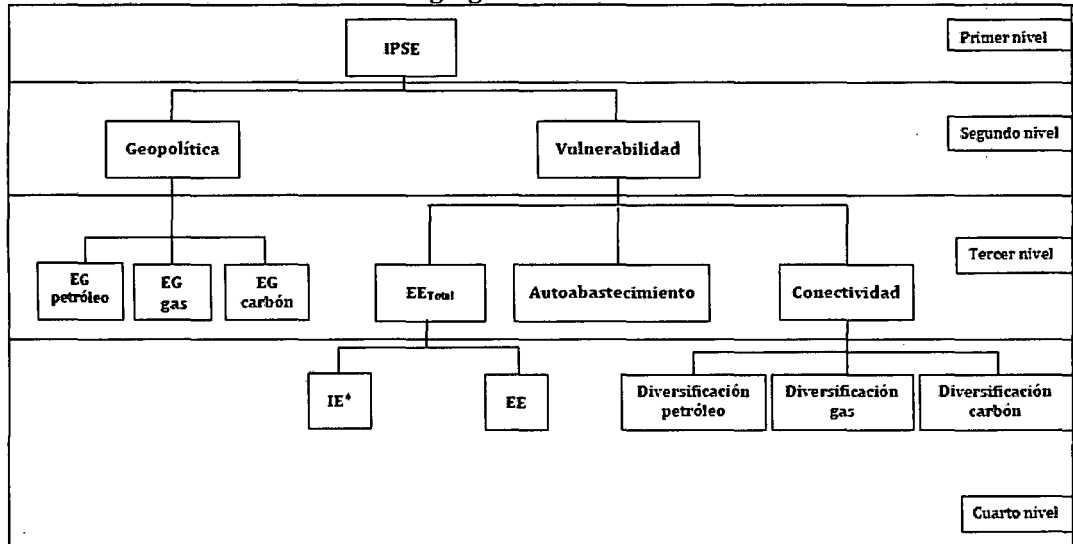
Fuente: Energy Security and Climate Policy (IEA, 2007)

2.4.3 Índice ponderado de seguridad energética (IPSE)

Este índice de seguridad corresponde a una tesis doctoral (Rodríguez Fernandez, 2012), cuyo esquema plantea y describe que la dimensión de la seguridad energética se encuentra compuesto de dos componentes: geopolítica y vulnerabilidad,

ambas ponderadas al 50%. En la Ilustración 2.21 se muestra la estructura del índice ponderado de seguridad energética (IPSE).

Ilustración 2.21 - Agregación de los indicadores del IPSE



*: Se calcula el opuesto de la variable para construir el indicador de seguridad de abastecimiento

(1) EG: estabilidad geopolítica. EE: eficiencia energética. IE: intensidad energética.

(2) Cada indicador tienen la misma ponderación ($w_i=1/n$), excepto la IE (2/3) y la EE (1/3).

Fuente: Seguridad de Abastecimiento en la UE-27. (Rodríguez Fernandez, 2012)

Dimensión Geopolítica, El indicador de dimensión geopolítica se encuentra formado por la ponderación de la estabilidad geopolítica del petróleo, gas y carbón. Dichos indicadores se calculan a partir de un indicador de riesgo socioeconómico de países exportadores denominado SERI. (Rodríguez Fernandez, 2012).

Los índices se calculan de la siguiente forma:

$$\text{Riesgo geopolítico del recurso}_{i,t} = \sum_1^n p_i^j * \text{SERI}_j$$

Donde:

- p_i^j es la cuota de importación del país i del país j .

- *SERI_j es el índice de riesgo socioeconómico del país j.*
- *n es el número de proveedores de petróleo*
- *t es el año analizado*

Dimensión Vulnerabilidad, Esta dimensión se encuentra conformada por la eficiencia energética total, la dependencia energética y la conectividad. Las cuales son ponderadas con pesos iguales para determinar el índice de vulnerabilidad.

La eficiencia energética total lo calcula por la ponderación por la intensidad energética (2/3) y la eficiencia energética (1/3).

Los indicadores de conectividad analizados se centran en la vulnerabilidad a largo plazo, relacionada con los corredores energéticos de gas, petróleo y Carbón. Se emplean las concentraciones de petróleo, gas y carbón ponderadas según su peso en el mix energético a partir del HHI de cada uno de ellos.

En el caso del petróleo, el índice HHI es basado en los orígenes geográficos del petróleo, las ocho zonas geográficas son: África Subsahariana, América, Antigua URSS, Asia y Oceanía, Europa, Norte de África, Oriente Medio y Rusia.

En el caso del gas, los criterios empleados son iguales para el caso del petróleo, los orígenes geográficos son: Europa, Rusia, Oriente Medio, Norte de África, África Subsahariana y las antiguas repúblicas soviéticas. En el caso del carbón, se aplican los mismos criterios.

CAPÍTULO 3

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA E HIPOTESIS

3.1 Identificación del problema

Con las premisas de los capítulos anteriores, en este capítulo se describe la identificación del problema orientado al desarrollo de un modelo para evaluar la seguridad energética en Latinoamérica. En ese sentido el estudio busca responder a las siguientes interrogantes:

- ¿Cómo cuantificar la seguridad energética en los países de Latinoamérica?
- ¿Qué factores influyen en la seguridad energética?
- ¿Cómo elaborar un índice de seguridad energética?
- ¿Cómo se ubica Perú comparativamente frente al resto de países de Latinoamérica?

3.2 Planteamiento de la hipótesis

La seguridad energética en los países de Latinoamérica se puede cuantificar a través de un modelo que relaciona el consumo, política y vulnerabilidad energética.

La cuantificación del índice de seguridad energética se puede homogenizar para un grupo de países de 0 a 1 donde 0 representa un país vulnerable y 1 representa un país energéticamente seguro.

CAPÍTULO 4

SITUACIÓN ENERGÉTICA EN

LATINOAMÉRICA

4.1 Características de la región

En comparación con el valor medio mundial de participación de energía renovable en la matriz energética que es de 9%, Latinoamérica tiene en la actualidad una participación de 25%, lo cual es relativamente más alta que en otras regiones (Europa, América del Norte, Asia), debido principalmente a la elevada participación de la hidroelectricidad y de los biocombustibles en particular en varios países de América del Sur.

De la misma manera, la región posee un importante potencial de recursos renovables por utilizar, lo que posibilitaría incrementar de manera significativa este indicador. A pesar de dicha consideración, en la matriz energética de la región dominan el petróleo y sus derivados (41%) y el gas natural (28%). Así mismo, el

carbón mineral constituye el 4% de la matriz energética de la región, muy por debajo de la proporción en la matriz a nivel mundial, donde alcanza el 27%. (CAF, 2013).

Además, podemos destacar las siguientes características de la región:

- No existe en la región un modelo único para el desarrollo de la actividad petrolera, ni idénticas reglas para su regulación. Estas se han ido adaptando en cada país según criterios y objetivos disímiles de política nacional. Hay desde los modelos desde los puramente estatales como Venezuela hasta los privados como Chile.
- Los sistemas eléctricos de la región se caracterizan en general por una elevada participación de generación hidráulica, altas tasas de crecimiento de la demanda y riesgos de falta de abastecimiento durante las sequías. A lo anterior se suma la volatilidad de los precios de los hidrocarburos, con tendencia al alza en el largo plazo, y su impacto en los costos de generación.
- En cuanto a eficiencia energética, existe un potencial aun no aprovechado, ya que la región presenta una limitada y reciente atención a la eficiencia energética. De manera general, la institucionalidad es limitada y casi no hay metas nacionales de ahorro de energía, factor que es cada vez más comunes en los países desarrollados.
- Se ha comenzado a promover el desarrollo de proyectos que utilizan tecnologías de energías renovables no tradicionales a escalas mayores, dado los abundantes recursos y potenciales con que cuenta la región, a

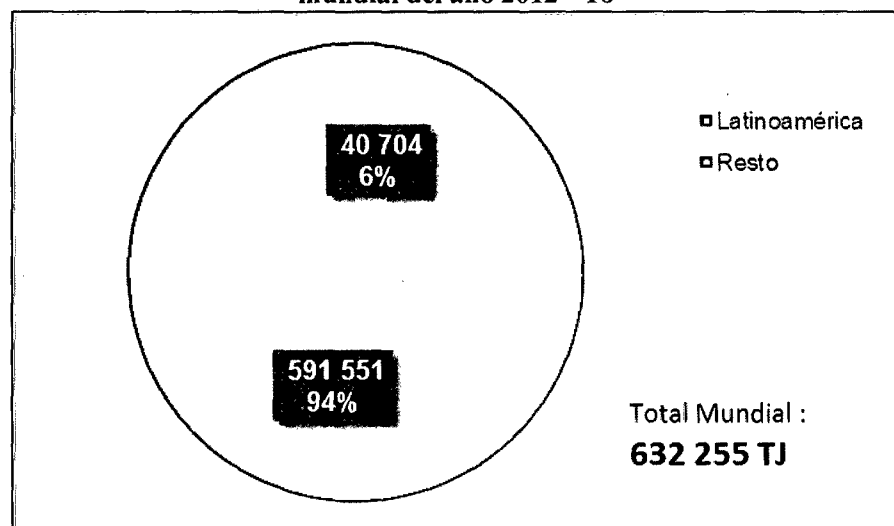
través de la incorporación de energías renovables a la generación eléctrica mediante esquemas de subastas, promovidas por el Estado.

- La región se enfrenta a una situación de falta de acceso a fuentes modernas o no convencionales de energía en condiciones equitativas, principalmente en las zonas rurales. Se estima que al menos una tercera parte de la población rural de América Latina y el Caribe sigue sin acceso al servicio de electricidad. (CAF, 2013).

4.2 Situación Energética de la Región

La región de Latinoamérica representa de forma integrada la tercera economía más importante a nivel mundial de acuerdo al PIB a paridad de poder adquisitivo (PPA) y ocupa también un puesto muy importante en la producción de energía primaria en el mundo. (FIESP-OLADE, 2009). En la Ilustración 4.1 se muestra la producción de la región respecto al total producido a nivel mundial en el año 2012.

Ilustración 4.1 - Producción de energía primaria de Latinoamérica respecto al total mundial del año 2012 - TJ



Fuente: Elaboración propia a partir de las estadísticas de la AIE¹²

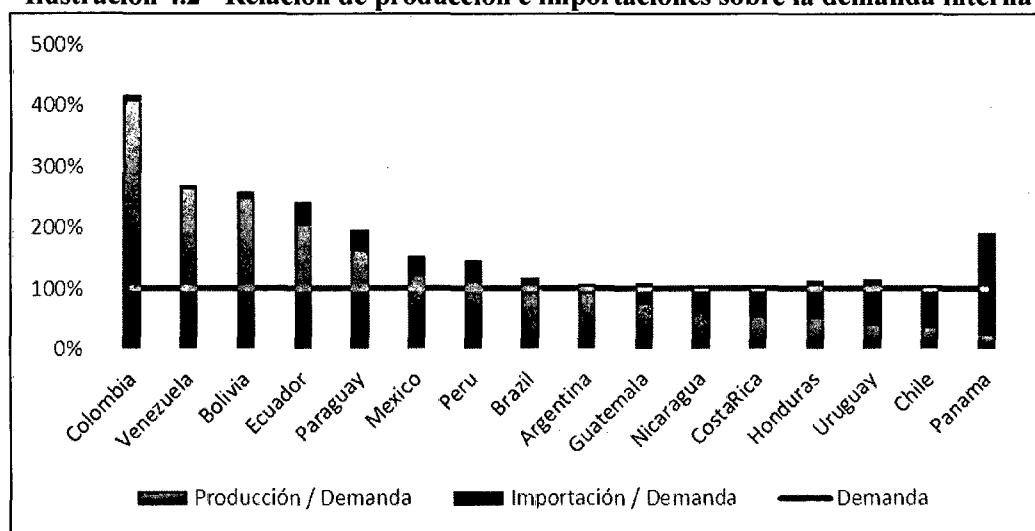
El hecho que la producción supera a la demanda interna, permite a la región mantener su status de exportadora neta de energía; sin embargo al interior existen marcadas asimetrías, encontrándose países con grandes reservas de recursos naturales y capacidades de producción y exportación como Colombia, Venezuela, Bolivia, Ecuador y Paraguay, así como países con recursos suficientes para cubrir sus necesidades y exportar sus excedentes como México, Perú, Brasil y Argentina y

¹² Agencia Internacional de Energía, los datos son consultados en <http://www.iea.org/statistics/>

finalmente países con incipientes recursos energéticos, que se abastecen total o en gran parte de importaciones, como Guatemala, Nicaragua, Costa Rica, Honduras, Uruguay, Chile y Panamá.

En la Ilustración 4.2 se muestra la relación entre la producción y la importación sobre la demanda interna para el año 2012.

Ilustración 4.2 - Relación de producción e importaciones sobre la demanda interna



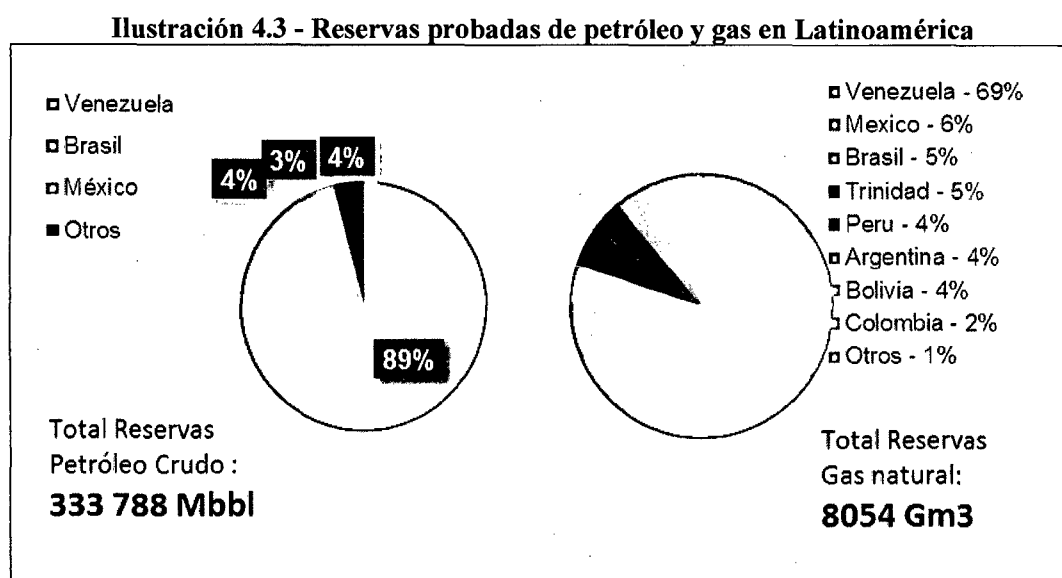
Fuente: Elaboración propia a partir de las estadísticas de la AIE¹³

Estas diferencias en la disponibilidad de recursos, potencializa sin lugar a dudas el desarrollo de un mercado energético regional de gran magnitud, brindando la oportunidad de generar más riqueza y el intercambio entre las economías de la región, de fortalecer las instituciones, contribuir a la estabilidad política y con ello a la seguridad energética.

¹³ Agencia Internacional de Energía, los datos son consultados en <http://www.iea.org/statistics/>

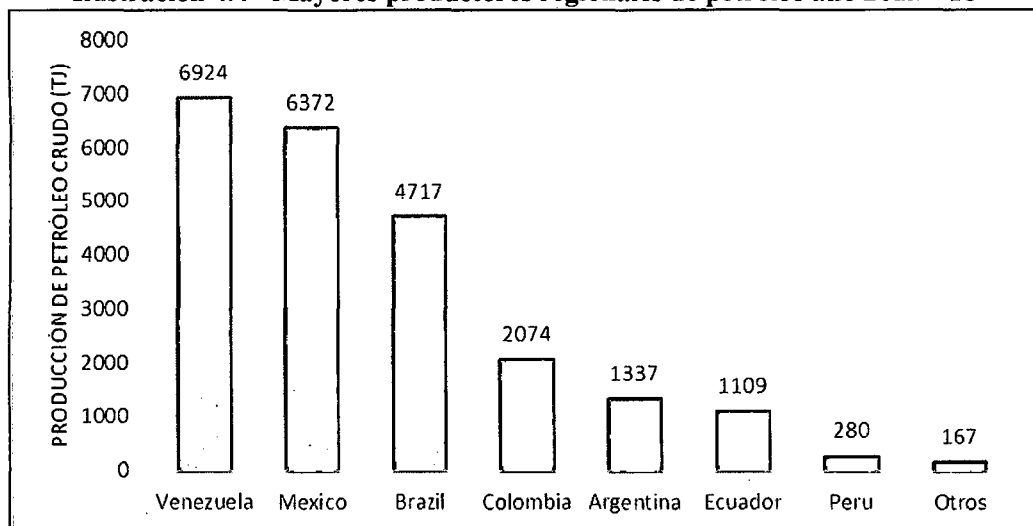
4.2.1 Sector Hidrocarburos

Actualmente Latinoamérica ocupa el segundo puesto como región en el mundo respecto al volumen de reservas probadas de petróleo crudo, superada solamente por Oriente Medio, mientras que para el gas natural se ubica en el quinto puesto respecto al total mundial. (OLADE, 2012). En la Ilustración 4.3 se muestra la cantidad de reservas probadas por país.



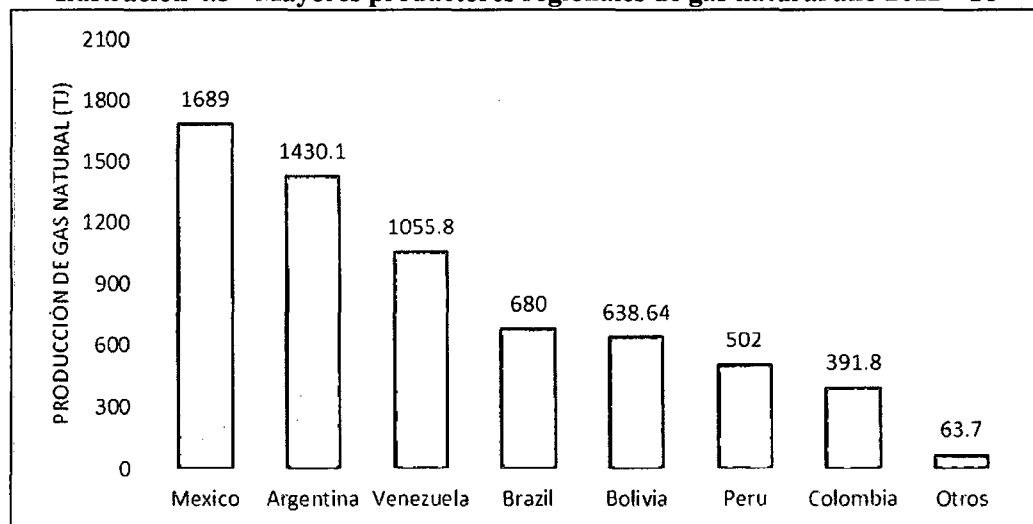
Fuente: SIEE-OLADE, datos del año 2010 (OLADE, 2012).

La región cuenta con 15 países productores de petróleo, de los cuales los tres más grandes son Venezuela, México y Brasil que en conjunto abarcan el 78% del total regional. Otros tres países de mediana producción respecto a sus volúmenes son Colombia, Argentina y Ecuador con un 20% adicional, quedando cubierta la fracción restante por 9 países productores, tal como se muestra en Ilustración 4.4.

Ilustración 4.4 - Mayores productores regionales de petróleo año 2012 - TJ

Fuente: Elaboración propia a partir de las estadísticas de la AIE¹⁴

Respecto a la producción de gas natural, los mayores productores son México, Venezuela, Argentina que en conjunto abarcan el 65%. En un segundo término se ubican Brasil, Bolivia, Colombia y Perú con un 34% adicional, tal como se muestra en Ilustración 4.5.

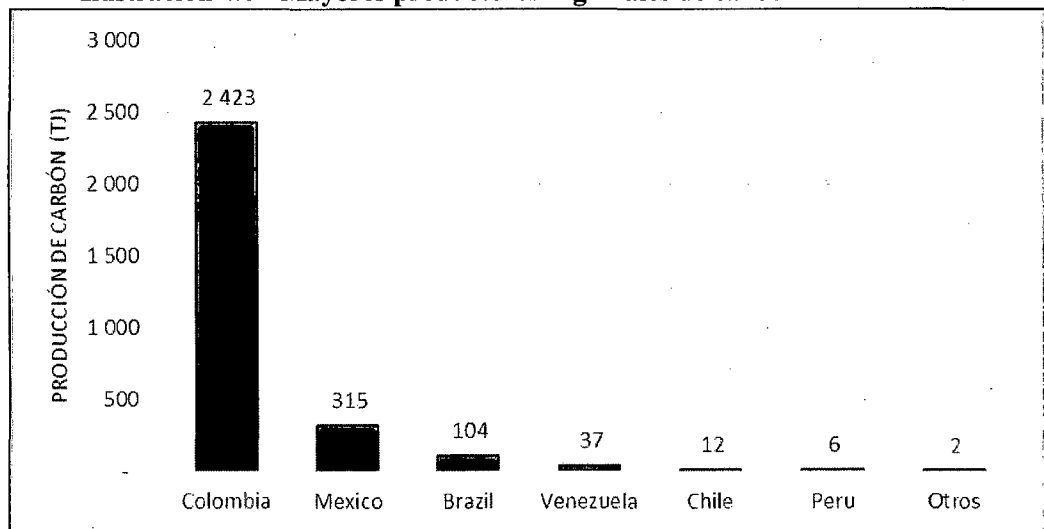
Ilustración 4.5 - Mayores productores regionales de gas natural año 2012 - TJ

Fuente: Elaboración propia a partir de las estadísticas de la AIE

¹⁴ Agencia Internacional de Energía, los datos son consultados en <http://www.iea.org/statistics/>

Respecto a la producción de carbón, el mayor productor es Colombia con un 84%, seguido de México con un 11% adicional, tal como se muestra en Ilustración 4.6.

Ilustración 4.6 - Mayores productores regionales de carbón año 2012 - TJ



Fuente: Elaboración propia a partir de las estadísticas de la AIE¹⁵

En conclusión, la región de Latinoamérica es exportadora neta de petróleo crudo, gracias a los altos volúmenes de exportación extra-regional de este recurso por parte de Venezuela. Respecto al gas natural, las exportaciones netas son prácticamente nulas, en tanto que los flujos energéticos de este recurso son de orden internos en la región.

Se puede catalogar como grandes exportadores netos de hidrocarburos a Venezuela, México, Colombia, Ecuador, Bolivia y Argentina.

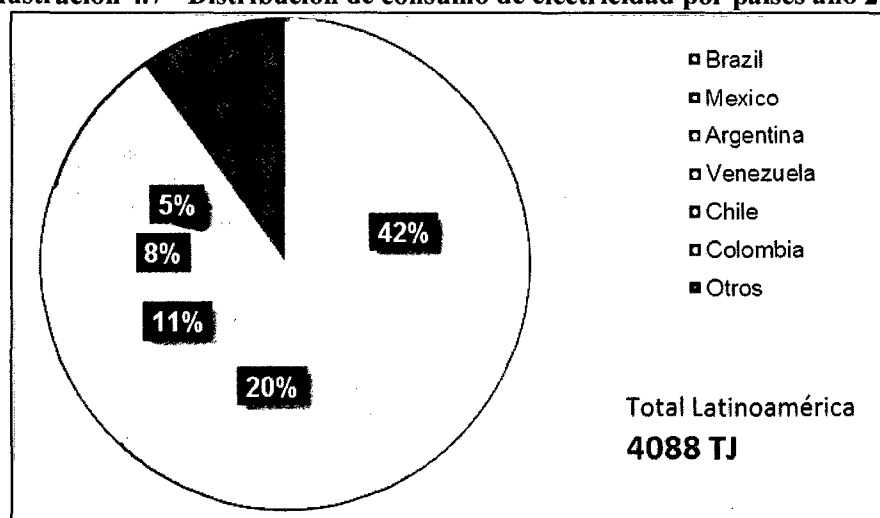
¹⁵ Agencia Internacional de Energía, los datos son consultados en <http://www.iea.org/statistics/>

4.2.2 Sector Electricidad

En este sector, Latinoamérica es una región con un nivel relativamente bajo de participación de electricidad en la matriz de consumo final energético, comparado con el conjunto de los países de la OCDE. Esto se debe principalmente al impacto que tiene el uso de la leña y gas licuado de petróleo en el sector residencial, cuya aplicación es para la cocción de alimentos, y al menor aprovechamiento de gas natural en los sectores residencial e industrial. (OLADE, 2012).

El consumo total de electricidad en Latinoamérica está altamente concentrado en las principales economías, debiéndose destacar que Brasil, la economía más grande de la región, participa con el 41% del consumo regional y que más del 80% de este valor lo representan 5 países, tal y como se muestra en Ilustración 4.7

Ilustración 4.7 - Distribución de consumo de electricidad por países año 2012



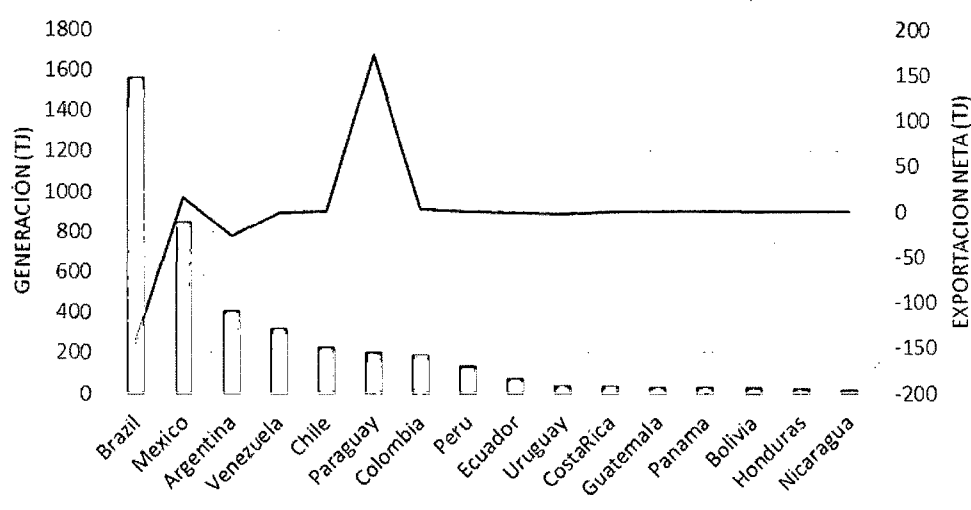
Fuente: Elaboración propia a partir de las estadísticas de la AIE¹⁶

¹⁶ Agencia Internacional de Energía, los datos son consultados en <http://www.iea.org/statistics/>

Dentro de la región, Brasil es el principal productor de electricidad, seguido de México, Argentina, Venezuela, Chile, Colombia y otros. Paraguay es el mayor exportador de electricidad con destino a Brasil y Argentina con los que comparte dos grandes centrales hidroeléctricas: Itaipú y Yacyreta respectivamente.

Por su parte Brasil y Argentina son los mayores importadores de electricidad. En la Ilustración 4.8 se muestra la generación y exportación de electricidad.

Ilustración 4.8 - Generación eléctrica y exportación neta de electricidad - año 2012

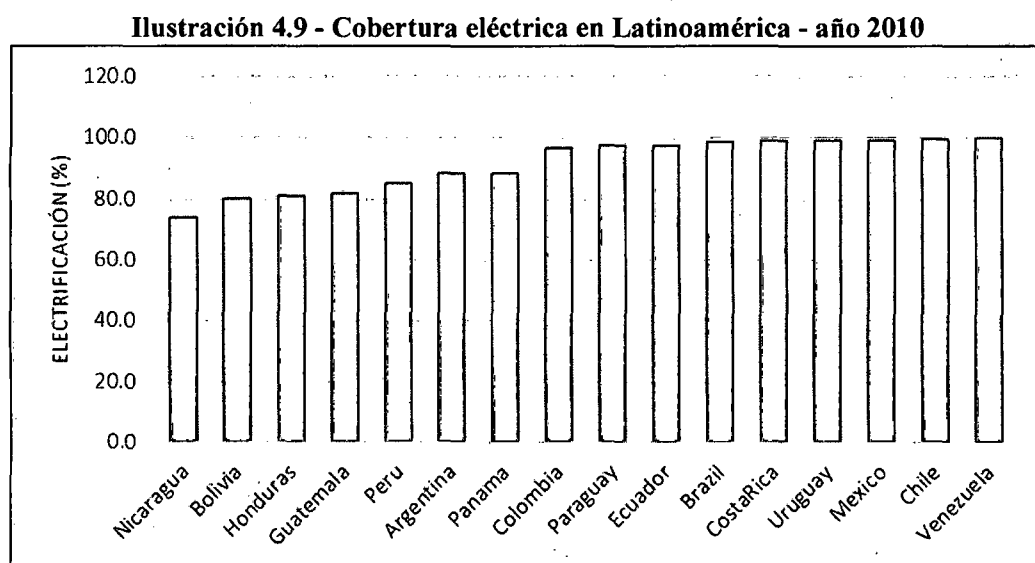


Fuente: Elaboración propia a partir de las estadísticas de la AIE¹⁷

Con datos a 2010, la cobertura eléctrica promedio de la región es de 91.6%, a partir de lo cual se puede estimar que aproximadamente 66 millones de personas en la región no cuentan con acceso al servicio eléctrico. Venezuela, Chile, México, Uruguay y Costa Rica tienen una cobertura por encima del 99%, mientras en el otro extremo se encuentran Guatemala, Honduras, Bolivia y Nicaragua cuyo nivel de cobertura está

¹⁷ Agencia Internacional de Energía, los datos son consultados en <http://www.iea.org/statistics/>

por debajo del 85%. En la Ilustración 4.9 se muestra la cobertura eléctrica para los países Latinoamericanos en el año 2010.



Fuente: Elaboración propia a partir de las estadísticas del Banco Mundial

4.3 Políticas energéticas en países representativos

En todas las grandes economías, la energía es asunto de seguridad nacional. Todas ellas enfrentan, a su manera, situaciones complejas para garantizar el suministro para su sector productivo y de sus ciudadanos. En este numeral se resumen las políticas nacionales y/o su visión a futuro que se plantea en los principales países de la región.

4.3.1 Argentina

Argentina no cuenta con una política energética oficializada, sin embargo ocho Ex Secretarios de Energía de Argentina publicaron el libro "La Política Energética como Política de Estado" (Ex Secretarios de Argentina, 2014), dichos expertos enuncian que las medidas para la política energética argentina deben ser:

- Mayor institucionalidad
- Planificación energética estratégica a largo plazo
- Política para la exploración petrolera
- Financiamiento por Fondos Específicos de grandes obras de infraestructura
- La licitación pública como norma permanente para las contrataciones de obras de infraestructura.
- Saneamiento y racionalidad tarifaria
- Subsidios al consumo - tarifa social
- Compromiso global de la Argentina con el mundo
- Articulación de la política energética con los países de la región

Y como medidas que el estado argentino debe impulsar recomiendan:

- Fortalecer las instituciones energéticas : secretaria de energía y entes reguladores
- Tarifas energéticas y los subsidios para la población de bajos ingresos.
- La planificación energética de largo plazo.
- Asegurar a largo plazo el autoabastecimiento de hidrocarburos con yacimientos propios.
- Política de conservación energética que contribuya a la mitigación del cambio climático.

4.3.2 Brasil

Brasil en su Ley N°9478 (Brasil, 1997), establece los principios y objetivos de su política energética nacional, las cuales son:

- Preservar el interés nacional
- Promover el desarrollo, la expansión del mercado de trabajo y mejorar los recursos energéticos.
- Proteger los intereses del consumidor con respecto a precio, calidad y disponibilidad de los productos.
- Proteger el medio ambiente y promover la conservación de la energía.
- Garantizar el suministro de productos derivados de petróleo en todo el territorio nacional, de acuerdo con la constitución federal.
- Incrementar en bases económicas la utilización del gas natural

- La identificación de las soluciones más adecuadas para el suministro de electricidad en las diferentes regiones del país.
- La utilización de fuentes alternativas de energía, mediante el aprovechamiento económico de los recursos disponibles y las tecnologías aplicables.
- Promover la libre competencia
- La atracción de inversiones para la producción de energía.
- Ampliar la competitividad del país en el mercado internacional.
- Incrementar en bases económicas, sociales y ambientales, la participación de los biocombustibles en la matriz energética nacional.
- Garantizar el suministro de biocombustibles en todo el territorio nacional
- Incentivar la generación de electricidad a partir de biomasa y subproductos de la producción de biocombustibles, debido a su carácter limpio, renovable y complementario para la energía hidroeléctrica.
- Promover la competitividad del país en el mercado internacional de biocombustibles.
- Atraer inversiones en infraestructura para el transporte y almacenamiento de los biocombustibles.
- Promover la investigación y el desarrollo relacionado con las energías renovables.
- Mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero en los sectores de energía y transporte, incluyendo el uso de biocombustibles.

4.3.3 Bolivia

Bolivia, en su documento "Plan Estratégico Institucional 2011-2015, energía con Soberanía" (Energía, 2011), establece garantizar el desarrollo del potencial de los recursos naturales para la seguridad energética, la industrialización y la universalización, contribuyendo al desarrollo sustentable del estado. Para ello establece las siguientes cinco políticas:

- Desarrollo de todas las fuentes de energía disponibles para diversificar la matriz y asegurar el suministro de energía en forma sustentable y con equidad.
- Promover la auto sostenibilidad del sector energético para potenciarlo.
- Liderar la política energética del país.
- Optimizar el rendimiento y compromiso de los servidores públicos del Ministerio Hidrocarburos y Energía con los objetivos institucionales.
- Asegurar el financiamiento y viabilizar la implementación del Plan Energético Institucional.

Luego de establecidas las políticas energéticas, establecen los siguientes objetivos para el sector energético:

- Garantizar la seguridad energética con soberanía y equidad.
- Diversificación de la matriz energética.
- Promover el uso y producción eficiente de la energía.
- Promover la exportación de excedentes de energía eléctrica.

- Transparentar los costos de la cadena productiva del sector eléctrico.
- Incentivar la industrialización de los hidrocarburos.
- Consolidar el país como principal exportador de Gas Natural en la región y estabilizar su aporte en materia de ingresos fiscales para la hacienda pública y para su fortalecimiento.
- Establecer, impulsar y controlar la política energética nacional y garantizar su cumplimiento en el marco de un desarrollo sostenible.
- Fortalecer la capacidad institucional del Ministerio de Hidrocarburos y Energía a través de la optimización de sus procedimientos, la coordinación con las entidades del sector, la transparencia institucional y el desarrollo integral de sus servidores públicos.
- Gestionar los recursos y viabilizar las condiciones necesarias para la efectiva ejecución del Plan Estratégico Institucional.

4.3.4 Chile

Este país cuenta con un documento preparado por el Ministerio de Energía denominado "Agenda de Energía, un desafío país, progreso para todos" (Gobierno de Chile - Ministerio de Energía, 2014), el cual sirve como hoja de ruta para construir y ejecutar una Política Energética de largo plazo que tenga validación social, política y técnica. Este documento concluye en siete ejes estratégicos:

- Un nuevo rol del estado, que fundamente una Política Energética de largo plazo, sobre la base de un dialogo social, político y técnico.

- Reducción de los precios de la energía, con mayor competencia, eficiencia y diversificación en el mercado energético.
- Desarrollo de recursos energéticos propios.
- Conectividad para el desarrollo energético.
- Un sector energético eficiente y que gestiona el consumo.
- Impulso a la inversión en infraestructura energética.
- Participación ciudadana y ordenamiento territorial.

A partir de ello, se observa que Chile busca suministro de energía que sea confiable, sustentable, inclusiva y de precios razonables, con una matriz eléctrica diversificada, equilibrada y que garantice al país mayores niveles de soberanía en sus requerimientos de energía.

4.3.5 Colombia

El Departamento Nacional de Planeamiento de Colombia cuenta con una "Visión Colombia, segundo centenario 2019" (DNP, 2010), que plantea posicionar a Colombia como un clúster regional energético, bajo cuatro principios:

- Integración regional: usar eficientemente la canasta de energético regional, garantizando un abastecimiento en el largo plazo con precios eficientes, calidad y confiabilidad adecuadas.
- Convergencia: formación de precios a través de mecanismos de mercado, sin distorsiones de los sistemas impositivos, arancelarios, ambientales y de regulación. Además, utilizar biocombustibles sin transferencia de rentas

entre sectores productivos, evitando las posiciones dominantes y la sustitución de importaciones o productos refinados nacionales a precios ineficientes.

- Regulación: armonizar los marcos regulatorios (energía eléctrica) y definir una política de formación de precios que garantice un suministro confiable y de mínimo costo en el largo plazo.
- Desarrollo de infraestructura: los proyectos de infraestructura deberán ubicar a Colombia en un renglón relevante dentro del mercado mundial de bienes primarios como el carbón y el gas natural, con la promoción del Estado y la ejecución del sector privado. Adicionalmente, construir la infraestructura necesaria para los intercambios comerciales y optimizar las inversiones de capital que requiere el país, aprovechando la estrategia de integración regional.

Luego de planteados los principios de su política, Colombia se fija metas para el sector energético:

- Meta 1: Elevar la participación de las energías alternativas en zonas no interconectadas.
- Meta 2: Aumentar la cobertura del servicio de energía eléctrica.
- Meta 3: Consolidar un mercado eléctrico andino y centroamericano, con intercambios continuos de energía entre sus países.
- Meta 4: Mantener la autosuficiencia petrolera.
- Meta 5: Adicionar nuevas reservas de gas natural y desarrollarlas.

- Meta 6: Aumentar las exportaciones de carbón
- Meta 7: Aumentar el nivel de conocimiento del subsuelo del país.

4.3.6 México

La Secretaria de Energía del Estado Mexicano ha publicado el documento "Estrategia Nacional de Energía 2013-2027", estableciendo que sus objetivos estratégicos son Apoyo al crecimiento económico y la Inclusión social. Asimismo para consolidar un sistema energético integral encuentran tres elementos de integración: **sustentabilidad del sector; seguridad energética; y eficiencia energética y ambiental.**

Luego de establecidas los puntos de partida para su política energética, concluyen en los siguientes temas estratégicos:

- Satisfacer el abastecimiento de energía conforme a las expectativas de crecimiento económico.
- Promover el uso eficiente de la energía en todos los sectores
- Adecuar el acceso a la energía de acuerdo con la nueva estructura poblacional
- Ampliar el acceso de energía a las comunidades menos favorecidas
- Suministrar energéticos de calidad con base en la legalidad
- Fortalecer la operación y confiabilidad de la red de transporte, almacenamiento y distribución de gas natural.

- Abastecer la demanda nacional de petrolíferos de la manera más eficiente y aprovechando las oportunidades de mercado.
- Dotar de flexibilidad a las redes de transmisión y distribución
- Contar con una oferta permanente, eficiente, oportuna y a precios competitivos de petrolíferos de calidad a los consumidores finales.
- Diversificar y optimizar el parque de generación.
- Detonar la industria petroquímica nacional
- La producción de petróleo crudo debe ir a la par del desarrollo nacional.
- Las reservas deben sustentar la producción en el mediano y largo plazo
- Aprovechar las oportunidades que brinda el gas natural
- Identificar y aprovechar el potencial de energías renovables
- Definir el alcance del programa nuclear
- Desarrollar soluciones y productos en base a ciencia y tecnología
- Contar con la capacidad para cubrir los costos, manteniendo capacidad de inversión.
- Fortalecer la regulación, supervisión y normatividad de los organismos del sector.
- Procurar de manera continua la integridad industrial y ambiental.
- Alcanzar la autosuficiencia del sector.
- Suficiencia en las competencias de cada eslabón del sector.

4.3.7 Perú

El estado Peruano a través del Decreto Supremo N°064-2010-EM (MEM, 2010) aprueba la Política Energética Nacional del Perú 2010-2040, el cual establece como visión lo siguiente:

"Un sistema energético que satisface la demanda nacional de energía de manera confiable, regular, continua y eficiente, que promueve el desarrollo sostenible y se soporta en la planificación y en la investigación e innovación tecnológica continua".

Así mismo establece nueve objetivos de la política energética a seguir:

- Contar con una matriz energética diversificada, con énfasis en las fuentes energéticas renovable y la eficiencia energética.
- Contar con un abastecimiento energético competitivo
- Acceso universal al suministro energético
- Contar con la mayor eficiencia en la cadena productiva y de uso de la energía.
- Lograr la autosuficiencia en la producción de energéticos.
- Desarrollar un sector energético con mínimo impacto ambiental y bajas emisiones de carbono en un marco de Desarrollo sostenible.
- Desarrollar la industria del gas natural y su uso en actividades domiciliarias, transporte, comercio e industria así como la generación eléctrica eficiente.
- Fortalecer la institucionalidad del sector energético

- Integrarse con los mercados energéticos de la región, que permita el logro de la visión de largo plazo.

4.3.8 Uruguay

El Poder Ejecutivo de Uruguay, mediante La Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear aprobó en agosto del 2008 los lineamientos estratégicos de su política energética, estructurando cuatro grandes ejes estratégicos:

- **Eje Institucional**, el Poder Ejecutivo diseña y conduce la política energética, articulando a los diversos actores. El marco regulatorio de todo el sector energético y de cada subsector debe ser claro, transparente y estable, brindando garantías a todos los actores.
- **Eje de la Oferta**, el objetivo es diversificar la matriz energética, tanto de fuentes como de proveedores, procurando reducir costos, disminuir la dependencia del petróleo y buscando fomentar la participación de fuentes energéticas autóctonas, en particular las renovables. Este proceso propiciará la transferencia de tecnología y el desarrollo de capacidades nacionales y procurará minimizar el impacto medioambiental del sector.
- **Eje de la Demanda**, el objetivo es promover la eficiencia energética en todos los sectores de la actividad nacional y para todos los usos de la energía mediante un mejor uso de los recursos energéticos, sin tener que disminuir los niveles de producción, el confort la atención de todas las necesidades cotidianas, impulsando un cambio cultural en relación a los hábitos de consumo, a través del sistema educativo formal e informal.

- **Eje Social**, el objetivo es promover el acceso adecuado a la energía para todos los sectores sociales, de forma segura y a un costo accesible utilizando la política energética como un poderosos instrumento para promover la integración social y mejorar la calidad de nuestra democracia.

4.4 Aspectos comunes de las Políticas Energéticas

De la revisión de las políticas energéticas observadas en el numeral 0 se puede sintetizar los aspectos comunes que pueden llevar a generar mecanismos de integración de los mercados de energía de la región para el largo plazo. En la Tabla 4.1 se presenta la síntesis de factores considerados en la política energética de cada país.

Tabla 4.1- Factores considerados en las políticas energéticas de Latinoamérica

Factor	Argentina	Brasil	Bolivia	Chile	Colombia	México	Perú	Uruguay
Corporativo	-	Si	-	-	Si	-	-	-
Económico	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Geográfico	-	-	-	Si	Si	Si	Si	-
Geológico	Si	-	Si	-	Si	-	-	-
Jurídico	Si	-	Si	-	Si	Si	Si	Si
Medioambiental	Si	Si	-	-	-	-	Si	Si
Político	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Social	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Tecnológico	Si	Si	Si	Si	Si	Si	-	Si

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que los factores comunes son los económicos, políticos y sociales; mientras que los factores jurídicos y tecnológicos son abarcados en la

mayoría de países; y solo en la mitad de ellos consideran el factor medioambiental, geográfico y geológico; para el factor corporativo solo Brasil y Colombia fortalecerían su respectivo sector privado.

Así mismo, En la Tabla 4.2 se presentan los indicadores de seguridad energética consideradas dentro de la política energética para cada país.

Tabla 4.2- Indicadores de seguridad energética para Latinoamérica

Indicador	Argentina	Brasil	Bolivia	Chile	Colombia	México	Perú	Uruguay
Acceso a la energía	-	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Asequibilidad	Si	Si	Si	Si	-	-	-	Si
Auto Abastecimiento	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Conectividad	-	Si	Si	Si	Si	-	Si	-
Disponibilidad	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Diversificación de matriz energética	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Eficiencia Energética	-	-	Si	Si	-	Si	Si	Si
Factores Ambientales	Si	Si	-	Si	-	-	Si	Si
Institucionalidad	Si	-	Si	-	-	Si	Si	Si
Normatividad	Si	-	Si	-	Si	Si	-	Si
Regulación de Precios	Si	Si	-	Si	Si	-	-	Si

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que los indicadores prioritarios son disponibilidad, diversificación de la matriz energética, el auto abastecimiento y el acceso a la energía. Mientras que los indicadores de asequibilidad, conectividad, eficiencia energética, factores ambientales, institucionalidad, normatividad y la regulación de precios son importantes pero no con un carácter prioritario.

CAPÍTULO 5

DISEÑO DEL MODELO

5.1 Metodología

Habida cuenta que no existe una variable única que pueda evaluar la seguridad energética, se plantea elaborar un índice a partir de tres dimensiones seleccionadas: Vulnerabilidad, Consumo y Política energética.

Dichas dimensiones debe responder a problemáticas específicas de los países pertenecientes a Latinoamérica, por lo cual son construidas a partir de indicadores energéticos, económicos y sociales de características comunes y publicadas frecuentemente por los gobiernos de cada país.

El índice de seguridad energética varía de 0 a 100%, por lo cual los indicadores recopilados requieren ser normalizados en el mismo rango. Para la normalización se emplea los siguientes métodos: medición de concentración, construcción y agregación de indicadores sintéticos.

5.1.1 Variables e indicadores recopilados

Las variables a ser consideradas son las siguientes:

- Variable Dependiente : Índice de Seguridad Energética
- Variables Independientes : variables e indicadores energéticos, económicos y sociales.

Variables Energéticas

- Consumo Final sectorial y por fuente energética
- Producción por fuente energética
- Importaciones por fuente energética
- Exportaciones por fuente energética

Variables Económicas

- Costo de importación de petróleo, gas natural, carbón y electricidad por país de origen
- Producción Bruta Interna (PBI)
- Precios finales de electricidad e hidrocarburos

Indicadores Sociales

- Grado de electrificación
- Calidad de suministro eléctrico

5.1.2 Método de medición de la concentración de mercado

El método empleado para medir la concentración se basa en la normalización del índice de Herfindahl e Hirschman (HHI). El cual indica que a más alto el índice, más concentrado, consecuentemente una menor diversificación del mercado el cual representa menor seguridad energética.

La fórmula para la medición del índice HHI es:

$$HHI = \sum_{i=1}^N s_i^2$$

Donde:

- *i*, representa un participante del mercado
- *N*, es la cantidad de participantes en el mercado
- *s_i*, es la cuota de mercado para el participante *i*

El índice de HHI tiene una variación de 0 (competencia perfecta) a 10000 (control de monopolio). Sin embargo la competencia perfecta es teórica, por lo cual se realiza la normalización del índice HHI empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Concentración} = (HHI - 1/N)/(1 - 1/N)$$

El resultado de la normalización lleva la suma cuadrática a un rango de 0 a 1, donde 0 representa un mercado diversificado y 1 representa un mercado altamente concentrado.

5.1.3 Método de agregación de indicadores

Es la etapa crucial de la metodología, la cual consiste en componer los múltiples indicadores y variables seleccionados en un indicador compuesto. Ello supone la necesidad de agregar la información de manera uniforme o según se considere, estableciendo diferentes factores de peso que den cuenta de la importancia relativa de cada indicador en el agregado. (CEPAL, 2009).

La investigación se centra en el método simple de agregación, partiendo de la premisa de que, un indicador compuesto para un periodo t se obtiene mediante la suma ponderada de indicadores parciales del mismo periodo t .

De tal forma que:

$$I = \sum_{i=1}^n w_i * x_{it}$$

Donde:

- *I es el indicador compuesto*
- *x_{it} es el valor del indicador parcial i en el periodo t*
- *w_i es el peso asignado para el indicador parcial i , de modo que*

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$
- *n es el número de indicadores parciales empleados*

Por lo tanto este nuevo indicador compuesto, engloba y recoge la información contenida en los indicadores parciales. Sin embargo, uno de los principales problemas que existen es la definición de pesos de ponderación.

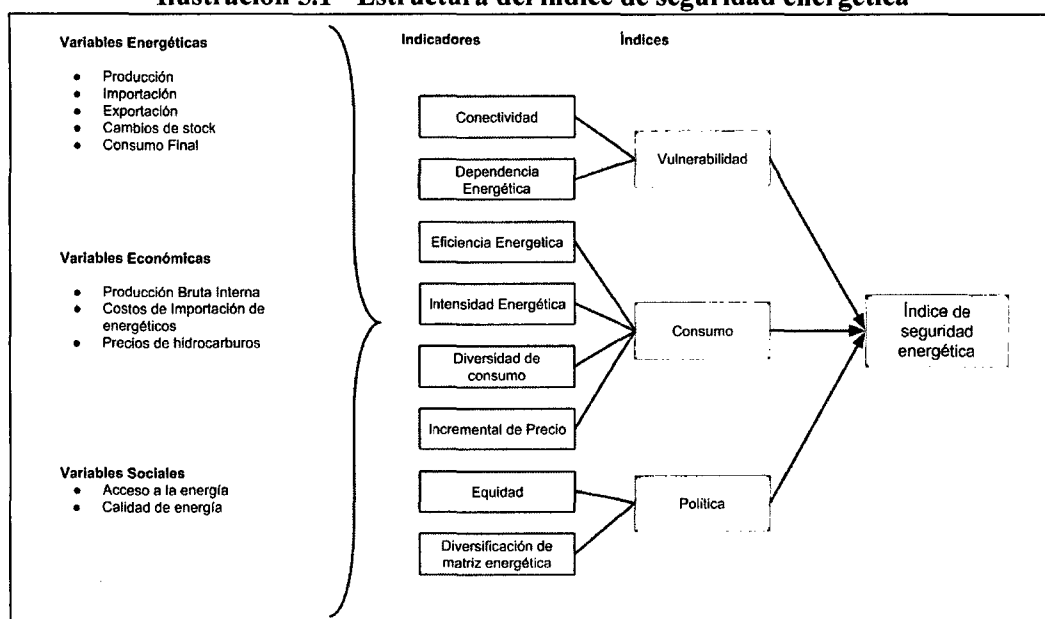
Existen diversos criterios de ponderación de agregación simple, entre los cuales está la asignación de un mismo peso a los indicadores parciales. También se realiza en función de la importancia que tengan las distintas ramas o sectores del indicador parcial en relación con el indicador global.

En la investigación los pesos asignados a las dimensiones de vulnerabilidad, consumo y política son iguales, aunque estos indicadores que forman parte de cada dimensión se pueden ponderar de manera diferente, que pueden ser subjetivos o que pueda aplicarse la opción de *juicio de expertos*. En el apartado de cada dimensión se explican los pesos empleados.

5.1.4 Estructura del índice de seguridad energética

En la Ilustración 5.1 se reflejan las interacciones entre los parámetros, indicadores estadísticos o económicos e índices que van a formar parte de las subdimensiones y las dimensiones finales que componen el índice de seguridad energética.

Ilustración 5.1 - Estructura del índice de seguridad energética



Fuente: Elaboración propia

La estructura para obtener el índice de seguridad energética está compuesta por niveles, cada indicador compuesto de un nivel es obtenido a través del método de agregación de indicadores parciales del nivel anterior y/o las variables recopiladas.

5.2 Dimensión de vulnerabilidad energética

La vulnerabilidad, se interpreta como la métrica para cuantificar el impacto de un shock energético sobre la economía. La relación con el índice de seguridad energética es inversamente proporcional, es decir a mayor vulnerabilidad el país es energéticamente menos seguro.

Los indicadores parciales utilizados para determinar el grado de vulnerabilidad son: conectividad y dependencia energética. A continuación, se detalla la cuantificación de los indicadores parciales y la ponderación para hallar el indicador de vulnerabilidad.

5.2.1 Conectividad

El indicador de conectividad permite a los países una mayor flexibilidad al poder recurrir a diferentes proveedores o vías de importación en casos de posibles eventualidades. La posibilidad de interrupción se reduce cuanto mayor sea la diversificación de las importaciones. La relación con el índice de vulnerabilidad es inversa, es decir a mayor conectividad la vulnerabilidad es menor, equivalente a mayor seguridad energética.

El indicador de conectividad se explica a partir de la medición de concentración de las importaciones de petróleo, gas natural, carbón y electricidad clasificados por país de origen. Luego serán ponderadas de acuerdo al porcentaje de participación en la importación total. Finalmente el complemento de dicha ponderación resulta el indicador de conectividad.

$$\text{Conectividad} = 1 - \left(\sum_{i=1}^{n=4} p_i * HHI_i \right)$$

Donde:

- *i*, es la fuente energética (Petróleo, carbón, gas natural y electricidad)
- *p*, es el porcentaje de participación de la fuente energética *i* en las importaciones
- *HHI*, es el índice de concentración del origen de importaciones por país para la fuente energética *i*

5.2.2 Dependencia Energética

El indicador de dependencia se emplea para estudiar la seguridad de abastecimiento. Un país autosuficiente, no depende de terceros para cubrir sus necesidades, caso contrario se verá obligado a realizar importaciones de energía con el fin de evitar daños a su economía con un alto coste interno.

La relación con el índice de vulnerabilidad será directa, es decir a mayor dependencia energética, el país es más vulnerable y por lo tanto menos seguro. El índice se elabora como el cociente del total de importaciones y la oferta total interna de energía.

$$\text{Dependencia} = \begin{cases} \text{Importaciones} > \text{Oferta Interna} \rightarrow 1 \\ \text{Importaciones} < \text{Oferta Interna} \rightarrow \frac{\text{Importaciones}}{\text{Oferta Interna}} \end{cases}$$

5.2.3 Cálculo del Índice de Vulnerabilidad

Para el cálculo del índice de vulnerabilidad, se emplea el método de agregación de indicadores del numeral 5.1.3, los indicadores empleados son conectividad y dependencia energética. La conectividad tiene una relación negativa con la vulnerabilidad, por esta razón la agregación de indicadores se realiza con el opuesto de esta variable.

5.3 Dimensión de consumo energético

5.3.1 Eficiencia Energética

La eficiencia energética es el ratio entre el consumo de energía final y la oferta interna total. Cuanto más eficiente sea un país, menos energía se perderá en los procesos intermedios de transformación y transporte, y más barata será la energía que llegará a los consumidores finales, porque soportaran los costes de una menor energía primaria y secundaria.

La relación con el índice de consumo será directa, es decir a mayor eficiencia, el país cuenta con un mayor índice de consumo y por lo tanto más seguro.

$$\textit{Eficiencia Energética} = \textit{Total Consumo final} / \textit{Oferta Interna Total}$$

Luego de calcular la eficiencia energética, se realiza la normalización de la variable bajo el método de re escalamiento para llevarla a un indicador que este en el rango de 0 a 1.

5.3.2 Intensidad Energética

La intensidad energética es la relación entre el consumo de energía y el producto bruto interno. El PIB puede ser aplicado en términos de valores constantes con un año base determinado o en términos de valores corrientes. El consumo energético se calcula mediante el consumo final de la energía primaria más lo que entra en los centros de transformación.

La relación con el índice de consumo será inversa, es decir a menor intensidad energética mayor será la eficiencia con la que se usan las fuentes de energía, el país cuenta con un mayor índice de consumo y por lo tanto más seguro.

$$\text{Intensidad Energética} = \text{Consumo de energía} / \text{PIB}$$

Luego de calcular la intensidad energética, se realiza la normalización de esta variable bajo el método de re escalamiento para llevarla a un indicador que este en el rango de 0 a 1.

5.3.3 Diversidad de Consumo

El indicador de diversidad de consumo permite a los países una mayor flexibilidad al poder recurrir a diferentes fuentes energéticas sustitutas ante posibles eventualidades. La posibilidad de interrupción se reduce cuanto mayor sea la diversificación del consumo final. La relación con el índice de consumo es directa, es decir a mayor diversidad el índice de consumo es mayor, equivalente a mayor seguridad energética.

El indicador de diversidad de consumo se explicará a partir de la medición de concentración del consumo final de petróleo refinado, gas natural, carbón, electricidad, biocombustibles, solar y eólica. Finalmente el complemento de la concentración de consumo resulta el indicador de diversidad.

$$\text{Diversidad de Consumo} = 1 - \text{concentración}(N_i)$$

Donde:

- *i*, representa una fuente energética del consumo final
- *N*, es la numero de fuentes energéticas presentes en el consumo final
- *Concentración(N)*, representa el empleo del método descrito en el numeral 5.1.2.

5.3.4 Incremental de Precios

Los subsidios a los combustibles líquidos son una carga para la economía de los países. Los subsidios se incrementan cuando los precios de combustibles al consumidor es excesivamente mayor que el precio del mercado mundial, consecuentemente el país se ve obligado a fomentar una mayor cohesión económica y la eficiencia energética, para así reducir la carga sobre las finanzas del país. El precio del petróleo juega un papel especial, al ser portador dominante de energía en la mayor parte del mundo, el precio del petróleo es visto como un indicador crucial de seguridad energética.

Es por ello que el objetivo del indicador de incremental de precios es comparar que países tienen un mayor subsidio. Por lo tanto su relación con el índice de consumo será inversa, a mayor incremento de precios representa un país menos seguro.

La comparación de precios se realiza entre los precios internacionales WTI del petróleo y el precio de petróleo a nivel local en cada país. Entonces si la variación de precios es mínima el indicador tiende a 0. El método empleado es "distancia a una unidad de análisis de referencia" (CEPAL, 2009).

5.3.5 Cálculo del Índice de Consumo

Para el cálculo del índice de consumo, se emplea el método de agregación de indicadores del numeral 5.1.3, los indicadores empleados son eficiencia energética, intensidad energética, diversidad de consumo e incremental de precios. La intensidad energética e incremental de precios tienen una relación negativa con el consumo, por esta razón la agregación de indicadores se realiza con el opuesto de estas variables.

5.4 Dimensión de política energética

Uno de los principales objetivos que persigue la política energética en la actualidad es garantizar la seguridad energética, esta política se debe basar en una visión de corto, medio y largo plazo. El gobierno es el responsable de formular su política energética, por lo cual la relación con el índice de seguridad energética es directamente proporcional, es decir una mejor política representa un país energéticamente seguro. Los indicadores parciales utilizados para determinar la política energética son: equidad y diversificación de la matriz energética. A continuación, se detalla la cuantificación de los indicadores parciales y la ponderación para hallar el indicador de vulnerabilidad.

5.4.1 Equidad

El indicador de equidad explica el aporte de la energía a la sociedad de un país, para ello es necesario la medición de la accesibilidad, asequibilidad y las disparidades. La relación con el índice de política será directa, es decir a mayor equidad, el país cuenta con un mejor política energética y por lo tanto más seguro. (OEIA, 2008)

El indicador de equidad se elabora a partir de tres indicadores para reflejar el grado de equidad: grado de electrificación, calidad del suministro eléctrico y el porcentaje de población que usa combustibles no sólidos para cocinar. Para determinar el índice de equidad, se realiza la ponderación con pesos iguales.

$$Equidad = \frac{a + b + c}{3}$$

Donde:

- *a, es el grado de electrificación normalizado*
- *b, es la calidad de suministros eléctrico normalizado*
- *c, es el acceso de población a combustibles no sólidos normalizado*

El grado de electrificación, es medida en un rango de 0 a 100%, indica que a mayor porcentaje la población disfruta los beneficios del acceso a la electricidad, por lo cual tiene una relación directamente proporcional al índice de seguridad energética. La normalización se realiza respecto a la población total.

La calidad de suministro eléctrico está directamente asociada a la cantidad de interrupciones del suministro eléctrico y es medida en un rango de 1 a 7. Donde 1 representa que existen constantes interrupciones y 7 que es confiable, por lo cual tiene una relación directamente proporcional al índice de seguridad energética.

El porcentaje de población que emplea combustibles sólidos (leña, bosta, yareta), es altamente relacionada con los índices de desarrollo energético sostenible para todos, el empleo de combustible sólidos para cocina representa una baja calidad de vida. De acuerdo con las Naciones Unidas, un índice menor a 5% representa un estado ideal, por lo cual se le asigna una relación directamente proporcional con la seguridad energética.

5.4.2 Diversificación de la Matriz Energética

El análisis de la matriz energética es fundamental para orientar la planificación del sector energético con el fin de garantizar la producción, la seguridad energética y

el uso adecuado de la energía disponible. Un mayor grado de diversificación de las energías primarias reduce la vulnerabilidad del país, porque disminuye el impacto de una posible interrupción del suministro de una fuente energética. La relación con el índice de política es directa, es decir a mayor diversificación, el país cuenta con un mejor política energética y por lo tanto más seguro.

El indicador de diversificación se explicará a partir de la medición de concentración del porcentaje de participación de las fuentes energéticas en la energía primaria. Para la presente investigación emplearemos las siguientes fuentes energéticas: petróleo, gas natural, carbón, hidroenergía, geotérmica, solar, eólica, nuclear, biocombustibles y biomasa.

$$\text{Diversidad de Matriz Energética} = 1 - \left(\sum_{i=1}^N s_i^2 \right)$$

Donde:

- *i*, representa una fuente energéticas primarias
- s_i , es la cuota de mercado para la fuente energética *i*
- *N*, es la numero de fuentes energéticas primarias para un país

5.4.3 Cálculo del Índice de Política

Para el cálculo del índice de consumo, se emplea el método de agregación de indicadores del numeral 5.1.3, los indicadores empleados son equidad y diversidad de la matriz energética.

5.5 Cálculo del índice de seguridad energética

Finalmente, para el cálculo del índice de seguridad energética, se realiza la ponderación de los tres índices previamente calculados: vulnerabilidad, índice de consumo energético e índice de política energética. El índice de vulnerabilidad tiene una relación negativa con el índice de seguridad, por esta razón la agregación se realiza con el opuesto de esta variable.

Los pesos empleados para la agregación son 0.3 para vulnerabilidad, 0.4 para consumo y 0.3 para política.

CAPÍTULO 6

RESULTADOS

6.1 Población, muestra y recolección de datos

La población se encuentra conformada por los 193 países que conforman las Naciones Unidas (ONU), dado que diversas comisiones regionales y organizaciones pertenecientes a esta recopilan información de sus estados miembro.

La muestra es del tipo discrecional y se encuentra comprendida a los países de Latinoamérica, específicamente los siguientes países: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela. El resto de países centroamericanos no fueron tomados en cuenta por falta disponibilidad de información.

La obtención de información se realiza de fuentes confiables y válidas, de modo que en esta etapa se consultó a los siguientes bancos de datos:

- Base de datos de las Naciones Unidas en relación al comercio de productos energéticos (Petróleo, gas natural, carbón y electricidad)
- Base de datos de la IEA en relación a balances de energía.
- Base de datos de OLADE en relación a oferta y demanda de energía
- Base de datos de CEPAL en cuanto a indicadores económicos y desarrollo social.
- Base de datos del Banco Mundial en relación al PBI.

Estas fuentes de datos, son el medio a través del cual se prueban la hipótesis planteada, la validez del modelo, responder a las preguntas de investigación y los objetivos de la investigación.

6.2 Dimensión de vulnerabilidad

6.2.1 Conectividad

Para definir el indicador de conectividad se ha empleado el índice de HHI explicado en el numeral 5.1.2, basado en los orígenes de importación por país de cada fuente energética, en términos monetarios. Con el fin de construir un indicador único de conectividad se emplean el valor de concentración de mercado para el petróleo crudo, derivados de petróleo, carbón, gas natural y electricidad y son ponderadas de acuerdo a su participación en las importaciones. Para reducir los riesgos y la dependencia de un único suministrador, se espera tener una cartera lo más diversificada posible. Para la elaboración de estos indicadores se ha tenido en cuenta la estadística publicada en la base de datos ONU COMTRADE¹⁸.

Concentración de las importaciones de petróleo crudo, en base a los cálculos elaborados se puede afirmar que la gran mayoría de los países latinoamericanos tienen diversificadas las relaciones comerciales para realizar sus importaciones. En la Tabla 6.1 se muestra el resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 6.1- Concentración de las importaciones de petróleo crudo por país

País	2000	2005	2010	2012
Nicaragua	0.87	0.42	1.00	0.60
Brasil	0.19	0.25	0.35	0.38
Uruguay	0.26	0.28	0.37	0.33
Perú	0.29	0.28	0.27	0.29
Chile	0.45	0.26	0.21	0.21
Argentina	0.40	-	-	-

¹⁸ Elaborada a partir de estadísticas comerciales de un total de 170 países, es considerada el mayor depósito de datos comerciales internacionales disponible en Internet. <http://comtrade.un.org/>

País	2000	2005	2010	2012
México	-	-	-	-
Honduras	-	-	-	-
Colombia	0.66	0.72	-	-
Costa Rica	-	0.50	0.32	-
Bolivia	-	-	-	-
Paraguay	0.92	-	-	-
Ecuador	-	-	-	-
Venezuela	-	-	-	-
Guatemala	1.00	0.90	-	-
Panamá	0.42	-	-	-

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ONU COMTRADE

Concentración de las importaciones de derivados de petróleo, en base a los cálculos elaborados se puede apreciar que se tienen 3 países con una concentración muy alta, 7 países concentración media y 6 países con baja concentración. En la Tabla 6.2 se muestra el resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 6.2- Concentración de las importaciones de derivados de petróleo por país

País	2000	2005	2010	2012
Costa Rica	0.38	0.16	0.64	0.87
Perú	0.36	0.34	0.53	0.84
Panamá	0.23	0.54	0.52	0.79
México	0.70	0.39	0.53	0.68
Honduras	0.24	0.25	0.40	0.61
Chile	0.16	0.34	0.25	0.55
Guatemala	0.19	0.21	0.41	0.54
Colombia	0.39	0.28	0.62	0.50
Nicaragua	0.16	0.26	0.47	0.44
Ecuador	0.26	0.19	0.28	0.41
Venezuela	-	-	0.29	0.27
Argentina	0.08	0.15	0.34	0.26
Paraguay	0.57	0.34	0.31	0.23
Bolivia	0.51	0.33	0.29	0.21
Uruguay	0.27	0.38	0.30	0.18
Brasil	0.19	0.13	0.12	0.12

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ONU COMTRADE

Concentración de las importaciones de Carbón, se aprecia que Guatemala y Perú tienen una baja diversificación, contrariamente a Chile, México, Argentina y Brasil. En la Tabla 6.3 se muestra el resumen de los resultados obtenidos, los países que reflejan un indicador de cero son debido a que no realizan importaciones de carbón.

Tabla 6.3- Concentración de las importaciones de carbón por país

País	2000	2005	2010	2012
Guatemala	-	0.81	0.89	0.82
Perú	0.31	0.91	0.65	0.62
Chile	0.22	0.18	0.32	0.34
México	0.24	0.42	0.25	0.33
Argentina	0.28	0.32	0.32	0.28
Brasil	0.19	0.19	0.21	0.20
Nicaragua	-	-	-	-
Uruguay	-	-	-	-
Honduras	1.00	0.51	-	-
Colombia	-	-	-	-
Costa Rica	-	-	-	-
Bolivia	-	-	-	-
Paraguay	-	-	-	-
Ecuador	-	-	-	-
Venezuela	-	-	-	-
Panamá	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ONU COMTRADE

Concentración de las importaciones de Gas Natural, se aprecia que México y Chile tienen una baja diversificación, mientras que Argentina y Brasil tienen una buena diversificación que reduce sus riesgos de seguridad. En el caso de Venezuela depende de un solo país para realizar sus importaciones, sin embargo el volumen es muy bajo respecto a la producción, el cual perderá peso al realizar el cálculo del indicador de conectividad. En la Tabla 6.4 se muestra el resumen de los resultados

obtenidos, los países no listados reflejan un indicador de cero debido a que no realizan importaciones de gas natural.

Tabla 6.4- Concentración de las importaciones de gas natural por país

País	2000	2005	2010	2012
Venezuela	-	-	1.00	1.00
México	0.54	0.87	0.56	0.75
Chile	0.50	0.95	0.21	0.40
Argentina	-	0.97	0.44	0.34
Brasil	-	0.59	0.30	0.34

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ONU COMTRADE

Concentración de las importaciones de Electricidad, en la actualidad se pueden distinguir 4 subregiones eléctricamente interconectadas: La primera, formada por México con América Central a través de Guatemala; una segunda constituida por Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú; la tercera por Argentina y Chile; y la cuarta por Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay y Venezuela.

En la Tabla 6.5 se muestra el resumen de los resultados obtenidos, los países que reflejan un indicador de cero son debido a que no realizan importaciones de electricidad.

Tabla 6.5- Concentración de las importaciones de electricidad por país

País	2000	2005	2010	2012
Brasil	0.92	0.92	0.86	1.00
Perú	-	-	-	1.00
Chile	1.00	1.00	1.00	1.00
Colombia	0.52	0.38	1.00	1.00
Ecuador	-	1.00	0.50	1.00
Guatemala	-	0.51	1.00	1.00
México	1.00	1.00	0.92	0.97
Argentina	0.87	0.72	0.41	0.97
Uruguay	1.00	0.52	1.00	0.50

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ONU COMTRADE

Finalmente, para obtener una medida única del indicador de conectividad se ponderan las diferentes concentraciones de las importaciones de petróleo, gas natural, carbón y electricidad por el peso que cada una de ellas representa en la estructura de importaciones. En la Tabla 6.6 se muestran los resultados de dicha ponderación.

Tabla 6.6- Concentración de las importaciones totales por país

País	2000	2005	2010	2012
Costa Rica	0.37	0.25	0.55	0.84
Panamá	0.31	0.51	0.51	0.76
México	0.64	0.51	0.51	0.67
Venezuela	-	-	0.78	0.61
Honduras	0.28	0.27	0.38	0.58
Guatemala	0.42	0.30	0.46	0.57
Colombia	0.51	0.45	0.62	0.50
Nicaragua	0.65	0.35	0.77	0.50
Perú	0.32	0.36	0.37	0.49
Ecuador	0.26	0.23	0.28	0.42
Chile	0.40	0.44	0.24	0.37
Argentina	0.36	0.53	0.38	0.33
Brasil	0.24	0.31	0.27	0.28
Uruguay	0.29	0.29	0.35	0.27
Paraguay	0.61	0.33	0.31	0.23
Bolivia	0.51	0.33	0.29	0.21

Fuente: Elaboración propia

El indicador de conectividad es la variable opuesta del indicador de concentración. En la Tabla 6.7 se muestran los resultados del indicador de conectividad.

Tabla 6.7- Indicador de Conectividad por país

País	2000	2005	2010	2012
Bolivia	0.49	0.67	0.71	0.79
Paraguay	0.39	0.67	0.69	0.77
Uruguay	0.71	0.71	0.65	0.73
Brasil	0.76	0.69	0.73	0.72
Argentina	0.64	0.47	0.62	0.67

País	2000	2005	2010	2012
Chile	0.60	0.56	0.76	0.63
Ecuador	0.74	0.77	0.72	0.58
Perú	0.68	0.64	0.63	0.51
Nicaragua	0.35	0.65	0.23	0.50
Colombia	0.49	0.55	0.38	0.50
Guatemala	0.58	0.70	0.54	0.43
Honduras	0.72	0.73	0.62	0.42
Venezuela	1.00	1.00	0.22	0.39
México	0.36	0.49	0.49	0.33
Panamá	0.69	0.49	0.49	0.24
Costa Rica	0.63	0.75	0.45	0.16

Fuente: Elaboración propia

Bolivia y Paraguay han incrementado su diversificación en las importaciones de fuentes energética en la última década. Lo contrario se observa para Panamá y Costa Rica incremento su dependencia de importaciones en más de 60%.

6.2.2 Dependencia Energética

Se calcula dividiendo las importaciones energéticas y la oferta interna de energía disponible para el país. En la Tabla 6.8 se muestran los resultados obtenidos, los datos proceden de los balances energéticos recopilados para cada país.

Tabla 6.8- Indicador de Dependencia Energética por país

País	2000	2005	2010	2012
Panamá	1.00	1.00	1.00	1.00
Uruguay	0.83	0.96	0.71	0.76
Chile	0.75	0.80	0.75	0.69
Honduras	0.52	0.55	0.63	0.63
Costa Rica	0.70	0.54	0.55	0.53
Nicaragua	0.49	0.50	0.46	0.46
Ecuador	0.13	0.31	0.43	0.39
Perú	0.44	0.50	0.37	0.38
Guatemala	0.44	0.50	0.38	0.36
Paraguay	0.31	0.30	0.33	0.36

País	2000	2005	2010	2012
México	0.18	0.19	0.28	0.31
Brasil	0.28	0.24	0.26	0.26
Argentina	0.06	0.07	0.12	0.18
Bolivia	0.07	0.06	0.10	0.13
Colombia	0.02	0.04	0.08	0.10
Venezuela	-	-	0.04	0.05

Fuente: Elaboración propia

En los casos de Venezuela, Colombia y Bolivia corresponden a países autosuficientes y a la vez exportadores de petróleo, carbón, y gas natural, motivo por el cual obtienen un indicador bajo en dependencia energética.

Por otro lado Panamá, Uruguay, Honduras y Chile son países donde la producción de petróleo es de mínima a nula, consecuentemente realizan la importación para abastecer su matriz energética, motivo por el cual son países con alta dependencia.

6.2.3 Índice de Vulnerabilidad

Empleando la metodología descrita en el numeral 5.2 se calcula el índice de vulnerabilidad, se emplean los indicadores de conectividad y dependencia energética. En la Tabla 6.9 se muestra los resultados obtenidos.

Tabla 6.9- Índice de Vulnerabilidad por país

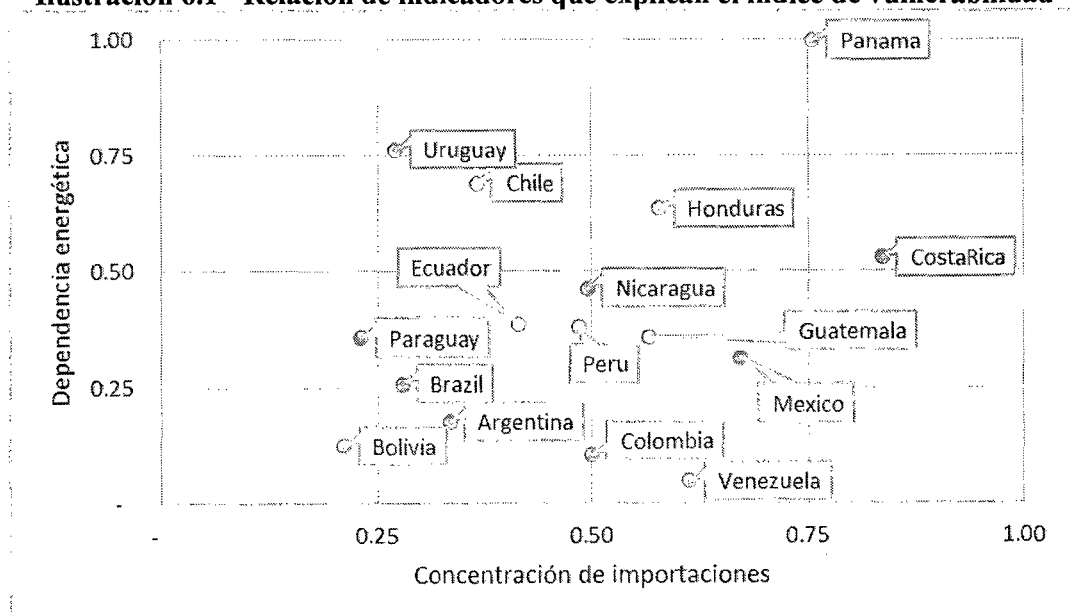
País	2000	2005	2010	2012
Panamá	0.65	0.76	0.76	0.88
Costa Rica	0.53	0.40	0.55	0.68
Honduras	0.40	0.41	0.50	0.61
Chile	0.57	0.62	0.49	0.53
Uruguay	0.56	0.62	0.53	0.52
México	0.41	0.35	0.39	0.49
Nicaragua	0.57	0.43	0.62	0.48
Guatemala	0.43	0.40	0.42	0.46
Perú	0.38	0.43	0.37	0.43

País	2000	2005	2010	2012
Ecuador	0.19	0.27	0.36	0.40
Venezuela	-	-	0.41	0.33
Colombia	0.26	0.25	0.35	0.30
Paraguay	0.46	0.32	0.32	0.29
Brasil	0.26	0.27	0.26	0.27
Argentina	0.21	0.30	0.25	0.26
Bolivia	0.29	0.19	0.19	0.17

Fuente: Elaboración propia

De los resultados se observa que Panamá, Costa Rica y Honduras encabezan la lista por ser países con alta dependencia y concentración en las importaciones de energía. La cual es seguida por Chile, Uruguay, México, Nicaragua, Guatemala, Perú y Ecuador presentan indicadores medios en concentración y dependencia. Finalmente Venezuela, Colombia, Paraguay, Brasil, Argentina y Bolivia representan los países menos vulnerables por tener indicadores bajos en dependencia y concentración de importaciones. En la Ilustración 6.1 se muestra la relación comparativa de ambos indicadores.

Ilustración 6.1 - Relación de indicadores que explican el índice de vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia

6.3 Dimensión de consumo

6.3.1 Eficiencia Energética

La eficiencia energética se calcula dividiendo el consumo final de energía y la oferta interna de energía disponible para el país, luego es normalizada por el método de re escalamiento para llevar el indicador a un rango de 0 a 1. En la Tabla 6.10 se muestran los resultados obtenidos, los datos proceden de los balances energéticos recopilados para cada país.

Tabla 6.10- Indicador de Eficiencia Energética por país

País	2000	2005	2010	2012
Paraguay	0.95	0.94	0.89	0.90
Honduras	0.83	0.73	0.75	0.72
Panamá	0.49	0.66	0.56	0.61
Brasil	0.64	0.58	0.59	0.59
Uruguay	0.59	0.64	0.79	0.57
Colombia	0.56	0.55	0.39	0.56
Bolivia	0.60	0.53	0.48	0.47
Guatemala	0.64	0.57	0.57	0.45
Ecuador	0.52	0.36	0.39	0.41
Perú	0.65	0.53	0.38	0.40
Costa Rica	0.61	0.45	0.41	0.35
Argentina	0.41	0.42	0.31	0.34
Venezuela	0.08	0.20	0.20	0.23
Nicaragua	0.43	0.28	0.27	0.18
Chile	0.55	0.47	0.44	0.17
México	0.20	0.11	0.15	0.14

Fuente: Elaboración propia

Paraguay, Honduras, Panamá son países que importan derivados de petróleo por lo cual no cuentan con pérdidas en refinación. En el caso de Paraguay al disponer solo de generación hidroeléctrica obtiene un alto índice de eficiencia.

En Venezuela, Nicaragua, Chile y México la generación eléctrica es mayoritariamente térmica, consecuentemente obtienen bajos índices de eficiencia. .

6.3.2 Intensidad Energética

La intensidad energética es la relación entre el consumo de energía y el producto bruto interno, el producto bruto interno empleado fue a valores constantes del año 2005, luego es normalizada por el método de re escalamiento para llevar el indicador a un rango de 0 a 1. En la Tabla 6.11 se muestran los resultados obtenidos, los datos de consumo de energía proceden de los balances energéticos para cada país, mientras que el PBI es proveniente de datos del banco mundial.

Tabla 6.11- Indicador de Intensidad Energética por país

País	2000	2005	2010	2012
Paraguay	1.00	0.86	0.70	0.73
Bolivia	0.55	0.67	0.64	0.61
Venezuela	0.80	0.69	0.64	0.55
Nicaragua	0.44	0.39	0.34	0.31
Argentina	0.36	0.33	0.27	0.25
Guatemala	0.22	0.17	0.22	0.23
Brasil	0.23	0.24	0.23	0.23
Honduras	0.20	0.20	0.19	0.20
Ecuador	0.31	0.24	0.19	0.19
Perú	0.20	0.20	0.22	0.19
Chile	0.24	0.22	0.16	0.19
Colombia	0.25	0.21	0.18	0.16
México	0.13	0.15	0.14	0.14
Uruguay	0.18	0.18	0.16	0.13
Costa Rica	0.04	0.11	0.10	0.06
Panamá	0.25	0.03	-	0.00

Fuente: Elaboración propia

6.3.3 Diversidad de Consumo

La diversidad de consumo se calcula como la variable opuesta de la medición de concentración del consumo final por fuente energética. En Tabla 6.12 se muestran los resultados obtenidos, los datos de consumo final proceden de los balances energéticos para cada país.

Tabla 6.12- Indicador de Diversidad de Consumo por país

País	2000	2005	2010	2012
Colombia	0.76	0.78	0.82	0.78
Brasil	0.72	0.76	0.77	0.76
Bolivia	0.73	0.74	0.76	0.76
Argentina	0.73	0.73	0.74	0.74
Perú	0.63	0.69	0.75	0.74
Chile	0.79	0.80	0.74	0.73
Uruguay	0.64	0.68	0.73	0.73
Paraguay	0.61	0.63	0.67	0.69
Honduras	0.68	0.70	0.69	0.68
Nicaragua	0.61	0.64	0.66	0.67
Venezuela	0.69	0.69	0.67	0.65
Costa Rica	0.54	0.64	0.67	0.64
México	0.63	0.60	0.60	0.62
Guatemala	0.58	0.63	0.59	0.59
Panamá	0.64	0.68	0.58	0.57
Ecuador	0.40	0.33	0.36	0.37

Fuente: Elaboración propia

6.3.4 Incremental de Precios

El incremental de precio compara el precio nacional de petróleo y el precio internacional WTI. La comparación se realiza a través del método "distancia a una

unidad de análisis de referencia". En la Tabla 6.13 se muestran los resultados obtenidos para cada país.

Tabla 6.13- Indicador de Incremental de precios por país

País	2000	2005	2010	2012
Colombia	1.00	0.83	0.44	1.00
Bolivia	0.41	0.79	0.60	0.77
Chile	0.05	0.40	0.42	0.63
Paraguay	0.40	0.08	0.32	0.55
Nicaragua	0.17	-	0.15	0.50
Costa Rica	0.14	0.17	0.19	0.36
Uruguay	0.47	-	-	0.34
Argentina	0.43	0.54	0.02	0.33
México	-	0.01	0.11	0.29
Perú	0.18	0.22	0.37	0.25
Guatemala	-	0.06	0.09	0.23
Honduras	0.34	0.09	-	0.07
Brasil	0.17	-	-	0.04
Ecuador	-	-	-	-
Venezuela	-	-	-	-
Panamá	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

De los resultados podemos observar que Ecuador y Venezuela presentan una variación mínima respecto a los precios WTI, esto se debe a que son países exportadores de petróleo. En el caso de Panamá, al ser un país altamente comercial logra obtener precios muy cercanos al WTI.

6.3.5 Índice de Consumo

Empleando la metodología descrita en el numeral 5.3 se calcula el índice de consumo, se emplean los indicadores de conectividad y dependencia energética. En la Tabla 6.9 se muestra los resultados obtenidos.

Tabla 6.14- Índice de Consumo por país

País	2000	2005	2010	2012
Panamá	0.72	0.83	0.78	0.79
Honduras	0.74	0.78	0.81	0.78
Brasil	0.74	0.77	0.78	0.77
Uruguay	0.65	0.79	0.84	0.71
Perú	0.73	0.70	0.63	0.67
Guatemala	0.75	0.74	0.71	0.65
Ecuador	0.65	0.61	0.64	0.65
Costa Rica	0.74	0.70	0.70	0.64
Argentina	0.59	0.57	0.69	0.63
México	0.68	0.64	0.62	0.58
Venezuela	0.49	0.55	0.56	0.58
Paraguay	0.54	0.66	0.64	0.58
Colombia	0.52	0.57	0.65	0.55
Chile	0.76	0.66	0.65	0.52
Nicaragua	0.61	0.63	0.61	0.51
Bolivia	0.59	0.45	0.50	0.46

Fuente: Elaboración propia

6.4 Dimensión de política

6.4.1 Equidad

La equidad se elabora a través de 3 indicadores: grado de electrificación, calidad de suministro eléctrico y el porcentaje de población que usa combustibles no sólidos para cocinar, los 3 indicadores son agregados con pesos iguales.

El grado de electrificación es medida en un rango de 0 a 100%. Luego es normalizada por el método de re escalamiento para llevar el indicador a un rango de 0 a 1, tomando como valor mínimo el percentil 10 de la población total. En la Tabla 6.15 se muestran los resultados obtenidos, los datos proceden de los indicadores publicados por CEPAL y Banco Mundial.

Tabla 6.15- Indicador de electrificación por país

País	2000	2005	2010	2012
Venezuela	1.00	1.00	1.00	1.00
Chile	0.98	0.98	0.99	1.00
Uruguay	0.95	0.97	0.99	1.00
Costa Rica	0.95	0.97	0.99	1.00
México	0.97	0.98	0.99	0.99
Brasil	0.96	0.97	0.99	0.99
Paraguay	0.90	0.93	0.97	0.98
Ecuador	0.92	0.94	0.97	0.98
Colombia	0.92	0.94	0.96	0.97
Argentina	0.82	0.84	0.85	0.85
Panamá	0.82	0.84	0.85	0.85
Perú	0.66	0.74	0.81	0.84
Guatemala	0.74	0.76	0.76	0.77
Honduras	0.73	0.74	0.75	0.76
Bolivia	0.72	0.73	0.74	0.75
Nicaragua	0.67	0.67	0.66	0.65

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de población que emplea combustibles sólidos se mide en un rango de 5 a 95%. Luego es normalizada por el método de re escalamiento para llevar el indicador a un rango de 0 a 1. En la Tabla 6.16 se muestran los resultados obtenidos, los datos proceden de la División de Estadística de las Naciones Unidas.

Tabla 6.16- Indicador de Acceso a combustibles no solidos por país

País	2000	2005	2010	2012
Chile	0.90	0.94	0.98	1.00
Costa Rica	0.91	0.95	0.99	1.00
Uruguay	1.00	1.00	1.00	1.00
Argentina	0.99	0.99	1.00	1.00
Brasil	0.94	0.97	0.99	1.00
Ecuador	0.91	0.96	1.00	1.00
Venezuela	1.00	1.00	1.00	1.00
México	0.86	0.88	0.90	0.91
Colombia	0.85	0.87	0.90	0.91
Panamá	0.84	0.85	0.86	0.87
Bolivia	0.66	0.70	0.73	0.75
Perú	0.53	0.59	0.65	0.68
Paraguay	0.50	0.50	0.51	0.51
Honduras	0.41	0.45	0.49	0.50
Nicaragua	0.35	0.40	0.45	0.48
Guatemala	0.40	0.41	0.43	0.43

Fuente: Elaboración propia

La calidad de suministro eléctrico cuantifica en un rango de 1 a 7 la cantidad de interrupciones o caídas de voltaje del suministro eléctrico. Luego es normalizada por el método de re escalamiento para llevar el indicador a un rango de 0 a 1. En la Tabla 6.17 se muestran los resultados obtenidos, los datos proceden de encuestas realizadas por el Foro Económico Mundial, cabe resaltar que esta medición es desde el año 2006.

Tabla 6.17- Indicador de Calidad de suministro eléctrico por país

País	2010	2012
Uruguay	0.80	0.83
Chile	0.84	0.79
Costa Rica	0.78	0.76
Panamá	0.72	0.72
Colombia	0.69	0.71
Guatemala	0.68	0.68
Perú	0.64	0.65
Brasil	0.68	0.64
México	0.49	0.55
Honduras	0.53	0.52
Bolivia	0.57	0.50
Argentina	0.47	0.46
Ecuador	0.40	0.43
Nicaragua	0.33	0.37
Paraguay	0.31	0.31
Venezuela	0.22	0.16

Fuente: Elaboración propia

Finalmente el indicador de equidad se muestra en la Tabla 6.18.

Tabla 6.18- Indicador de Equidad por país

País	2000	2005	2010	2012
Uruguay	0.98	0.98	0.93	0.94
Chile	0.94	0.96	0.94	0.93
Costa Rica	0.93	0.96	0.92	0.92
Brasil	0.95	0.97	0.89	0.88
Colombia	0.88	0.91	0.85	0.86
México	0.92	0.93	0.79	0.82
Panamá	0.83	0.84	0.81	0.81
Ecuador	0.92	0.95	0.79	0.80
Argentina	0.90	0.91	0.77	0.77
Perú	0.59	0.66	0.70	0.72
Venezuela	1.00	1.00	0.74	0.72
Bolivia	0.69	0.72	0.68	0.67
Guatemala	0.57	0.58	0.62	0.62
Paraguay	0.70	0.72	0.60	0.60
Honduras	0.57	0.60	0.59	0.59
Nicaragua	0.51	0.54	0.48	0.50

Fuente: Elaboración propia

6.4.2 Diversificación de la matriz energética

La diversidad de la matriz energética se calcula como la variable opuesta de la medición de concentración de la energía primaria por fuente energética. En la Tabla 6.19 se muestran los resultados obtenidos, los datos proceden de los balances energéticos para cada país.

Tabla 6.19- Indicador de Diversidad de matriz energética por país

País	2000	2005	2010	2012
Chile	0.84	0.83	0.86	0.86
Brasil	0.78	0.81	0.83	0.83
Colombia	0.77	0.77	0.79	0.79
Perú	0.65	0.70	0.74	0.77
Bolivia	0.78	0.78	0.78	0.76
Costa Rica	0.75	0.86	0.86	0.76
México	0.72	0.73	0.75	0.75
Panamá	0.47	0.73	0.64	0.75
Uruguay	0.57	0.58	0.73	0.69
Nicaragua	0.62	0.67	0.68	0.68
Argentina	0.69	0.68	0.68	0.67
Venezuela	0.57	0.60	0.60	0.59
Paraguay	0.52	0.51	0.51	0.48
Ecuador	0.29	0.31	0.36	0.38
Honduras	0.34	0.30	0.32	0.33
Guatemala	0.47	0.40	0.27	0.26

Fuente: Elaboración propia

6.4.3 Índice de Política

Empleando la metodología descrita en el numeral 0 se calcula el índice de política, se emplean los indicadores de equidad y diversificación de la matriz energética. En la Tabla 6.20 se muestra los resultados obtenidos para el índice de política.

Tabla 6.20- Índice de Política por país

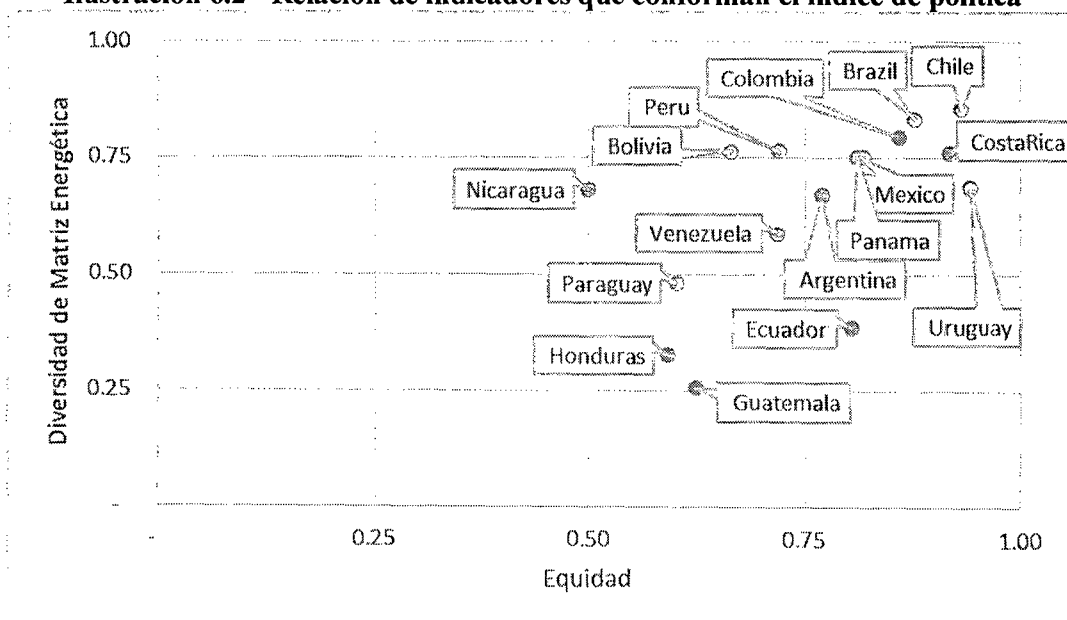
País	2000	2005	2010	2012
Chile	0.89	0.90	0.90	0.89
Brasil	0.87	0.89	0.86	0.86
Costa Rica	0.84	0.91	0.89	0.84
Colombia	0.83	0.84	0.82	0.83
Uruguay	0.77	0.78	0.83	0.81
México	0.82	0.83	0.77	0.78
Panamá	0.65	0.79	0.72	0.78
Perú	0.62	0.68	0.72	0.74
Argentina	0.79	0.80	0.73	0.72
Bolivia	0.74	0.75	0.73	0.71
Venezuela	0.79	0.80	0.67	0.65
Ecuador	0.60	0.63	0.57	0.59
Nicaragua	0.56	0.60	0.58	0.59
Paraguay	0.61	0.62	0.55	0.54
Honduras	0.46	0.45	0.46	0.46
Guatemala	0.52	0.49	0.45	0.44

Fuente: Elaboración propia

De los resultados se observa que Chile, Brasil, Costa Rica y Colombia encabezan la lista por ser países con muy alta diversificación de su matriz y grado de equidad.

La cual es seguida por Uruguay, México, Panamá, Perú, Argentina, Bolivia y Venezuela presentan indicadores medios de diversificación y equidad.

Finalmente Ecuador, Nicaragua, Paraguay, Honduras y Guatemala representan los países con mayor concentración de su matriz energética y menor grado de equidad. En la Ilustración 6.2 se muestra la relación comparativa de ambos indicadores.

Ilustración 6.2 - Relación de indicadores que conforman el índice de política

Fuente: Elaboración propia

6.5 Índice de seguridad

Empleando la metodología descrita en el numeral 5.5 se calcula el índice de seguridad, se emplean los índices de vulnerabilidad, consumo y política. En la Tabla 6.20 se muestra los resultados obtenidos.

Tabla 6.21- Índice de Seguridad por país

País	2000	2005	2010	2012
Brasil	0.78	0.79	0.79	0.78
Argentina	0.71	0.68	0.72	0.69
Colombia	0.68	0.71	0.70	0.68
Uruguay	0.62	0.66	0.73	0.67
Perú	0.66	0.65	0.66	0.66
Bolivia	0.67	0.65	0.66	0.65
Venezuela	0.73	0.76	0.60	0.63
México	0.69	0.70	0.66	0.62
Chile	0.70	0.65	0.68	0.62
Ecuador	0.68	0.65	0.62	0.62
Paraguay	0.56	0.65	0.62	0.61

País	2000	2005	2010	2012
Costa Rica	0.69	0.74	0.68	0.60
Panamá	0.59	0.64	0.60	0.59
Honduras	0.61	0.62	0.61	0.57
Guatemala	0.63	0.62	0.59	0.55
Nicaragua	0.54	0.61	0.53	0.54

Fuente: Elaboración propia

6.6 Comparación con investigaciones similares

Dentro de los modelos revisados en la investigación, solo el modelo del Foro Económico Mundial expone resultados obtenidos para países de Latinoamérica, mientras que los modelos revisados de la Agencia Internacional de Energía y de la Unión Europea no muestran resultados para países Latinoamericanos, motivo por el cual no son comparados.

En la Tabla 6.22 se muestran los índices comparados y su posición respectiva para el año 2012, ordenados de mayor a menor según el índice del Foro Económico Mundial.

Tabla 6.22- Comparación de Índices de Seguridad por país - Año 2012

País	WEF	Posición	ISE	Posición
Colombia	0.69	1	0.68	3
Uruguay	0.67	2	0.67	4
Costa Rica	0.66	3	0.60	12
Brasil	0.65	4	0.78	1
Perú	0.65	5	0.66	5
Paraguay	0.63	6	0.61	11
Chile	0.60	7	0.62	9
México	0.58	8	0.62	8
Argentina	0.57	9	0.69	2
Panamá	0.56	10	0.59	13
Ecuador	0.54	11	0.62	10

País	WEF	Posición	ISE	Posición
Venezuela	0.50	12	0.63	7
Bolivia	0.49	13	0.65	6
Guatemala	0.48	14	0.55	15
Nicaragua	0.46	15	0.54	16
Honduras	0.46	16	0.57	14

Fuente: Elaboración propia

De la comparación se observa que para ambos modelos la lista es encabezada por Colombia, Uruguay, Brasil y Perú, mientras que Costa Rica para el modelo del Foro Económico Mundial y Argentina para la presente investigación complementan los 5 primeros países en el ranking.

La lista es continuada por Paraguay, Chile, México, Panamá, Ecuador, Venezuela y Bolivia. Finalmente los tres últimos países en el ranking son Guatemala, Nicaragua y Honduras para ambos modelos.

Entonces los países con mayor diferencia en cuanto al ranking son Costa Rica, Argentina y Bolivia. Ello se explica por cuanto en el modelo del Foro Económico Mundial los indicadores sociales tienen un peso mucho mayor al que se tiene para el modelo de la presente investigación. Es por ello que Costa Rica al tener un mejor grado de electrificación escala más posiciones, mientras que Bolivia al ser el caso contrario obtiene un menor índice.

6.7 Validación de Hipótesis

De la metodología aplicada y los resultados obtenidos, en este capítulo se describe la validación de las hipótesis planteadas en la tesis y en particular para el modelo de seguridad energética en Latinoamérica.

En ese sentido la validación se describe a continuación:

La primera hipótesis está referida a la **cuantificación de la seguridad energética a partir de índices de vulnerabilidad, consumo y política**, cuya validación se destacan los aspectos y resultados cualitativos contenidos en capítulos anteriores:

- De la bibliografía revisada, se observa que en la práctica internacional la disponibilidad, asequibilidad, eficiencia energética y la gestión medioambiental por orden de importancia son las dimensiones más relevantes para la seguridad energética.
- De la revisión de tres modelos de seguridad energética aplicados en la práctica internacional que ha sido desarrollado por organismos que cuentan con respaldo institucional y validos internacionalmente, se determina que la diversificación de la matriz energética, nivel y calidad de acceso, la autosuficiencia, la disponibilidad, el componente de precio, la conectividad, la eficiencia energética y la intensidad energética son los parámetros y/o indicadores comunes y más relevantes para cuantificar la seguridad energética.

- De la revisión de políticas energéticas en ocho países latinoamericanos representativos, se observa que los factores comunes en todos los países son económicos, políticos y sociales; del mismo modo que los factores jurídicos y tecnológicos son abarcados en la mayoría de países. Así mismo, los indicadores que explican dichos factores y están relacionados con la seguridad energética son la disponibilidad, diversificación de la matriz energética, el auto abastecimiento y el acceso a las energías clasificadas como prioritarias; y los indicadores de asequibilidad, conectividad, eficiencia energética, factores ambientales, institucionalidad, normatividad y la regulación de precios secundan en orden de importancia.

Así, con la presente investigación los índices de vulnerabilidad, consumo y política planteados se explican a través de la conectividad, la dependencia energética, la eficiencia energética, la intensidad energética, componente de precio, la equidad (acceso y asequibilidad a la energía), la diversificación de la matriz de energía primaria y de consumo como indicadores que cuantifiquen la seguridad energética. Estos indicadores son coherentes con aspectos comunes de la bibliografía internacional, así como en los modelos y políticas energéticas revisadas para la cuantificación de la seguridad energética, con lo cual se valida la hipótesis.

La segunda hipótesis, referida a que **el índice de seguridad energética se puede homogenizar, para un grupo de países, de 0 a 1 donde 0 representa un país vulnerable y 1 representa un país energéticamente seguro**, para validar la hipótesis conviene destacar los siguientes aspectos:

- De la revisión del modelo del Foro Económico Mundial y el modelo para la Unión Europea, se observa que los métodos que emplean es en base a la elaboración, normalización y agregación de indicadores sintéticos, con lo cual se logra homogenizar los indicadores e índices en un rango de 0 a 1.
- De la validación de la primera hipótesis, se determina que es posible cuantificar los índices de vulnerabilidad, consumo y política.

A los indicadores e índices propuestos para la cuantificación de la seguridad energética se emplean los métodos de normalización y agregación de indicadores sintéticos, con lo cual se determina que es posible la homogenización de indicadores en un rango de 0 a 1.

En base a la metodología planteada, los resultados obtenidos y la comparación con investigaciones similares se confirma que es posible cuantificar la seguridad energética en un rango de 0 a 1 donde 0 representa un país vulnerable y 1 representa un país energéticamente seguro, con lo cual se valida la hipótesis.

CONCLUSIONES

De la validación de hipótesis, se concluye que es posible diseñar un modelo que cuantifica la noción de "seguridad energética", en base a índices de vulnerabilidad, consumo y política energética. La cuantificación del índice de seguridad energética se logra homogenizar para los países de Latinoamérica de 0 a 1 donde 0 representa un país vulnerable y 1 representa un país energéticamente seguro.

Se concluye que es factible recopilar y estandarizar la información estadística para los países Latinoamericanos, la información recopilada es desde el año 2000 al 2012, debido a que los balances energéticos toman aproximadamente año y medio en que la información se hace de uso público.

De la investigación realizada, contrastada con la bibliografía revisada, se determina que los factores que influyen en la seguridad energética son del tipo geográfico, geológico, medioambiental, tecnológico, corporativo, económico, social, jurídico y político.

De la comparación de modelos de seguridad energética, con el modelo desarrollado en este trabajo, se ha encontrado que los índices difieren en valor numérico, sin embargo al comparar el ranking de posiciones entre los países se alcanza en muchos de ellos una coincidencia en su ubicación.

De los resultados, validación de hipótesis se concluye que los países que presentan un mejor índice de seguridad son Brasil, Argentina, Colombia, Uruguay y Perú.

De los resultados obtenidos, Perú se encuentra en la quinta posición respecto al resto de países Latinoamericano en materia de seguridad energética.

BIBLIOGRAFÍA

1. Brasil, R. F. (1997). *Ley N° 9478 de 6 de agosto de 1997*.
2. Brown, M., Sovacool, B., Wang, Y., & D'Agostino, A. (2011). *Energy Security Dimensions and Trends in Industrialized Countries*. (Working Paper series 63).
3. CAF. (2013). *Una visión de los retos y oportunidades en América Latina y el Caribe*. Corporación Andina de Fomento.
4. CEPAL. (2009). *Guía metodológica, Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible*. Naciones Unidas.
5. DNP. (2010). *Visión Colombia II Centenario: 2019*. Departamento Nacional de Planeamiento.
6. Energía, E. P.-M. (2011). *Plan Estratégico Institucional 2011-2015 - Energía con Soberanía*. La paz.
7. EUROSTAT. (2007). *Manual de Estadísticas Energéticas*. Luxemburgo: OECD/AIE.

8. Ex Secretarios de Argentina. (2014). *La Política Energética como Política de Estado - Consensos para una nueva política energética*. Buenos Aires: Instituto Argentino de la Energía.
9. FIESP-OLADE. (2009). *Mercados Energéticos en América y el Caribe*. Sao Paulo.
10. Gobierno de Chile - Ministerio de Energía. (2014). *Agenda de Energía, un desafío país, progreso para todos*.
11. IEA. (2007). *Energy Security and Climate Policy - Assessing Interactions*. International Energy Agency.
12. IEA. (9 de 10 de 2014). *Balance Definitions*. Recuperado el 9 de 10 de 2014, de International Agency Energy: <http://www.iea.org/statistics/resources/balancedefinitions/#crudeoil>
13. IEA. (2014). *Energy Supply Security, Emergency Response of IEA countries 2014*. OECD/IEA.
14. MEM. (2010). *Política Energética Nacional del Perú 2010-2040*. Lima: Ministerio de Energía y Minas.
15. MEM. (2013). *Balance Nacional de Energía 2012*. Ministerio de Energía y Minas.

16. OEIA. (2008). *Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías*. OEIA.
17. OLADE. (2011). *Manual de Estadísticas Energéticas*. Organización Latinoamericana de Energía.
18. OLADE. (2012). *Panorama General de los Hidrocarburos No Convencionales*. Quito: Organización Latinoamericana de Energía.
19. OLADE. (2012). *Panorama General del Sector Eléctrico en América Latina y el Caribe*. Quito: Organización Latinoamericana de Energía.
20. PNUD. (2000). *World Energy Assessment: Energy the Challenge of Sustainability*. PNUD.
21. Rodríguez Fernández, L. (2012). *Seguridad de Abastecimiento Energético en la UE-27: Dimensiones, Políticas y Convergencia*.
22. WEF. (2012). *The Global Energy Architecture Performance Index Report 2013*. World Economic Forum. Obtenido de http://www3.weforum.org/docs/WEF_EN_NewEnergyArchitecturePerformanceIndex_Report_2013.pdf
23. WEF. (2013). *The Global Energy Architecture Performance Index Report 2014*. World Economic Forum.

APENDICE I - BALANCES ENERGÉTICOS RECOPIRADOS

Se presentan los Balances Nacionales de Energía correspondiente al año 2012, con el propósito de dar a conocer los flujos físicos de los diferentes energéticos utilizados en un país. La metodología utilizada para los balances se basa en la metodología de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), todas las unidades se encuentran en Peta Joule.

