



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE  
ESCUELA DE INGENIERÍA

# **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE INDICADORES ENERGÉTICOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE GUATEMALA**

**SERGIO MANUEL MELÉNDEZ MENDIZÁBAL**

Actividad de Graduación para optar al grado de  
Magíster en Ingeniería de la Energía

Profesor Supervisor:  
**CÉSAR SÁEZ NAVARRETE**

Santiago de Chile, (octubre, 2014)

© 2014, Sergio Manuel Meléndez Mendizábal



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE  
ESCUELA DE INGENIERÍA

# **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE INDICADORES ENERGÉTICOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE GUATEMALA**

**SERGIO MANUEL MELÉNDEZ MENDIZÁBAL**

Actividad de Graduación presentada a la Comisión integrada por los profesores:

**CÉSAR SÁEZ NAVARRETE**

**ÁLVARO COVARRUBIAS OLIVARES**

**MARCO ARRÓSPIDE RIVERA**

**GUISELA GODÍNEZ SAZO**

**JULIO VERGARA AIMONE**

Para completar las exigencias del grado de  
Magíster en Ingeniería de la Energía

Santiago de Chile, (octubre, 2014)

A mis Padres, Sergio y Gloria por brindarme su amor y ejemplo; a mis hermanos María José y Eddy por su apoyo; a mi querida Nancy y su familia, por acompañarme y siempre apoyarme en esta aventura; a mis amigos, los que dejé allá, los que reencontré acá y los que hice aquí.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, quien siempre me ha guiado a lo largo de mi vida y me permitió cumplir esta nueva meta.

A Fundación Guatefuturo de Guatemala, por confiar en mí y brindarme el apoyo económico que hizo posible que pudiera estudiar este magíster y aprender muchas cosas que espero poder aplicar en Guatemala.

A Blanca Guanocunga Bibliotecaria, a Marco Yujato Especialista del Área Técnica y al ingeniero Gabriel Hernández Coordinador de Gestión de la Información y Capacitación de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) por brindarme acceso a la información en sus bases de datos regionales económicas y energéticas, las cuales formaron parte primordial para la construcción de los indicadores energéticos de este trabajo.

Al profesor César Sáez, supervisor de este trabajo, por su guía, apoyo, correcciones y su excelente disposición; a los profesores Julio Vergara, director del Magíster en Ingeniería de la Energía, Álvaro, Covarrubias y Marco Arróspide, por su revisión y aportes a este trabajo.

A la licenciada Guísela Godínez, embajadora de Guatemala en Chile, por aceptar mi invitación a participar en la defensa de este trabajo, por sus consejos y aportes. A la licenciada María Luz Enríquez Cónsul de Guatemala en Chile y al licenciado Rudy Gómez asesor de la embajada de Guatemala en Chile, por sus gestiones para que este trabajo fuera divulgado en las instituciones de Guatemala concernientes al tema.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1    Introducción .....	1
1.1 Guatemala.....	1
2    Objetivos .....	4
2.1 Objetivo general .....	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
3    Energía en Guatemala.....	5
3.1 Sector energético de Guatemala.....	5
3.1.1 Subsector eléctrico .....	5
3.1.2 Subsector de hidrocarburos .....	14
3.1.3 Subsector de gas licuado de petróleo (GLP) .....	21
3.1.4 Subsector de energía renovable.....	21
3.2 Política energética de Guatemala .....	28
4    Energía y desarrollo sostenible .....	34
4.1 Definición de indicadores energéticos del desarrollo sostenible .....	36
4.2 Desarrollo de indicadores energéticos del desarrollo sostenible.....	37
5    Indicadores energéticos del desarrollo sostenible.....	38
5.1 Dimensión social .....	39
5.1.1 SOC1: Porcentaje de población sin electricidad o energía comercial.....	39
5.1.2 SOC2: Ingresos de hogares dedicados a combustibles y electricidad.....	40

5.1.3	SOC3: Uso de energía en los hogares por grupo de ingreso.....	40
5.1.4	SOC4: Víctimas mortales de accidentes por producción de energía. ....	41
5.2	Dimensión económica.....	41
5.2.1	ECO1: Uso de energía per cápita .....	42
5.2.2	ECO2: Uso de energía por unidad de PIB.....	43
5.2.3	ECO3: Eficiencia de la conversión y distribución de energía.....	43
5.2.4	ECO4: Relación reservas/producción .....	44
5.2.5	ECO5: Relación recursos/producción .....	45
5.2.6	ECO6: Intensidades energéticas de la industria .....	45
5.2.7	ECO7: Intensidades energéticas del sector agrícola .....	46
5.2.8	ECO8: Intensidades energéticas sector de servicios y comercial .....	46
5.2.9	ECO9: Intensidades energéticas del sector residencial .....	47
5.2.10	ECO10: Intensidades energéticas del transporte.....	48
5.2.11	ECO11: Porcentajes de combustibles en la energía.....	48
5.2.12	ECO12: Porcentaje de energía no basada en el carbono en la energía .	49
5.2.13	ECO13: Porcentaje de energías renovables en la energía.....	50
5.2.14	ECO14: Precios de la energía .....	51
5.2.15	ECO15: Dependencias de las importaciones netas de energía .....	51
5.2.16	ECO16: Reservas de combustibles críticos por consumo.....	52
5.3	Dimensión ambiental.....	53
5.3.1	ENV1: Emisión de GEI per cápita y por unidad de PIB .....	54
5.3.2	ENV2: Concentraciones ambientales de contaminantes atmosféricos ....	54
5.3.3	ENV3: Emisión de contaminantes atmosféricos procedentes de energía	55
5.3.4	ENV4: Descarga de contaminantes en efluentes líquidos.....	55
5.3.5	ENV5: Acidificación del suelo que supera la carga crítica.....	56
5.3.6	ENV6: Tasa de deforestación atribuida al uso de energía .....	56
5.3.7	ENV7: Relación entre desechos sólidos generados y energía.....	56
5.3.8	ENV8: Desechos sólidos adecuadamente evacuados.....	57
5.4	Dimensión Institucional .....	58
6	Índice de sostenibilidad energética .....	59
7	Caracterización de Sostenibilidad.....	61
7.1	Fuentes de información primaria.....	61
7.2	Análisis de la sostenibilidad energética de Guatemala .....	61
7.2.1	Indicadores energéticos del desarrollo sostenible (IEDS).....	62

7.2.2	Índice de sostenibilidad energética (ISE).....	63
8	Resultados y análisis.....	68
8.1	Indicadores energéticos del desarrollo sostenible de Guatemala (IEDS) 68	
8.1.1	Dimensión social.....	68
8.1.2	Dimensión económica.....	71
8.1.3	Dimensión ambiental.....	94
8.2	Índice de Sostenibilidad Energética de Guatemala (ISE).....	104
8.2.1	Equidad energética.....	105
8.2.2	Seguridad energética.....	108
8.2.3	Sostenibilidad ambiental.....	112
8.2.4	Desempeño económico.....	116
9	Conclusiones.....	121
10	Recomendaciones.....	123
	BIBLIOGRAFÍA.....	124
	Anexo A: Índice de Sostenibilidad energética.....	130
	Anexo B: Tablas de ISE del estudio.....	138
	Anexo C: Listado de acrónimos y abreviaturas.....	139
	Anexo D: Cálculo del índice de Gini.....	143
	Anexo E: Perfil Del autor.....	146

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.1: Potencial energético renovable del país y su aprovechamiento actual. ....	22
Tabla 3.2: Enfoques y principios de la política energética 2013-2027 .....	28
Tabla 3.3. Primer eje de la política energética: Seguridad y abastecimiento de electricidad a precios competitivos.....	30
Tabla 3.4. Segundo eje de la política energética: Seguridad del abastecimiento de combustibles a precios competitivos.....	31
Tabla 3.5. Tercer eje de la política energética: Exploración y explotación de las reservas petroleras con miras al autoabastecimiento nacional.. .....	32
Tabla 3.6: Cuarto eje de la política energética: Ahorro y uso eficiente de la energía.....	33
Tabla 3.7: Quinto eje de la política energética: Reducción del uso de leña en el país.....	33
Tabla 5.1: Indicadores energéticos del desarrollo sostenible dimensión social.....	41
Tabla 5.2: Indicadores energéticos del desarrollo sostenible dimensión económica.....	53
Tabla 5.3: Indicadores energéticos del desarrollo sostenible dimensión ambiental .....	58
Tabla 7.1: Estado de referencia o sostenible energéticamente.....	66
Tabla 8.1. Equidad energética de Guatemala año 2011. ....	105
Tabla 8.2. Seguridad energética de Guatemala año 2011. ....	109
Tabla 8.3. Sostenibilidad ambiental de Guatemala año 2011 .....	113
Tabla 8.4: Estado de referencia de la dimensión desempeño económico .....	116
Tabla 8.5: Desempeño económico Guatemala año 2011. ....	116
Tabla 8.6: Sostenibilidad energética de Guatemala año 2011. ....	117
Tabla A.1: Índice de Sostenibilidad Energética .....	130
Tabla B.1. Referencias utilizadas en el Índice de Sostenibilidad Energética .....	138
Tabla D.1. Cálculo del índice de Gini Guatemala año 2006.....	145



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3.1: Marco regulatorio del subsector eléctrico de Guatemala. ....	6
Figura 3.2: Esquema de actores del subsector eléctrico de Guatemala.....	7
Figura 3.3: Esquema de comparación entre el mercado regulado y el mercado libre o mayorista en el subsector eléctrico de Guatemala. ....	8
Figura 3.4: Sistema Nacional Interconectado de Guatemala.. ....	9
Figura 3.5: Zonas geográficas de las principales empresas distribuidoras de Guatemala..	10
Figura 3.6: Esquema del Sistema Eléctrico Regional (SIEPAC e Interconexión Guatemala-México).....	14
Figura 3.7: Pozos petroleros en la cuenca Petén Norte en Guatemala hasta el año 2014..	15
Figura 3.8: Pozos petroleros en la cuenca Petén Sur en Guatemala hasta el año 2014.....	16
Figura 3.9: Pozos petroleros en la cuenca Amatique en Guatemala hasta el año 2014....	17
Figura 3.10: Pozos petroleros en la cuenca Pacífico en Guatemala hasta el año 2014.....	17
Figura 3.11: Contratos en fase de exploración de petróleo en Guatemala hasta el año 2014.....	18
Figura 3.12: Contratos en fase de explotación de petróleo en Guatemala hasta el año 2014.....	19
Figura 3.13: Mapa de oleoductos, estaciones de bombeo, refinerías y terminales de embarque de petróleo en Guatemala.....	19
Figura 3.14: Precios promedio de distintos tipos de gasolinas para el año 2012 en Centroamérica, Estados Unidos y México.. ....	20
Figura 3.15: Manifestaciones geotérmicas en Guatemala.....	25
Figura 3.16: Mapa de radiación solar incidente de Guatemala. ....	26
Figura 3.17: Potencial eólico de Guatemala.....	27
Figura 4.1: Energía y desarrollo sostenible.....	35
Figura 6.1. Índice de Sustentabilidad Energética del Consejo Mundial de Energía. ....	60
Figura 7.1. Indicadores Energéticos para el Desarrollo Sostenible.....	63
Figura 7.2. Esquema de construcción del índice de sostenibilidad energética. ....	64
Figura 8.1. Población sin acceso a electricidad Guatemala 1970-2012. ....	68

Figura 8.2. Población sin acceso a electricidad Centroamérica 1970-2012.....	69
Figura 8.3. Uso de energéticos en el sector residencial de Guatemala 1970-2012. ....	70
Figura 8.4. Consumo de leña en sector residencial de América Latina 1970-2012.....	70
Figura 8.5. Emisiones de CO <sub>2</sub> sector residencial Guatemala 1970-2012.....	71
Figura 8.6. Producción y consumo per cápita de energía en Guatemala 1970-2011. ....	72
Figura 8.7. Producción de energía per cápita América Latina 1970-2011.....	72
Figura 8.8. Consumo de energía primaria per cápita América Latina 1970-2011. ....	73
Figura 8.9. Consumo eléctrico per cápita América Latina 1970-2012. ....	73
Figura 8.10. Producción y consumo por unidad de PIB Guatemala 1990-2011.....	75
Figura 8.11. Producción de energía por PIB América Latina 1990-2011.....	75
Figura 8.12. Consumo de energía primaria por PIB América Latina 1990-2011. ....	76
Figura 8.13. Eficiencia de generación eléctrica Guatemala 1970-1998.....	77
Figura 8.14. Pérdidas de distribución eléctrica América Latina 1970-2011.....	77
Figura 8.15. Recursos de petróleo/producción anual petróleo Guatemala 1979-2012. ....	78
Figura 8.16. Intensidad energética Guatemala 1990-2011.....	79
Figura 8.17. Intensidad energética sector industria América Latina 1990-2012. ....	80
Figura 8.18. Intensidad energética sector agrícola Guatemala 1990-2002. ....	81
Figura 8.19. Intensidad energética sector comercial y de servicios América Latina 1990-2012.....	82
Figura 8.20. Intensidad energética sector residencial América Latina 1990-2012. ....	83
Figura 8.21. Intensidad energética sector transporte América Latina 1990-2012. ....	84
Figura 8.22. Producción de energía total por fuentes fósiles Guatemala 1970-2011.....	85
Figura 8.23. Consumo final de energía con fuentes fósiles Guatemala 1970-2012.....	86
Figura 8.24. Generación de electricidad con fuentes fósiles Guatemala 1970-2011. ....	87
Figura 8.25. Producción de energía total con fuentes libres de carbono Guatemala 1970-2011.....	88
Figura 8.26. Producción total de energía con fuentes renovables Guatemala 1970-2011. ....	89
Figura 8.27. Generación de electricidad con fuentes renovables América Latina 1970-2011.....	89
Figura 8.28. Precio con impuesto de fuel oil, diesel y GLP Guatemala 1988-2007.....	90

Figura 8.29. Precio con impuesto de jet fuel, keroseno y gasolinas Guatemala 1988-2007..	91
.....	
Figura 8.30. Precio de la electricidad con impuesto Guatemala 1988-2006.....	91
Figura 8.31. Importaciones netas de energía/oferta total de energía Guatemala 1970-2012.	93
.....	
Figura 8.32. Importaciones netas de energía/oferta total de energía América Latina 1970-2012.....	93
Figura 8.33. Reservas estratégicas de petróleo Guatemala 1970-2012.....	94
Figura 8.34. Emisiones de GEI per cápita Guatemala 1990-2012.....	95
Figura 8.35. Emisiones de GEI por unidad de PIB Guatemala 1990-2012. ....	95
Figura 8.36. Emisión de CO <sub>2</sub> per cápita América Latina 1990-2012. ....	96
Figura 8.37. Emisión de CO <sub>2</sub> por unidad de PIB América Latina 1990-2012.....	96
Figura 8.38. Concentración de PM10 Guatemala 1990-2011.....	97
Figura 8.39. Emisión de CO centrales eléctricas y sector transporte Guatemala 1970-2012.	98
.....	
Figura 8.40. Emisión de COV centrales eléctricas y sector transporte Guatemala 1970-2012.....	98
Figura 8.41. Emisión de NOx centrales eléctricas y sector transporte Guatemala 1970-2012.....	99
Figura 8.42. Emisión de SO <sub>2</sub> centrales eléctricas Guatemala 1970-2012. ....	99
Figura 8.43. Emisión de CFC y bromuro de metilo Guatemala 1989-2012. ....	100
Figura 8.44. Emisión de halones, CCl <sub>4</sub> e hidroclorofluorocarbonos Guatemala 1989-2012.	100
.....	
Figura 8.45. Uso de agua por sectores Guatemala 2001-2010.....	101
Figura 8.46. Área selvática y consumo de leña Guatemala 1990-2011. ....	102
Figura 8.47. Índice de equidad energética de Guatemala año 2011.....	105
Figura 8.48. Índice de equidad energética mundial año 2011.....	108
Figura 8.49. Índice de seguridad energética de Guatemala año 2011.....	110
Figura 8.50. Índice de seguridad energética mundial año 2011.....	112
Figura 8.51. Índice de sostenibilidad ambiental Guatemala año 2011.....	114

Figura 8.52. Índice de sostenibilidad ambiental mundial 2011.....	115
Figura 8.53. Sostenibilidad energética de Guatemala año 2011. ....	118
Figura 8.54. Índice de sostenibilidad energética mundial año 2011. ....	119
Figura 8.55. Índice de sostenibilidad energética Guatemala 2000-2011. ....	120
Figura D.1. Curva de Lorenz para Guatemala en el año 2006.....	144

## RESUMEN

Desarrollo energético sostenible es aquel que involucra el mejoramiento en el acceso a fuentes y recursos energéticos confiables, asequibles, económicamente viables, socialmente aceptables y ambientalmente racionales, tomando en cuenta las circunstancias específicas de cada sistema energético nacional. Para identificar los puntos de mejora respecto a la sostenibilidad energética, son utilizados indicadores energéticos para el desarrollo sostenible, los cuales son estadísticas que buscan entender los principales problemas del sector energético de un país o región.

En el presente trabajo se analiza la sostenibilidad energética de Guatemala mediante dos métodos diferentes, el primero es un método cualitativo mediante la definición de Indicadores Energéticos del Desarrollo Sostenible para cada una de las tres dimensiones del desarrollo sostenible: social, económico y ambiental; y el segundo es un método cuantitativo mediante el desarrollo de un Índice de Sostenibilidad Energética que permite medir el desempeño energético del país y compararlo contra un estado de referencia definido como sostenible energéticamente, así como compararlo con otros países, políticas energéticas o años de referencia.

Se identificó que en la dimensión social, Guatemala posee grandes inequidades energéticas, debidas principalmente a la dependencia de fuentes de energía no comerciales, especialmente la leña. Respecto a la dimensión económica, se identificó que Guatemala tiene ciertas deficiencias en cuanto a seguridad energética, debido a que aún no ha podido desacoplar el crecimiento económico del consumo de energía, depende en casi un 33 % de las importaciones de energía y no explota todo su potencial de recursos naturales renovables y no renovables. En la dimensión ambiental se identificó que el país posee bajas emisiones de CO<sub>2</sub>, sin embargo la tasa de deforestación ha aumentado en los últimos años y la calidad del aire está por debajo de los estándares recomendados.

Según este trabajo, Guatemala en el año 2011 ocupó el puesto 69 de 166 países respecto a la sostenibilidad energética, obteniendo un desempeño aceptable en cuanto sostenibilidad ambiental, pero con deficiencias importantes respecto a equidad y seguridad energética.

Palabras claves: Desarrollo sostenible, Guatemala, Indicadores Energéticos.

## **ABSTRACT**

Sustainable energy development is the kind of development that involves an improvement in access to reliable, affordable, economically viable, socially acceptable and environmentally sound energy services and resources, taking into account the specificities of each national system of energy. To understand the main problems of the energy sector of a country or region Sustainable Energy Indicators are used, allowing the identification of points that need improvement in sustainable energy context.

This study analyses the sustainable energy development of Guatemala using two different approaches, the first one involves the Energy Indicators for Sustainable Development for each of the three dimensions of sustainable development: social, economic and environmental. The second approach is the Sustainable Energy Index which allows the quantification of the energy performance of the country and compares it with a reference state defined as energy sustainable, as permitting its comparison with other countries, energy policy or years of reference.

It was identified that in the social dimension, Guatemala has many energy inequities, this is mainly because it is dependent on non-commercial energy sources, especially in firewood; in the economic dimension, it was identified that Guatemala has energy security problems, as it has not been able to decouple economic growth from energy consumption, especially depending on almost 33 % of energy imports in oil products and it does not exploit its renewable and fossil natural resources, in spite of its great potential; in the environmental dimension, it was identified that Guatemala has low CO<sub>2</sub> emissions per capita and per unit of GDP, but the deforestation rate has grown and air quality was lower than the recommended standards.

According to this study, in 2011 Guatemala ranks 69 of 166 countries in energy development, with an acceptable environmental performance, but with important gaps in equity and energetic security.

Key words: Sustainable development, Guatemala, Energy Indicators

## **1 INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Guatemala**

Guatemala es el país más septentrional de Centroamérica, limita con México al Norte y al Oeste, con Belice y el Océano Atlántico al Este, con Honduras y El Salvador al Sureste, y con el Océano Pacífico al Sur. Guatemala posee una superficie total de 108.890 km<sup>2</sup>, que se descomponen en 108.430 km<sup>2</sup> de superficie terrestre, 460 km<sup>2</sup> de superficie marítima y 1.678 km<sup>2</sup> de fronteras (Deloitte, 2013).

La capital del país es Ciudad de Guatemala, el país posee una población total al año 2013 de 15.466.203 habitantes (Banco Mundial, 2014), el idioma oficial es el español, pero existen 23 idiomas indígenas aceptados como nacionales. Guatemala está dividida en 22 departamentos, similares a los estados, provincias o regiones, que a su vez se dividen en 335 municipios (Deloitte, 2013). La geografía de Guatemala se caracteriza por cuatro rasgos topográficos principales, el primero en el sur, el cual está dominado por una cadena de 36 volcanes que se extienden a lo largo de 300 km, de los cuales 11 se consideran activos; el segundo rasgo topográfico principal del país se encuentra entre la superficie volcánica y el Océano Pacífico, donde existe una planicie de entre 40 a 50 km de ancho, donde se encuentran las tierras más fértiles del país; el norte del país se caracteriza por una superficie plana y de baja altitud, donde se encuentra la selva tropical y la biosfera maya; finalmente el centro del país está dominado por cadenas montañosas y valles (BCIE, 2011).

En Guatemala existen dos temporadas climáticas definidas, la estación seca de noviembre a abril y la estación lluviosa de mayo a octubre, con un promedio anual de lluvias entre 1.200-2.500 mm. La temperatura media en la Ciudad de Guatemala es

20°C y su altitud de aproximadamente 1.524 m. El país posee los siguientes recursos naturales, petróleo, níquel, maderas preciosas, peces, hule, hidroelectricidad, café, banano, caña de azúcar, cardamomo y productos no tradicionales (BCIE, 2011).

La forma de gobierno del país es democracia representativa, gobernado por un Presidente libremente electo por un período de 4 años. Los órganos del Estado y sus funcionarios principales son tres, Ejecutivo, formado por el presidente y vicepresidente; Legislativo, formado por el Congreso de la República; y Judicial, formado por la Corte Suprema de Justicia (Deloitte, 2013). La moneda nacional es el Quetzal y el tipo de cambio promedio en el año 2013 fue de GTQ 7,84 por US\$ 1,00 (BANGUAT, 2014). Las principales actividades económicas del país son la agricultura, manufactura, servicios, construcción y servicios financieros. El sector agrícola representa aproximadamente una cuarta parte del Producto Interno Bruto (PIB), dos tercios de las exportaciones y la mitad de la fuerza laboral del país (Deloitte, 2013). El PIB per cápita corregido por factor de conversión de la Paridad del Poder Adquisitivo (PPA) del país en el año 2013 fue de US\$ 2.340,78<sup>1</sup> por persona (Banco Mundial, 2014) y la tasa de inflación en el año 2013 fue de 4,39% (BANGUAT, 2014). La composición del aparato productivo nacional ha variado significativamente durante las últimas décadas. El sector terciario de la actividad económica ha ganado terreno mientras el peso del sector primario de la actividad económica dentro del PIB ha decrecido. Las políticas de estímulo al comercio exterior han promovido la exportación de productos no tradicionales y la diversificación de las relaciones comerciales, en particular a través de Tratados de

---

<sup>1</sup> Dólares de Estados Unidos referenciados al año 2005.



Libre Comercio (TLC). Sin embargo, los beneficios de este crecimiento económico no llegan a la totalidad de la población y la actual desfavorable coyuntura económica internacional ha producido una desaceleración del PIB. Igualmente, la reciente política migratoria del Gobierno de Estados Unidos y algunos países de Europa, ha causado la disminución del crecimiento de las remesas familiares, principal fuente de sustento para muchas familias guatemaltecas pobres (UNDAF, 2010).

Guatemala es un país de ingreso medio bajo y ocupa el lugar 133 de 187 en el Índice de Desarrollo Humano (IDH), según el Programa de Desarrollo Humano de las Naciones Unidas (PNUD), con un IDH de 0,581 en el año 2012 (PNUD, 2012), siendo parte del grupo de países con un alto déficit de desarrollo (UNDAF, 2010).

La protección al medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales siguen siendo objetivos estratégicos del país. No obstante, la degradación de los suelos y la sequía, la deforestación, la contaminación de las aguas terrestres, el deterioro de las condiciones ambientales en los asentamientos humanos y la pérdida de biodiversidad biológica siguen representando los mayores problemas ambientales (UNDAF, 2010).

Guatemala es un país vulnerable a fenómenos geológicos, hidrometeorológicos, cambio climático y sequías. El país ha demostrado avances en el enfrentamiento a estos fenómenos con el establecimiento de un sistema general de prevención y respuesta ante desastres, que concede importancia al fortalecimiento de las capacidades locales para la reducción de riesgos. Sin embargo, la recurrencia de grandes fenómenos naturales, impactan negativamente la capacidad de manejo y recuperación del país (UNDAF, 2010).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Analizar e interpretar indicadores energéticos para evaluar el desarrollo sostenible de Guatemala.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Seleccionar métodos de elaboración de indicadores energéticos para el desarrollo sostenible e índice de sostenibilidad energética de Guatemala.
- Recopilar fuentes de información primaria y estadísticas energéticas que sirvan para construir los indicadores energéticos para el desarrollo sostenible e índice de sostenibilidad energética de Guatemala.
- Construir indicadores energéticos para cada una de las dimensiones del desarrollo sostenible de Guatemala.
- Diseñar un índice para evaluar la sostenibilidad energética de Guatemala y comparar el perfil energético del país con el resto de países del mundo.
- Analizar mediante indicadores energéticos para el desarrollo sostenible e índice de sostenibilidad energética el desarrollo sostenible de Guatemala.

### **3 ENERGÍA EN GUATEMALA**

#### **3.1 Sector energético de Guatemala**

El sector energético de Guatemala se clasifica en los subsectores eléctrico y de hidrocarburos (MEM, 2013), sin embargo el gas licuado de petróleo en el sector residencial y las energías renovables en la producción de energía primaria y electricidad, son otros agentes importantes en la matriz energética del país.

##### **3.1.1 Subsector eléctrico**

###### **3.1.1.1 Sistema eléctrico nacional**

En Guatemala el sistema eléctrico está conformado por el Sistema Eléctrico Nacional (SEN), integrado por el Sistema Nacional Interconectado (SNI), los Sistemas Aislados (Tacáná y Patulul) y los autoprodutores (OLADE, ACIDI, U. Calgary, 2009). El 93,08% de la generación de energía en el SEN se concentra en el SNI, 6,91% en los Sistemas Aislados y 0,01% en autoprodutores (MEM, 2012). El marco regulatorio en el que se apoya el subsector eléctrico de Guatemala está basado en un modelo de mercado competitivo de costos, que permite el acceso al SNI a cualquier persona individual o jurídica que así lo desee, cumpliendo con los requisitos legales establecidos en la Ley General de Electricidad y sus reglamentos. Las tarifas son fijadas por el ente regulador cuando se da la existencia de monopolios naturales, como en la distribución o transporte (CNEE, 2010). Es libre la generación de electricidad, es libre el transporte y distribución de electricidad, a excepción de cuando implique utilización de bienes de dominio público, los cuales estarán sujetos

a autorización (MEM, 2012). El marco regulatorio sobre el cual se norma y desarrolla todo el subsector eléctrico se resume a continuación:



Figura 3.1: Marco regulatorio del subsector eléctrico de Guatemala.

Fuente: (CNEE, 2012).

El marco institucional del subsector eléctrico es definido por la Ley General de Electricidad y lo constituye el Ministerio de Energía y Minas (MEM) como ente rector, responsable de elaborar y coordinar políticas energéticas, planes de estado y programas indicativos relativos al subsector eléctrico; la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE) como ente regulador del subsector eléctrico y responsable de velar por el cumplimiento de la Ley General de Electricidad y sus reglamentos, con funciones de planificación, licitando proyectos para nueva generación y de ampliación del sistema de transporte para satisfacer las necesidades del SNI; y finalmente el Administrador del Mercado Mayorista (AMM) como entidad privada encargada de operar el sistema, realizar el despacho, coordinar el SNI y las

transacciones entre los agentes y participantes del mercado mayorista de electricidad (CNEE, 2010).



Figura 3.2: Esquema de actores del subsector eléctrico de Guatemala.

Fuente: (MEM, 2012).

Existen dos tipos de mercados en el subsector eléctrico de Guatemala, el mercado regulado y el mercado libre o mayorista. El mercado regulado está formado por todos los usuarios del servicio eléctrico con una demanda de potencia menor a 100 kW, situados en el área obligatoria de servicio de un distribuidor, los precios en dicho mercados son regulados por la CNEE. El mercado libre o mayorista está formado por las empresas generadores con potencia mayor a 100 kW; los generadores con potencia mayor a 5 MW, distribuidores con un mínimo de 15.000 usuarios, transportistas con una capacidad de transporte mínima de 10 MW, comercializadores que compren o vendan bloques de energía de por lo menos 2 MW pueden formar parte del AMM (MEM, 2012). Además existe el mercado de oportunidad o spot y el

mercado de contratos a largo plazo, en el mercado de oportunidad los precios de la energía están determinados por el costo marginal de corto plazo. Las unidades con precios de energía pactados por contrato, se despachan al precio pactado (BCIE, 2011).



Figura 3.3: Esquema de comparación entre el mercado regulado y el mercado libre o mayorista en el subsector eléctrico de Guatemala. Fuente: (MEM, 2012).  
En el subsector eléctrico guatemalteco se distinguen cinco actividades principales:

a) Generación.

La generación se lleva a cabo en un contexto libre y competitivo, conformado por un mercado de oportunidad o de corto plazo, que se basa en el despacho de energía a costo marginal, y por un mercado a término o de largo plazo, donde se pactan libremente el precio, cantidad de potencia y energía a contratar. Es importante mencionar que para utilizar bienes del Estado para generación eléctrica, se debe solicitar una autorización por parte del MEM cuando la potencia de la central exceda los 5 MW (CNEE, 2010). El sector generación cuenta con una capacidad instalada al 2013 de 2.795 MW y una potencia efectiva al sistema de 2.386 MW, de los cuales hay 991 MW instalados en hidroeléctricas; 21 MW en generadores distribuidos

renovables; 256 MW instalados de turbinas a vapor con combustible carbón y fuel oil; 251 MW de turbinas a gas con combustible diesel; 775 MW de motores de combustión interna con combustible fuel oil y diesel; 468 MW de cogeneración con combustibles biomasa/fuel oil y 49 MW de geotermia (AMM, 2013).

b) Transmisión.

La actividad de transporte, al igual que la distribución, es regulada por las normas que emite la CNEE. El transporte de electricidad es libre cuando para ello no sea necesario utilizar bienes de dominio público, cuando éste no sea el caso se necesitará de una autorización. Los precios de la actividad de transporte son sujetos de autorización (CNEE, 2010). Hasta el 2013, el MEM registraba siete agentes transportistas debidamente autorizados en el SNI (MEM, 2013). El SNI cuenta con una red de 3799,01 km y opera básicamente a cuatro niveles de voltaje, 400 kV, 230 kV, 138 kV y 69 kV (CNEE, 2012).

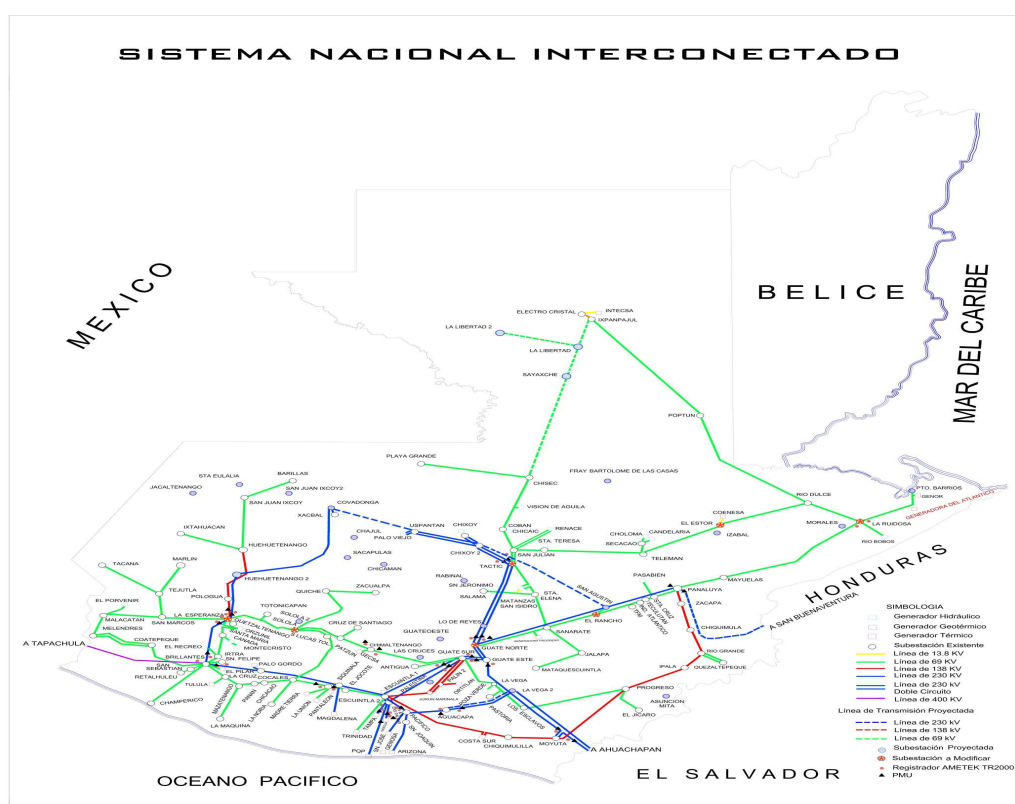


Figura 3.4: Sistema Nacional Interconectado de Guatemala. Fuente: (AMM, 2014).

### c) Distribución

Los distribuidores son personas individuales o jurídicas que poseen o son titulares de instalaciones destinadas a distribuir comercialmente energía eléctrica y que poseen un mínimo de quince mil usuarios (CNEE, 2012). La infraestructura de distribución está formada por las líneas y subestaciones que operan a tensiones menores a 34,5 kV, la operación de las principales componentes del sistema de distribución es coordinada por el AMM y ejecutada por los distribuidores (BCIE, 2011). Las empresas distribuidoras más importantes de Guatemala son la Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. (EEGSA), Distribuidora Eléctrica de Occidente, S.A. (DEOCSA) y Distribuidora Eléctrica de Oriente, S.A. (DEORSA). La ley de la tarifa social para el suministro de energía eléctrica clasifica a los usuarios finales de la distribución en dos grandes grupos, los usuarios con consumo menor o igual a 300 kWh/mes que son afectos a la tarifa social para el suministro de energía eléctrica y los usuarios con consumo mayor a 300 kWh/mes que están dentro de la tarifa no social (CNEE, 2012).

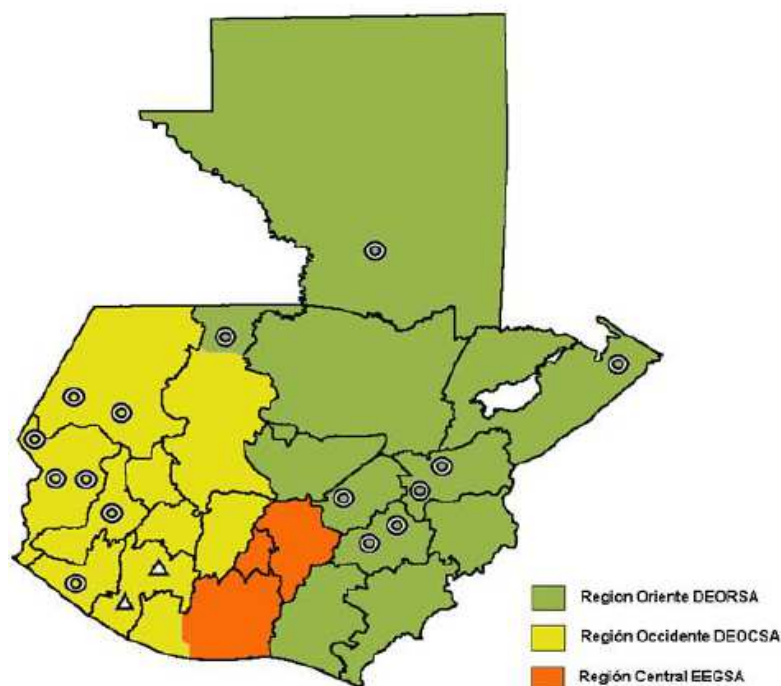


Figura 3.5: Zonas geográficas de las principales empresas distribuidoras de Guatemala. Fuente: (CNEE, 2012).



d) Comercializadores

Los comercializadores son personas individuales o jurídicas, cuya actividad consiste en comprar y vender bloques de energía eléctrica con carácter de intermediación y sin participación en la generación, transporte, distribución y consumo. Las transferencias de energía que existan entre generadores, comercializadores, importadores y exportadores que resulten de la operación del Mercado Mayorista, estarán sujetas a regulación en los términos de la Ley General de Electricidad (CNEE, 2010).

e) Grandes usuarios

Los grandes usuarios son participantes del mercado mayorista cuya demanda de potencia exceda los 100 kW establecidos por la Ley General de Electricidad. El gran usuario tiene la característica que el precio de la electricidad que consumo no está sujeta a regulación, es decir, no es fijado por la CNEE, sino que las condiciones de precio son pactadas libremente con el suministrador. La legislación vigente contempla que en el mercado mayorista puede existir grandes usuarios participantes y grandes usuarios representados. El gran usuario con representación es aquel que posee un contrato de comercialización con un comercializador, siendo el comercializador el responsable de su participación en el mercado mayorista. El gran usuario participante es aquel que participa directamente en el mercado mayorista (CNEE, 2012).

### **3.1.1.2 Sistema Eléctrico Regional (SER) e interconexiones**

El Mercado Mayorista de electricidad de Guatemala, efectúa intercambios de importación y exportación con el Mercado Eléctrico Regional de América Central (MER) y con el Sistema Eléctrico de México. El MER fue creado por el Tratado Marco del Mercado Eléctrico de los Países de América Central suscrito en 1996 por Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá. En cuanto a la interconexión eléctrica Guatemala-México, esta se inició en octubre del año 2009

con una fase de pruebas y posteriormente en octubre del año 2010 se dio inicio a la fase de operación comercial (CNEE, 2012).

El MER opera como una actividad permanente de transacciones comerciales de electricidad, con intercambios de corto plazo derivados de un despacho de energía con criterio económico regional, mediante ofertas de oportunidad y contratos de mediano y largo plazo entre los agentes de los países miembros del Tratado Marco del Mercado Eléctrico de América Central (BCIE, 2011).

El Tratado Marco del Mercado Eléctrico de América Central dio origen a la Comisión Regional de Interconexión Eléctrica (CRIE), así como al Ente Operador Regional (EOR). La CRIE regula el funcionamiento del MER y las relaciones entre los agentes, de conformidad con las disposiciones del Tratado Marco, sus protocolos y reglamentos. El EOR dirige y coordina la operación técnica del Sistema Eléctrico Regional (SER) y realiza la gestión comercial del MER con criterios técnicos y económicos de acuerdo con la regulación regional. Para establecer la infraestructura de interconexión eléctrica, el Tratado Marco otorga una concesión para que una empresa de capital público y capital privado, denominada Empresa Propietaria de la Red (EPR), construya y opere el primer sistema de transmisión regional llamado Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central (SIEPAC), además permite a cada gobierno a asignar en dicha empresa un socio público del sector eléctrico (BCIE, 2011).

La EPR fue constituida en 1999 con el concurso, por partes iguales, de las seis empresas eléctricas públicas de América Central designadas cada una por sus respectivos gobiernos. Posteriormente se incorporaron otros socios, en diciembre de

2001 la empresa de capital español e italiano ENDESA, en febrero de 2005 la firma colombiana ISA y en el año 2009 la Comisión Federal de Electricidad (CFE) de México (BCIE, 2011).

El proyecto SIEPAC bajo responsabilidad de EPR, consistió primordialmente en el diseño, ingeniería y construcción de aproximadamente 1793 km de líneas de transmisión de 230 kV con previsión en torres para un segundo circuito futuro, las que se conectan a 15 subestaciones de los países de la región, mediante 28 bahías de acceso, y además incluye equipos de compensación de potencia reactiva. Mediante el sistema de transmisión regional de SIEPAC se dispone de una capacidad confiable y segura de transporte de energía de 300 MW, entre los países de la región, la cual se podrá duplicar cuando se habilite el segundo circuito. El costo de inversión del proyecto fue de US\$ 494.000.000 (EPR, 2014).

La interconexión Guatemala-México, nace del Convenio de Cooperación Energética en el año 1997, el Mecanismo de Diálogo y Concertación de Tuxtla en el año 2001 y el Memorandum de Entendimiento entre el Ministerio de Energía y Minas (MEM) de Guatemala y la Secretaría de Energía de México en el año 2003. El proyecto consiste en una línea de transmisión de 400 kV de 98,6 km de longitud, 27 km en México y 71,6 km en Guatemala, con un circuito habilitado y una capacidad de transporte de 225 MW iniciales (EPR, 2014). Desde que entró en operación la interconexión Guatemala-México, en los años 2010, 2011 y 2012, Guatemala ha importado 5 GWh, 18 GWh y 26 GWh respectivamente, mientras que ha exportado en los mismos años 12 GWh, 18 GWh y 16 GWh respectivamente (CNEE, 2013).

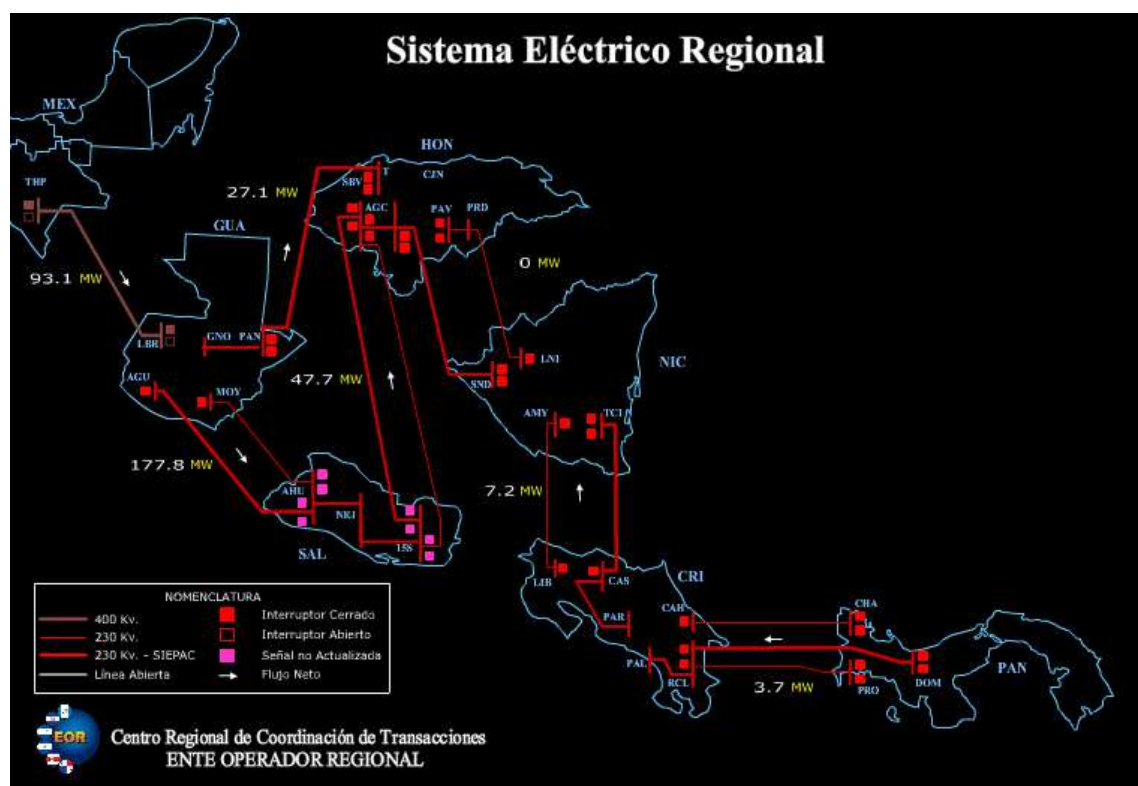


Figura 3.6: Esquema del Sistema Eléctrico Regional (SIEPAC e Interconexión Guatemala-México).

Fuente: Estadísticas de operación sitio web EPR (EPR, 2014).

### 3.1.2 Subsector de hidrocarburos

Guatemala es el único país de Centroamérica con producción sostenida de petróleo y con reservas probadas de petróleo, aunque en los últimos años Belice ha reportado una ligera producción de crudo en áreas colindantes al territorio guatemalteco (MEM, 2010). Las reservas probadas de petróleo en Guatemala hasta el año 2012 fueron de 452 Mbbl y la producción de petróleo en el año 2012 fue de 3.876 kbbl, el 84% fue exportado y el 16% fue transformado en el país en refinerías para producir energéticos secundarios como keroseno, diesel y no energéticos como aceites lubricantes (SIEE-OLADE, 2014). El 95% de la producción es de una calidad de 15,8

° API y un contenido de azufre de 6,54% (MEM, 2010). En Guatemala, los hidrocarburos, como todo recurso del subsuelo, es propiedad del Estado, y sin renunciar a su propiedad, la explotación es realizada por compañías privadas con base a contratos de operaciones petroleras establecidos para el efecto (MEM, 2007). En Guatemala existen tres tipos de cuencas geológicas donde hay existencia de petróleo y en algunas de ellas se sospecha la existencia de gas natural (MEM, 2010).

a) Cuenca Petén Norte/Sur.

Todos los pozos petroleros en operación se encuentran en esta cuenca, el petróleo que se extrae de la cuenca Petén Norte es entre 13 ° API a 16 ° API y el petróleo de la cuenca Petén Sur es entre 22 ° API a 38 ° API (MEM, 2010).

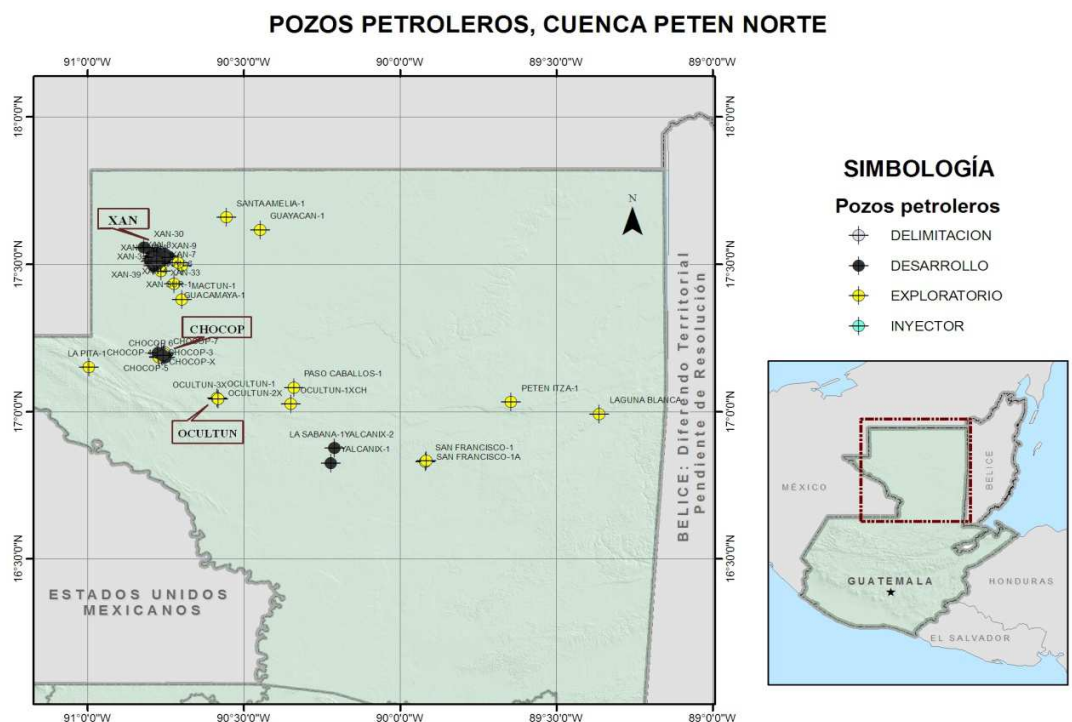


Figura 3.7: Pozos petroleros en la cuenca Petén Norte en Guatemala hasta el año 2014. Fuente: (MEM, 2014).

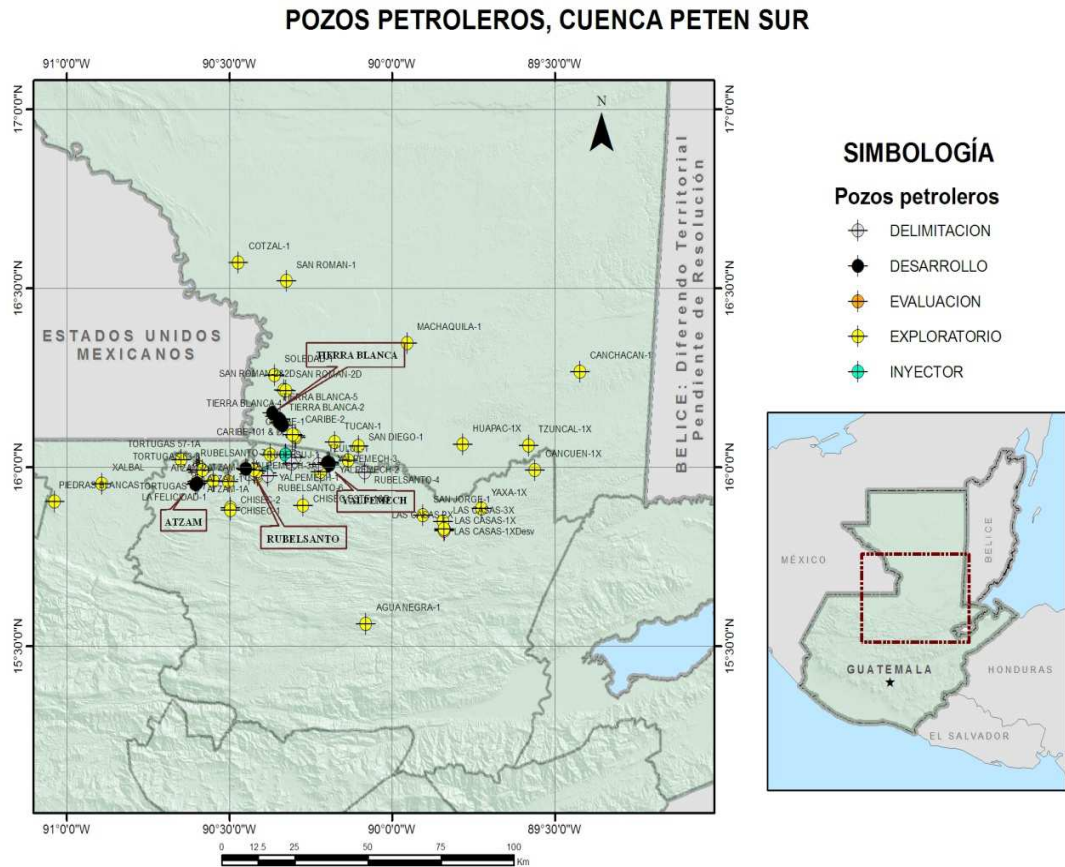


Figura 3.8: Pozos petroleros en la cuenca Petén Sur en Guatemala hasta el año 2014.

Fuente: (MEM, 2014).

b) Cuenca de Amatique.

En esta cuenca existen manaderos de petróleo que indican la presencia de petróleo subterráneo (MEM, 2010). Actualmente existen seis pozos exploratorios en la zona, cuatro de ellos se encuentran en el continente y dos de ellos fuera de costa (MEM, 2014).

c) Cuenca Pacífico

En esta cuenca se encuentran 2 pozos exploratorios, uno en el continente y el otro fuera de costa, además se encuentra un pozo estratigráfico (MEM, 2014).

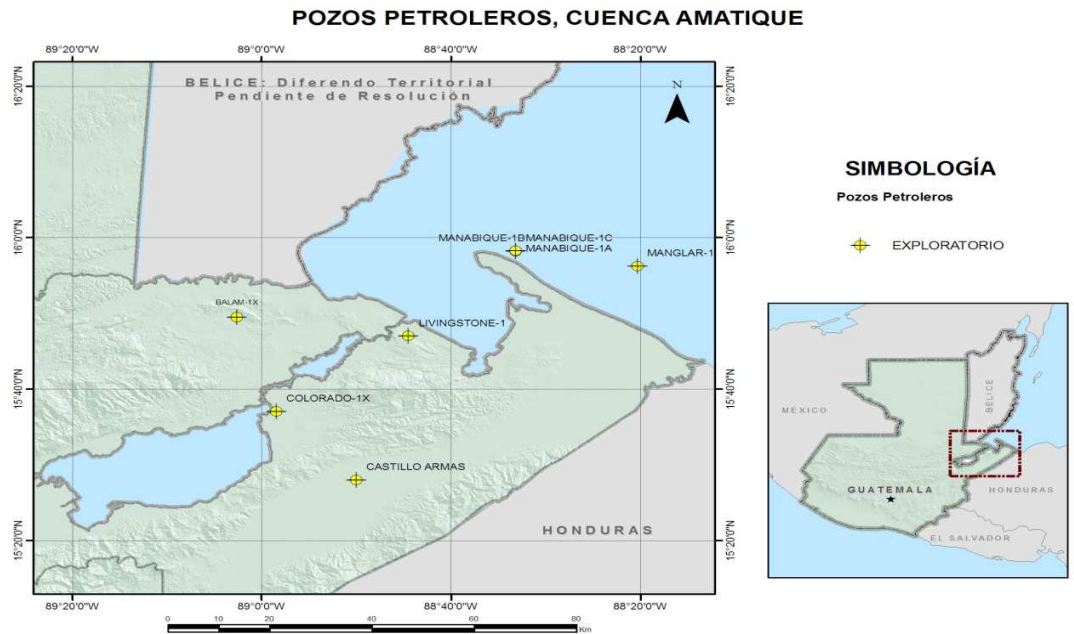


Figura 3.9: Pozos petroleros en la cuenca Amatique en Guatemala hasta el año 2014.

Fuente: (MEM, 2014).

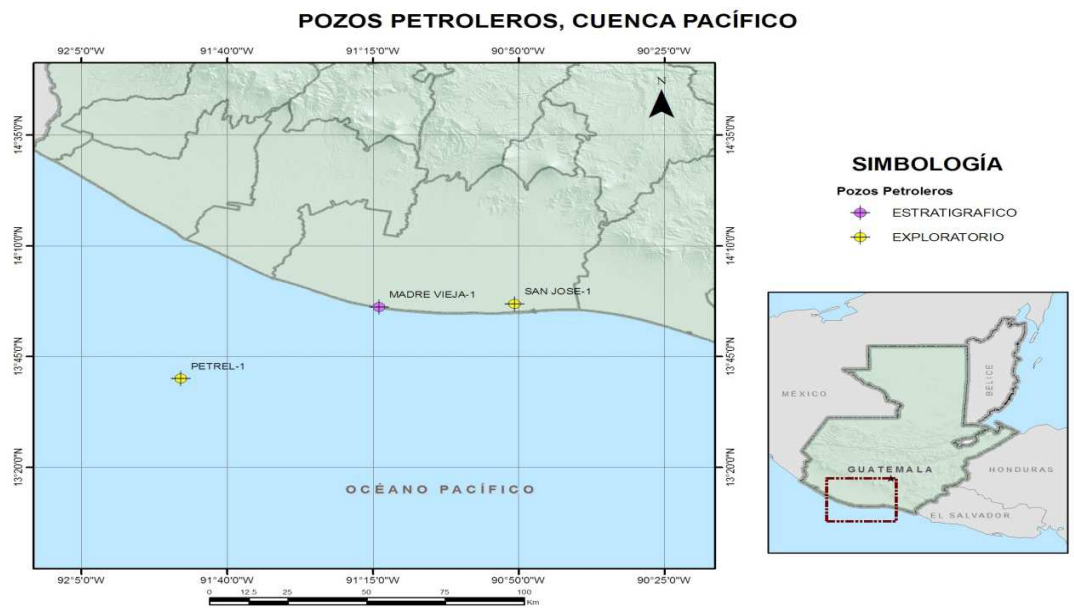


Figura 3.10: Pozos petroleros en la cuenca Pacífico en Guatemala hasta el año 2014.

Fuente: (MEM, 2014).

Hasta el año 2014, existen 4 contratos en fase de exploración de petróleo en el país, 5 contratos en fase de explotación como puede verse en la Figura 3.11 y Figura 3.12 respectivamente. Además en la Figura 3.13, se puede observar la localización geográfica de toda la infraestructura petrolera del país, incluidas oleoductos, refinerías y terminales de embarque.

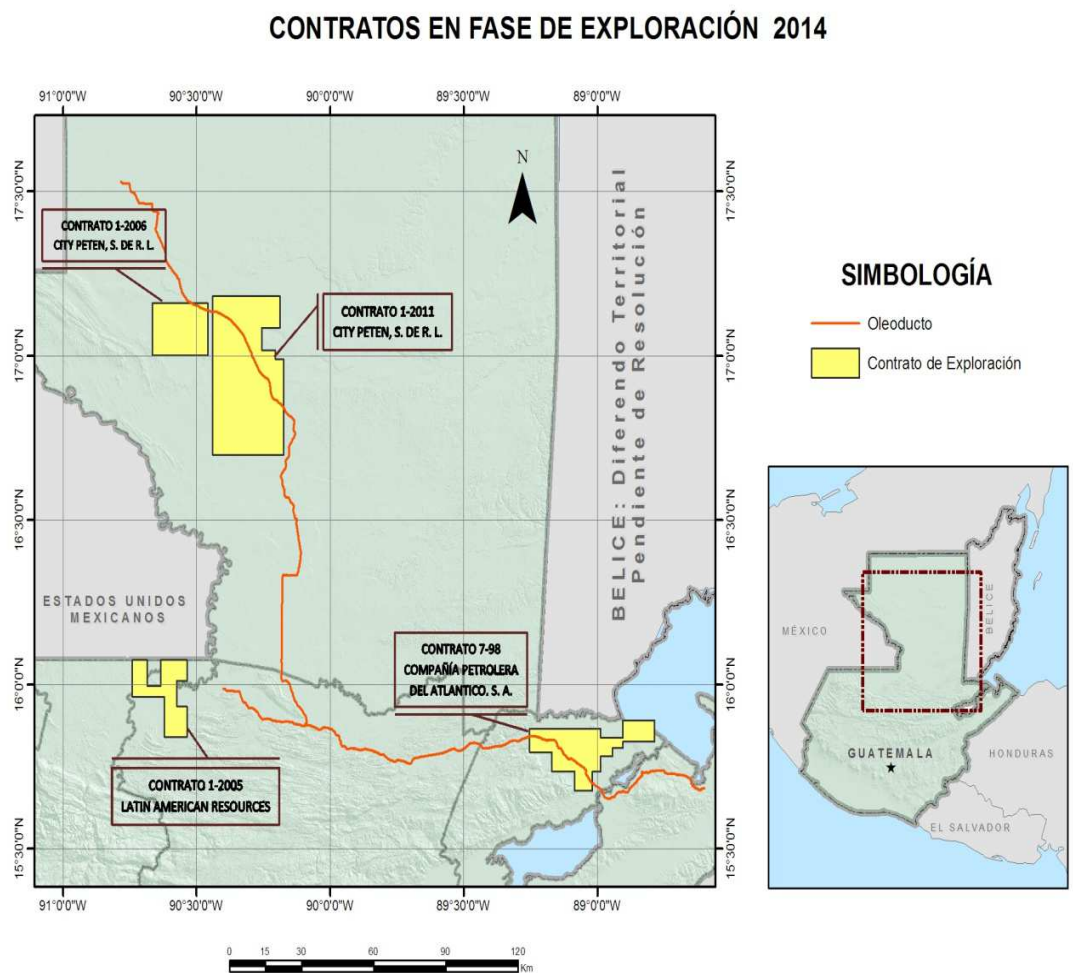


Figura 3.11: Contratos en fase de exploración de petróleo en Guatemala hasta el año 2014. Fuente: (MEM, 2014).



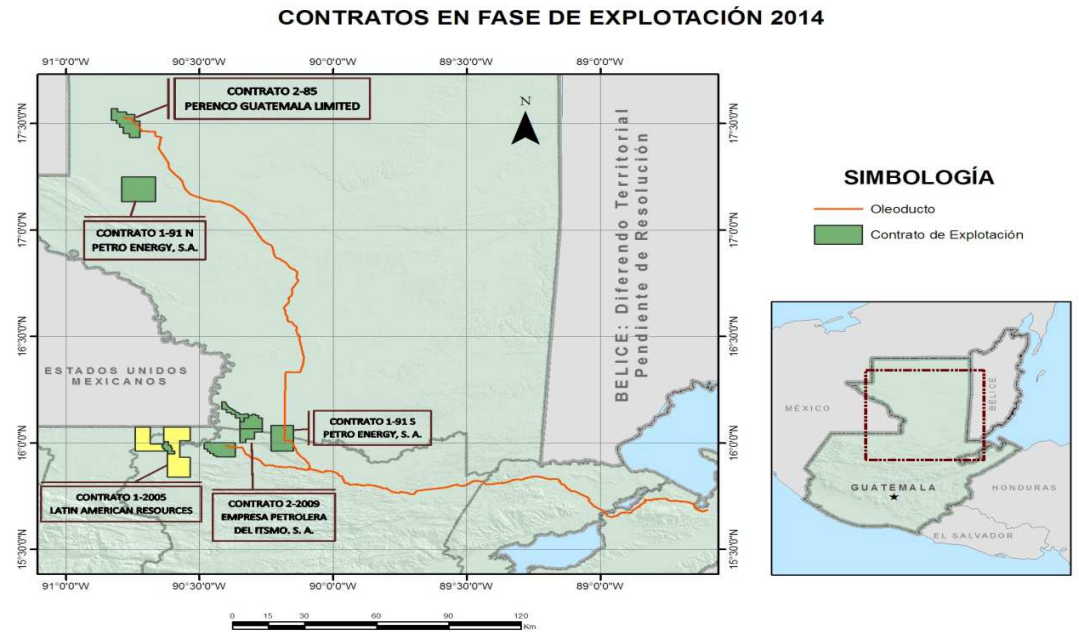


Figura 3.12: Contratos en fase de explotación de petróleo en Guatemala hasta el año 2014. Fuente: (MEM, 2014).

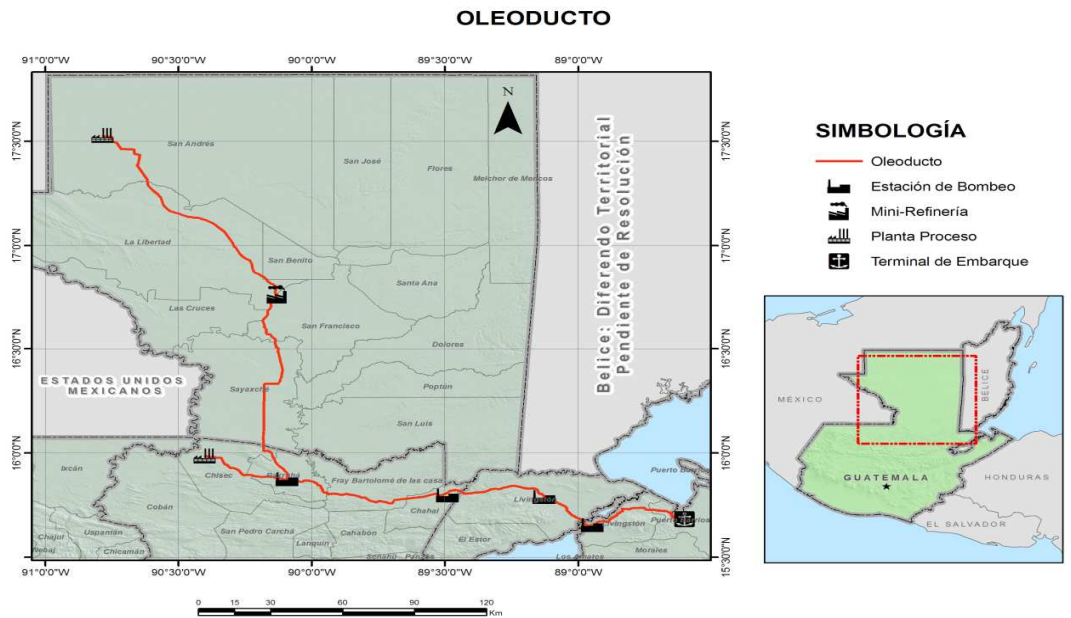


Figura 3.13: Mapa de oleoductos, estaciones de bombeo, refinéras y terminales de embarque de petróleo en Guatemala. Fuente: (MEM, 2014).

Respecto al gas natural, el país no cuenta con producción actualmente, tampoco se conocen reservas probadas del recurso, pero existen indicios de posibles reservas de gas natural fuera de costa, en el Océano Pacífico y nororiente del país, donde se encontraron hidratos de metano, posiblemente asociados a gas libre (MEM, 2010).

Guatemala tiene un mercado de libre competencia en materia de hidrocarburos y sus productos (gaseosos, líquidos o sólidos, derivados del gas natural o resultante de los diversos procesos de refinación de petróleo). Para el caso de la comercialización del carbón, no existe una regulación específica, no obstante dicha actividad se desarrolla actualmente como un mercado de libre competencia (CNEE, 2012). Dicho mercado de libre comercialización ha logrado que Guatemala tenga menores precios promedio por galón<sup>2</sup> de gasolina en comparación al resto de países de Centroamérica, solamente superado por Panamá, como puede verse en la Figura 3.14.

MERCADO NO REGULADO				
PRODUCTO	GUATEMALA US\$/GAL	EL SALVADOR US\$/GAL	NICARAGUA US\$/GAL	USA US\$/GAL
<b>SUPERIOR</b>	4.45	4.54	5.03	3.91
<b>REGULAR</b>	4.36	4.26	4.77	3.63
<b>DIESEL</b>	4.01	4.21	4.42	3.97
TASA DE CAMBIO X 1US\$	7.84 QUETZÁLES	1.00 US DÓLARES	23.57 CORDOVAS	1.00 US DÓLARES

MERCADO REGULADO					
PRODUCTO	HONDURAS US\$/GAL	COSTA RICA US\$/GAL	MEXICO US\$/GAL	BELICE US\$/GAL	PANAMA US\$/GAL
<b>SUPERIOR</b>	4.83	5.21	3.02	6.16	4.27
<b>REGULAR</b>	4.50	5.01	2.85	5.83	3.91
<b>DIESEL</b>	4.22	4.61	2.96	5.29	3.76
TASA DE CAMBIO X 1US\$	19.48 LEMPIRAS	508.27 COLONES	13.16 PESO MEXICANO	1.97 DOLAR BELICENS	1.00 BALBOA

Figura 3.14: Precios promedio de distintos tipos de gasolinas para el año 2012 en Centroamérica, Estados Unidos y México. Fuente: (MEM, 2013).

<sup>2</sup> 1 gal = 3,785 L.

### **3.1.3 Subsector de gas licuado de petróleo (GLP)**

Para el subsector de Gas Licuado de Petróleo (GLP) no existe un marco institucional ni normativo independiente, recibe el mismo tratamiento que el resto de los hidrocarburos, sin embargo se diferencia de ellos en su uso, pues dada sus características puede ser considerado un cuasi servicio público domiciliario. (OLADE, ACIDI, U. Calgary, 2009).

El país cuenta con dos terminales de almacenamiento, las cuales son propiedad de los tres grupos que dominan el subsector de GLP en Guatemala, las cuales además son dueñas de más del 50% de las empresas distribuidoras del país, razón por la cual el subsector es calificado con un grado de concentración mediana, por lo que es considerado un mercado oligopólico (MEM, 2007).

### **3.1.4 Subsector de energía renovable**

Por su ubicación geográfica y topográfica, Guatemala posee un potencial hídrico compuesto por sistemas montañosos que determinan dos grandes regiones hidrográficas, la de los ríos que desembocan en el Océano Atlántico y la de los ríos que desembocan en el Océano Pacífico; además Guatemala cuenta con un gran potencial geotérmico al ser un país volcánico, posee 36 volcanes que se encuentran localizados en una extensión de aproximadamente 300 km; el potencial eólico y solar se estima en 20.000 GWh por año y 200.000 TWh respectivamente (MEM, 2013); además la industria azucarera ha crecido de manera importante, y por medio de la cogeneración de energía eléctrica con bagazo de caña, su participación en la matriz energética supera los 350 MW actualmente (MEM, 2013). En la Tabla 3.1, se resume el potencial energético renovable del país.

Tabla 3.1: Potencial energético renovable del país y su aprovechamiento actual.

<b>Recurso (MW)</b>	<b>Potencial</b>	<b>Aprovechado</b>
Hidroeléctrico	6.000	991
Geotérmico	1.000	49
Eólico	280	0,1
Solar (kWh/m <sup>2</sup> /día)	5,3	En sistemas aislados.
Biomasa	No contabilizado	381 MW

Elaboración propia. Fuente: (MEM, 2013), (CNEE, 2012), (AMM, 2013).

A continuación se describirá cada uno de los energéticos renovables que se aprovechan actualmente y aquellos que se pueden aprovechar en el futuro en Guatemala.

#### **3.1.4.1 Energía hidroeléctrica.**

Actualmente hay una capacidad instalada en hidroelectricidad de 990,96 MW en el SNI, distribuidas en 28 plantas, siendo la más grande la hidroeléctrica Chixoy de 300 MW (AMM, 2013). La energía hidroeléctrica es la principal fuente renovable en la matriz eléctrica del país, llegando a proveer más del 60 % de la electricidad del país en la época lluviosa (mayo a octubre), disminuyendo en la época seca (noviembre a abril) en menos del 40 % de la matriz eléctrica del país. En el año 2012, la generación hidroeléctrica llegó a cubrir más del 70 % de la demanda mensual de los meses de septiembre y octubre, y más del 60 % en los meses de junio, julio y agosto (CNEE, 2013). La generación hidroeléctrica en el país está muy influenciada por fenómenos oceánico atmosféricos y actividad climática, como por ejemplo la actividad ciclónica en las cuencas del Océano Atlántico, Caribe y Pacífico; el fenómeno de El Niño Oscilación del Sur (ENOS) y la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI).

#### **3.1.4.2 Bioenergía**

En Guatemala la fuente energética más importante es la leña, consumida principalmente en la población rural y de escasos recursos, que la utiliza como fuente de cocción, sin embargo las estufas a leña utilizadas en la actualidad son muy ineficientes y desaprovechan el 90 % de la energía utilizada, debido a la combustión de leña húmeda (OLADE, ACIDI, U. Calgary, 2009). Además, la combustión de leña carece de control y frecuentemente se realiza en áreas cerradas con generación de productos de combustión que representan un riesgo para la salud y causan enfermedades respiratorias. Otro efecto negativo del uso de leña en el país, es la deforestación, dado que no existen control en su consumo y no hay suficientes planes de manejo de bosques (MEM, 2013).

El potencial de la producción de energía por medio de biomasa agrícola en Guatemala es importante, ya que el sector agroindustrial del país es muy fuerte, con considerables productos residuales de biomasa (Koberle, 2012). Los ingenios azucareros utilizan sus residuos para cogeneración y producción de electricidad, durante la temporada de cosecha (noviembre a mayo), pueden llegar a generar el 25 % de la electricidad del país mediante la quema de bagazo de caña de azúcar y otros residuos (Koberle, 2012).

Guatemala tiene un importante potencial en etanol, existen cinco destilerías en el país, con una capacidad de producción de 180 millones de litros anuales, sin embargo el 80 % de la producción es exportada y el resto utilizada para la fabricación de bebidas alcohólicas. En Guatemala el etanol no es mezclado aún con gasolina, sin embargo existe una ley al respecto. La Ley del Alcohol Carburante

decreto 17-85, que a la fecha es inoperante. En Guatemala se podría utilizar combustibles E10 (10 % etanol y 90 % gasolina), ya que garantiza que ningún vehículo actual tenga que realizar cambios significativos en el motor (ACR, 2009).

Respecto al biodiesel, la industria es aún reciente en el país, por lo que la producción es de pequeña escala y es principalmente de autoconsumo. Los aceites y grasas que constituyen materias primas posibles para producción de biodiesel en Guatemala son la palma africana, *Jatropha curcas*, *Ricinus communis*, aceites reciclados y grasas animales (MEM, 2007).

Según (Koberle, 2012), el potencial de generación de energía eléctrica a través de biometano producido en rellenos sanitarios es 1 MW para el relleno sanitario ubicado en Villa Nueva, Ciudad de Guatemala que recibe aproximadamente 300 ton/día de basura y de 4 MW para el relleno sanitario ubicado en la zona 3 de la Ciudad de Guatemala que recibe aproximadamente 3.500 ton/día de basura (Koberle, 2012).

#### **3.1.4.3 Energía geotérmica.**

Guatemala es el segundo país con mayor potencial geotérmico en Centroamérica, únicamente superado por Nicaragua (BCIE, 2011). En Guatemala existen 27 ubicaciones en las que se registran manifestaciones geotérmicas, como puede verse en la Figura 3.15, esto debido a que el país tiene una intensa actividad volcánica. En las áreas estudiadas, se han encontrado reservorios con rangos de temperatura que oscilan entre los 14 °C y los 300 °C (OLADE, ACIDI, U. Calgary, 2009).

Actualmente hay una capacidad instalada geotérmica en el SNI de 49,2 MW, distribuidos en dos plantas, Zunil de 24,0 MW con 7 unidades y Ortitlán de 25,2 MW con 3 unidades (AMM, 2013).

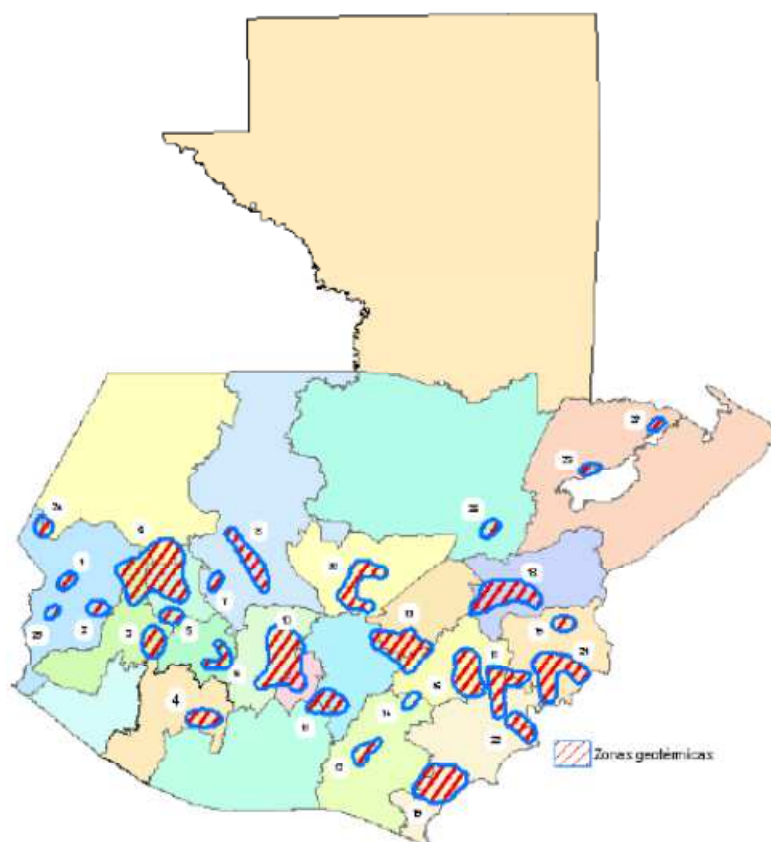


Figura 3.15: Manifestaciones geotérmicas en Guatemala. Fuente: (MEM, 2014).

#### 3.1.4.4 Energía solar

El potencial de radiación solar incidente en Guatemala, tiene un valor promedio de 5,3 kWh/m<sup>2</sup>/día (MEM, 2013), los mayores valores de radiación solar incidente se encuentran en la zona norte y sur del país, como puede verse en la Figura 3.16. A finales del mes de mayo de 2014 fue inaugurada la primera planta solar fotovoltaica del país, denominada Sibó, con una capacidad de 5 MW, el proyecto fue implementado por las empresas Gran Solar de España, Grupo Green de Guatemala y el Fondo de Inversiones de Suiza, el proyecto tuvo un costo de US\$ 14 millones. El proyecto cuenta con 20.320 paneles y cubre un total de 13,9 hectáreas (MEM, 2014).

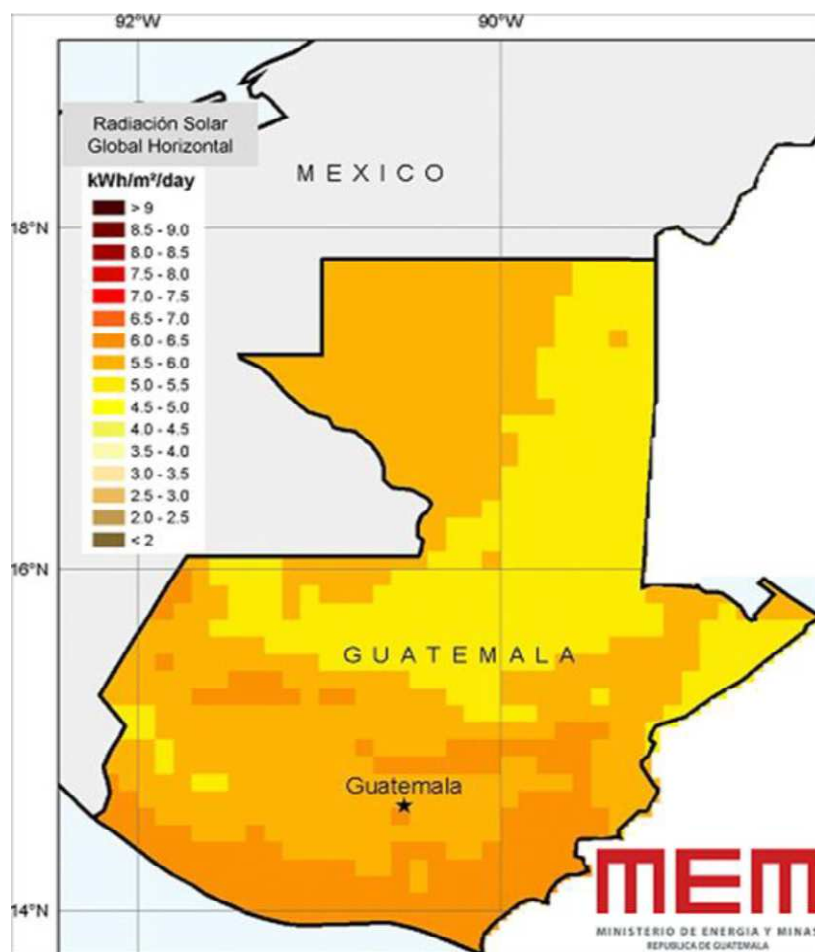


Figura 3.16: Mapa de radiación solar incidente de Guatemala.

Fuente: (MEM, 2014).

### 3.1.4.5 Energía eólica

El MEM estima un potencial bruto de energía eólica de hasta 7.000 MW, sin embargo las estimaciones más conservadoras, indican que el potencial económicamente factible es de 280 MW, como es reflejado en la Política Energética 2013-2027 de la República de Guatemala (MEM, 2013). Según el MEM, existen zonas interesantes para el desarrollo de proyectos eólicos, con velocidades promedio entre 6,4 m/s a 8,8 m/s medidos a 50 m, especialmente en la zona oriente, suroriente, centro y noroccidente del país, como puede verse en la Figura 3.17.



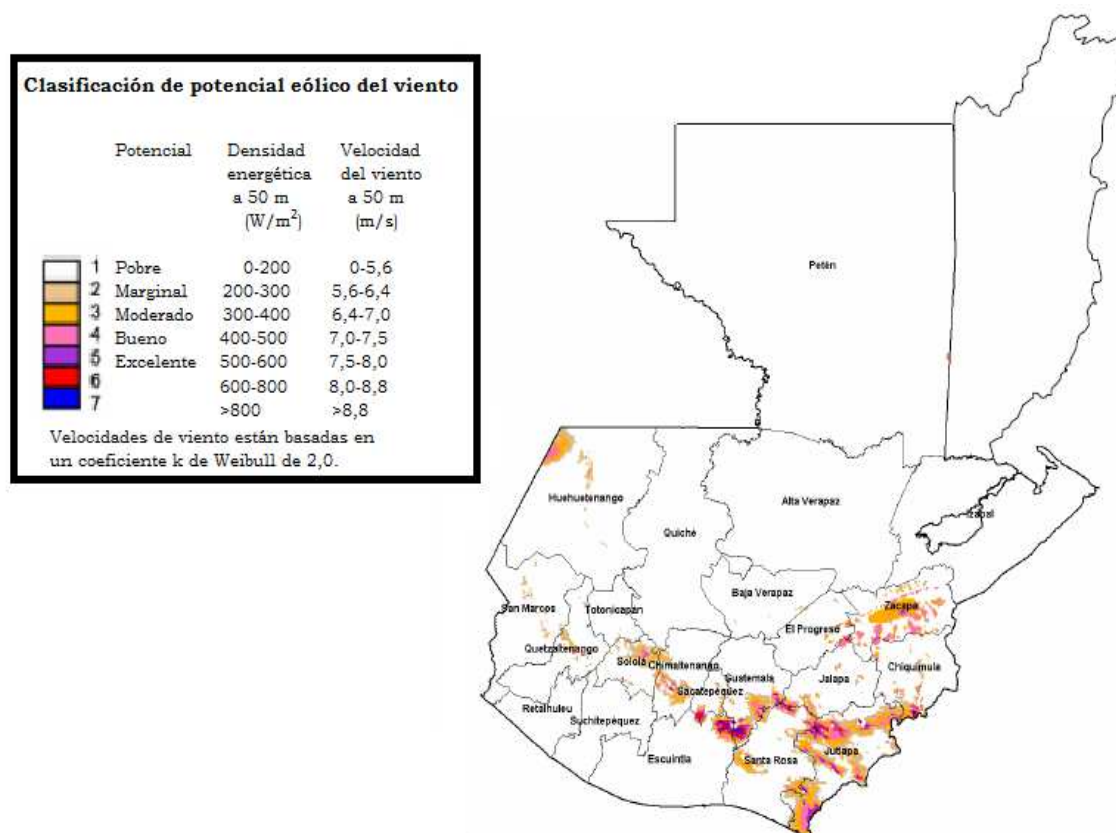


Figura 3.17: Potencial eólico de Guatemala. Fuente: Adaptado de la Guía del Subsector Eléctrico y de las energías renovables del MEM (MEM, 2012).

Actualmente aún no existe ningún proyecto eólico de gran escala en operación en el país, sin embargo existen algunos proyectos en desarrollo que podrían entrar en operación en el corto plazo, el primero de ellos será el proyecto eólico San Antonio El Sitio en el departamento de Guatemala, financiado en parte por el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE), el proyecto tendrá un costo de US\$ 84 millones, con una potencia instalada de 50 MW y 16 aerogeneradores y se espera entre en operaciones en el segundo semestre de 2015 (MEM, 2013). Otros proyectos eólicos en consideración son los proyectos Viento Blanco de 21 MW y el proyecto Buenos Aires de 15 MW (Koberle, 2012).

### 3.2 Política energética de Guatemala

La política energética vigente en Guatemala es la “Política Energética 2013-2027. Energía para el Desarrollo” realizada por el MEM con el apoyo de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) y la Secretaria de Planificación y Programa de la Presidencia (SEGEPLAN).

La política energética está formada por dos capítulos, en el primero de ellos se realiza un diagnóstico general del sector energético mundial y nacional, se describe el contexto nacional del sistema energético del país, y se detallan los alcances, enfoques y principios de la política energética; en el segundo capítulo se describe el marco estratégico, objetivo, ejes y principales estrategias para la implementación de la política energética (MEM, 2013).

#### 3.2.1 Alcance de la política energética 2013-2027

La política energética 2013-2027 se fundamenta en una serie de enfoques que contribuyen a orientar y lograr su operatividad, como se ve en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2: Enfoques y principios de la política energética 2013-2027

<b>Enfoques</b>	<b>Principios</b>
Gestión por resultados	Universalidad de la energía
Enfoque territorial	Seguridad de abastecimiento
Enfoque de competitividad	Eficiencia y competitividad
Descentralización y alianzas para el desarrollo	Desarrollo sostenible y sustentable
Sostenibilidad socio-ambiental	Uso racional y eficiente de la energía
Fortalecimiento de la inversión en infraestructura	Enfoque armonioso con el medio ambiente

<b>Continuación Tabla 3.2</b>	
<b>Enfoques</b>	<b>Principios</b>
Desarrollo rural integral	Visión a largo plazo
Apoyo en la inversión de proyectos locales (municipales y comunitarios)	Integralidad y continuidad

Fuente: (MEM, 2013).

### **3.2.2 Objetivo general de la política energética 2013-2027**

El objetivo de la política es contribuir al desarrollo energético sostenible del país, con equidad social y respeto al medio ambiente (MEM, 2013). Además se desarrollará un plan de acción que será el instrumento de gestión que permite orientar y dar seguimiento a todas aquellas acciones requeridas para el cumplimiento del objetivo de la política energética 2013-2027. Se realizará un monitoreo periódico de las estadísticas económicas-energéticas que describan el comportamiento del sector energético (MEM, 2013).

### **3.2.3 Ejes de la política energética 2013-2027**

El eje transversal de la política energética 2013-2027 es la implementación del desarrollo sostenible, entendido como el proceso de desarrollo sostenido y equitativo de la calidad de vida de los guatemaltecos y guatemaltecas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección del medio ambiente, procurando no comprometer las expectativas de las generaciones futuras (MEM, 2013).

Para cumplir con el objetivo general de la política, se identificaron cinco ejes o líneas de intervención, que orientarán el accionar del MEM y de las otras instituciones públicas relacionadas con el sector, las cuales se detallan a continuación:

Tabla 3.3. Primer eje de la política energética: Seguridad y abastecimiento de electricidad a precios competitivos. Fuente: (MEM, 2013).

<b>Objetivos operativos</b>	<b>Metas a largo plazo</b>	<b>Acciones</b>	<b>Instituciones involucradas</b>
Diversificar la matriz eléctrica con fuentes renovables	Alcanzar 80 % de la generación eléctrica con fuentes renovables	Actualizar estudios del potencial renovable del país. Impulsar la hidroeléctrica, geotermia, solar, eólica, biomasa.	MEM, CNEE, Instituto Nacional de Electrificación (INDE), MARN y sector privado.
Ampliar el sistema de generación y transmisión	Promover la inversión de 500 MW de energía renovable. Incrementar la red de transmisión en 1.500 km.	Desarrollar de forma continua planes indicativos de expansión de los sistemas de generación y transmisión. Fortalecer al MEM para el desarrollo eficiente de planificación energética.	MEM, AMM, CNEE, INDE y sector privado.
Posicionar al país como líder del MER	Exportar por lo menos 300 MW en el MER. Aprovechar la interconexión con México importando al menos 200 MW y exportando por lo menos 150 MW.	Incrementar la exportación de electricidad al MER. Armonizar la regulación nacional con la regulación de México para facilitar las transacciones.	MEM, AMM, CNEE, CRIE, EOR, CDMER, INDE y sector privado.
Contribuir al desarrollo sostenible de comunidades donde se ejecutan los proyectos energéticos	Lograr que el 100 % de nuevos proyectos de energía aborden los principios de desarrollo sostenible.	Institucionalizar espacios de participación y diálogo entre diferentes actores para abordar socialmente los proyectos. Promover la Responsabilidad Social Empresarial (RSE).	MEM, municipalidades, consejos de desarrollo, MARN, Congreso, INDE y sector privado.

Tabla 3.4. Segundo eje de la política energética: Seguridad del abastecimiento de combustibles a precios competitivos. Fuente: (MEM, 2013).

<b>Objetivos operativos</b>	<b>Metas a largo plazo</b>	<b>Acciones</b>	<b>Instituciones involucradas</b>
Introducir los combustibles alternativos en la cadena de comercialización	Hacer un inventario de reservas probables o potenciales de gas natural. Contar con al menos una terminal de almacenamiento de gas natural. Aprobar leyes y reglamentos para el uso y comercialización de gas natural y biocombustibles.	Desarrollar un plan para incentivar la explotación e importación de gas natural. Presentar iniciativas de ley y reglamento para el uso y comercialización de gas natural. Presentar iniciativas de ley y reglamento para el uso y comercialización de biocombustible.	MEM, Congreso, SEGEPLAN y sector privado.
Fortalecer el control y fiscalización de los actores de la cadena de comercialización de combustibles y gas natural.	Contar con 6 oficinas regionales de control de precio y calidad del combustible. Creación de una plataforma digital.	Descentralización de la actividad administrativa en todo el país. Implementación de equipo y tecnología para el control y fiscalización de combustibles. Desarrollar una plataforma digital para la administración e información sobre comercialización de combustibles.	MEM, Dirección de Atención y Asistencia al Consumidor (DIACO), Ministerio de Economía (MINECO) y sector privado.
Mejorar la competitividad en el mercado de los combustibles	Crear una ventanilla única para agilizar los trámites administrativos. Contar con norma técnica para cada actividad de la cadena de comercialización.	Modernizar los procesos administrativos de la cadena de comercialización. Crear normas técnicas para facilitar inversiones en la cadena de comercialización.	MEM, Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR)

Tabla 3.5. Tercer eje de la política energética: Exploración y explotación de las reservas petroleras con miras al autoabastecimiento nacional. Fuente: (MEM, 2013).

<b>Objetivos operativos</b>	<b>Metas a largo plazo</b>	<b>Acciones</b>	<b>Instituciones involucradas</b>
Incrementar la producción de petróleo y gas natural a nivel nacional.	Aumentar la producción nacional de petróleo en 100 % Promover el aprovechamiento de las reservas de gas natural en 25 %.	Aumentar convocatorias para nuevas áreas de exploración y explotación. Presentar iniciativa de ley y modelos de contrato para exploración y explotación de gas natural.	MEM, Congreso, SEGEPLAN, MARN y sector privado.
Modernizar la plataforma tecnológica para la producción y transporte de petróleo y gas natural bajo un enfoque de desarrollo sostenible.	Incrementar en 10 % la modernización de la infraestructura para la producción y transporte de petróleo y gas natural.	Presentar estudios técnicos para la modernización de la infraestructura de petróleo y gas natural. Creación del laboratorio de núcleos de perforación. Creación del instituto de petróleo y gas natural.	MEM, Instituto Geográfico Nacional (IGN), Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), Congreso y sector privado.
Incentivar la refinación de crudo nacional.	Refinar el 10 % del crudo nacional producido.	Elaborar estudios de prefactibilidad para establecer procesos de refinación del crudo nacional. Desarrollar carreras técnicas especializadas en petróleo y gas natural.	MEM, Consejo Nacional de Alianzas para el Desarrollo de Infraestructura Económica (CONADIE), USAC y sector privado.
Mejorar los mecanismos de transparencia y orientación del gasto público derivado de la extracción de petróleo.	Lograr que los gobiernos locales reporten el 100 % de la inversión de fondos provenientes de la extracción de petróleo.	Fortalecer las competencias locales para la inversión social de los recursos generados por la extracción de petróleo.	MEM, MINFIN, SCEP, PDH, Comisión presidencial de transparencia, CONAP, gobiernos locales, sector privado.

Tabla 3.6: Cuarto eje de la política energética: Ahorro y uso eficiente de la energía.  
Fuente: (MEM, 2013).

<b>Objetivos operativos</b>	<b>Metas a largo plazo</b>	<b>Acciones</b>	<b>Instituciones involucradas</b>
Crear los mecanismos para el uso eficiente de la energía	Fomentar un 25 % de ahorro en el consumo de energía del sector de industria y comercio.	Institucionalizar la eficiencia energética en entidades públicas. Implementar plan y fondo nacional para el ahorro y uso eficiente de energía.	MEM, MARN, Congreso, Secretaria General de la Presidencia, instituciones públicas y sector privado.

Tabla 3.7: Quinto eje de la política energética: Reducción del uso de leña en el país.  
Fuente: (MEM, 2013).

<b>Objetivos operativos</b>	<b>Metas a largo plazo</b>	<b>Acciones</b>	<b>Instituciones involucradas</b>
Incrementar el uso de estufas ahorradoras de leña.	Poner en funcionamiento 100.000 estufas ahorradoras.	Crear normativa para el uso y certificación de estufas. Brindar asistencia técnica para el uso de estufas ahorradoras.	MEM, MSPAS, INAB, MIDES, MINECO, municipalidades y sector privado.
Disminuir el uso de leña en la industria.	Reducir en 15 % el consumo de leña en la industria.	Normar el uso de leña en actividades industriales. Brindar asistencia técnica para el manejo de bosques energéticos.	MARN, MEM, INAB y sector privado.
Fomentar el uso de bosques energéticos para fines industriales.	Incrementar en 10 % los bosques energéticos del país.	Incorporar los bosques energéticos a la oferta de leña. Fomentar la creación de un fondo de incentivos para plantaciones energéticas de uso industrial.	INAB, MEM, MAGA y sector privado.
Sustituir el uso de leña por otras fuentes energéticas en los hogares	Sustituir el uso de leña por otro energético en el 25 % de los hogares.	Implementar campañas del uso racional de leña. Implementar el uso de energéticos alternativos (GLP, gas natural, etc.).	MEM, MINEDUC, INAB, MSPAS y sector privado.

#### **4 ENERGÍA Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

Desde sus inicios, el concepto desarrollo sustentable fue dado por la Comisión Brundtland como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de futuras generaciones de satisfacer las suyas” (WCED, 1987). Cuando el desarrollo sustentable se mantiene a lo largo del tiempo se alcanza el denominado desarrollo sostenible, el cual es un concepto dinámico, que es una traducción más adecuada del término en inglés “sustainable development” (Barber, 2009). Además, en la Conferencia de Desarrollo y Medio Ambiente de las Naciones Unidas en 1992, se adoptó la Agenda 21, donde se catalogo el desarrollo sostenible en tres dimensiones principales, económica, social y ambiental (Davidsdottir & Basoli, 2009). Por otro lado también se definió al desarrollo sostenible como la posibilidad de mejorar la calidad de vida, de un modo que sea sostenible económica y ambientalmente, a largo plazo, con el respaldo de la estructura institucional del país (OIEA, UNDESA, AIE, Eurostat, AEMA, 2008).

El suministro de servicios adecuados y confiables de energía a un costo asequible, de una forma segura y ambientalmente amigable, en conformidad con las necesidades de desarrollo social y económico, son elementos fundamentales para el desarrollo energético sostenible (Vera, Langlois, & Rogner, 2005). La Comisión Brundtland escribió en 1987 “la energía es necesaria para la supervivencia diaria. El desarrollo futuro depende crucialmente de su disponibilidad en el largo plazo” (WCED, 1987). El uso de energía es un componente vital tanto del desarrollo económico como del desarrollo social, pero el uso de energía, también contribuye de forma significativa a la degradación del medio ambiente. Como resultado, el uso de energía es un elemento central en cada una de las tres dimensiones del desarrollo sostenible, social, económica y ambiental (Davidsdottir, 2007).



Una de las definiciones más acertadas respecto al desarrollo sostenible y su relación con la energía, es la dada por la declaración de Johannesburgo en 2002, donde indica que el desarrollo sostenible es “el desarrollo que involucra el mejoramiento en el acceso a fuentes y recursos energéticos confiables, asequibles, económicamente viables, socialmente aceptables y racionales ambientalmente, tomando en cuenta las circunstancias específicas de cada sistema energético nacional” (Davidsdottir, 2007). La relación entre energía y desarrollo sostenible puede verse en Figura 4.1.

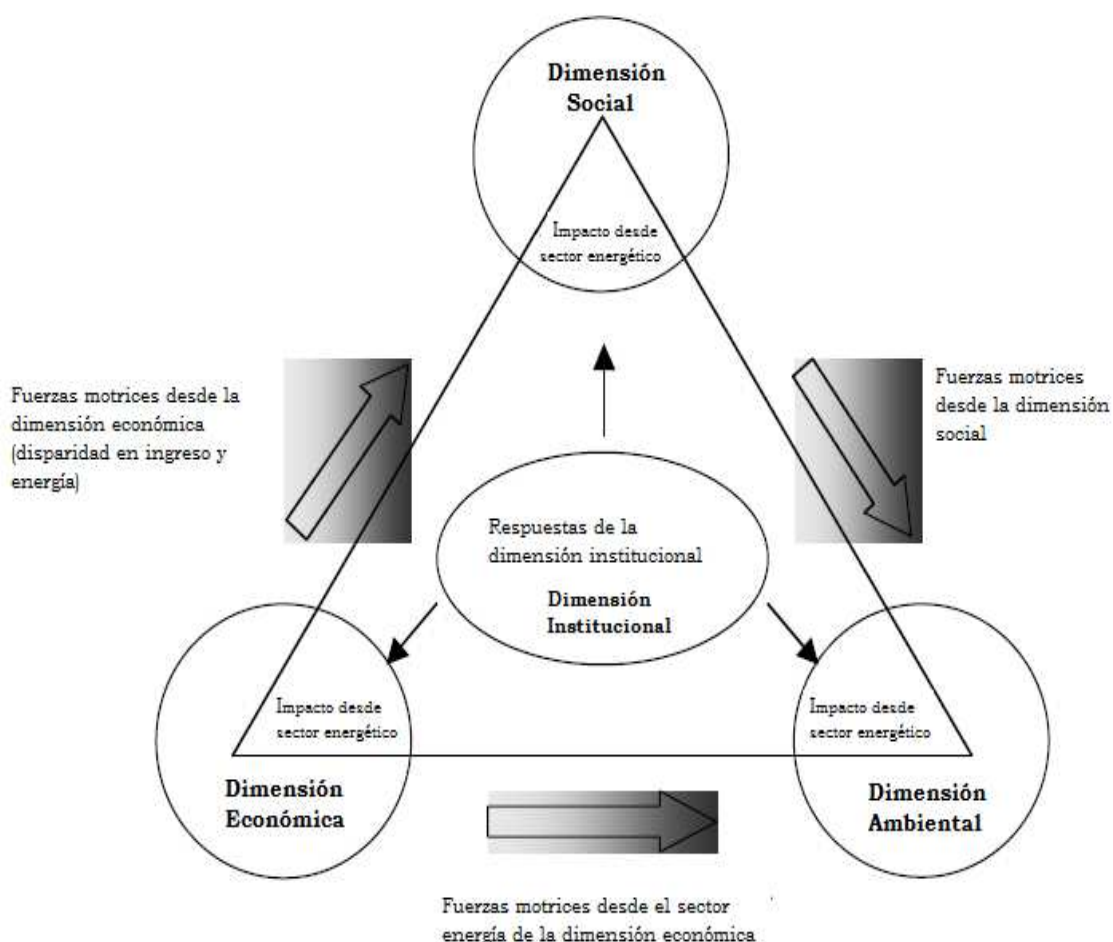


Figura 4.1: Energía y desarrollo sostenible.

Fuente: Adaptado de (OIEA, UNDESA, AIE, Eurostat, AEMA, 2008).

#### **4.1 Definición de indicadores energéticos del desarrollo sostenible**

Desde la publicación en 1987 del Informe Brundtland, varias organizaciones internacionales y nacionales se pusieron a formular indicadores para medir y evaluar uno o más aspectos del desarrollo sostenible. Esas iniciativas recibieron un fuerte impulso a raíz de la adopción del Programa 21 en la Cumbre de la Tierra, celebrada en 1992, en el que se pide específicamente (capítulo 40) a los países y organizaciones internacionales gubernamentales y no gubernamentales que elaboren el concepto de Indicadores de Desarrollo Sostenible (IDS) y los armonicen a nivel nacional, regional y global (OIEA, UNDESA, AIE, Eurostat, AEMA, 2008). En 1995 el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas (UNDESA) comenzó a trabajar una serie de indicadores de desarrollo sostenible, al inicio los indicadores abarcaban las cuatro dimensiones del desarrollo sostenible, la social, económica, ambiental e institucional; en un inicio los IDS llegaron a contener más de 130 indicadores. En la versión más reciente figuran únicamente 50 indicadores, clasificados en 4 dimensiones, 14 temas y 44 sub temas (UNDESA, 2007). El trabajo inicial sobre IEDS emprendido por la OIEA, UNDESA, la Agencia Internacional de Energía (AIE) y otras organizaciones internacionales y nacionales, se presentó en el noveno período de sesiones de la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible (CDS) realizado en 2001, el resultado de este trabajo es contribuir a la mejora en la accesibilidad a la energía, eficiencia energética, energía renovable, tecnologías avanzadas aplicables a los combustibles fósiles, tecnologías para la energía nuclear, energía rural y transporte (OIEA, UNDESA, AIE, Eurostat, AEMA, 2008). Al año siguiente, durante la Cumbre Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo

Sostenible, realizada en Johannesburgo, se examinó el tema de la energía y se confirmó la importancia del acceso a la energía como una de las formas para reducir a la mitad el porcentaje de personas que viven en pobreza para el año 2015, la cumbre también recomendó efectuar cambios en las modalidades insostenibles de producción y consumo de energía (OIEA, UNDESA, AIE, Eurostat, AEMA, 2008).

#### **4.2 Desarrollo de indicadores energéticos del desarrollo sostenible**

En 1999 se inició el programa de largo plazo para el desarrollo de IEDS por parte de la OIEA, AIE, UNDESA, los objetivos fueron desarrollar una serie de indicadores energéticos consistentes, asistir a los países en la capacidad de generar estadísticas energéticas necesarias para promover la sostenibilidad energética y complementar el trabajo realizado por la CDS de las Naciones Unidas y sus indicadores para el desarrollo sostenible. El proyecto fue desarrollado en dos fases, las cuales se detallan a continuación (Vera, Langlois, & Rogner, 2005):

- Primera fase (1999-2001): Fue identificado un set original de 41 IEDS, de las cuales se inició el trabajo de clasificación e implementación. Se definieron temas y sub-temas, así como entrecruzamientos entre algunos indicadores. Los resultados fueron presentados en las CDS-9 en 2001.
- Segunda fase (2002-2005): Inició en 2002 con un proyecto de investigación coordinado para implementar el set de IEDS originales en siete países. Los países fueron elegidos por propuestas de expertos de organizaciones de investigación energética y estadística, que estaban interesados en la evaluación de las políticas energéticas de dichos países. El proyecto culminó en 2005, con la publicación del análisis de IEDS de los países participantes. Es importante mencionar que en la actualidad únicamente se han construido IEDS para dichos países en el mundo, los cuales son Brasil, Cuba, Lituania, México, Rusia, Eslovaquia y Tailandia (IAEA, UNDESA, 2006).

## **5 INDICADORES ENERGÉTICOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE**

Un indicador es una medida (distancia que existe para alcanzar un objetivo o meta), sobre el cual se puede evaluar el desempeño de una política (SENER, 2009). Los Indicadores Energéticos para el Desarrollo Sostenible (IEDS) son estadísticas que buscan lograr un entendimiento más a fondo de los principales problemas del sector energético de un país o región. Además son herramientas para dar a conocer a los encargados de las políticas y al público general, las cuestiones energéticas relacionadas con el desarrollo sostenible y fomentar el diálogo institucional (OIEA, UNDESA, AIE, Eurostat, AEMA, 2008).

El objetivo de los IEDS es proporcionar información, en un formato que simplifique la adopción de decisiones a nivel nacional, con el fin de ayudar a sus países a evaluar si sus políticas energéticas son efectivas para lograr un desarrollo sostenible. Gracias a los indicadores se debería ver con mayor facilidad qué programas se necesitan para un desarrollo sostenible y así determinar que estadísticas es preciso recopilar en materia de energía (OIEA, UNDESA, AIE, Eurostat, AEMA, 2008).

Los IEDS deben interpretarse en el contexto de la economía de cada país y de sus recursos energéticos. Una economía dominada por la extracción y elaboración de materias primas tendrá un uso de energía por unidad de PIB relativamente alto, por muy eficiente que sea. Esto no significa que el país deba olvidarse de desarrollar su base de recursos (OIEA, UNDESA, AIE, Eurostat, AEMA, 2008).

Hay 30 indicadores, clasificados en tres dimensiones (social, económica y ambiental), estas se subdividen a su vez en 7 temas y 19 subtemas, los cuales se detallan a continuación:

## **5.1 Dimensión social**

La disponibilidad de energía tiene una repercusión directa sobre la pobreza, las oportunidades de empleo, la educación, la transición demográfica, la contaminación en ambientes cerrados y salud. La dimensión social está formada por dos temas fundamentales, equidad y salud. Los indicadores de equidad incluyen los subtemas de accesibilidad, asequibilidad y disparidades; el indicador de salud incluye el subtema de seguridad (OIEA, UNDESA, AIE, Eurostat, AEMA, 2008).

A continuación se describe a detalle cada uno de los 4 indicadores de la dimensión social:

### **5.1.1 SOC1: Porcentaje de población sin electricidad o energía comercial**

- Finalidad: Supervisar los progresos en la espera de accesibilidad de los servicios de electricidad (OIEA, UNDESA, AIE, Eurostat, AEMA, 2008).
- Relación con el DS: Los servicios de energía comercial son decisivos para facilitar alimentos, vivienda, agua, saneamiento, atención a la salud, educación y acceso adecuado a las comunicaciones (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Guarda relación con el uso de combustibles no comerciales, con los precios de energía y con varios indicadores de la dimensión social, como las disparidades en los ingresos, el porcentaje de ingresos del hogar gastados en combustibles y electricidad, el consumo de energía en relación al nivel de ingresos (Ibídem).
- Definición e interpretación: Se define como el porcentaje de hogares o población sin acceso a la energía comercial o electricidad y por el porcentaje de hogares en los que la dependencia de combustibles no comerciales (leña, carbón vegetal, bagazo y residuos de animales y vegetales) excede el 75 % de la energía total empleada (Ibídem).

### **5.1.2 SOC2: Ingresos de hogares dedicados a combustibles y electricidad**

- Finalidad: Proporcionar una medida de la asequibilidad de la energía para el hogar medio y para el segmento más pobre de los hogares (Ibídem)
- Relación con el DS: Desde el punto de vista del DS, es importante examinar los ingresos, riqueza y en particular la asequibilidad de los servicios modernos de abastecimiento de energía para toda la población (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Guarda relación con los precios de la energía y con varios indicadores de la dimensión social, como las disparidades entre los ingresos, porcentaje de hogares sin acceso a electricidad o muy dependientes de servicios de energía no comerciales y el consumo energético en relación a los niveles de ingresos (Ibídem).
- Definición e interpretación: Corresponde a los gastos globales de energía comercial de los hogares divididos por los ingresos totales (Ibídem).

### **5.1.3 SOC3: Uso de energía en los hogares por grupo de ingreso**

- Finalidad: Suministrar una medida de las desigualdades y de la asequibilidad energética. Proporciona una evaluación de la cantidad de electricidad y combustibles utilizados por la población en relación con el nivel de ingresos (Ibídem).
- Relación con el DS: Desde el punto de vista del DS, es importante examinar los ingresos, riqueza y en particular la asequibilidad de los servicios modernos de abastecimiento de energía para toda la población (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Guarda relación con los precios de la energía y con varios indicadores de la dimensión social, como los porcentajes de hogares sin acceso a la electricidad o muy dependientes de los servicios de energía no comerciales, el porcentaje de ingresos gastados en combustibles y electricidad (Ibídem).
- Definición e interpretación: Consumo de energía con arreglo al grupo de ingresos del hogar y por tipo de combustible (Ibídem).

#### 5.1.4 SOC4: Víctimas mortales de accidentes por producción de energía.

- Finalidad: Mostrar el número de víctimas mortales de accidentes por energía producida en los sistemas energéticos y actividades conexas (Ibídem).
- Relación con el DS: Los sistemas de energía guardan relación con una larga serie de agresiones e impactos, que no excluyen los riesgos ambientales para la salud (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Está estrechamente relacionado con varios indicadores de la dimensión económica, como el nivel de uso y producción de energía, la combinación de combustibles, etc. Además está vinculado con otros indicadores sociales como porcentaje de hogares sin electricidad o muy dependientes de energías no comerciales (Ibídem).
- Definición e interpretación: Número anual de víctimas mortales por accidentes ocurridos en las diversas cadenas energéticas (Ibídem).

Tabla 5.1: Indicadores energéticos del desarrollo sostenible dimensión social

Tema	Subtema	Código	Indicador Energético
Equidad	Accesibilidad	SOC1	Porcentaje de población sin electricidad.
	Asequibilidad	SOC2	Ingresos dedicados a los combustibles y electricidad en el hogar.
	Disparidades	SOC3	Uso de energía en hogares por grupo de ingresos.
Salud	Seguridad	SOC4	Víctimas mortales de accidentes por la cadena de combustible.

Fuente: (OIEA, UNDESA, AIE, Eurostat, AEMA, 2008).

## 5.2 Dimensión económica

Las economías modernas dependen de un suministro de energía seguro y adecuado, y los países en desarrollo necesitan tenerlo garantizado como condición para lograr su industrialización. Todos los sectores de la economía (residencial, comercial, transporte, servicios y agricultura), exigen servicios de energía modernos. A su vez,

estos servicios, fomentan el desarrollo económico y social a nivel local, elevando la productividad y promoviendo la generación local de ingresos. Los indicadores económicos se subdividen en dos temas: patrones de uso y producción, y seguridad. El primero de ellos se subdivide en los subtemas de uso global, productividad global, eficiencia de suministro, producción, uso final, diversificación y precios. El segundo tema se subdivide en los subtemas de importaciones y reservas estratégicas de combustibles (OIEA, UNDESA, AIE, Eurostat, AEMA, 2008).

A continuación se detallan cada uno de los 16 indicadores de la dimensión económica.

### **5.2.1 ECO1: Uso de energía per cápita**

- Finalidad: Este indicador mide el nivel de utilización de la energía sobre una base per cápita y refleja pautas de uso de la energía y la intensidad energética agregada de una sociedad (OIEA, UNDESA, AIE, Eurostat, AEMA, 2008).
- Relación con el DS: La energía es un factor esencial en el desarrollo económico y el suministro de servicios vitales que mejoran la calidad de vida. Aunque la energía es una condición clave para el progreso económico, su producción, consumo y subproductos han repercutido en graves presiones sobre el medio ambiente, no sólo por el agotamiento de los recursos que provoca, sino también por la contaminación que genera (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Este indicador está estrechamente ligado a otros indicadores económicos, como el uso de energía por unidad de PIB, los precios de la energía, la intensidad energética y las importaciones netas de energía; con indicadores ambientales como las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI), la calidad del aire y la generación de desechos; y con indicadores sociales como el uso de energía de los hogares para cada grupo de ingresos (Ibídem).



- Definición e interpretación: Este indicador se calcula como el ratio del uso anual total de energía con respecto a la población a mediados del año (Ibídem).

### **5.2.2 ECO2: Uso de energía por unidad de PIB**

- Finalidad: Este indicador refleja las tendencias en el uso total de energía con respecto al PIB y expresa la relación general entre la utilización de la energía y el desarrollo económico (Ibídem).
- Relación con el DS: La energía es esencial para el desarrollo económico y social. Sin embargo, el consumo de energía afecta la disponibilidad de recursos y al medio ambiente. En concreto, el uso de combustibles fósiles es la causa principal de la contaminación atmosférica y cambio climático. Mejorar la eficiencia energética y disociar el desarrollo económico del uso de energía son objetivos importantes del DS (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Está relacionado con indicadores de intensidad energética de los sectores, también está ligado con los indicadores de uso total de energía, emisiones de GEI y emisiones de contaminantes a la atmósfera (Ibídem).
- Definición e interpretación: El ratio de la energía usada con respecto al PIB se denomina también intensidad energética agregada o intensidad energética de la economía. La proporción entre la energía utilizada y el PIB indica la energía total que se está empleando para apoyar a los sectores económico y social. Este indicador se calcula como el ratio del uso de energía respecto de la producción económica. El uso de energía se puede obtener de los balances de energía y el PIB debe corregirse por la Paridad de Poder Adquisitivo (PPA) (Ibídem).

### **5.2.3 ECO3: Eficiencia de la conversión y distribución de energía.**

- Finalidad: Este indicador mide la eficiencia de los sistemas de conversión y distribución en las diversas cadenas de suministro de energía, incluidas las

pérdidas producidas durante la transmisión y distribución de electricidad, el transporte y distribución de gas (Ibídem).

- Relación con el DS: Las mejoras en la eficiencia de los sistemas de suministro de energía se traducen en una utilización más efectiva de los recursos energéticos y en la atenuación de los impactos negativos sobre el medio ambiente (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Este indicador está estrechamente relacionado con otros indicadores de las dimensiones económica y ambiental, incluido el uso e intensidades de la energía, la combinación de combustibles, las emisiones de GEI, emisiones de contaminantes atmosféricos, la contaminación del suelo y agua (Ibídem).
- Descripción e interpretación: Este indicador abarca varios aspectos, el primero de ellos es la eficiencia de los combustibles fósiles para la generación de electricidad, definida como la producción bruta de electricidad de las fábricas alimentadas por combustibles fósiles en relación con los insumos de combustibles fósiles; el segundo de ellos es la eficiencia de la transmisión y distribución de electricidad, definida como el ratio del consumo final de electricidad respecto del suministro de la misma (Ibídem).

#### **5.2.4 ECO4: Relación reservas/producción**

- Finalidad: El objetivo de este indicador reside en medir la disponibilidad de las reservas nacionales de energía respecto a la producción correspondiente de combustibles (Ibídem).
- Relación con el DS: La disponibilidad del suministro de combustibles energéticos constituye un aspecto clave de la sostenibilidad. Este indicador proporciona una base para estimar los suministros futuros con respecto a la disponibilidad actual de las reservas de energía y los niveles de producción (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Este indicador está ligado a los indicadores de producción y utilización anuales de energía, importaciones, precios y recursos de energía (Ibídem).

- Descripción e interpretación: Las reservas comprobadas indican los recursos *in situ* que se han considerado explotables en las condiciones económicas actuales y previstas con la tecnología disponible. Se obtiene dividiendo las reservas comprobadas de un combustible al final de un año por la producción total de ese combustible durante el mismo año (Ibídem).

### **5.2.5 ECO5: Relación recursos/producción**

- Finalidad: El objetivo de este indicador es medir la disponibilidad de los recursos nacionales de energía con respecto a la producción correspondiente de los mismos (Ibídem).
- Relación con el DS: La disponibilidad y seguridad del suministro de combustibles energéticos son aspectos clave de la sostenibilidad (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Este indicador está ligado a los indicadores de producción y utilización anuales de energía, importaciones, precios y reservas de energía (Ibídem).
- Descripción e interpretación: Entre los recursos se incluye las reservas probadas, los recursos suplementarios estimados y los recursos especulativos. Se calcula dividiendo los recursos energéticos totales (oferta total) de un combustible al final de un año por la producción total de ese combustible durante el mismo año (Ibídem).

### **5.2.6 ECO6: Intensidades energéticas de la industria**

- Finalidad: El sector industrial es uno de los mayores consumidores de energía, este conjunto de indicadores mide el uso total de energía del sector industrial por el valor agregado correspondiente (Ibídem).
- Relación con el DS: La mejora de la eficiencia energética y la reducción de la intensidad de los procesos industriales son objetivos importantes del desarrollo sostenible para todos los países del mundo. Las mejoras en la intensidad se traducen en un uso más efectivo de los recursos energéticos y en una disminución de los impactos ambientales negativos (Ibídem).

- Relación con otros indicadores: Está relacionado con indicadores de intensidad energética de los sectores, también está ligado con los indicadores de uso total de energía, emisiones de GEI, emisiones de contaminantes a la atmósfera y el agotamiento de los recursos energéticos (Ibídem).
- Definición e interpretación: El uso de energía por unidad de valor agregado es una de las formas de medir las necesidades energéticas de la producción de manufacturas (Ibídem).

### **5.2.7 ECO7: Intensidades energéticas del sector agrícola**

- Finalidad: Este indicador es una medida de la intensidad energética agregada del sector agrícola, que puede utilizarse para analizar tendencias, particularmente en el uso de energías no comerciales y renovables (Ibídem).
- Relación con el DS: La energía es esencial para la mayoría de actividades humanas, incluida la agricultura. La disponibilidad de energía es un factor clave para incrementar la productividad agrícola y mejorar la vida rural (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Está relacionado con indicadores de intensidad energética de los sectores, también está ligado con los indicadores de uso total de energía, emisiones de GEI, emisiones de contaminantes a la atmósfera y el agotamiento de los recursos energéticos (Ibídem).
- Definición e interpretación: El uso total de la energía en la agricultura tiene su origen en los insumos energéticos de todas las etapas de la producción y en los procesos de elaboración del sector agrícola. Entre las actividades agrícolas hay que mencionar la preparación de la tierra, la mecanización, la fertilización, el riego, la cosecha, el transporte, la elaboración y el almacenamiento (Ibídem).

### **5.2.8 ECO8: Intensidades energéticas sector de servicios y comercial**

- Finalidad: Este indicador se utiliza para supervisar las tendencias en el uso de energía en el sector de servicios y comercial (Ibídem).

- Relación con el DS: El sector de los servicios no requiere tanta energía como el sector de manufacturas, y el crecimiento del sector en comparación con el de manufacturas contribuye al descenso a largo plazo del ratio del uso total de energía respecto al PIB. Sin embargo, este sector es un gran consumidor de electricidad. En general, el DS exige una intensificación en la eficiencia energética en todos los sectores, con el objeto de reducir la utilización global de energía y atenuar los impactos ambientales negativos (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Está relacionado con indicadores de intensidad energética de los sectores, también está ligado con los indicadores de uso total de energía, emisiones de GEI, emisiones de contaminantes a la atmósfera y el agotamiento de los recursos energéticos (Ibídem).
- Descripción e interpretación: Incluye al sector de servicios públicos y comerciales, como oficinas, escuelas, hospitales, restaurantes, almacenes y puntos de venta al por menor. En este sector, la eficiencia energética está relacionada más directamente con la eficiencia de los servicios generales de energía (iluminación, ventilación, informática, ascensores, etc.) que con la eficiencia de las actividades sectoriales concretas (Ibídem).

### **5.2.9 ECO9: Intensidades energéticas del sector residencial**

- Finalidad: Este indicador se utiliza para supervisar el uso de la energía en el sector de los hogares (Ibídem).
- Relación con el DS: El sector de los hogares es un consumidor muy importante de energía con patrones de consumo muy marcados. La mejora de las eficiencias energéticas en este sector constituye una prioridad esencial para muchos países, debido a que se traduce en una utilización más efectiva de los recursos energéticos y en una reducción de los impactos ambientales negativos (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Está relacionado con indicadores de intensidad energética de los sectores, también está ligado con los indicadores de uso total de energía, emisiones de GEI, emisiones de contaminantes a la atmósfera y el agotamiento de los recursos energéticos (Ibídem).

- Definición e interpretación: El consumo de energía en los hogares abarca la energía utilizada en los edificios residenciales, incluidas las casas urbanas y rurales aisladas, los departamentos y casi todas las residencias, como los dormitorios colectivos y los cuarteles. Las modalidades de combustibles energéticos deberán abarcar las fuentes de energía comercial y no comercial (Ibídem).

#### **5.2.10 ECO10: Intensidades energéticas del transporte**

- Finalidad: El transporte es uno de los principales consumidores de energía, sobre todo en forma de productos derivados del petróleo, lo que hace de esta actividad la fuerza impulsora más importante del crecimiento de la demanda mundial de petróleo (Ibídem).
- Relación con el DS: El transporte está al servicio del desarrollo económico y social a través de la distribución de bienes y servicios, y a través de la movilidad personal. Sin embargo, el uso de energía para el transporte repercute también en el agotamiento de los recursos, en la contaminación del aire y en el cambio climático. La disminución de la intensidad energética del transporte puede frenar el impacto ambiental de esa actividad, manteniendo el mismo tiempo los beneficios económicos y sociales (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Está relacionado con indicadores de intensidad energética de los sectores, también está ligado con los indicadores de uso total de energía, emisiones de GEI, emisiones de contaminantes a la atmósfera y el agotamiento de los recursos energéticos (Ibídem).
- Descripción e interpretación: Los indicadores de transporte miden la cantidad de energía utilizada para trasladar tanto bienes como personas. No deberá incluirse el transporte aéreo y marítimo internacional (Ibídem).

#### **5.2.11 ECO11: Porcentajes de combustibles en la energía**

- Finalidad: Este indicador facilita el porcentaje de combustible en el suministro total de energía primaria, consumo final total y generación eléctrica (Ibídem).

- Relación con el DS: Respecto a la dimensión económica, la composición del suministro energético es un factor clave en la seguridad energética. La combinación concreta de combustibles utilizados para la producción de energía y electricidad afecta también las intensidades energéticas. Respecto a la dimensión ambiental, la composición del suministro energético tiene efectos ambientales importantes según la fuente, las cuales pueden incluir, contaminación atmosférica, cambio climático, uso de la tierra y riesgos atribuidos a varios ciclos de las cadenas de combustibles (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Está vinculado con indicadores económicos como la producción anual de combustibles, el uso anual de energía per cápita, la dependencia de las importaciones netas de energía y las reservas energéticas comprobadas. También está relacionado con indicadores ambientales como la concentración y emisión de contaminantes atmosféricos, emisión de GEI, la generación de desechos sólidos y radioactivos, la superficie ocupada por instalaciones energéticas (Ibídem).
- Descripción e interpretación: Este indicador desglosa el suministro energético por fuente de combustible. Debido a que se analiza la energía primaria, las fuentes que se deben especificar son el carbón, petróleo crudo, gas natural, energía nuclear, hidroelectricidad, energías renovables, desechos e importaciones de energía. Este indicador se determina calculando el ratio del consumo o producción de los combustibles energéticos específicos, respecto del uso o producción total de energía (Ibídem).

#### **5.2.12 ECO12: Porcentaje de energía no basada en el carbono en la energía**

- Finalidad: Este indicador mide el porcentaje de fuentes de energía no basadas en carbono en el suministro total de energía primaria y la generación de electricidad (Ibídem).
- Relación con el DS: El fomento de la energía y de la electricidad procedente de fuentes no basadas en el carbono reviste la máxima prioridad para el desarrollo sostenible por varias razones, que van desde la protección

ambiental hasta la seguridad energética y diversificación del suministro de energía (Ibídem).

- Relación con otros indicadores: Este indicador está involucrado con la combinación energética y de fuentes renovables en la producción de energía y electricidad, con el uso de la energía y electricidad y con los indicadores de emisión de GEI (Ibídem).
- Descripción e interpretación: Las fuentes de energía no basadas en carbono incluye a las renovables, tanto combustibles como no combustibles y la generación nucleoelectrica. Se obtiene como el ratio entre las fuentes de energía no basadas en carbono y el suministro total de energía primaria (Ibídem).

#### **5.2.13 ECO13: Porcentaje de energías renovables en la energía**

- Finalidad: Este indicador mide el porcentaje de fuentes renovables en el suministro total de energía primaria, consumo final total y electricidad (Ibídem).
- Relación con el DS: El fomento de la energía y de la electricidad procedente de fuentes no basadas en combustibles fósiles reviste la máxima prioridad para el desarrollo sostenible por varias razones, que van desde la protección ambiental hasta la seguridad energética y diversificación del suministro de energía (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Este indicador está involucrado con la combinación energética y de fuentes renovables en la producción de energía y electricidad, con el uso de la energía y electricidad y con los indicadores de emisión de GEI (Ibídem).
- Descripción e interpretación: Este indicador engloba las modalidades de energía renovable con respecto al suministro total de energía primaria, consumo final total y generación de electricidad (Ibídem).



#### **5.2.14 ECO14: Precios de la energía**

- Finalidad: Este indicador refleja el precio final de los servicios de energía pagado a los consumidores. Los precios de la energía son el motor que incentiva o desincentiva el consumo o la conservación, o las mejoras en la eficiencia. Los precios también pueden afectar la asequibilidad económica (Ibídem).
- Relación con el DS: Los precios de la energía se pueden regular para internalizar los costos ambientales y sociales, gestionar la demanda y fomentar el desarrollo de otras modalidades de energía renovable (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Está relacionado con indicadores energéticos como el uso anual de energía per cápita, la intensidad de la energía utilizada, la composición energética; también con el indicador ambiental de emisión de GEI; y con el indicador social de porcentaje de ingresos de los hogares gastado en combustibles y electricidad (Ibídem).
- Descripción e interpretación: Refleja el precio real abonado por los consumidores finales por los diferentes servicios de energía. Los precios de la energía también se pueden reajustar, por ejemplo a través de los impuestos, para incorporar los costos ambientales y sociales que los productores y consumidores de energía hacen recaer en otros sin pagar las consecuencias (Ibídem).

#### **5.2.15 ECO15: Dependencias de las importaciones netas de energía**

- Finalidad: Este indicador mide el grado de dependencia de un país de las importaciones para hacer frente a sus necesidades de energía (Ibídem).
- Relación con el DS: Mantener un suministro estable de energía es un objetivo básico de las políticas encaminadas al logro de un desarrollo sostenible. Hay dos tipos de riesgo, un riesgo de cantidad y un riesgo de precio. Ambos están relacionados con el nivel de dependencia de un país de las importaciones de energía (Ibídem).

- Relación con otros indicadores: Este indicador está estrechamente relacionado con algunos indicadores económicos, como la producción de energía, consumo per cápita, y con la disponibilidad de recursos (Ibídem).
- Descripción e interpretación: La importación neta se calcula como importaciones menos exportaciones, ambas medidas en equivalentes de petróleo. Un valor negativo en las importaciones netas indica que el país es un exportador neto. Este indicador se computa calculando el ratio de las importaciones respecto del consumo si el país es un importador neto, o el ratio de las exportaciones respecto de la producción si el país es un exportador neto (Ibídem).

#### **5.2.16 ECO16: Reservas de combustibles críticos por consumo**

- Finalidad: La finalidad de este indicador reside en medir la disponibilidad de las reservas nacionales de combustibles críticos como el petróleo, con respecto al consumo del combustible correspondiente. El indicador proporciona una medida relativa de la duración de las existencias si el suministro se viera perturbado y el consumo del combustible se mantuviera en los niveles actuales (Ibídem).
- Relación con el DS: La disponibilidad y seguridad del suministro de combustibles constituyen aspectos clave de la sostenibilidad. Mantener unas existencias estratégicas de combustibles críticos puede ser un componente necesario de un programa nacional de sostenibilidad (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Este indicador está vinculado con los indicadores de producción y uso anual de energía, importaciones, precios y recursos (Ibídem).
- Descripción e interpretación: Las existencias de combustibles críticos, en particular de petróleo, y el consumo anual correspondiente proporcionan una indicación de la seguridad del suministro energético. Este indicador se obtiene dividiendo las existencias de combustibles críticos de los países por el consumo anual de dicho combustible (Ibídem).

Tabla 5.2: Indicadores energéticos del desarrollo sostenible dimensión económica

<b>Tema</b>	<b>Subtema</b>	<b>Código</b>	<b>Indicador Energético</b>
Patrones de uso y producción	Uso	ECO1	Uso de energía per cápita
	Productividad	ECO2	Uso de energía por unidad de PIB
	Eficiencia del suministro	ECO3	Eficiencia de la conversión y distribución de energía
	Producción	ECO4	Relación reservas/producción
		ECO5	Relación recursos/producción
	Uso final	ECO6	Intensidad energética industria
		ECO7	Intensidad energética agrícola
		ECO8	Intensidad energética del sector comercial y servicios
		ECO9	Intensidad energética residencial
		ECO10	Intensidad energética transporte
	Diversificación (Combinación de combustibles)	ECO11	Porcentajes de combustibles en la energía y electricidad
		ECO12	Porcentaje de energía no basada en el carbono en la energía y electricidad
		ECO13	Porcentaje de energía renovable en la energía y electricidad
	Precios	ECO14	Precios de la energía
Seguridad	Importaciones	ECO15	Dependencia de las importaciones netas de energía
	Reservas estratégicas	ECO16	Reservas de combustibles críticos

Fuente: (OIEA, UNDESA, AIE, Eurostat, AEMA, 2008).

### 5.3 Dimensión ambiental

Los impactos ambientales dependen en gran medida de la forma en que se produce y utiliza la energía, de la combinación de combustibles, la estructura de los sistemas energéticos y las medidas de reglamentación conexas en materia de energía y estructura de los precios. Los indicadores ambientales se clasifican en tres temas, atmósfera, agua y tierra. Los subtemas de atmósfera son el cambio climático y la calidad del aire. Los subtemas de los temas de agua y tierra son, calidad del agua, calidad de los suelos, bosques y generación de desechos (OIEA, UNDESA, AIE,

Eurostat, AEMA, 2008). A continuación se detallan cada uno de los 10 indicadores ambientales:

### **5.3.1 ENV1: Emisión de GEI per cápita y por unidad de PIB**

- Finalidad: Este indicador mide las emisiones totales per cápita, y por unidad de PIB de los tres principales GEI procedentes de la producción y uso de energía, que tienen un impacto directo sobre el cambio climático (OIEA, UNDESA, AIE, Eurostat, AEMA, 2008).
- Relación con el DS: Durante el siglo XX, la temperatura media de la superficie de la tierra se elevó en 0,6 °C, este calentamiento es producto de las concentraciones crecientes de GEI en la atmósfera (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Este indicador está muy ligado a muchos otros indicadores económicos y ambientales, incluido el uso de energía per cápita y por unidad de PIB, uso de energía primaria y final, generación de electricidad, combinación de combustibles, emisiones atmosféricas (Ibídem).
- Descripción e interpretación: Los GEI contribuyen en diverso grado al calentamiento mundial en función de su capacidad de absorción de calor y de su vida media en la atmósfera. Las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de combustibles, se calculan multiplicando el uso de energía para cada tipo de combustible por el coeficiente de emisión de CO<sub>2</sub> correspondiente.

### **5.3.2 ENV2: Concentraciones ambientales de contaminantes atmosféricos**

- Finalidad: Este indicador proporciona una medida de la situación del medio ambiente en términos de calidad del aire, que puede generar preocupación en zonas urbanas (Ibídem).
- Relación con el DS: Un porcentaje creciente de las poblaciones vive en zonas urbanas. La alta densidad de población y la concentración de las industrias y tráfico ejercen fuertes presiones sobre el medio ambiente local (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Este indicador está muy ligado a muchos otros indicadores económicos y ambientales, incluido el uso de energía per

cápita y por unidad de PIB, uso de energía primaria y final, generación de electricidad, combinación de combustibles, energías renovables emisiones atmosféricas y la contaminación del suelo (Ibídem).

- Descripción e interpretación: Los datos deben incluir concentraciones representativas medias anuales de los contaminantes ambientales (Ibídem).

### **5.3.3 ENV3: Emisión de contaminantes atmosféricos procedentes de energía**

- Finalidad: Este indicador detecta la liberación a la atmósfera de contaminantes procedentes de las actividades de energía (Ibídem).
- Relación con el DS: La concentración de contaminantes es influenciada por los patrones de producción y uso de la energía, en los que repercuten a su vez, la intensidad y eficiencias energéticas (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Está relacionado con los indicadores de combinación de combustibles, consumo anual de energía per cápita y consumo de combustible en el transporte (Ibídem).
- Descripción e interpretación: Cantidades de emisiones de contaminantes atmosféricos procedentes de las actividades relacionadas con energía, principalmente producción de electricidad y transporte (Ibídem).

### **5.3.4 ENV4: Descarga de contaminantes en efluentes líquidos**

- Finalidad: Controlar las descargas de contaminantes dañinos procedentes de las industrias energéticas, en ríos, lagos y mares (Ibídem).
- Relación con el DS: El agua dulce es un recurso escaso en muchas partes del mundo y necesita ser utilizado adecuadamente para garantizar y mantener su abastecimiento de buena calidad en el futuro (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Está vinculado con la producción y uso de energía, generación de electricidad, emisiones de GEI y emisiones de contaminantes atmosféricos (Ibídem).
- Descripción e interpretación: Cantidad de contaminantes descargados por todas las actividades relacionadas con la energía (Ibídem).

### **5.3.5 ENV5: Acidificación del suelo que supera la carga crítica**

- Finalidad: Describe al grado de acidificación a nivel nacional del suelo. El indicador debe mostrar la acidificación atribuible a las emisiones exclusivas del sector energético (Ibídem).
- Relación con el DS: Cuando un suelo se acidifica, sus nutrientes esenciales se lixivian, reduciendo su fertilidad. El proceso de acidificación también libera metales, que pueden dañar a los microorganismos (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Está relacionado con el indicador de emisiones atmosféricas de contaminantes (Ibídem).
- Descripción e interpretación: Carga crítica es la capacidad del medio ambiente para resistir la precipitación ácida (Ibídem).

### **5.3.6 ENV6: Tasa de deforestación atribuida al uso de energía**

- Finalidad: Mostrar un cambio a lo largo del tiempo en la zona cubierta por formaciones boscosas, que podría atribuirse al uso de leña para cubrir necesidades energéticas (Ibídem).
- Relación con el DS: La disponibilidad de datos precisos sobre la superficie forestal de un país, constituye un requisito fundamental para la planificación y formulación de políticas forestales en el contexto de desarrollo sostenible (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Está relacionado con los indicadores de consumo per cápita, energía renovable, generación de desechos, porcentaje de hogares sin electricidad (Ibídem).
- Descripción e interpretación: Área forestal total de un país, incluidas plantaciones a intervalos anuales diferentes, producción o uso de leña y tala total anual de árboles (Ibídem).

### **5.3.7 ENV7: Relación entre desechos sólidos generados y energía**

- Finalidad: Generar información sobre la cantidad e identidad de desechos sólidos generados por el sector energético (Ibídem).

- Relación con el DS: En todos los tipos de desechos, un almacenamiento y evacuación inadecuada pueden desembocar en la contaminación de agua y suelos (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Está relacionado con los indicadores de producción y uso de energía, intensidad energética, combinación de combustibles (Ibídem).
- Definición e interpretación: Es el ratio entre la producción de desechos sólidos del sector energético y la cantidad de energía primaria producida (Ibídem).

### **5.3.8 ENV8: Desechos sólidos adecuadamente evacuados**

- Finalidad: Evaluar el grado de evacuación adecuada de los desechos sólidos en el sector energético (Ibídem).
- Relación con el DS: En todos los tipos de desechos, un almacenamiento y evacuación inadecuada pueden desembocar en la contaminación de agua y suelos (Ibídem).
- Relación con otros indicadores: Está relacionado con los indicadores de producción y uso de energía, intensidad energética, combinación de combustibles (Ibídem).
- Descripción e interpretación: Es el ratio entre la producción de desechos del sector energético y la cantidad de los mismos que es trasladada a instalaciones de tratamiento y evacuación (Ibídem).

Los indicadores ENV9 y ENV10 se refieren a la relación entre los desechos sólidos radioactivos y la energía generada y a la proporción de desechos radioactivos en espera de evacuación respectivamente, los cuales no serán tomados en cuenta porque Guatemala no posee participación de la energía nuclear en su matriz energética.

Tabla 5.3: Indicadores energéticos del desarrollo sostenible dimensión ambiental

<b>Tema</b>	<b>Subtema</b>	<b>Código</b>	<b>Indicador Energético</b>
Atmósfera	Cambio climático	ENV1	Emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) per cápita y por unidad de PIB
	Calidad del aire	ENV2	Concentraciones ambientales de contaminantes atmosféricos
		ENV3	Emisión de contaminantes atmosféricos
Agua	Calidad del agua	ENV4	Descarga de contaminantes en efluentes líquidos
Tierra	Calidad de los suelos	ENV5	Acidificación de los suelos
	Bosques	ENV6	Tasa de deforestación
	Generación de desechos sólidos	ENV7	Generación de desechos sólidos por unidad de energía
		ENV8	Relación entre los desechos sólidos adecuadamente evacuados y los desechos totales
		ENV9	Relación entre los desechos sólidos radioactivos y las unidades de energía producidas
		ENV10	Relación entre los desechos sólidos radioactivos en espera de evacuación y el total de desechos sólidos radioactivos.

Fuente: (OIEA, UNDESA, AIE, Eurostat, AEMA, 2008).

#### 5.4 Dimensión Institucional

Estos indicadores son los más difíciles de construir y medir, pues requieren análisis dinámicos basados en proyecciones de producción e inversión, además de ser complicados de medir cuantitativamente (OIEA, UNDESA, AIE, Eurostat, AEMA, 2008). Por esta razón, los indicadores institucionales no serán tomados en cuenta en este trabajo.



## **6 ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA**

El Índice de Sostenibilidad Energética (ISE) es una herramienta para medir el desarrollo energético de un país o región, en sus tres dimensiones, económico, social y ambiental, de forma simultánea (Davidsdottir & Basoli, 2009). El ISE está formado por una serie de indicadores que miden la diferencia que existe entre la condición actual de un sistema y la condición de referencia del mismo sistema considerado como sostenible. Un ISE tiene la ventaja de comunicar de forma más efectiva a los encargados de hacer políticas y al público en general, el estado actual de la sostenibilidad energética de un sistema o país en un momento determinado (Schlör, Fischer, & Hake, 2011).

El Consejo Mundial de Energía (WEC, por sus siglas en inglés), ha desarrollado un ISE que compara a 129 países mediante indicadores que miden cuantitativamente el desempeño energético de cada país, mostrando sus fortalezas y debilidades en cuanto a sostenibilidad energética (WEC, 2014). El ISE del WEC muestra el efecto acumulado que han provocado las políticas energéticas que cada país ha tomado a lo largo de su historia, sin determinar el efecto o eficacia de una política energética específica. Además el ISE está estructurado en dos componentes principales, el desempeño energético y contexto del país. El desempeño energético está formado el trilema energético, que es seguridad energética, equidad energética y sostenibilidad ambiental; mientras el contexto del país incluye estadísticas que miden las fortalezas políticas, económicas y sociales de cada país (WEC, 2014). Según el WEC, los países más energéticamente sostenibles hasta el año 2013 son Suiza, Dinamarca y Suecia, respectivamente; los países con mayor seguridad energética son Canadá, Rusia y Dinamarca, respectivamente; los países con mayor equidad energética son Estados Unidos, Canadá y Australia, respectivamente y los países más sostenibles ambientalmente son

Suiza, Costa Rica y Albania, respectivamente. Mientras tanto, Guatemala está ubicada en el puesto 61 en sostenibilidad energética, 40 en seguridad energética, 75 en equidad energética y 36 en sostenibilidad ambiental, de un total de 129 países (WEC, 2014).

El ISE del WEC está formado entonces por 22 indicadores agrupados en 6 dimensiones diferentes, el resultado de cada indicador es normalizado a una escala entre 0 y 10, siendo 10 el mejor desempeño. En la Figura 6.1 se encuentra el detalle de la estructura y ponderación del ISE desarrollado por el WEC.

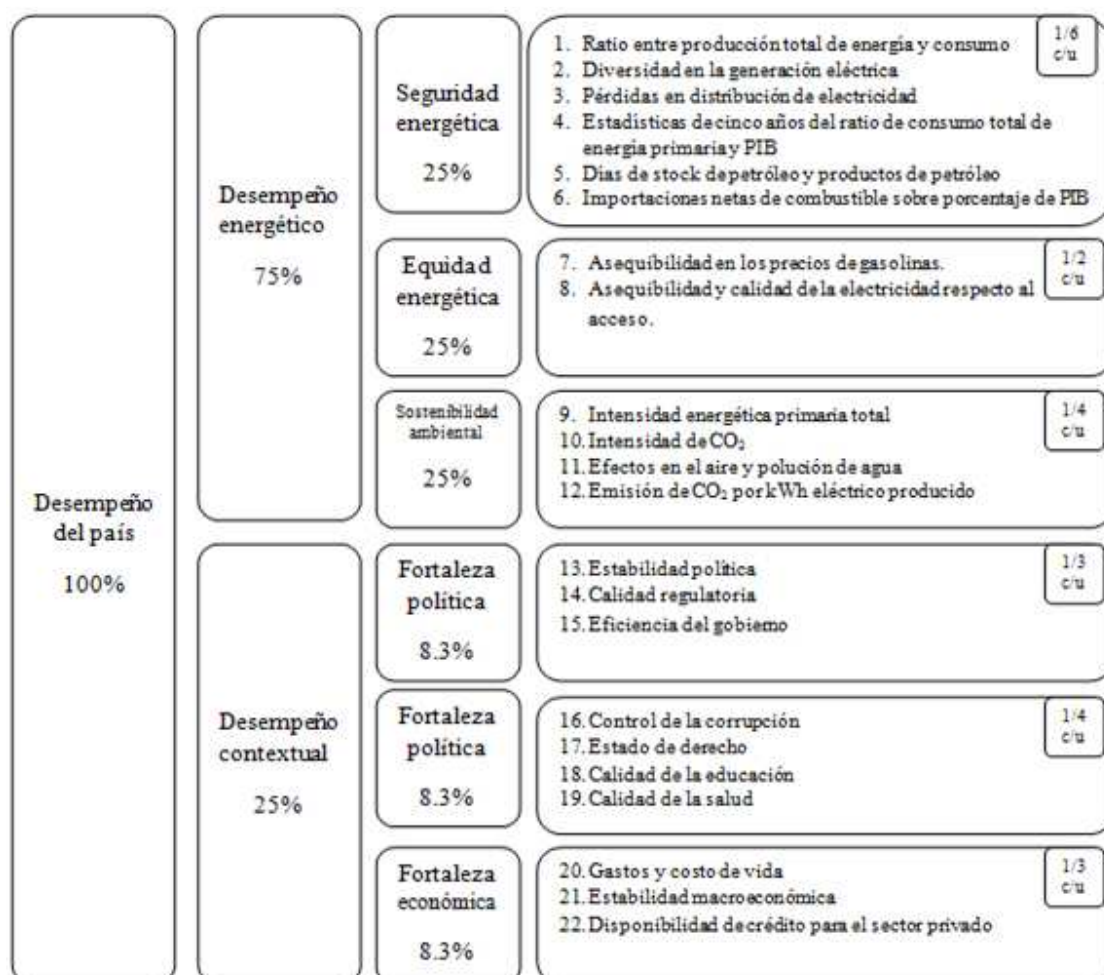


Figura 6.1. Índice de Sustentabilidad Energética del Consejo Mundial de Energía.

Fuente: Adaptado de (WEC, 2013)

## **7 CARACTERIZACIÓN DE SOSTENIBILIDAD**

### **7.1 Fuentes de información primaria**

Para la realización del trabajo se utilizó como información primaria las estadísticas energéticas contenidas en el Sistema de Información Económica Energética (SIEE) de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), en el Sistema de Información Energética Regional (SIER) de OLADE; Indicadores del Desarrollo Mundial (IDM) del Banco Mundial; Estadísticas e Indicadores de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), estadísticas de recursos energéticos e índice de sostenibilidad del Consejo Mundial de Energía (WEC por sus siglas en inglés), informes estadísticos del Ministerio de Energía y Minas de Guatemala (MEM), Comisión Nacional de Energía Eléctrica de Guatemala (CNEE) y Administrador del Mercado Mayorista (AMM).

### **7.2 Análisis de la sostenibilidad energética de Guatemala**

La sostenibilidad energética de Guatemala se analizó por dos métodos, el primero de ellos es mediante la construcción e interpretación de indicadores energéticos del desarrollo sostenible (IEDS), metodología desarrollada en conjunto por la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA), Agencia Internacional de Energía (AIE) y otras agencias internacionales, es importante destacar que dicha metodología de indicadores sólo se ha realizado y publicado para 7 países, en un estudio realizado por (IAEA, UNDESA, 2006); el segundo método es mediante el diseño de un índice de sostenibilidad energética (ISE), que sea capaz de unificar las tres dimensiones del DS en un solo indicador energético y poder comparar el

desempeño de Guatemala con el resto de países del mundo en cuanto a sostenibilidad energética, es importante mencionar que trabajos similares se han realizado por parte de (WEC, 2014), (Davidsdottir, Basoli, Fredericks, & Enterline, 2007) y (Schlör, Fischer, & Hake, 2011), pero cada uno de los 3 trabajos difiere del presente en cuanto a los indicadores seleccionados y la definición del estado de referencia para medir la sostenibilidad energética. A continuación se detalla cada uno de los métodos.

### **7.2.1 Indicadores energéticos del desarrollo sostenible (IEDS)**

El fundamento de dicha metodología está descrito en el capítulo 4 de este estudio, sin embargo se analizó y seleccionó los IEDS que reflejan de mejor forma la realidad del sector energético de Guatemala y que por disponibilidad de estadísticas energéticas fue posible construir, en total se construyeron 23 indicadores, 2 indicadores de la dimensión social, 16 indicadores de la dimensión económica y 5 indicadores de la dimensión ambiental; los indicadores de la dimensión social abarcan el tema de equidad energética y los subtemas de accesibilidad y disparidades energéticas; los indicadores de la dimensión económica están formados por los temas de patrones de uso y producción de energía, y seguridad energética, así como los subtemas de uso y productividad global de la energía, eficiencia de suministro, producción y uso final de energía, diversificación energética, precios, importaciones y reservas estratégicas de combustibles; los indicadores de la dimensión ambiental incluyen los temas de atmósfera, agua y tierra, así como los subtemas de cambio climático, calidad del aire, calidad del agua y bosques. En la Figura 7.1, se encuentran los 23 indicadores construidos y analizados en este estudio.

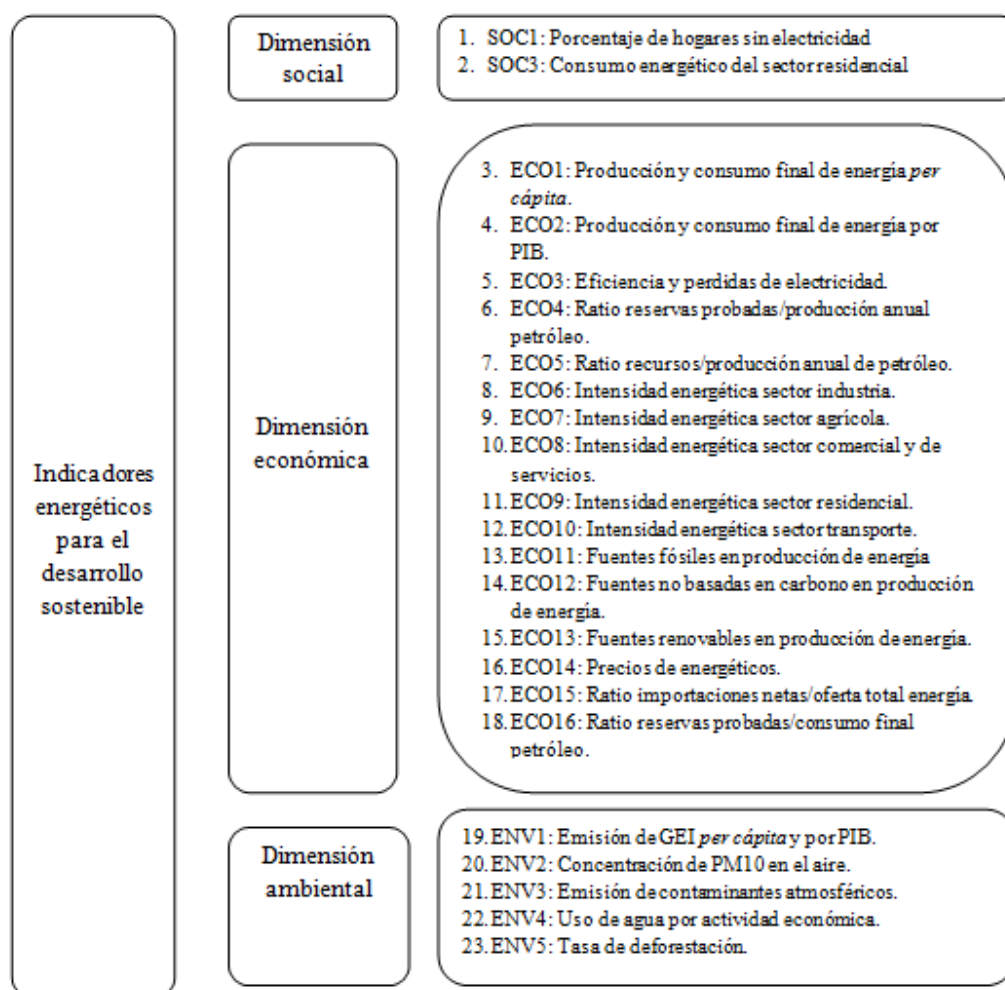


Figura 7.1. Indicadores Energéticos para el Desarrollo Sostenible.

Fuente: Elaboración propia.

### 7.2.2 Índice de sostenibilidad energética (ISE)

El objetivo del ISE es poder analizar de forma general la sostenibilidad energética de un país o región, mediante la ponderación de las tres dimensiones del desarrollo sostenible en un único índice, comparándolo contra un estado de referencia, que puede ser un año en particular, una política energética o un estado ideal de indicadores energéticos que reflejen el desarrollo sostenible. El fundamento de dicha metodología se detalla en el capítulo 5. Para la construcción del ISE, se construyeron

un total de 20 indicadores, distribuidos en 4 dimensiones, equidad energética, seguridad energética, sostenibilidad ambiental y desempeño contextual. En la Figura 7.2, se detallan los indicadores y ponderaciones utilizadas.

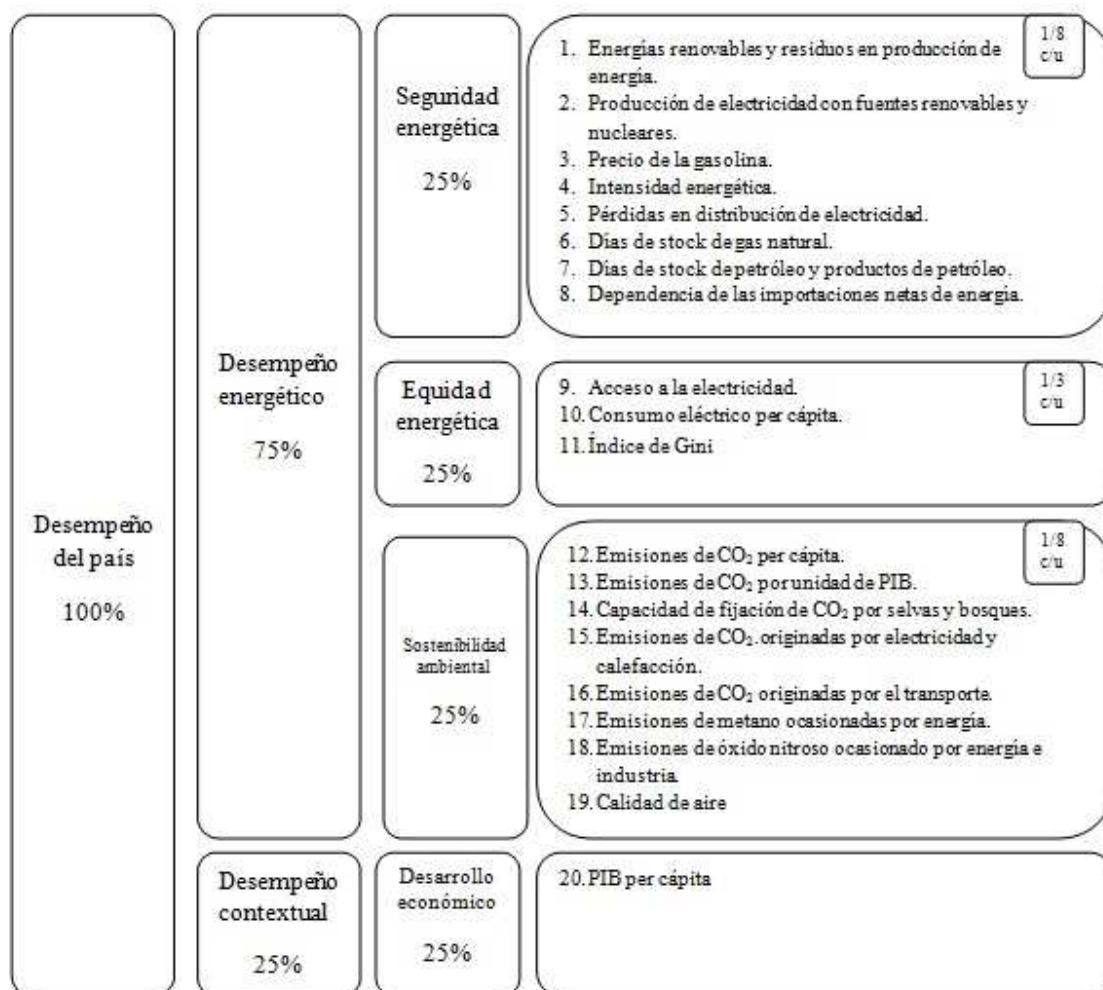


Figura 7.2. Esquema de construcción del índice de sostenibilidad energética.

Fuente: Elaboración propia.

Al tener definido los indicadores a utilizar, se debe establecer el estado de referencia o energéticamente sostenible, el cual se construye mediante la idealización de los indicadores utilizados en los casos en que esto es posible, en los casos en los que no existe un estado ideal para el indicador, se procede a tomar a la estadística de los

países analizados más cercana a la tendencia de sostenibilidad energética, como el valor de referencia. Luego de definir el estado de referencia, se debe crear un procedimiento para normalizar cada uno de los indicadores  $E_n$ , a valores  $I_n$  entre 0 y 10, siendo 10 el máximo valor de sostenibilidad energética, 1 el valor que indica la mínima sostenibilidad energética y 0 el país que no cuenta con dicha estadística. Es importante mencionar que para la normalización de los indicadores energéticos utilizados, se asumió una tendencia lineal, mediante la ecuación:

$$I_n = \frac{P_s - P_{ns}}{E_{rs} - E_{rns}} E_n + A \quad (7-1)$$

Donde:  $I_n$  es el indicador energético normalizado;  $P_s$  es la ponderación de máxima sostenibilidad (10) y  $P_{ns}$  es la ponderación de mínima sostenibilidad (1);  $E_{rs}$  es la estadística de referencia sostenible,  $E_{rns}$  es la estadística de referencia no sostenible;  $E_n$  es la estadística a normalizar y  $A$  es una constante.

Luego de normalizar cada una de las estadísticas  $E_n$ , se procede a obtener la ponderación de cada una de las tres dimensiones analizadas  $D_n$ , equidad energética, seguridad energética y sostenibilidad ambiental, mediante la siguiente ecuación:

$$D_n = \sum_{n=1}^n \frac{1}{n} \cdot I_n \quad (7-2)$$

Donde  $D_n$  es la dimensión analizada y  $n$  es el número de indicadores que conforman la dimensión. Finalmente, el índice de sostenibilidad energética (ISE) se obtiene al ponderar tanto el desempeño energético, conformado por las dimensiones de equidad energética, seguridad energética y sostenibilidad ambiental, con el desempeño contextual, formado por el PIB per cápita, mediante la ecuación:

$$ISE = \sum_{n=1}^n \frac{1}{n} \cdot D_n \quad (7-3)$$

En la Tabla 7.1 se resume el estado de referencia o energéticamente sostenible.

Tabla 7.1: Estado de referencia o sostenible energéticamente

Dimensión	Indicador	Máxima sostenibilidad energética (10)	Mínima sostenibilidad energética (1)	Ecuación lineal de normalización
Equidad energética	Acceso a la electricidad	100 %	0 %	$I_n = 0,09 \cdot E_n + 1,00$
	Consumo eléctrico per cápita	52.373,9 kWh/hab <sup>A</sup>	32,5 kWh/hab <sup>B</sup>	$I_n = 0,00018 \cdot E_n + 0,99441$
	Índice de Gini	0 %	100 %	$I_n = -0,09 \cdot E_n + 10$
Seguridad energética	Energía renovables y residuos en producción de energía	100 %	0 %	$I_n = 0,09 \cdot E_n + 1,00$
	Producción de electricidad con fuentes renovables y nucleares	100 %	0 %	$I_n = 0,09 \cdot E_n + 1,00$
	Precio de gasolina por litro	0,023 US\$ 2005/L <sup>C</sup>	2,54 US\$ 2005/L <sup>D</sup>	$I_n = -3,56 \cdot E_n + 10,08$
	Intensidad energética	0,058 ktep/ US\$ 2005 <sup>E</sup>	2,05 ktep/ US\$ 2005 <sup>F</sup>	$I_n = -4,51 \cdot E_n + 10,26$
	Pérdidas de electricidad	0 %	100 %	$I_n = -0,09 \cdot E_n + 10$
	Años de reservas de gas natural	100 años <sup>G</sup>	0,33 años <sup>H</sup>	$I_n = 0,09 \cdot E_n + 0,97$
	Años de reservas de petróleo	100 años <sup>I</sup>	1,81 años <sup>J</sup>	$I_n = 0,09 \cdot E_n + 0,83$
	Dependencia de importaciones de energía	-904,92 % <sup>K</sup> 0 % <sup>M</sup>	-1 % <sup>L</sup> 99,64 % <sup>N</sup>	$I_n = -0,004 \cdot E_n + 5,9^O$ $I_n = -0,04 \cdot E_n + 5,00^P$
Sostenibilidad ambiental	Emisión CO <sub>2</sub> per cápita	0,0091 t CO <sub>2</sub> /hab <sup>Q</sup>	40,31 t CO <sub>2</sub> /hab <sup>R</sup>	$I_n = -0,22 \cdot E_n + 10$
	Emisión CO <sub>2</sub> por unidad de PIB	0,010 kg CO <sub>2</sub> /US\$ 2005 <sup>S</sup>	4,86 kg CO <sub>2</sub> /US\$2005 <sup>T</sup>	$I_n = -1,86 \cdot E_n + 10,02$
	Emisión CO <sub>2</sub> de electricidad	0 %	100 %	$I_n = -0,09 \cdot E_n + 10$
	Emisión CO <sub>2</sub> de transporte	0 %	100 %	$I_n = -0,09 \cdot E_n + 10$
	Capacidad de fijación de CO <sub>2</sub> <sup>AA</sup>	94,58 % <sup>AC</sup>	0,0064 % <sup>AB</sup>	$I_n = -0,095 \cdot E_n + 0,9994$



Continuación Tabla 7.1			
Indicador	Máxima sostenibilidad energética (10)	Mínima sostenibilidad energética (1)	Ecuación lineal de normalización
Emisión CH <sub>4</sub> de energía	0 %	100 %	$I_n = -0,09 \cdot E_n + 10$
Emisión de N <sub>2</sub> O de energía e industria	0 %	100 %	$I_n = -0,09 \cdot E_n + 10$
Concentración de PM10	8,78 µg/m <sup>3</sup> <sup>U</sup> 50,0 µg/m <sup>3</sup> <sup>W</sup>	51,0 µg/m <sup>3</sup> <sup>V</sup> 283,71 µg/m <sup>3</sup> <sup>X</sup>	$I_n = -0,097 \cdot E_n + 10,85$ <sup>Y</sup> $I_n = -0,017 \cdot E_n + 5,88$ <sup>Z</sup>

<sup>A</sup> Valor correspondiente al consumo eléctrico de Islandia en el año 2011 (Banco Mundial, 2014).

<sup>B</sup> Valor correspondiente al consumo eléctrico de Haití en el año 2011 (Banco Mundial, 2014).

<sup>C</sup> Valor correspondiente al precio de gasolina de Venezuela en el año 2011 (Banco Mundial, 2014).

<sup>D</sup> Valor correspondiente al precio de gasolina de Turquía del año 2011 (Banco Mundial, 2014).

<sup>E</sup> Valor correspondiente a la intensidad energética de Suiza en el año 2011 (Banco Mundial, 2014).

<sup>F</sup> Valor correspondiente a la intensidad energética de Uzbekistán en el año 2011 (Banco Mundial, 2014).

<sup>G</sup> Valor correspondiente a los años de reserva de gas natural de Angola, Emiratos Árabes Unidos, Iraq, Irán, Israel, Kuwait, Nigeria, Qatar, Turkmenistán y Venezuela del año 2011 (WEC, 2014).

<sup>H</sup> Valor correspondiente a los años de reserva de gas natural de Albania del año 2011 (WEC, 2014).

<sup>I</sup> Valor correspondiente a los años de reserva de petróleo de Canadá, España, Iraq, Kuwait, Libia y Venezuela del año 2011 (WEC, 2014).

<sup>J</sup> Valor correspondiente a los años de reserva de petróleo de Guatemala del año 2011 (WEC, 2014).

<sup>K</sup> Valor correspondiente al % de importación de energía de la R. del Congo del año 2011 (Banco Mundial, 2014).

<sup>L</sup> Valor correspondiente al % de importación de energía mínimo de un exportador neto.

<sup>M</sup> Valor correspondiente al % de importación de energía neutro.

<sup>N</sup> Valor correspondiente al % de importación de energía de Hong Kong del año 2011 (Banco Mundial, 2014).

<sup>O</sup> Ecuación lineal correspondiente a los exportadores netos de energía, el máximo valor negativo de importación de energía obtiene la ponderación 10 y el valor de -1 % obtiene la ponderación de 6.

<sup>P</sup> Ecuación lineal correspondiente para los importadores netos, el valor neutro de importación (0) obtiene la ponderación de 5 y el máximo valor de importación neta de energía recibe la ponderación de 1.

<sup>Q</sup> Valor correspondiente a la emisión de CO<sub>2</sub> per cápita de Lesoto en el año 2011 (Banco Mundial, 2014).

<sup>R</sup> Valor correspondiente a la emisión de CO<sub>2</sub> per cápita de Qatar en el año 2011 (Banco Mundial, 2014).

<sup>S</sup> Valor correspondiente a la emisión de CO<sub>2</sub> por PIB de Lesoto en el año 2011 (Banco Mundial, 2014).

<sup>T</sup> Valor correspondiente a la emisión de CO<sub>2</sub> por PIB de Uzbekistán en el año 2011 (Banco Mundial, 2014).

<sup>U</sup> Valor correspondiente a la emisión de PM10 de Saint Kitts y Nevis del año 2011 (Banco Mundial, 2014).

<sup>V</sup> Valor correspondiente al valor inmediato superior de la máxima emisión de PM10 que causa problemas respiratorios a las personas

<sup>W</sup> Valor correspondiente a la máxima emisión anual de PM10 que causa problemas respiratorios a las personas (EPA, 1995).

<sup>X</sup> Valor correspondiente a la emisión de PM10 de Mongolia en el año 2011 (Banco Mundial, 2014).

<sup>Y</sup> Ecuación correspondiente para los países emisores de PM10 entre 8,78 µg/m<sup>3</sup> hasta 50 µg/m<sup>3</sup>.

<sup>Z</sup> Ecuación correspondiente para los países emisores de PM10 entre 51 µg/m<sup>3</sup> hasta 283,71 µg/m<sup>3</sup>.

<sup>AA</sup> La capacidad de fijación de CO<sub>2</sub> se define como el porcentaje de territorio del país cubierto por bosques o selvas el cual puede fijar CO<sub>2</sub>.

<sup>AB</sup> Valor correspondiente al porcentaje de bosques y selva de Omán del año 2011 (Banco Mundial, 2014).

<sup>AC</sup> Valor correspondiente al porcentaje de bosques y selva de Surinam del año 2011 (Banco Mundial, 2014).

## 8 RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 8.1 Indicadores energéticos del desarrollo sostenible de Guatemala (IEDS)

#### 8.1.1 Dimensión social

Respecto al tema de equidad y al subtema de accesibilidad, se analizó el indicador SOC1, que es el porcentaje de población sin electricidad, en Guatemala hasta el año 2012, 14,3 % de la población no tiene acceso a la electricidad, cifra que se ha ido reduciendo con gran esfuerzo a lo largo del tiempo, ya que en 1970 el 73,38 % de la población no tenía acceso a la electricidad, cifra que fue evolucionando en 64,69 %, 54,93 %, 37,30 % y 18,18 % en los años 1980, 1990, 2000 y 2010 respectivamente, ver Figura 8.1. Sin embargo, como puede verse en la Figura 8.2, Guatemala posee el segundo mayor porcentaje de personas sin electricidad de Centroamérica, únicamente superada por Nicaragua que posee 26,30 % de personas sin acceso a la electricidad; además es el sexto país de América Latina y el Caribe con mayor porcentaje de población sin electricidad, superado únicamente por Bolivia, Perú, Guyana, Nicaragua y Haití que poseen 17,41 %, 18,00 %, 19,61 %, 26,30 % y 72,00 % de población sin acceso a la electricidad respectivamente en el año 2012.

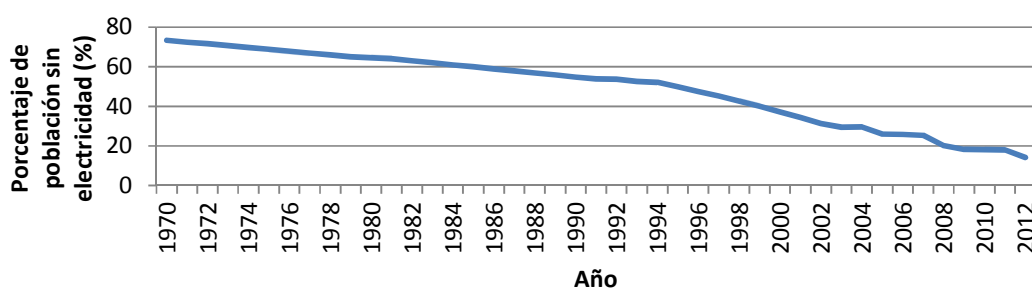


Figura 8.1. Población sin acceso a electricidad Guatemala 1970-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014).

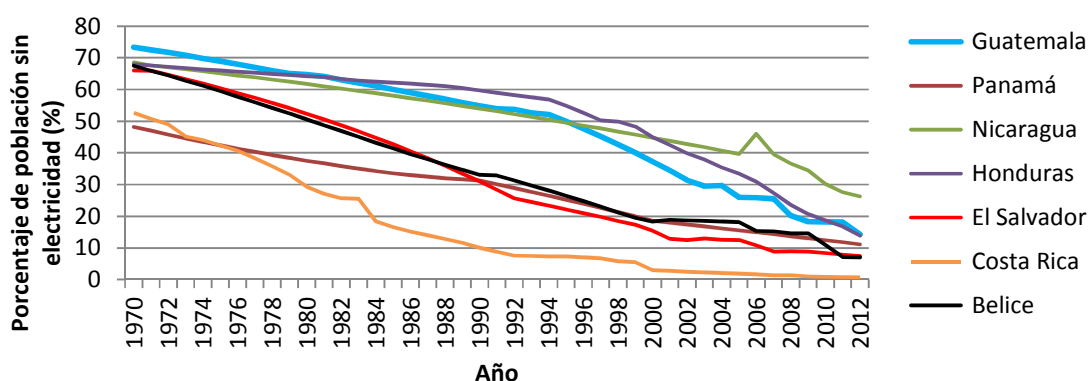


Figura 8.2. Población sin acceso a electricidad Centroamérica 1970-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014).

Respecto al tema de disparidades, el indicador SOC3 analiza el uso de energía en los hogares, en ese respecto se puede notar que en Guatemala en el año 2012 cerca del 90,72 % de la energía total consumida del sector residencial es suministrada por la leña, seguido por el GLP con 4,12 %, la electricidad con 3,90 %, el queroseno con el 0,64 % y el carbón vegetal con 0,62 %, tal como puede verse en la Figura 8.3, el uso de leña se ha incrementado de manera exponencial desde 1970, siendo el energético más utilizado en el sector residencial, se estima que anualmente se consumen 16 Mm<sup>3</sup> de leña en Guatemala, especialmente en las poblaciones rurales, de los cuales entre el 60 % y 70 % de hogares donde se cocina con leña no cuentan con chimenea adecuada para la extracción de humo, y entre un 5 % y 20 % de las familias en extrema pobreza cocinan en el mismo lugar donde duermen. Guatemala es el tercer país de América Latina que mayor consumo de leña posee en el sector residencial, únicamente superado por Brasil y México respectivamente, ver en la Figura 8.4. El uso de la leña es principalmente para iluminación y cocción de alimentos, las zonas del país donde su uso es intensivo, coincide con las zonas de mayor pobreza y menor

cobertura eléctrica del país. La leña forma parte de los combustibles no comerciales, en conjunto con el carbón vegetal, bagazo de caña de azúcar y residuos de animales y vegetales, en países en desarrollo, se sugiere que su uso no excede el 75 % de la energía total utilizada en los hogares, debido a que su uso generalmente conlleva impactos sociales a la salud humana y al medio ambiente, debido a la quema de leña húmeda y en lugares cerrados, lo que provoca problemas respiratorios; por otro lado el uso intensivo de la leña, representa el mayor emisor de CO<sub>2</sub> en el sector residencial con cerca de 96,06 % de las emisiones totales del sector como se ve en la Figura 8.5, además puede provocar un aumento en la tasa de deforestación del país.

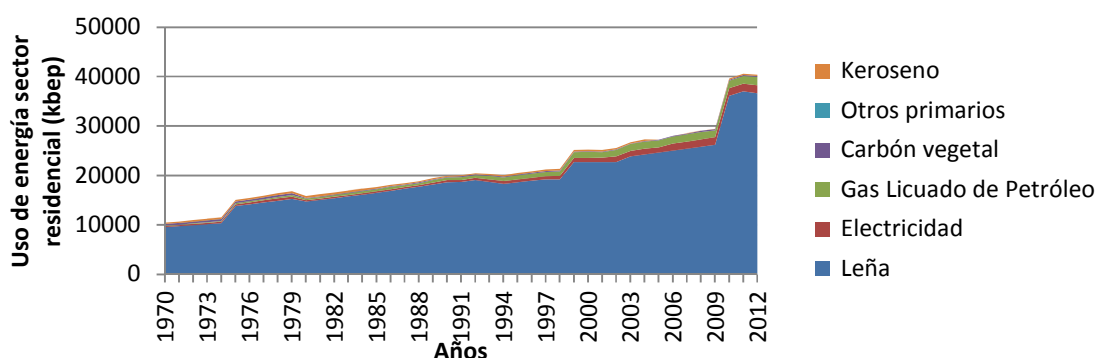


Figura 8.3. Uso de energéticos en el sector residencial de Guatemala 1970-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014).

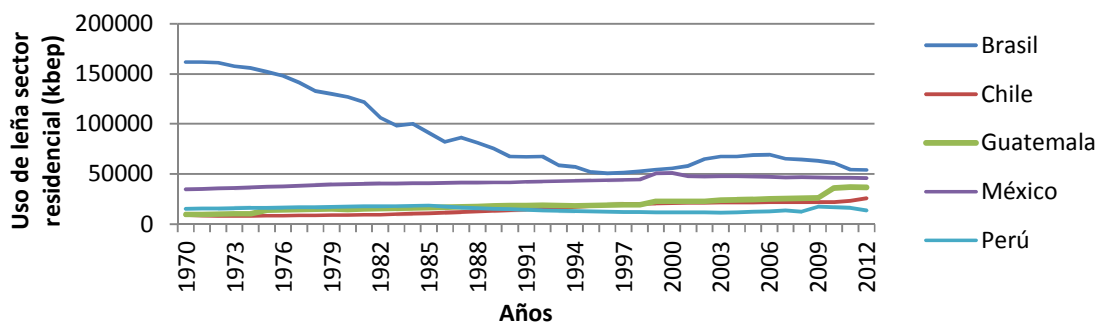


Figura 8.4. Consumo de leña en sector residencial de América Latina 1970-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014).

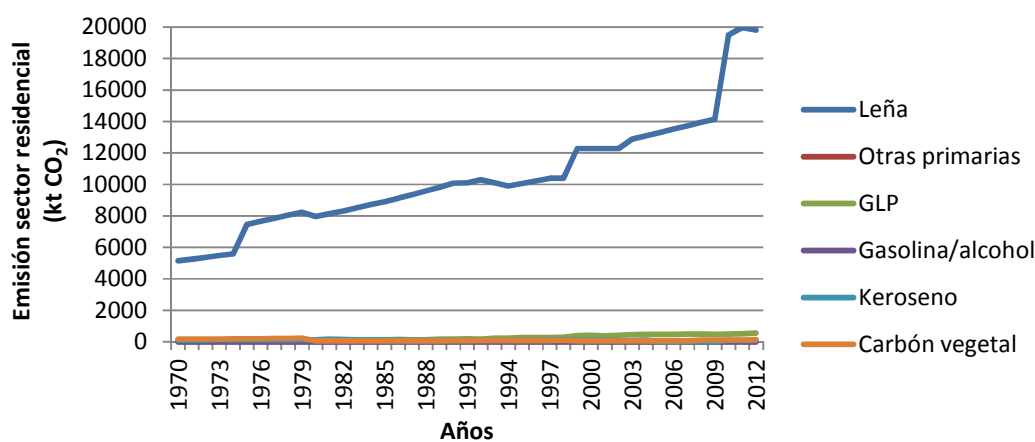


Figura 8.5. Emisiones de CO<sub>2</sub> sector residencial Guatemala 1970-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014).

### 8.1.2 Dimensión económica

Respecto a la dimensión económica, el tema de patrones de uso y producción de energía, subtema de uso global de energía, el indicador ECO1, describe que en Guatemala la producción de energía per cápita entre 1970 y 2011 se ha mantenido en valores entre 3,42 bep/hab y 4,61 bep/hab, mientras que en el mismo período el consumo de energía per cápita del país ha estado entre los valores entre 3,28 bep/hab y 4,68 bep/hab, como puede verse en la Figura 8.6, desde 1970 hasta prácticamente 2004, la producción de energía era superior al consumo de energía, a partir de 2004 el consumo energético per cápita es superior a la producción per cápita de energía, lo que significa que para suplir la demanda se necesita de importación de energía. En América Latina y el Caribe, Guatemala es el octavo país con menor producción per cápita de energía, superando únicamente a Nicaragua, Panamá, Honduras, Guyana, República Dominicana, Haití y Granada, ver Figura 8.7; además es el quinto país con mayor consumo per cápita de energía primaria, superado únicamente por

Trinidad y Tobago, Argentina, Venezuela y Chile, ver Figura 8.8. Esta tendencia de los últimos años de consumir más energía de la que se produce y por lo tanto depender de la importación de energía para suplir la demanda energética total, hace que el país sea vulnerable en cuanto a seguridad energética, debido a que dependen de factores externos para suplir sus requerimientos energéticos, está afecto al aumento de los precios internacionales de los energéticos y a la disposición de otros países a exportarle energía.

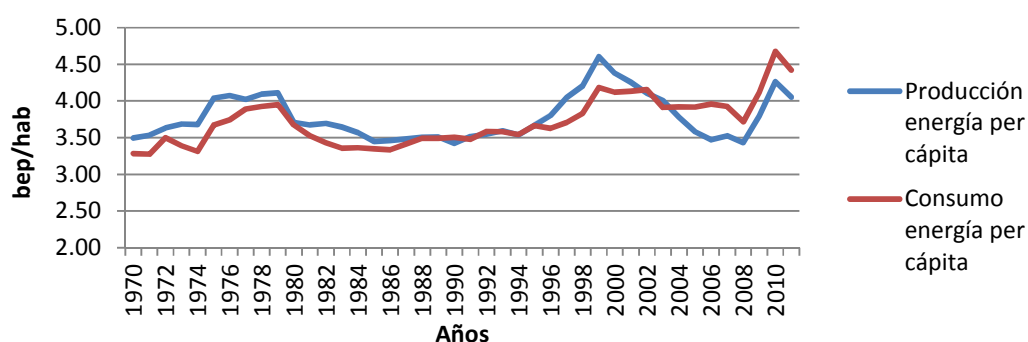


Figura 8.6. Producción y consumo per cápita de energía en Guatemala 1970-2011.

Elaboración propia. Fuente de datos: (CEPAL, 2014).

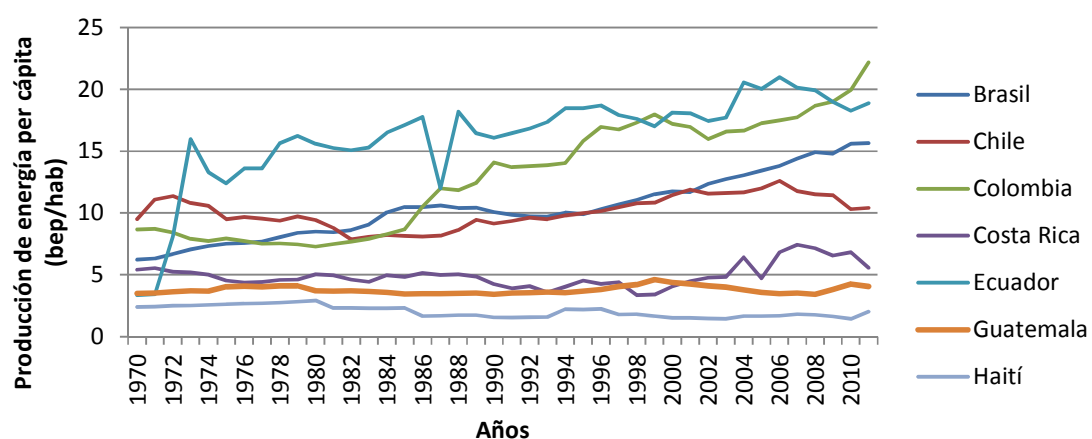


Figura 8.7. Producción de energía per cápita América Latina 1970-2011.

Elaboración propia. Fuente de datos: (CEPAL, 2014).

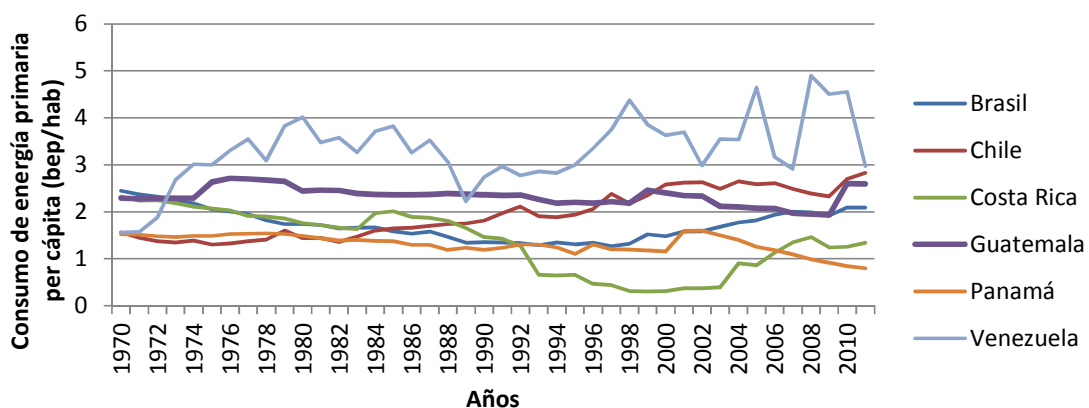


Figura 8.8. Consumo de energía primaria per cápita América Latina 1970-2011.

Elaboración propia. Fuente de datos: (CEPAL, 2014).

Respecto al consumo eléctrico per cápita, Guatemala tiene el tercer menor consumo de América Latina y el Caribe, con valores que se han mantenido entre 113,29 kWh/hab y 543,31 kWh/hab entre 1970 y 2012, únicamente Nicaragua y Haití tienen menor consumo eléctrico per cápita, dicha estadística puede ser interpretada como una medida relativa de desarrollo y de calidad de vida, a mayor consumo eléctrico per cápita, se puede inferir mayor calidad de vida, pues sus habitantes tienen mayor acceso a servicios y productos provenientes de la electricidad, ver Figura 8.9.

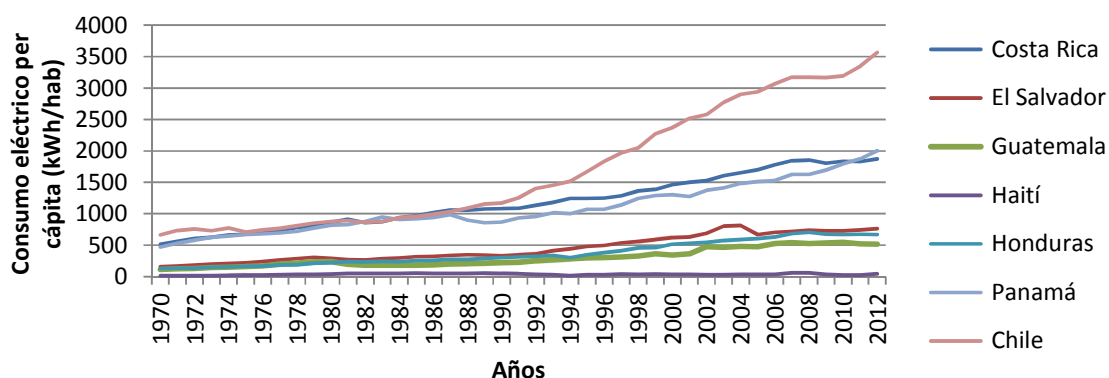


Figura 8.9. Consumo eléctrico per cápita América Latina 1970-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014).

Respecto a la productividad global de la energía, el indicador ECO2, describe la eficiencia en el uso y producción de energía, en Guatemala entre los años 1990 y 2011, el ratio de producción de energía respecto al PIB corregido por Paridad de Poder de Compra referenciado a dólares americanos del año 2005 (PPA MUS\$ 2005) se encontró entre valores de 0,49 kbep/PPA MUS\$ 2005 y 0,74 kbep/PPA MUS\$ 2005; mientras el consumo por unidad de PIB en ese mismo período estuvo entre valores de 0,53 kbep/MUS\$ 2005 y 0,68 kbep/MUS\$ 2005, como puede verse en la Figura 8.10, es importante notar que la productividad global del consumo de energía entre los años 1990 y 1998 tendía a desacoplar el consumo de energía de la generación de valor, tendencia que se revierte entre 1998 y 1999, debido a que el país fue afectado por el huracán Mitch el cual dejó cuantiosas pérdidas económicas, a partir del año 2000 el país se recuperó y disminuyó su consumo energético respecto del valor generado hasta el año 2008, donde el país es afectado por la crisis económica mundial y revierte dicho comportamiento, a partir del 2010 cuando el país nuevamente inicia a disminuir el ratio de consumo energético sobre PIB; respecto a la producción de energía sobre valor generado, entre 1990 y 1998, se producía mayor energía respecto al PIB generado que el producido en los años 1999 hasta 2008, donde se apoyo fuertemente en las importaciones de energía, explicado por los fenómenos naturales y crisis económicas que afectaron al país, tendencia que se revierte a partir del año 2010 (ver ECO1 y ECO15); por otro lado Guatemala es el décimo país de América Latina y el Caribe con mayor producción de energía respecto al PIB generado, superado por Chile, Uruguay, Costa Rica, Guyana, Cuba, Barbados, República Dominicana, Panamá y Granada, ver Figura 8.11; además es el país con el



sexto mayor consumo de energía por PIB, superando únicamente a Honduras, Bolivia, Belice, Haití y Trinidad y Tobago, ver Figura 8.12.



Figura 8.10. Producción y consumo por unidad de PIB Guatemala 1990-2011.

Elaboración propia. Fuente de datos: (CEPAL, 2014), (Banco Mundial, 2014).

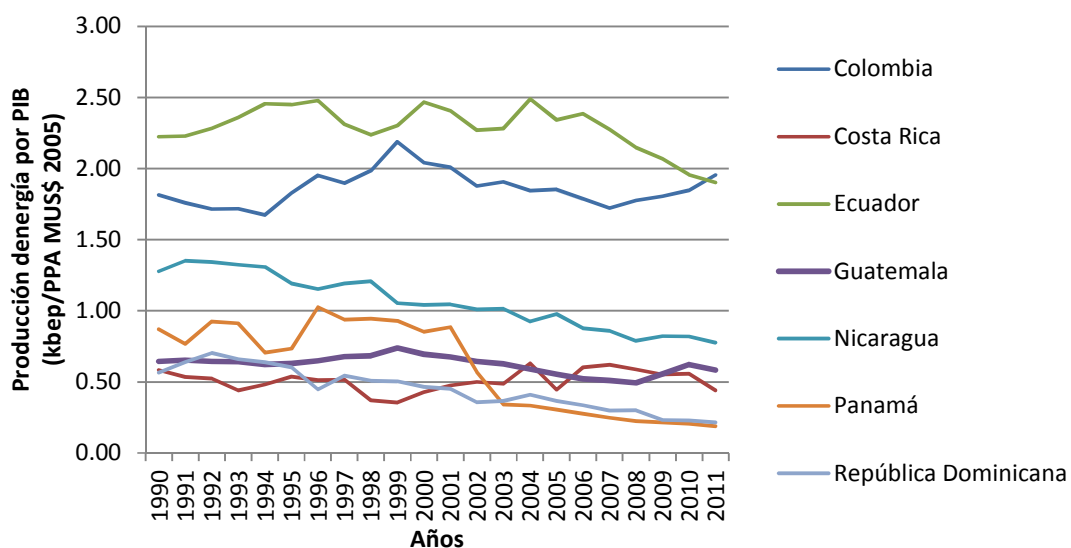


Figura 8.11. Producción de energía por PIB América Latina 1990-2011.

Elaboración propia. Fuente de datos: (CEPAL, 2014), (Banco Mundial, 2014).

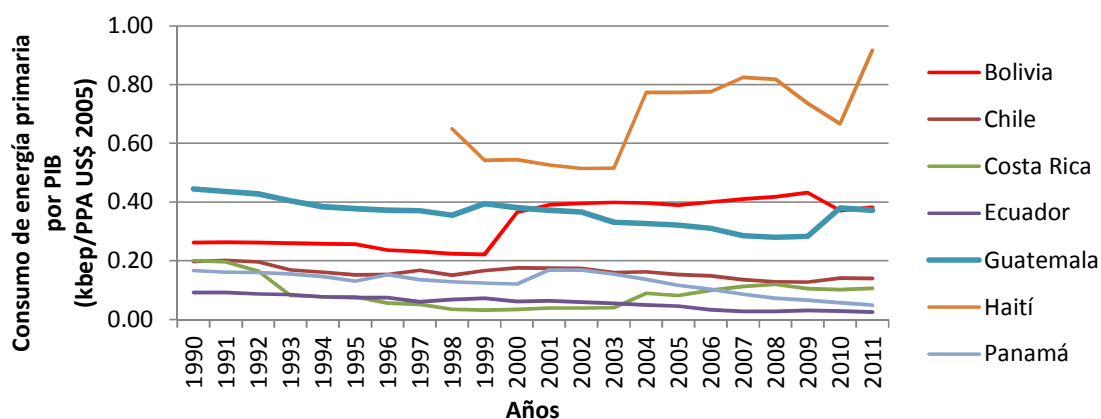


Figura 8.12. Consumo de energía primaria por PIB América Latina 1990-2011.

Elaboración propia. Fuente de datos: (CEPAL, 2014), (Banco Mundial, 2014).

En cuanto al subtema de eficiencia del suministro, el indicador ECO3 analiza la eficiencia de la conversión de energía y las pérdidas de energía eléctrica en la transmisión y distribución, la eficiencia en la conversión de energía se obtiene como el ratio entre la generación de electricidad y el consumo del energético o combustible utilizado por cada tecnología, como puede verse en la Figura 8.13, en Guatemala entre 1970 y 1998, la tecnología con mayor eficiencia es la generación con energía hidráulica con valores entre casi 100,00 % y 78,55 %, seguida de la generación con diesel en motores diesel con valores entre 10,15 % y casi 100,00 %, seguida de la generación con diesel en turbinas de vapor con valores entre 16,11 % y 73,67 %, finalmente la tecnología de generación con fuel oil en turbinas de vapor con valores entre 11,38 % y 46,02 %. Respecto a las pérdidas de electricidad en la transmisión y distribución, Guatemala es el cuarto país de América Latina y el Caribe con menores pérdidas, con cerca de 6,89 % en 2011, superado únicamente por Paraguay con 5,96 %, Perú con 5,80 % y Trinidad y Tobago con 4,80 %, todos en el año 2011, como puede verse en la Figura 8.14.

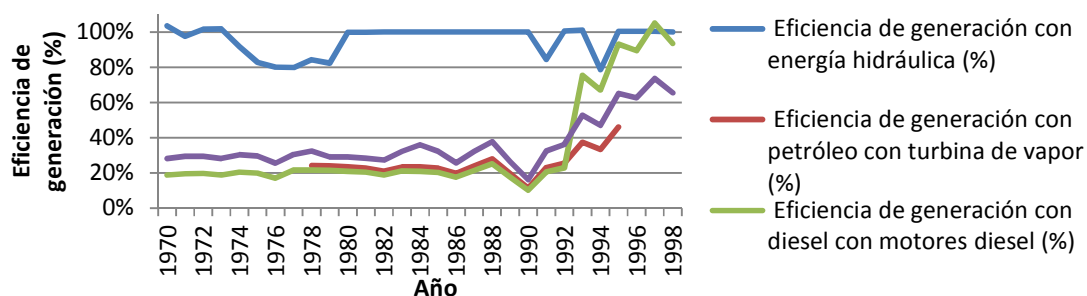


Figura 8.13. Eficiencia de generación eléctrica Guatemala 1970-1998<sup>3</sup>.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014).

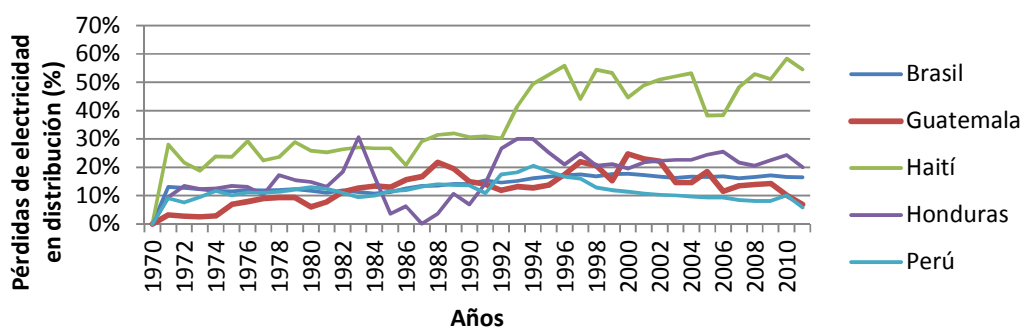


Figura 8.14. Pérdidas de distribución eléctrica América Latina 1970-2011.

Elaboración propia. Fuente de datos: (Banco Mundial, 2014).

Respecto al subtema de producción, el indicador ECO4 establece el ratio entre las reservas probadas de petróleo y gas natural respecto la producción anual de cada energético, en Guatemala no se cuenta con una fuente de información respecto al ratio de las reservas probadas y la producción anual de petróleo a lo largo del tiempo, sin embargo el Consejo Mundial de la Energía (WEC) en 2008, estimó el ratio en 16,2 años<sup>4</sup>; respecto a las reservas de gas natural, en Guatemala no existe actualmente un conocimiento de las reservas probadas en el país, ni tampoco existe una

<sup>3</sup> Se sugiere consultar directamente a la fuente (SIEE-OLADE, 2014) respecto a los datos de eficiencia de generación entre los años 1990-1998 en motores diesel y turbina de vapor con diesel.

<sup>4</sup>  $\frac{\text{Reservas probadas petróleo}}{\text{Producción anual petróleo 2008}} = \frac{13 \text{ Mtep}}{800 \text{ ktep/año}} = 16,2 \text{ años}$ . Fuente: (WEC, 2014).

producción anual. El indicador ECO5, mide el ratio entre los recursos de petróleo y la producción anual de petróleo, es decir, la oferta total de petróleo sobre la producción de petróleo en un mismo año, el resultado está dado en años y es una medida de la disponibilidad de los recursos nacionales de petróleo, en la Figura 8.15 puede notarse que en 1979 el ratio era de 11,10 años, el valor más alto registrado hasta el año 2011, esto se debe a que en ese año la mayor parte del petróleo de la oferta total, era importado y la producción era baja, a partir de 1980 la producción de petróleo nacional comienza a aumentar, se mantiene la alta dependencia de la importación y se inicia a exportar gran parte del petróleo producido, hasta que en el año 1997, la exportación de petróleo supera a la importación de petróleo, logrando un ratio de 0,80 años, en el año 2003 se detienen las importaciones de petróleo y se aumenta la producción nacional, sin embargo la tendencia no fue a refinarlo localmente, sino a exportarlo, razón por la cual el ratio siguió bajando a valores de 0,14 años en 2012. Para aumentar la seguridad energética del país, sería recomendable aumentar la refinación local del petróleo producido y equilibrarlas con las exportaciones.

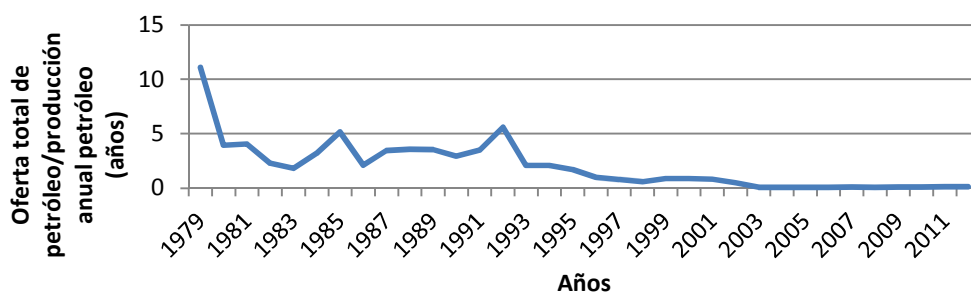


Figura 8.15. Recursos de petróleo/producción anual petróleo Guatemala 1979-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014).

Respecto al subtema uso final de energía, en la Figura 8.16 se puede analizar la intensidad energética en Guatemala, representada por el consumo total de energía y el PIB entre los años 1990 hasta 2011, es importante notar que durante el período de 1990 hasta 1999, el consumo de energía estaba acoplada al crecimiento del PIB, a partir del año 2000 hasta el año 2005 se logra un ligero desacople entre el crecimiento económico y el consumo de energía, sin embargo debido a catástrofes naturales que afectaron al país, como fue el huracán Stan (2005) el cual dejó un saldo de 1.500 fallecidos y pérdidas de aproximadamente de 983 millones de dólares, equivalentes al 3,4 % del PIB del año 2004 y la tormenta tropical Bárbara (2007) con daños de aproximadamente de 0,16 % del PIB del año 2006 (IARNA, 2012), se interrumpe el desacople del crecimiento económico con el uso de energía en 2006, situación que se agrava en el año 2009 por la crisis económica de Estados Unidos (2008) principal socio comercial de Guatemala, seguido por la tormenta tropical Agatha (2010) que dejó 165 fallecidos y pérdidas de poco más del 2 % del PIB de 2009 (IARNA, 2012), recién en el año 2011 el país logró comenzar a desacoplar de nuevo el crecimiento económico del consumo de energía.

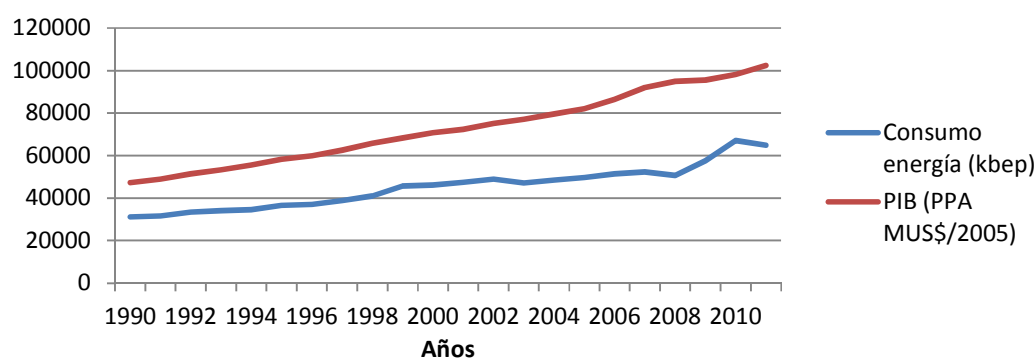


Figura 8.16. Intensidad energética Guatemala 1990-2011.

Elaboración propia. Fuente de datos: (CEPAL, 2014), (Banco Mundial, 2014).

Es importante mencionar que una de las herramientas más efectivas para desacoplar el desarrollo económico del consumo energético, es la eficiencia energética aplicada a todos los sectores o actividades del país, industrial, agrícola, comercial y de servicios, residencial y transporte, sin embargo en Guatemala aún no existe una ley de eficiencia energética ni un organismo que norme, fiscalice y delimite acciones en beneficio de la eficiencia energética, cabe destacar que en el año 2011 se presentó un proyecto de ley de eficiencia energética al Congreso de la República, pero dicho proyecto de ley no ha sido aprobado aún. En cuanto a intensidad energética, el sector residencial es el más intenso energéticamente, seguido por el sector transporte, sector industria, sector comercial y de servicios y finalmente el sector agrícola como el menos intenso energéticamente; la intensidad de cada uno de estos sectores también está afectada por los fenómenos naturales y económicos descritos anteriormente. El indicador ECO6, analiza la intensidad energética de la industria, en el caso de Guatemala, entre los años 1990 a 2012, es de los países de América Latina que menor intensidad energética presenta, logrando desacoplar el crecimiento económico con el consumo de energía, superado en el año 2012 únicamente por Colombia, Nicaragua, Barbados y Granada, ver Figura 8.17.

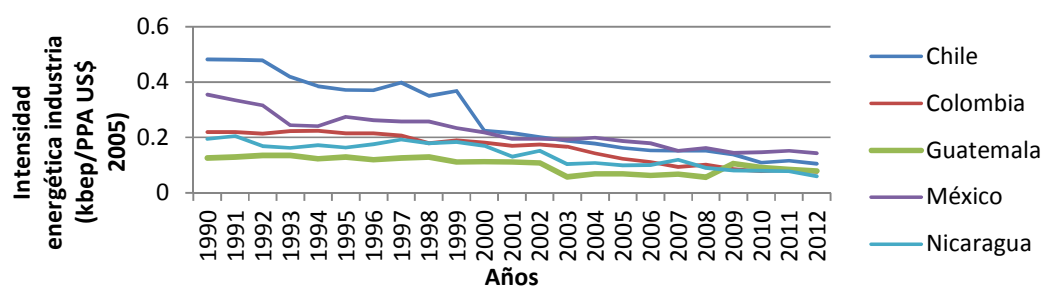


Figura 8.17. Intensidad energética sector industria América Latina 1990-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014), (Banco Mundial, 2014).

Políticas para reducir la intensidad energética en el sector industrial, podrían ser planes de eficiencia energética como el fomento de premio nacional de eficiencia energética, propuesto en el proyecto de ley de eficiencia energética de Guatemala y que daría estímulos económicos o de otro tipo a las industrias, para que mejoren su eficiencia energética, por ejemplo mediante la sustitución de equipos y motores antiguos, modificando o distribuyendo sus horas de mayor consumo eléctrico, entre otros. El indicador ECO7 analiza la intensidad energética en el sector agrícola en Guatemala, durante los años 1990 a 2002 se ha mantenido en valores entre 0,0043 kbep/PPA MUS\$ 2005 y 0,0058 kbep/PPA MUS\$ 2005, con una ligera disminución en la intensidad energética entre 1990 y 1999, y un posterior aumento en la intensidad energética a partir del año 2000, como puede verse en Figura 8.18. Es importante mencionar que este sector es el menos intenso energéticamente en el país, sin embargo esto es debido a que este sector es el que menos energía consume, entre 95,31 kbep y 435,94 kbep entre los años 1990 a 2002, principalmente porque la actividad agrícola en Guatemala no está mecanizada en un alto grado y aún se realiza en su mayoría como actividad artesanal en comunidades rurales con poco acceso a electricidad.

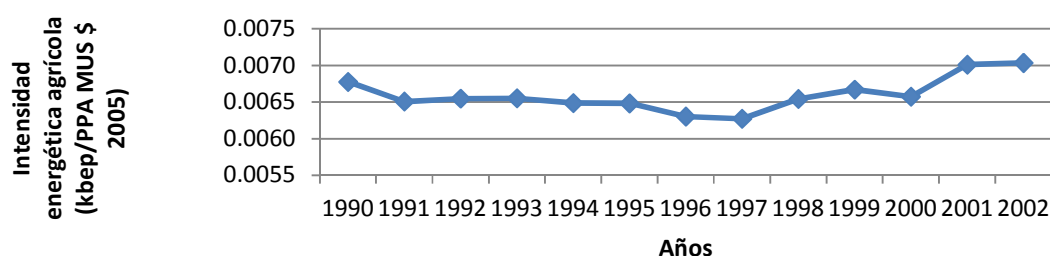


Figura 8.18. Intensidad energética sector agrícola Guatemala 1990-2002.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014), (Banco Mundial, 2014).

El indicador ECO8 analiza la intensidad energética del sector comercial y de servicios, Guatemala posee una baja intensidad energética, de 0,024 kbep/PPA MUS\$ 2005 en el 2012, en América Latina y el Caribe se encuentra justo a la mitad en la clasificación de menor intensidad energética, superado entre otros por México, República Dominicana, El Salvador, Trinidad y Tobago, Guyana, Nicaragua, Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y Haití, como puede verse en Figura 8.19. Programas de disminución en la intensidad energética de este sector, podrían ser la sustitución de iluminación pública por tecnología más eficiente como la tecnología LED (diodo emisor de luz, por sus siglas en inglés) y mediante planes de eficiencia energética en edificios públicos y privados, especialmente en cuanto a iluminación, equipos y aire acondicionado, así como la disminución en el consumo de energía en plantas de potabilización y tratamiento de aguas residuales.

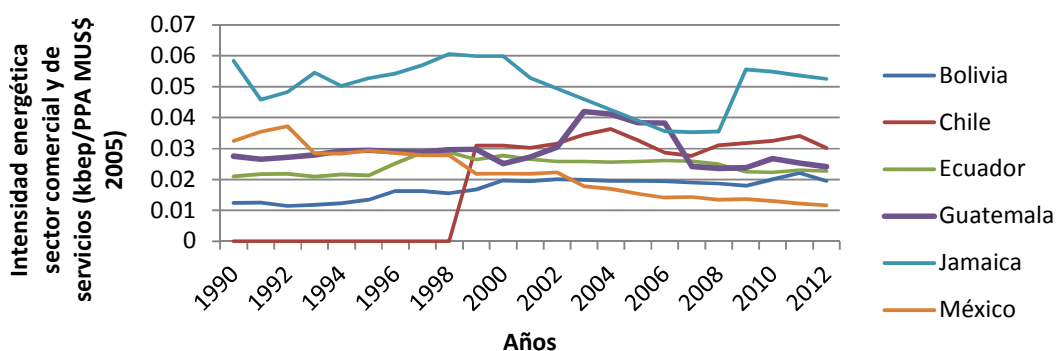


Figura 8.19. Intensidad energética sector comercial y de servicios América Latina 1990-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014), (Banco Mundial, 2014).

El indicador ECO9 presenta la intensidad energética del sector residencial entre los años 1990 a 2012, es la más grande de todas las actividades del país, con valores entre 0,31 kbep/PPA MUS\$ 2005 y 0,42 kbep/PPA MUS\$, principalmente debido a que este sector está dominado



por el uso de leña (ver SOC3), energético cuyo uso es muy ineficiente y por lo tanto requiere de un consumo alto de energía para cumplir sus fines de uso, principalmente cocción e iluminación en poblaciones rurales. Guatemala es el tercer país con mayor intensidad energética en el sector residencial, superado únicamente por Honduras y Haití, países con gran dependencia de la leña al igual que Guatemala, ver Figura 8.20. Programas de eficiencia energética en el sector residencial, pueden incluir la implementación de estufas ahorradores de leña, las cuales reducen el consumo de leña, reducen la contaminación y reducen los riesgos de enfermedades en las comunidades altamente dependientes de este energético; otro programa podría ser la implementación del etiquetado de eficiencia energética en equipos electrodomésticos y equipos tecnológicos, lo cual no es normado ni regulado en Guatemala actualmente; programas de sustitución de iluminación residencial por tecnologías más eficientes y sustitución de electrodomésticos antiguos e ineficientes por otros más eficientes son posibles soluciones para disminuir la intensidad energética en el sector.

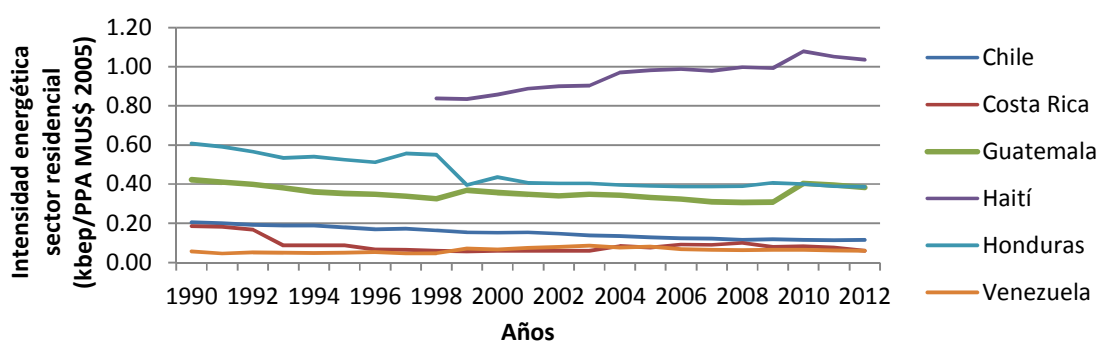


Figura 8.20. Intensidad energética sector residencial América Latina 1990-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014), (Banco Mundial, 2014).

El indicador ECO10 mide la intensidad energética del sector transporte entre 1990-2012 en Guatemala, es importante mencionar que dicho sector es el segundo con mayor intensidad energética en el país, con valores entre 0,11 kbep/PPA MUS\$ 2005 y 0,18 kbep/ PPA MUS\$

2005, principalmente debido a la gran cantidad de vehículos y transporte público, que por la falta regulación y de mantenimiento apropiado, circulan en el país, haciendo uso ineficiente del combustible, y por lo tanto expelen humo y contaminantes que afectan la calidad del aire y la salud de las personas (ver ENV2). Respecto a América Latina y el Caribe, Guatemala es el sexto país con menor intensidad energética en el sector transporte, superado únicamente por Perú, Uruguay, Colombia, República Dominicana y Nicaragua, como puede verse en la Figura 8.21. Programas para reducir la intensidad del sector transporte en Guatemala pueden ser la sustitución del parque vehicular viejo, contaminante e ineficiente, especialmente público, por una opción más amigable al ambiente y eficiente energéticamente; implementación de programa de autoconsumo de biodiesel y aplicar la Ley de Alcohol Carburante, el cual exige agregar hasta 5 % de etanol en gasolinas y que a la fecha no se cumple.

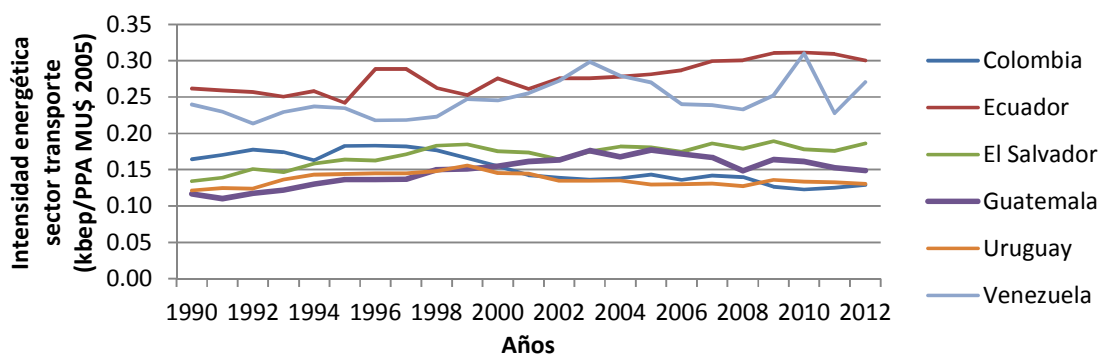


Figura 8.21. Intensidad energética sector transporte América Latina 1990-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014), (Banco Mundial, 2014).

En el subtema de diversificación de fuentes energéticas, se analiza la combinación de combustibles utilizada por Guatemala, el indicador ECO11 describe el porcentaje de combustibles fósiles utilizados en la producción total de energía, consumo final energético y

generación de energía eléctrica. En Guatemala, entre el año 1970 a 2005, el suministro total de energía proporcionada por combustibles fósiles (petróleo, gas natural, carbón mineral y productos derivados del petróleo), representó entre 32,84 % y 15,26 % del suministro total de energía, a partir de 2006 este porcentaje disminuye desde 13,37 % hasta 7,06 % en 2011; históricamente la producción de energía ha estado dominada por el petróleo y sus derivados; además se produjo gas natural en el país, entre 1978 hasta el año 2000, llegando a representar hasta 1,21 % del suministro total de energía en 1999, luego de esos años, de discontinuó la producción; entre 1970 y 2002 se produjo GLP, llegando a representar 0,39 % del suministro total de energía; desde 1970 hasta 2006, se refinó gasolina/alcohol, llegando a representar hasta un 7,59 % del suministro total de energía en 1973; también se refina keroseno, el cual llegó a representar hasta un 3,50 % del suministro total de energía en 1972; entre 1970 y 2002 se refinó fuel oil, el que llegó a representar hasta un 9,99 % del suministro total de energía en 1973; también se refina diesel, sin embargo al igual que la gasolina, fuel oil y el keroseno, su producción ha disminuido desde 1970 hasta la fecha, privilegiando la importación de dichos energéticos, el diesel llegó a representar 9,10 % del suministro total de energía del país en 1973, ver Figura 8.22.

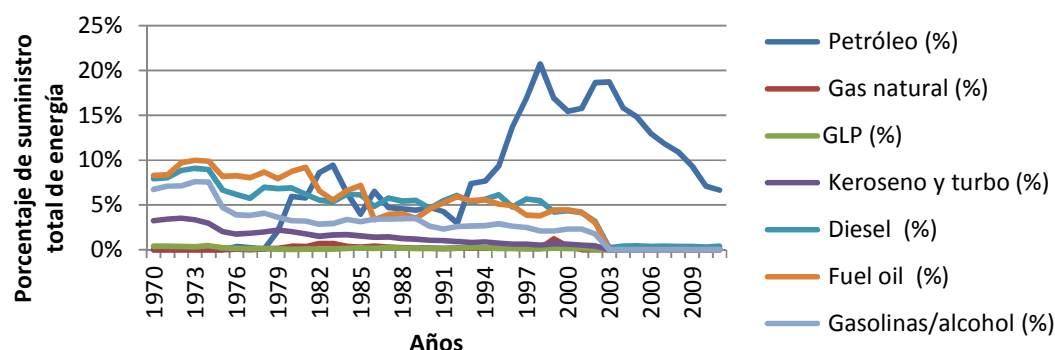


Figura 8.22. Producción de energía total por fuentes fósiles Guatemala 1970-2011.

Elaboración propia. Fuente de datos: (CEPAL, 2014).

Respecto al porcentaje de combustibles fósiles en el consumo final de energía en Guatemala, entre los años 1970 a 2006, el consumo se había mantenido en valores entre 22,74 % a 38,44 %, es a partir de 2007 que se incrementa el consumo de combustibles fósiles a valores de hasta 43,03 % en 2009, provocado principalmente por los fenómenos naturales y crisis económica que afectaron al país y se detallaron en los indicadores de intensidad energética, finalmente entre los años 2011 y 2012 el consumo energético de combustibles fósiles ha disminuido hasta 34,99 % en 2012. Hasta el año 2012, los combustibles fósiles que más se consumen en Guatemala son los usados por el sector transporte, como es el diesel con 14,01 % del consumo energético total del país, y la gasolina con 10,67 %, le sigue el fuel oil con 6,18 %, GLP con 3,25 % y finalmente el keroseno con 0,88 %, el coque se usó durante un período de tiempo entre 2002 y 2011, como puede verse en Figura 8.23.

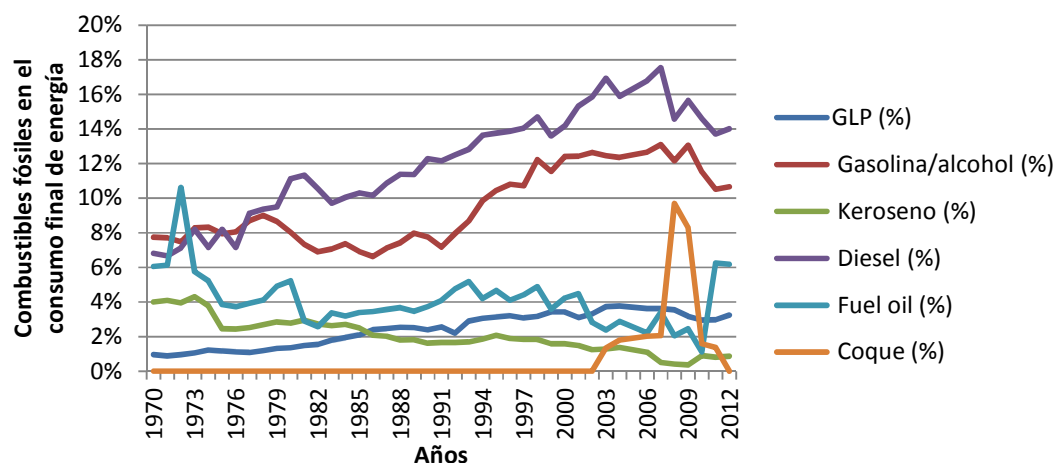


Figura 8.23. Consumo final de energía con fuentes fósiles Guatemala 1970-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014).

Para que el país aumente su seguridad energética, se debe aumentar la producción de petróleo y refinación de derivados de petróleo, volver a retomar la producción de gas natural y reducir las importaciones de energía para cubrir el consumo de derivados de petróleo, especialmente

para el sector transporte. Respecto a la participación de combustibles fósiles en la generación eléctrica de Guatemala, entre 1970 y 1980, paso de ser 59,61 % a 85,34 %, bajando paulatinamente hasta 61,23 % en 1985, a partir de 1986 y hasta 1991, se tuvo un descenso significativo de la participación de fuentes fósiles en la generación eléctrica, llegando a representar entre 4,27 % y 10,41 %, a partir de 1992 y hasta el 2011, la participación se ha mantenido entre 31,78 % y 58,26 %, como puede verse en Figura 8.24, las fuentes fósiles que se utilizan en la generación eléctrica de Guatemala son el carbón y derivados de petróleo, como fuel oil y diesel.

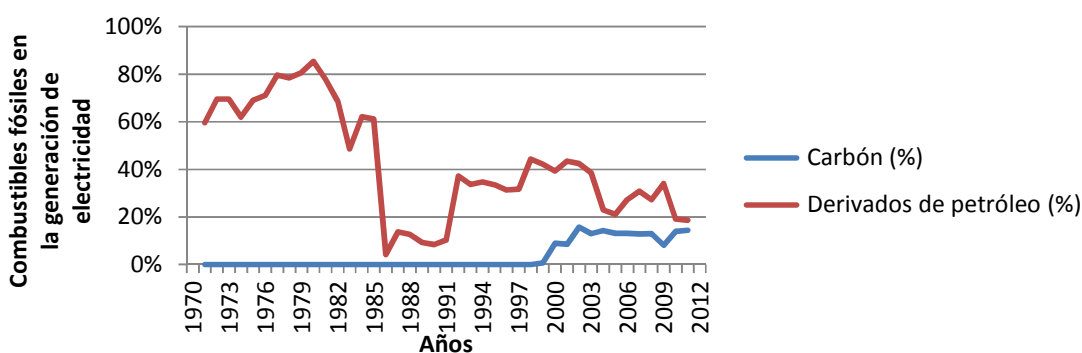


Figura 8.24. Generación de electricidad con fuentes fósiles Guatemala 1970-2011.

Elaboración propia. Fuente de datos: (Banco Mundial, 2014).

El indicador ECO12 describe el porcentaje de fuentes libres de carbono utilizadas en la producción total de energía y generación de energía eléctrica, entre las fuentes libres de carbono se pueden mencionar la energía eólica, solar, geotermia, hidráulica y nuclear, en Guatemala las fuentes libres de carbono utilizadas son la energía hidráulica, geotermia y otras primarias (incluidas eólica y solar de generación distribuida), entre 1970 y 1981, estas fuentes representaron entre 0,73 % y 1,02 % de la producción total de energía, a partir de 1982 hasta el 2011 su uso se masificó hasta 9,96 % de la producción total de energía en 2008. La fuente libre de carbono dominante es la energía hidráulica, la cual aporta el 5,32 % de la producción

total de energía del país en 2011; la siguiente fuente es la energía geotérmica, la cual inicia sus aportes en 1998 y en 2011 representó el 1,53 % de la energía total producida en el país, finalmente otras primarias representan un aporte muy pequeño a la producción de energía del país, principalmente en aplicaciones de generación renovable distribuida, ver Figura 8.25. Recién en el año 2014 se inauguró la primera planta solar fotovoltaica del país y en 2015 estará lista la primera planta eólica (ver capítulo 1), los cuales aumentaran el aporte de otros primarios a la producción de energía con fuentes libres de carbono.

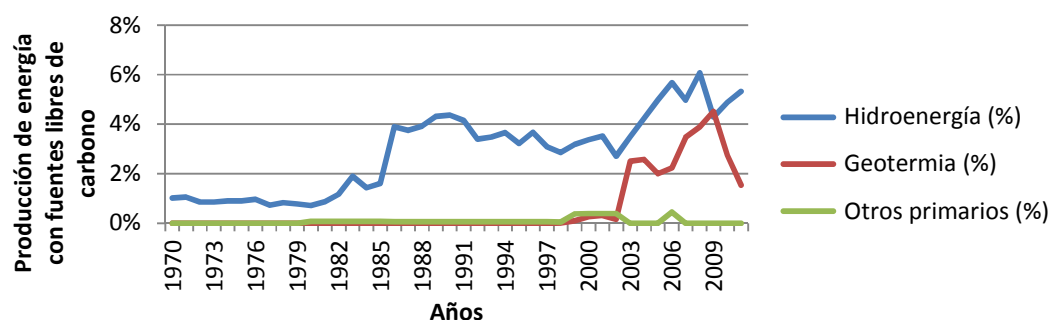


Figura 8.25. Producción de energía total con fuentes libres de carbono Guatemala 1970-2011.

Elaboración propia. Fuente de datos: (CEPAL, 2014).

El indicador ECO13 describe el porcentaje de energía renovable en la producción total de energía y generación eléctrica, en Guatemala la participación de las energías renovables es muy importante, entre 60,41 % y 83,42 % de la producción total de energía entre 1970 y 2011, sin embargo es importante destacar que la mayoría de este porcentaje está dado por el uso de leña en el sector residencial, del cual su uso, manejo y obtención no es controlada, lo que pone en duda su carácter de renovable; la segunda fuente renovable en importancia en la producción de energía, son los productos de caña de azúcar, principalmente bagazo de caña de azúcar y etanol de caña de azúcar, los cuales han llegado a representar hasta el 11,38 % de la producción total de energía en 2011; finalmente la energía hidráulica, geotermia y otras

primarias complementan las fuentes renovables en la producción total de energía, como puede verse en Figura 8.26. Guatemala es el séptimo país con mayor participación de energías renovables en la generación de electricidad, con 66,90 %, superado únicamente por Venezuela, Uruguay, Colombia, Brasil, Costa Rica y Paraguay, como se ve en la Figura 8.27. En Guatemala es la energía hidráulica la que más contribuye de las fuentes renovables en la generación de electricidad con 39,83 % en 2011, seguida por la cogeneración con bagazo de caña, geotermia y otras primarias.

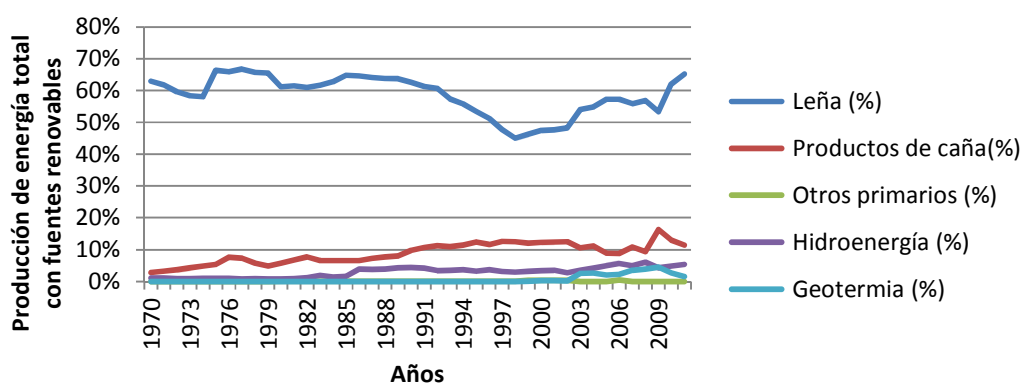


Figura 8.26. Producción total de energía con fuentes renovables Guatemala 1970-2011.

Elaboración propia. Fuente de datos: (CEPAL, 2014).

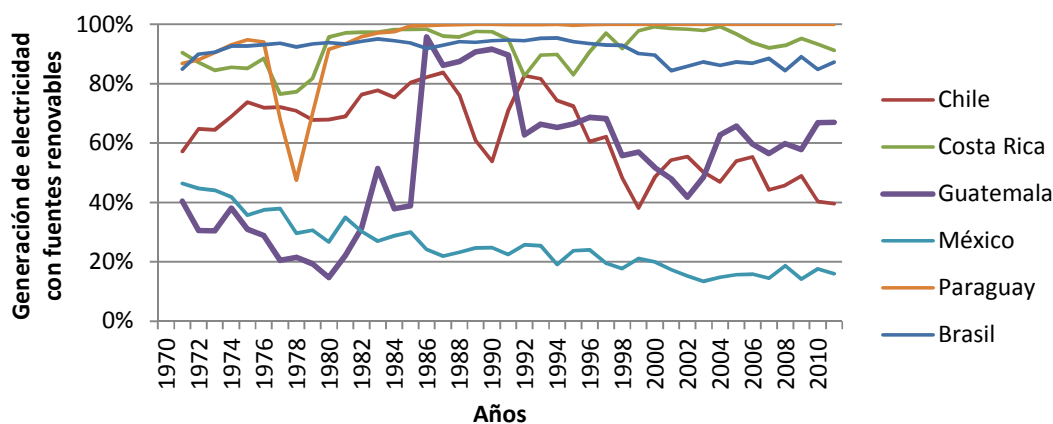


Figura 8.27. Generación de electricidad con fuentes renovables América Latina 1970-2011.

Elaboración propia. Fuente de datos: (Banco Mundial, 2014).

En el subtema de precios, el indicador ECO14 analiza los precios con impuestos de la energía, en la Figura 8.28, se analiza la evolución en el precio del diesel, fuel oil y GLP en Guatemala entre 1988 y 2007, es importante notar que el diesel es el derivado de petróleo con mayor precio, seguido por el GLP y finalmente el fuel oil. En el caso del diesel, el precio ha ido aumentando de forma más rápida que los otros dos energéticos, pasando de 178,77 US\$/m<sup>3</sup> en 1990 hasta 733,82 US\$/m<sup>3</sup> en 2007; la misma tendencia de aumento, aunque en menor medida se observa en el fuel oil y GLP, llegando a valores de 435,98 US\$/m<sup>3</sup> y 585,99 US\$/m<sup>3</sup> respectivamente en 2007. En la Figura 8.29, se puede observar la evolución en el precio con impuesto de los derivados de petróleo jet fuel, gasolina extra, gasolina regular y keroseno en el período de 1988 hasta 2007 en Guatemala, el jet fuel ha estado en un rango de precio entre 0,21 US\$/L y 0,86 US\$/L; mientras el keroseno ha estado entre 0,22 US\$/L hasta 0,79 US\$/L; en el caso de la gasolina regular, el precio ha estado entre 0,29 US\$/L hasta 0,88 US\$/L; y finalmente la gasolina extra, ha estado entre 0,31 US\$/L hasta 0,92 US\$/L.

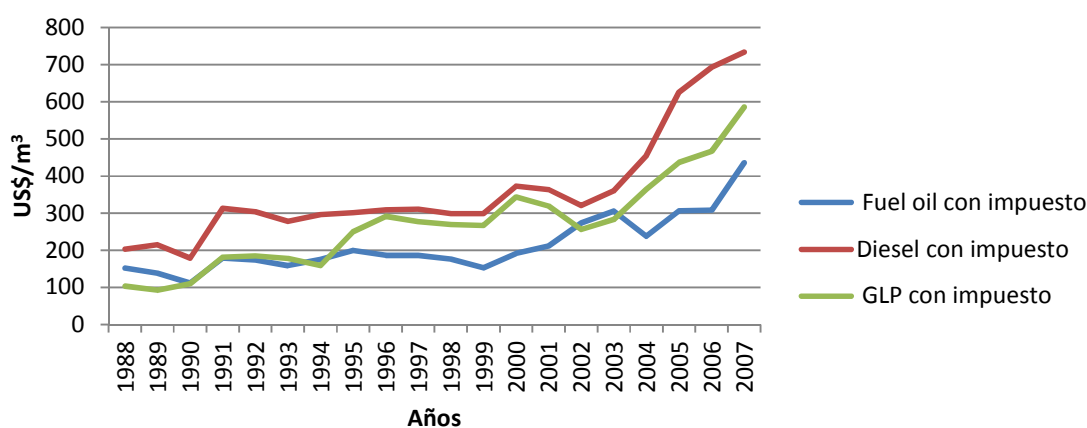


Figura 8.28. Precio con impuesto de fuel oil, diesel y GLP Guatemala 1988-2007.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014).



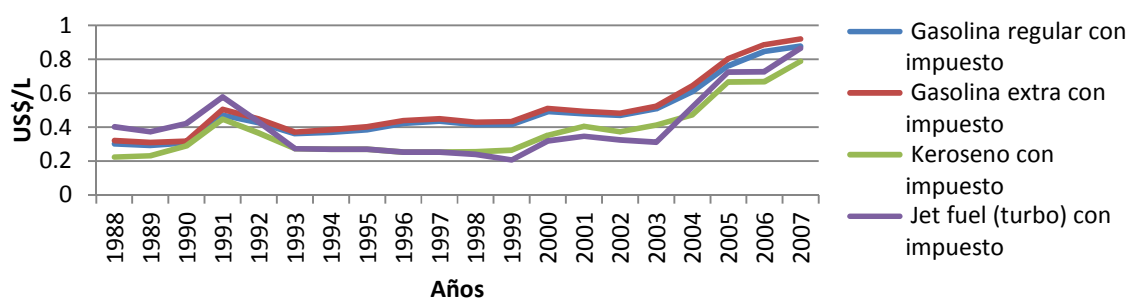


Figura 8.29. Precio con impuesto de jet fuel, keroseno y gasolinas Guatemala 1988-2007.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014).

El aumento en los precios de los derivados del petróleo para Guatemala, es un tema importante, debido a la alta dependencia en la importación de los mismos que el país tiene, especialmente con el diesel y las gasolinas del sector transporte, en menor medida existe una dependencia del GLP en el sector residencial, principalmente en el área urbana del país, todo esto es un aspecto que afecta los ingresos de la población, lo que se traduce en que exista una falta de seguridad e independencia energética en el país (ver ECO15). En el caso del precio con impuestos de la electricidad, se puede notar en la Figura 8.30, que el mayor precio es pagado por el sector residencial 118,11 US\$/MWh en 2006, seguido por el sector comercial y de servicios públicos con 115,90 US\$/MWh y finalmente el sector industrial con 112,35 US\$/MWh.

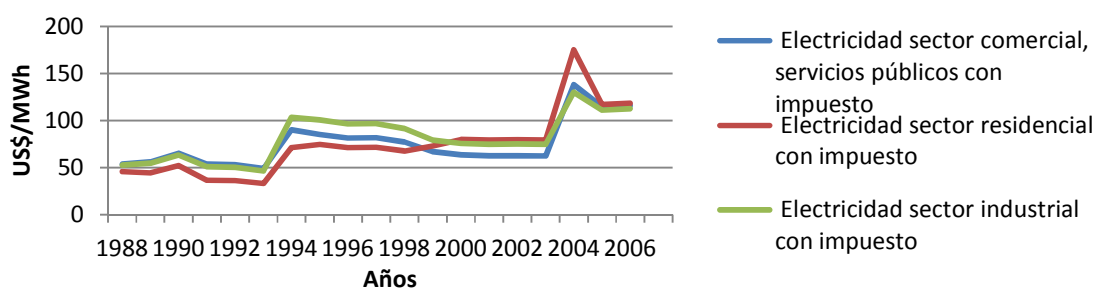


Figura 8.30. Precio de la electricidad con impuesto Guatemala 1988-2006.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014).

En cuanto al tema de seguridad energética, el subtema de importaciones de energía, el indicador ECO15 analiza la dependencia de las importaciones netas de la energía, las importaciones netas son definidas como las importaciones totales menos las exportaciones totales, si este valor es negativo, el país es un exportador neto de energía, de lo contrario el país es un importador neto de energía. Para obtener el ratio de dependencia energética, se divide las importaciones netas de energía entre la oferta total de energía para los importadores netos; y las exportaciones netas de energía entre la oferta total de energía para los exportadores netos. Guatemala es un importador neto de energía, posee un ratio de importación de energía sobre oferta total de energía de 0,33 en 2012, es importante destacar que el ratio de importaciones netas de energía sobre oferta total de energía, no ha pasado de 0,47, valor obtenido en el año 2007, explicado por los fenómenos naturales que afectaron al país, ver Figura 8.31. Respecto a dependencia de las importaciones netas de energía en América Latina y el Caribe, es el treceavo país, superado por los exportadores netos de energía Bolivia, Colombia, Venezuela, Trinidad y Tobago, Ecuador, Paraguay, Surinam, Perú y México, y por detrás de los importadores netos Argentina, Haití y Brasil. La dependencia de las importaciones netas de energía no es alta en comparación a otros países de América Latina y el Caribe, como por ejemplo Barbados con un ratio de importaciones netas de energía sobre oferta total de energía de 0,95 y República Dominicana con un ratio de 0,89, como puede verse en la Figura 8.32, sin embargo su dependencia en las importaciones de energía es importante respecto a derivados de petróleo, especialmente para el sector transporte, como se vio en el indicador ECO14, ECO11 y ECO10, lo que lo hace vulnerable en cuanto a seguridad energética.

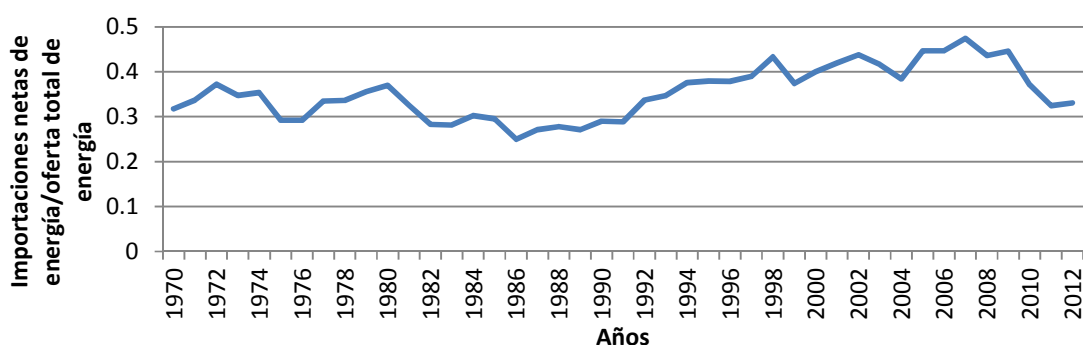


Figura 8.31. Importaciones netas de energía/oferta total de energía Guatemala 1970-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014).

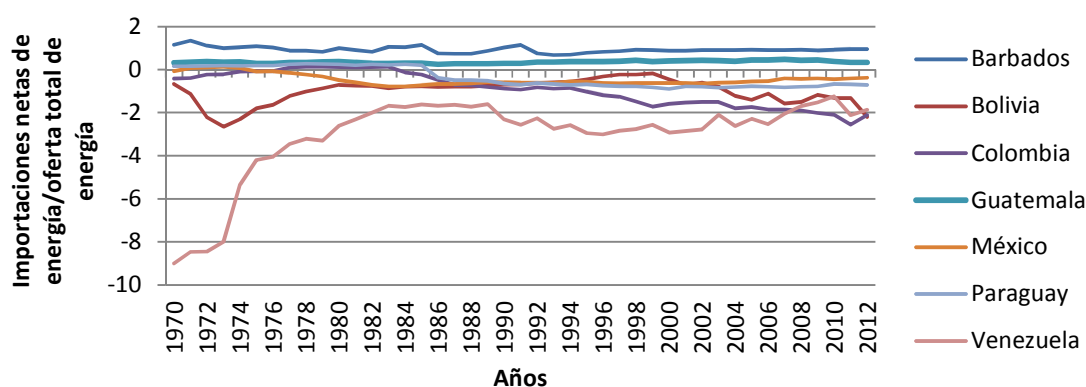


Figura 8.32. Importaciones netas de energía/oferta total de energía América Latina 1970-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014).

Finalmente en el subtema de reservas estratégicas, el indicador ECO16 analiza las reservas de combustibles críticos, en este caso únicamente se considera el petróleo, esto se obtiene mediante el ratio entre las reservas probadas de petróleo y el consumo anual de petróleo, dando como resultado los años de abastecimiento del combustible crítico, si el país conservara la misma magnitud de consumo final energético. Como puede verse en la Figura 8.33, en Guatemala desde el año 1970 hasta 1994, los años de reservas de petróleo fueron en aumento desde 4,78 años hasta 43,33 años respectivamente, a partir de ese año el valor fue

estabilizándose hasta que en el año 2012 llega a ser 19,45 años de reserva estratégica de petróleo para el país.

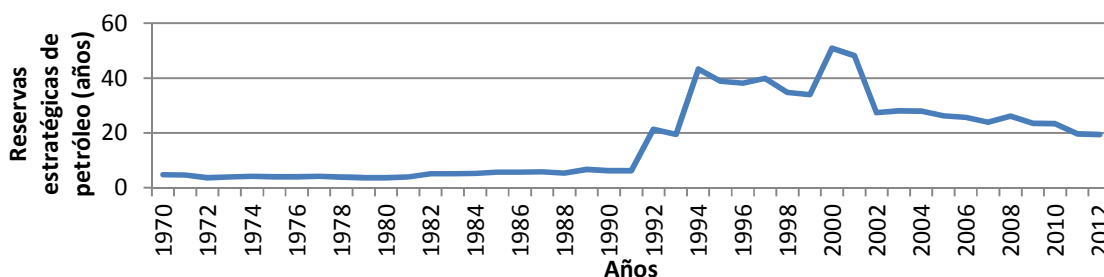


Figura 8.33. Reservas estratégicas de petróleo Guatemala 1970-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014).

### 8.1.3 Dimensión ambiental

Respecto a la dimensión ambiental, se analiza el tema atmósfera, con el subtema cambio climático, el indicador ENV1, mide las emisiones de GEI per cápita y por unidad de PIB. En Guatemala las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita entre 1990 y 2008 se mantuvieron entre 0,44 t CO<sub>2</sub>/hab y 0,85 t CO<sub>2</sub>/hab, en el año 2009 se obtiene el máximo valor de emisiones per cápita en el país, de 1,09 t CO<sub>2</sub>/hab provocado por el aumento en el consumo de leña en el sector residencial (ver SOC3), aumento en la intensidad energética del país (ver indicadores de intensidad energética) y el aumento en el consumo de fuel oil, principalmente en la generación eléctrica (ver ECO11), todo esto provocado por los fenómenos naturales y crisis económica que afectaron al país en el 2008, hasta comenzar a disminuir y estabilizarse en el año 2012 en 0,89 t CO<sub>2</sub>/hab. Respecto a las emisiones de CH<sub>4</sub>, entre 1990 hasta el 2012 se han mantenido entre 0,0087 t CO<sub>2 eq</sub>/hab hasta 0,12 t CO<sub>2 eq</sub>/hab; por otro lado el N<sub>2</sub>O se ha mantenido entre 0,0025 t CO<sub>2 eq</sub>/hab y 0,027 t CO<sub>2 eq</sub>/hab, por lo tanto se puede

inferir que el GEI más importante del país es el CO<sub>2</sub> como se puede ver en la Figura 8.34; respecto a las emisiones por unidad de PIB, la tendencia es similar a las emisiones per cápita, el cual se ha mantenido entre 0,08 kg CO<sub>2</sub>/PPA US\$ 2005 hasta 0,16 CO<sub>2</sub>/PPA US\$ 2005 en 2009, para luego estabilizarse en 2012 en 0,13 CO<sub>2</sub>/PPA US\$ 2005. Las emisiones de CH<sub>4</sub> por unidad de PIB han estado entre 0,0016 CO<sub>2</sub> eq/PPA US\$ 2005 y 0,017 CO<sub>2</sub> eq/PPA US\$ 2005; mientras que las emisiones de N<sub>2</sub>O por unidad de PIB han estado entre 0,00039 CO<sub>2</sub> eq/PPA US\$ 2005 y 0,0039 CO<sub>2</sub> eq/PPA US\$ 2005, como puede verse en Figura 8.34.

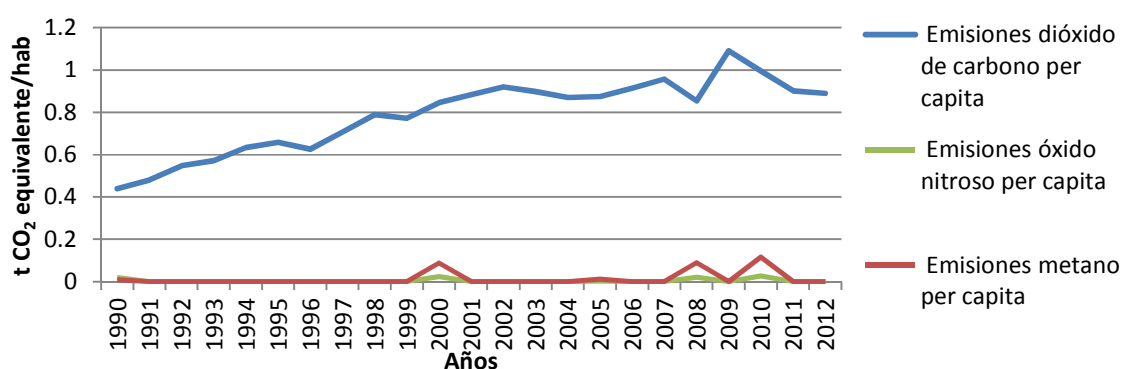


Figura 8.34. Emisiones de GEI per cápita Guatemala 1990-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos: (Banco Mundial, 2014).

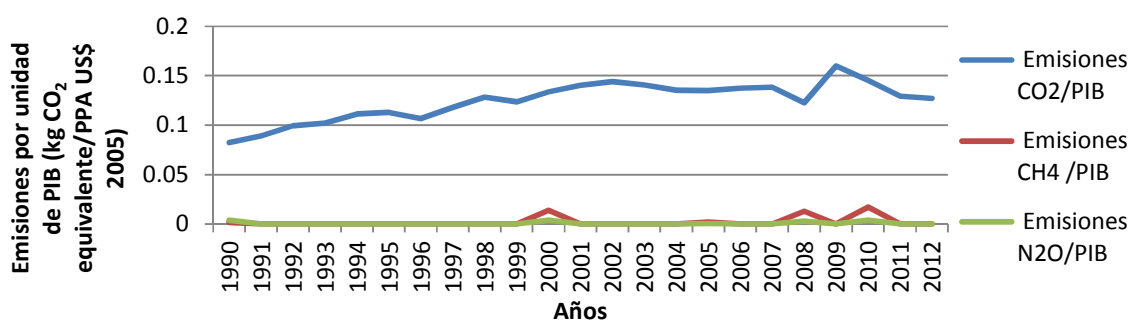


Figura 8.35. Emisiones de GEI por unidad de PIB Guatemala 1990-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos: (Banco Mundial, 2014).

Respecto al resto de América Latina y el Caribe, Guatemala es el cuarto país con menos emisiones per cápita de CO<sub>2</sub>, superado únicamente por Paraguay, Nicaragua y Haití, como puede verse en la Figura 8.36; además es el tercer país con menor emisión de CO<sub>2</sub> por unidad de PIB, superado únicamente por Paraguay y Nicaragua como puede verse en la Figura 8.37.

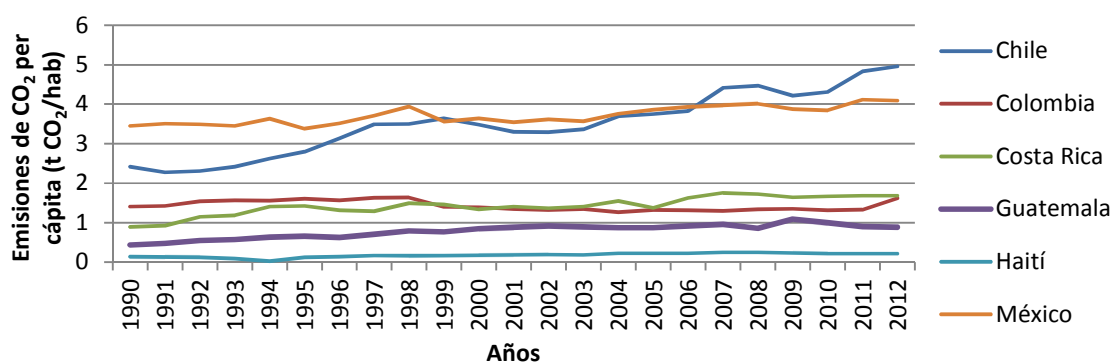


Figura 8.36. Emisión de CO<sub>2</sub> per cápita América Latina 1990-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos: (Banco Mundial, 2014).

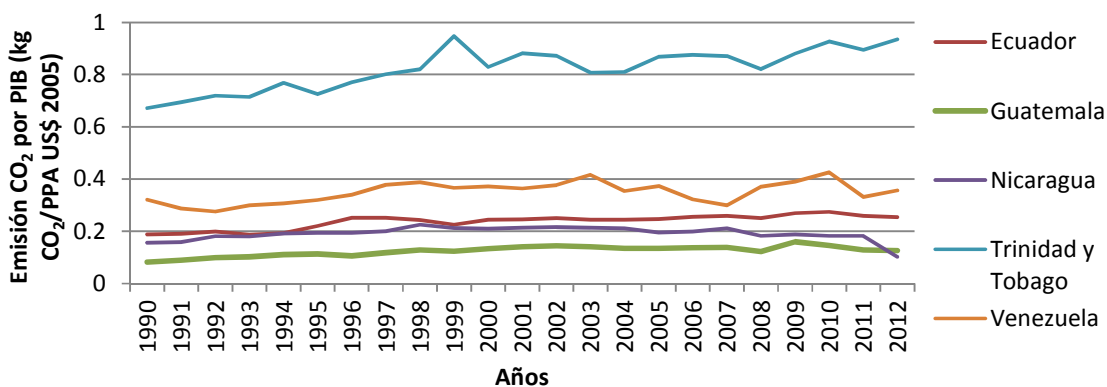


Figura 8.37. Emisión de CO<sub>2</sub> por unidad de PIB América Latina 1990-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos: (Banco Mundial, 2014).

Respecto al subtema de calidad del aire, el indicador ENV2 mide la concentración de contaminantes en el aire, en este indicador se analiza la concentración del material particulado de diámetro menor a 10  $\mu\text{m}$  (PM10 por sus siglas en inglés). Respecto a

la concentración de PM10, EPA recomienda que anualmente la concentración no deba pasar de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ya que concentraciones superiores a este valor, causan problemas a la salud humana. En Guatemala, desde 1990 hasta el 2011, la concentración de PM10 se ha mantenido mayoritariamente a valores superiores al límite máximo de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , llegando hasta máximo de  $86,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2004, hasta llegar a  $75,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2011. El motivo principal de la emisión tan alta de PM10 en el país se debe principalmente a la quema de leña y carbón vegetal en el sector residencial, así como al sector industrial y centrales eléctricas que utilizan productos de caña de azúcar, fuel oil, entre otros.

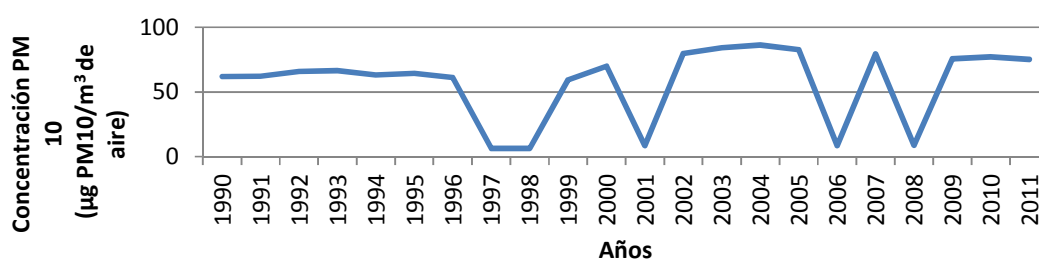


Figura 8.38. Concentración de PM10 Guatemala 1990-2011.

Elaboración propia. Fuente de datos: (Banco Mundial, 2014).

El indicador ENV3 analiza la emisión de contaminantes atmosféricos en la generación de electricidad y el sector transporte, en los cuales se analiza las emisiones de CO, compuestos orgánicos volátiles (COV),  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  y sustancias agotadoras de la capa de ozono. Respecto a las emisiones de CO, en Guatemala es el sector transporte el que más contribuye con emisiones contaminantes entre 59,69 kt CO y 337,38 kt CO, entre 1970 y 2012, en comparación con las centrales eléctricas que generan entre 0,09 kt de CO y 5,36 kt de CO, ver la Figura 8.39.

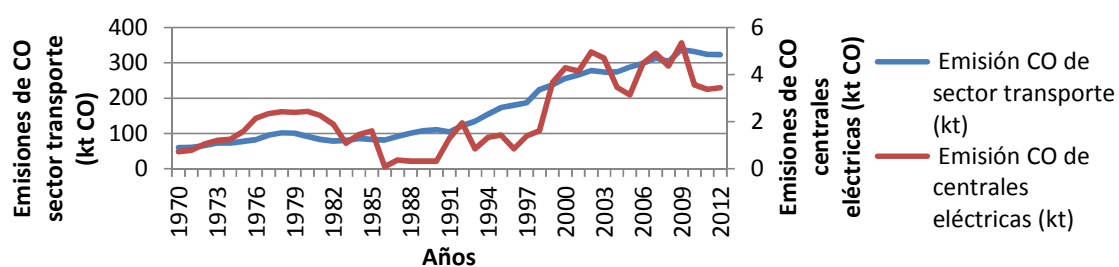


Figura 8.39. Emisión de CO centrales eléctricas y sector transporte Guatemala 1970-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014).

Respecto a las emisiones de COV, en Guatemala son las centrales eléctricas las que más contribuye en comparación con el sector transporte, ya que entre los años 1970 a 2012 las emisiones de COV de las centrales eléctricas han estado entre 0,02 kt COV y 7,1 kt COV; mientras que en el sector transporte han estado entre 0,28 kt COV y 1,64 kt COV, como puede verse en la Figura 8.40.

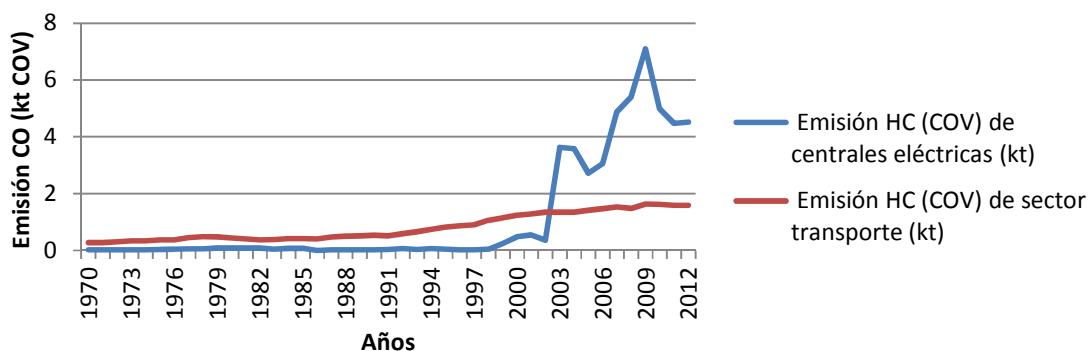


Figura 8.40. Emisión de COV centrales eléctricas y sector transporte Guatemala 1970-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014).

En cuanto a las emisiones de NO<sub>x</sub>, en Guatemala entre 1970 a 2012 es el sector transporte el que más contribuye, con valores entre 7,93 kt NO<sub>x</sub> y 67,18 kt NO<sub>x</sub>; en comparación con las centrales eléctricas que contribuyeron con valores entre 0,20 kt NO<sub>x</sub> y 13,91 kt NO<sub>x</sub>, como puede verse en la Figura 8.41.



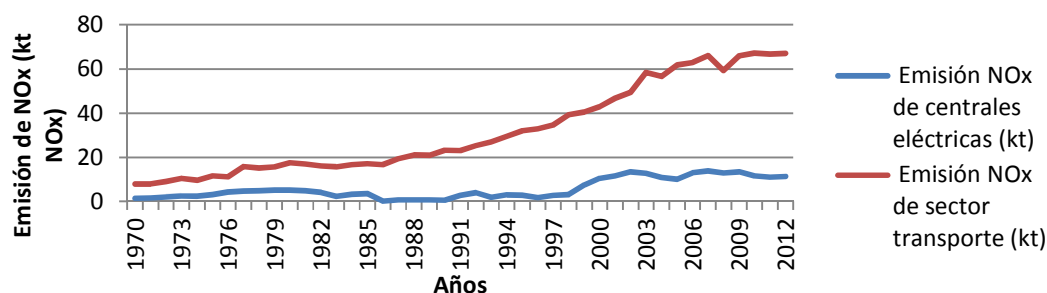


Figura 8.41. Emisión de NOx centrales eléctricas y sector transporte Guatemala 1970-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014).

En el caso del SO<sub>2</sub> en Guatemala no se cuenta información sobre las emisiones del sector transporte, por lo tanto entre 1970 a 2012, las centrales eléctricas tuvieron emisiones entre 0,23 kt SO<sub>2</sub> y 34,02 kt SO<sub>2</sub> como se puede ver en la Figura 8.42.

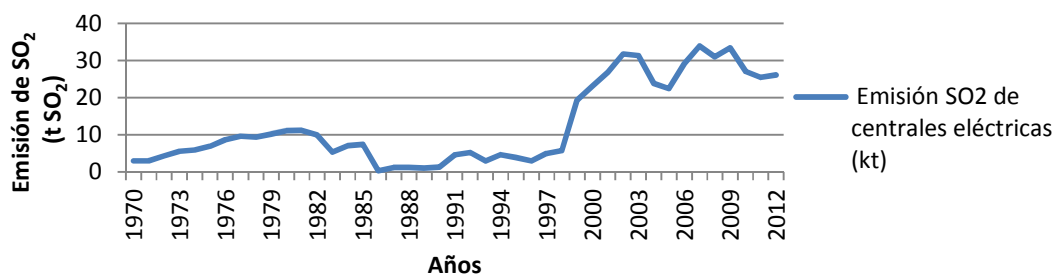


Figura 8.42. Emisión de SO2 centrales eléctricas Guatemala 1970-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos: (SIEE-OLADE, 2014).

Respecto a las sustancias agotadoras de la capa de ozono, se analizaron todas las sustancias controladas por el protocolo de Montreal, sin embargo en Guatemala la mayor cantidad de emisiones está dada por clorofluorocarbonos (CFC) y bromuro de metilo, en menor medida por halones, tetracloruro de carbono e hidroclofluorocarbonos (HCFC). En el caso de los CFC, entre 1989 y 2008, en Guatemala se han registrado emisiones entre 1,4 t PAO (Potencial de Agotamiento de Ozono) y 420,6 t PAO; respecto al bromuro de metilo, la emisión entre 1994 y 2012

se ha registrado entre 148,5 t PAO y 1055,4 t PAO; en el caso de los HCFC las emisiones han estado entre 1,3 t PAO y 10,0 t PAO; el tetracloruro de carbono se ha registrado emisiones entre 9,2 t PAO y 19,5 t PAO y finalmente los halones se ha registrado emisiones entre 0,6 t PAO y 3,6 t PAO. Es importante mencionar que a excepción de los HCFC, la tendencia de emisión de dichas sustancias es a la baja, ver Figura 8.43 y Figura 8.44.

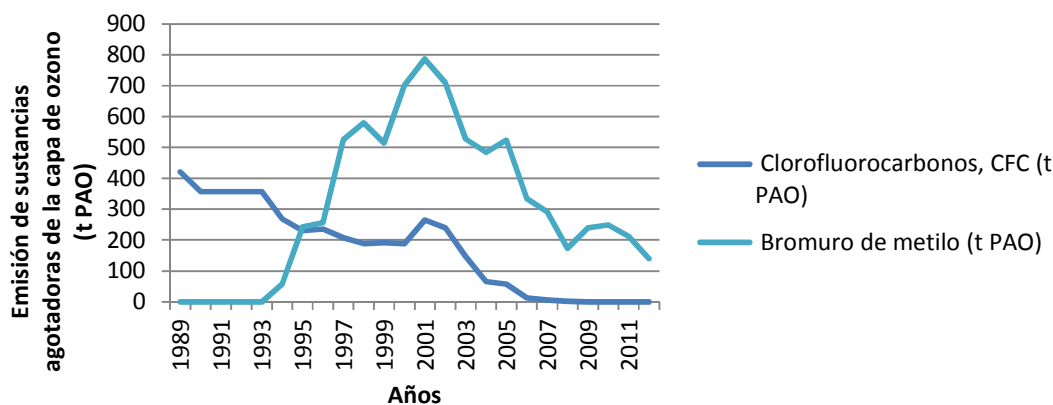


Figura 8.43. Emisión de CFC y bromuro de metilo Guatemala 1989-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos:(CEPAL, 2014).

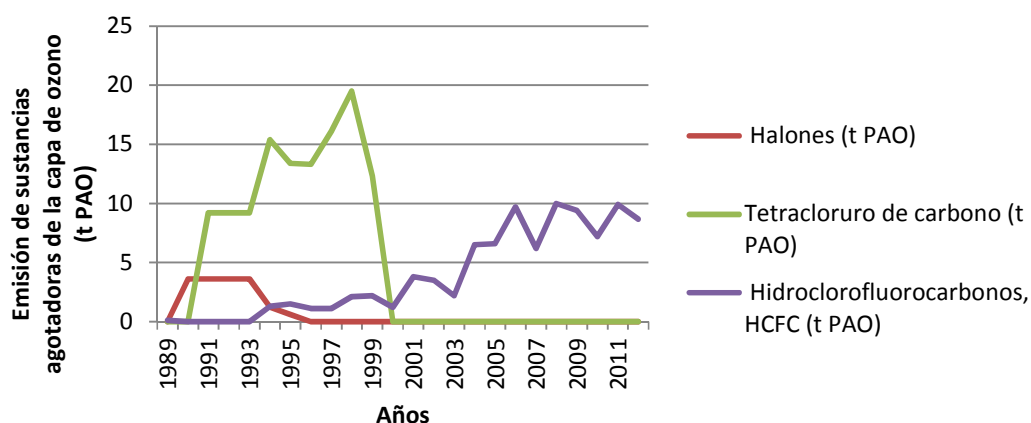


Figura 8.44. Emisión de halones,  $\text{CCl}_4$  e hidroclorofluorocarbonos Guatemala 1989-2012.

Elaboración propia. Fuente de datos:(CEPAL, 2014).

En el tema de agua, subtema uso de agua, el indicador ENV4, mide el uso de agua en Guatemala por sectores, el sector de producción de electricidad, gas y agua potable, es el tercero que más agua consume, entre 12,66 % y 16,26 % entre 2001 y 2010, únicamente superados por el agua de ambientes naturales que representa entre 18,00 % y 29,86 % y el agua utilizada en el sector agricultura que representa entre 50,44 % y 59,46 % del agua total del país, debido a que la agricultura es una de las principales fuentes de generación económica del país, ver Figura 8.45.

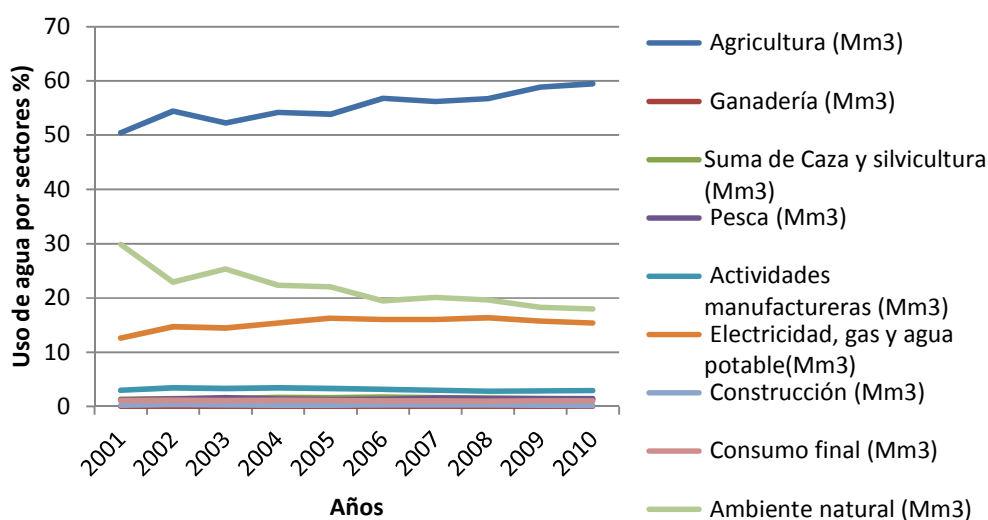


Figura 8.45. Uso de agua por sectores Guatemala 2001-2010.

Elaboración propia. Fuente de datos:(INE, 2011).

Finalmente el tema de tierra, el subtema de bosques, el indicador ENV6 muestra la tasa de deforestación atribuida a la energía, en la Figura 8.46, se puede notar el porcentaje de área selvática respecto a la totalidad del territorio de Guatemala y el porcentaje de consumo de leña en el consumo total de energía para los años 1990 hasta 2011, es importante notar que en este período de tiempo, el área selvática ha pasado de ser 44,31 % a 33,60 % del territorio del país, además se puede notar que

durante 1990 hasta 1999 el uso de leña tuvo un decrecimiento, lo que provocó que la tasa de deforestación del país, tuviera una leve desaceleración, pero es a partir que el consumo de leña vuelve a crecer de forma muy importante hasta representar 56,47 % del consumo total de energía en 2011, lo que puede notarse en el aumento en la tasa de deforestación del país a partir del año 2000, ver Figura 8.46. Además del aumento en el uso de leña, el cambio de uso de suelo es otra de las causas principales de la deforestación en el país.

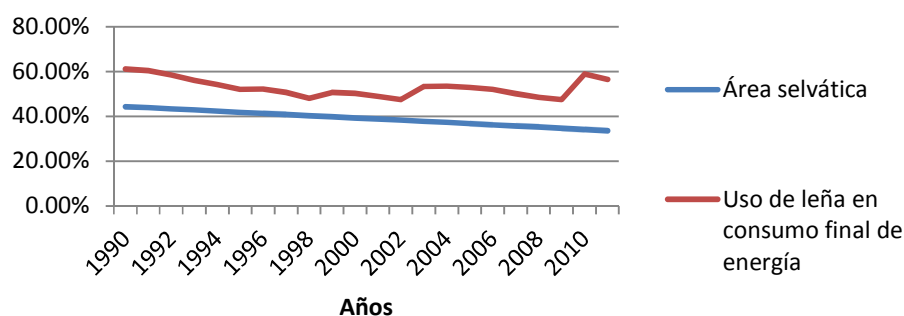


Figura 8.46. Área selvática y consumo de leña Guatemala 1990-2011.

Elaboración propia. Fuente de datos: (Banco Mundial, 2014), (SIEE-OLADE, 2014).  
 Luego de analizar las tres dimensiones del DS mediante los IEDS, se pueden identificar tres grandes características del sector energético de Guatemala, el primero de ellos es respecto al desarrollo social y equidad energética, en Guatemala 14,3 % de la población no tiene acceso a la electricidad, además que gran cantidad de la población rural que vive en pobreza, depende en más de un 90 % de energía no comerciales, especialmente leña y carbón vegetal, para iluminación y cocción de alimentos, comparado con la población urbana que dependen en casi un 8 % del GLP y electricidad para iluminación y cocción de alimentos, lo que revela una gran desigualdad social; además el consumo eléctrico per cápita es el tercero más bajo de América Latina y el Caribe, a pesar que posee el quinto

mayor consumo de energía total per cápita de América Latina y el Caribe, principalmente logrado por el consumo de leña, lo que significa que existe una gran inequidad energética en el país.

La segunda característica del sector energético de Guatemala es respecto al desarrollo económico y seguridad energética, en Guatemala aún no se ha logrado desacoplar del todo el consumo de energía del crecimiento económico, principalmente debido a que el país ha sido afectado por desastres naturales y por crisis económicas mundiales, pero también debido a que pesar de ser uno de los países más eficientes en cuanto al sector electricidad, con menos de 7 % de pérdidas de electricidad por transmisión y distribución, en el país aún no existe una normativa que regule la eficiencia energética en todos los sectores y actividades del país; además que el país aún no ha aprovechado del todo sus recursos de combustibles críticos como petróleo y gas natural, Guatemala depende de cerca de un 33 % de la importación de energía en su oferta total de energía, especialmente en derivados de petróleo como diesel, fuel oil, keroseno y gasolinas, sin embargo el país cuenta con una reserva importante de petróleo, cerca de 20 años de reservas estratégicas hasta el 2012, por lo que podría aumentar su nivel de refinación y producción de derivados de petróleo y así reducir su dependencia de las importaciones de energía; por otro lado, en el país hay indicios de la existencia de gas natural, sin embargo aún se desconoce con certeza las reservas probadas del mismo, esta es una gran oportunidad que está siendo desaprovechada por el país; al igual que con recursos renovables como la geotermia, energía eólica y energía solar, que aún no se han explotado en más de 5 % de su potencial y que ayudarían al país a ser energéticamente más seguro e independiente.

La tercera característica del sector energético del país, es el desarrollo ambiental o sostenibilidad ambiental, a pesar que Guatemala no es un país que contribuya en gran medida al cambio climático con emisiones de GEI, si es un país con un potencial importante de reducción de CO<sub>2</sub> por su territorio cubierto por bosques y selvas, el cual ha disminuido debido al aumento en la tasa de deforestación en el país, atribuido entre otras cosas, al uso de leña, principalmente energético usado en el país y al cambio de uso de suelo; además Guatemala posee una mala calidad del aire con concentraciones más altas del límite establecido por EPA para evitar daños a la salud de las personas.

## **8.2 Índice de Sostenibilidad Energética de Guatemala (ISE)**

Luego de identificar, interpretar y analizar el sector energético de Guatemala mediante los IEDS, es importante poder cuantificar el grado de sostenibilidad energética del país. Es por esta razón que se desarrolla un Índice de Sostenibilidad Energética (ISE), formado por tres ejes inspirados en el desarrollo sostenible, los cuales son equidad energética, seguridad energética y sostenibilidad ambiental, los que se ponderan equitativamente con conjunto con un indicador contextual de la realidad del país, formado por el PIB per cápita, y se obtiene un único valor que mide la sostenibilidad energética del país. Es importante mencionar que el ISE, está formado por una serie de indicadores, basados en el año más reciente que presenta la mayor cantidad de información publicada, en este caso el año 2011. A continuación se presenta el análisis de la sostenibilidad energética de Guatemala y su comparación con 166 países del mundo, desde la perspectiva equidad energética, seguridad energética y sostenibilidad energética, en anexos puede verse a detalle el desempeño de los 166 países analizados.

### 8.2.1 Equidad energética

La dimensión social o de equidad energética está formada por 3 indicadores, dos indicadores energéticos que miden la accesibilidad y calidad de vida como es el acceso a la electricidad y consumo eléctrico per cápita y un indicador social que mide la desigualdad como es el índice de Gini (ver anexo, para una explicación más detallada). Se recopilaron las estadísticas de Guatemala en el año 2011 sobre estos indicadores y se normalizaron contra el estado de referencia mediante las ecuaciones lineales definidas en la Tabla 7.1 y las ecuaciones (7.1) y (7.2).

Tabla 8.1. Equidad energética de Guatemala año 2011.

	<b>Población con acceso a electricidad (%)</b>	<b>Consumo eléctrico per cápita (kWh/hab)</b>	<b>Índice de Gini</b>	<b>Total</b>
<b>Indicador real</b>	81,9*	539,8*	55,89*	-
<b>Indicador normalizado (0-10)</b>	8,37	1,09	4,97	4,81

\*Fuente de datos: (Banco Mundial, 2014).

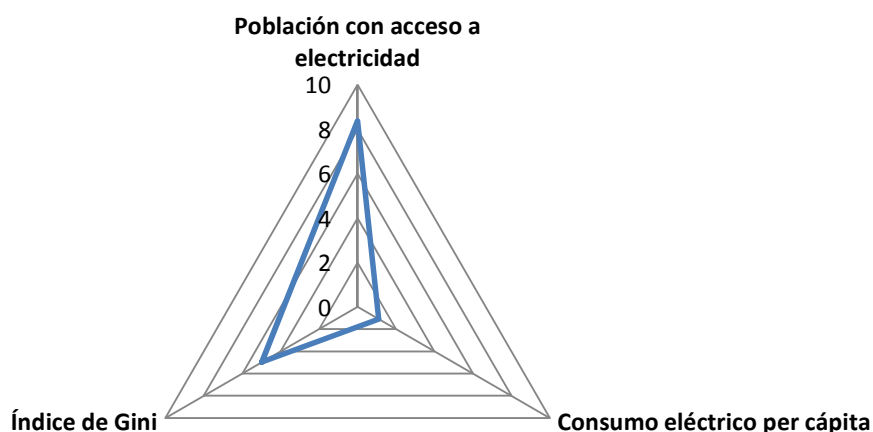


Figura 8.47. Índice de equidad energética de Guatemala año 2011.

En la Figura 8.47, es importante notar que Guatemala posee una calificación muy baja en cuanto al indicador de consumo eléctrico per cápita en comparación con el resto del mundo, dicho indicador es una medida indirecta de la calidad de vida de las personas, su bajo desempeño se puede interpretar debido a que existe un porcentaje importante de la población que no tiene accesos a servicios básicos y electricidad, y que además carece de estos servicios básicos, en especial agua potable, electricidad, alumbrado público, GLP y las comodidades que estos servicios involucran, lo que les obliga a utilizar la leña y otros combustibles no comerciales para suplirlos, con los efectos en la salud que se han discutido anteriormente por su uso, lo que provoca una disminución en su calidad de vida; además tiene una calificación baja respecto al indicador índice de Gini, debido principalmente a la gran inequidad que existe socialmente en el país, donde el ingreso no es distribuido de forma equitativa entre las clases sociales y eso se ve reflejado en el alto valor de dicho índice. La mejor calificación del país en esta dimensión es en cuanto al indicador de población con acceso a la electricidad, debido principalmente a que existen países con valores muy bajos en este indicador, especialmente países en África, sin embargo a pesar del relativo alto índice de electrificación, los beneficios de dicho servicio no logran llegar a la mayoría de población, como se pudo ver en los dos indicadores anteriores. Guatemala según este trabajo, está ubicada en el puesto 98 de 166 países, con una clasificación de 4,81 de 10,00 posibles en cuanto a equidad energética, superado por otros países de la región latinoamericana como Trinidad y Tobago (44), Venezuela (63), Uruguay (66), Argentina (67), México (68), Chile (70), Costa Rica (71), Brasil (75), Ecuador (76), entre otros. Esta clasificación confirma los resultados expuestos



en el análisis de IEDS que expresaban un gran nivel de inequidad energética entre la población del país.

Respecto a equidad energética, según este trabajo, los 5 países con mayor equidad energética son, Noruega como el más equitativo energéticamente, seguido por Finlandia, Suecia, Canadá y Luxemburgo; mientras que los 5 países con mayor inequidad energética son República Popular Democrática de Corea como el más inequitativo energéticamente, seguido por Eritrea, República Centroafricana, Ruanda y Cabo Verde, ver anexos. En la Figura 8.48, se puede notar que los países desarrollados como Noruega, Dinamarca, Austria, Canadá, Suecia y Finlandia, entre otros, poseen gran equidad energética y social, razón por la cual su índice de Gini es bajo y su índice de equidad energética es alto en comparación al resto de países, esta es la zona ideal de equidad energética; puede distinguirse otra zona que posee un índice de equidad energética menor al grupo anterior, pero socialmente presentan mayor desigualdad, a este grupo pertenecen países como Rusia, Qatar y China, entre otros; otro grupo de países puede distinguirse, con índice de equidad energética menor al segundo grupo, pero con una gran inequidad social, lo que se manifiesta en los grandes valores en su índice de Gini, a este grupo pertenecen países como Guatemala, México y Chile entre otros; finalmente se puede distinguir un cuarto grupo, caracterizada por bajos índice de equidad energética y alta desigualdad social, principalmente formado por países africanos como Suazilandia, Ruanda y Lesoto, entre otros. En la Figura 8.48 se analiza el índice de equidad energética en función del índice de Gini para 166 países.

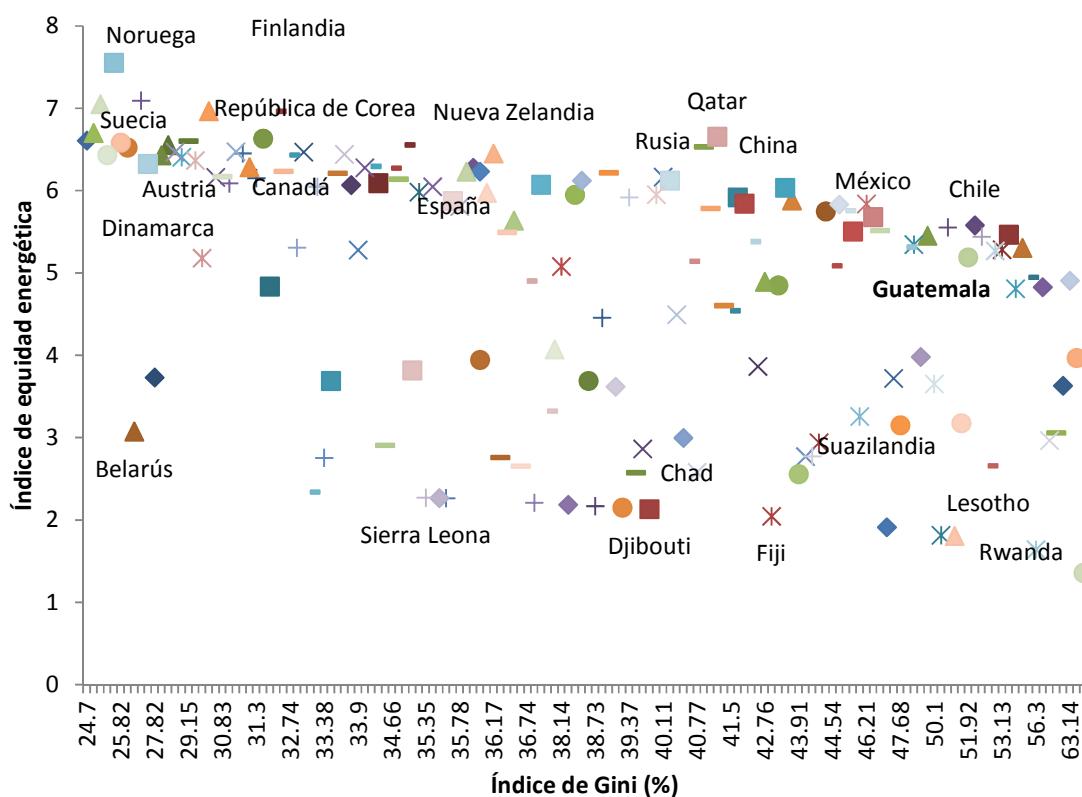


Figura 8.48. Índice de equidad energética mundial año 2011.

### 8.2.2 Seguridad energética

La dimensión económica o seguridad energética, está compuesta por 8 indicadores, los cuales son, la participación de energías renovables y residuos en la producción de energía total; generación de electricidad con fuentes renovables y nuclear; precio de la gasolina; intensidad energética; pérdidas de electricidad en transmisión y distribución; reservas de gas natural (reservas probadas/producción anual); reservas de petróleo (reservas probadas/producción anual); y dependencia de las importaciones de energía. En la Tabla 8.2, se puede encontrar los indicadores de seguridad energética reales y normalizados de Guatemala en el año 2011.

Tabla 8.2. Seguridad energética de Guatemala año 2011.

	Energías renovables y residuos en la producción total de energía (%)	Producción de electricidad con fuentes renovables y nuclear (%)	Precio de la gasolina (PPA US\$ 2005/L)	Intensidad energética (ktep/PPA US\$ 2005)	Pérdidas de electricidad en transmisión y distribución (%)	Reservas de gas natural (años)	Reserva de petróleo (años)	Dependencia de importación de energía (%)	Total
<b>Indicador real</b>	62,21*	66,90*	1,14*	0,30*	6,89*	-	16,20 <sup>+</sup>	27,86*	-
<b>Indicador normalizado (0-10)</b>	6,60	7,02	6,01	8,91	9,38	0,00	2,30	3,88	5,51

\* Fuente de datos: (Banco Mundial, 2014).

<sup>+</sup> Fuente de datos: (WEC, 2014) dato correspondiente al año 2008.

Como puede verse en la Figura 8.49, Guatemala tiene una muy buena calificación en cuanto a pérdidas de electricidad por transmisión y distribución, así como debido a su baja intensidad energética. Además está bien calificada en cuanto al porcentaje de energías renovables en su generación de electricidad, debido gracias en gran parte a la energía hidráulica y a la generación con biomasa, especialmente bagazo de caña de azúcar, así como también en menor medida, a la geotermia; el país está calificado con 6,60 respecto al porcentaje de energía renovable y residuos en su producción total de energía, sin embargo esto es gracias a la contribución de la leña en su matriz energética, lo que como se discutió en la sección de IEDS, no necesariamente significa que sea un atributo a la seguridad energética ni sostenibilidad ambiental. Guatemala tiene una calificación aceptable en cuanto a precio de la gasolina al

usuario, sin embargo debido a que la mayor cantidad de gasolina utilizada en el país es proveniente de importaciones, el país aún está sujeto a la volatilidad del precio internacional. El país está mal calificado en cuanto a la dependencia de la importación de energía y reservas de petróleo, básicamente debido a que el país importa casi la totalidad de sus requerimientos en derivados de petróleo y exporta la mayoría de su producción de petróleo, lo que lo hace inseguro energéticamente, para aumentar su seguridad energética, el país debiera aumentar su refinación de derivados de productos, explorar y explotar las reservas de gas natural que posee y de esta forma reducir su dependencia de las importaciones de energía. Guatemala está ubicada en el puesto 26 de 166 países en cuanto a seguridad energética, según este estudio, con una calificación de 5,51 de 10,0 posibles, superado en cuanto a seguridad energética por otros países de la región latinoamericana como Venezuela (1), Ecuador (17), Brasil (19) y Colombia (20).

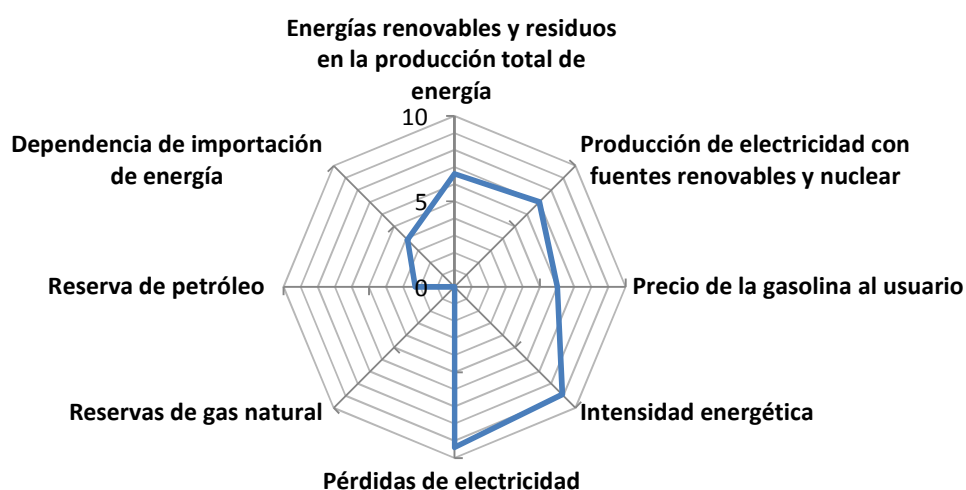


Figura 8.49. Índice de seguridad energética de Guatemala año 2011.

Respecto a seguridad energética, según este trabajo, los países más seguros energéticamente son Venezuela como el más seguro energéticamente, seguido por Angola, Nigeria, Kuwait, y Emiratos Árabes Unidos, principalmente porque cada uno de los 5 son exportadores netos de energía, poseen bajas intensidades energéticas, bajas pérdidas de electricidad en transmisión y distribución y sobre todo poseen grandes reservas de gas natural y/o petróleo. Según este estudio, los 5 países más inseguros energéticamente son Malawi como el más inseguro energéticamente, seguido de Djibouti, Ruanda, República Centroafricana y Andorra. En la Figura 8.50, se muestra el índice de seguridad energética en función de la intensidad energética, es deseable lograr un alto nivel de PIB con un menor uso de energía, por lo tanto la intensidad energética debe ser lo más bajo posible, se pueden distinguir países que son muy eficientes en cuando a la generación de riquezas y el uso de energía, pero que sin embargo no están calificados entre los más seguros energéticamente por su falta de reservas de combustibles críticos y por lo tanto dependen en una medida importante de las importaciones de energía, como es el caso de Noruega, Dinamarca y Japón entre otros; existe otro amplio grupo con mayor intensidad energética, pero que lo compensa con la falta o baja dependencia de las importaciones de energía, en este grupo se encuentra Costa Rica, Colombia, Guatemala, Canadá, Islandia, Angola y Venezuela, entre otros; además existe un grupo de países que utilizan gran cantidad de recursos energéticos para generar riqueza y que presenta condiciones de seguridad energética similar a los otros grupos descritos con anterioridad, como es el caso de China, Nigeria, Rusia, Iraq y Libia entre otros; como puede verse en la Figura 8.50.

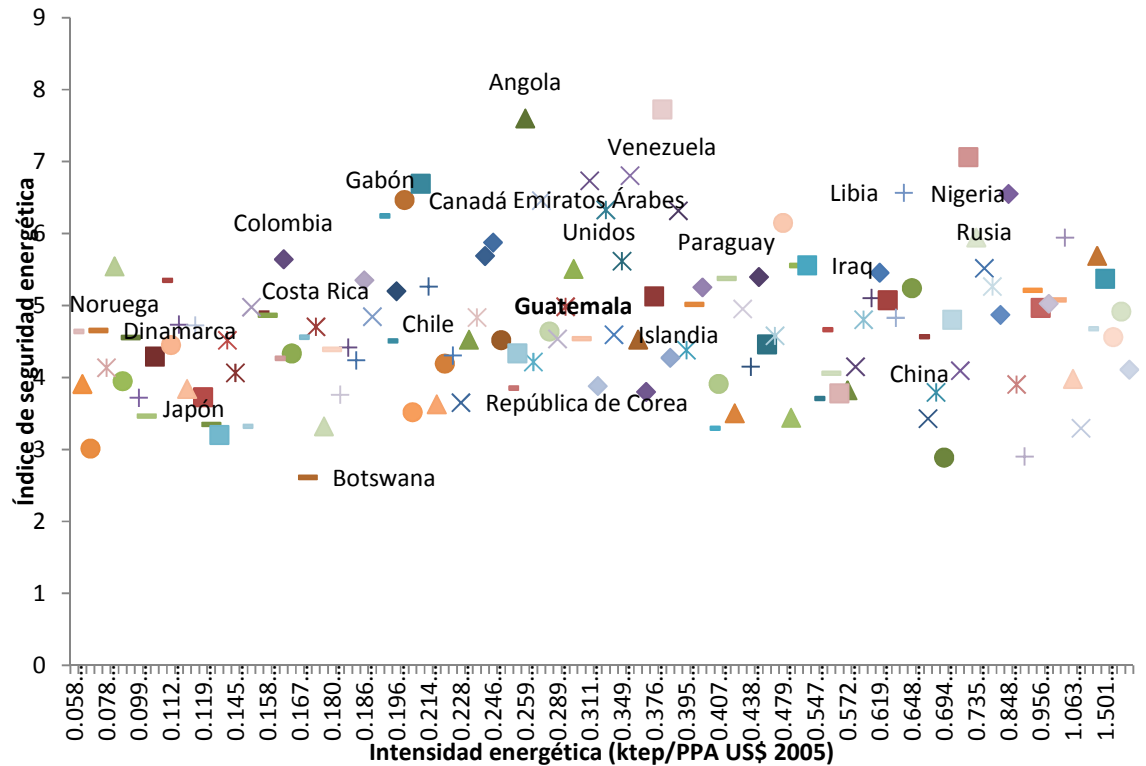


Figura 8.50. Índice de seguridad energética mundial año 2011.

### 8.2.3 Sostenibilidad ambiental

La dimensión ambiental o sostenibilidad ambiental está formada por 8 indicadores que son las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita, emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de PIB, capacidad de fijación de CO<sub>2</sub>, emisión de CO<sub>2</sub> por electricidad y calefacción, porcentaje de CO<sub>2</sub> emitido por el transporte, porcentaje de emisiones de metano relacionadas con energía, porcentaje de emisiones de óxido nitroso relacionadas con energía e industria y partículas suspendidas respirables (PM10). En la Tabla 8.3, se encuentra los indicadores de sostenibilidad ambiental reales y normalizados de Guatemala en el año 2011.

Tabla 8.3. Sostenibilidad ambiental de Guatemala año 2011

	Emisiones per cápita (t CO <sub>2</sub> /hab)	Emisiones por unidad de PIB (kg CO <sub>2</sub> /PPA US\$ 2005)	Capacidad de fijación de CO <sub>2</sub> por parte del territorio cubierto por selva (Gt CO <sub>2</sub> )	Emisiones de CO <sub>2</sub> electricidad y calefacción (%)	Emisiones CO <sub>2</sub> sector transporte (%)	Emisiones CH <sub>4</sub> sector energía	Emisiones N <sub>2</sub> O sector energía e industria	PM10 suspendidas (µg/m <sup>3</sup> )	Total
<b>Indicador real</b>	0,77*	0,34*	0,21 <sup>5**</sup>	22,41*	52,87*	24,75*	8,46*	75,10*	-
<b>Indicador normalizado (0-10)</b>	9,83	9,38	4,20	7,98	5,24	7,77	9,24	4,58	7,28

\*Fuente de datos: (Banco Mundial, 2014).

\*\* Tasa de fijación de CO<sub>2</sub> de 59 t CO<sub>2</sub>/ha correspondiente a *Pinus caribea*. Fuente: (Rodríguez & Pratt, 1998).

En la Figura 8.51, se puede ver que Guatemala está muy bien calificada en cuanto a emisiones per cápita de CO<sub>2</sub>, emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de PIB, emisiones de N<sub>2</sub>O provenientes de la energía, emisiones de CH<sub>4</sub> y emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la electricidad y calefacción; sin embargo no se encuentra bien calificada respecto a las emisiones del sector transporte y concentración de partículas suspendidas PM10 en el aire, principalmente porque la concentración anual sobrepasa el límite establecido por EPA de 50,0 µg/m<sup>3</sup>; además tampoco se encuentra bien calificada en cuanto al potencial de fijación de CO<sub>2</sub>, debido principalmente a que en comparación con otros países del mundo, más extensos y con mayor porcentaje de bosques en su territorio nacional, Guatemala tiene menor potencial de fijación de carbono.

<sup>5</sup>  $Territorio\ cubierto\ por\ selva \cdot Tasa\ fijación\ CO_2 = 3.600.800\ ha \cdot \frac{59\ t\ CO_2}{ha} = 0,21\ Gt\ CO_2$

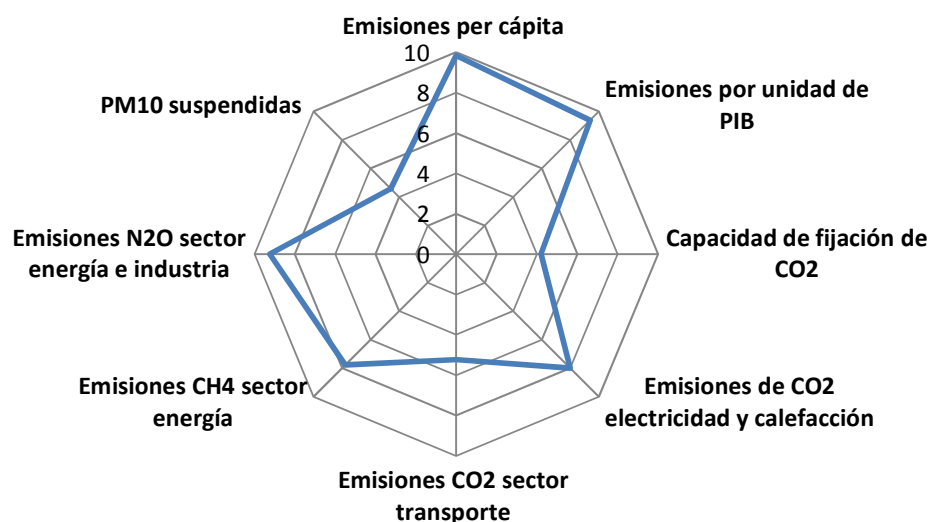


Figura 8.51. Índice de sostenibilidad ambiental Guatemala año 2011.

Según este trabajo, Guatemala ocupa el lugar 63 de 166 países respecto a la sostenibilidad ambiental, con una calificación de 7,28 de 10,00 posibles, superado por otros países latinoamericanos como Brasil (3), Panamá (12), Colombia (13), Costa Rica (17), República Dominicana (18), Uruguay (19), Ecuador (20), Cuba (27), Perú (30), Honduras (35), entre otros. Los 5 países más sostenibles ambientalmente según este estudio son la República Democrática del Congo, seguido de Gabón, Brasil, Tayikistán y Zambia; los 5 países menos sostenibles ambientalmente son Kuwait, Qatar, Montenegro, Arabia Saudita y Libia, los cuales en su mayoría son países productores de petróleo o grandes consumidores de los mismos, lo que hace que su sector energético sea mal calificado en cuanto emisiones, son además en su mayoría países desérticos o con poca capacidad de fijación de CO<sub>2</sub> y además poseen una mala calidad de aire, con emisiones de PM10 por encima del límite anual establecido por EPA.



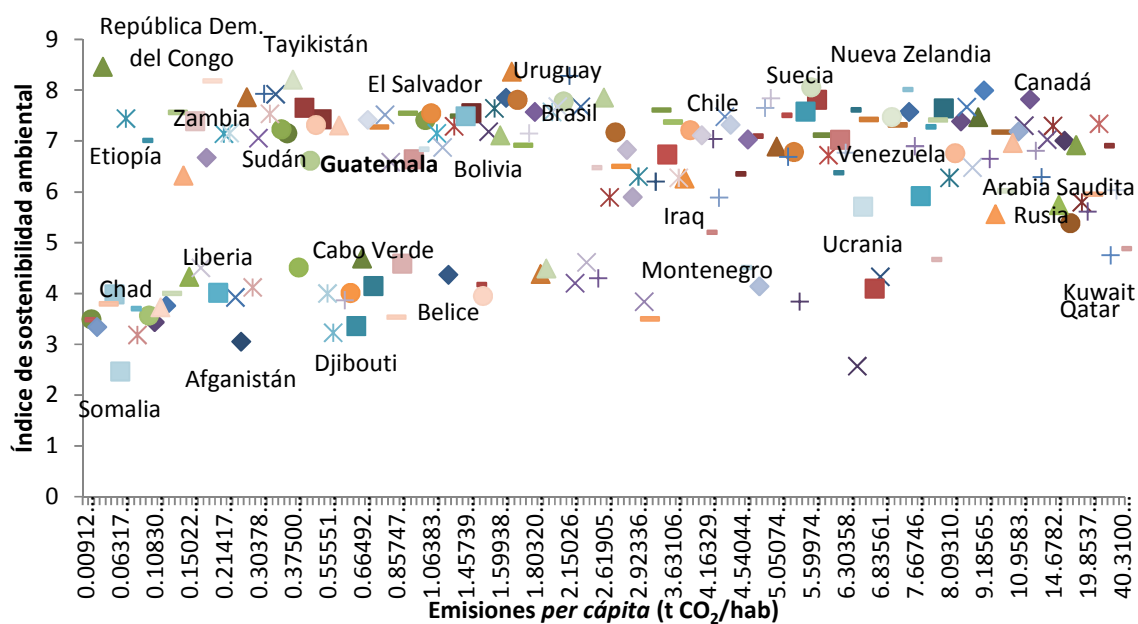


Figura 8.52. Índice de sostenibilidad ambiental mundial 2011.

En la Figura 8.52, se presenta el índice de sostenibilidad energética en función de las emisiones per cápita, lo que permite visualizar a los países productores de recursos fósiles a la derecha de la gráfica como es Kuwait, Qatar, Rusia, Arabia Saudita, Libia, Ucrania y Venezuela entre otros, caracterizados por grandes emisiones per cápita; y más hacia la izquierda de la gráfica aquellos países que no son tan dependientes de los combustibles fósiles y por lo tanto tienen menores emisiones per cápita, además de tener gran potencial de fijación de CO<sub>2</sub> por el porcentaje de territorio cubiertos por selvas o bosques, como es el caso de Brasil, Bolivia Tayikistán, Guatemala, El Salvador, entre otros. Finalmente se logra distinguir un grupo de países, en su mayoría africanos, que poseen bajas emisiones per cápita, pero sin embargo están mal calificados en cuanto a sostenibilidad ambiental, esto debido a que poseen mala calidad de aire y no poseen capacidad de fijación de CO<sub>2</sub> importante respecto a otros países.

### 8.2.4 Desempeño económico

El desempeño económico es medido mediante el indicador de PIB per cápita, el cual es utilizado como una medida del desarrollo de un país, en este estudio se considera como un 25 % de la ponderación de la sostenibilidad energética y el estado de referencia para la normalización de los indicadores está descrita en la Tabla 8.4.

Tabla 8.4: Estado de referencia de la dimensión desempeño económico

Dimensión	Indicador	Máxima sostenibilidad energética (10)	Mínima sostenibilidad energética (5)	Ecuación lineal de normalización
Desempeño económico	PIB per cápita	77.971,30 (PPA US\$ 2005/hab) <sup>A</sup>	200,45 (PPA US\$ 2005/hab) <sup>B</sup>	$I_n = 6,43 \times 10^{-5} \cdot E_n + 4,99$

<sup>A</sup> Valor correspondiente al PIB per cápita de Luxemburgo en el año 2011 (Banco Mundial, 2014).

<sup>B</sup> Valor correspondiente al PIB per cápita de Eritrea en el año 2011 (Banco Mundial, 2014).

En la Tabla 8.5, se presenta el desempeño de Guatemala durante el año 2011 con el indicador PIB per cápita real y el indicador normalizado.

Tabla 8.5: Desempeño económico Guatemala año 2011.

	PIB per cápita (PPA US\$ 2005/hab)
<b>Indicador real</b>	2.315,14 <sup>*</sup>
<b>Indicador normalizado (0-10)</b>	5,14

<sup>\*</sup> Fuente de datos: (Banco Mundial, 2014).

Guatemala ocupa el puesto 107 de 166 países respecto al indicador PIB per cápita, superado por la mayoría de países latinoamericanos a excepción de Paraguay (115), Honduras (117), Nicaragua (121), Guyana (122), Bolivia (123) y Haití (154).

Finalmente, al obtener cada una de los 3 desempeños energéticos de Guatemala para el año 2011, se procede a ponderarlas en conjunto con el desempeño contextual y

obtener el índice de sostenibilidad energética mediante la ecuación (7-3), los resultados pueden ver en la Tabla 8.6.

Tabla 8.6: Sostenibilidad energética de Guatemala año 2011.

<b>Equidad energética</b>	<b>Seguridad energética</b>	<b>Sostenibilidad ambiental</b>	<b>Desempeño económico</b>	<b>Sostenibilidad energética</b>
4,81	5,51	7,28	5,14	5,68

Guatemala está calificada según este trabajo con un índice de sostenibilidad energética de 5,68 de 10,00 posibles, lo que lo coloca como el país número 69 de 166 en cuanto a sostenibilidad energética en el año 2011, superado por otros países latinoamericanos como Venezuela (9), Brasil (23), Ecuador (28), Colombia (34), Perú (43), Chile (44), Costa Rica (45), Uruguay (51), México (52) y Panamá (67). En la Figura 8.53 se presenta el resumen del desempeño energético de Guatemala durante el año 2011, donde se puede notar que el país tiene una calificación aceptable en cuanto sostenibilidad ambiental, pero debe mejorar en las dimensiones de seguridad energética y equidad energética, tal y como se expreso en el análisis de IEDS. Según este trabajo, los 5 países con mayor sostenibilidad energética son Noruega, Suiza, Canadá, Luxemburgo y Suecia, en anexos puede verse la clasificación completa de los 166 países. Además en la Figura 8.54, se presenta el índice de sostenibilidad energética en función del PIB per cápita para los países del mundo en el año 2011, se puede notar claramente que los países desarrollados se encuentran en la parte superior derecha de la gráfica, caracterizados por un alto PIB per cápita y una alta sostenibilidad energética, lo que comprueba que la energía y el desarrollo se encuentra íntimamente ligados, como es el caso de Noruega, Dinamarca, Canadá, Suecia, Suiza, Luxemburgo, Islandia, Austria y Nueva Zelanda,

entre otros; otro grupo de países puede identificarse, los cuales están muy cerca del desarrollo o ya lo han logrado, pero su desempeño energético aún no es sostenible, o que por el contrario han logrado una sostenibilidad energética aceptable, pero su desempeño contextual aún no es el de un país desarrollado, como es el caso de Chile, México, Rusia, Panamá, Costa Rica y Venezuela, entre otros; finalmente se puede identificar un tercer grupo de países, en vías de desarrollo, cuya sostenibilidad energética aún puede mejorar, lo que sin duda les ayudará a alcanzar el desarrollo, en esta categoría está Guatemala, China, Angola, India, Camerún, Uzbekistán, Turkmenistán y Tayikistán, entre otros.

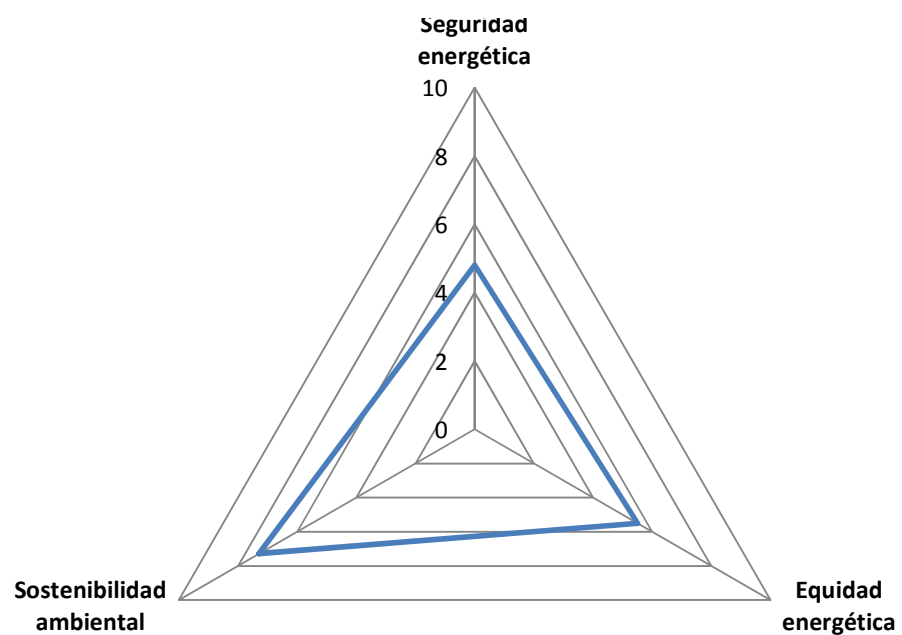


Figura 8.53. Sostenibilidad energética de Guatemala año 2011.

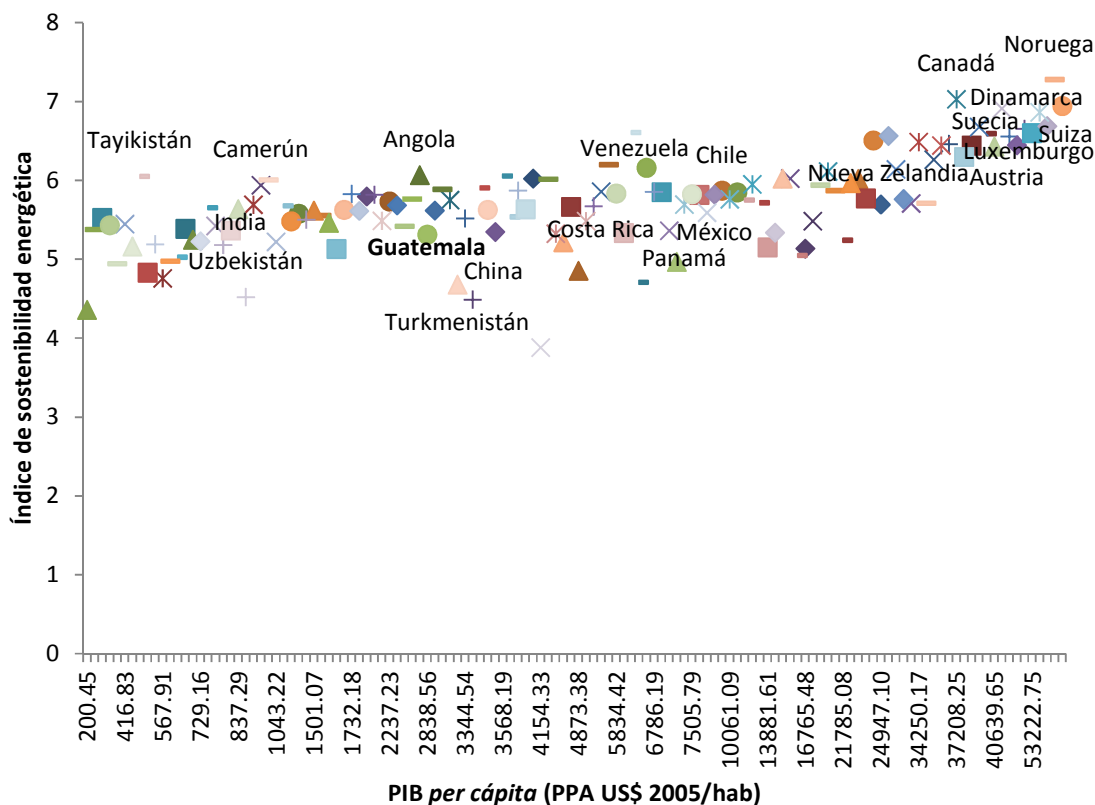


Figura 8.54. Índice de sostenibilidad energética mundial año 2011.

Además se analiza la evolución del índice de sostenibilidad energética de Guatemala durante los años 2000 al 2011, se puede notar que el índice de equidad energética ha presentado leves mejorías desde el año 2000 hasta el año 2011, pasando de 4,27 a 4,81; respecto al índice de seguridad energética, la tendencia es también ha tener leves mejoras, es posible notar que entre los años 2003 hasta 2009, el país vio disminuido su valor de índice de seguridad energética producto de los fenómenos naturales y crisis económica que lo afectaron; respecto a la sostenibilidad ambiental, Guatemala ha presentado un deterioro en el desempeño desde el año 2000 hasta el año 2011, pasando de ser 7,66 hasta valores de 7,28 respectivamente. Por lo tanto el

índice de sostenibilidad energética de Guatemala entre los años 2000 a 2011, ha presentado leves mejoras como puede verse en la Figura 8.55, pasando de ser 5,61 en el año 2000 a ser 5,68 en al año 2011.

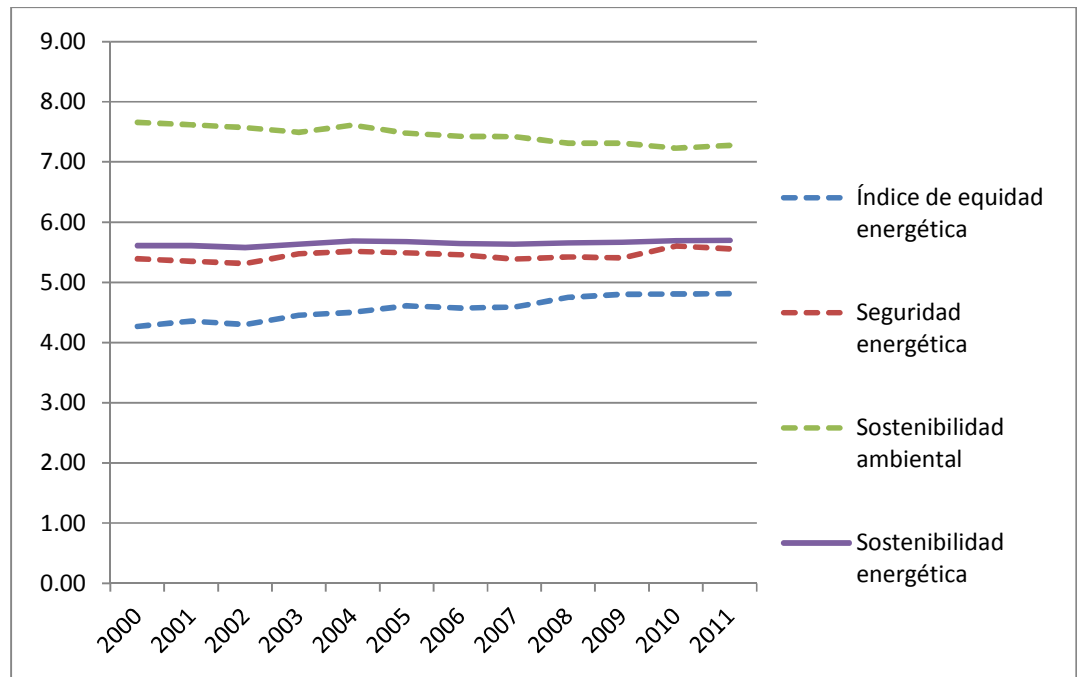


Figura 8.55. Índice de sostenibilidad energética Guatemala 2000-2011.

## **9 CONCLUSIONES**

Según los análisis de IEDS e ISE, Guatemala posee un índice de sostenibilidad energética de 5,68 de 10,00 posibles lo que le ubica en el puesto número 69 de 166 países estudiados. Su fortaleza es la sostenibilidad ambiental, presenta como debilidad la equidad energética y la seguridad energética.

Respecto a la equidad energética o dimensión social del desarrollo sostenible, Guatemala posee un índice de equidad energética de 4,81 de 10,00 posibles lo que lo ubica como el país número 98 de 166 países estudiados, sus mayores deficiencias son que existe 14,3 % de la población no tiene acceso a la electricidad y el 90,72 % de los requerimientos energéticos del sector residencial son abastecidos con fuentes de energía no comerciales como la leña y el carbón vegetal, especialmente en áreas rurales y pobres; mientras que el resto de la población, principalmente urbana, basa su consumo energético en GLP y electricidad, que representan cerca de un 8,02 % del requerimiento energético residencial, además de poseer el tercer menor consumo eléctrico per cápita de América Latina y el Caribe con 514,3 kWh/hab, el cual es una medida de la calidad de vida de los países.

Respecto a la seguridad energética o dimensión económica del desarrollo sostenible, Guatemala posee un índice de seguridad energética de 5,51 de 10,00 posibles, lo que lo ubica en el puesto 26 de 166 países estudiados, debido a que el país no ha logrado desacoplar el desarrollo económico al consumo de energía, principalmente porque ha sido afectado por desastres naturales y crisis económica mundiales, además que en el país aún no existe una normativa de eficiencia energética en todos los sectores y actividades del país; depende de cerca de un 33 % de la importación de energía en su oferta total de energía, especialmente en derivados de petróleo como diesel, fuel oil, keroseno y

gasolinas, sin embargo el país cuenta con una reserva importante de petróleo, cerca de 19,45 años de reservas estratégicas hasta el 2012, por lo que podría aumentar su nivel de refinación y producción de derivados de petróleo y así reducir su dependencia de las importaciones de energía; por otro lado, en el país hay indicios de la existencia de gas natural, sin embargo aún se desconoce con certeza las reservas probadas del mismo, esta es una gran oportunidad que está siendo desaprovechada por el país; al igual que con recursos renovables como la geotermia, energía eólica y energía solar, que aún no se han explotado en más de 5 % de su potencial y que ayudarían al país a ser energéticamente más seguro e independiente.

Respecto a la sostenibilidad ambiental o dimensión ambiental del desarrollo sostenible, Guatemala posee un índice de sostenibilidad ambiental de 7,28 de 10,00 posibles, lo que lo coloca como el país número 63 de 166 estudiados, debido a que posee una baja intensidad de emisiones de CO<sub>2</sub>, en los últimos años ha perdido potencial de reducción CO<sub>2</sub> debido a que el porcentaje de su territorio cubierto por selvas y bosques, ha pasado de ser 44,31 % en 1990 a 33,60 % en 2011, provocado por la deforestación y el aumento en el uso de leña, principal energético del país, con 56,47 % del consumo final; posee una mala calidad del aire, con una concentración anual de PM10 de 75,14 µg/m<sup>3</sup>, valor superior a los 50,0 µg/m<sup>3</sup> anuales que EPA recomienda no deben excederse para evitar problemas de salud.



## **10 RECOMENDACIONES**

Se recomienda analizar la política energética 2013-2027 de Guatemala con el índice de sostenibilidad energética (ISE), y evaluar si la misma cumple los objetivos del desarrollo sostenible en los que se fundamente; además se recomienda evaluar el desempeño energético actual del país respecto a la política energética 2013-2027 y analizar el avance hacia su cumplimiento.

Se recomienda fortalecer las instituciones nacionales de estadísticas energéticas para que el país lleve un manejo histórico de los indicadores energéticos para el desarrollo sostenible (IEDS) y los esté actualizando anualmente, de modo que sirvan de ayuda para identificar las áreas en que se necesitan mayores esfuerzos para lograr el desarrollo sostenible, se puedan crear instrumentos y programas que busquen mejorar la sostenibilidad energética del país.

Se recomienda desarrollar un marco institucional y normativo para la eficiencia energética, así como para la exploración, explotación y comercialización de gas natural y biocombustibles en Guatemala; realizar estudios que revelen las reservas probadas de gas natural; actualizar los estudios sobre el potencial en energías renovables del país; aumentar la capacidad de refinación de productos de petróleo en el país y disminuir la dependencia en las importaciones energéticas de los mismos; continuar los esfuerzo por introducir estufas ahorradoras de leña y capacitar a la población rural en el uso de adecuado de la leña así como continuar con los planes de electrificación nacional con vistas a lograr el 100 % de cobertura.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACR. (2009). *Asociación de Combustibles Renovables*. Obtenido de Etanol en Guatemala: <http://www.acrguatemala.com/etanol.shtml#etanolenguatemala>
- AMM. (2013). *Capacidad Instalada en el Sistema Eléctrico Nacional enero 2013*. Obtenido de Administrador del Mercado Mayorista.: [http://www.amm.org.gt/pdfs/capacidad\\_instalada.pdf](http://www.amm.org.gt/pdfs/capacidad_instalada.pdf)
- AMM. (2014). *Información estadística 2013*. Administrador del Mercado Mayorista. Ciudad de Guatemala: AMM.
- Banco Mundial. (2014). *Base de datos Indicadores del Desarrollo Mundial (IDM)*. (B. Mundial, Editor) Obtenido de <http://databank.bancomundial.org/data/views/reports/tableview.aspx>
- BANGUAT. (2014). *Guatemala en cifras*. Banco de Guatemala, Departamento de Estadísticas Macroeconómicas. Ciudad de Guatemala: Banco de Guatemala.
- Barber, C. M. (24 de mayo de 2009). *¿Sostenibilidad o sustentabilidad?* Obtenido de <http://www.cnnexpansion.com/actualidad/2009/05/22/sostenibilidad-o-sustentabilidad>
- BCIE. (2010). *Programa de Eficiencia Energética*. Banco Centroamericano de Integración Económica, Gerencia de Programas y Productos de Desarrollo. BCIE.
- BCIE. (2011). *Análisis comparativo del marco Regulatorio, incentivos y sistema tarifario de precios existentes, para la compra/generación de electricidad de plantas de energía renovable en Centroamérica y Panamá*. . Banco Centroamericano de Integración Económica, Departamento de Programas y Fondos Externos. Tegucigalpa, Honduras: Geo Ingeniería Ingenieros Consultores S.A.
- CEPAL. (2014). *Estadísticas e indicadores* . Obtenido de Comisión Económica para América Latina y el Caribe : [http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB\\_CEPALSTAT/estadisticasIndicadores.asp?idioma=e](http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB_CEPALSTAT/estadisticasIndicadores.asp?idioma=e)
- CEPAL, SEGEPLAN. (2005). *Efectos en Guatemala de las lluvias torrenciales y la tormenta tropical Stan, octubre de 2005*. Secretaria General de Planificación y Programación de Guatemala. México: CEPAL.

- CNEE. (2010). *Perspectivas de mediano plazo (2010-2015) para el suministro de electricidad del sistema eléctrico nacional*. Comisión Nacional de Energía Eléctrica, División de Proyectos Estratégicos. Ciudad de Guatemala: CNEE.
- CNEE. (2011). *Eficiencia Energética*. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. Ciudad de Guatemala: CNEE.
- CNEE. (2012). *El Contexto de la Energía Renovable en Guatemala y la Matriz Energética del País*. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. Ciudad de Guatemala: Fundación Solar.
- CNEE. (2012). *Informe Estadístico 2012. Indicadores del Mercado Mayorista de Electricidad de la República de Guatemala correspondientes al año 2011*. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. Ciudad de Guatemala: CNEE.
- CNEE. (2012). *Perspectivas de los planes de expansión 2012*. Comisión Nacional de Energía Eléctrica, División de Proyectos Estratégicos. Ciudad de Guatemala: CNEE.
- CNEE. (2013). *Informe Estadístico 2013. Indicadores del Mercado Mayorista de electricidad de la República de Guatemala correspondientes a 2012*. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. Ciudad de Guatemala: CNEE.
- CNEE. (2014). *Comisión Nacional de Energía Eléctrica de Guatemala*. Obtenido de Sitio web: <http://www.cnee.gob.gt/xhtml/informacion/MER.html>
- CNEE. (s.f.). *Borrador de: Ante proyecto de Ley de Eficiencia Energética*. Obtenido de <http://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica/Docs/Ante%20Proyecto%20Ley%20Eficiencia%20Energetica.pdf>
- Davidson, B. (2007). *Sustainable Energy Development: Iceland as a Case Study*. University of Iceland, Environment and Natural Resources. ACEEE.
- Davidson, B., & Basoli, D. (2009). *Measuring Sustainable Energy Development (SED). Linked SED indicators to dynamics of change*. Lissabon: International Society of Industrial Ecology.
- Davidson, B., Basoli, D., Fredericks, S., & Enterline, C. (2007). Measuring Sustainable Energy Development with a three dimensional index. En G. a. Erickson, *Frontiers in Ecological Economics Theory and Application* (págs. 303-331). USA: Edward Elgar Publishing.

- Deloitte. (2013). *Guatemala. Guía de impuestos*. Ciudad de Guatemala: Deloitte Guatemala.
- EPA. (1995). *Air Trends 1995 Summary*. (U. E. Agency, Editor) Obtenido de Particulate Matter (PM-10): <http://www.epa.gov/airtrends/aqtrnd95/pm10.html>
- EPR. (2014). *Empresa Propietaria de la Red Integrando con Energía América Central*. Obtenido de <http://www.eprsiepac.com/contenido/>
- Fundación Solar. (2006). *Desarrollo de un marco de política energética sostenible para Guatemala*. Ciudad de Guatemala: Fundación Solar.
- IAEA, UNDESA. (2006). *Energy Indicators for Sustainable Development: Country studies on Brazil, Cuba, Lithuania, Mexico, Russian Federation, Slovakia and Thailand*. International Atomic Energy Agency, United Nations Department of Economic and Social Affairs. Vienna: IAEA.
- IARNA. (2012). *Perfil Ambiental de Guatemala 2010-2012*. Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. Ciudad de Guatemala: URL.
- INE. (2011). *Encuesta Nacional de Condiciones de Vida*. Ciudad de Guatemala: Instituto Nacional de Estadística.
- Koberle, A. (2012). *Energizar a Guatemala: propuesta de un plan de electricidad sostenible*. Ciudad de Guatemala: International Rivers.
- Medina, F. (2001). *Consideraciones sobre el índice de Gini para medir la concentración del ingreso*. División de Estadística y Proyecciones Económicas, Estudios Estadísticos y Prospectivos. Santiago de Chile: Cepal.
- MEM. (2007). *Política Energética y Minera 2008-2015*. Ministerio de Energía y Minas. Ciudad de Guatemala: MEM.
- MEM. (2010). *Guía del Inversionista. Subsector hidrocarburos*. Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Hidrocarburos. Ciudad de Guatemala: MEM.
- MEM. (2012). *Estadísticas Energéticas Subsector Eléctrico 2011*. Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Energía. Ciudad de Guatemala: MEM.
- MEM. (2012). *Guía del Subsector Eléctrico y de las Energías Renovables*. Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Energía. Ciudad de Guatemala.: Ministerio de Energía y Minas.

- MEM. (25 de marzo de 2013). *Noticias del Ministerio de Energía y Minas*. Obtenido de Instalarán primera planta eólica en el país: <http://www.mem.gob.gt/2014/03/25/instalaran-primera-planta-eolica/>
- MEM. (2013). *Política Energética 2013-2027. Energía para el desarrollo*. . Ministerio de Energía y Minas. Ciudad de Guatemala: MEM.
- MEM. (2014). *Infraestructura*. Obtenido de Dirección General de Hidrocarburos: <http://www.mem.gob.gt/#>
- MEM. (30 de mayo de 2014). *Noticias Ministerio de Energía y Minas*. Obtenido de Solzacapaneco iluminará 40 mil hogares: <http://www.mem.gob.gt/2014/06/02/solzacapaneco-iluminara-40-mil-hogares/>
- OIEA, UNDESA, AIE, Eurostat, AEMA. (2008). *Indicadores energéticos para el desarrollo sostenible: directrices y métodos*. Organismo Internacional de Energía Atómica, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas, Agencia Internacional de Energía, Oficina Europea de Estadística de las Comunidades Europeas, Agencia Europea de Medio Ambiente. Viena: OIEA.
- OLADE. (1995). *Metodología OLADE para la elaboración de balances energéticos*. Organización Latinoamericana de Energía, Sistema de Información Económica Energética (SIEE). Quito: OLADE.
- OLADE. (2011). *Manual de Estadísticas Energéticas*. Organización Latinoamericana de Energía, Dirección Técnica . Quito: OLADE.
- OLADE. (2013). *Estado del Arte de la RSE y su Aplicabilidad al Sector Energía Renovable y Electricidad de Guatemala, Honduras y Nicaragua*. Organización Latinoamericana de Energía, Oficina Subregional OLADE-Centroamérica. OLADE.
- OLADE, ACIDI, U. Calgary. (2009). *Asistencia técnica Guatemala. Proyecto de planificación energética*. Organización Latinoamericana de Energía, Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional, Universidad de Calgary. Ciudad de Guatemala.: OLADE.
- PNUD. (2012). *Ajuste de Inequidad del Índice de Desarrollo Humano*. (P. d. Desarrollo, Productor) Recuperado el julio de 2014, de <https://data.undp.org/dataset/Table-3-Inequality-adjusted-Human-Development-Inde/9jnv-7hyp>

- PNUD. (2012). *Guatemala: ¿Un país de oportunidades para la juventud?. Informe Nacional de Desarrollo Humano 2011/2012*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Guatemala: Ediciones Don Quijote, S.A.
- Rodríguez, J., & Pratt, L. (1998). *Potencial de carbono y fijación de dióxido de carbono de la biomasa en pie por encima del suelo en los bosques de Guatemala*. Centro Latinoamericano para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible. Ciudad de Guatemala: CLACDS.
- Schlör, H., Fischer, W., & Hake, J.-F. (2011). *ISD: A New Methodological Approach for Measuring the Sustainability of the German Energy System*. (A. Kutan, Ed.) *Economics Research International*, 1-10.
- SENER. (2009). *Indicators for Sustainable Energy Development in Mexico*. Energy National Secretary of Mexico. Aguas Calientes: National Institute of Statistics and Geography.
- SIEE-OLADE. (2014). *Base de datos Sistema de Información Económica Energética*. (OLADE, Productor) Obtenido de <http://siec.olade.org/siec/default.asp>
- SIER-OLADE. (2014). *Base de datos de Sistema de Información Energética Regional*. Obtenido de <http://sier.olade.org/default.aspx>
- UNDAF. (2010). *Guatemala. Marco de Asistencia de las Naciones Unidas para el desarrollo -UNDAF- 2010-2014*. Naciones Unidas, Sistema de las Naciones Unidas en Guatemala (SNU). Guatemala: SNU.
- UNDESA. (2007). *Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies*. United Nations Department of Economic and Social Affairs, Economic and Social Affairs. New York: UN.
- Vera, I., Langlois, L., & Rogner, H. (2005). *Indicators for Sustainable Energy Development: An initiative by the International Atomic Energy Agency*. Vienna: International Atomic Energy Agency.
- WCED. (1987). *Our Common Future*. World Commission on Environment and Development. New York: Oxford University Press.

WEC. (2013). *FAQ 2013 WEC Energy Sustainability Index*. World Energy Council.

WEC. (2014). *Energy Sustainability Index*. (W. E. Council, Productor) Obtenido de World Energy Council Data: <http://www.worldenergy.org/data/sustainability-index/>

## ANEXO A: ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA

Tabla A.1: Índice de Sostenibilidad Energética

<b>País [ISO]</b>	<b>Sostenibilidad energética</b>	<b>Rank de sostenibilidad energética</b>	<b>Seguridad energética</b>	<b>Rank de seguridad energética</b>	<b>Equidad energética</b>	<b>Rank de equidad energética</b>	<b>Sostenibilidad ambiental</b>	<b>Rank de sostenibilidad ambiental</b>	<b>PIB per cápita (US\$ 2005/hab)</b>
Noruega [NOR]	7,28	1	7,55	1	5,55	24	6,81	96	65616,50
Canadá [CAN]	7,03	2	6,97	4	6,47	9	7,30	60	37208,25
Luxemburgo [LUX]	6,94	3	6,97	5	3,47	122	7,34	54	77971,30
Suecia [SWE]	6,91	4	7,05	3	4,73	60	8,06	6	43830,57
Suiza [CHE]	6,86	5	6,44	22	4,64	65	7,85	14	54995,91
Qatar [QAT]	6,69	6	6,66	8	6,46	10	4,89	134	58524,00
Finlandia [FIN]	6,68	7	7,09	2	4,34	86	7,82	15	38383,11
Dinamarca [DNK]	6,65	8	6,61	10	4,66	64	7,39	52	46254,89
Venezuela [VEN]	6,61	9	5,83	63	7,73	1	7,48	43	6412,03
Islandia [ISL]	6,60	10	6,67	7	4,60	67	6,72	101	53222,75
Austria [AUT]	6,59	11	6,60	11	4,56	72	7,65	24	40058,38
Nueva Zelanda [NZL]	6,57	12	6,45	21	4,98	47	8,02	7	28374,78
Estados Unidos [USA]	6,56	13	6,53	15	4,87	53	6,92	88	45341,73
España [ESP]	6,51	14	6,28	33	5,35	32	7,82	16	24816,67
Francia [FRA]	6,49	15	6,43	23	4,74	59	7,58	28	34250,17
Australia [AUS]	6,46	16	6,56	13	4,90	51	7,01	86	37175,44
Irlanda [IRL]	6,45	17	6,30	29	3,91	105	7,67	21	45355,77
Japón [JPN]	6,44	18	6,70	6	3,72	116	8,00	8	36800,99
Alemania [DEU]	6,44	19	6,55	14	4,29	88	7,47	44	38219,83
Países Bajos [NLD]	6,43	20	6,47	17	4,45	81	7,19	66	40639,65
Reino Unido [GBR]	6,30	21	6,23	36	4,14	96	7,42	49	37569,79



Continuación tabla A.1									
País [ISO]	Sostenibilidad energética	Rank de sostenibilidad energética	Seguridad energética	Rank de seguridad energética	Equidad energética	Rank de equidad energética	Sostenibilidad ambiental	Rank de sostenibilidad ambiental	PIB per cápita (US\$ 2005/hab)
Bélgica [BEL]	6,26	22	6,47	19	4,07	99	7,18	68	36557,51
Brasil [BRA]	6,20	23	5,47	75	5,69	19	8,28	3	5730,25
Gabón [GAB]	6,16	24	4,61	99	6,25	13	8,37	2	6709,07
Italia [ITA]	6,14	25	6,23	35	3,95	102	7,52	37	29053,95
Eslovenia [SVN]	6,11	26	6,45	20	4,24	91	7,58	29	18629,96
Angola [AGO]	6,07	27	3,87	116	7,60	2	7,65	25	2644,55
Ecuador [ECU]	6,06	28	5,45	76	5,88	17	7,68	20	3568,19
Tayikistán [TJK]	6,05	29	6,17	39	4,81	58	8,21	4	458,62
Eslovaquia [SVK]	6,02	30	6,52	16	4,20	93	7,43	47	14911,05
República Checa [CZE]	6,02	31	6,58	12	4,64	66	6,96	87	14235,02
Albania [ALB]	6,02	32	6,09	46	5,20	38	7,55	33	3994,21
República de Corea [KOR]	6,02	33	6,63	9	3,65	118	7,30	59	23303,01
Colombia [COL]	6,02	34	5,31	82	5,64	20	7,85	13	4251,99
Viet Nam [VNM]	6,01	35	5,88	60	5,95	15	7,15	73	986,01
Israel [ISR]	5,97	36	6,22	37	4,52	78	6,65	104	23091,40
Hungría [HUN]	5,95	37	6,29	30	4,31	87	7,51	39	11000,20
Portugal [PRT]	5,94	38	6,12	45	3,84	109	7,66	23	17918,41
Camerún [CMR]	5,94	39	4,46	103	6,33	11	7,92	10	963,97
Irán [IRN]	5,91	40	5,95	56	6,55	8	5,92	123	3369,12
Azerbaiyán [AZE]	5,89	41	6,07	49	5,40	28	6,90	92	3114,56
Grecia [GRC]	5,87	42	6,28	32	3,73	115	7,28	62	18771,03
Perú [PER]	5,87	43	5,32	80	5,35	31	7,58	30	3892,26
Chile [CHL]	5,87	44	5,58	70	5,27	33	7,04	81	9430,50
Costa Rica [CRI]	5,86	45	5,55	71	4,71	61	7,81	17	5720,45

<b>Continuación tabla A.1</b>									
<b>País [ISO]</b>	<b>Sostenibilidad energética</b>	<b>Rank de sostenibilidad energética</b>	<b>Seguridad energética</b>	<b>Rank de seguridad energética</b>	<b>Equidad energética</b>	<b>Rank de equidad energética</b>	<b>Sostenibilidad ambiental</b>	<b>Rank de sostenibilidad ambiental</b>	<b>PIB per cápita (US\$ 2005/hab)</b>
Malasia [MYS]	5,86	46	5,84	62	5,26	35	6,90	91	6786,19
Federación de Rusia [RUS]	5,85	47	6,17	40	5,52	25	6,29	115	6848,70
Croacia [HRV]	5,85	48	6,21	38	4,42	82	7,10	79	10523,32
Rumania [ROM]	5,83	49	6,33	28	4,54	73	7,10	78	5834,42
Indonesia [IDN]	5,83	50	5,08	90	5,56	23	7,57	31	1732,18
Uruguay [URY]	5,83	51	5,76	66	4,39	83	7,68	19	7505,79
México [MEX]	5,82	52	5,68	68	4,85	54	7,22	65	8532,35
Georgia [GEO]	5,82	53	5,85	61	5,02	45	7,29	61	2084,11
Letonia [LVA]	5,82	54	6,14	43	4,22	92	7,38	53	8425,67
Congo, República del [COG]	5,80	55	3,72	121	6,70	6	7,66	22	1943,69
Emiratos Árabes Unidos [ARE]	5,77	56	4,20	105	6,74	5	5,62	130	24077,73
Iraq [IRQ]	5,77	57	6,09	47	5,56	22	6,26	118	2472,22
Kuwait [KWT]	5,76	58	4,59	100	6,81	4	4,76	135	29728,62
Lituania [LTU]	5,76	59	6,07	48	3,86	108	7,48	42	10061,09
Polonia [POL]	5,75	60	6,24	34	4,34	85	6,76	99	10584,80
Argelia [DZA]	5,75	61	5,98	53	5,62	21	6,20	119	3215,21
Armenia [ARM]	5,73	62	6,15	42	4,15	94	7,49	40	2237,23
Estonia [EST]	5,72	63	6,28	31	3,80	111	7,03	83	11940,78
Singapur [SGP]	5,71	64	5,38	78	3,33	126	6,83	95	36110,13
Hong Kong [HKG]	5,71	65	6,04	52	3,02	131	6,69	102	32728,79

Continuación tabla A.1									
País [ISO]	Sostenibilidad energética	Rank de sostenibilidad energética	Seguridad energética	Rank de seguridad energética	Equidad energética	Rank de equidad energética	Sostenibilidad ambiental	Rank de sostenibilidad ambiental	PIB per cápita (US\$ 2005/hab)
Brunei Darussalam [BRN]	5,69	66	4,14	106	5,13	39	6,91	90	24947,10
Panamá [PAN]	5,69	67	5,19	86	4,27	90	7,86	12	7259,69
Costa de Marfil [CIV]	5,69	68	4,54	101	5,24	36	7,93	9	955,63
<b>Guatemala [GTM]</b>	<b>5,68</b>	<b>69</b>	<b>4,81</b>	<b>98</b>	<b>5,51</b>	<b>26</b>	<b>7,28</b>	<b>63</b>	<b>2315,14</b>
Nigeria [NGA]	5,68	70	3,98	109	7,07	3	6,62	106	1052,18
Kazajstán [KAZ]	5,67	71	6,41	26	5,21	37	5,75	128	5192,57
Bulgaria [BGR]	5,66	72	6,43	25	3,83	110	7,12	75	4624,69
Ghana [GHA]	5,66	73	4,90	94	5,46	27	7,23	64	730,22
Sudán [SDN]	5,64	74	3,82	119	6,15	14	7,54	36	837,29
Túnez [TUN]	5,63	75	5,98	54	4,84	55	6,48	110	3925,05
Paraguay [PRY]	5,63	76	5,44	77	5,38	29	6,59	107	1717,89
Tailandia [THA]	5,63	77	5,92	57	4,06	100	7,32	55	3389,58
El Salvador [SLV]	5,62	78	5,35	79	4,53	76	7,42	50	3033,08
Filipinas [PHL]	5,62	79	4,85	95	4,99	46	7,55	34	1501,07
Sri Lanka [LKA]	5,61	80	5,50	74	4,54	74	7,31	58	1883,00
Turquía [TUR]	5,59	81	5,95	55	3,77	114	7,11	77	8483,33
Bolivia [BOL]	5,58	82	4,95	91	5,11	40	7,19	67	1259,81
Egipto, [EGY]	5,56	83	6,16	41	5,08	42	5,90	125	1559,62
Serbia [SRB]	5,54	84	6,37	27	3,78	113	6,77	98	3873,06
Congo, República Democrática del [ZAR]	5,53	85	2,94	138	5,69	18	8,47	1	273,02

<b>Continuación tabla A.1</b>									
<b>País [ISO]</b>	<b>Sostenibilidad energética</b>	<b>Rank de sostenibilidad energética</b>	<b>Seguridad energética</b>	<b>Rank de seguridad energética</b>	<b>Equidad energética</b>	<b>Rank de equidad energética</b>	<b>Sostenibilidad ambiental</b>	<b>Rank de sostenibilidad ambiental</b>	<b>PIB per cápita (US\$ 2005/hab)</b>
China [CHN]	5,52	86	5,92	58	4,57	69	6,38	111	3344,54
Nicaragua [NIC]	5,50	87	5,14	88	4,28	89	7,52	38	1326,15
Ucrania [UKR]	5,49	88	6,43	24	4,68	62	5,71	129	2094,12
República Dominicana [DOM]	5,48	89	5,52	72	3,33	127	7,78	18	5053,92
Arabia Saudita [SAU]	5,48	90	4,10	107	6,32	12	5,39	132	17706,11
India [IND]	5,48	91	5,28	84	4,67	63	6,92	89	1123,20
Honduras [HND]	5,46	92	4,83	97	4,38	84	7,55	35	1569,09
Mozambique [MOZ]	5,45	93	3,26	131	5,95	16	7,57	32	416,83
Nepal [NPL]	5,43	94	5,31	81	5,08	41	6,32	113	398,77
Pakistán [PAK]	5,42	95	5,18	87	4,83	56	6,64	105	772,90
Marruecos [MAR]	5,42	96	5,79	65	3,63	119	7,11	76	2462,17
Bangladesh [BGD]	5,39	97	4,84	96	4,53	75	7,16	71	597,02
Etiopía [ETH]	5,38	98	3,69	122	5,37	30	7,45	45	268,87
Zambia [ZMB]	5,36	99	2,97	137	5,27	34	8,19	5	797,93
Libia [LBY]	5,36	100	3,88	115	6,57	7	5,56	131	6925,41
Macedonia [MKD]	5,35	101	5,88	59	3,51	121	6,79	97	3472,31
Trinidad y Tobago [TTO]	5,34	102	6,12	44	3,30	129	6,03	120	14183,17
Sudáfrica [ZAF]	5,33	103	4,91	92	4,58	68	6,48	109	5885,22
Namibia [NAM]	5,32	104	3,97	110	4,56	71	7,49	41	4473,72
Jordania [JOR]	5,31	105	6,05	51	3,30	128	6,74	100	2838,56

<b>Continuación tabla A.1</b>									
<b>País [ISO]</b>	<b>Sostenibilidad energética</b>	<b>Rank de sostenibilidad energética</b>	<b>Seguridad energética</b>	<b>Rank de seguridad energética</b>	<b>Equidad energética</b>	<b>Rank de equidad energética</b>	<b>Sostenibilidad ambiental</b>	<b>Rank de sostenibilidad ambiental</b>	<b>PIB per cápita (US\$ 2005/hab)</b>
Camboya [KHM]	5,25	106	3,95	112	4,15	95	7,87	11	671,96
Chipre [CYP]	5,24	107	3,91	114	3,35	125	7,32	56	21785,08
Yemen [YEM]	5,23	108	4,08	108	4,96	49	6,84	94	729,16
República de Moldavia [MDA]	5,22	109	6,05	50	2,91	132	6,88	93	1043,22
Montenegro [MNE]	5,22	110	6,47	18	3,91	104	5,21	133	4543,80
Tanzania [TZA]	5,19	111	3,33	129	5,03	44	7,39	51	483,82
Senegal [SEN]	5,18	112	4,49	102	3,88	107	7,32	57	797,43
Zimbabue [ZWE]	5,16	113	3,65	125	4,57	70	7,42	48	446,74
Omán [OMN]	5,15	114	3,97	111	4,81	57	5,96	122	13881,61
Bahréin [BHR]	5,14	115	4,22	104	4,47	80	5,80	127	16765,48
Mongolia [MNG]	5,13	116	5,64	69	3,91	106	5,89	126	1631,31
Malta [MLT]	5,05	117	3,93	113	3,21	130	7,03	84	16307,47
Kenia [KEN]	5,03	118	3,15	133	4,87	52	7,06	80	594,83
Kirguistán [KGZ]	4,98	119	2,76	144	4,97	48	7,15	72	576,93
Líbano [LBN]	4,97	120	3,86	117	3,52	120	7,03	82	7244,99
Togo [TGO]	4,94	121	3,62	128	3,98	101	7,16	70	414,27
Belarús [BLR]	4,86	122	3,08	134	3,43	124	7,62	26	4873,38
Haití [HTI]	4,83	123	3,06	135	4,10	98	7,15	74	460,21
Benín [BEN]	4,76	124	3,69	123	2,89	133	7,43	46	567,91
Botsuana [BWA]	4,71	125	3,63	127	2,62	135	7,17	69	6693,75
Turkmenistán [TKM]	4,68	126	2,58	147	4,92	50	6,02	121	3269,67
Uzbekistán [UZB]	4,52	127	2,66	146	4,11	97	6,28	117	845,81

<b>Continuación tabla A.1</b>									
<b>País [ISO]</b>	<b>Sostenibilidad energética</b>	<b>Rank de sostenibilidad energética</b>	<b>Seguridad energética</b>	<b>Rank de seguridad energética</b>	<b>Equidad energética</b>	<b>Rank de equidad energética</b>	<b>Sostenibilidad ambiental</b>	<b>Rank de sostenibilidad ambiental</b>	<b>PIB per cápita (US\$ 2005/hab)</b>
Bosnia y Herzegovina [BIH]	4,49	128	2,76	143	3,71	117	6,28	116	3359,16
Eritrea [ERI]	4,36	129	1,62	165	3,80	112	7,02	85	200,45
Argentina [ARG]	4,16	130	5,75	67	4,52	77	6,36	112	0,00
Cuba [CUB]	3,95	131	3,67	124	4,51	79	7,61	27	0,00
Síria [SYR]	3,91	132	5,81	64	3,93	103	5,90	124	0,00
Surinam [SUR]	3,90	133	5,27	85	0,56	156	4,52	140	4478,76
Belice [BLZ]	3,88	134	5,28	83	0,62	154	4,37	145	4154,33
Guyana [GUY]	3,79	135	5,09	89	0,78	140	4,21	149	1276,80
República Democrática Popular Lao [LAO]	3,68	136	4,90	93	0,67	147	4,12	153	707,41
Jamaica [JAM]	3,63	137	5,51	73	2,52	136	6,51	108	0,00
Granada [GRD]	3,49	138	3,64	126	0,63	149	4,30	148	6232,70
Myanmar [MMR]	3,47	139	2,14	158	5,07	43	6,68	103	0,00
Barbados [BRB]	3,40	140	3,84	118	0,00	168	3,84	163	14349,55
Mauricio [MUS]	3,27	141	3,32	130	0,52	157	3,84	164	6497,85
Bhután [BTN]	3,18	142	2,17	156	0,73	144	4,69	136	1972,20
Afganistán [AFG]	3,16	143	3,73	120	0,82	138	3,06	179	417,06
Swazilandia [SWZ]	3,13	144	3,18	132	0,68	146	3,54	170	2399,46
Chad [TCD]	3,11	145	2,58	148	1,32	137	3,50	172	737,55
Sierra Leona [SLE]	3,02	146	2,27	151	0,79	139	4,01	157	435,41
Fiji [FJI]	3,02	147	2,05	160	0,63	150	4,18	150	3608,73
Liberia [LBR]	2,99	148	2,19	155	0,74	143	4,02	155	275,68

<b>Continuación tabla A.1</b>									
<b>País [ISO]</b>	<b>Sostenibilidad energética</b>	<b>Rank de sostenibilidad energética</b>	<b>Seguridad energética</b>	<b>Rank de seguridad energética</b>	<b>Equidad energética</b>	<b>Rank de equidad energética</b>	<b>Sostenibilidad ambiental</b>	<b>Rank de sostenibilidad ambiental</b>	<b>PIB per cápita (US\$ 2005/hab)</b>
Burkina Faso [BFA]	2,99	149	2,87	140	0,62	152	3,44	174	492,76
Madagascar [MDG]	2,99	150	2,77	142	0,59	155	3,57	169	267,15
Seychelles [SYC]	2,98	151	1,36	167	0,00	169	4,67	137	13889,95
Lesotho [LSO]	2,98	152	2,66	145	0,71	145	3,49	173	934,09
Mauritania [MRT]	2,97	153	3,00	136	0,62	153	3,23	177	824,91
Níger [NER]	2,97	154	2,91	139	0,76	142	3,19	178	289,58
Maldivas [MDV]	2,95	155	2,21	154	0,77	141	3,50	171	4841,99
Malawi [MWI]	2,92	156	2,56	149	0,40	166	3,71	168	219,91
Ribera Occidental y Gaza [WBG]	2,91	157	2,27	152	0,42	164	3,87	162	1464,63
Guinea-Bissau [GNB]	2,90	158	2,27	153	0,00	170	4,33	146	408,73
Guinea [GIN]	2,90	159	2,15	157	0,66	148	3,76	166	308,20
Uganda [UGA]	2,88	160	2,78	141	0,00	171	3,73	167	405,34
Kosovo [KSV]	2,85	161	0,50	168	3,45	123	2,29	182	2836,59
Cabo Verde [CPV]	2,84	162	1,82	162	0,23	167	4,15	151	2749,48
Malí [MLI]	2,83	163	2,34	150	0,63	151	3,34	176	480,20
República Centrafricana [CAF]	2,79	164	1,64	164	0,50	160	3,99	159	450,42
Rwanda [RWA]	2,78	165	1,81	163	0,49	161	3,80	165	381,00
Djibouti [DJI]	2,76	166	2,13	159	0,48	163	3,36	175	1143,60

Fuente PIB per cápita: (Banco Mundial, 2014).

## ANEXO B: TABLAS DE ISE DEL ESTUDIO

Tabla B.1. Referencias de información utilizada en el Índice de Sostenibilidad Energética

<b>Indicador</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Año de referencia</b>	<b>Base de dato</b>	<b>Fuente</b>
Porcentaje de población con acceso a electricidad	Equidad energética	2011	IDM	(Banco Mundial, 2014)
Consumo eléctrico per cápita	Equidad energética	2011	IDM	(Banco Mundial, 2014)
Índice de Gini	Equidad energética	El más reciente.	IDM	(Banco Mundial, 2014)
Porcentaje de energías renovables y residuos en producción de energía	Seguridad energética	2011	IDM	(Banco Mundial, 2014)
Producción de electricidad con fuentes renovables y nuclear	Seguridad energética	2011	IDM	(Banco Mundial, 2014)
Precio de gasolina para el usuario	Seguridad energética	2012	IDM	(Banco Mundial, 2014)
Intensidad energética (Consumo energía/PIB)	Seguridad energética	2011	IDM	(Banco Mundial, 2014)
Pérdidas de electricidad en transmisión y distribución	Seguridad energética	2011	IDM	(Banco Mundial, 2014)
Reservas estratégicas de gas natural	Seguridad energética	2011	WEC	(WEC, 2014)
Reservas estratégicas de petróleo	Seguridad energética	2011	WEC	(WEC, 2014)
Porcentaje de importación de energía	Seguridad energética	2011	IDM	(Banco Mundial, 2014)
Emisiones CO <sub>2</sub> per cápita	Sostenibilidad ambiental	2011	IDM	(Banco Mundial, 2014)
Emisiones CO <sub>2</sub> por PIB	Sostenibilidad ambiental	2011	IDM	(Banco Mundial, 2014)
Porcentaje de territorio cubierto por bosques	Sostenibilidad ambiental	2011	IDM	(Banco Mundial, 2014)
Porcentaje de emisiones CO <sub>2</sub> de electricidad y calefacción	Sostenibilidad ambiental	2011	IDM	(Banco Mundial, 2014)
Porcentaje de emisiones CO <sub>2</sub> transporte	Sostenibilidad ambiental	2011	IDM	(Banco Mundial, 2014)
Porcentaje emisiones CH <sub>4</sub> sector energía	Sostenibilidad ambiental	2011	IDM	(Banco Mundial, 2014)
Porcentaje emisiones N <sub>2</sub> O sector energía e industria	Sostenibilidad ambiental	2011	IDM	(Banco Mundial, 2014)
Partículas suspendidas respirables PM10	Sostenibilidad ambiental	2011	IDM	(Banco Mundial, 2014)



**ANEXO C: LISTADO DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS**

ACR = Asociación de Combustibles Renovables de Guatemala.

AEMA = Agencia Europea de Medio Ambiente.

AG = Acuerdo Gubernativo.

AIE = Agencia Internacional de Energía.

AM = Acuerdo Ministerial.

AMM = Administrador del Mercado Mayorista.

API = Instituto Americano de Petróleo.

BANGUAT = Banco de Guatemala.

bbl = Barril americano.

bep = Barril equivalente de petróleo.

BCIE = Banco Centroamericano de Integración Económica.

CDMER = Consejo del Mercado Eléctrico Regional.

CDS = Comisión sobre Desarrollo Sostenible.

CEPAL = Comisión Económica para América Latina y el Caribe de Naciones Unidas.

CFC = Clorofluorocarbonos.

CFE = Comisión Federal de Electricidad de México.

CNEE = Comisión Nacional de Energía Eléctrica.

COGUANOR = Comisión Guatemalteca de Normas.

CONADIE = Consejo Nacional de Alianzas para el Desarrollo de Infraestructuras Económicas.

CONAP = Consejo Nacional de Áreas Protegidas.

COV = Compuestos Orgánicos Volátiles.

CRIE = Comisión Regional de Interconexión Eléctrica.

DEOCSA = Distribuidora Eléctrica de Occidente S.A.

DEORSA = Distribuidora Eléctrica de Oriente S.A.

DIACO = Dirección de Atención y Asistencia al Consumidor.

DS = Desarrollo Sostenible.

$E_n$  = Estadísticas energéticas.

EEGSA = Empresa Eléctrica de Guatemala S.A.

ENOS = Fenómeno de El Niño Oscilación del Sur.

EOR = Ente Operador Regional.

EPA = Agencia de Protección al Medio Ambiente de Estados Unidos.

EPR = Empresa Propietaria de la Red.

GDR = Generador Distribuido Renovable.

GEI = Gases Efecto Invernadero.

GLP = Gas Licuado de Petróleo.

GTQ = Quetzales de Guatemala.

HC = Hidrocarburos.

HCFC = Hidroclorofluorocarbonos.

$I_n$  = Indicador energético normalizado.

IDH = Índice de Desarrollo Humano.

IDM = Indicadores del Desarrollo Mundial del Banco Mundial.

IDS = Indicadores del Desarrollo Sostenible.

IEDS = Indicador Energético para el Desarrollo Sostenible.

IEMA = Impuesto a las Empresas Mercantiles y Agropecuarias.

IGN = Instituto Geográfico Nacional.

INAB = Instituto Nacional de Bosques.

INDE = Instituto Nacional de Electrificación.

ISE = Índice de Sostenibilidad Energética.

ISR = Impuesto Sobre la Renta.

IVA = Impuesto al Valor Agregado.

km = Kilómetro.

kV = Kilovolt.

kWh = Kilowatt-hora.

MAGA = Ministerio de Agricultura y Ganadería.

MARN = Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

MEM = Ministerio de Energía y Minas.

MER = Mercado Eléctrico Regional.

MIDES = Ministerio de Desarrollo Social.

MINECO = Ministerio de Economía.

MINEDUC = Ministerio de Educación.

MINFIN = Ministerio de Finanzas Públicas.

MSPAS = Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

MW = Megawatt.

OIEA = Organismo Internacional de Energía Atómica.

OLADE = Organización Latinoamericana de Energía.

PDH = Procuraduría de los Derechos Humanos.

PIB = Producto Interno Bruto.

PM10 = Material particulado con diámetro menor a 10  $\mu\text{m}$ .

PPA = Factor de conversión de la Paridad de Poder Adquisitivo.

RMER = Reglamento del Mercado Eléctrico Regional.

RSE = Responsabilidad Social Empresarial

SCEP = Secretaria de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia.

SEGEPLAN = Secretaria de Planificación y Programa de la Presidencia.

SEN = Sistema Eléctrico Nacional.

SER = Sistema Eléctrico Regional.

SIEE = Sistema de Integración Económica Energética OLADE.

SIEPAC = Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central.

SIER = Sistema de Información Energética Regional OLADE.

SNI = Sistema Nacional Interconectado.

TLC = Tratado de Libre Comercio.

UNDAF = Marco de Asistencia de las Naciones Unidas para el Desarrollo

UNDESA = Departamento de Asuntos Económicas y Sociales de Naciones Unidas.

USAC = Universidad de San Carlos de Guatemala.

US\$ = Dólares de Estados Unidos

WEC = Consejo Mundial de Energía

ZCI = Zona de Convergencia Intertropical.

## **ANEXO D: CÁLCULO DEL ÍNDICE DE GINI**

El índice de Gini mide hasta qué punto la distribución del ingreso entre individuos u hogares dentro de una economía se aleja de una distribución perfectamente equitativa. Para ello hace uso de la curva de Lorenz, la cual muestra los porcentajes acumulados del ingreso recibido total contra la cantidad acumulada de receptores, empezando por el grupo más pobre. El índice de Gini mide la superficie entre la curva de Lorenz y una línea hipotética de equidad absoluta, expresada como porcentaje de la superficie máxima debajo de la línea. Por lo tanto un índice de Gini de 0 representa una equidad perfecta, mientras que un índice de 100 representa una inequidad perfecta (Banco Mundial, 2014).

La forma más habitual para representar la desigualdad en el ingreso de un grupo es a partir de la Curva de Lorenz, esta medida fue propuesta en 1905 por el economista estadounidense Max Otto Lorenz. En términos simples, la curva de Lorenz representa el porcentaje acumulado de ingreso recibido por un determinado grupo de población ordenado de forma ascendente de acuerdo a su ingreso. De esta manera, en caso que a cada porcentaje de la población le corresponda el mismo porcentaje de ingresos, se forma una línea de  $45^\circ$ , dicha diagonal corresponde a lo que Lorenz definió como la línea de equidad perfecta y denota, por ende, ausencia de desigualdad. La curva de Lorenz siempre se ubica por debajo de la diagonal en la medida que los ingresos de los individuos se hayan ordenado en forma creciente, y por encima en el caso opuesto. En la medida que la curva de Lorenz se aproxime a la diagonal, se estaría observando una situación de mayor igualdad, mientras que cuando se aleja, la desigualdad incrementa (Medina, 2001).

Para ejemplificar la construcción de la Curva de Lorenz y el cálculo del índice de Gini, se utilizó la distribución del ingreso de Guatemala en el año 2006 por quintiles (Medina, 2001), se procedió a construir el porcentaje acumulado y a graficarlo en función a los quintiles de población, siendo el quintil 1 el más pobre y el quintil 5 el más rico, ver en la Tabla D.1 y Figura D.1.

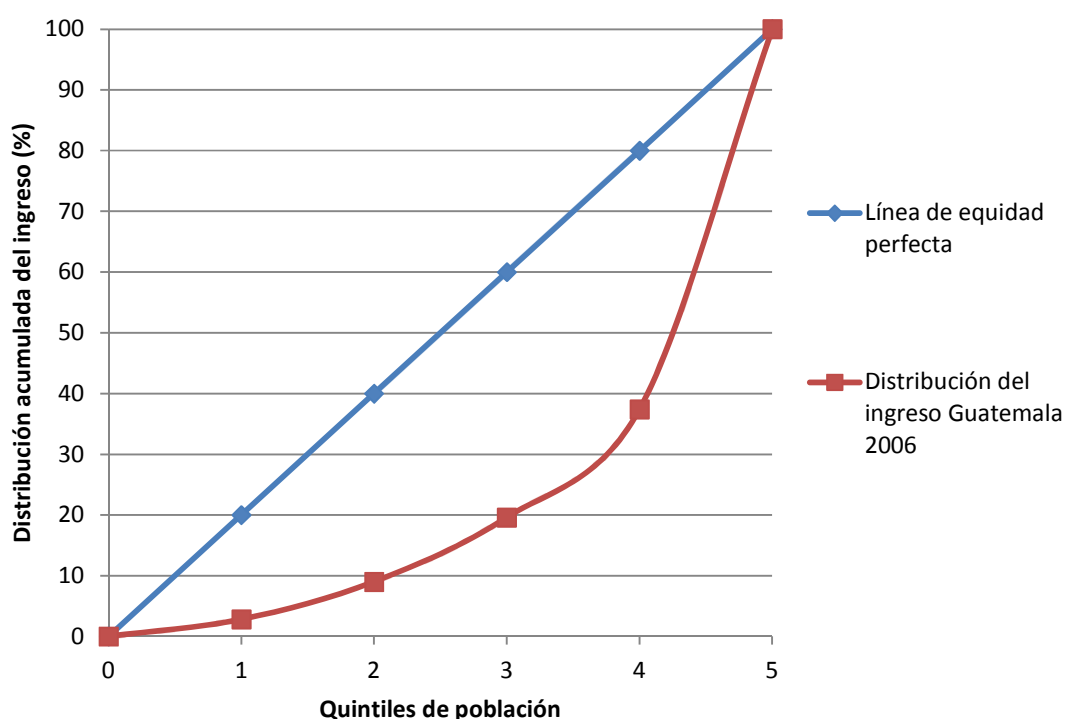


Figura D.1. Curva de Lorenz para Guatemala en el año 2006

Para el cálculo del índice de Gini, la proporción entre la línea de equidad perfecta y la curva de Lorenz, puede ser expresada como:

$$\text{Gini} = 1 + \left(\frac{1}{n}\right) - \left(\frac{2}{n^2\bar{y}}\right) (y_1 + 2y_2 + \dots + ny_n) \quad (\text{D-1})$$

Donde:

y es la distribución acumulada del ingreso y se cumple que  $y_1 \geq y_2 \geq \dots \geq y_n$ .

n es el número de grupos en que se divide la muestra.

Por lo tanto en la tabla Tabla D.1, se presenta los resultados del cálculo del índice de Gini para Guatemala en el año 2006.

Tabla D.1. Cálculo del índice de Gini Guatemala año 2006

Quintil	Distribución equitativa del ingreso, $y_i$ (%)	Distribución del ingreso, $y_j$ (%)	Distribución acumulada del ingreso, (%)	$y_i - y_j$ (%)	Índice de Gini
0	0,00	0,00	0,00	0,00	58,24%
1	20,00	2,80	2,80	17,20	
2	40,00	6,20	9,00	31,00	
3	60,00	10,60	19,60	40,40	
4	80,00	17,80	37,40	42,60	
5	100,00	62,60	100,00	0,00	
Promedio				21,87	

## ANEXO E: PERFIL DEL AUTOR

<b>Nombre:</b> <b>Fecha de nacimiento:</b>	Sergio Manuel Meléndez Mendizábal. 02 de diciembre de 1986.
<b>Dirección de contacto:</b>	Guatemala: 19 avenida 17-24 zona 6, Residenciales Cipresales. Ciudad de Guatemala. Chile: Avenida Libertador Bernardo O'higgins 351, departamento 708A, Santiago de Chile.
<b>Teléfono de contacto:</b>	Guatemala: + 502 2288 9593 / +502 4770 4880. Chile: + 56 9 8267 5796 / + 56 9 5960 2207.
<b>Correo electrónico:</b>	smmelendez@uc.cl / smmelendez86@gmail.com
<b>Grados académicos:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Magíster en Ingeniería de la Energía. Pontificia Universidad Católica de Chile (2012 – 2014). <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tesis: “Análisis e interpretación de indicadores energéticos para el desarrollo sostenible de Guatemala”.</li> </ul> </li> <li>• <i>Cum laude</i> en Licenciatura en Ingeniería Química. Universidad del Valle de Guatemala (2005 – 2010). <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tesis: “Diseño y construcción de un fotobiorreactor tubular continuo para el crecimiento de biomasa a partir de microalgas”.</li> </ul> </li> <li>• <i>Baccalaureatus in Scientiis</i>. Universidad del Valle de Guatemala (2005-2010).</li> <li>• Bachiller en Ciencias y Letras. Colegio Salesiano Don Bosco de Guatemala. (1994-2004).</li> </ul>
<b>Idiomas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inglés. Intermedio-avanzado (Toefl 90/120 año 2012).</li> <li>• Portugués: Básico – intermedio.</li> <li>• Español: Idioma materno.</li> </ul>
<b>Experiencia laboral:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero de Gestión de la Operación América Latina – Endesa Chile, (Enersis). <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Octubre 2014 – a la fecha.</li> </ul> </li> <li>• Consultor del sector agroindustrial de Chile y Guatemala. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Febrero 2013 – diciembre 2013.</li> </ul> </li> <li>• Analista Químico – Quilubrisa (Disagro de Guatemala). <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mayo 2010 – julio 2012.</li> </ul> </li> </ul>
<b>Intereses profesionales:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificación y política energética.</li> <li>• Desarrollo sostenible.</li> <li>• Energía renovable y eficiencia energética.</li> <li>• Cambio climático.</li> <li>• Responsabilidad Social Empresarial.</li> <li>• Sector de generación, transporte o distribución eléctrica.</li> </ul>