

UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA

JOSÉ SIMEÓN CAÑAS



EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SALVADOR (2000-2019)

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREPARADO PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS  
ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES

PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO (A) EN ECONOMÍA

PRESENTADO POR:

JOSÉ ÁNGEL FERNÁNDEZ CALDERÓN

ALISSON TERESA MEJÍA ARGUETA

FERNANDO ANDRÉ MENJÍVAR ROSA

DIEGO FERNANDO PARADA FUENTES

ANTIGUO CUSCATLÁN, OCTUBRE DE 2020

RECTOR

ANDREU OLIVA DE LA ESPERANZA, S.J.

SECRETARIA GENERAL

SILVIA ELINOR AZUCENA DE FERNÁNDEZ

DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y EMPRESARIALES

JOSÉ RICARDO FLORES PÉREZ

DIRECTOR DE LA CARRERA LICENCIATURA EN ECONOMÍA

JOSÉ ALEJANDRO ÁLVAREZ RAMÍREZ

DIRECTOR DEL TRABAJO

EUGENE ARONEANU ARENE GUERRA

LECTORA DEL TRABAJO

MÉRARIS CAROLINA LÓPEZ DÍAZ

## **AGRADECIMIENTOS GENERALES**

Agradecemos el apoyo durante la carrera a catedráticos y amigos, a nuestro asesor de tesis, Dr. Eugene Arene, por su paciencia, guía metodológica, estilo y valiosa rigurosidad académica con la que supervisó la realización del trabajo de graduación. Asimismo, reconocemos el esfuerzo de nuestra lectora, Lic. Meraris López, por sus sugerencias destinadas a mejorar nuestro trabajo.

También damos gracias por su apoyo a Armando Álvarez, catedrático y amigo que nos dedicó tiempo para orientarnos con las matrices insumo producto, así como a César Sánchez, docente amable y accesible que nos orientó en el uso de Mathcad para la creación de los encadenamientos.

**Ángel, Alisson, Diego y Fernando**

## **AGRADECIMIENTOS PERSONALES**

Agradezco principalmente a mi familia y en especial a mi madre, porque todos los días me recuerdan lo importante que es el esfuerzo y, sin ellos, este esfuerzo no habría sido posible. Siempre me impulsan a seguir adelante para superar todos los obstáculos que la vida presenta.

Le agradezco a mis catedráticos por enseñarme como desempeñarme en el diario vivir, aconsejarme incluso cuando no quiero escuchar, gracias por ayudarme a salir de la ignorancia. En especial, al Dr. Eugene Arene por guiarme en el proceso de elaboración de tesis, ya que su paciencia y su motivación de enseñar fueron muy importantes para la elaboración de esta tesis.

A mis amigos y mi señorita especial, por acompañarme cada momento difícil en mi vida, para aconsejarme y ayudarme a corregir mis errores, para ser cada día una persona de bien. Nunca esta demás recordar todos esos buenos momentos que vivimos dentro y fuera de la universidad, en especial esas largas jornadas dentro del campus. La carrera no habría sido lo mismo sin ellos.

Alisson, Ángel, Fernando, fue un gusto haber trabajado con ustedes en este proceso. Nunca faltaron las risas, los gallos y la comida, no podría haber tenido mejores compañeros.

- **Diego Fernando Parada Fuentes**

A mis padres, que con amor, esfuerzo y sacrificio me han permitido llegar hasta aquí. Su apoyo incondicional ha sido indispensable para este logro. Les debo todo, los amo.

A mi Tío Nico, por ser un pilar a lo largo de la carrera. Su ayuda ha sido fundamental y sin usted esto habría sido imposible.

A Eugene Arene, por asesorar nuestra investigación profesionalmente.

A Meraris López, por su disponibilidad de ser nuestra lectora.

Al equipo de tesis, por el arduo trabajo realizado. Les deseo éxito en su futuro, colegas.

A Mónica Avilés, por ser la luz que ilumina mi camino.

A Dios, por reunir todos los factores que han logrado que sea Licenciado en Economía.

- **Fernando André Menjívar Rosa**

Esta carrera la he logrado gracias a Dios y al esfuerzo de mi familia, que me apoyó no solo de forma monetaria, también moral. Gracias a mi mamá que siempre estuvo a mi lado apoyándome monetariamente y velando porque pueda asistir siempre a mis clases; gracias a mi papá que se mantuvo preguntándome cómo iba la universidad cuando me veía trabajar, y también miles gracias a mi abuelita Gloria que siempre se aseguraba que desayunara y me ayudaba con algunos gastos de la universidad. A mi tío Luis Fernández, que siempre que necesité algo estuvo apoyándome. Por último, a mi hermano que es a quien más respeto y aprecio, pues su apoyo fue fundamental para mantener mi visión de lograr mi pregrado académico.

Es para mí importante mencionar a Armando Álvarez y a Juan Ramón Catalán (que este en la gloria de Dios) quienes, siendo catedráticos, siempre me recibieron como un amigo. Incluyo a mis amigos más cercanos en la universidad: Alisson, gracias por ser una amiga atenta y fiel; William por siempre tener una amistad sincera; Diego por darme la mano y su amistad y a Fernando que se desveló con nosotros y nos reímos en las llamadas de grupo, muchas gracias por estar conmigo apoyándome, estudiando y riéndonos.

- **José Ángel Fernández Calderón**

A Dios, por permitirme llegar hasta aquí.

A mis padres, Ninfa y César por haber estado presente en todo momento, por su amor, paciencia, sacrificio y entrega. Este logro es de los tres.

A mis abuelos, mis segundos padres, Teresa y Mariano quienes han contribuido en cada proceso de mi formación, siendo mi principal soporte. Son los amores de mi vida.

A mi hermano Alessandro, por confiar siempre en mí, por animarme a no desistir y ser mi mejor amigo.

A mis tías, Amalia, Morena y Dinora, por su ejemplo, consejos y apoyo incondicional.

A mis amigos y compañeros de tesis, Ángel, William, Diego y Fernando por haberme acompañado durante este camino y haberlo hecho tan especial.

- **Alisson Teresa Mejía Argueta**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>SIGLAS Y ABREVIATURAS .....</b>	<b>XIV</b>
<b>UNIDADES DE MEDICIÓN .....</b>	<b>XV</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>Planteamiento del problema .....</b>	<b>3</b>
<b>Hipótesis del trabajo.....</b>	<b>3</b>
<b>Definición del tema o delimitación .....</b>	<b>3</b>
Delimitación de contenido .....	3
Delimitación teórica:.....	3
Delimitación temporal:.....	5
Delimitación geográfica .....	5
<b>Objetivos de la investigación .....</b>	<b>5</b>
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos .....	5
<b>CAPÍTULO I. ENERGÍA RENOVABLE EN EL MUNDO.....</b>	<b>6</b>
<b>UNIDAD I. TIPOS DE ENERGÍAS RENOVABLES .....</b>	<b>6</b>
1.1.    Energía Solar.....	7
1.1.1.    Energía solar fotovoltaica .....	8
1.1.2.    Calentamiento y enfriamiento térmico solar .....	8
1.1.3.    Ventajas y desventajas del uso de energía solar .....	9
1.2.    Energía Biomasa .....	10
1.2.1.    Concepto y clasificación de la biomasa .....	10
1.2.2.    Productos y procesos de conversión de la biomasa.....	12
1.2.3.    Ventajas y desventajas del uso de bioenergía .....	14
1.3.    Energía eólica.....	15
1.3.1.    Concepto de energía eólica .....	15
1.3.2.    Ventajas y desventajas de la energía eólica .....	16
1.4.    Energía hidroeléctrica.....	16
1.4.1.    Concepto de energía hidroeléctrica .....	16
1.4.2.    Ventajas y desventajas de la energía hidroeléctrica.....	17
1.5.    Energía geotérmica .....	18
1.5.1.    Concepto de energía geotérmica .....	18

1.5.2. Sistemas geotérmicos.....	18
1.5.3. Ventajas y desventajas en el uso de energía geotérmica .....	19
<b>UNIDAD II. PANORAMA ENERGÉTICO MUNDIAL.....</b>	<b>21</b>
2.1. Aspectos generales .....	21
2.1.1. Energía solar en el mundo.....	21
2.1.2. Bioenergía en el mundo.....	23
2.1.3. Energía eólica en el mundo .....	26
2.1.4. Energía hidráulica en el mundo .....	28
2.2. Situación energética de Estados Unidos.....	30
2.3. Situación energética de China .....	32
2.4. Situación energética de Alemania.....	34
2.5. Situación energética de Brasil .....	35
2.6. Situación energética de India.....	36
2.7. Situación energética de Japón.....	38
2.8. Situación energética de Sudáfrica .....	39
<b>CAPITULO II. PLAN Y DESARROLLO ENERGÉTICO EN EL SALVADOR .....</b>	<b>41</b>
<b>UNIDAD I. DESVENTAJAS ENERGÉTICAS Y TECNOLÓGICAS DE EL SALVADOR .....</b>	<b>41</b>
1.1. Situación energética de El Salvador .....	41
1.1.1. Antecedentes del sector eléctrico .....	41
1.1.2. Estructura del sector eléctrico.....	42
1.1.3. Mercado Eléctrico Nacional .....	42
1.1.4. Consumo de energía eléctrica en El Salvador .....	47
1.1.5. Consumo de energía según fuente de producción.....	48
1.2. Tecnologías en El Salvador .....	49
1.2.1. Energía Hidroeléctrica .....	50
1.2.2. Energía geotérmica .....	51
1.2.3. Bioenergía .....	52
1.2.4. Energía solar .....	54
1.3. La balanza comercial energética actual.....	55
<b>UNIDAD II. PLANES DE DESARROLLO 2009-2019 .....</b>	<b>56</b>
2.1. Política nacional de energía 2009-2014.....	56
2.2. Política nacional de energía 2014-2019.....	58
<b>UNIDAD III. PLAN DE INVERSIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES .....</b>	<b>61</b>
3.1. Marco regulatorio.....	61
3.1.1. Antecedentes de la Legislación Ambiental en El Salvador.....	61
3.1.2. Gestión institucional ambiental en El Salvador.....	62
3.1.3. Instrumentos de la Política Ambiental .....	63
3.1.4. Normativas de Recursos Naturales.....	65
3.2. Recursos naturales de El Salvador .....	67
3.2.1. Justificación en la delimitación de la propuesta.....	67

3.2.2.	Situación de los recursos para energía solar .....	68
3.2.3.	Situación de los recursos para energía eólica .....	70
3.3.	Costos de creación de plantas de energías renovables (solar, eólica) .....	74
3.3.1.	Costos de creación de energía solar .....	74
3.3.2.	Costos de creación de energía eólica .....	76
3.3.3.	Costos de creación de energía térmica .....	77
3.3.4.	Comparación de costos y producción de energías .....	78
3.4.	Encadenamientos del sector energía en de la economía salvadoreña .....	79
3.4.1.	Matriz Insumo Producto .....	79
3.4.2.	Resultado de encadenamientos del sector energético .....	81
3.4.3.	Trabajo directo e indirecto del sector energético nacional .....	82
3.5.	Pronóstico .....	83
3.5.1.	Hipótesis del pronóstico .....	83
3.5.2.	Modelo .....	84
3.5.3.	Inferencia estadística .....	84
3.5.4.	Resultados y análisis .....	85

## **CAPÍTULO III. FUTURO ENERGÉTICO NACIONAL Y DESCENTRALIZACIÓN DE CAPITALES .....89**

### **UNIDAD 1. DIVERSIFICACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA DE EL SALVADOR.....89**

3.1.	Impacto económico .....	90
3.1.1.	Dinamización de la zona rural del país .....	90
3.1.2.	Generación de empleo en la zona rural .....	91
3.1.3.	Precios de la electricidad y su influencia en el Índice de Precios al Consumidor .....	100
3.1.4.	Balanza comercial energética .....	101
3.2.	Contrapesos de energías renovables a la contaminación .....	102
3.2.1.	Contaminación auditiva .....	105
3.2.2.	Contaminación ambiental .....	105
3.2.3.	Contaminación visual .....	106
3.3.	Propuestas para la dinamización del sector energético y la economía nacional .....	106
3.3.1.	Desarrollo de servicios financieros estatales y promoción de ley de incentivos fiscales para el uso de energía renovable .....	106
3.3.2.	Planta productora estatal de paneles solares .....	107
3.3.3.	Sistema de subastas .....	107
3.3.4.	Impuesto ambiental aplicable a las plantas eléctricas de combustible bunker .....	107

### **UNIDAD 2. IMPACTO SOCIAL DEL SECTOR ENERGÉTICO .....108**

2.1.	Índice de GINI .....	108
2.2.	Brecha salarial de género .....	109

### **UNIDAD 3. FUTURO DE LA ENERGÍA POSTERIOR A LA CRISIS COVID-19.....111**

3.1.	Efectos medioambientales de la crisis COVID-19 .....	111
3.2.	Efectos del COVID-19 en el mercado de producción de energía .....	113



3.2.1. Producción de energía en El Salvador.....	114
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>116</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>118</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>128</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>130</b>

### ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1-1. Comparativo de países más destacados en la producción de energía solar a nivel mundial, expresado en megawatts y gigawatts hora (2000 y 2019) .....	22
Cuadro 1-2. Comparativo de países más destacados en la producción de energía biomasa a nivel mundial, expresado en megawatts y gigawatts hora (2000 y 2019) .....	25
Cuadro 1-3. Comparativo de países más destacados en la producción de energía eólica a nivel mundial, expresado en megawatts y gigawatts hora (2000 y 2019) .....	27
Cuadro 1-4. Crecimiento de la capacidad instalada, expresada en megawatts (2000-2018).....	29
Cuadro 2-1. Consumo final de energía eléctrica por empresa distribuidora en El Salvador, expresado en gigawatts hora (2017 y 2018) .....	47
Cuadro 2-2. Resumen de estrategias y líneas de acción que el gobierno implementará dentro del sector eléctrico en El Salvador (2014-2019).....	59
Cuadro 2-3. Proyectos ganadores de la licitación por el CNE (2017).....	69
Cuadro 2-4. Potencial eólico distribuido por departamento en El Salvador (2005) .....	71
Cuadro 2-5. Resumen de monitoreo del viento en El Salvador (junio del 2006-julio del 2007) ..	72
Cuadro 2-6. Producción de energía anual estimada en El Salvador (junio del 2006-julio del 2007) .....	72
Cuadro 2-7. Parques eólicos candidatos de CEL (2012).....	73

Cuadro 2-8. Comparativo de costos de creación de plantas de energías renovables con sus respectivas producciones, expresado en dólares y megawatts .....	78
Cuadro 2-9. Conexión entre industrias .....	80
Cuadro 2-10. Encadenamientos hacia atrás y hacia delante de la economía salvadoreña (2014-2017), ver sectores anexo 5.....	81
Cuadro 2-11. Generación de trabajo directo e indirecto del sector de electricidad y agua de la economía salvadoreña.....	83
Cuadro 2-12. Principales indicadores del modelo econométrico .....	85
Cuadro 3-1. Promedio de puestos de trabajo por megawatt a instalar .....	99
Cuadro 3-2. Emisiones de gases de efecto invernadero de El Salvador .....	103
Cuadro 3-3. Contraste de etapas de contaminación de plantas de generación de energía .....	105
Cuadro 3-4. Brecha salarial promedio por años de estudio aprobados de la población ocupada en El Salvador, expresada en dólares (2019).....	110

### **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1-1. Capacidad de colectores solares de calentamiento de agua a nivel mundial, expresada en gigawatts térmicos (2008-2018).....	9
Figura 1-2. Capacidad de esf con adiciones anuales a nivel mundial, expresada en gigawatts (2008 – 2018).....	22
Figura 1-3. Evolución de la capacidad instalada para energía solar en los 5 países más destacados, expresada en megawatts (2000-2019) .....	23
Figura 1-4. Participación estimada de bioenergía en el consumo total y final de energía, expresada en porcentajes (2017) .....	24
Figura 1-5. Evolución de las tasas de crecimiento de la capacidad instalada y de la producción de bioelectricidad, expresada en porcentajes (2001-2019) .....	25
Figura 1-6. Evolución de la capacidad instalada para energía biomasa en los 5 países más destacados, expresada en megawatts (2000-2019) .....	26

Figura 1-7. Compañías dominantes en el mercado de producción de turbinas.....	26
Figura 1-8. Evolución de la capacidad instalada para energía eólica en los 5 países más destacados, expresada en megawatts (2000-2019) .....	27
Figura 1-9. Evolución de la capacidad instalada para energía eólica a nivel mundial (excluyendo Asia), expresada en megawatts (2000-2018) .....	28
Figura 1-10. Evolución de la capacidad instalada para energía eólica en los 5 países más destacados, expresada en megawatts (2000-2018).....	29
Figura 1-11. Composición energética de Estados Unidos, expresada en porcentajes (2018) ..	31
Figura 1-12. Composición de la producción de energías renovables en Estados Unidos, expresada en porcentajes (2019) .....	31
Figura 1-13. Evolución de la generación de energías renovables en China, expresada en gigawatts hora (2000-2017) .....	33
Figura 1-14. Generación de energía eléctrica total de Alemania, expresada en porcentajes (hasta abril del 2020) .....	34
Figura 1-15. Producción de energía por sectores en India, expresada en kilotoneladas equivalentes de petróleo (1990-2017).....	36
Figura 1-16. Producción de energía renovable de India, expresada en porcentajes (2019) .....	37
Figura 1-17. Composición energética de Japón, expresada en porcentajes (1973, 2010 y 2016) .....	38
Figura 1-18. Producción de energía por sectores en Sudáfrica, sin la producción de energía por carbón, expresada en gigawatts hora (1990-2017).....	39
Figura 2-1. Generación mensual de energía eléctrica en El Salvador, expresada en megawatts hora (2019-2020).....	45
Figura 2-2. Matriz de generación acumulada de El Salvador, expresada en gigawatts hora (2020) .....	46
Figura 2-3. Evolución histórica del precio de la energía en El Salvador, expresada en dólares por megawatts hora (enero 2013- enero 2020).....	46
Figura 2-4. Estructura de los usuarios conectados al sistema de distribución de El Salvador (2018).....	48

Figura 2-5. Comparativo de la producción de energía por cada una de las fuentes de producción en El Salvador, expresado en megawatts (2012-2019).....	49
Figura 2-6. Participación de las distintas tecnologías en la capacidad eléctrica total de origen renovable en El Salvador, expresada en porcentajes (2000-2019) .....	50
Figura 2-7. Comparativo de las capacidades instaladas para producir hidroelectricidad en Centroamérica, expresado en megawatts (2000-2019) .....	51
Figura 2-8. Comparativo de las capacidades instaladas para producir electricidad a partir de la geotermia en Centroamérica, expresado en megawatts (2000-2019).....	52
Figura 2-9. Evolución de la capacidad instalada de bioenergía para electricidad en El Salvador, expresada en megawatts (2004-2019).....	53
Figura 2-10. Comparativo de las capacidades instaladas para producir electricidad a partir de la biomasa en Centroamérica, expresado en megawatts (2000-2019).....	54
Figura 2-11. Comparativo de las capacidades instaladas para producir electricidad a partir de energía solar en Centroamérica, expresado en megawatts (2013-2019).....	55
Figura 2-12. Comparativo de importaciones y exportaciones de energía en El Salvador, expresado en megawatts (2012-2019).....	55
Figura 2-13. Comparativo de matrices energéticas en El Salvador, expresado en porcentajes (2008 y 2013) .....	74
Figura 2-14. Mapa de irradiación solar de El Salvador.....	68
Figura 2-15. Velocidad del viento (en Metapán) y factor de capacidad (15 de Septiembre) en El Salvador (2010).....	73
Figura 2-16. Planta solar fotovoltaica de pasaquina en El Salvador.....	75
Figura. 2-17. Capella solar en El Salvador .....	76
Figura 2-18. Parque eólico ventus .....	77
Figura 2-19. Contraste de consumo de energía pronosticado con efecto COVID y sin efecto COVID, expresado en unidades transformadas (enero 2000-diciembre 2025).....	86
Figura 2-20. Contraste de ingreso de hogares promedio a nivel nacional, pronosticado con efecto COVID y sin efecto COVID, expresado en unidades transformadas (enero 2000-diciembre 2025) .....	87

Figura 3-1. Población con acceso y sin acceso a energía eléctrica en El Salvador, expresada en porcentajes (2007-2015) .....	90
Figura 3-2. Población urbana y rural sin acceso a la energía eléctrica en El Salvador, expresada en porcentajes (2007-2015) .....	91
Figura 3-3. Evolución en la distribución de la Población en Edad de Trabajar (PET) para la zona urbana y rural de El Salvador, expresada en porcentajes respecto al total (2014-2019) .....	93
Figura 3-4. Evolución de la tasa de empleo y desempleo en El Salvador, expresada en porcentajes respecto al total (2007-2019) .....	94
Figura 3-5. Contraste entre la tasa de desempleo urbana y rural en El Salvador, expresado en porcentajes (2007-2019) .....	95
Figura 3-6. Contraste de la evolución en la cobertura de seguridad social para la zona urbana y rural en El Salvador, expresado en porcentajes respecto al total (2014-2019) .....	96
Figura 3-7. Comparativo del IPC con el IPC para alojamiento, agua, electricidad, gas y otros combustibles (2000-2019) .....	101
Figura 3-8. Dependencia de importaciones netas de energía de El Salvador (2007-2015).....	102
Figura 3-9. Efectos ecosistémicos de las hélices de los aerogeneradores .....	106
Figura 3-10. Índice de GINI de El Salvador (2000-2019).....	108
Figura 3-11. Brecha de género en los salarios promedios de El Salvador, expresada en dólares (2014-2019) .....	110
Figura 3-12. Contaminación del aire en China previo y post COVID-19.....	112
Figura 3-13. Consumo de energía eléctrica en megawatts hora de El Salvador antes y después de la entrada en vigencia de la cuarentena por COVID-19.....	114

## **SIGLAS Y ABREVIATURAS**

**ANDA:** Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados

**CASSA:** Compañía Azucarera Salvadoreña

**CECSA:** Compañía Eléctrica Cucumacayán, S.A de C.V.

**CEL:** Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa

**CI:** Capacidad instalada

**CNE:** Consejo Nacional de Energía

**EH:** Energía hidroeléctrica

**ER:** Energías renovables

**ESF:** Energía solar fotovoltaica

**FMI:** *Finnish Meteorological Institute* o Instituto Meteorológico Finlandés

**FONAES:** Fondo Ambiental de El Salvador

**IEA:** *International Energy Agency* o Agencia Internacional de Energía

**IRENA:** *International Renewable Energy* o Agencia Internacional de las Energías Renovables

**JICA:** *Japan International Cooperation Agency* o Agencia de Cooperación Internacional del Japón

**LaGeo:** Empresa La Geotérmica

**MAG:** Ministerio de Agricultura y Ganadería

**MARN:** Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

**ONU:** Organización de Naciones Unidas

**REN21:** *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century* o Red de Políticas de Energía Renovable para el Siglo XXI

**SNET:** Servicio Nacional de Estudios Territoriales

**SWERA:** *Solar and Wind Energy Resource Assessment* o Evaluación de Recursos de Energía Solar y Eólica

**UCA:** Universidad Centroamericana José Simeón Cañas

**UE:** Unión Europea

## UNIDADES DE MEDICIÓN

**°C:** Grado Celsius

**GW:** *Gigawatt* o Gigavatio

**GWh:** Gigavatio hora

**GWth:** Gigavatio térmico

**KJ/g:** Kilojulios por gramo

**KW:** *Kilowatt* o Kilovatio

**KWh:** Kilovatio hora

**m/s:** Metro por segundo

**m<sup>2</sup>:** Metro cuadrado

**m<sup>3</sup>:** Metro cúbico

**MW:** *Megawatt* o Megavatio

**MWe:** Megavatio eléctrico

**PJ:** *Petajoules* o Petajulio

**TW:** *Terawatt* o Teravatio

**TWh:** Terawatt hora

**W=** *Watt* o vatio

**W/m<sup>2</sup>:** Vatio por metro cuadra

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la problemática de la contaminación ambiental ha cobrado relevancia entre los economistas que buscan crecimiento y desarrollo económico sostenible. Se han percatado que todo cambio hecho en el medio ambiente repercutirá en futuras generaciones y lo hará más allá del ámbito medioambiental. Lo saben, porque están sufriendo el impacto de la falta de atención a los temas de: calentamiento global, lluvias ácidas, desastres naturales, entre otras expresiones del deterioro del ambiente. A su vez, están comprobando como esto afecta de forma directa en las economías de sus países.

El uso de combustibles fósiles para la producción de energía ha sido uno de los principales detonantes de la crisis ecológica que se vive en la actualidad, aportando más gases de efecto invernadero de los que necesita la atmósfera. Creando desequilibrios que están extinguiendo especies y recursos naturales, los cuales no se podrán reponer en un periodo corto de tiempo. Ante ello, surge como solución la sustitución de energías convencionales por unas más limpias, con menor cantidad de emisiones y desechos, y que además cuentan con la característica de ser inagotables: energías renovables.

Las energías renovables son las que provienen de recursos naturales prácticamente infinitos o, con un periodo corto de regeneración que permite su explotación continua. Su uso implica una reducción en las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gas que tiene el mayor impacto en el efecto invernadero. Las energías renovables se obtienen del aprovechamiento del sol, viento, nacimientos de agua, calor en el centro de la tierra y residuos orgánicos. Estas se han implementado principalmente en el sector de electricidad, el cual interviene en la mayoría de los sectores de producción. De ahí que se puedan corroborar sus beneficios económicos por medio de la disminución de precios y la creación de empleo en dicho sector. Además, las energías renovables bien utilizadas pueden traer beneficios de carácter social.

Por los beneficios ambientales, económicos y sociales que puede ofrecer el uso de energías renovables, muchos países en el mundo las han empezado a adoptar y, El Salvador, no es la excepción. La matriz energética del país depende en su mayoría de fuentes renovables, sin embargo, una porción considerable de la misma es aportada por recursos fósiles. El precio de estos últimos depende de externalidades que El Salvador no puede controlar, por lo que los efectos en su economía están sujetos a cambios fuera de su territorio. Abonado a ello, el país consume más electricidad de la que produce y, por tanto, se ha visto en la necesidad de importar lo que le falta, situación que también lo somete a factores exógenos a su dominio. Por su parte, la instalación de nuevos proyectos de generación de energía renovable con ánimos de sustituir a los de energía fósil e incrementar la producción total podría brindarle autonomía energética a El Salvador.

Con esta investigación se busca demostrar los beneficios ambientales, económicos y sociales que trae consigo la producción de energía con fuentes renovables, y como estos impactarían a la población más vulnerable del país. Para lograrlo, primero se debe realizar una conceptualización de cada tipo de energía, puntualizando las ventajas que pueden aportar y las limitantes a las que se enfrentarían, así como también una contextualización de su desarrollo a nivel mundial. Las energías de tipo renovable son un tema innovador, con un auge reciente y,



por tanto, aún se tiene un amplio desconocimiento sobre las mismas. El capítulo uno intenta brindar una extensa panorámica del tema.

El capítulo dos muestra la situación en la que se encuentra El Salvador referente a las energías renovables para la producción de electricidad, con la finalidad de medir el reto al que el país se enfrenta en cuanto a la introducción de nuevos proyectos de carácter renovable. En la unidad uno, se hace un acercamiento a las generalidades del sector eléctrico, también se detalla la capacidad instalada que se posee para recursos de origen renovable y la situación de la balanza comercial energética. En la unidad dos, se realiza un contraste entre el ideal de crecimiento y desarrollo que propusieron los últimos dos gobiernos de turno con los resultados realmente obtenidos, con el objetivo de ubicar las áreas económicas en las que más apoyo se necesita. Por último, la unidad tres presenta todos los aspectos a tomar en cuenta al momento de elaborar un plan de inversión en energías renovables: verificación de la existencia de recursos, leyes que regulan el proceso y costos. Esta última unidad, incluye la justificación de la inversión en el sector de electricidad.

En el último capítulo se aborda la centralización que sufre la economía salvadoreña inclinada a favorecer a determinadas poblaciones, y se demuestra como las energías renovables pueden aportar a la descentralización de la misma, para así apoyar a las poblaciones que se han situado en desventaja. En la unidad uno, se detalla el impacto económico y ambiental que conllevaría una reforma en la matriz energética. En la unidad dos, se evidencia el mismo impacto, pero en el ámbito social, demostrando sí en efecto contribuiría de forma positiva sobre los salvadoreños en situaciones de vulnerabilidad económica. En la última unidad, se trata de hacer una aproximación al futuro de la energía después de la crisis sanitaria del año 2020, para saber si las condiciones que ésta deje a su paso, impulsarán o ralentizarán los procesos de adopción de energías renovables.

## ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN

### Planteamiento del problema

¿La implementación de plantas de energías renovables adicionales en el territorio salvadoreño generará suficiente energía para abastecer la demanda de energía eléctrica de todos los sectores, y reducirá el impacto medioambiental que provocan las plantas de energía térmica?

### Hipótesis del trabajo

- Las plantas de energías renovables reducirán la producción de plantas de energía térmica.
- La reducción en el costo energético por el uso de energía renovable facilitará el consumo de energía para los hogares, generando una atracción para la inversión privada interna y externa.
- Se disminuirá la ventaja tecnológica de los países desarrollados en comparación con El Salvador.
- El uso de las plantas de energías renovables reducirá el impacto ambiental que provocan las plantas de energía térmica.
- El uso de energía renovable abastecerá una mayor parte de la demanda total de energía eléctrica de El Salvador, y disminuirá la importación de energía proveniente del exterior.

### Definición del tema o delimitación

**Delimitación de contenido:** El enfoque de la investigación es analizar la posibilidad de sustituir gradualmente el uso del combustible Bunker, derivado del petróleo, que se sigue utilizando para crear energía eléctrica en El Salvador. Se busca reducir la fuente energética convencional y potenciar energías limpias de origen solar y eólico, así como medir el impacto de esta sustitución en el mercado energético y en el medio ambiente.

Se persigue descentralizar la economía mediante la creación de empleos formales, estabilidad de precios en energía eléctrica, dinamización de la zona rural, impacto ambiental, ampliación de la gama tecnológica del sector energético y pronosticar el comportamiento energético futuro.

**Delimitación teórica:** La investigación será realizada bajo una visión “keynesiana”, ya que es crucial la intervención del estado en el proyecto de evaluación. Partiendo de la fórmula tradicional de Keynes para el producto interno bruto:

$$PIB = C + I + G + (X - M)$$

Donde:

- |  |                    |
|--|--------------------|
| • PIB= Producto Interno Bruto de El Salvador | • G= Gasto público |
| • C= Consumo                                 | • X= Exportaciones |
| • I= Inversión                               | • M= Importaciones |

Se busca intervenir cada uno de los componentes del Producto Interno Bruto a partir del uso de energías renovables de la siguiente manera:

- Para el consumo, producir una mayor cantidad de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables, abasteciendo una mayor parte de la demanda total del país.
- Para la inversión, incentivando al sector privado a invertir en la construcción de plantas de energías renovables.
- Para el gasto público, inversión en la construcción de plantas de energía, incentivos fiscales destinados a inversionistas privados para invertir en la construcción de plantas de energía limpia.
- Para la balanza comercial, se busca reducir el déficit de exportaciones con respecto a las importaciones mediante el aumento de la producción de energías renovables.

Adicionalmente, la investigación se abordará bajo el enfoque de eficiencia, el cual se centra en la materialización del término de “eficiencia económica”. Se entiende por eficiencia económica, el máximo beneficio deseado con el mínimo de recursos, haciendo referencia directa a la maximización del beneficio, que es precisamente lo que se pretende con la implementación de energías de origen renovable: la disminución de los costos de producción. Si los costos de producción de la energía eléctrica disminuyen, el empresario no tendría razón para aumentar los precios finales al consumidor, teniendo en cuenta que la función del beneficio del empresario se rige por la siguiente fórmula (Universidad de Córdoba, 2008):

$$B = I - C = P - C$$

Donde:

- B= Beneficios
- I= Ingresos
- C=Costos
- P= Precios

Bajo este enfoque, empresario y consumidor saldrían beneficiados sin afectarse entre sí para lograrlo. Un escenario similar muestra el punto óptimo de Pareto, en el que ambos obtienen satisfacción o provecho sin que las acciones para conseguirlo disminuyan el bienestar del otro.

Por último, utilizaremos la economía medioambiental, cuya visión económica centra su interés en el uso de recursos naturales para los procesos de producción y consumo dentro de la economía, influyendo más las empresas para obtener la materia prima necesaria para transformarla en otros bienes, con el fin de comercializarlos en el mercado. El uso de recursos naturales debe mantenerse regulado para no afectar el medio ambiente, pues al alterar los ecosistemas también se afecta a la fauna y flora, además de ser perjudicial para la salud humana.

La teoría económica convencional explica el deterioro ambiental debido a que no existen muchos mercados bien estructurados y funcionales donde se intercambien los bienes ambientales. En consecuencia, los productores y consumidores no incluyen los costos en sus decisiones, lo que explica el uso excesivo de los recursos naturales y por consiguiente el deterioro del medio ambiente. (Escalante Semerena & Catalán Alonso, 2005)

Además, es una forma de contraponer el costo/beneficio de la explotación o uso de los recursos naturales que se tiene al alcance. La forma más común para contrarrestar los efectos de la

explotación de recursos naturales es por medio de impuestos, que se destinan a tratar de corregir los efectos negativos al medio ambiente.

**Delimitación temporal:** La muestra utilizada es mensual entre enero del año 2000 hasta diciembre de 2019.

**Delimitación geográfica:** El estudio abarcará el territorio nacional porque se busca dinamizar la matriz energética de El Salvador.

## **Objetivos de la investigación**

### **Objetivo general**

- Reducir la producción de energía térmica de El Salvador sustituyéndola por fuentes de energías renovables.

### **Objetivos específicos**

- El uso de plantas de energías renovables reducirá el costo de energía y hará que los precios sean asequibles, haciendo más atractivo al país a la inversión privada internacional.
- Disminuir la ventaja tecnológica de los países desarrollados en relación a nuestro país.
- Disminuir el impacto ambiental que provocan las plantas generadoras de energía térmica.
- Suplir con energías limpias parte de la demanda total de energía eléctrica y reducir cantidades de energía importada.

## **CAPÍTULO I. ENERGÍA RENOVABLE EN EL MUNDO**

Las economías avanzadas toman la iniciativa de transformar la obtención de energía, dejando atrás los combustibles fósiles y se concentran en obtener energías limpias, como energía solar y eólica. Esto debido al cambio climático y a la eficiencia que la producción de estas energías ofrece. Es importante adecuar a El Salvador para recibir las nuevas tecnologías y cerrar la brecha tecnológica que separa al país del resto del mundo. Además, es necesario establecer que estos métodos de producción de energía son más eficientes, a modo de poder satisfacer la necesidad energética de nuestro país.

Según (Lenzen, Wiedeman, & Schandl, 2015), la capacidad del ser humano para producir energía llevó a la humanidad a nuevos campos de producción, que diversificaron las producciones primarias como la agricultura. Sin embargo, la mayoría de la producción de energía no proviene de energía renovable, sino de combustibles fósiles, lo cual afecta al cambio climático. Además, el uso de combustibles reduce la cantidad de recursos que tenemos a disposición, dañando bosques, mantos acuíferos y contaminando el aire que respiramos.

Para poder entender el panorama energético mundial, se debe tener conocimiento previo de lo que son energías renovables, su funcionamiento y su importancia, por lo que la primera unidad del capítulo I de la presente investigación intenta explicar el impacto de las tecnologías más destacadas en la producción de energías renovables. La unidad II explica el uso de estas tecnologías y las políticas económicas aplicadas en algunos países desarrollados.

### **UNIDAD I. TIPOS DE ENERGÍAS RENOVABLES**

Las energías renovables han tomado relevancia durante las últimas 3 décadas, pero no poseían precios competitivos. En su auge, fueron nuevas tecnologías cuyo costo era muy alto. En los últimos 10 años, estos costos de producción de energías renovables se han reducido considerablemente, logrando precios muy competitivos.

Según el reporte de estatus global de energías renovables de 2019, realizado por una organización conformada por distintas instituciones a nivel internacional (REN 21)<sup>1</sup>, el precio de las energías renovables ha logrado tal competitividad que conforma el 26% de la energía producida en el mundo en 2018. La inversión en energías renovables en países del primer mundo se incrementa año tras año. Para 2017 la inversión en energías renovables fue de 326 billones de dólares estadounidenses, seguido de una inversión de 289 billones de dólares en 2018 (REN21, 2019).

Existen distintos tipos de energías renovables, las más comunes son:

- Energía solar
- Energía biomasa
- Energía eólica
- Energía hidroeléctrica
- Energía geotérmica

---

<sup>1</sup> Conformada por gobiernos como el de Brasil, Dinamarca, Alemania, India entre otros y por instituciones asociadas a la administración de energía, consumo de energía a nivel industrial, instituciones dedicadas a producir y optimizar energía de fuentes renovables e instituciones que se dedican al cuidado del medio ambiente y el futuro del planeta.

Algunos países han adoptado las energías renovables como opción para reducir su impacto medioambiental y conseguir precios más competitivos en el mercado energético, como es el caso de China. Para 2018, China ha invertido no solamente en plantas de generación de energías renovables, sino también en plantas almacenadoras de energía para guardar la energía no consumida. El mercado energético a nivel internacional busca producir energía limpia e innovar las tecnologías utilizadas para distribuirla y almacenarla, con el objetivo de reducir su costo, aumentando su eficiencia.

Países como Austria han tomado la iniciativa de crear zonas totalmente renovables. En Viena, la compañía encargada de la energía eléctrica Wien Energie GmbH utiliza un parque solar de aproximadamente 656 metros cuadrados, que genera aproximadamente 510 megawatts por hora. Este proyecto ha logrado disminuir aproximadamente 2,132 toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), y suministra energía a un total aproximado de 350,000 hogares (REN21, 2019).

Cada país tiene distintas proporciones en recursos naturales: algunos países son demasiado fríos como para tener energía solar, otros demasiado secos para obtener energía hidroeléctrica, sin embargo, hay países que a pesar de la variedad de su ecosistema pueden diversificar su inversión en producción y distribución de energía. Se han seleccionado países cuyas matrices energéticas están altamente desarrolladas para analizarlos y utilizarlos como parámetro tecnológico en la investigación.

## **1.1. Energía Solar**

Siendo una de las energías renovables más limpias, la energía solar aprovecha la radiación electromagnética que emite el sol para generar otros tipos de energía. Esta energía se puede obtener mediante diversos captadores, como células fotoeléctricas, heliostatos y colectores solares térmicos. Todos cumplen la función de producir electricidad.

La diversidad de tecnologías solares puede ser clasificada dependiendo de su forma de captura, conversión y distribución, siendo estas clasificaciones pasivas o activas. La tecnología solar activa hace uso de los paneles fotovoltaicos y colectores solares térmicos para recolectar la energía. En la energía solar pasiva puede destacarse lo denominado arquitectura bioclimática<sup>2</sup> y diseños con espacios mediante ventilación natural (International Energy Agency, 2020)

Es de vital importancia destacar el desarrollo de tecnologías solares limpias, baratas e inagotables, esto supone un beneficio a largo plazo en términos de energía. Por otro lado, la seguridad energética aumentará al poseer una energía de fuente inagotable que asegura sostenibilidad, reduciendo la contaminación y a su vez, evitando un alza excesiva en los precios de los combustibles fósiles. Entonces los costes de la energía solar y su desarrollo deben ser considerados como inversiones (International Energy Agency, 2011).

---

<sup>2</sup> Se denomina así por la orientación de los edificios al sol.

### **1.1.1. Energía solar fotovoltaica**

La energía solar fotovoltaica (ESF) consiste en obtener electricidad a partir de la radiación del sol mediante un dispositivo semiconductor llamado célula fotovoltaica o célula solar de película fina (Pearce, 2002).

La demanda de ESF se está extendiendo, convirtiéndose en la opción más competitiva para la generación de electricidad en los mercados. Su aplicación es usada tanto en complejos residenciales como en edificios y centros comerciales, y cada vez más en proyectos de carácter público, excluyendo los costos externos de los combustibles fósiles. La ESF se ha transformado en la tecnología energética de más rápido crecimiento en el mundo, con mercados a escala de gigawatts<sup>3</sup> en un número creciente de países. A pesar de la creciente demanda de ESF, aún existe la necesidad de esquemas de apoyo adecuados, llevados de la mano con políticas que se transformen en una red de conexión.

### **1.1.2. Calentamiento y enfriamiento térmico solar**

Las tecnologías solares térmicas son utilizadas ampliamente en todas las regiones del mundo para proporcionar calor a baja temperatura para agua caliente, calefacción y secado. Cada vez más se está recurriendo a los sistemas solares térmicos para satisfacer necesidades de calor, vapor y refrigeración a altas temperaturas. Esto es posible a través de un dispositivo llamado colector solar, el cual es utilizado para convertir la energía solar en energía térmica, para el calor de procesos industriales o para conducir máquinas de enfriamiento térmico.

Según Planas (2015), existen tres tipos de colector solar:

- Colector solar térmico de tubos de vacío: Está formado por un absorbedor selectivo que consta de un conjunto de tubos cilíndricos, que se sitúan en un asentamiento reflector mientras lo rodea un cilindro de vidrio transparente.
- Colector solar térmico de concentración de la radiación solar: Los colectores concentran la radiación solar mediante espejos
- Colector solar térmico de placa plana: Calienta fluidos en una superficie mediante la captación de la radiación solar

En síntesis, el objetivo del panel solar térmico es realizar una transformación energética, es decir, la obtención de energía térmica<sup>4</sup> a través de la irradiación solar de los módulos.

A pesar de no ser la función del colector solar, en algunos tipos de instalaciones solares térmicas utilizan el vapor para obtener electricidad. Además, la energía obtenida mediante paneles fotovoltaicos puede generar electricidad en forma de corriente continua (Planas, 2015).

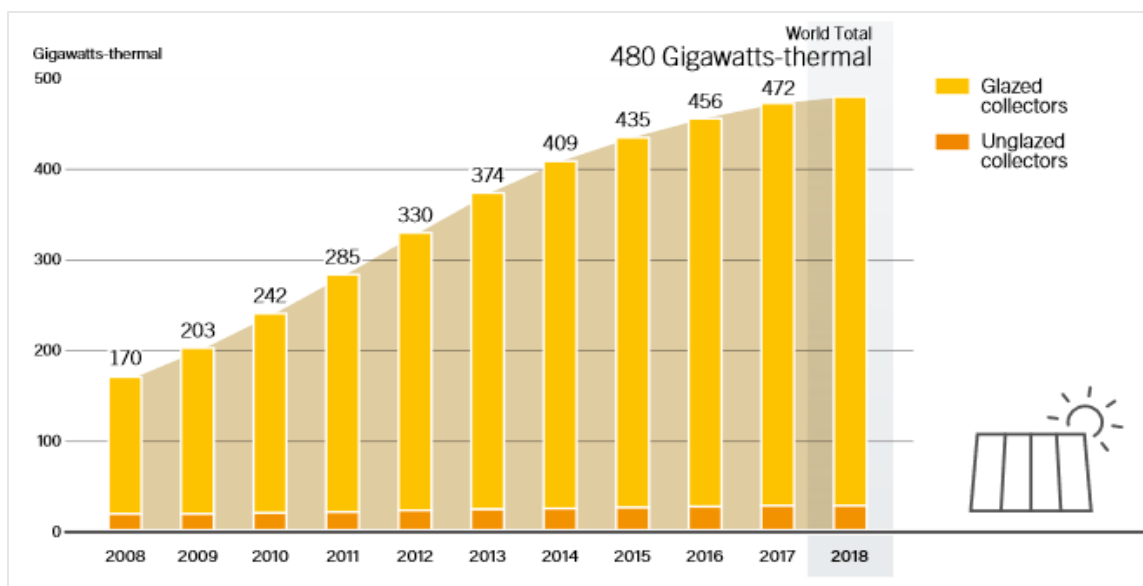
---

<sup>3</sup> Los watts son una unidad de medición de potencia que mide cualquier tipo de potencia eléctrica, mecánica, magnética o acústica. Un gigawatt equivale a un millón de watts.

<sup>4</sup> Energía generada por altas temperaturas; a mayor temperatura, mayor energía térmica.

En la figura 1-1 se representa la capacidad de los colectores térmicos en gigawatts térmicos<sup>5</sup>.

**Figura 1-1. Capacidad de colectores solares de calentamiento de agua a nivel mundial, expresada en gigawatts térmicos (2008-2018)**



Fuente: REN21 (2019, p.110).

### 1.1.3. Ventajas y desventajas del uso de energía solar

La energía solar es una energía renovable que se puede obtener de forma limpia, de forma que este tipo de energía representa sostenibilidad en el tiempo, sin embargo, es importante analizar las ventajas y desventajas al utilizar este tipo de energía (AQUAE, 2020).

Ventajas del uso de energía solar, según Fundación AQUAE (2020):

- No genera gases de efecto invernadero (GEI) porque es una energía limpia que reduce la contaminación. Esta solo sucede en la creación de la producción de los paneles solares.
- La energía que produce es renovable y sostenible.
- La energía solar puede calentar
- Un panel solar tiene una vida útil de cuarenta años
- Inversión inicial es rentable en el tiempo
- Utilizar paneles solares es viable en cualquier punto geográfico, ya que la luz del sol es abundante. Para las zonas con problemas de instalación de sistemas cableado es conveniente.
- Conserva el medio ambiente al disminuir la necesidad de combustibles fósiles
- Reduce la dependencia de suministros del exterior.

<sup>5</sup> Un watt térmico representa la potencia generada mediante altas temperaturas.



Desventajas del uso de energía solar, según Fundación AQUAE (2020):

- El coste inicial de instalación de energía solar es alto, la cual la hace tener menos accesibilidad.
- Se necesita un área extensa para la instalación de los paneles, para que la producción de energía cubra las necesidades energéticas.
- A pesar de que la luz solar es abundante, esta fluctúa a lo largo del día, es decir, no es constante. Para saldar este problema se debe recurrir al almacenamiento de energía, la cual se ve reducida en los meses invernales.
- Los paneles solares pueden disminuir su rendimiento dependiendo de las condiciones del ambiente, como largos periodos con nubes y humedad.
- Las ciudades con alta polución supondrán un obstáculo para la radiación solar.
- En la producción de los paneles solares se emiten gases de efecto invernadero, sin embargo, esto se compensa con su forma de operar.

## **1.2. Energía Biomasa**

### **1.2.1. Concepto y clasificación de la biomasa**

Se denomina bioenergía a la energía que se obtiene de la biomasa. Por biomasa se entiende a “el conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de ésta” (Vega & Ramírez, 2014, pág. 309).

El contenido energético de la biomasa viene de la luz que irradia el sol, la cual es absorbida por las plantas mientras realizan fotosíntesis, en donde se mezcla con agua del suelo y dióxido de carbono de la atmósfera (Herguedas, García, Prieto, Sanz, & Martín, 2012). Según Islas y Martínez (2010), se pueden distinguir al menos dos categorías en el material biológico útil para la producción energética: residuos orgánicos y plantaciones energéticas.

Los residuos orgánicos pueden ser de origen natural o antropogénico. Los primeros se generan de manera casi automática y masiva en los bosques del mundo, pero su recolección no puede ser absoluta pues se rompería el equilibrio de nutrientes en los suelos y ecosistemas intervenidos. Los segundos, se generan por el sistema económico de la sociedad, de igual forma se presentan en cantidades masivas, con la diferencia que estos sí pueden ser recolectados y procesados en su totalidad como materia prima para la producción de energía (Islas & Martínez, 2010).

Los residuos orgánicos naturales son los obtenidos por medio de la descomposición intrínseca de la naturaleza y no representan mayor atractivo para la explotación con fines energéticos, no solo por los riesgos medioambientales, sino también por las barreras de transporte y almacenamiento que conllevan en la mayoría de los casos (Herguedas, García, Prieto, Sanz, & Martín, 2012), por ubicarse en lugares remotos y vírgenes ante el accionar humano, lo que vuelve poco redituable su adquisición y traslado.

Los residuos orgánicos de origen antropogénico son todos aquellos desperdicios biológicos de las actividades agrícolas, forestales y ganaderas aisladas, así como los de sus respectivas industrias. Se incluyen algunos desechos humanos directos, como la parte orgánica de la basura que producen y su estiércol. Los usos de dichos residuos con fines de producción de energía presentan muchas ventajas, la más evidente es la optimización

de los recursos utilizados, ya que los sobrantes aparentemente inservibles adquieren utilidad (Islas & Martínez, 2010).

Las plantaciones energéticas son cultivos cuya finalidad principal es ser utilizados como insumos en la producción de energía, hecho que delimita las opciones de siembra, prefiriendo especies perennes y robustas, de forma que se aproveche al máximo el plantío obteniendo la mayor cantidad de biomasa posible con el costo presupuestado. El principal problema al que se enfrenta la bioenergía obtenida por ese medio es la disputa que tiene con los cultivos alimenticios en cuanto a la utilización del suelo, ante lo que entidades como la Organización de Naciones Unidas (ONU) proponen la recuperación de suelos deforestados y que, por su ubicación y biodiversidad “no son de interés para la producción de alimentos o la conservación natural” (Islas & Martínez, 2010, pág. 35).

En los cultivos energéticos se prefiere a las plantaciones forestales sobre las agrícolas, ya que brindan una mayor ganancia energética, es decir, en la biomasa de tipo forestal se obtiene un mayor diferencial entre la energía utilizada para obtenerla y la energía que se produce de ella, específicamente “en los cultivos agrícolas la ganancia energética puede ser de 1 a 5, mientras que en las plantaciones forestales es de 10 a 25; esto es incluyendo los fertilizantes, pesticidas, herbicidas, fuerza de trabajo y gasolina o diésel de la maquinaria” (Islas & Martínez, 2010, pág. 34).

La clasificación de la biomasa tiene diferentes perspectivas para los expertos en materia, sin embargo, existen similitudes dentro de sus categorías, haciendo que el contenido sea el mismo y solo cambie la forma en la que es agrupado. Herguedas (2012) clasifica a la biomasa según su composición, origen y estado.

La clasificación por medio de su composición es muy extensa y dependerá de los elementos químicos que compongan a cada tipo y forma de biomasa, es decir, habrá una clasificación particular para los residuos agrícolas, otra para los ganaderos, otra para los urbanos y así consecutivamente para cada tipo y forma de biomasa. La biomasa de tipo agrícola se puede dividir en “oleaginosa, alcoholígena, amilácea y lignocelulósica” (Herguedas, García, Prieto, Sanz, & Martín, 2012).

El autor clasifica la biomasa según su origen en natural, residual (sólida y líquida) y cultivo energético. El concepto de biomasa natural y cultivo energético es el mismo de la postura previa, considera que la biomasa natural está conformada por residuos espontáneos de la naturaleza y que los cultivos energéticos son plantaciones que tienen como destino último la producción de energía.

Bajo este enfoque se define a la biomasa residual como los desechos originados por la actividad humana, esto incluye vertidos considerados biodegradables. Los residuos pueden ser húmedos o secos y presentarse en las formas siguientes:

- Residuos agrícolas y forestales tanto de actividades particulares como de industriales. Ejemplos: zuros de maíz, pajas de cereales, residuos de la producción de vinos y aceites de oliva, entre otros.
- Residuos sólidos urbanos y aguas residuales urbanas. Ejemplos: periódicos, restos de comida, residuos de jardinería, aguas usadas en sanitarios y otros.
- Residuos agroindustriales: desechos de papeleras, de conserveras, entre otras industrias.
- Aceites alimentarios usados.

La biomasa puede presentarse bajo los tres estados de la materia, es decir, en forma sólida, líquida y gaseosa. Dentro de esta clasificación la más conocida es la de tipo sólida.

Según Herguedas (2012), la biomasa sólida son todos aquellos residuos que se obtienen de forma natural o por medio de procesos realizados por el hombre y, que tienen como característica una composición sólida, entre los que se pueden encontrar sobrantes de madera de las industrias papeleras, cultivos energéticos y restos de sus podas, fracciones orgánicas de residuos urbanos y demás.

La biomasa en su forma líquida se puede ejemplificar por medio de los vertidos biodegradables que realizan las industrias, así como también mediante residuos de origen ganadero. Herguedas (2012), menciona que muchos autores incluyen en esta categoría algunos productos de la biomasa, como lo son aceites y biocarburantes, de lo cual se profundizará más adelante.

La biomasa gaseosa es considerada un derivado de la biomasa, debido a que esta se somete a procesos termoquímicos y microbiológicos para obtenerla dando como resultado un hidrocarburo llamado metano. Los insumos de los que se extrae el biogás pueden ser residuos animales, agroalimenticios y rellenos sanitarios.

### **1.2.2. Productos y procesos de conversión de la biomasa**

Para extraer la energía contenida en la biomasa existen diferentes métodos, los cuales se pueden englobar en al menos tres categorías: procesos de combustión directa, procesos termoquímicos y procesos bioquímicos (Renove tecnología, 2018).

#### **Procesos de combustión directa**

Los procesos de combustión directa han sido los más utilizados a lo largo de la historia, y consisten básicamente en la combustión de biomasa, obteniendo calor y vapor que son utilizados para crear energía térmica que posteriormente se puede convertir en eléctrica. Usualmente la biomasa es densificada en briquetas para su mejor traslado, almacenamiento y combustión (Renove tecnología, 2018).

La biomasa que posee un contenido de humedad inferior al 60% es la preferida para ser tratada bajo los procesos de combustión directa, es decir, biomasa seca como paja y leña, debido a que las pérdidas del contenido calórico por evaporación son menores.

#### **Procesos termoquímicos**

Los procesos termoquímicos para convertir biomasa en energía se dividen en combustión, pirólisis, pirólisis flash y gasificación. Todos utilizan el calor como fuente para transformar la biomasa en energía.

La combustión consiste en oxidar por completo la biomasa, gracias al oxígeno que se obtiene del aire cuando esta se somete a temperaturas altas. Estrictamente, en un rango de 800-1000 grados Celsius (°C) (Renove tecnología, 2018). El calor y vapor obtenidos son empleados en la producción de electricidad y en la calefacción doméstica o industrial.

La forma de tecnología más conocida para realizar la combustión son las parrillas, similares a las utilizadas en centrales térmicas y termoeléctricas a base de combustibles fósiles (Renove tecnología, 2018). Se aplica calor al material contenido en las parrillas para que

este libere energía, mientras el residuo se almacena al fondo de estas. Dicho instrumento puede ser horizontal o inclinado, así como también puede ser fijo, móvil o vibratorio.

La pirólisis es una forma de combustión incompleta que no excede los 500 °C (Renove tecnología, 2018). A diferencia de la técnica anterior, esta se lleva a cabo en ausencia de oxígeno y da como resultado carbón vegetal y gas pobre, este último calificado así por su bajo poder calórico. El gas pobre puede ser empleado en la producción eléctrica, el movimiento de vehículos y el accionamiento de motores que funcionan con diésel.

El método de gasificación de la biomasa también consiste en una combustión incompleta, pero a temperaturas mayores que rondan los 700-1200 °C. Este mecanismo da como resultado un gas combustible, dicho de otra forma, un gas con alto poder calórico. La gasificación es una opción económicamente más factible que la combustión en calderas debido a que “el empleo de motores diésel o de turbinas de gas para quemar el gas producido puede elevar el rendimiento a valores por encima del 30%” y sobre ello, no prevalece esta técnica comercialmente (Renove tecnología, 2018).

El gas combustible obtenido por la gasificación puede servir de forma directa para la generación de electricidad, pero se debe haber purificado de las impurezas que lo acompañan. El proceso puede resultar muy difícil en términos de dinero, sin embargo, se puede quemar para producir calor y vapor que se pueden utilizar como insumos directos en la producción eléctrica.

Dentro de la pirólisis se encuentra una variante denominada pirólisis flash, esta se realiza a una temperatura aproximada a los 1000 °C y promete la gasificación completa de la biomasa sometida. La pirólisis flash da como resultado un gas pobre que se puede utilizar de forma directa o servir como insumo para producir metanol, que aparece como alternativa al carburo que proviene de fuentes fósiles y que sirve para poner en marcha motores de explosión (Renove tecnología, 2018).

### **Procesos bioquímicos**

Los procesos bioquímicos aprovechan las características químicas y biológicas presentes en cada tipo de biomasa para poder crear combustibles líquidos y gaseosos. El uso de estos mecanismos presenta una ventaja en la optimización de biomasa húmeda (arriba del 60% de humedad) como insumo en la producción de energía, porque es capaz de extraer mayor contenido energético que los otros conjuntos de procesos previos (Renove tecnología, 2018).

El proceso bioquímico más conocido es la digestión anaeróbica que fermenta a la biomasa en un contenedor nombrado digestor, para ello se humedece el contenido a tratar con bacterias y se aísla de oxígeno por un determinado tiempo, lo que da como resultado gas metano. Generalmente se utilizan desechos animales en este método por lo que su residuo sirve como fertilizante, también se suele utilizar mieles o aguas negras, el uso de estas últimas contribuyen al tratamiento del agua (Renove tecnología, 2018).

De los procesos bioquímicos se pueden obtener diferentes productos de la biomasa, los más importantes son los combustibles alcohólicos, el biodiesel y algunos gases de vertederos sanitarios. Los productos que resultan pueden ser implementados como sustitutos directos del combustible de origen fósil que se utiliza en las industrias energéticas.

A partir de la biomasa se pueden obtener combustibles alcohólicos como el etanol por medio de la fermentación de azúcar y, el metanol a través de destile de madera. Ambos

son líquidos y sirven en la industria del transporte y en la producción de electricidad, ya que son capaces de impulsar motores de maquinaria (Renove tecnología, 2018).

El biodiesel se obtiene por medio del proceso de transesterificación. Consiste en mezclar aceites vegetales y grasa animal o reciclada con alcohol provocando una alteración química que da como resultado ésteres grasos (Renove tecnología, 2018), que pueden ser utilizados en motores normales y mezclarse con diésel en motores de dicho tipo.

En los vertederos sanitarios se genera un gas natural debido a la fermentación de los desechos ahí acumulados, gracias a su descomposición biológica, dicho gas se compone por metano y dióxido de carbono y es capaz de generar energía.

### **1.2.3. Ventajas y desventajas del uso de bioenergía**

Según Herguedas (2012), las ventajas que presenta la biomasa con fines energéticos se pueden dividir en ambientales y socioeconómicas.

Las ventajas ambientales se resumen de la siguiente forma:

- La combustión de la biomasa para liberar su energía no supone un incremento neto de GEI, debido a que la cantidad de dióxido de carbono que se emite es la misma que han absorbido las plantas durante su crecimiento.
- No emite contaminantes que provocan lluvia ácida (con nitrógeno o sulfuro), la cual echa a perder las tierras y cultivos.
- Se presenta como alternativa al manejo de residuos de las industrias y actividades aisladas, de forma que se reduce la contaminación y supone un mayor aprovechamiento de los recursos.
- Permite la utilización de suelos en desuso, lo que evita su erosión y degradación.

Las ventajas socioeconómicas son:

- Diversificación y autonomía de las matrices energéticas del mundo.
- Crecimiento del sector agrícola gracias a la implementación de cultivos energéticos que pueden sustituir al excedente de los cultivos alimentarios.
- Mejoría en la economía rural gracias al aprovechamiento de la biomasa agrícola y forestal.

El mismo autor señala la existencia de algunas desventajas que, aunque mínimas, son necesarias para establecer el análisis sobre el uso de la biomasa para generar energía:

- Tienen un menor rendimiento energético que los combustibles fósiles; esto es debido a que su contenido calorífico es menor.
- Debido a que las tecnologías utilizadas en los procesos de producción son nacientes, generalmente su estructura de costos es mayor que la que corresponde a combustibles fósiles.
- Posee una baja densidad energética, esto significa que para producir una cantidad de energía determinada se necesita un nivel muy superior de recursos para hacerlo. Esto puede llegar a suponer problemas de almacenamiento y transporte que se traducen en mayores costos.
- Para ser utilizada en la producción exige acondicionamiento o transformación, necesidades que otras formas de producir energía no presentan.

## 1.3. Energía eólica

### 1.3.1. Concepto de energía eólica

El viento, al igual que la energía solar, tiene su origen último en el sol. Esto es por el calentamiento de las diferentes zonas atmosféricas, dando lugar a masas de aire de distinta densidad. Las masas de aire más densas bajan a la superficie y las más ligeras se elevan. Otro factor importante es la rotación de la tierra y la configuración orográfica<sup>6</sup> de su superficie (Juana, 2003).

Las plantas de energía eólica consisten en instalar una serie de aerogeneradores en terrenos de grandes extensiones. Los aerogeneradores poseen una veleta en su parte superior que identifica en qué dirección se está moviendo el viento para poder orientarse automáticamente. La energía del viento es energía cinética contenida dentro del mismo, hace girar las hélices del aerogenerador (Juana, 2003).

La energía eólica tiene como objetivo utilizar la energía cinética del viento para la rotación de hélices ligeras que, al moverse, provocan que un rotor con distintos ejes genere energía cinética. Según (Juana, 2003) los ejes se clasifican en:

- **Eje lento:** El eje lento gira a la misma velocidad de las hélices.
- **Ejes rápidos:** Multiplican la velocidad del eje lento para obtener más energía.

La energía cinética obtenida de esta rotación es transformada en energía eléctrica mediante un generador. La energía eléctrica es continua, debe pasar por un proceso de conversión. Cada aerogenerador posee un convertidor en su base, donde toda la corriente continua es convertida en corriente alterna, que es la utilizada en la red eléctrica (Juana, 2003).

La energía eólica puede presentarse de dos maneras:

- Terrestre
- Marítima

La energía eólica terrestre posee el mismo proceso explicado anteriormente, aerogeneradores instalados en grandes extensiones de tierra que se conectan a una sola planta que inyecta energía a la red eléctrica.

La energía eólica marítima aprovecha la fuerza del viento en altamar. Las corrientes de aire en el mar son más intensas, porque no encuentran barreras topográficas que alteren su flujo. A diferencia de la terrestre, la marítima no utiliza cables soterrados sino cables submarinos que se conectan a una subestación que aumenta la tensión y finalmente se conectan a la red eléctrica. Su impacto visual y acústico es casi nulo, debido a que se instalan en ubicaciones alejadas de las rutas comerciales o pesqueras y al ser en altamar, no afecta a poblaciones cercanas (Juana, 2003).

---

<sup>6</sup> Orografía es el estudio y descripción de las elevaciones geográficas que puedan existir en una zona en particular, parte de la geomorfología.

### **1.3.2. Ventajas y desventajas de la energía eólica**

Según Energy Sage<sup>7</sup>, las ventajas y desventajas de la energía eólica son las siguientes:

Ventajas:

- Es limpia y renovable, genera energía a partir de las corrientes de viento sin ocasionar ningún tipo de daño.
- Es autosostenible, no necesita ningún combustible fósil para funcionar porque utiliza una pequeña porción de toda la energía producida para mantenerse.
- Posee bajos costos operativos, el mantenimiento de las turbinas es bajo en comparación de otras plantas energéticas.
- Los parques eólicos son eficientes en espacio, ya que a pesar que utilicen grandes extensiones de tierra para operar, las turbinas ocupan muy poco espacio, por lo que la tierra que los rodea puede ser utilizada para otros propósitos, como agricultura o recreación.

Desventajas:

- Es intermitente, con esto nos referimos a que el viento no fluye a la misma intensidad constantemente, depende mucho del clima. Si no hay corrientes de viento, las turbinas no girarán.
- Un país no puede depender únicamente de la energía eólica debido a que ésta debe ser acompañada de fuentes alternas para respaldar los cambios en el clima.
- Provocan polución visual y auditiva, las turbinas cuando están operando emiten demasiado ruido, por el lado visual, alteran el paisaje de cierto modo, ya que son turbinas grandes que se construyen a grandes alturas, por lo que pueden verse a grandes distancias.
- Deben hacerse estudios adecuados para el posicionamiento del parque eólico porque las hélices tienden a girar a grandes velocidades y las aves corren peligro, por lo que es recomendable estudiar la fauna de la zona elegida.

## **1.4. Energía hidroeléctrica**

### **1.4.1. Concepto de energía hidroeléctrica**

La energía hidroeléctrica es la que se obtiene del agua. El agua almacena energía en su movimiento a través de los ríos. La obtención de energía es a partir de represas, en donde se aumenta su cota dentro del campo gravitatorio, y con ello su energía potencial aumenta (Juana, 2003).

La energía hidroeléctrica aprovecha el ciclo natural del agua, sin alterar su orden natural. Es la energía más segura y posee bajos costos en comparación de otras plantas de energía no renovable. El proceso de fabricación de una planta hidroeléctrica consiste en estudiar el manto acuífero al cual se repesará, posteriormente se realiza la construcción de la represa.

---

<sup>7</sup> Energy Sage es un intermediario en línea que se dedica a la asesoría en la compra de aparatos de producción de energías renovables.

La represa ayudará a crear un embalse de agua, sin embargo, la estructura posee compuertas que serán abiertas para dejar pasar el agua durante las lluvias o cuando exista la necesidad de reducir el volumen de agua en la represa (Juana, 2003).

Cuando el agua del embalse atraviesa la planta, hará que las turbinas generadoras de energía funcionen, creando energía mecánica. La energía mecánica será procesada con un transformador que convertirá y potenciará la energía mecánica en energía eléctrica. Cuando el proceso de transformación ha terminado, la energía esta lista para almacenarse o inyectarse en la red eléctrica (Juana, 2003).

La utilización de energía hidroeléctrica, según su construcción y diseño, no provoca alteraciones irreversibles a los mantos acuíferos, porque en su diseño ideal, se construyen a la par del manto acuífero sin alterar su trayectoria. Existen otros diseños que alteran el manto acuífero, pero no lo alteran negativamente porque las compuertas mantienen el flujo del agua. Cabe destacar que pueden construirse múltiples plantas hidroeléctricas en un solo manto acuífero, aprovechando la energía potencial de ese movimiento (Juana, 2003).

Según la Asociación Internacional de Energía Hidroeléctrica (IHA, por sus siglas en inglés), en su reporte de 2019 muestra que la cuarta parte de la energía que se produce en el mundo proviene de procesos de energías renovables (25.6%); de este porcentaje, el 15.9% es por parte de la energía hidroeléctrica (EH) (International Hydropower Association, 2019).

La EH actualmente es la forma de producir energía renovable que más peso posee en el mundo. Los países a la vanguardia en la producción de este tipo de energía incrementan su capacidad instalada para poder hacer frente a la creciente demanda de energía, que se vuelve necesaria para mantener el avance tecnológico y poblacional (International Hydropower Association, 2019).

#### **1.4.2. Ventajas y desventajas de la energía hidroeléctrica**

El uso de EH es una de las mejores formas para producir energía eléctrica, que trae consigo algunos aspectos positivos y negativos que mencionamos a continuación:

Ventajas:

- Es una forma de generar energía limpia que evita la generación de polución que contamina el medio ambiente, aportando así a combatir los efectos del cambio climático.
- Es un tipo de energía renovable porque utiliza el ciclo natural del agua para sus procesos de generación de electricidad.
- No requiere una inversión adicional luego de la construcción de la infraestructura requerida para convertir el flujo del agua en electricidad.
- Es una forma de generar energía segura ya que no existe riesgo de escape del agua utilizada, gracias a las medidas de seguridad establecidas para las presas y embalses.

Desventajas:

- Puede llegar a tener efectos sobre el medio ambiente, debido al cambio que puede causar en el ecosistema por la alteración de los cursos de los ríos.



- Debe tenerse cuidado con las emisiones contaminantes que pueden producirse a medida se realiza la construcción de la infraestructura.
- No puede construirse una infraestructura para la generación de energía hídrica en un lugar no apto para generarla, debido a que depende de la capacidad natural que posea el río.

## **1.5. Energía geotérmica**

### **1.5.1. Concepto de energía geotérmica**

La energía geotérmica es la que se extrae del calor situado en el interior de la tierra. Esta se considera renovable y limpia por el carácter inagotable del recurso y las bajas emisiones por su uso. La principal emisión de las plantas geotérmicas es vapor de agua, las demás son nulas o considerablemente pequeñas en comparación con las de tipo convencional. Se ha comprobado que la explotación de campos geotérmicos no afecta las reservas energéticas de los mismos (Santoyo & Barrágan, 2010).

Los recursos geotérmicos se pueden clasificar según la temperatura del fluido que se extrae de ellos, pudiendo considerarse de baja, media y alta entalpía<sup>8</sup>. Independientemente de la clasificación que se utilice, los recursos más aceptados para la producción de energía (comercialmente) son los de media y alta entalpía, debido a que contienen una cantidad mayor de calor útil (Hiriart, y otros, 2011). Teniendo esto en cuenta, Santoyo & Barrágan (2010), puntualizan los sistemas geotérmicos más conocidos.

### **1.5.2. Sistemas geotérmicos**

#### **a) Sistemas hidrotermales convectivos**

Se constituyen por una fuente de calor, fluidos que transportan ese calor hasta un sitio con rocas permeables (yacimiento) y, una “roca sello” que permite su almacenamiento durante un largo periodo de tiempo. Los yacimientos se manifiestan en la superficie terrestre en forma de “manantiales calientes, fumarolas, géiseres, lagunas de lodo hirviente o suelos calientes” (Santoyo & Barrágan, 2010, pág. 42). Estos sistemas son los más fáciles de encontrar, sus fluidos son los más utilizados en la producción de electricidad.

El material a utilizar para la generación de geotermoelectricidad se obtiene mediante la perforación de pozos en zonas con posible potencial energético. El tipo de planta a instalar puede ser de ciclo binario o de flasheo de vapor, lo cual dependerá de la clase de recurso a obtener y la temperatura que tenga.

- **Flasheo de vapor (alta entalpía):**  
Se utiliza en fluidos que contienen gas y líquido. El vapor se usa para accionar las turbinas que generan electricidad, mientras que el agua regresa al subsuelo para recargar el sistema. Previo a reingresar el agua, dependiendo de su temperatura, puede ser utilizada en otras funciones de la planta.

---

<sup>8</sup> Entalpía es la cantidad de energía que el sistema absorbe o libera a su entorno en procesos en donde la presión no cambia.

- **Ciclo binario (media entalpía):**

Se utiliza en fluidos que contienen mayormente líquido. El procedimiento consiste en mezclar el fluido con otro de bajo punto de ebullición, teniendo como resultado el vapor necesario para producir electricidad.

**b) Sistemas geotérmicos mejorados**

Están constituidos por roca seca de temperatura muy elevada (650 °C), esto se traduce en insuficiencia de fluidos que transporten el calor contenido. Razón por la cual, posterior a una serie de fracturas en la roca, su proceso de extracción consiste en inyectar fluidos que cumplan esa función.

El uso de estos sistemas es poco frecuente, la mayoría de países que buscan su aprovechamiento aún se encuentran en la fase de estudio. En donde resaltan Estados Unidos y algunas regiones europeas.

**c) Sistemas geotérmicos geo-presurizados**

Son usados en recursos de media entalpía, se componen de agua y metano disuelto a una presión muy alta. Estos sistemas son aún más desconocidos que los de roca seca caliente.

**d) Sistemas geotérmicos marinos**

Se conoce que están situados en el fondo del mar y se localizan gracias a chimeneas hidrotermales y fumarolas. Según los sistemas encontrados en México, se presumen útiles para recursos de alta entalpía.

**e) Sistemas geotérmicos magmáticos**

Están formados por rocas fundidas a temperaturas que rondan los 800 °C y se relacionan con volcanes activos. Lo que imposibilita la viabilidad en la explotación de estos sistemas es la falta de tecnología que resista la corrosión provocada por esas temperaturas.

**f) Sistemas geotérmicos supercríticos**

Contienen fluidos en un estado intermedio; entre líquido y gaseoso. La presión y temperatura de los fluidos es tan elevada que propicia esta condición, que se atribuye a su profunda ubicación.

Se presume que estos sistemas tienen la capacidad de “proveer hasta diez veces más energía que los sistemas geotérmicos convencionales, por lo que, de ser factible su explotación, la capacidad geo-termoeléctrica podría incrementarse en varios órdenes de magnitud” (Santoyo & Barrágan, 2010, pág. 46). En la actualidad, aún se encuentran en proceso de investigación.

**1.5.3. Ventajas y desventajas en el uso de energía geotérmica**

Las ventajas y desventajas se pueden separar basándose en su contenido, siendo de carácter económico o ambiental. Para Lagos (2017) pueden ser las siguientes.

#### Ventajas económicas:

- La energía geotérmica es renovable. Sus recursos son prácticamente interminables, lo que protege a la producción de una escasez de insumos.
- Existencia de un gran potencial geotérmico a nivel mundial. Lo que permite su explotación en la mayoría de países, independientemente de sus condiciones climáticas.
- Tiene un alto factor de carga. Lo que vuelve a la inversión más redituable.
- Independencia de los precios de combustibles fósiles.
- Permite la posibilidad de una dependencia energética totalmente nacional.
- Bajo costo de producción por kilovatio-hora.
- La tecnología utilizada es conocida. Dentro de las renovables ha sido la que más se ha desarrollado.
- Se puede ampliar la producción según sea la demanda, sin necesidad de requerir de un espacio mayor.

#### Ventajas ambientales:

- Baja emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por unidad de energía producida.
- Utilización del terreno relativamente baja.
- Menor impacto visual, en comparación a otras tecnologías.

#### Desventajas económicas:

- El recurso explotable no se encuentra disponible en todos los lugares del mundo.
- El ciclo en el que se desarrolla el proyecto es muy largo. Además, supone un costo de oportunidad elevado.
- Los yacimientos encontrados son de difícil acceso.
- Necesidad de un mantenimiento periódico de las instalaciones.
- Necesidad de más perforaciones en la zona geotérmica para ampliar la oferta. Esto requiere una cuantiosa inversión.

#### Desventajas ambientales:

- Presencia de Sulfuro de Hidrógeno (H<sub>2</sub>S) y CO<sub>2</sub> en algunos yacimientos.
- Un inadecuado manejo de los residuos desembocaría en contaminación térmica, lo cual alteraría el ecosistema al que pertenece el recurso utilizado.

## UNIDAD II. PANORAMA ENERGÉTICO MUNDIAL

### 2.1. Aspectos generales

#### 2.1.1. Energía solar en el mundo

Según Global Status Report 2019, el mercado global anual de ESF aumentó solo ligeramente en 2018, pero lo suficiente como para superar el nivel de 100 GW (incluida la capacidad dentro y fuera de la red), por primera vez:

- La capacidad acumulada aumentó aproximadamente un 25% al menos a 505 GW; esto se compara con un total global de alrededor de 15 GW solo una década antes.
- La mayor demanda en los mercados emergentes y en Europa, debido en gran parte a las continuas reducciones de precios, compensó una disminución sustancial del mercado en China, que tuvo consecuencias alrededor del mundo (Figura 1-2).

A partir de políticas gubernamentales y licitaciones, desde el año 2018 las licitaciones públicas como las compras corporativas de ESF se han expandido considerablemente. El autoconsumo ha sido un motor importante del mercado para los nuevos sistemas distribuidos en Europa y los Estados Unidos (REN21, 2019).

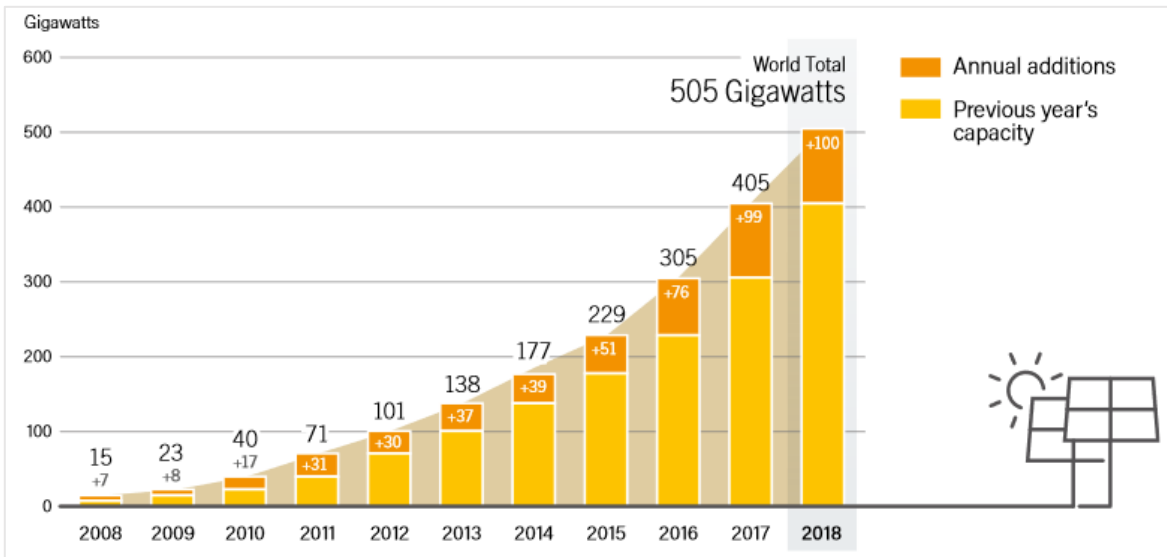
Contrariamente a las caídas de los tres principales mercados de la región<sup>9</sup> (China, India y Japón), Asia eclipsó a todas las demás regiones para nuevas instalaciones, donde China por si misma representó alrededor del 45% de las adiciones globales. Esto disminuyó aproximadamente 54% en 2017. Asia fue seguida por América. Los cinco principales mercados nacionales - China, India, Estados Unidos, Japón y Australia - fueron responsables de aproximadamente tres cuartos de la capacidad recién instalada (por debajo del 84% en 2017); los siguientes cinco mercados fueron Alemania, México, Corea del sur, Turquía y Holanda (REN21, 2019).

A finales de 2018, los clientes residenciales, comerciales e industriales en 130 países se beneficiaron de los sistemas solares de calefacción y refrigeración. Los sistemas térmicos solares vidriados (placa plana y tubo de vacío) y no vidriados combinados proporcionaron alrededor de 396 TWh (1,426 PJ) de calor al año. Esto es equivalente al contenido de energía de 233 millones de barriles de petróleo. Operación global acumulativa: La capacidad para estos tipos de colectores alcanzó un estimado de 480 GWh al final del año, casi un 2% del total del año anterior de 472 GWh (REN21, 2019).

---

<sup>9</sup> La caída de las inversiones chinas fue causada por: el cambio del objetivo del accionar político chino prefirió el impulso de la demanda interna dejando en detrimento a las exportaciones del país y, a la limitación de capitales financieros para compras en el exterior de compañías por parte de otros gobiernos. Alemania y Estados Unidos son un ejemplo de limitaciones a las entradas de capitales para la adquisición de compañías.

**Figura 1-2. Capacidad de ESF con adiciones anuales a nivel mundial, expresada en gigawatts (2008 – 2018)**



Fuente: REN21 (2019, p.94).

En el cuadro 1-1 puede observarse la evolución de la energía solar en cuanto a capacidad y producción de energía se refiere, expresado en megawatts y gigawatts hora<sup>10</sup>. Puede notarse un claro incremento en cada uno de los países y, hay que destacar, que el país que más ha invertido en energía solar es China. Cada uno de los países son líderes en cuanto a capacidad y generación de energía solar se refiere. Estos países han apostado por energía solar como un pilar en su producción energética.

**Cuadro 1-1. Comparativo de países más destacados en la producción de energía solar a nivel mundial, expresado en megawatts y gigawatts hora (2000 y 2019)**

País	Producción y capacidad	2000	2019
China	Capacidad en MW	34	205,448
	Generación en GWh	37	163,728
India	Capacidad en MW	1	30,908
	Generación en GWh	2	25,107
Japón	Capacidad en MW	330	63,606
	Generación en GWh	357	77,184
Alemania	Capacidad en MW	114	46,345
	Generación en GWh	60	42,869
Estados Unidos	Capacidad en MW	595	61,643
	Generación en GWh	709	95,810

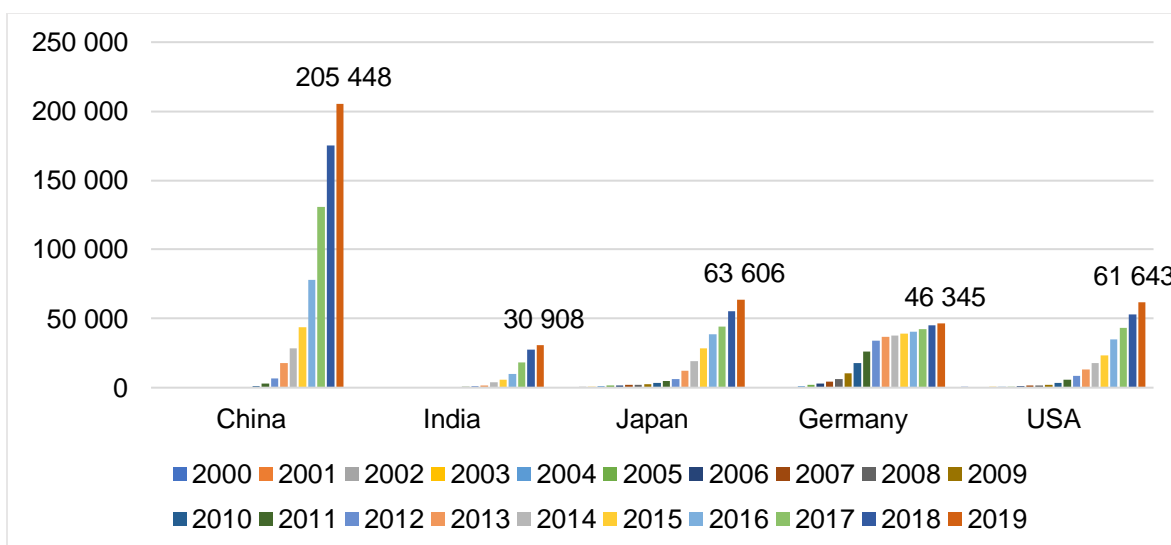
Fuente: Elaboración propia con datos de IRENA.

<sup>10</sup> A diferencia de los watts, los watts hora representan la cantidad de potencia que se genera en una hora.

La figura 1-3 muestra que desde el año 2000, cada uno de los países ha tenido un aumento significativo en su capacidad, donde el comportamiento hasta el año 2019 ha sido creciente, teniendo a China como país líder en producción y capacidad energética solar, superando los 200,000 MW. Según IEA (2020), entre 2019 y 2024, China representará el 40% de la expansión global de la capacidad renovable, impulsada por una mejor integración del sistema, menores tasas de reducción y una mayor competitividad de la ESF y la eólica terrestre.

Durante el mismo período, se pronostica que China representará casi la mitad del crecimiento fotovoltaico distribuido global, superando a la Unión Europea para convertirse en el líder mundial en capacidad instalada para 2021.

**Figura 1-3. Evolución de la capacidad instalada para energía solar en los 5 países más destacados, expresada en megawatts (2000-2019)**



Fuente: Elaboración propia con datos de IRENA.

### 2.1.2. Bioenergía en el mundo

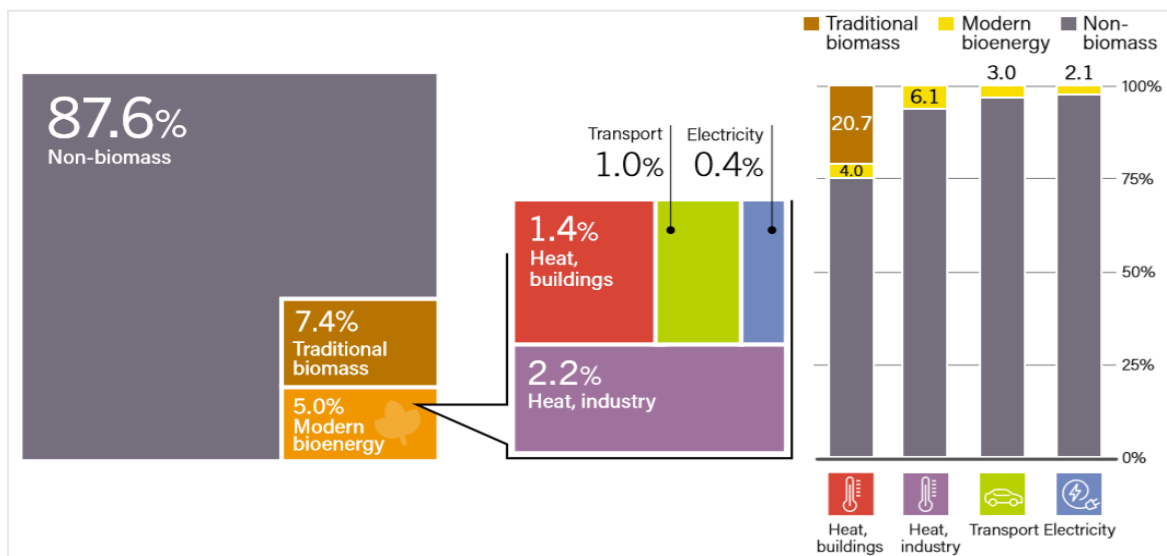
La bioenergía se puede clasificar en tradicional y moderna. La primera no se considera propiamente renovable debido a que las técnicas de extracción que utiliza no siguen un patrón guiado, lo que imposibilita la sostenibilidad de los recursos. La biomasa obtenida es tratada en maquinarias simples que emiten una determinada cantidad de contaminantes, ambas situaciones son corregidas en la bioenergía moderna. La bioenergía tradicional es mayormente utilizada en países en vías de desarrollo (REN21, 2019).

Para el año 2017, la bioenergía total (ambas bioenergías) aportaron aproximadamente un 12.4% del consumo final de energía. La bioenergía moderna aportó casi la mitad del total del suministro de energías renovables a nivel mundial (REN21, 2019), se posicionó como el principal abastecedor dentro del grupo de renovables, con 5%. Ese porcentaje se distribuyó en 4 sectores, ordenados según su cuota de consumo de la siguiente forma:

1. **Industria:** consumió un estimado de 2.2% en concepto de calor.
2. **Edificios:** consumió aproximadamente 1.4% para generar calor.
3. **Transporte:** consumió un 1% en términos de combustibles.
4. **Electricidad:** consumió un 0.4% para producirla.

De manera sectorial, el uso de biomasa de forma tradicional tuvo su mayor aporte en la generación de calor para edificios o zonas residenciales. Esto incluye algunas tareas como la cocción de alimentos, uso de chimeneas, calentamiento de aguas, entre otras. Para 2017 dicho aporte equivale al 20.7% del total de energía consumida en ese sector, en contraste con un 4% obtenido por medio del uso de la biomasa de forma moderna. En cuanto a los demás aportes de la bioenergía, se tuvo una participación de 6.1% para generar calor en industrias, un 3% para el transporte y un 2.1% para electricidad, como lo muestra la figura 1-4.

**Figura 1-4. Participación estimada de bioenergía en el consumo total y final de energía, expresada en porcentajes (2017)**



**Fuente:** REN21 (2019, p.72).

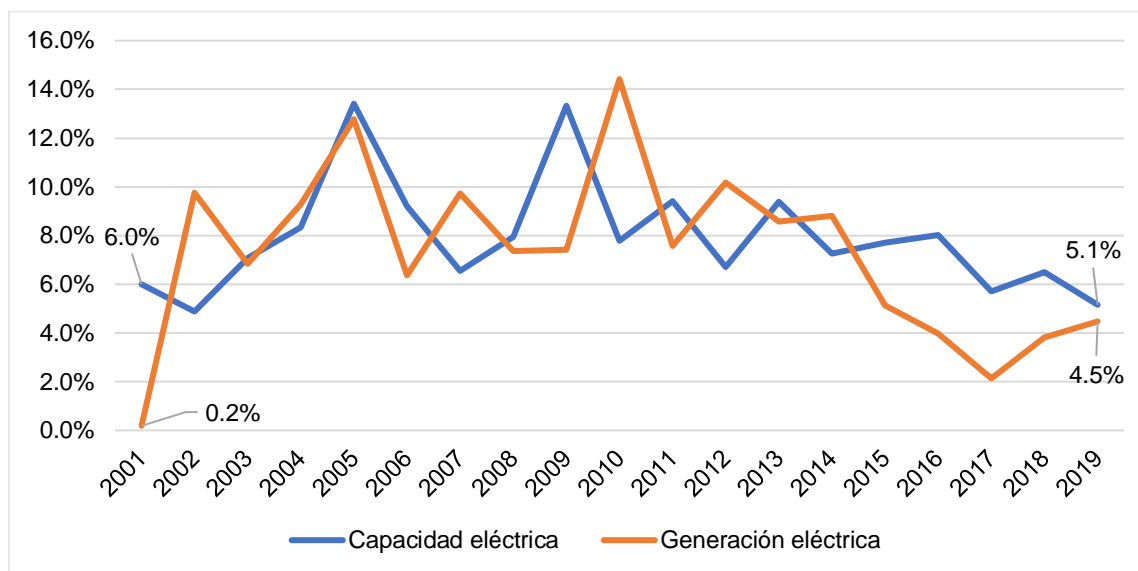
Según las tasas de crecimiento percibidas hasta el año 2017, el uso de bioenergía de tipo moderna aumenta mayormente en el sector eléctrico, con un 9% de crecimiento anual, seguido por el sector transporte y sector calefacción con un 7% y un 1.8% respectivamente (REN21, 2019). Se ha podido estimar una tasa de crecimiento positiva en la capacidad instalada para producir bioelectricidad y en la generación de la misma, aunque los aumentos no son proporcionales como se puede observar en la figura 1-5.

Durante el periodo de tiempo comprendido en la figura 1-5, el crecimiento de la capacidad instalada osciló entre los 4.9-13.4 puntos porcentuales, mientras que, la generación de electricidad para el mismo periodo tuvo un crecimiento aproximado que rondó los 0.2-14.4 puntos porcentuales.

A finales de 2018, el país con mayor generación de bioenergía y mayor capacidad instalada para su producción fue China. Esto se debe a que fue el mayor productor de bioelectricidad, seguido por Estados Unidos. Este último se posicionó como el mayor inversionista en adiciones de capacidad neta en la producción de biocombustibles, seguido por Brasil,

quienes de forma conjunta configuran más de la mitad de la producción mundial de biodiesel y etanol. En el cuadro 1-2, se observa un ranking de cinco países con mayor representatividad en términos de bioenergía destinada al sector de electricidad. En la figura 1-5, se puede observar como ellos han evolucionado.

**Figura 1-5. Evolución de las tasas de crecimiento de la capacidad instalada y de la producción de bioelectricidad, expresada en porcentajes (2001-2019)**



**Fuente:** Elaboración propia con datos de IRENA.

En el cuadro número 1-2, se puede observar la diferencia entre el primer año del comparativo y el último, la cual equivale a más de 15,000 megawatts, siendo la más grande del grupo. El liderazgo del país asiático en bioenergía es atribuido a las acciones llevadas a cabo por el gobierno con la finalidad de disminuir su contaminación, teniendo en cuenta que a lo largo del tiempo ha logrado posicionarse como principal emisor de dióxido de carbono (Global Carbon Project, 2019).

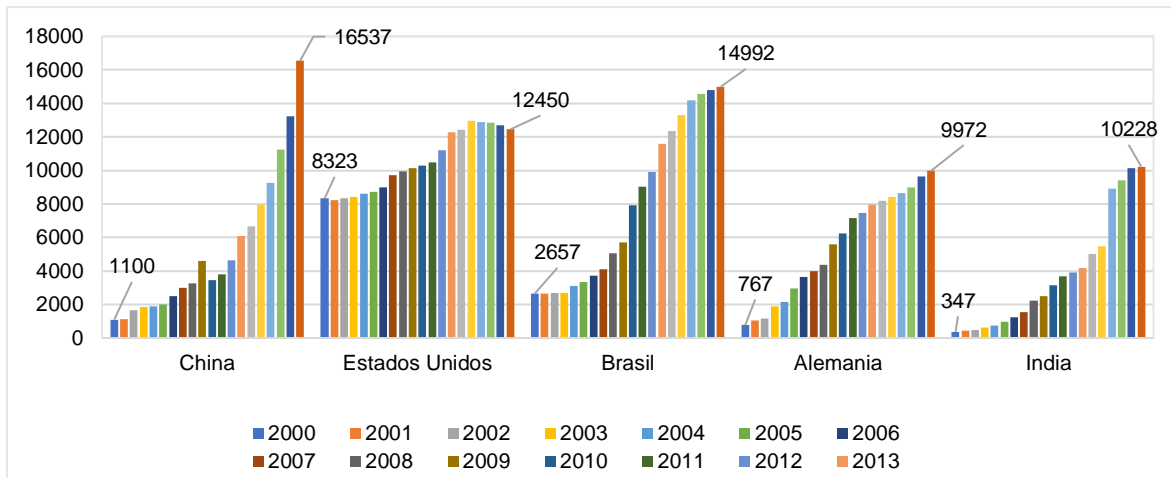
**Cuadro 1-2. Comparativo de países más destacados en la producción de energía biomasa a nivel mundial, expresado en megawatts y gigawatts hora (2000 y 2019)**

País	Producción y capacidad	2000	2019
China	Capacidad en MW	1,100	16,537
	Generación en GWh	2,421	70,006
Estados Unidos	Capacidad en MW	8,323	12,450
	Generación en GWh	56,180	72,101
Brasil	Capacidad en MW	2,657	14,992
	Generación en GWh	7,855	56,848
Alemania	Capacidad en MW	767	9,972
	Generación en GWh	4,331	50,913
India	Capacidad en MW	3,47	10,228
	Generación en GWh	2,669	20,577

**Fuente:** Elaboración propia con datos de IRENA.



**Figura 1-6. Evolución de la capacidad instalada para energía biomasa en los 5 países más destacados, expresada en megawatts (2000-2019)**



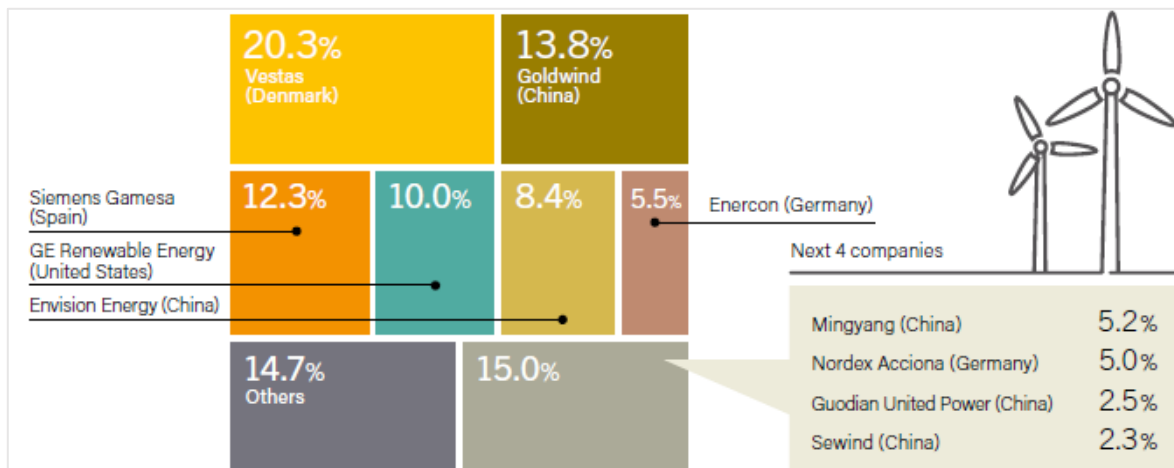
Fuente: Elaboración propia con datos de IRENA.

### 2.1.3. Energía eólica en el mundo

La inversión en energía eólica no solo es por la generación de ésta, sino también la creación de la maquinaria utilizada para generar la energía, donde países como China, Estados Unidos y Alemania son líderes productores de turbinas. Para 2016, las empresas líderes del mercado de turbinas eran: Vestas de origen danés, GE Wind que es estadounidense, Goldwind proveniente de China y Siemens que proviene de Alemania (Marcó & Griffa, 2017) (Ver figura 1-7).

A pesar de la expansión de la energía eólica a nuevos mercados en el mundo, este se ha convertido en un ambiente demasiado competitivo, ya que muchos productores de turbinas salieron del mercado por la rápida caída de los precios de generación de energía.

**Figura 1-7. Compañías dominantes en el mercado de producción de turbinas**



Fuente: REN21 (2019, p.125)

El mercado mundial de la energía eólica es cada vez más amplio. Con el paso de los años y los avances en la tecnología, los costos de generación son competitivos en comparación a la generación energética a partir de combustible fósil. Actualmente nuestro planeta posee una capacidad de más de 590 gigawatts, de los cuales 51 gigawatts fueron adicionados en 2018 (Global Carbon Project, 2019).

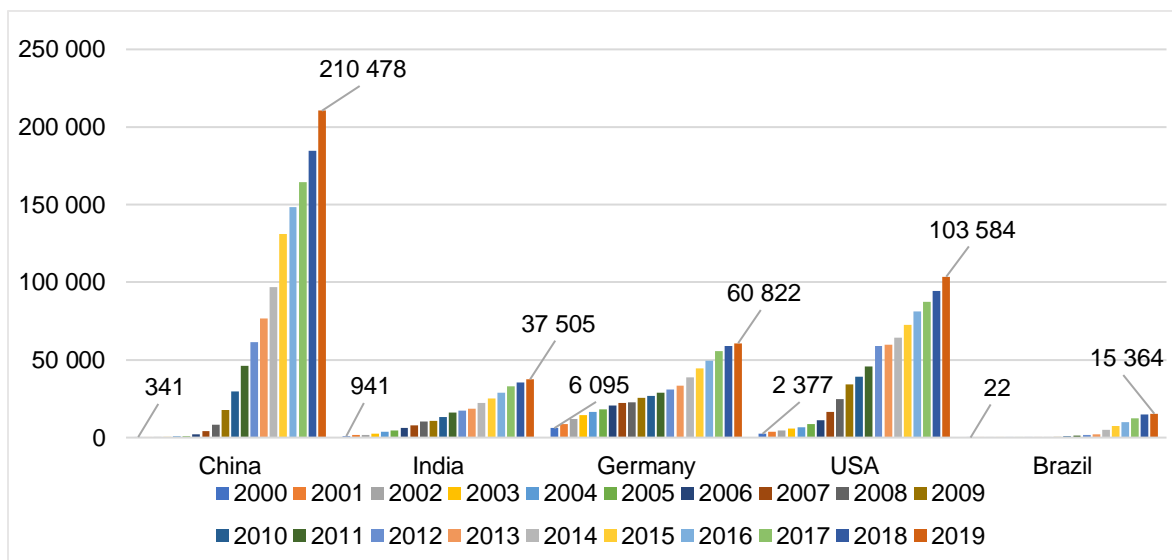
Se han seleccionado 5 países que representan los montos más grandes de inversión en energía eólica en 2018. En el cuadro 1-3, se puede observar un contraste entre la producción y capacidad de energía eólica entre el año 2000 y 2019. Es bastante claro que se ha multiplicado considerablemente, debido a un aumento continuo en la inversión tanto pública como privada.

**Cuadro 1-3. Comparativo de países más destacados en la producción de energía eólica a nivel mundial, expresado en megawatts y gigawatts hora (2000 y 2019)**

Año	Producción y capacidad	2000	2019
China	Capacidad en MW	341	210,478
	Generación en GWh	615	362,410
India	Capacidad en MW	941	37,505
	Generación en GWh	1,319	55,577
Alemania	Capacidad en MW	6,095	60,822
	Generación en GWh	9,352	130,753
Estados Unidos	Capacidad en MW	2,377	103,584
	Generación en GWh	5,650	305,694
Brasil	Capacidad en MW	22	15,364
	Generación en GWh	1	55,820

Fuente: Elaboración propia con datos de IRENA.

**Figura 1-8. Evolución de la capacidad instalada para energía eólica en los 5 países más destacados, expresada en megawatts (2000-2019)**



Fuente: Elaboración propia con datos de IRENA.

En la figura 1-8 se observa con más claridad la evolución de la capacidad y producción de energía, donde cada barra representa la capacidad de cada año. Debemos tomar en cuenta los factores demográficos de cada país, por lo que China, a pesar de ser el país que más capacidad instalada posee, no es el que más produce en términos relativos. Cabe destacar que China es el país que más ha invertido en la tecnología eólica. En el caso de India, la capacidad no es tan pronunciada como la de China, pero posee una tendencia bastante parecida a la de Alemania y Estados Unidos.

China y Estados Unidos poseen un peso superior al resto de países en tanto a cantidades netas, pero, sus respectivas cantidades, no representan más del 5% de la energía total de sus países. Por otro lado, la capacidad de Alemania representa un caso distinto, ya que sus datos oscilan entre el 12% y 15% de su energía total (Marcó & Griffa, 2017).

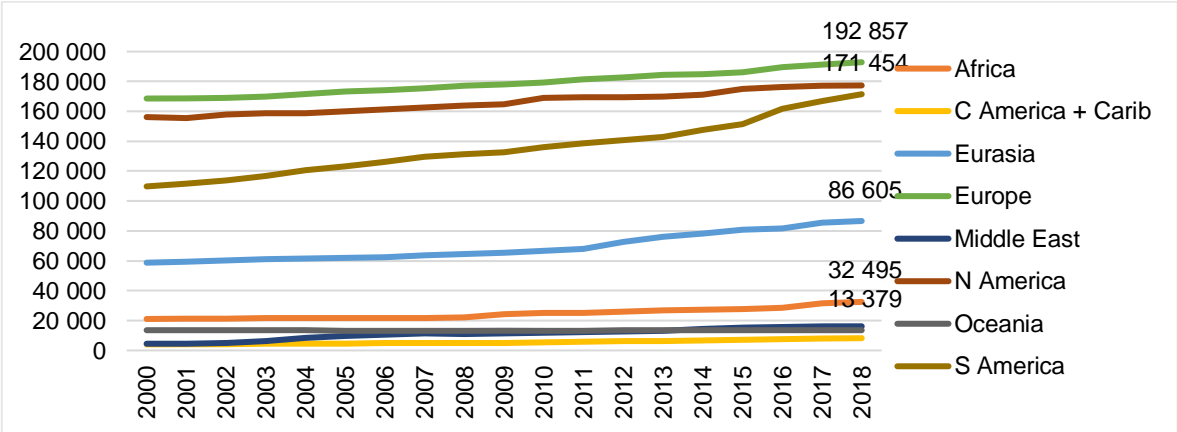
**2.1.4. Energía hidráulica en el mundo**

Uno de los casos principales es el de China, que es el país con mayor capacidad instalada y el que más incrementó dicha capacidad en el 2018. China tuvo un crecimiento de su capacidad instalada para EH del 24%, pero no logró alcanzar el incremento de la demanda de energía eléctrica que fue del 28.6% en el período 2013-2018. Además, se mejoró la participación de las plantas de EH de China en casi 1% (de 16.9% a 17.4%) (REN21, 2019).

Los países que poseen mayor capacidad instalada (CI) para 2019 según la IHA son: China, Brasil, Estados Unidos, Canadá y Japón. De estos, China y Brasil son quienes más invirtieron en incremento de la CI para ese año. A nivel general, se ha visto un incremento considerable de la CI del continente asiático, en contraparte, tenemos a Oceanía, que no mejora a lo largo del tiempo su infraestructura hidroeléctrica (International Hydropower Association, 2019).

Podemos observar que, si bien los países han incrementado de forma gradual su inversión en CI, existen continentes donde ésta se mantiene estancada (Figura 1-9). No se incluye Asia, debido a que su inversión en CI (específicamente China) crea una brecha tan grande respecto a otros continentes que no permite apreciar los crecimientos de estos.

**Figura 1-9. Evolución de la CI de EH a nivel mundial (excluyendo Asia), expresada en megawatts (2000-2018)**



Fuente: Elaboración propia con datos de IRENA.

Para el 2018, las CI de mayor crecimiento son las de Asia con 478,539 MW, Europa con 192,857 MW, Norte América con 177,306 MW y Sudamérica 171,454 MW. Sin embargo, para percatarnos de mejor forma de la brecha tecnológica en tanto a EH de las regiones que presentamos, haremos una regresión lineal simple  $Y = mX + b$  para ver un aproximado del crecimiento de CI (cuadro 1-4). Para producir EH la CI crece a 28 MW por año nivel mundial.

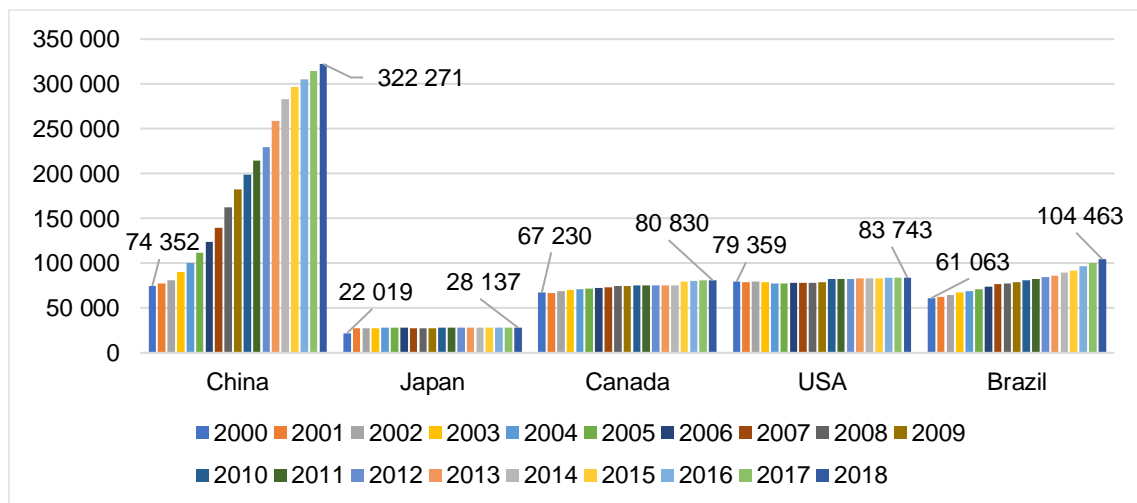
En cuanto al crecimiento de Centro América y El Caribe, se observa que es positivo, pero en la gráfica aparece menor que Oceanía, y al evaluar la regresión lineal, la de Oceanía es negativa y la de Centro América y El Caribe positiva, pero ¿por qué estos cambios? Solo podemos explicarlos por medio de la CI ya evaluada, es decir, si bien Oceanía no incrementa su CI con los años, la CI que posee es mayor a la de Centro América y El Caribe, aun cuando estos, según la regresión lineal, crezcan más. Poseemos la menor CI del mundo en cuanto a región.

**Cuadro 1-4. Crecimiento de la capacidad instalada, expresada en megawatts (2000-2018)**

Región	Regresión lineal simple
Mundial	28,456
África	603
Asia	19,499
C América + Caribe	229
Eurasia	1,596
Europa	1,382
Medio Oriente	670
Norte América	1,287
Oceanía	-4
Sur América	3,194

Fuente: Elaboración propia con datos de IRENA.

**Figura 1-10. Evolución de la capacidad instalada para EH en los 5 países más destacados, expresada en megawatts (2000-2018)**



Fuente: Elaboración propia con datos de IRENA.

En la figura 1-10, se observa con claridad la evolución de cómo cada uno de estos países ha invertido en aumentar su CI en energía hidráulica, ocupando también el primer lugar China. El rápido crecimiento que está teniendo la CI de la energía hidráulica ayuda a mermar el daño que provoca la quema de combustibles fósiles para producir energía.

## **2.2. Situación energética de Estados Unidos**

La política del gobierno de los Estados Unidos se centra en el concepto de "dominio energético", que refleja una estrategia para maximizar la producción de energía, expandir las exportaciones y ser un líder en tecnologías energéticas. La desregulación ambiental es un enfoque central, aunque puede tener implicaciones en la trayectoria de las emisiones (REN21, 2019).

Se estimó que la generación eléctrica anual creció en 1%. En valores totales, ha aumentado en un total 15,921 gigawatts hora, lo que le coloca en una posición intermedia en la evolución respecto a los demás países. Estados Unidos obtiene su energía de diversas formas: petróleo con un 36% y gas natural con un 31%. Se observa claramente que el uso de energía renovable sigue siendo muy reducido en el mercado estadounidense (REN21, 2019).

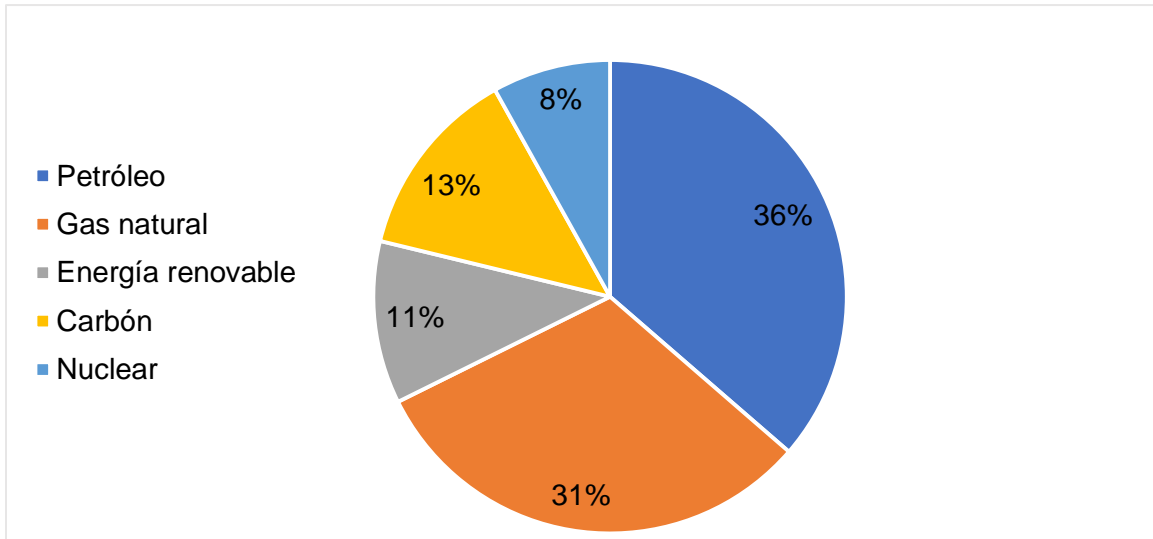
El crecimiento de la capacidad eléctrica para bioenergía en este país es bastante considerable, debido a que en 19 años ha aumentado su capacidad en 4,127 megawatts. Sus tasas de crecimiento respecto a dicho indicador han oscilado entre el 1% y 10%, siendo más bajas que las de China debido a la falta de políticas impulsadoras de bioenergía (REN21, 2019). Muchas empresas eléctricas de biomasa cierran sus contratos de suministros. La situación de contratos no renovables para el suministro eléctrico justifica los descensos en la CI de los años 2001, y del 2016 al 2019 como se observó en la figura 1-6.

El rubro fuerte de los Estados Unidos es la producción de biodiesel y etanol, esto es gracias a que el gobierno federal y estatal han buscado la implementación de un nivel estándar para combustibles renovables (REN21, 2019), que otorga preferencias a combustibles bajos en carbón. Asimismo, han implementado políticas antidumping para Argentina e Indonesia quienes han sido sus mayores suministradores, lo que ha logrado que la industria nacional se fortalezca.

Este país ha fijado como objetivo, el impulso de su mercado de energías renovables, teniendo especial cuidado con el de la energía hidroeléctrica, la cual representa el 23% de la generación de su energía renovable, siendo ésta el 11% de la energía total generada en el país, que equivale a 311 terawatts hora. Además, posee la central hidroeléctrica de bombeo más grande del mundo, situada en el condado de Bath, Virginia, la cual tiene una CI de crear 3,003 megawatts (Bloomquist, 2003).

En 1967, el gobierno reconoce los recursos geotérmicos que posee el estado de California, con el objetivo de poder implementar el calor que emana del centro de la tierra como un recurso natural para la producción de electricidad. Posteriormente, se aprueba la "Ley Federal de Vapor Geotérmico" en 1970, permitiendo iniciar el desarrollo de proyectos que lograrían la transformación de calor geotérmico en energía eléctrica (Bloomquist, 2003).

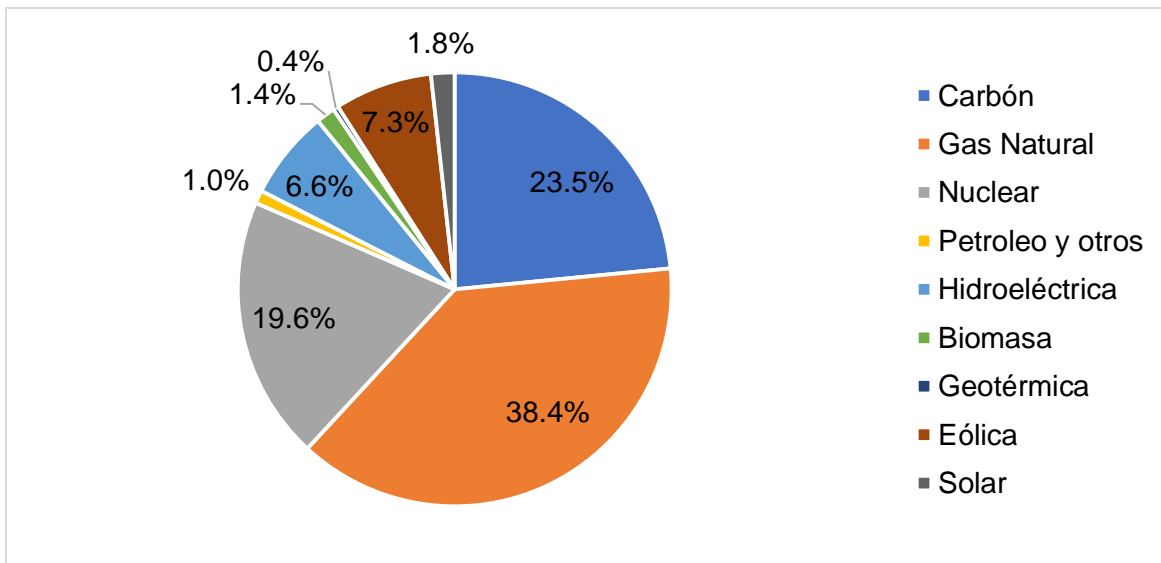
**Figura 1-11. Composición energética de Estados Unidos, expresada en porcentajes (2018)**



**Fuente:** Elaboración propia con datos de U.S IEA<sup>11</sup>.

En 2001, el gobierno lanza el proyecto de “Geo Powering the West”, cuyo objetivo era incrementar el número de estados que generarán electricidad a base de geotermia, con una previsión de ser capaces de generar energía suficiente para proveer de electricidad a 7 millones de hogares en 2010 (Bloomquist, 2003).

**Figura 1-12. Composición de la producción de energías renovables en Estados Unidos, expresada en porcentajes (2019)**



**Fuente:** Elaboración propia con datos de U.S IEA.

<sup>11</sup> La Administración de Información Energética de Estados Unidos (IEA, por sus siglas en inglés), es el organismo de estadística y de análisis en el Departamento de Energía de los Estados Unidos.

En 2018, la capacidad instalada de energía eólica en Estados Unidos creció considerablemente debido a la iniciativa federal del Production Tax Credit (PTC, por sus siglas en inglés). El PTC consiste en un crédito de uno a dos centavos por kilowatt hora producido durante los primeros 10 años de generación de energía en una planta eólica totalmente funcional. Esta política ha logrado reducir los costos de producir energía eólica, mejorando los precios al consumidor industrial y aumentando su CI (Department of Energy, 2019).

El Departamento de Energía de los Estados Unidos realizó un estudio en el cuál muestran un pronóstico de la posible adición de capacidad instalada de las plantas de energía eólica, donde se espera incrementar entre 6 y 8 gigawatts para abastecer el aumento de la demanda energética en el futuro (Department of Energy, 2019).

En 2018, este tipo de energía representaba un 22% de la cantidad total de energía renovable producida, siendo una de las energías mayoritarias y de menor costo en comparación a sus similares.

### **2.3. Situación energética de China**

China se ha enfocado en lograr una política que garantice una inversión suficiente en redes eléctricas y en una combinación de tecnologías de generación que se adapten mejor a las necesidades del sistema energético. China está transformando su sector energético encaminado hacia la descontaminación y hacia un modelo económico basado en servicios. Esta nueva política energética pone énfasis en la producción de energía limpia y en desarrollar tecnologías más limpias de alta eficiencia (IEA, 2017).

Durante muchos años, la producción energética dominante de China es la quema de carbón y combustibles fósiles. La escala de su industrialización es tal, que su consumo energético es comparable solo con el de Estados Unidos. Durante el siglo XXI, siendo ésta una de las potencias económicas mundiales más influyentes, las políticas económicas chinas han sido adaptadas a un nuevo tipo de consumo energético (IEA, 2017).

La demanda de carbón y la capacidad de producción de China siguen siendo altas. Actualmente, una de cada cuatro toneladas de carbón utilizadas en todo el mundo se quema para producir electricidad en China (International Energy Agency, 2020).

Junto a estas necesidades energéticas crecientes y la futura demanda de China sobre electricidad, se explica por qué por primera vez en 2016 la inversión global de electricidad superó a la del petróleo y el gas. Las reducciones de costos para las energías renovables no son suficientes por sí solas para lograr una descarbonización segura y eficiente.

Entre 2019 y 2024, China representará el 40% de la expansión global de la capacidad renovable, impulsada por una mejor integración del sistema, menores tasas de reducción y una mayor competitividad de la energía solar fotovoltaica y la eólica terrestre. Durante el mismo período, se pronostica que China representará casi la mitad del crecimiento fotovoltaico distribuido global, superando a la unión europea, para convertirse en el líder mundial en CI para 2021. China también está preparada para liderar el crecimiento mundial en la producción de biocombustibles, dada la implementación de etanol, mezclándose en un número creciente de provincias y aumentando las inversiones en capacidad de producción (International Energy Agency, 2020).

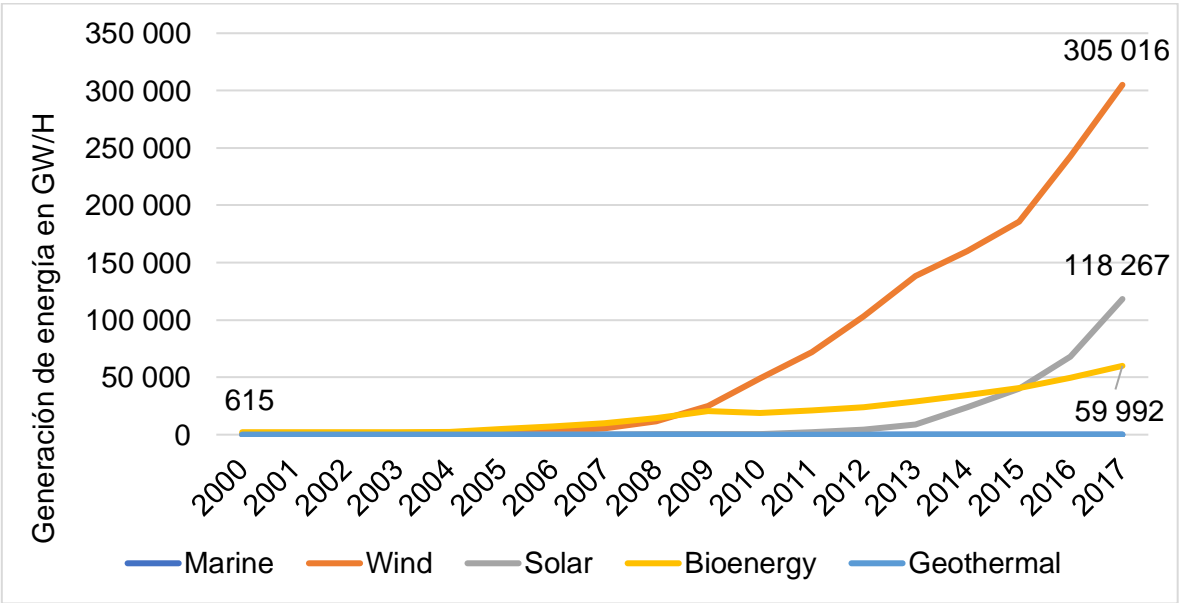
El gobierno está presionando para reducir las emisiones y mejorar la calidad del aire al cambiar al gas en los sectores industrial y residencial, pero la flota de carbón de China es joven, altamente eficiente y aún diez veces más grande que su flota de gas. Cabe destacar que el crecimiento de la demanda energética no ha aumentado en la misma proporción que el crecimiento económico, esto debido a los cambios estructurales en su economía a partir de políticas eficientes en el consumo energético (IEA, 2017).

Tras reconocer que la calefacción solar térmica es una de las formas más rentables de descarbonizar el sector de la calefacción, las empresas de servicios públicos preocupadas por la sostenibilidad han comenzado a planificar o construir plantas del tamaño de megavatios en nuevos mercados (REN21, 2019).

China es la potencia asiática que más explota sus recursos hídricos para la generación de energía limpia. Entre 2017 y 2018, inició un gran proceso para ampliar y hacer crecer su mercado de energías renovables, donde el sector hidroeléctrico ha estado recibiendo inversiones a gran escala para poder mantener el liderazgo tecnológico y de CI. Un ejemplo de inversiones a la energía hidráulica es el financiamiento de USD 2.25 billones destinada a las cascadas del río Jinsha como parte del proyecto de ampliación de energías limpias (IEA, 2017).

Los proyectos a largo plazo de China tienen como objetivo llegar a los 542 megawatts de CI a lo largo de dos décadas, ya que queda demostrado, que la sustentabilidad de la energía hidráulica disminuye tanto la polución como los costos de energía eléctrica (Rich, 2019).

**Figura 1-13. Evolución de la generación de energías renovables en China, expresada en gigawatts hora (2000-2017)**



**Fuente:** Elaboración propia con datos de IRENA.

En la figura 1-13 se puede observar el crecimiento en la generación de energía renovable, la más destacada es la energía eólica. China actualmente es el mayor inversionista del mundo en energía eólica. Sin embargo, actualmente ni la energía eólica ni las energías renovables en conjunto representan la mayoría de la energía total producida. China sigue



siendo el inversionista más grande del mundo con un monto de 91.2 billones de dólares estadounidenses en el año 2018 (REN21, 2019).

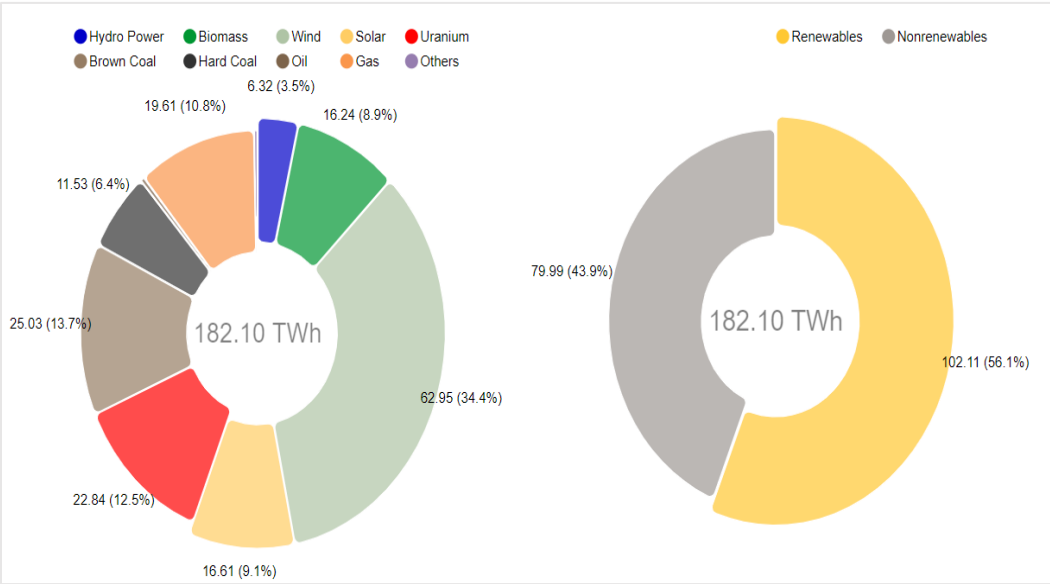
El principal destino de la bioenergía de China es el sector eléctrico, seguido por la producción de biocombustibles que tuvo un crecimiento de 3.4% para el año 2018 (REN21, 2019). Una de las producciones más importantes para el país es la de biometano, de la cual cuenta con 140 plantas.

Dentro del rango comprendido, el crecimiento de la capacidad eléctrica de este país ha sido muy notorio como lo mostró en la figura 1-5. Este indicador ha aumentado en un promedio de 16% anual, por otra parte, su generación eléctrica ha incrementado en un porcentaje relativamente mayor, teniendo un crecimiento aproximado de 22% anual, lo que podría suponer que el movimiento de la primera cifra ha condicionado el de la segunda.

**2.4. Situación energética de Alemania**

Alemania se ha convertido en el líder de la energía renovable en el mundo, gracias a su “Energiewende” que se traduce como transición o evolución energética. El Energiewende (EW) es una política económica alemana que consiste en reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> sin depender de ningún tipo de energía nuclear. Actualmente Alemania aun cuenta con distintas plantas de energía nuclear, pero proyecta dejar de utilizarlas en la década actual. Este país tiene como visión a largo plazo que a mediados del siglo actual se convertirá en un país climáticamente neutral (IRENA, 2015).

**Figura 1-14. Generación de energía eléctrica total de Alemania, expresada en porcentajes (hasta abril del 2020)**



Fuente: Fraunhofer ISE<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> Fraunhofer es el centro de investigación líder en Europa con departamentos especializados en cada una de las áreas de investigación científica.

En la figura 1-14 se observa al lado izquierdo, la distribución de la generación total de energía expresada en terawatts hora. En mayor proporción con un 34.4% se encuentra la energía eólica. A comparación de China, Alemania no invierte la misma cantidad de recursos en la energía eólica, pero lo que invierte es suficiente para convertirla en su fuente primaria de generación energética. En el segundo gráfico se observa la distribución de la energía según su clasificación, renovable o no renovable. Es un cambio bastante radical en la distribución, ya que para 2010 la parte correspondiente a la generación total de energía renovable era de 19.2%, a comparación del actual 56% (Fraunhofer, 2020).

Alemania es el principal productor de bioelectricidad de Europa, pero a partir del año 2016 ha sufrido una desaceleración en su generación, debido a que las tarifas de alimentación que antes incentivaban la producción de energía renovable han disminuido sus beneficios (REN21, 2019). Esto ha hecho que en el país se alcancen tasas de crecimiento mínimas del 0.01%, incluso las estimaciones reflejan que para el año 2019 se tuvo un decrecimiento respecto a los demás años del periodo comprendido.

En el cuadro número 1-2, se observa que Alemania aumentó su capacidad eléctrica en 9,205 megawatts, a una tasa de crecimiento aproximado del 15% anual, lo que se ve reflejado en la figura 1-6.

Otro sector al que se destina gran parte de su bioenergía es al de producción de calor, para industrias y edificios comerciales o residenciales, donde Alemania es uno de los principales productores de pellets<sup>13</sup> necesarios para este sector. El principal monto de calor es destinado a las industrias que pertenecen a la construcción. Particularmente la industria del cemento en Alemania utiliza biomasa como sustitutivo del carbón para hacer funcionar su maquinaria (REN21, 2019).

## **2.5. Situación energética de Brasil**

Las políticas energéticas de Brasil se comparan con los desafíos energéticos más urgentes del mundo. El acceso a la electricidad en todo el país es casi universal y las energías renovables satisfacen casi el 45% de la demanda de energía primaria, lo que hace que el sector energético de Brasil sea uno de los menos intensivos en carbono del mundo. La demanda total de energía primaria se ha duplicado en Brasil desde 1990, liderada por un fuerte crecimiento en el consumo de electricidad y en la demanda de combustibles para el transporte a raíz del sólido crecimiento económico y una floreciente clase media (International Energy Agency, 2020).

Brasil está creciendo a una mayor velocidad que Estados Unidos, que le antecede en términos de capacidad y generación eléctrica, teniendo que, para el primer indicador lo ha hecho en un rango que oscila entre 0.2%-39%, mientras que para el segundo lo ha hecho entre 0.5%-39%. El hecho que Brasil este creciendo a un ritmo superior que Estados Unidos en cuanto a bioenergía, contrasta con las políticas implementadas por el gobierno que ha logrado que más del 80% de la energía total del país provenga de fuentes renovables. Solamente para bioenergía existen más de 500 plantas trabajando en el territorio (International Energy Agency, 2020).

---

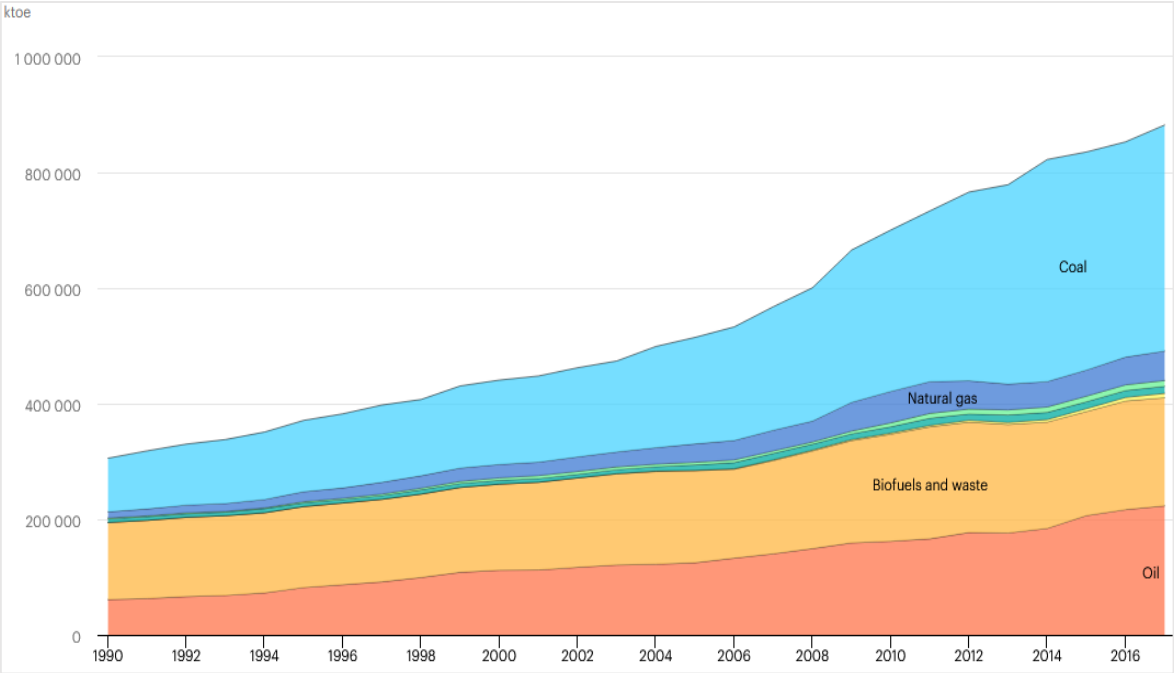
<sup>13</sup> Pellets es una denominación genérica utilizada para referirse a pequeñas porciones de material comprimido.

Los mayores exponentes en energía hidráulica son Brasil, Venezuela y Colombia, siendo Brasil el que posee la mayor CI de la región, no solo por ser el país con mayor abundancia hídrica gracias al Río Amazonas, sino por sus planes de inversión en la creación y modernización de sus proyectos de plantas de energía hidráulica. En 2018, Brasil ocupa el segundo lugar a nivel mundial en CI de energía hidráulica, desplazando así a Estados Unidos al tercer puesto. Uno de los proyectos más conocidos es el de la presa hidroeléctrica más grande del mundo de Itapúa, de la cual comparten dominio el gobierno brasileño y paraguayo que logra producir hasta 14,000 megawatts. En 2018 estos dos países iniciaron un plan de modernización con un horizonte de 10 años para mejorar el rendimiento y producción de energía de la presa (International Energy Agency, 2020).

**2.6. Situación energética de India**

El mayor porcentaje de generación de energía del país es por medio de carbón, siendo uno de los países más desarrollados de Asia, trata de frenar la contaminación del medio ambiente para mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Estos proyectos de sustitución de energías a nivel nacional se enmarcan a través del Acta Nacional de energía renovable de 2015, surgidas más de una década atrás. En el Acta nacional de energías renovables de India, el gobierno se compromete a mantener vigilancia sobre la producción eléctrica, su distribución, sus tarifas de cobro y otras instancias para velar por un uso óptimo de recursos energéticos como son: el carbón, gas natural, sustancias o materiales nucleares, hidroelectricidad y energía por medio de recursos naturales (Ministerio de Derecho y Justicia, 2003).

**Figura 1-15. Producción de energía por sectores en India, expresada en kilotoneladas equivalentes de petróleo (1990-2017)**



Fuente: IEA.

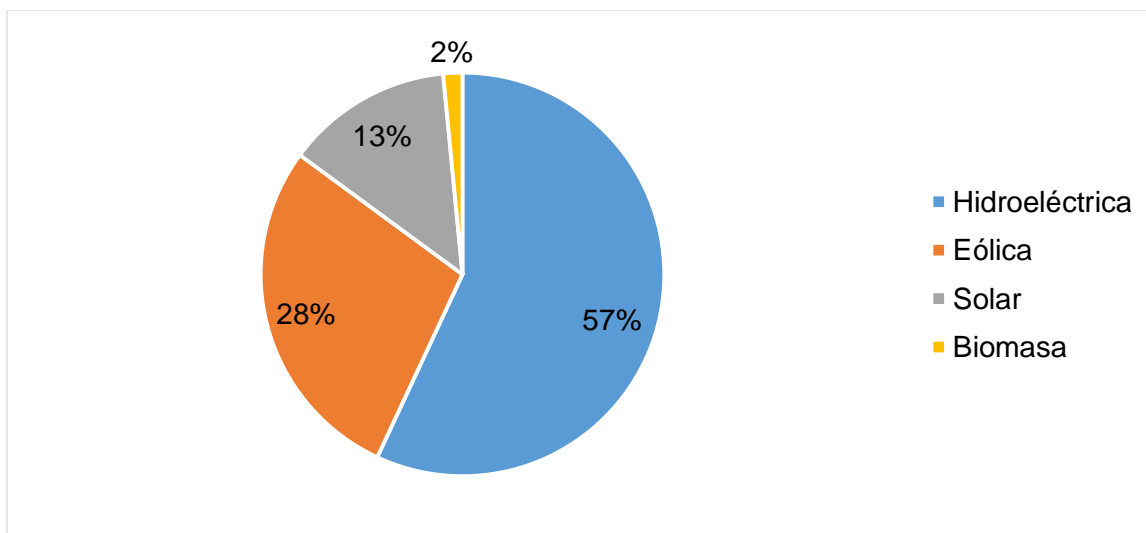
Una ley para promover la producción de energía a partir de fuentes renovables, a fin de reducir la dependencia de los combustibles fósiles, garantizar la seguridad energética y reducir los contaminantes locales y globales, teniendo en cuenta las consideraciones económicas, financieras, sociales y ambientales, y para asuntos relacionados con ellos o incidentales a esto. (Ministerio de Energías Nuevas y Renovables, 2015)

Las políticas implementadas tienen como uno de sus objetivos primordiales, lograr que la energía eléctrica alcance los lugares más remotos del país, con el fin de acortar la brecha de alcance que posee la electricidad para la población. Es decir, lo que se desea con estos planes es dinamizar la matriz energética con la introducción de nuevas energías que ayuden al medio ambiente y que, al mismo tiempo que se combate tanto la dependencia del país sobre el uso de carbón, así como la ampliación del sistema eléctrico para que toda la población tenga acceso al servicio (Ministerio de Energías Nuevas y Renovables, 2015).

India es el tercer mayor emisor de dióxido de carbono (Global Carbon Project, 2019). De ahí que se busque sustituir en su mayoría las fuentes fósiles de energía que lo emanan, posicionando al país en el cuarto y quinto lugar de la generación de bioenergía y capacidad para producirla respectivamente.

En cuanto a bioelectricidad, India se sitúa en el quinto lugar respecto a los demás países productores. En este sector se ha presentado un incremento significativo a partir del 2016 en la capacidad de producción, como se pudo observar en la figura 1-6, año en el que presentó su mayor crecimiento, haciéndolo en 62%. El aumento promedio que ha tenido el indicador es de un 20% anual.

**Figura 1-16. Producción de energía renovable de India, expresada en porcentajes (2019)**



**Fuente:** Elaboración propia con base a datos de IRENA.

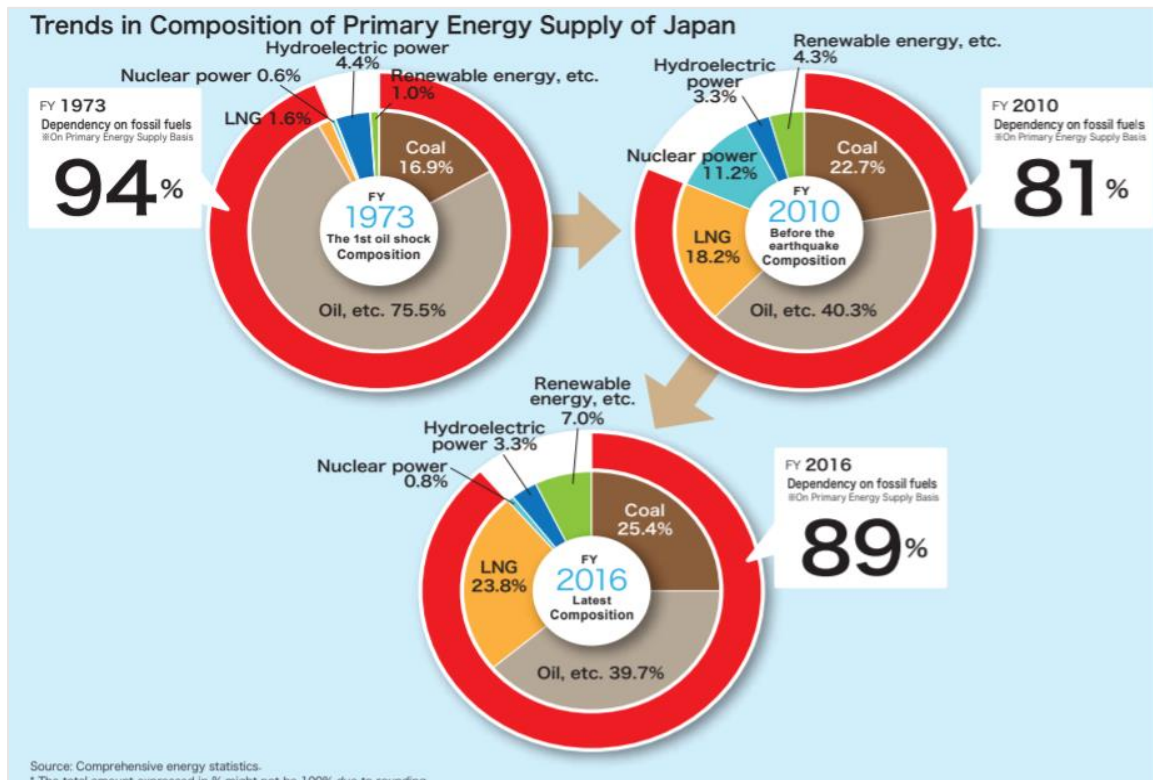
NTPC es la mayor empresa de energía en India y anunció que para el 2019 iba a empezar a trabajar con métodos de combustión conjunta (REN21, 2019), en donde se utilicen combustibles fósiles y de origen renovable, con el fin de poder disminuir la cantidad de

desechos biológicos y poder dar abasto eléctrico a los más de 300 millones de hindúes sin acceso a este recurso.

## 2.7. Situación energética de Japón

Tras el accidente nuclear de Fukushima, se generó el cierre de todas las plantas de energía nuclear, lo que provocó un aumento significativo en el uso de combustibles fósiles, aumentando las importaciones de combustible y también han aumentado las emisiones de dióxido de carbono. Esto significa que los precios de la electricidad han subido a niveles insostenibles (Japan, 2018).

**Figura 1-17. Composición energética de Japón, expresada en porcentajes (1973, 2010 y 2016)**



**Fuente:** Agency for natural resources and energy Japón.

Ante estos desafíos, el gobierno de Japón ha revisado su política energética en los últimos años para centrarse en diversificar aún más su composición energética:

- Menos uso de combustibles fósiles
- Más dependencia de la energía renovable
- Reiniciar las plantas nucleares cuando se declare seguro
- Frenar las emisiones de dióxido de carbono

Sobre la base de estos planes, Japón ha establecido objetivos ambiciosos para reducir las emisiones de GEI en un 26% entre 2013 y 2030 (International Energy Agency, 2020). En la figura 1-17, se observa la composición de la energía de Japón en 1973, más de tres décadas previo al desastre de Fukushima, y 6 años después del desastre. La composición de la energía en Japón no siempre ha sido limpia, la mayoría de su energía proviene de

fuentes no renovables. Actualmente Japón es el quinto país en el mundo que más emite dióxido de carbono a la atmósfera (Japan, 2018).

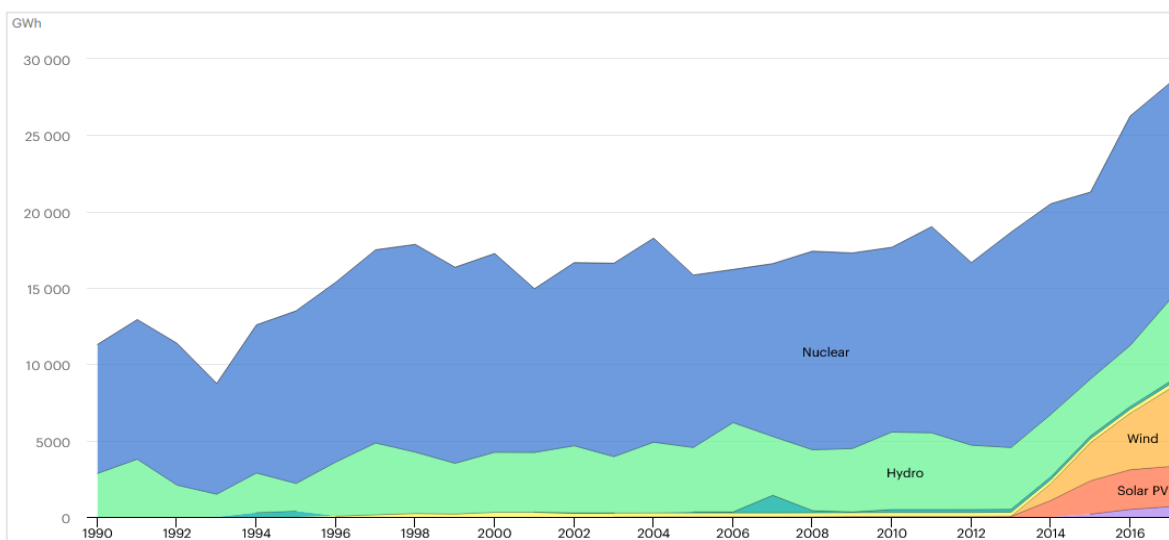
## 2.8. Situación energética de Sudáfrica

Sudáfrica es considerado el país con mejor avance industrial y desarrollo económico en la región africana, ya que uno de estos indicadores es el nivel de producción de energía nuclear que posee. Además, tiene elevados consumos de energía:

En cuanto al consumo final total, este es de 74,8 Mtoe. La mayor parte del consumo es para la industria (37,3%) y el transporte (24,3%), sumando entre los dos más del 60%. Este es un valor típico de los países industrializados. (Canales Urquiola, 2018, pág. 58)

Entre 1990 y 2017, la generación de energía por medio de carbón se ha mantenido constante, con una producción que alcanza el 90%, debido a que el carbón es uno de los recursos más explotados y de fácil acceso en el país, siendo este, uno de los más utilizados en los hogares. Sudáfrica tiene proyectos para mejorar la forma de generar energía por medio de energía renovable, tales como la solar y la eólica. Un ejemplo de ello, fue la implementación de energía solar en sustitución de energía producida por carbón en la ciudad de Greyton, con el fin de combatir la generación de polución y generar un ambiente más agradable tanto para las personas, como para el medio ambiente (Deutsche Welle, 2013).

**Figura 1-18. Producción de energía por sectores en Sudáfrica, sin la producción de energía por carbón, expresada en gigawatts hora (1990-2017)**



Fuente: IEA.

Para las energías renovables, cabe resaltar que Sudáfrica no posee producción de energía por Geotermia, y ha centrado sus esfuerzos para mejorar la matriz energética por medio de inversiones en la energía solar (tanto para térmica como fotovoltaica), y en energía eólica. Para el impulso de producción de energías limpias, el gobierno sudafricano lanzó en 2016

El Programa de Adquisición de Productores Independientes de Energía Renovable de Sudáfrica (REIPPPP), que plantea para 2030 poder incrementar en un 17.8% la CI de energía renovable: 8.4% eólica, 8.4% solar fotovoltaica y 1% solar térmica (Mangondo, 2016).

Si bien las opciones para diversificar la combinación de electricidad del país parecen diversas, la asequibilidad del suministro de electricidad se perfila como una preocupación clave y, potencialmente, una limitación en la agenda de diversificación. La estructura del consumo y del gasto en electricidad está sesgada hacia los grupos de mayores ingresos, y el 20% más rico de la población representa más de la mitad del total.

En encuestas recientes realizadas por el departamento de energía, las tres cuartas partes de los sudafricanos declararon que la prioridad de la política energética del gobierno debería ser mantener bajos los precios de la electricidad; las consideraciones económicas superaron a otras prioridades por un margen considerable. Con respecto a la futura combinación de combustible, casi un tercio de los encuestados estuvo de acuerdo con la declaración: "no importa qué fuente, siempre que sea la más barata". Pero una cuarta parte de los encuestados apoyó explícitamente las fuentes de energía renovable, y un 14% adicional puso énfasis en fuentes que no son perjudiciales para el medio ambiente (International Energy Agency, 2020).

## **CAPITULO II. PLAN Y DESARROLLO ENERGÉTICO EN EL SALVADOR**

El Salvador posee un perfil energético desfasado, cuya dependencia primaria ha sido el petróleo para energía térmica durante mucho tiempo. Sin embargo, es un país con potencial geográfico para explotar el uso de energías renovables sin alterar el ecosistema irreversiblemente. Las tecnologías de punta ofrecen soluciones eficientes a bajos costos que pueden contribuir en el abastecimiento total de la demanda energética nacional. Es necesario conocer la capacidad instalada que El Salvador posee para poder entender cuáles son las necesidades de nuestra matriz energética.

El marco regulatorio de El Salvador ofrece facilidades que permiten a múltiples empresas participar en las actividades del mercado, por lo tanto, hay que utilizar las herramientas tributarias y jurídicas que la constitución presenta. Es necesaria la inversión en plantas de energía renovable para generar energía barata, dinamizar nuevos mercados productivos en el país y hacer del país un destino atractivo de capitales extranjeros para otros sectores.

### **UNIDAD I. DESVENTAJAS ENERGÉTICAS Y TECNOLÓGICAS DE EL SALVADOR**

#### **1.1. Situación energética de El Salvador**

##### **1.1.1. Antecedentes del sector eléctrico**

En el año 1945 a través del Decreto Ejecutivo publicado en el Diario Oficial N°139, se creó la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) y junto con esta, los primeros proyectos de electrificación fueron registrados en El Salvador. Tras una solicitud al Gobierno por parte de CEL para gestionar traer expertos al país en las ramas de geología, hidráulica, electricidad, con el objetivo de conocer geográficamente donde se debían desarrollar los primeros proyectos hidroeléctricos. Inicia en junio de 1951 la construcción de la primera presa hidroeléctrica de El Salvador, llamada Presa Hidroeléctrica del Río Lempa, llegando a generar 82,000 kilovatios al finalizar su construcción en el año 1954 (Zummaratings, 2017).

Luego de la primera presa hidroeléctrica de El Salvador, y tras 25 años de operación CEL decide incorporar a la energía nacional la Central Hidroeléctrica de Guajojo, que poseía la capacidad de generar 15,000 kilovatios. El país aumentó su patrimonio nacional eléctrico, pero se buscaba expandirlo aún más. Zummaratings (2017) afirma:

En 1975 se iniciaron las operaciones con la primera unidad generadora de energía geotérmica “Planta Geotérmica de Ahuachapán”, con base en los estudios que se habían iniciado en 1971, colocando a El Salvador como el segundo país en América Latina y octavo en el mundo que utilizaba los vapores subterráneos para la generación de energía eléctrica. Asimismo, se inició el montaje de los equipos para la construcción de la Central Hidroeléctrica de Cerrón Grande, obra que fue finalizada en 1977. (p.6)

Posteriormente, se inauguró la Central Hidroeléctrica “15 de septiembre” con la capacidad de generar 180.000 kilovatios y la Central de Turbina a Gas de San Miguel, con 22,000 kilovatios de capacidad instalada. Se destaca la suscripción de contratos entre El Salvador



y Guatemala para la interconexión eléctrica. Mientras que las gestiones para interconectar los sistemas eléctricos entre El Salvador y Honduras se reanudaron en agosto de 1984, en la sede del Banco Centroamericano de Integración Económica en Tegucigalpa, Honduras (Zummaratings, 2017).

Tras La Ley de Creación del Consejo Nacional de Energía (CNE) en el año 2007, la Asamblea legislativa nombró como la autoridad superior, rectora y normativa a CNE en términos de política energética, ahora este Consejo el ente coordinador entre los sectores energéticos. En el año 2009, CNE inició operaciones con la finalidad de lograr un desarrollo en la Política Energética Nacional aprobada en el año 2011, esta política tenía como objetivo central la diversificación energética para reducir la generación térmica a través del uso de recursos renovables.

### **1.1.2. Estructura del sector eléctrico**

En 1996 entró en vigencia La Ley General de Electricidad, la cual buscaba una reestructuración del sector eléctrico. Se crea la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET)<sup>14</sup>. En 1998 hubo una serie de eventos importantes para la estructura eléctrica nacional, según Zummaratings (2017):

En 1998, se reprivatizó la distribución de electricidad, se separaron las principales actividades de CEL formándose las empresas LaGeo, S.A. de C.V. (Geotérmica Salvadoreña, 1999) y ETESAL (Empresa Transmisora Salvadoreña, 1999); además se creó la Unidad de Transacciones que opera el Mercado de Contratos y el Mercado Regulador del Sistema (MRS). En 1999, Duke Energy compró las instalaciones de generación térmica. (p,8)

El mercado eléctrico se rige a través de la Ley General de Electricidad y según Zummaratings (2017) entre los objetivos de dicha ley se encuentran:

- i) El desarrollo de un mercado competitivo en las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, ii) El libre acceso de las entidades generadoras a las instalaciones de transmisión y distribución, sin más limitaciones que las señaladas por la Ley, iii) El uso racional y eficiente de los recursos, iv) Fomento del acceso al suministro de energía eléctrica para todos los sectores de la población, y v) La protección de los derechos de los usuarios y de todas las entidades que desarrollan actividades en el sector. (p,8)

### **1.1.3. Mercado Eléctrico Nacional**

#### **1.1.3.1. Composición del mercado**

Para realizar transacciones bajo una misma regulación entre países, es necesario el desarrollo del Mercado Eléctrico Regional. Esto permite optimizar los recursos de la región, alcanzando costos competitivos, a la vez que logra desarrollar regionalmente proyectos con economías de escala basadas en una forma económicamente eficiente (CNE, 2015).

---

<sup>14</sup> La SIGET es la entidad reguladora encargada de vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales, así como de aprobar las tarifas eléctricas vigentes por trimestre.

Luego de establecer el Tratado Marco del Mercado Eléctrico de América Central, se crearon instituciones regionales para conectar el mercado eléctrico entre los países que conforman Centroamérica: A continuación, se detallan quienes conforman el Mercado Eléctrico Regional según CNE (2015):

- a) **Consejo Nacional de Energía (CNE):** Tras La Ley de Creación del Consejo Nacional de Energía (CNE) en el año 2007, la Asamblea legislativa nombró como la autoridad superior, rectora y normativa a CNE en términos de política energética, ahora este Consejo el ente coordinador entre los sectores energéticos. Su finalidad es desarrollar una política energética nacional que promueva una diversificación a través de recursos renovables.
- b) **Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET):** Es una institución autónoma que se encarga de vigilar el cumplimiento de las competencias para la aplicación de las disposiciones legales que rigen el sector público en las atribuciones de las normas internacionales sobre telecomunicaciones y electricidad.
- c) **Unidad de Transacciones (UT):** Creada en la Ley General de Electricidad (LGE). Como Sociedad anónima su finalidad es la operación del sistema de transmisión y operación del mercado mayorista en términos de energía eléctrica.
- d) **Participantes de mercado (PM):** Está compuesto por los participantes del mercado eléctrico. Por ejemplo, la empresa transmisora, los generadores de energía eléctrica privados y estatales, quienes distribuyen la energía eléctrica, los que la comercializan.
- e) **Consejo director del Mercado Eléctrico Regional (CD-MER):** Como organismo facilita la interrelación de los demás organismos participantes en el Mercado Eléctrico Regional. Se conforma por los distintos ministros de energía de los países de la región centroamericana. En El Salvador corresponde al CNE representar al país en este organismo, esto sucede a través del Secretario Ejecutivo.
- f) **Ente Operador Regional (EOR):** Además de ser el responsable de velar por la seguridad del despacho regional y su operación a través de niveles adecuados de calidad, confianza y seguridad. Este organismo se encarga de administrar, operando comercial y técnicamente las transacciones energéticas en el Mercado Energético Regional.
- g) **Comisión reguladora de la interconexión eléctrica (CRIE):** Siendo el organismo que regula el MER, se encarga de dictaminar y aprobar normativas, estableciendo sanciones, etc.
- h) **Empresa Propietaria de la Red (EPR):** La conforma los entes públicos del país, con el objetivo de mantener, desarrollar, financiar, la empresa EPR bajo la línea de accionistas propietarios de SIEPAC.

Estas son las empresas generadoras, instituciones transmisoras, entidades comercializadoras, compañías distribuidoras y administrador del mercado mayorista de energía, según ZummaRatings (2017):

### **Empresas Generadoras y Cogeneradoras de Energía Eléctrica**

- Textufile, S.A. de C.V. (Cogenerador)
- Cemento de El Salvador, S.A. de C.V. (Cogenerador)
- Ingenio El Ángel, S.A. de C.V. (Cogenerador)
- Compañía Azucarera Salvadoreña, S.A. de C.V. (Cogenerador)
- Ingenio La Cabaña, S.A. de C.V. (Cogenerador)
- Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL)
- Compañía Eléctrica Cucumacayán, S.A.
- Hidroeléctrica Sociedad De Matheu y Cía. de C.V.
- Nejapa Power Company, LLC.
- Sociedad Hidroeléctrica Sensunapán, S.A. de C.V.
- EGI HOLDCO El Salvador, S.A. de C.V.
- Duke Energy International, El Salvador
- LaGeo, S.A. de C.V.
- Generadora Eléctrica Central
- Inversiones Energéticas, S.A. de C.V.
- Energía Boreali

### **Institución Transmisora**

- Empresa Transmisora de El Salvador, S.A. de C.V.

### **Entidades Comercializadoras**

- Mercados Eléctricos, S.A. de C.V.
- ORIGEM, S.A. de C.V.
- Grupo ABRUZZO
- Cartotécnica Centroamericana, S.A.
- Excelergy, S.A. de C.V.
- Lynx, S.A. de C.V.
- Compañía de Energía de Centroamérica, S.A. de C.V.
- Duke Energy International, El Salvador
- de El Salvador, S.A. de C.V.
- Grupo Hasgar, S.A. de C. V.
- Conexión Energética Centroamericana Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (Comercializadora)

### **Compañías Distribuidoras**

- Compañía de Alumbrado Eléctrico de San Salvador, S.A. de C.V.
- Distribuidora de Electricidad del Sur, S.A. de C.V.
- Empresa Eléctrica de Oriente, S.A. de C.V.
- Compañía de Luz Eléctrica de Santa Ana y Cía. S en C. de C.V.

- Empresa Distribuidora Eléctrica Salvadoreña, S.A. de C.V.
- Distribuidora Eléctrica de Usulután, Sociedad de Economía Mixta

### Administrador del Mercado Mayorista

- Unidad de Transacciones, S.A. de C.V.

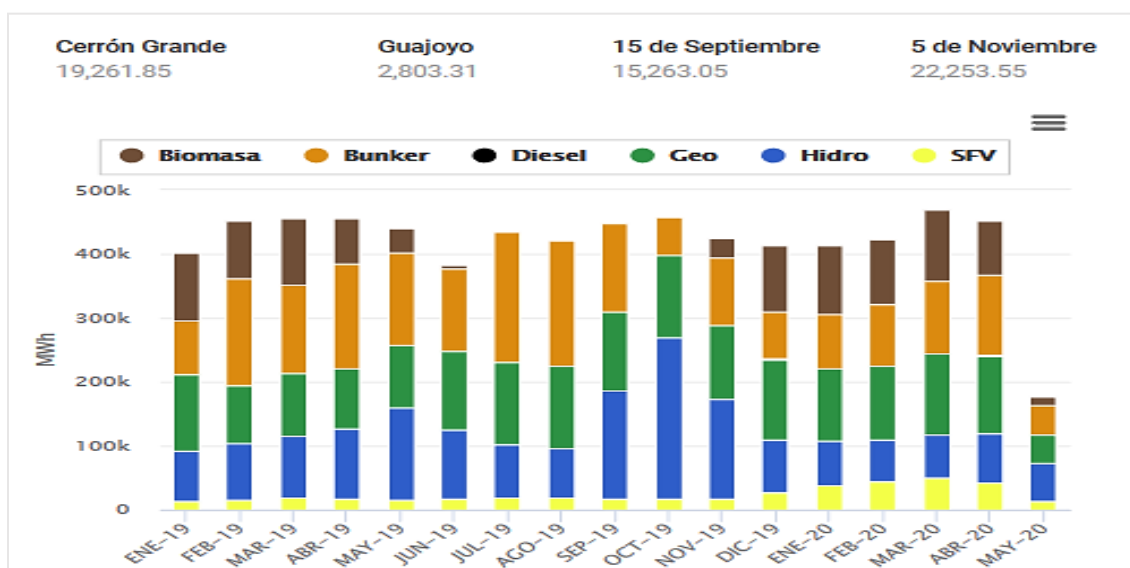
### Contexto actual del mercado

Se puede observar en la figura 2-7 los diferentes tipos de energía que se producen en El Salvador, junto con sus productores desde enero de 2019 hasta mayo de 2020. Según los datos del CNE en abril de 2020, los diferentes tipos de energía tienen la siguiente generación en MWh:

- Biomasa: 84,355.85 MWh
- Bunker: 125,517.6 MWh
- Diésel: 219.03 MWh
- Geotérmica: 121,428.12 MWh
- Hidroeléctrica: 77,176.72 MWh

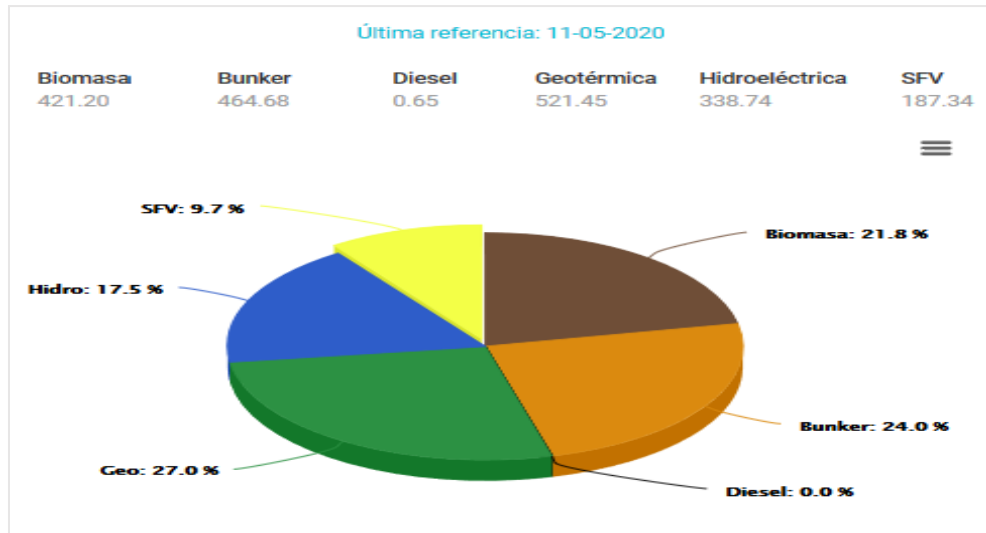
La energía que proviene del bunker resalta en su capacidad de generación siendo la que más ha aportado de todas, seguida de cerca por la geotérmica. En cambio, el Diésel es el que menos generación de energía tiene del grupo (figura 2-7). La energía bunker es la que ha tenido mayor participación dentro de la matriz de generación. Al primero de diciembre del 2019, está representaba un 32 %, más que la hidroeléctrica y la geotérmica, que son de los principales recursos que tiene el país.

**Figura 2-1. Generación mensual de energía eléctrica en El Salvador, expresada en megawatts hora (2019-2020)**



Fuente: Consejo Nacional de Energía (CNE).

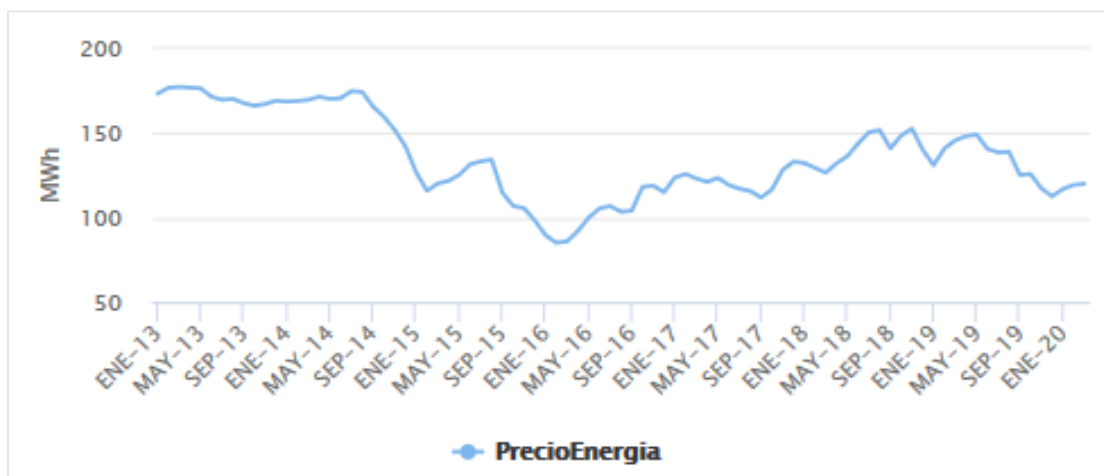
**Figura 2-2. Matriz de generación acumulada de El Salvador, expresada en gigawatts hora (2020)**



**Fuente:** Consejo Nacional de Energía (CNE).

El Salvador ha desarrollado una estrategia para diversificar su matriz eléctrica, para lograr incorporar nuevas tecnologías, sobre todo las de generación de ESF. Entre 2010 y 2017 el país incrementó en 30% su capacidad de generar energía y la participación del búnker disminuyó del 47% al 39%. Inclusive para el año 2020, teniendo como última referencia mayo, la energía geotérmica supera en un 3% a la energía búnker. Asimismo, la energía solar fotovoltaica (SFV) ha tenido un incremento casi del 10% en la matriz de generación acumulada (CNE, 2019).

**Figura 2-3. Evolución histórica del precio de la energía en El Salvador, expresada en dólares por megawatts hora (enero 2013- enero 2020)**



**Fuente:** Consejo Nacional de Energía (CNE).

En los últimos siete años, El Salvador ha presentado una tendencia a la baja en los precios de la energía. Desde 2014, hay una considerable reducción en los precios de la electricidad, que hasta el día de hoy no ha permitido el restablecimiento a los niveles anteriores, llegando a ser el punto más cercano a ello septiembre de 2018.

#### 1.1.4. Consumo de energía eléctrica en El Salvador

**Cuadro 2-1. Consumo final de energía eléctrica por empresa distribuidora en El Salvador, expresado en gigawatts hora (2017 y 2018)**

DISTRIBUIDORAS	2017	2018	Var. %
CAESS	2,203.91	2,113.39	-4.1%
DELSUR	1,474.00	1,490.44	1.1%
CLESA	892.99	920.24	3.1%
EEO	573.80	591.08	3.0%
DEUSEM	132.01	136.07	3.1%
EDESAL	108.85	108.48	-0.3%
B&D	28.99	32.71	12.9%
ABRUZZO	14.39	-	0.0%
<b>TOTAL</b>	<b>5,428.95</b>	<b>5,392.41</b>	<b>-0.7%</b>

**Fuente:** SIGET y Empresas Distribuidoras.

El consumo final de energía eléctrica registrado en el año 2018, de conformidad a la información proporcionada por las empresas distribuidoras, fue de 5,392.41 GWh, observando una reducción de 0.7 % respecto a la demanda final registrada en el año 2017, que fue de 5,428.95 GWh (no se cuenta con la información de ABRUZZO). Es importante destacar que CAESS y EDESAL tuvieron reducciones en comparación a su consumo en el 2017; la mayor reducción la presentó CAESS con 4.1 puntos porcentuales, seguido de EDESAL con 0.3 puntos porcentuales, y el mayor crecimiento lo presenta la empresa B&D con 12.9 puntos porcentuales<sup>15</sup>. (SIGET, 2018)

Según la SIGET (2018), los usuarios residenciales con un consumo máximo de 99 KWh por mes serán beneficiados por un subsidio de la siguiente manera:

- a) Para usuarios residenciales con consumo mensual desde uno hasta sesenta kilovatios hora, se subsidiará el cargo por energía. Dicho subsidio no podrá exceder de un monto total de TRES DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA (US\$3.00)<sup>16</sup>.
- b) Para usuarios residenciales con consumo mensual desde sesenta y uno hasta noventa y nueve kilovatios hora, se subsidiará el cargo de energía. Dicho subsidio no podrá exceder de un monto total de CUATRO DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA (US\$4.00).<sup>17</sup>

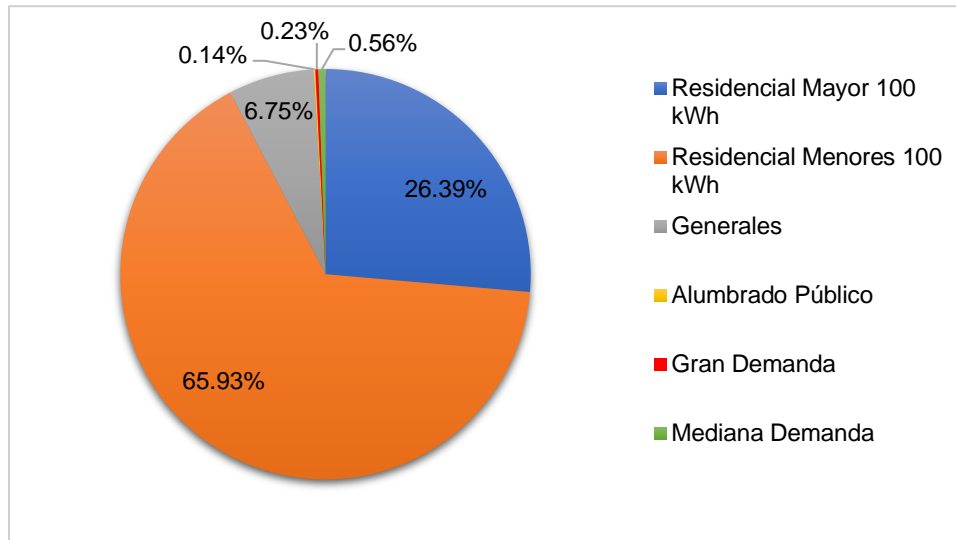
<sup>15</sup> El Salvador. Boletín de estadísticas eléctricas SIGET 2018. p 36.

<sup>16</sup> El Salvador. Boletín de estadísticas eléctricas SIGET 2018. p 38

<sup>17</sup> Ibíd

El subsidio en el cargo de energía que se detalla en los literales anteriores, debe incluir el impuesto de Transferencia de Bienes Muebles.

**Figura 2-4. Estructura de los usuarios conectados al sistema de distribución de El Salvador (2018)**



**Fuente:** SIGET y Empresas Distribuidoras.

#### 1.1.5. Consumo de energía según fuente de producción

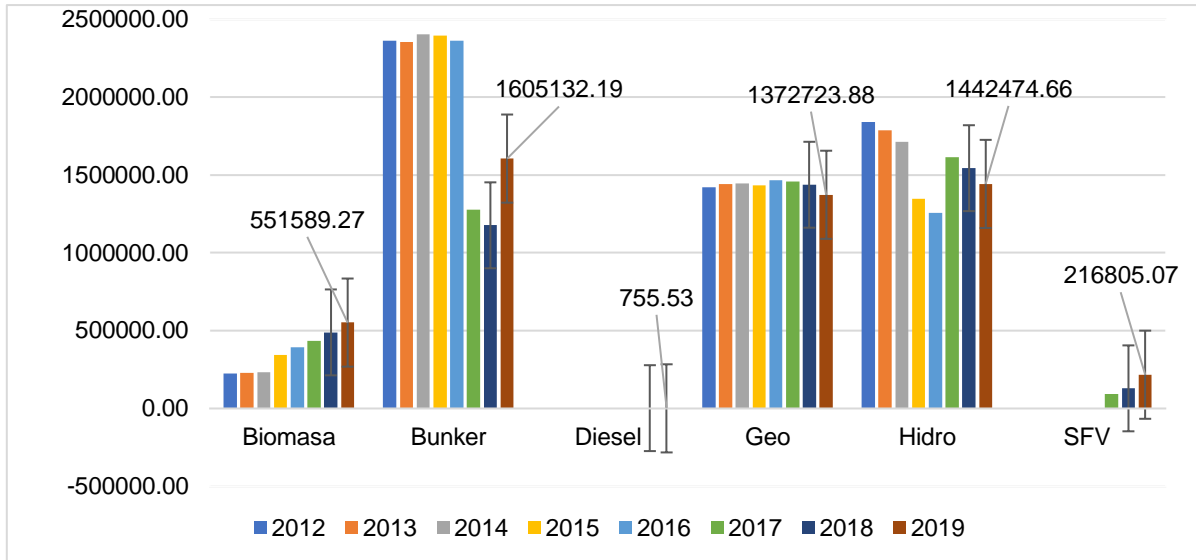
La Unidad de Transacciones del país (UT) es la encargada de grabar todas las compras y ventas de energía de El Salvador, tanto a nivel de consumo interno, como de exportaciones e importaciones, además de mantener el registro de las entidades que venden y distribuyen dicho servicio. La UT expresa que se posee una dependencia en el período evaluado (2012-2019) de más del 50% de la producción de energía eléctrica a base de bunker (energía térmica, que es producida por los derivados del petróleo), seguida por la producción de presas hidroeléctricas (Unidad de transacciones, 2019).

El mercado de energías es el que más inversión ha tenido en el país en los últimos años, desde que el gobierno aprobó en 2007 una ley que promueve e incentiva la producción de energías renovables; se ha diversificado el mercado de producción de energía eléctrica, siendo la última en incorporarse, la energía por sistema fotovoltaico.

Gracias a que el gobierno salvadoreño impulsó un proyecto de biomasa, cuya misión era diversificar la matriz de producción de energía, cumpliendo lo establecido en la Política Energética Nacional 2010-2014, por primera vez en 2016 se demostró la capacidad que tenía el país para poder explotar este tipo de generación de energía (Consejo Nacional de Energía de El Salvador, 2016).

Como se logra apreciar con los datos de la UT (figura 2-5), el uso de biomasa ha incrementado en el tiempo, y apunta a que se mantendrá creciendo, ya que este tipo de energía posee incentivos fiscales ante el pago de impuestos.

**Figura 2-5. Comparativo de la producción de energía por cada una de las fuentes de producción en El Salvador, expresado en megawatts (2012-2019)**



**Fuente:** Elaboración propia con datos del CNE y de la UT.

La energía por bunker, si bien es la que más se ha utilizado en el territorio nacional, ha visto mermado su uso debido a los esfuerzos del país por cumplir con la transformación de energías contaminantes a energías renovables y limpias que ayuden a combatir el cambio climático y la polución, que es un problema importante por afrontar en este siglo XXI. La energía por bunker ha pasado de representar el 47% a ser el 39% de la capacidad instalada del país (Orellana, 2020).

Esta disminución de la exigencia a mantener la capacidad instalada es sustentada por la implementación de la diversificación de las fuentes de producción de energía, como se observa en la figura 2-11. El declive del uso de energía por bunker se da cuando la energía por biomasa se encuentra en crecimiento y cuando se da inicio a la producción de energía solar fotovoltaica.

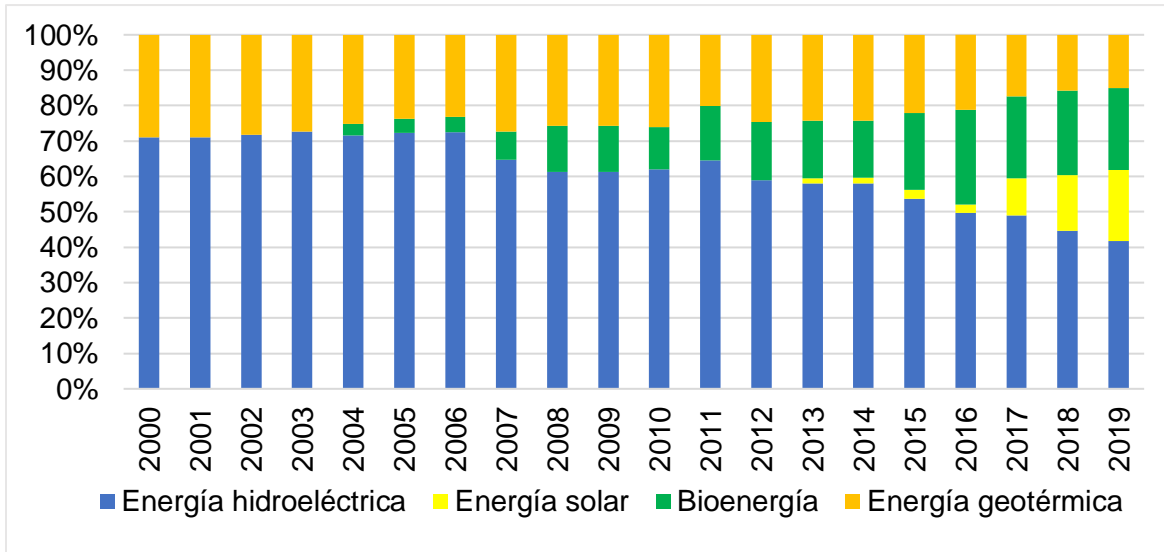
En 2015, bajo el gobierno del presidente Sánchez Cerén, AES El Salvador inaugura la primera planta de sistemas solares fotovoltaicos del país, la cual se estimó que generaría energía suficiente para 8,000 viviendas (2.5MW) (Segovia, 2015). No es hasta 2017 que la energía por sistemas SFV inicia la producción para inyección de energía en el país.

## 1.2. Tecnologías en El Salvador

El Salvador posee tecnología y maquinaria para producir electricidad a partir de energía solar, hidroeléctrica, geotérmica y biomasa, pero no posee capacidad instalada para energía eólica terrestre ni marina. Para la eólica terrestre, se espera el primer parque a finales del presente año (2020). La tecnología que ha predominado por excelencia ha sido la hidroeléctrica y la geotérmica, seguidas por la biomasa y la solar respectivamente. La evolución de su participación se observa en la figura 2-6.



**Figura 2-6. Participación de las distintas tecnologías en la capacidad eléctrica total de origen renovable en El Salvador, expresada en porcentajes (2000-2019)**



**Fuente:** Elaboración propia con datos de IRENA.

A nivel mundial el país aporta menos del 1% de la capacidad eléctrica total, específicamente para el periodo que comprende del 2000 al 2019 lo ha hecho en un rango de 0.048-0.075 puntos porcentuales. A nivel regional, El Salvador adquiere más representatividad, debido a que posee entre el 7% y el 12% del total de la capacidad instalada para Centroamérica y el Caribe dentro del mismo espacio temporal. A nivel centroamericano se encuentra por arriba de Nicaragua y Belice, pero por debajo de Costa Rica, Guatemala, Panamá y Honduras, precisamente en ese orden.

### 1.2.1. Energía Hidroeléctrica

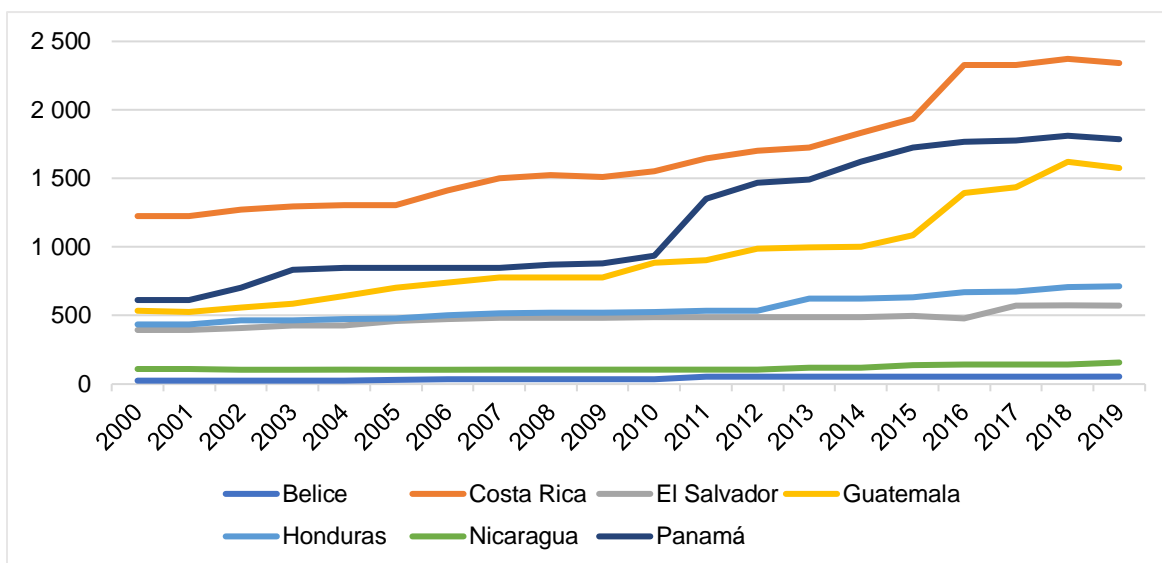
Es la energía renovable más desarrollada en el país y de la cual se reportan mayores aportes al suministro eléctrico; las principales centrales hidroeléctricas le corresponden a la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa, estas son: Guajoyo, Cerrón Grande, 5 de noviembre y 15 de septiembre (CEL, 2019). La central con mayor capacidad instalada es la 15 de septiembre, ubicada en los departamentos de San Vicente y Usulután, que cuenta con una capacidad nominal de 156 MW (CEL, 2019), si se compara con el mayor productor centroamericano, que es Costa Rica, su mayor central produce casi el doble.

Existen tres tipos de centrales hidroeléctricas:

- De pasada
- Embalse
- Bombeo

El Salvador cuenta con plantas de pasada y de embalse, aunque la más eficiente es la central de bombeo, ya que permite el almacenamiento de energía, lo que propicia la fácil regulación de oferta y demanda; a su vez existen tres tipos de turbinas que las impulsan, estas son las Kaplan, las Francis y las Pelton, siendo las dos primeras las que operan en el país (CEL, 2019).

**Figura 2-7. Comparativo de las capacidades instaladas para producir hidroelectricidad en Centroamérica, expresado en megawatts (2000-2019)**



**Fuente:** Elaboración propia con datos de IRENA.

Las centrales hidroeléctricas de pasada consisten en captar el agua de los ríos como viene, es decir, con base en sus propias oscilaciones según cada estación (EPEC, 2007). En el país, las centrales pequeñas que producen menos de 20 MW se basan en este sistema, por su parte, las centrales por embalse son las que más producen a nivel nacional y, por tanto, las que conforman el mercado energético de El Salvador. Su técnica consiste en aprovechar la diferencia de elevación entre el agua represada y la central, permitiendo regular el agua que pasa por las turbinas, lo que hace que se pueda suplir la demanda en las horas pico de consumo (EPEC, 2007).

Las turbinas utilizadas en el país sirven para caídas pequeñas y medianas de agua, las Kaplan se utilizan en caídas máximas de 50 metros, las Francis en caídas máximas de 700 metros. La diferencia en la producción de energía hidroeléctrica de El Salvador y los países que le anteceden en la región se encuentra en el volumen y la cantidad de proyectos, más allá de la tecnología utilizada, debido a que posee la misma tecnología que Costa Rica, pero este último produce más. A continuación, se presenta un comparativo de este respecto a los países centroamericanos (CEL, 2019).

Como se puede observar, la capacidad instalada de El Salvador solamente sobrepasa a la de Belice y Nicaragua, siendo que la capacidad eléctrica del país es en promedio 13 veces más que la de Belice y 4 veces más que la de Nicaragua. Las capacidades instaladas de Guatemala, Honduras, Panamá y Costa Rica son 0.6, 0.9, 2 y 3 veces más que la de El Salvador respectivamente.

### 1.2.2. Energía geotérmica

El país posee dos centrales geotérmicas, la central de Ahuachapán y la central de Berlín en Usulután. La primera posee 95 megawatts de capacidad instalada, mientras que la segunda 105.4 megawatts. Según LaGeo (ente rector), ambas están divididas en unidades que han ido añadiendo potencia instalada. La de Ahuachapán se divide de la siguiente forma:

- Unidad 1 habilitada en 1975: 30 MW de potencia.
- Unidad 2 habilitada en 1976: 30 MW de potencia.
- Unidad 3 habilitada en 1981: 35 MW de potencia.

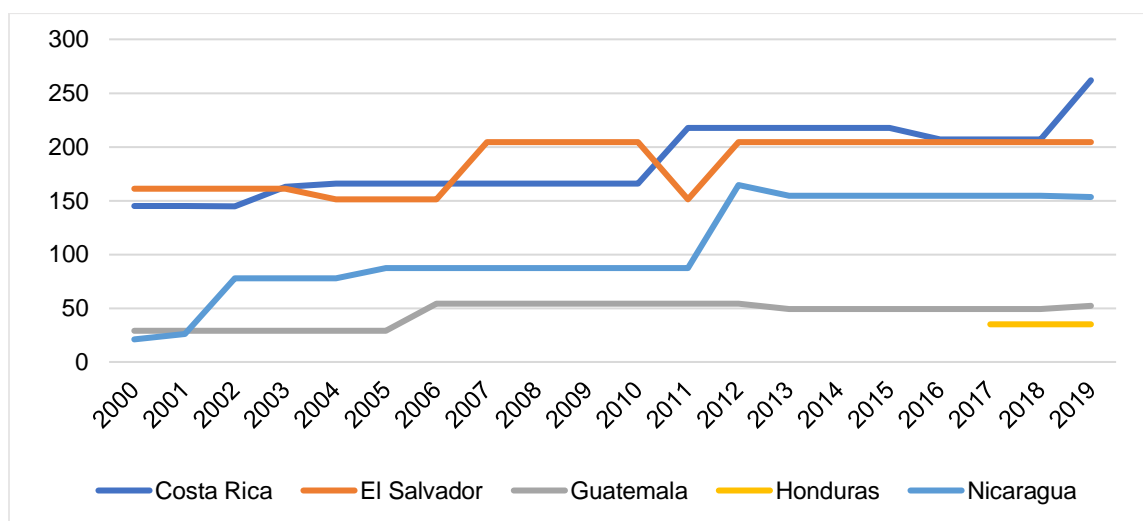
La central geotérmica de Berlín, se divide de la manera siguiente:

- Unidad 1 habilitada en 1999: 28.1 MW de potencia.
- Unidad 2 habilitada en 1999: 28.1 MW de potencia.
- Unidad 3 habilitada en 2007: 40 MW de potencia.
- Unidad 4 habilitada en 2007: 9.8 MW de potencia.

El Salvador posee el segundo lugar en cuanto a capacidad instalada para geotermia, situándose muy cerca de Costa Rica, que es actualmente el país centroamericano con mayor capacidad eléctrica utilizando este tipo de energía. Si se amplía el espectro de comparación y se incluye al Caribe, El Salvador sigue siendo muy representativo, debido a que tiene una participación en promedio de 35% del total de la capacidad instalada para la región. Esto se observa mejor en la figura 2-3.

Hay que tener en cuenta, que la diferencia entre Costa Rica y El Salvador en cuanto a capacidad instalada, se encuentra en que Costa Rica posee al menos dos plantas más que El Salvador. Para el año 2017 Costa Rica contaba con 165 proyectos aprobados para la producción de energía geotérmica, Nicaragua con 173 y El Salvador con 59 (Jorquera, 2017).

**Figura 2-8. Comparativo de las capacidades instaladas para producir electricidad a partir de la geotermia en Centroamérica, expresado en megawatts (2000-2019)**

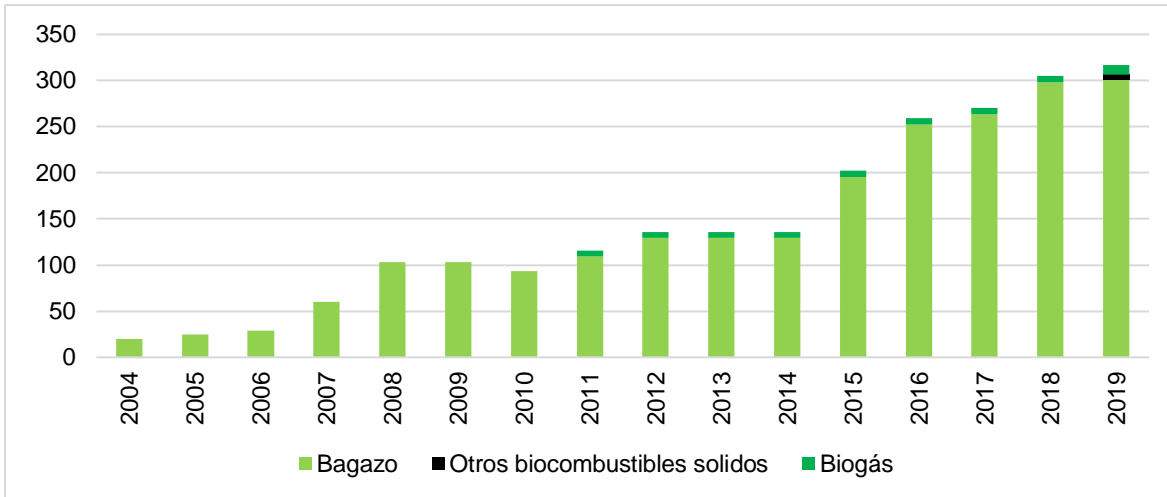


**Fuente:** Elaboración propia con datos de IRENA.

### 1.2.3. Bioenergía

A partir del año 2004, se empezó a contabilizar la capacidad instalada para energía eléctrica a partir de la biomasa en El Salvador, como se mostró en la figura 2-2, debido a la habilitación de infraestructura para crear bioenergía a través del bagazo de la caña de azúcar, proyecto que fue iniciado en el 2003 por la Compañía Azucarera Salvadoreña-CASSA (Consejo Nacional de Energía, 2007) y que aportó 20 megawatts.

**Figura 2-9. Evolución de la capacidad instalada de bioenergía para electricidad en El Salvador, expresada en megawatts (2004-2019)**



**Fuente:** Elaboración propia con datos de IRENA.

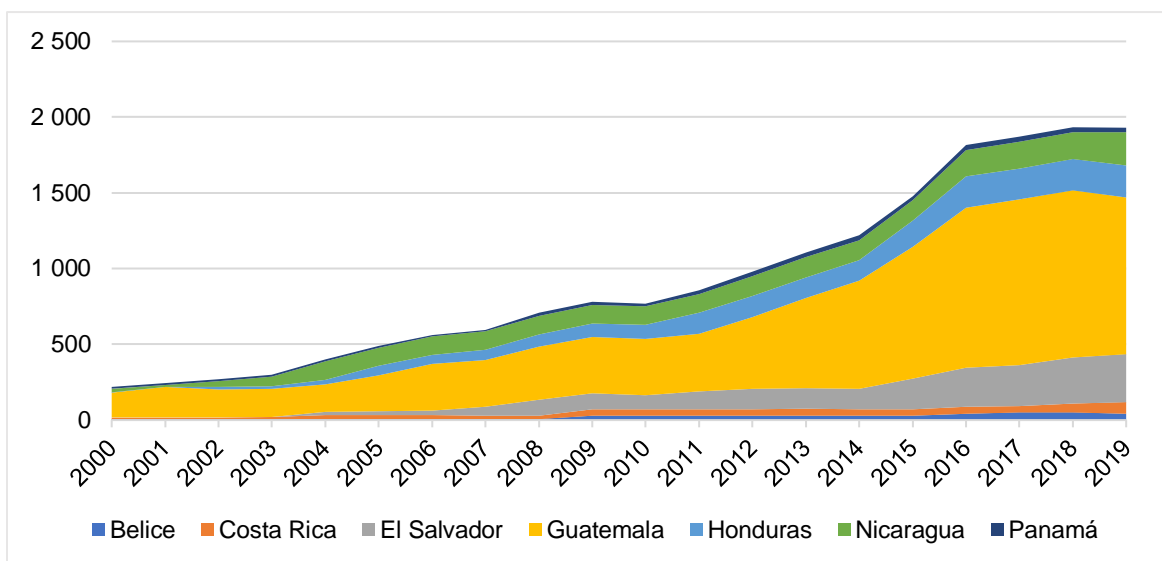
En el año 2008, se incluyó la participación de los proyectos de cogeneración “El Ángel” y “La Cabaña”, añadiendo potencia instalada igual a 22.5 y 21 megawatts respectivamente. La última adición registrada es la del ingenio azucarero Chaparrastique en el 2011 con 16 megawatts. La evolución de la potencia instalada para bagazo de caña de azúcar se ve ilustrada en la figura 2-4 (CNE, 2015).

En el año 2011, El Salvador empezó a generar biogás a partir de un relleno sanitario ubicado en Nejapa, que recibe residuos del área metropolitana de San Salvador. El proyecto inició con una capacidad instalada de 6.3 megawatts y ha logrado llegar a 11 megawatts en el año 2011 (CNE, 2015). Posteriormente en 2019, se empezó a utilizar capacidad instalada para producir energía a partir de biocombustibles sólidos no convencionales. El crecimiento de ambas capacidades se muestra en la figura 2-4 (IRENA, 2019).

Respecto a la región Centroamericana y el Caribe, el país ha tenido una representatividad promedio del 8% en cuanto a la capacidad instalada total y solo a nivel centroamericano es el segundo país con mayor capacidad eléctrica a partir de biomasa. Le antecede Guatemala con una potencia instalada que en promedio es 5 veces mayor a la salvadoreña y cuyo fuerte es la utilización del bagazo de la actividad agrícola, especialmente el de la caña de azúcar. El comparativo se muestra en la figura 2-5 (IRENA, 2019).

Guatemala produce bioenergía a partir de fuentes similares a las de El Salvador, sin embargo, la diferencia entre ambos países se encuentra en la cantidad de plantas de biomasa instaladas. Para el año 2011, Guatemala ya poseía 12 ingenios azucareros que destinaban su bagazo para producir energía eléctrica. Además, contaba con más de 5 destilerías para la producción de bioetanol a partir de mieles cristalizadas de la producción de azúcar y una pequeña producción de biodiesel a partir de cultivos de palma africana (cultivo energético). El Salvador, en cambio, empezó a producir biocombustibles hasta el año 2019 (Instituto de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, 2014).

**Figura 2-10. Comparativo de las capacidades instaladas para producir electricidad a partir de la biomasa en Centroamérica, expresado en megawatts (2000-2019)**



**Fuente:** Elaboración propia con datos de IRENA.

#### 1.2.4. Energía solar

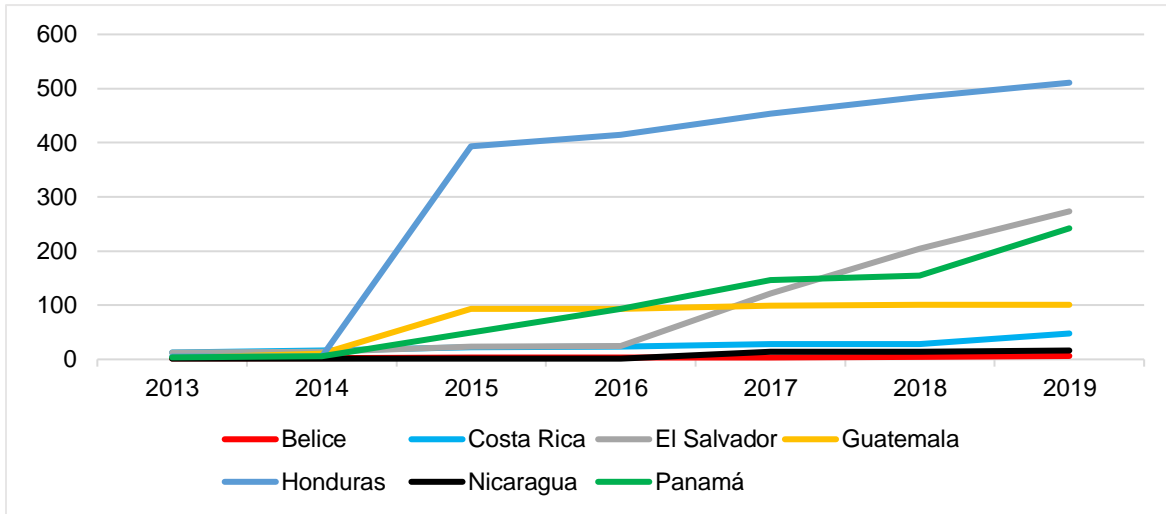
En Centroamérica solo existe capacidad instalada para producir energía solar fotovoltaica para la generación de electricidad. El Salvador es el segundo país centroamericano que más capacidad eléctrica posee para esta energía, a pesar de que empezó a incursionar en el mercado mayorista a partir del año 2013. Desde entonces, ha representado aproximadamente el 17.3% de la capacidad instalada total en Centroamérica, teniendo un crecimiento sostenido desde el 2016.

Si se amplía el análisis a Centroamérica y el Caribe, El Salvador ha representado entre el 2% y el 13% del total de la capacidad instalada para la producción de electricidad por medio de energía solar. El país cuenta con más de 130 sistemas fotovoltaicos conectados a la red salvadoreña para autoconsumo, entre los que figuran escuelas, universidades, residenciales, edificios privados y gubernamentales (Consejo Nacional de Energía, 2013), que en total aportan aproximadamente 27 megawatts a la capacidad instalada. A su vez, posee 10 proyectos para la venta de energía en el mercado minorista, los cuales aportan 107.13 megawatts a la capacidad eléctrica (Consejo Nacional de Energía, 2015).

Desde el año 2015 Honduras ha sobrepasado a El Salvador en cuanto a capacidad instalada. En ese año, la capacidad eléctrica de Honduras fue 17 veces más que la de El Salvador, pero este diferencial ha ido disminuyendo hasta llegar al año 2019, en el que la capacidad eléctrica de Honduras fue solo 2 veces más grande que la de El Salvador.

A continuación, se presenta el contraste entre los países centroamericanos respecto a sus capacidades instaladas para producir electricidad mediante energía solar, destacando que solo se toman en cuenta los años relevantes en los que se tuvieron aumentos significativos de las mismas.

**Figura 2-11. Comparativo de las capacidades instaladas para producir electricidad a partir de energía solar en Centroamérica, expresado en megawatts (2013-2019)**

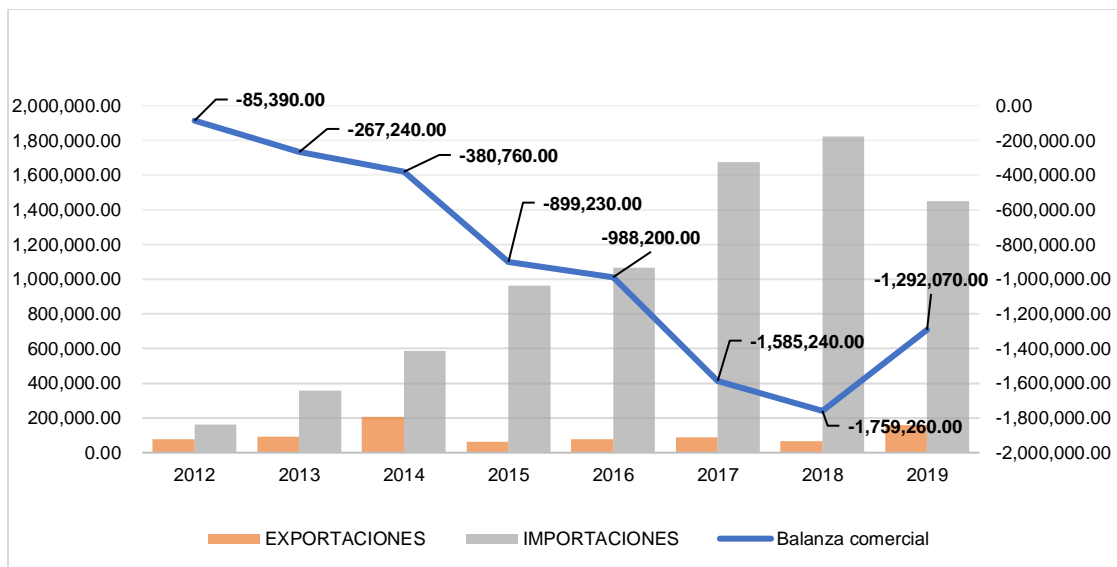


Fuente: Elaboración propia con datos de IRENA.

### 1.3. La balanza comercial energética actual

Una de las formas más sencillas de medir el peso del mercado de producción de energía salvadoreña, es ver si abastece o no la demanda de energía que posee el país, siendo una imagen de ello, las cantidades de energía que exporta e importa. La balanza comercial del país, analizada de 2012 a 2019, tiene su punto de exportación más alto en 2014, con 207,740 MW, y su punto de importación más alto en 2018, con 1,824,100 MW.

**Figura 2-12. Comparativo de importaciones y exportaciones de energía en El Salvador, expresado en megawatts (2012-2019)**



Fuente: Elaboración propia con datos de la UT.

## **UNIDAD II. PLANES DE DESARROLLO 2009-2019**

La estrategia de desarrollo por un gobierno recién electo en El Salvador se muestra en el Plan Quinquenal de Desarrollo, donde se sientan las bases sobre las cuales trabajará dicho gobierno. El Plan Quinquenal de Desarrollo muestra las políticas que se implementarán durante cinco años (periodo presidencial), en materia social, económica, medioambiental y política. Sin embargo, esta unidad solamente abordará la política nacional de energía de los dos últimos gobiernos.

### **2.1. Política nacional de energía 2009-2014**

El quinquenio a tratar estuvo a cargo de Carlos Mauricio Funes Cartagena, siendo el primer presidente del partido Frente Farabundo Martí para la Liberación Nacional (FMLN). El FMLN era considerado el principal exponente de una postura política de izquierda en El Salvador, razón por la cual se tenían muchas expectativas con su posicionamiento en el poder. Una de las principales apuestas de su plan de desarrollo fue sobre el recurso energético, ya que contemplaba que un adecuado manejo de este mejoraría las condiciones de vida de la población, dado que las inversiones en proyectos para generar y abastecer electricidad son cuantiosas y capaces de activar el aparato productivo (Gobierno de El Salvador, 2010).

El problema del cambio climático se tomó con relevancia dentro del plan en mención, debido al contexto marcado por la Tormenta Ida (noviembre de 2009), que dejó grandes pérdidas en el territorio, incluyendo pérdidas humanas y materiales. De ahí que, la política energética nacional también respondiera a favor de reducir la contaminación en función de mitigar los daños realizados a las barreras propias del medio ambiente, cuya tarea es disminuir los efectos de desastres naturales.

Según el Gobierno de El Salvador (2010), la política nacional de energía iba a dar respuesta a cuatro objetivos prioritarios:

- Lograr que toda la población tenga acceso a energía eléctrica, de forma permanente y a un precio justo.
- Reestablecer la participación del Estado como ente supervisor del sector.
- Disminuir la dependencia que tiene la matriz energética sobre los combustibles fósiles, reemplazándola por fuentes de origen renovable.
- Reducir los efectos negativos que puedan tener los proyectos energéticos sobre el medio ambiente y la sociedad.

Para lograr los objetivos planteados, el Gobierno de El Salvador (2010) estableció en su Plan Quinquenal de Desarrollo seis lineamientos a seguir:

- Incorporar nuevas fuentes de energía renovable en sustitución del petróleo.
- Involucrar al Estado en el funcionamiento del sector de electricidad mediante el marco legal, para facilitar la protección de los usuarios del servicio.

- Concientizar a la población sobre los beneficios del uso eficiente de la energía y así disminuir la emisión de gases de efecto invernadero.
- Priorizar la inversión en proyectos cuya ubicación sea de difícil acceso, en su mayoría de áreas rurales, así como también la implementación de tarifas preferenciales para la población con ingresos más bajos.
- Invertir más en investigación y desarrollo (I+D) de tecnologías para el sector.
- Buscar la integración energética con el resto de países de Centroamérica, con la finalidad de obtener más fuentes de energía y a menores costos.

De lo anterior, se podría concluir que la política nacional de energía brindaba las condiciones para introducir proyectos de energía renovable. Sin embargo, para evaluar el alcance real de dicha política es necesario contrastarla con lo efectivamente realizado. Para ello es pertinente centrarse en los hechos relevantes del periodo comprendido.

#### **a) Principales proyectos de energía renovable**

Los proyectos de mayor prioridad en el sector de energía eran dos: la construcción de la Presa El Chaparral y la ampliación de la Presa 5 de Noviembre, para los cuales se pretendía destinar un total de 416.9 millones de dólares (Gobierno de El Salvador, 2010). Cabe mencionar, que ninguno de los proyectos se concluyó dentro del quinquenio, pero si se realizó la erogación de recursos para llevarlos a cabo e incluso fue mayor a la planeada. En la actualidad, aún no se tiene certeza sobre el destino de las inversiones, pues los procesos fueron poco transparentes y no pasaron de las fases de diseño y concesiones legales.

El desarrollo del proyecto de la Presa El Chaparral fue uno de los más criticados durante este gobierno, por su complejo proceso de contratación y por los sobrepagos pagados a la empresa que se encargó de su diseño y posterior rediseño. Al término de la presidencia de Funes, no se había empezado la construcción de la obra (FUSADES, 2014).

#### **b) Acceso a la energía eléctrica**

La población con acceso a la electricidad incrementó un poco más que en el periodo previo (2004-2009), cuyo presidente fue Elías Antonio Saca González, representante de un partido de derecha. En el periodo del ex presidente Funes, la población con acceso a energía eléctrica pasó de ser el 91% al 95% del total, incrementando este indicador en 4.1% (Grupo Banco Mundial, 2020) (ver anexo 1). Esto se le puede atribuir a las inversiones realizadas en los 100 municipios de mayor vulnerabilidad económica, ya que el aumento de la electrificación en la zona rural excede por mucho a la de la zona urbana.

Según el Banco Mundial (2020), la electrificación en el área urbana aumentó en 1.2% aproximadamente, en cambio en el área rural se percibió un incremento superior al 8% (ver anexo 2). Los resultados muestran que sí se cumplió parte del objetivo referente al acceso a la electricidad, pero siguió existiendo una brecha considerable entre la población urbana y rural respecto al acceso al servicio eléctrico.

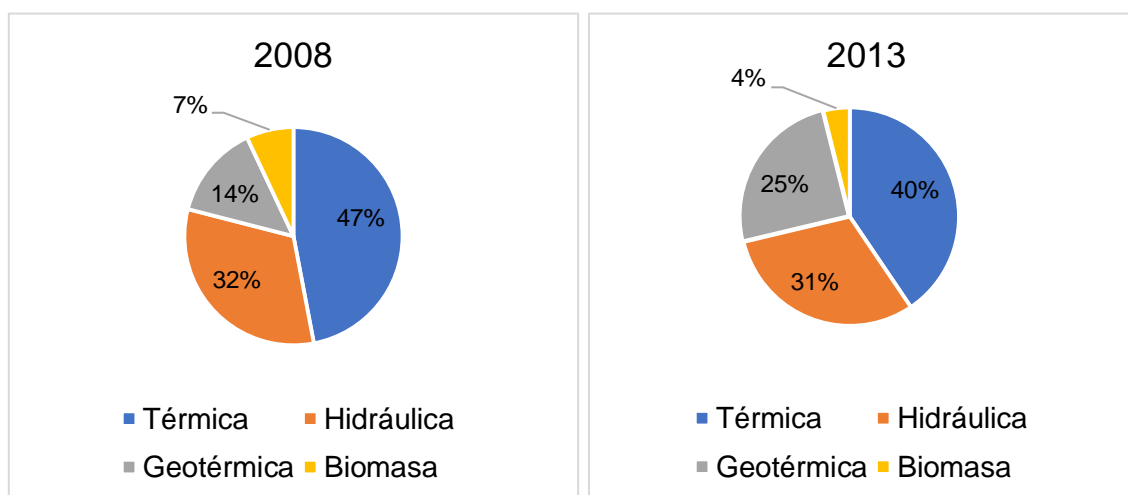


### c) Diversificación de la matriz energética

En el año 2008, la mayor parte de la electricidad producida en el país venía de energía térmica, la cual utilizaba el petróleo como combustible principal en su generación. Específicamente, la energía térmica aportaba el 47% de la electricidad del territorio, seguida por la energía hidráulica, geotérmica y biomasa, en ese orden de contribución. Durante el gobierno de Mauricio Funes se dio una reducción en el uso de energía térmica, respaldada por el uso de energía geotérmica, reduciendo en 7% el uso de combustibles fósiles en la producción de energía eléctrica (CNE, 2020). Ver detalle en la figura 2-13.

En cuanto a la introducción de nuevas tecnologías en la producción de electricidad (eólica y solar), no se percibió mayor avance, ya que se siguió produciendo con las mismas fuentes del periodo anterior; solamente hubo una redistribución que disminuyó la carga sobre la energía térmica.

**Figura 2-13. Comparativo de matrices energéticas en El Salvador, expresado en porcentajes (2008 y 2013)**



**Fuente:** Elaboración propia con datos del CNE y la SIGET.

## 2.2. Política nacional de energía 2014-2019

El gobierno de este quinquenio también tuvo como presidente a un representante del partido FMLN, Salvador Sánchez Cerén. El Plan Quinquenal de Desarrollo presentado durante dicho periodo, parecía tener estrategias más concretas, pues se acompañaban de líneas de acción y metas más específicas. Además, los objetivos de cada sector no se presentaban de forma aislada, sino que se relacionaban y apoyaban entre sí, por lo que se llegó a pensar que era un plan más completo en comparación con el que presentó el gobierno anterior.

Para el sector energético se establecieron cinco líneas de acción que daban respuesta a tres estrategias a implementar, resumidas en el cuadro 2-2.

**Cuadro 2-2. Resumen de estrategias y líneas de acción que el gobierno implementaría dentro del sector eléctrico en El Salvador (2014-2019)**

Estrategia	Línea de acción
Diversificar la matriz energética con fuentes de origen renovable y sostenible	Aumentar la producción de energía renovable, así como su uso eficiente.
	Reestructurar y actualizar el marco que regula el uso de las fuentes de energía renovable.
	Incrementar la producción de energía geotérmica, solar y eólica.
Proteger la economía de los hogares en sectores más vulnerables	Reducir los costos en la producción de energía eléctrica para disminuir el precio que paga el usuario final, mediante políticas de eficiencia energética.
Garantizar la seguridad hídrica en el país para mejorar las condiciones de vida y promover el desarrollo incluyente e igualitario	Realizar una política que regule el uso del agua para la generación de energía eléctrica.

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Gobierno de El Salvador.

Según el Gobierno de El Salvador (2015), el Plan Quinquenal de Desarrollo planteó cumplir al menos dos metas en el sector de electricidad:

- Aumentar la producción de electricidad de las fuentes de energía renovable en un 15%, respecto al total de la producción.
- Ampliar el acceso a la electricidad de los hogares por lo menos en 2%.

Más allá de lo que el informe presentó, lo importante es medir su desarrollo efectivo. Para ello se presentará una recopilación de las acciones más relevantes durante este gobierno, empezando por el cumplimiento de las metas mencionadas, que fueron planteadas como lo mínimo a cumplir.

**a) Aumentar la producción de las fuentes de energía renovable**

Se logró aumentar la producción de energía de orígenes renovables como lo establecía la meta: la matriz energética del año 2018 mostró una reducción en la participación de la

energía térmica en un 16%. En ese año la energía que más produjo electricidad fue la hidroeléctrica, con un 33% del total (ver anexo 3).

Un aspecto a destacar de este periodo es que se empezó a producir electricidad a partir de energía solar en el año 2017, respondiendo a una de las líneas de acción mencionadas. Además, en este lapso de tiempo la energía producida por biomasa se duplicó y se concluyó la expansión de la Presa 5 de Noviembre, que añadió 80 MW de capacidad instalada a la red eléctrica (MARN, 2016). Las fuentes naturales de energía adquirieron un papel protagónico.

#### **b) Ampliar la cobertura del acceso a la energía eléctrica**

Según el Banco Mundial (2020), durante el periodo del ex presidente Sánchez Cerén, la población con acceso a la electricidad aumentó en más de dos puntos porcentuales; aproximadamente en cinco. Este resultado indicaría que todos los habitantes del país cuentan con cobertura eléctrica (ver anexo 4).

En cuanto al precio de la electricidad, se percibió una considerable reducción, posicionando el valor promedio por debajo de los valores presentados en los dos últimos años del gobierno de Mauricio Funes (CNE, 2020). Sin embargo, el periodo se caracterizó por una intermitente subida y bajada de precios, hecho que provocó el descontento de la población.

#### **c) Aspectos regulatorios**

Previo al quinquenio tratado, El Salvador ya contaba con una Ley de Incentivos Fiscales para el Fomento de las Energías Renovables, pero en la presidencia de Sánchez Cerén se aprobó una serie de reformas que flexibilizaban las condiciones para acceder al trato preferencial de la ley, con la finalidad de dinamizar la inversión de este tipo. De forma específica, las reformas consistieron en añadir a la lista de posibles beneficiados más recursos naturales y tecnologías nacientes, así como incluir proyectos de gran magnitud<sup>18</sup> y ampliaciones en centrales ya establecidas (Mejía Orantes, 2015).

Respecto al uso de los mantos acuíferos en la producción de electricidad, no se encontró una ley que regule esta actividad aún, considerándose necesaria por los efectos que tiene devolver el agua embalsada a su ecosistema natural.

---

<sup>18</sup> Antes de la reforma, los que gozaban de los beneficios de la ley eran proyectos a pequeña escala, con una capacidad máxima de 20 MW.

## **UNIDAD III. PLAN DE INVERSIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES**

### **3.1. Marco regulatorio**

#### **3.1.1. Antecedentes de la Legislación Ambiental en El Salvador**

A inicio de los ochenta se crea el Servicio de Parques Nacionales y Vida Silvestre, por medio de un acuerdo ejecutivo en 1981. Este servicio pasó a formar parte de la Dirección General de Recursos Naturales, dependiendo directamente del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Con el paso del tiempo y el creciente deterioro ambiental, se crea La Ley de Conservación de Vida Silvestre<sup>19</sup> (Diario Oficial, 1994) (Gonzáles, Muñóz Hernández, & Padilla, 2007).

Se crea el FONAES en junio de 1994, se adscrita a MIPLAN para ser la nueva entidad de derecho público descentralizada. Un mes después se crea SEMA, la Secretaría del Medio Ambiente. Con el objetivo de gestionar integralmente el medio ambiente (Diario Oficial, 1994) (Gonzáles, Muñóz Hernández, & Padilla, 2007).

En mayo de 1997 se crea el MARN para conservar, mejorar, restaurar, y usar de forma racional los recursos del medio ambiente. Las atribuciones y funciones del MARN fueron establecidas según el reglamento interno del Órgano Ejecutivo. Además, en julio se traslada la relación de FOES al MARN (Diario Oficial, 1994) (Gonzáles, Muñóz Hernández, & Padilla, 2007).

Con el objetivo de proteger, conservar y recuperar el medio ambiente, en marzo de 1998 se emite la Ley Del Medio Ambiente. Esto supone para el país una legislación que cumpla con principios medioambientales en el ámbito económico y social. Además, la ley debe asegurar su aplicación en el sector privado y público, incluyendo convenios internacionales de El Salvador con otros países (Diario Oficial, 1998) (Gonzáles, Muñóz Hernández, & Padilla, 2007).

Para obtener alianzas estratégicas entre diferentes autoridades ambientales en septiembre de 2004 se crea el Consejo Nacional del Medio Ambiente. Para darle seguimiento a la Ley se emitieron los siguientes reglamentos medioambientales: Control de Aguas Residuales; Normas Técnicas de Calidad Ambiental; Control de las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono; Manejo de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos sobre el Manejo Integral de Desechos Sólidos (Diario Oficial, 2000) (Gonzáles, Muñóz Hernández, & Padilla, 2007).

En 2005 se establece un régimen legal para la administración, incremento y control de las áreas naturales protegidas, bajo la Ley de Áreas Naturales Protegidas (Diario Oficial, 2005) (Gonzáles, Muñóz Hernández, & Padilla, 2007).

---

<sup>19</sup> El Estado necesitaba crear una legislación que respalde la conservación, protección, y mejoramiento de la vida silvestre

### 3.1.2. Gestión institucional ambiental en El Salvador

#### 3.1.2.1. Organismos Públicos responsables de la gestión ambiental

El Estado necesita proporcionar incentivos económicos y asistencia técnica con el objetivo de desarrollar programas que aumenten el interés social para proteger, desarrollar y sacarle partido a los recursos naturales.

Para lograr el objetivo mencionado, El Salvador cuenta con instituciones públicas que responden a las diferentes circunstancias mencionadas.

Bajo el Manual de Legislación Ambiental de El Salvador de 1999, las distintas instituciones públicas que son responsables de la materia ambiental según el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente son:

- a) **Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG):** Aplica leyes sectoriales para uso agropecuario a bosques, vida silvestre y agua. Mientras que CEL regula el uso del agua para energía; ANDA la regula para el uso humano (PNUMA, 1999).
- b) **Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN):** El objetivo del MARN es desarrollar las disposiciones de la Constitución de la República con la finalidad de proteger, conservar de forma sostenible el medioambiente, para lograr una calidad de vida para esta generación y las venideras. El MARN a su vez es el organismo rector de la política, la ley y protección del medio ambiente (PNUMA, 1999).
- c) **Ministerio de Educación (MINED):** A pesar no parecer ligado directamente, este ministerio fomenta a través del sistema educativo conciencia medioambiental, promoviendo la conservación de los recursos naturales del país (PNUMA, 1999).
- d) **Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MINSAL):** Entidad Estatal que tiene el control de calidad de los productos farmacéuticos, veterinarios y químicos, a través del Código de Salud (PNUMA, 1999).

A parte de los ministerios detallados anteriormente, existe el Congreso Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), que tiene por finalidad racionalizar de forma óptima los recursos naturales y el Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente (SINAMA), el cual lo conforman los diferentes ministerios y entes descentralizados de unidades del medio ambiente. Mientras que la gestión ambiental a nivel municipal lo tienen las alcaldías con base al Código Municipal.

#### 3.1.2.2. Derechos Constitucionales en Materia Ambiental

Los derechos constitucionales en términos de materia ambiental, según la Constitución de la República (2006) son los siguientes:

**Derecho a un Ambiente Sano.** Explícitamente la Constitución no incluye el derecho de los ciudadanos a un ambiente sano; sin embargo, contiene algunas disposiciones que pueden implicar el derecho a un ambiente sano, estas son: declarar de interés social la protección, restauración, desarrollo y aprovechamiento de los recursos

naturales<sup>20</sup>. En este mismo artículo se establece que la protección, restauración, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales y del medio ambiente serán objeto de Leyes Especiales. Además, la constitución establece que el Estado adoptará políticas de población con el fin de asegurar el mayor bienestar a los habitantes de la República<sup>21</sup>.

**Derecho a la Información.** La Constitución de la República de El Salvador no cuenta con disposición alguna respecto al acceso de la información ambiental, sin embargo, la Ley del Medio Ambiente si lo considera.

**Derecho a la Educación.** En la constitución se establece que es obligatoria la incorporación de la enseñanza de la conservación de los recursos naturales y de los derechos humanos (los cuales incluyen el derecho a un ambiente sano) en todos los planes y programas de estudio de todos los centros docentes públicos o privados, civiles o militares<sup>22</sup>.

**Derecho a la Salud.** La Constitución garantiza que es deber del Estado el hecho de proveer los recursos necesarios para el control permanente de la calidad de los productos químicos, farmacéuticos y veterinarios a través de organismos de vigilancia. Además, establece que el Estado es el responsable del control de la calidad de los productos alimenticios y las condiciones ambientales que puedan afectar la salud y el bienestar humano<sup>23</sup>.

**Disposición sobre Protección del Medio Ambiente.** En la Constitución de la República de El Salvador no existe disposición explícita que contemple la protección del medio ambiente.

**Disposiciones sobre el Manejo de los Recursos.** Como ya se mencionó, la Constitución en su artículo 117 otorga al Estado el poder necesario para crear incentivos económicos y proporcionar asistencia técnica para el desarrollo de programas adecuados para un manejo apropiado de los recursos naturales.

**Disposiciones de Participación Civil.** La Constitución no contiene mecanismo alguno de participación civil.

### 3.1.3. Instrumentos de la Política Ambiental

Los instrumentos de la política del medio ambiente que identifica la Ley del Medio Ambiente en su artículo 11 son los siguientes:

- a) El Ordenamiento Ambiental dentro de los Planes Nacionales o Regionales de Desarrollo y de Ordenamiento Territorial. Toda política, plan o programa de desarrollo y ordenamiento territorial de carácter nacional, regional o local, antes de su aprobación, deberá incorporarse a los criterios del régimen ambiental. Los criterios a tener en cuenta son: valoración económica de los recursos naturales, que incluya los servicios ambientales; las características ambientales del lugar y sus ecosistemas; los desequilibrios existentes por efectos de los asentamientos

---

<sup>20</sup> El Salvador. Constitución de la República, 2006. Artículo 117

<sup>21</sup> El Salvador. Constitución de la República, 2006. Artículo 118

<sup>22</sup> El Salvador. Constitución de la República, 2006. Artículo 60

<sup>23</sup> El Salvador. Constitución de la República, 2006. Artículo 69

humanos y las actividades de desarrollo. Además, se debe tener presente el equilibrio que debe existir entre asentamientos humanos, actividades de desarrollo, factores demográficos y medidas de conservación<sup>24</sup>.

- b) La Evaluación Ambiental. El Sistema de Evaluación Ambiental identifica los siguientes instrumentos dentro de un proceso de evaluación: evaluación ambiental estratégica, evaluación de impacto ambiental, programa ambiental, permiso ambiental, diagnósticos ambientales, auditorías ambientales y consulta pública<sup>25</sup>.
- c) La Información Ambiental. Según la Ley del Medio Ambiente, el MARN junto con las instituciones que conforman el Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente son los responsables de recopilar, actualizar y publicar la información ambiental que les corresponda manejar; estas mismas Instituciones deben suministrar la información que el MARN solicite, la cual será de acceso público<sup>26</sup>.
- d) La Participación de la Población. La Ley del Medio Ambiente establece mecanismos para la participación civil en consultas, con el objetivo de que las comunidades y los diferentes sectores de la población puedan participar de los temas de interés relacionados con el medio ambiente y los recursos naturales<sup>27</sup>.
- e) Los Programas de Incentivos y Desincentivos Ambientales, para facilitar la reconversión de procesos y actividades contaminantes.
- f) El Fondo Ambiental de El Salvador y cualquier otro programa de financiamiento de proyectos ambientales.
- g) La Ciencia y Tecnología Aplicadas al Medio Ambiente.
- h) La Educación y Formación Ambiental.
- i) La Estrategia Nacional del Medio Ambiente y su Plan de Acción.

Los instrumentos con objetivo de proteger el medio ambiente a través de una estructura organizada de forma institucional y administrativa, mediante un ambiente ecológicamente sano y equilibrado. Estos instrumentos pueden ser de dos tipos, compensatorios<sup>28</sup> y represivos<sup>29</sup>.

Las distintas leyes creadas son las encargadas de establecer sanciones administrativas, donde cada una de estas tiene un sector particular (Ley de Riego y Avenamiento, Ley Forestal, Ley de Conservación de la Vida Silvestre, etc.).

---

<sup>24</sup> El Salvador. Ley del Medio Ambiente, 2006. Capítulo II, Artículo 10, p. 85

<sup>25</sup> El Salvador. Ley del Medio Ambiente, 2006. Capítulo II, Artículo 14-47, p. 87-107

<sup>26</sup> El Salvador. Ley del Medio Ambiente, 2006. Capítulo III, Artículo 48-53, p. 106-108

<sup>27</sup> El Salvador. Ley del Medio Ambiente, 2006. Capítulo II, Artículo 12, p. 86

<sup>28</sup> Tiene como objetivos anticiparse a los daños hacia la naturaleza (carácter preventivo), y aplicar acciones cuando se ha ocasionado un daño (carácter reparador)

<sup>29</sup> Los instrumentos represivos nacen por incumplir la normativa ambiental y las disposiciones de la autoridad. Cuando esto sucede se deben aplicar sanciones administrativas o penales.

### **3.1.4. Normativas de Recursos Naturales**

#### **3.1.4.1. Ley de incentivos fiscales para el fomento de las energías renovables en la generación de electricidad**

Siendo el decreto legislativo N°462 y dentro de la materia de derecho tributario, la presente Ley fue aprobada por la asamblea legislativa en diciembre de 2007. Algunos de sus artículos más importantes son los siguientes:

La ley tiene por objeto promover la realización de inversiones en proyectos a partir del uso de fuentes renovables de energía, mediante el aprovechamiento de los recursos hidráulico, geotérmico, eólico y solar, así como de la biomasa, para la generación de energía eléctrica<sup>30</sup>. (Asamblea legislativa de El Salvador, 2007)

Estableciendo que el fomento del uso de las fuentes de energías renovables tiene el fin de contribuir a la protección del medioambiente y al uso de los recursos renovables existentes en el país para el suministro de energía eléctrica de calidad.<sup>31</sup>

Las personas naturales o jurídicas que sean titulares de inversiones en nuevos proyectos de instalación de centrales para la generación de energía eléctrica, utilizando las fuentes renovables establecidas en el Art. 1 de esta Ley, gozarán de los beneficios e incentivos fiscales siguientes, tal como lo establece el Art. 3 de la Ley de incentivos fiscales para el fomento de las energías renovables en la generación de electricidad (2007):

- a) Durante los diez primeros años gozarán de exención del pago de los Derechos Arancelarios de Importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de pre-inversión y de inversión en la construcción de las obras de las centrales para la generación de energía eléctrica, incluyendo la construcción de la línea de subtransmisión necesaria para transportar la energía desde la central de generación hasta las redes de transmisión y/o distribución eléctrica<sup>32</sup>.

La exención del pago de los Derechos Arancelarios a que se refiere el inciso anterior se aplicará a proyectos de hasta 20 megavatios (MW) y deberá ser solicitada al Ministerio de Hacienda 15 días antes de la importación de la maquinaria, equipos, materiales e insumos necesarios y destinados exclusivamente a desarrollar los proyectos de energías renovables, de conformidad con la documentación del proyecto avalada en la certificación emitida por la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, que en el texto de esta Ley, podrá denominarse SIGET<sup>33</sup>.

---

<sup>30</sup> El Salvador. Ley de Incentivos Fiscales Para el Fomento De Las Energías Renovables En La Generación De Electricidad, 2007. Capítulo I, Artículo 1, p. 2

<sup>31</sup> El Salvador. Ley de Incentivos Fiscales Para el Fomento De Las Energías Renovables En La Generación De Electricidad, 2007. Capítulo I, Artículo 2, p. 2

<sup>32</sup> El Salvador. Ley de Incentivos Fiscales Para el Fomento De Las Energías Renovables En La Generación De Electricidad, 2007. Capítulo I, Artículo 3, p. 3

<sup>33</sup> El Salvador. Ley de Incentivos Fiscales Para el Fomento De Las Energías Renovables En La Generación De Electricidad, 2007. Capítulo I, Artículo 3, p. 3



- b) Los ingresos derivados directamente de la generación de energía con base en fuente renovable, gozarán exención total del pago del Impuesto sobre la Renta por un período de cinco (5) años en el caso de los proyectos entre 10 y 20 megavatios (MW) y de diez (10) años en el caso de los proyectos de menos de 10 megavatios MW; en ambos casos, contados a partir del ejercicio fiscal en que obtenga ingresos derivados de energía con base en fuente renovable<sup>34</sup>.
- c) Exención total del pago de todo tipo de impuestos sobre los ingresos provenientes directamente de la venta de las "Reducciones Certificadas de Emisiones" (RCE) en el marco del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) o mercados de carbono similares, obtenidos por los proyectos calificados y beneficiados conforme a la presente Ley<sup>35</sup>.

Para obtener los diferentes beneficios detallados en el literal anterior, el beneficiario deberá cumplir con las siguientes condiciones según Ley de incentivos fiscales para el fomento de las energías renovables en la generación de electricidad (2007):

- i. Que los proyectos se encuentren debidamente registrados y certificados de conformidad con las modalidades y procedimientos del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kioto<sup>36</sup>.
- ii. Que los titulares de los proyectos calificados conforme a la presente Ley agreguen en su declaración de impuesto sobre la renta un detalle de las RCE expedidas, ingresos obtenidos producto de su venta, haciendo constar el nombre de los adquirentes<sup>37</sup>.
- iii. Presentar copia del contrato de compra de las reducciones certificadas de emisiones (siglas en inglés ERPA) en que conste la cantidad de dichas reducciones vendidas y el precio de su venta<sup>38</sup>.
- iv. Presentar constancia de parte del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales sobre la cantidad expedida de RCE<sup>39</sup>.

Aquellos proyectos de más de 20 megawatts de capacidad, podrán deducirse del Impuesto sobre la Renta, por un período máximo de diez años o que haya concluido con dichos procesos. Si éstos fueran de menos de una década, todos los gastos o costos indispensables para la investigación, exploración y preparación de proyectos generadores de energía eléctrica con base en fuentes renovables de energía, así como proyectos de reinyección total del recurso geotérmico. (Asamblea legislativa de El Salvador, 2007)

---

<sup>34</sup> *Ibíd.*, p. 3

<sup>35</sup> *Ibíd.*, p. 3

<sup>36</sup> *Ibíd.*, p. 3

<sup>37</sup> *Ibíd.*, p. 3

<sup>38</sup> *Ibíd.*, p. 3

<sup>39</sup> El Salvador. Ley de Incentivos Fiscales Para el Fomento De Las Energías Renovables En La Generación De Electricidad, 2007. Capítulo I, Artículo 3, p. 3

Para la deducción de estos gastos se requerirá previamente de la revisión y opinión técnica de la (SIGET) sobre:

- i) La realización de los gastos<sup>40</sup>.
- ii) Si los gastos son imputables a las actividades de investigación, exploración y preparación de proyectos. Asimismo, se requerirá de la calificación favorable de la Dirección General de Impuestos Internos. Cuya deducción no podrá exceder del 20% de los ingresos brutos generados en el año anterior y se llevará a cabo por medio de cuotas anuales que no superen el 25% de la renta obtenida en cada ejercicio, hasta su total amortización<sup>41</sup>.

Asamblea Legislativa (2007) decretó: “Los beneficios fiscales otorgados en este artículo se concederán únicamente a las actividades correspondientes a los proyectos de instalación de centrales para la generación de energía eléctrica, beneficiados por esta Ley” (p,4).

## **3.2. Recursos naturales de El Salvador**

### **3.2.1. Justificación en la delimitación de la propuesta**

La propuesta a realizar en este apartado estará enfocada en el desarrollo de energía solar y eólica dentro del territorio nacional, ya que han sido seleccionadas como las energías más factibles para expandir. Tomando como criterio de selección el análisis hecho a los recursos naturales disponibles. Además, se ha tomado en cuenta el cumplimiento de los objetivos de la investigación, que fueron presentados previamente.

El Salvador posee una matriz energética que depende en un 76% de fuentes renovables: geotérmica, biomasa e hídrica, precisamente en ese orden de aportación. Es decir, que estas tres fuentes de energía poseen tecnologías lo suficientemente maduras que, aunque se pueden expandir más, es conveniente que se desarrollen las nacientes: eólica y solar. Esto último con la finalidad de cerrar la brecha tecnológica existente entre El Salvador y otros países fuera de la región.

En el país, el porcentaje no renovable de la matriz energética es de origen térmico. La propuesta es disminuir la participación de dicha fuente, sustituyéndola con energía solar y eólica. Las razones por las que se descartan las demás renovables para cumplir esa función son las siguientes:

- Los recursos más útiles para la producción de energía con biomasa (incluido el biogás) se encuentran sobreexplotados. Los sitios más adecuados para la instalación de plantas de este tipo por su volumen de generación o recolección de residuos, ya están siendo utilizados.
- Explotar más el recurso hídrico del país podría suponer un grave problema ante la presente crisis de abastecimiento y saneamiento del agua.

---

<sup>40</sup> El Salvador. Ley de Incentivos Fiscales Para el Fomento De Las Energías Renovables En La Generación De Electricidad, 2007. Capítulo I, Artículo 3, p. 4

<sup>41</sup> *Ibíd.*, p.4

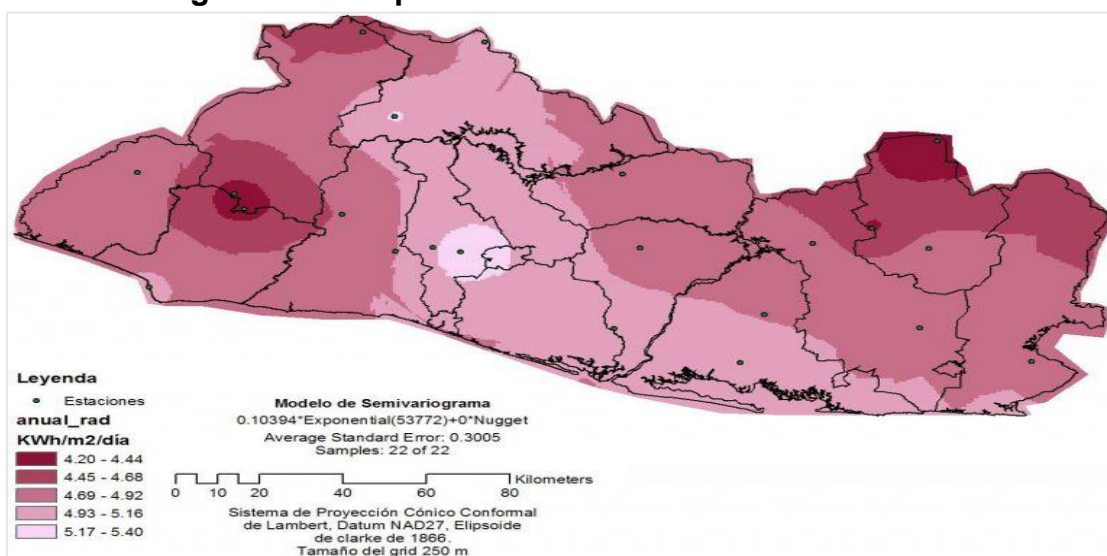
- La instalación de nuevas centrales geotérmicas conlleva un elevado costo de oportunidad durante sus primeras etapas, perdiendo millones de dólares si el potencial estimado de los reservorios no es el necesario.

La energía solar aporta menos del 10% a la energía total del país, razón por la cual aún existen sitios disponibles para su expansión. Abonado a esto, la irradiación solar promedio en todo el territorio es suficiente para generar electricidad, sin importar las condiciones meteorológicas. Por otro lado, el recurso eólico del país se empezará a explotar a finales del año 2020 y, de aumentar las instalaciones que lo utilicen, servirá de complemento para las centrales hidroeléctricas que disminuyen su producción durante el periodo seco del país.

### 3.2.2. Situación de los recursos para energía solar

El Salvador posee un recurso solar muy elevado. Esto se constata mediante los altos niveles de irradiación solar, especialmente los que se perciben en el área metropolitana del departamento de San Salvador. Existen otras zonas donde se podría aprovechar la potencia del sol, ubicadas en Cuscatlán, Chalatenango, San Vicente y Usulután (JICA, 2012).

**Figura 2-14. Mapa de irradiación solar de El Salvador**



**Fuente:** Ayala, et al., (2005, p.4-11).

Según un estudio realizado en 2005 por el programa de Evaluación de Recursos de Energía Solar y Eólica (SWERA, por sus siglas en inglés) junto a otras entidades nacionales, denominado “Determinación del potencial solar y eólico de El Salvador”, se estableció un mapa que indica los puntos de mayor irradiación solar en el país (figura 2-14). En él se muestra los lugares con mayor potencial para instalar proyectos SFV y de energía solar térmica para la generación de electricidad (JICA, 2012).

En el país, la mayor parte de electricidad que utiliza este recurso proviene de Sistemas Solares Fotovoltaicos<sup>42</sup> y, la mayoría de instalaciones destinan su generación para el autoconsumo. Existen más de 100 instituciones que suplen su demanda eléctrica (total o parcial) con SFV (Google, 2020), entre ellas figuran algunas universidades, escuelas, bancos, gasolineras, entre otras. Además, se contabilizan 14 empresas que suministran electricidad en el mercado minorista, cuyas capacidades instaladas no exceden los 20 MW.

### 3.2.2.1. Planes a desarrollar y obstáculos en su implementación

El país es óptimo para la instalación de ambos tipos de tecnología para generar energía. El gobierno en los últimos años luego de la presentación del reporte del Plan Maestro para el Desarrollo de energías renovables elaborado por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA, por sus siglas en inglés), impulsó más proyectos a gran escala con inversores privados. En 2012, 2016 y 2017 llevó a cabo licitaciones para que las distribuidoras de energía amplíen la construcción de estructuras de energías limpias, donde se lograría una capacidad de 304 MW a través de plantas fotovoltaicas, parques eólicos y generación de energía por biogás (Diario El Mundo, 2019).

**Cuadro 2-3. Proyectos ganadores de la licitación por el CNE (2017)**

Empresa Adjudicada	Potencia (MW)	Tecnología
Capella Solar	50	Fotovoltaico
Capella Solar	50	Fotovoltaico
Sonsonate Energía Ilimitada	10	Fotovoltaico
Asocio Eco solar	9.9	Fotovoltaico
Tracia Network	50	Eólico
<b>Total</b>	<b>169.9</b>	

**Fuente:** Elaborado por CNE, sf.

Según JICA (2012), las barreras a las que se pueden enfrentar las instalaciones de energía solar en El Salvador se pueden resumir de la siguiente forma:

- Altos costos de instalación debido a la baja demanda de paneles solares en El Salvador, y a la poca iniciativa gubernamental para su implementación por medio de subsidios que amparen al sector doméstico. Por ejemplo, Omnistport es una de las empresas en el país que ofrece su instalación y los precios no son asequibles: “un sistema fotovoltaico de aplicación residencial puede tener un costo de alrededor de US\$2,000 a US\$2,500 por kilowatt instalado” (Reyes, 2018). En la actualidad, ambos sistemas de

<sup>42</sup> Debido a que se adaptan mejor a las condiciones residenciales. Los sistemas de energía solar térmica necesitan grandes concentraciones de calor, las cuales se logran a través de espejos que potencian la intensidad de la luz. De ahí, que estos últimos sean más costosos.

generación de energía solar aún mantienen costos elevados para su implementación doméstica.

- Falta de personal de ingeniería capacitada para la evaluación e instalación de los sistemas. Debe desarrollarse un plan que capacite personal que se desenvuelva en este ámbito.
- Las cantidades de generación de energía solar son intermitentes, por lo que deben conseguir un respaldo estatal para poder vender la energía producida al mercado mayorista<sup>43</sup>.

Se ha comprobado que esta última adversidad no debería de representar una limitante en la producción de energía, ya que la irradiación solar es alta durante todo el año. Se ha estimado que diariamente ronda los 5.3 KWh por metro cuadrado, siendo superior a la de Alemania (CNE, s.f.), que suele posicionarse entre los principales productores de energía por esta vía. Solamente, en la ciudad de San Salvador se ha registrado que el mínimo apenas desciende los 5 KWh/m<sup>2</sup> y, el máximo supera los 6.5 KWh/m<sup>2</sup> (JICA, 2012).

### **Actualización en el avance de los proyectos**

Para los primeros y últimos meses del 2020, se tenía planificado el inicio de operaciones del proyecto Capella Solar, Sonsonate Energía Ilimitada y Asocio Eco solar. De ellos se sabe lo siguiente:

- Capella Solar se inauguró según su planificación en abril, con las plantas Albireo 1 y 2, quienes en conjunto suman una potencia de 140 MW (de 340 MW de licitación), y se estima serán capaces de inyectar aproximadamente el 4% del total del mercado eléctrico mayorista (Sánchez, 2020).
- En cuanto al proyecto Asocio Eco solar, se esperaba que empezara a trabajar en abril, pero hasta junio del 2020, aún se encuentra en construcción.
- Respecto a Sonsonate Energía Ilimitada, se espera su apertura para diciembre del mismo año.

### **3.2.3. Situación de los recursos para energía eólica**

En el año 2005 el programa de Evaluación de Recursos de Energía Solar y Eólica (SWERA, por sus siglas en inglés) elaboró un mapa eólico en colaboración con otras entidades nacionales y extranjeras (JICA, 2012). Se pudo establecer la existencia de áreas con potencial eólico al norte del país, así como en la zona occidental del mismo. Sin embargo, muy pocas se consideraron aptas para la instalación de parques eólicos.

De acuerdo al mapa de SWERA, el recurso eólico quedaría distribuido de la forma en que se muestra a continuación (cuadro 2-4), donde "X" muestra el rango de vatios por metro cuadrado que generen los vientos en determinadas zonas de los diferentes departamentos del territorio.

---

<sup>43</sup> Conjunto de centrales que se encuentran conectadas a la red eléctrica de alto voltaje (línea de transmisión de 115 kilovoltios) para vender energía.

Las zonas con mayor potencial eólico registrado se encuentran en Ahuachapán, Chalatenango, Santa Ana y Sonsonate (cuadro 2-4), pero son las primeras tres las que presentan mayor generación de vatios por metro cuadrado.

Otro aporte que ayudó a tener una idea del potencial eólico existente en el país lo realizó el Instituto Meteorológico Finlandés (FMI, por sus siglas en inglés), el cual hizo mediciones del viento en cuatro zonas de El Salvador, específicamente en La Hachadura, Metapán, Monteca y San Isidro (JICA, 2012). Esto con la finalidad de elaborar un informe para un proyecto que pretendía evaluar la velocidad del viento para desarrollar energía eólica dentro del territorio.

**Cuadro 2-4. Potencial eólico distribuido por departamento en El Salvador (2005)**

Departamentos	Potencial eólico (W/m <sup>2</sup> )						
	0-200	201-300	301-400	401-500	501-600	601-800	801-1031
Ahuachapán	X	X	X	X	X	X	X
Cabañas	X						
Chalatenango	X	X	X	X	X	X	X
Cuscatlán	X						
La Libertad	X	X	X	X	X		
La Paz	X	X					
La Unión	X	X	X	X	X	X	
Morazán	X	X	X	X	X	X	
San Miguel	X	X					
San Salvador	X	X					
San Vicente	X	X	X				
Santa Ana	X	X	X	X	X	X	X
Sonsonate	X	X	X	X	X	X	X
Usulután	X	X					

**Fuente:** Elaboración propia con base en JICA (2012, p.4-34) tomado de SWERA (2005).

El informe finlandés utilizó la distribución de Weibull para describir las variaciones en la velocidad del viento, la cual define su curva a partir de los parámetros “k” y “A”: el primero de ellos determina su forma y el segundo su escala. El equipo de estudio de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA, por sus siglas en inglés), preparó un resumen del informe que se presenta a continuación (cuadro 2-5).

Metapán presentó una densidad de potencia eólica igual a 243 W/m<sup>2</sup>, siendo la mayor dentro del informe, además registró una velocidad promedio del viento de 4.8 metros por segundo, superándole solamente San Isidro por 0.2 m/s.

**Cuadro 2-5. Resumen de monitoreo del viento en El Salvador (junio del 2006-julio del 2007)**

Departamento	Nombre de la localidad	Metros sobre el nivel del suelo	Velocidad promedio del viento (m/s)	Densidad de la potencia eólica (W/m <sup>2</sup> )	Dirección principal del viento	Parámetros de la distribución Weibull (k, A)
Ahuachapán	La Hachadura	50	4.0	161	NE	k: 1.15 A: 4.0
Santa Ana	Metapán	50	4.8	243	N	k: 1.24 A: 5.3
La Unión	Monteca	60	4.2	103	NE	k: 1.62 A: 4.9
Cabañas	San Isidro	50	5	170	NE	k: 1.63 A: 5.7

**Fuente:** JICA (2012, p.4-35).

Basándose en las estimaciones realizadas sobre el viento, se calculó la producción de energía anual de la turbina eólica, para cada uno de los sitios (cuadro 2-6). Lo que en efecto comprueba que la localidad con mayor potencial es la de Metapán, Santa Ana. Los 4 sitios de monitoreo podrían aportar 3.479 GWh al año.

**Cuadro 2-6. Producción de energía anual estimada en El Salvador (junio del 2006-julio del 2007)**

Departamento	Nombre de la localidad	Producción de energía anual estimada (GWh)
Ahuachapán	La Hachadura	0.670
Santa Ana	Metapán	1.340
La Unión	Monteca	0.625
Cabañas	San Isidro	0.844
<b>Total</b>		<b>3.479</b>

**Fuente:** JICA (2012, p.4-62) tomado de FMI (2007).

### 3.2.3.1. Planes a desarrollar y obstáculos en su implementación

En el año 2012 la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) ya contaba con planes para la instalación de parques eólicos en dos zonas del país, con una capacidad planificada de 72 MW. Esto se muestra con mayor detalle en el cuadro 2-6.

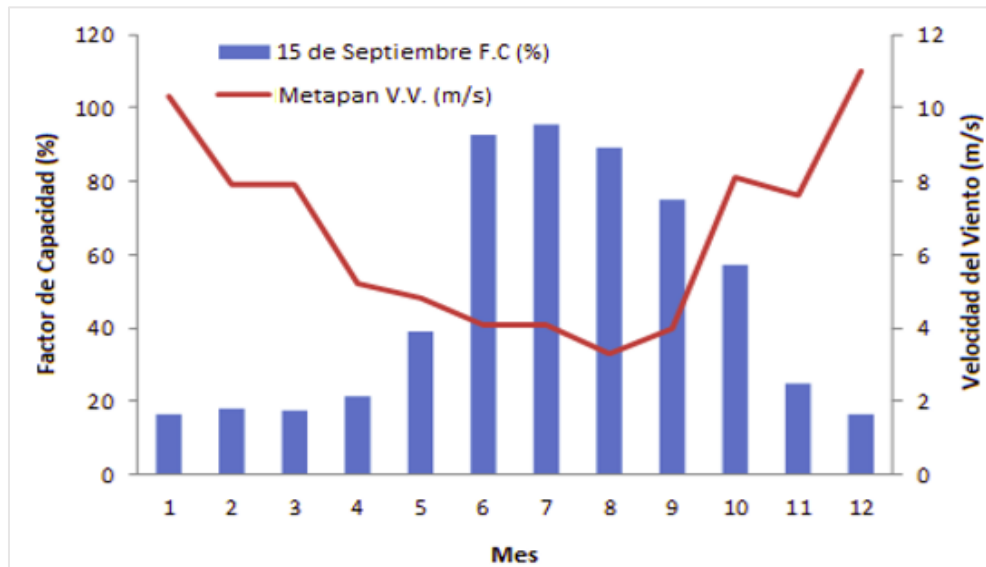
**Cuadro 2-7. Parques eólicos candidatos de CEL (2012)**

Departamento	Nombre de la localidad	Metros sobre el nivel del suelo	Velocidad promedio anual del viento (m/s)	Capacidad planificada (MW)
Santa Ana	Metapán	60	6.43	42
Sonsonate	San Julián	60	5.38	30
			<b>Total</b>	<b>72</b>

Fuente: JICA (2012, p.4-62) tomado de CEL.

Una de las principales debilidades que puede llegar a obstaculizar la implementación de parques eólicos es la disminución que sufriría la producción de energía en determinados meses del año, de manera específica en el periodo de abril a septiembre; en el que la velocidad de los vientos disminuye. Ante esto surge la solución de establecer una relación de complementariedad entre la generación de energía hidroeléctrica y eólica (JICA, 2012). En el momento en que la producción de una disminuye la otra aumenta, por lo que la energía eólica podría servir de apoyo en el periodo de octubre-abril, en donde disminuyen las capacidades de las centrales hidroeléctricas y viceversa.

**Figura 2-15. Velocidad del viento (en Metapán) y factor de capacidad (15 de septiembre) en El Salvador (2010)**



Fuente: JICA (2012, p.4-40).

Para reforzar la hipótesis planteada la Agencia Internacional del Japón (JICA, por sus siglas en inglés), comparó la velocidad del viento en Metapán y la capacidad de generación de la central 15 de Septiembre. Ambos indicadores abarcan los 12 meses del año (figura 2-15).

### Actualización en el avance de los proyectos

En marzo del año 2017, la empresa Ventus se adjudicó el proyecto para encargarse de la construcción del parque eólico en Metapán (Santa Ana), que según su programación va a empezar a operar durante el cuarto trimestre del 2020. Se ha proyectado que tendrá una capacidad de 50 MW, que se consideran suficientes para cubrir la demanda de 80,000 hogares salvadoreños (CNE, 2019).



### 3.3. Costos de creación de plantas de energías renovables (solar, eólica)

#### 3.3.1. Costos de creación de energía solar

##### **Bósforo**

Las empresas responsables del proyecto son AES El Salvador y La Corporación Multi Inversiones. AES cuenta con más 35 años de experiencia siendo una de las principales compañías de energía mundialmente entregando energía sostenible en 14 países. En El Salvador cuenta actualmente con dos plantas generadoras mediante fuentes renovables, sirviendo 80% del territorio nacional, a través de sus empresas distribuidoras. Por otra parte, CMI dentro de la corporación posee una unidad de energía eléctrica, destacando principalmente su utilización de recursos renovables en Centro América con más de 800 MW en toda la región (AES El Salvador, 2018).

En 2018, tras la unión de AES El Salvador y la Corporación Multi Inversiones (CMI) se crea el proyecto Bósforo El Salvador.

El 70 % de la inversión del proyecto es financiado por bancos multilaterales como la Corporación para Inversiones Privadas en el Extranjero (OPIC, por sus siglas en inglés), la agencia financiera del gobierno estadounidense y el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE), entre otros. (AES El Salvador, 2018)

El proyecto Bósforo contaba con 3 fases, afirma AES El Salvador (2018):

**Bósforo I:** Pasaquina, El Carmen, La Unión (departamento de La Unión).

**Bósforo II:** Santa Ana y San Sebastián Salitrillo (departamento de Santa Ana); Sonsonate (departamento de Sonsonate); Jiquilisco (departamento de Usulután).

**Bósforo III:** Nejapa y Guazapa I y II (departamento de San Salvador).

En mayo de 2018 se inauguró en Pasaquina, La Unión, la primera planta del proyecto Bósforo, tras una inversión de 160 millones de dólares que produciría 100 MW de energía limpia. Pasaquina es una de las 10 plantas solares que AES y CMI construyeron. Durante los dos años siguientes, completaron las tres fases del proyecto y la creación de cada una de las plantas costó 16 millones de dólares, produciendo 10 megawatts cada una y con una vida útil de hasta 35 años.

Esta primera planta tiene la capacidad de abastecer aproximadamente 33,000 viviendas conectadas a la red de distribución de la Empresa Eléctrica de Oriente (EEO). Cuenta con 44 mil módulos fotovoltaicos policristalinos, extendidos sobre un área de 148,860 metros cuadrados, y posee tres estaciones de potencia que convierten la energía de corriente directa a corriente alterna. Además, posee una subestación de distribución eléctrica que adapta esta energía para inyectarla a la red de distribución, así como dos estaciones de monitoreo climático para analizar y confirmar el correcto funcionamiento de la planta según la cantidad de luz solar que reciben los paneles no reflejantes. (AES El Salvador, 2018)

Tras inaugurar la última planta de energía solar en Guazapa en octubre de 2019, la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) anunció la finalización de la construcción de la tercera y última fase, que comprendía otras tres plantas de 10 MW en la

zona central del país: Nejapa y Guazapa I y II (departamento de San Salvador). Actualmente el proyecto Bósforo completó sus tres fases con éxito (AES El Salvador, 2018).

**Figura 2-16. Planta Solar Fotovoltaica de Pasaquina en El Salvador**



**Fuente.** AES/EDH.

### **Parque Capella Solar**

Ubicado en Jiquilisco, Usulután, el complejo Capella Solar ha entrado en operación a través de las plantas Albireo I y II, luego de que Neoen<sup>44</sup> lo anunciara en abril 2020. Las dos plantas suman una capacidad de 140 MW e inyectarán cerca del 4% de la energía del mercado mayorista en El Salvador.

Neoen ya ha invertido cerca de 285 millones de dólares en El Salvador. Recibió la adjudicación de licitación pública para la generación de energía renovable por un proyecto fotovoltaico de 76 MW, cuya planta se ubicó en el municipio El Rosario, departamento de La Paz, y se denominó Providencia Solar. Este proyecto también cuenta con una segunda planta fotovoltaica de 25 MW. (Molina P. S., 2020)

El costo total del proyecto se estima que será de US\$ 143 millones. El proyecto será financiado a través de una línea de crédito entre el Banco de Desarrollo Holandés, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Propaco<sup>45</sup>. Los contratos de compraventa de energía son a 20 años plazo con los distribuidores locales: AES, EDESAL, Delsur y B&D. Capella Solar tendrá la infraestructura de almacenamiento de energía más grande de Centroamérica: una batería de iones de litio con capacidad de 3.3 MW/2.23 MWh, dedicada para servicios de reserva (Molina P. S., 2020).

---

<sup>44</sup> Fundada en 2008, Neoen es el primer productor exclusivamente de energías renovables independiente en Francia y uno de los más dinámicos del mundo. Su capacidad total en operación y en construcción es actualmente de más de 3 GW, y tiene como objetivo más de 5 GW para 2021.

<sup>45</sup> Institución financiera de desarrollo propiedad de la Agencia Francesa de Desarrollo.

**Figura. 2-17. Capella Solar en El Salvador**



**Fuente.** Neoen.

### **3.3.2. Costos de creación de energía eólica**

#### **Parque Eólico Ventus**

Se espera que a finales de 2020 en Metapán (Santa Ana), se construya el primer parque eólico de El Salvador, siguiendo los pasos de Guatemala, Honduras, Nicaragua y Costa Rica que ya cuentan con esta tecnología. La inversión alcanzaría los 110 millones de dólares. La empresa encargada del proyecto es Ventus, que forma parte de Tracia Network Corporation<sup>46</sup>, que pertenece al Grupo Centrans<sup>47</sup> a través de la subestación eléctrica Guajoyo.

El proyecto se ubicará a 99 kilómetros al noroeste de San Salvador, en Metapán, donde la energía será distribuida a todo el país a un precio de 98.78 dólares por megawatts hora. El parque eólico tendrá entre 15 y 20 aerogeneradores, cada uno de los cuales tendrá una capacidad de 2.5 a 3.5 megavatios, detalló Jorge Eduardo Sinibaldi<sup>48</sup> en 2017.

El Parque Eólico Ventus dispondrá de 15 torres de 120 metros de altura, con tres aspas de 67 metros, que generarán alrededor de 170 gigavatios-hora (GWh) al año. Es decir, generará aproximadamente 50 megawatts (MW), una cantidad de energía suficiente para

---

<sup>46</sup> Tracia Network Corporation es una de las ganadoras de la más reciente licitación de energías renovables que organizó la distribuidora eléctrica Delsur.

<sup>47</sup> Un conglomerado con presencia en las industrias de energía y servicios marítimo-portuarios.

<sup>48</sup> Sinibaldi es el director del Parque Eólico San Antonio, en Guatemala, que también pertenece al Grupo Centrans.

cubrir la demanda de 90,000 hogares. Se proyecta una reducción en la factura petrolera del país de alrededor de US\$14 millones, equivalente a unos 160,000 barriles del crudo.

**Figura 2-18. Parque Eólico Ventus**



**Fuente:** Ventus.

### **3.3.3. Costos de creación de energía térmica**

#### **Planta de generación de energía térmica en Acajutla**

La empresa propietaria del proyecto es “Energía del Pacífico”. La planta generará 355 MW a través de energía proveniente de Gas Natural Licuado (GNL) y estará ubicada en Acajutla, Sonsonate. Se estima que la inversión sobrepase 800 millones de dólares. El proyecto está programado para iniciar operaciones a finales de 2021 y la construcción del proyecto comenzó el 5 de enero de 2019 (Consejo Nacional de Energía, 2018).

La capacidad instalada de la planta de generación térmica abastecerá el 30% de energía de la demanda nacional con sus 355 MW y será construida por Wärtsilä, una empresa contratista finlandesa, líder mundial en soluciones para mercados de energía, con presencia en más de 177 países<sup>49</sup> (Consejo Nacional de Energía, 2018).

El director de Ingeniería Térmica en Invenergy, Alberto Osorio (2019), detalló que este megaproyecto incluye 4 componentes principales:

- Una unidad de almacenamiento y regasificación de GNL flotante o FSRU.
- Una central eléctrica de ciclo combinado de 378 megavatios (MW) que serán producidos a través de 19 motores recíprocos fabricados y suministrados por Wärtsilä, más una turbina de vapor.
- Una tubería submarina de gas natural que conectará el FSRU y la central eléctrica.

---

<sup>49</sup> En El Salvador, instaló su primera planta grande en 1993 en Nejapa, y otras más recientes en Acajutla y en Talnique, que suman más de 400 MW de capacidad instalada.

- La infraestructura de transmisión que principalmente consiste en una línea de transmisión de 230 kilovoltios (kV) y, aproximadamente, 44 kilómetros de longitud, conectará la subestación de EDP en Acajutla con la subestación de Etesal en Ahuachapán, más las correspondientes obras en las subestaciones eléctricas asociadas.

### 3.3.4. Comparación de costos y producción de energías

Con el supuesto de invertir la misma proporción de dinero en las energías renovables, la energía solar y eólica superarían el nivel de producción de energía en megawatts a la energía térmica. Esto a pesar de la inversión ejecutada en el proyecto de energía térmica en Acajutla, la cual se espera comience operaciones a finales del año 2021.

Aparte de ser recursos limpios que proporciona la naturaleza, apostar por invertir en estas energías renovables que poseen carácter autóctono, contribuirían a disminuir la dependencia de El Salvador de suministros externos, favoreciendo el desarrollo tecnológico y creando empleo en los proyectos.

**Cuadro 2-8. Comparativo de costos de creación de plantas de energías renovables con sus respectivas producciones, expresado en dólares y megawatts**

Tipo de Energía	Plantación	Proyecto	Inversión estimada (CCE)	Producción (MW)	Producción (MW) con la misma proporción de inversión que Acajutla (800,000,000)
Renovable	Solar	Bósforo	\$160,000,000	100	500
Renovable	Solar	Capella Solar	\$143,000,000	140	783.22
Renovable	Eólica	Ventus	\$110,000,000	50	363.64
No renovable	Térmica	Acajutla	\$800,000,000	355	355

**Fuente:** Elaboración propia con datos de AES, Neoen, CNE.

Con los datos recolectados en términos de producción energética, es factible diversificar la matriz energética de El Salvador, apostando cada vez más por las energías renovables<sup>50</sup>. Estas energías podrían incrementar y suplir una gran parte de la aportación de energía total del país, sustituyendo en gran medida la aportación de energía térmica y disminuyendo el impacto medioambiental que provocan las plantas generadoras de energía térmica.

Un factor clave es la duración de las plantas y los recursos para que estas funcionen. Por ejemplo, en el proyecto Bósforo las plantas tienen una duración aproximada de 35 años, funcionando con un recurso proveniente de energía renovable. Por otro lado, la energía térmica gasta más recursos diarios (que no son renovables) y también tienen cierta

<sup>50</sup> La energía solar posee una mayor capacidad de producción de energía en MW que la energía eólica, pero ambas superan a la energía térmica.

durabilidad en la planta. A corto y largo plazo, los beneficios de las plantas de energías renovables son mejores que los de energía no renovable.

### 3.4. Encadenamientos del sector energía en de la economía salvadoreña

Para poder medir el peso del sector energía dentro de la economía, podemos tomar los cálculos que ha hecho el departamento de economía de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA), en tanto a la Matriz Insumo Producto del país (MIP).

Se utiliza esta información y no la del BCR, debido a que los valores calculados en el apartado del valor bruto de la producción (VBP), son iguales tanto en la columna como en la fila al momento de calcular la matriz (más adelante detallaremos la importancia de esto).

La forma de evaluación de los sectores, en especial el sector 42 que se define como electricidad y agua, será por medio de los multiplicadores de la producción y el empleo, agregando el análisis de los encadenamientos hacia adelante y hacia atrás para evaluar el peso que ejerce el sector de electricidad y agua en la economía salvadoreña.

#### 3.4.1. Matriz Insumo Producto

Esta forma de análisis es útil al momento de hacer operaciones matriciales, ya que permite mostrar la productividad de cada uno de los sectores económicos y su relación entre ellos, denotada como el consumo intermedio. Hay distintas formas de presentar una MIP para la economía de un país (Banco Central de Reserva, 2019).

En la presente investigación se hará uso del Modelo B<sup>51</sup>, donde se muestra las transacciones de productos que se demanda entre sectores como insumos productivos, o bien para su uso final. La MIP se define matricialmente como  $X = AX + Y$  donde aparecen  $n * n$  sectores de la economía:

En una economía de mercado abierta la producción total de bienes y servicios (X) se puede definir en dos partes: la producción que sirve de insumo para la producción de bienes y servicios en los diferentes sectores (AX), y la producción que satisface directamente la demanda final de los hogares, el gobierno y el sector externo (Y). (Aquino Cardona, y otros, 2012)

Para la elaboración de las matrices se trabajará en Mathcad<sup>52</sup> y la herramienta de Excel. Las operaciones matriciales se realizaron elaborando una matriz A de transacciones que detalla el consumo intermedio entre sectores y así identificar cuantos insumos obtuvo cada sector de los demás:

$$A = T * diagonal(X)^{-1} \quad (1)$$

Donde:

- A=matriz de consumo intermedio de  $n * n$  sectores
- T=la matriz de transacciones de la MIP de  $n * n$  sectores

---

<sup>51</sup> Hipótesis de tecnología por industria. Cada industria tiene su modo específico de producción, con independencia de los productos que produce. Sin valores negativos (Banco Central de Reserva, 2019).

<sup>52</sup> Mathcad es un software de computadora diseñado principalmente para la verificación, validación, documentación y reúso de cálculos de ingeniería.

- X=matriz fila de los VBP de cada sector

Con esto, se tiene la matriz para hacer la evaluación de los multiplicadores de producción de la economía salvadoreña por medio de la matriz inversa de Leontieff<sup>53</sup>(matriz de coeficientes directos e indirectos), la cual permite analizar las relaciones existentes entre producción (bienes y servicios), y consumo de los diferentes sectores de la economía de un país:

$$W = (I - A)^{-1} \quad (2)$$

Donde:

- W=la inversa de Leontieff de  $n * n$  sectores
- I=es una matriz identidad
- A=matriz de consumo intermedio de  $n * n$  sectores

Es de resaltar que en el modelo B (producto por producto), se realiza con una matriz de 70x70, ya que evaluamos los productos existentes dentro de la economía salvadoreña. Por tanto, la matriz identidad es de 70x70.

Esta matriz W nos resulta en los multiplicadores de producción, los cuales se utilizan para la creación de los encadenamientos hacia atrás y hacia delante de la economía. Estos nos ayudan a identificar y dividir la importancia de los diferentes sectores y su impacto en la economía.

Para la elaboración de los encadenamientos:

- Los encadenamientos hacia atrás, se calculan, tomando la sumatoria de cada una de las columnas y dividiendo cada una de esas sumatorias entre el encadenamiento promedio (que es el promedio del vector fila generado al hacer la sumatoria columna por columna de la matriz W). Es decir, el encadenamiento hacia atrás resulta en un vector de  $1xn$ .
- Los encadenamientos hacia adelante, se calculan tomando la sumatoria de cada una de las filas y dividiendo cada una de esas sumatorias entre el encadenamiento promedio (que es el promedio del vector columna generado al hacer la sumatoria fila por fila de la matriz W). Es decir, que el encadenamiento hacia adelante resulta en un vector de  $nx1$ .

Esto revela la importancia del sector en la economía analizando los encadenamientos de la siguiente forma:

**Cuadro 2-9. Conexión entre industrias**

	Adelante mayor que la media (>1)	Adelante menor que la media (<1)
Atrás mayor que la media (>1)	Clave	Motor
Atrás menor que la media (<1)	Base	Isla

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Banco Central de Reserva.

<sup>53</sup> Wassilly Leontieff propuso esta matriz que le otorgó el premio nobel de economía en 1973.

### 3.4.2. Resultado de encadenamientos del sector energético

Los resultados evaluados muestran que el sector 42 es un sector clave de la economía salvadoreña, pues abarca dos servicios básicos y que por derecho debe tener la población en general. Estos son: el acceso al servicio de energía eléctrica y al servicio de agua potable.

En un período de 4 años, se logró encontrar 11 sectores motores en la economía; no analizaremos las demás conexiones porque nos interesa la evaluación del sector 42 y cómo es el encadenamiento de este (ver cuadro 2-9).

La importancia de los sectores según su clasificación se lee de la siguiente forma (Aquino Cardona, y otros, 2012):

- **Clave:** se da cuando los encadenamientos hacia atrás y hacia adelante son mayores a los encadenamientos promedio generados por la economía en su conjunto. Es decir, ambos son  $>1$ .
- **Motor:** se da cuando el encadenamiento hacia atrás (o efecto de arrastre) es mayor al promedio generado por la economía en su conjunto, pero al mismo tiempo, el efecto de arrastre de la economía como conjunto hacia el sector es menor al promedio. Es decir, el encadenamiento hacia atrás es  $>1$ , pero el encadenamiento hacia adelante es  $<1$ .
- **Base:** se da cuando el encadenamiento hacia atrás (efecto de arrastre) de los demás sectores de la economía es inferior al promedio, pero el arrastre de la economía como conjunto hacia ese sector específico es más alto al promedio inducido en todos los sectores. Es decir, el encadenamiento hacia atrás  $<1$  y el encadenamiento hacia adelante es  $>1$ .
- **Isla:** son sectores cuyo efecto de arrastre y su respuesta a cambios en la demanda final total son menores al promedio de la economía. En este sentido, son sectores aislados con relativamente pocas interconexiones con el resto del aparato productivo. Es decir, ambos encadenamientos son  $<1$ .

**Cuadro 2-10. Encadenamientos hacia atrás y hacia adelante de la economía salvadoreña (2014-2017), ver sectores anexo 5.**

2014			2015		
Sectores	Hacia atrás	Hacia adelante	Sectores	Hacia atrás	Hacia adelante
44	1.13090232	5.09885305	44	1.12936107	5.0435512
42	1.26675754	1.73642981	48	1.14084628	1.63577958
48	1.10078177	1.60834869	46	1.46110068	1.61784917
46	1.32846882	1.51152254	42	1.31325492	1.52295336
27	1.06474729	1.42247094	27	1.04931024	1.43783654
30	1.05794768	1.38587051	30	1.05070483	1.39145356
45	1.55944194	1.23966888	45	1.55830174	1.28143018
8	1.10514678	1.22160995	8	1.13192169	1.24790041



2016			2017		
Sectores	Hacia atrás	Hacia adelante	Sectores	Hacia atrás	Hacia adelante
44	1.1239225	5.00397463	44	1.12430151	4.94744451
48	1.14082175	1.67142444	48	1.1293209	1.60816968
46	1.47422905	1.55983032	46	1.40009196	1.54199965
42	1.30966169	1.41414146	42	1.2624472	1.49217729
27	1.05738607	1.39911819	30	1.04321386	1.40099887
30	1.0586809	1.37360012	27	1.04834044	1.38682422
45	1.53623459	1.28660465	45	1.57361731	1.28574233
8	1.14258647	1.26066185	8	1.12534835	1.28010006

**Fuente:** Elaboración propia con base a datos de la UCA<sup>54</sup>.

### 3.4.3. Trabajo directo e indirecto del sector energético nacional

Por el cálculo de la matriz  $W$  multiplicado por el vector columna de población ocupada en el país, podemos generar la matriz de trabajo directo del sector 42. La cantidad de trabajo que se utiliza para la producción del servicio de Electricidad y agua de forma directa, es decir, que se ocupa en el proceso productivo.

$$l = L^T * diagonal(X)^{-1} \quad (3)$$

Donde:

- $l$ =la cantidad de trabajo directo que utiliza el sector para producir
- $L$ =la cantidad de personas ocupadas
- $X$ =vector fila del VBP

Habiendo calculado la generación de trabajo directo, podemos calcular la generación de trabajo directo e indirecto del sector 42 en la economía. Es la cantidad de trabajo que utiliza en insumos, antes de la producción, y en la producción:

$$M = l * W \quad (4)$$

Donde:

- $M$ = trabajo directo e indirecto que requiere el sector
- $l$ = el trabajo directo generado en el sector.

<sup>54</sup> Estos datos no están publicados, los mantiene el Departamento de Economía UCA.

**Cuadro 2-11. Generación de trabajo directo e indirecto del sector de Electricidad y agua de la economía salvadoreña**

	I	M
2014	0.0063	0.0310
2015	0.0072	0.0350
2016	0.0080	0.0390
2017	0.0076	0.0350
Promedio	0.0073	0.0350

**Fuente:** Elaboración propia con base a datos de la UCA.

En el sector 42, ante un aumento de US\$1,000.00 en la demanda de la economía como un conjunto, en promedio se generarían 7.3 trabajos directos y 28 trabajos indirectos. Denotando así que el sector, en promedio, crea un total de 35 empleos en la economía de forma directa e indirecta por la producción del servicio de electricidad y agua.

El sector energía no es el que más empleos genera. El sector de servicios domésticos (69) genera 455 empleos directos por cada US\$1000.00, seguido del sector de producción de la silvicultura y extracción de madera que genera 396 empleos directos.

### 3.5. Pronóstico

El siguiente pronóstico busca explicar el consumo de energía a partir de la inflación de precios en el sector energético, la producción de energía eléctrica y el ingreso promedio nacional de los salvadoreños entre el año 2000-2019. Este pronóstico abarca el supuesto de la no existencia de la recesión económica provocada por la pandemia COVID-19, para poder extender el análisis del consumo energético tanto con el efecto COVID<sup>55</sup> como sin el efecto COVID. El pronóstico revisa el comportamiento energético de los últimos 20 años, además del comportamiento del ingreso nacional.

A partir de estos comportamientos también se ha logrado explicar cuál sería el rumbo que el sector energético hubiera tomado de no existir la pandemia, ya que se ha pronosticado mensualmente el periodo entre enero 2020 hasta diciembre 2025. Otro factor importante a destacar es que no se han incorporado los efectos de agregar mayor capacidad instalada al sistema energético nacional para explicar con más detalle la necesidad de incluir métodos de obtención de energía de mayor eficiencia.

#### 3.5.1. Hipótesis del pronóstico

- Hipótesis nula: Todas las variables utilizadas explican el consumo energético.
- Hipótesis alterna: Las variables no explican al consumo energético.

<sup>55</sup> Efecto COVID es el impacto que tiene la pandemia en la economía nacional.

### 3.5.2. Modelo

#### Modelo mínimos cuadrados ordinales (MCO)

El modelo MCO es uno de los modelos más populares y eficaces para realizar regresiones lineales. Además, es un modelo que sirve para realizar pronósticos de series de tiempo de una manera sencilla y con poca probabilidad de error. En esta investigación el modelo MCO fue utilizado para estimar indicadores necesarios para realizar el pronóstico mediante un modelo alterno que parte del modelo MCO (Gujarati, 2010).

#### Modelo de mínimos cuadrados generalizados (MCG)

Este modelo es muy similar al modelo MCO, sin embargo, tiene una diferencia fundamental que nos permite realizar el pronóstico reduciendo significativamente la posibilidad de pronosticar datos erróneos. La diferencia es que en MCG dividimos la desviación estándar con las variables utilizadas. Ambos modelos parten de una ecuación lineal inicial (1) (Gujarati, 2010):

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_1 + \beta_3 X_2 + u_i \quad (1)$$

**Fuente:** Elaboración propia con datos de Econometría Gujarati.

El modelo MCO trabaja con esa ecuación durante el resto de su análisis, sin embargo, el modelo MCG realiza la división de la ecuación 1 entre su desviación estándar ( $\rho$ ).

$$Y_t/\rho = \beta_1/\rho + \beta_2(X_1/\rho) + \beta_3(X_2/\rho) + u_i \quad (2)$$

Que puede expresarse de la siguiente manera

$$Y_t^* = \beta_1^* + \beta_2^* X_1 + \beta_3^* X_2 + u_i^* \quad (3)$$

**Fuente:** Elaboración propia con datos de Econometría Gujarati.

### 3.5.3. Inferencia estadística

A través del análisis econométrico se define al consumo de energía como una variable estocástica a partir de enero de 2020, debido a que estos valores serán resultado de un experimento. Para asegurar que este experimento (pronóstico) tenga la menor cantidad de errores posibles, se utilizan herramientas o test que regulan el nivel de calidad del modelo econométrico realizado. Estos test son:

- **Test de normalidad**, revisa que la muestra de datos se distribuya normalmente, es importante para modelar distintos tipos de fenómenos (en este caso económico).
- **Test de heteroscedasticidad**, permite confirmar la existencia de datos atípicos, la varianza de los términos de perturbación de las variables explicativas es diferente o muy dispersa.
- **Test de autocorrelación LM**, determina si existe o no existe correlación entre las variables explicativas; la regresión lineal tiene como supuesto la no existencia de correlación entre las variables (Gujarati, 2010).

El modelo de consumo se conforma por 6 variables dependientes:

- Producción, que indica el nivel de producción de energía en el país.
- IPC, que es el índice de precios al consumidor del sector energía.
- Ynac, que indica el nivel promedio de ingresos de hogares a nivel nacional.
- Periodo, dn y dp son variables dicotómicas que ayudan a la estabilización del modelo econométrico.

$$C_t = \beta_1 + \beta_2 Prod_t + \beta_3 IPC_t + \beta_4 Ynac_t + Periodo + Periodo * Prod_t + Periodo * Ynac_t + Periodo * IPC_t + dn + dp \quad (4)$$

**Fuente:** Elaboración propia.

Al aplicar los 3 test encontramos que el modelo cumple con los 3 supuestos, posee una distribución normal, es homoscedástico y no es estadísticamente auto correlacionado. El R2 es el cuadrado de la ecuación, representa el porcentaje de variabilidad de la variable dependiente explicada por la independiente. R2 ajustada permite medir el incremento neto de R2 cuando hay nuevos regresores.

La prueba Durbin Watson indica si existe autocorrelación de tipo 1. La prueba de normalidad, heteroscedasticidad y autocorrelación deben superar un valor del 5% para poder pasar la prueba. En los anexos 6 - 9 se encuentra la regresión completa de cada una de las pruebas.

**Cuadro 2-12. Principales indicadores del modelo econométrico**

Prueba	Indice
R2	0.88
R2 ajustada	0.878
Durbin Watson	1.975407
Probabilidad de normalidad	0.285
Heteroscedasticidad	0.1412
Autocorrelacion	0.6537

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.5.4. Resultados y análisis

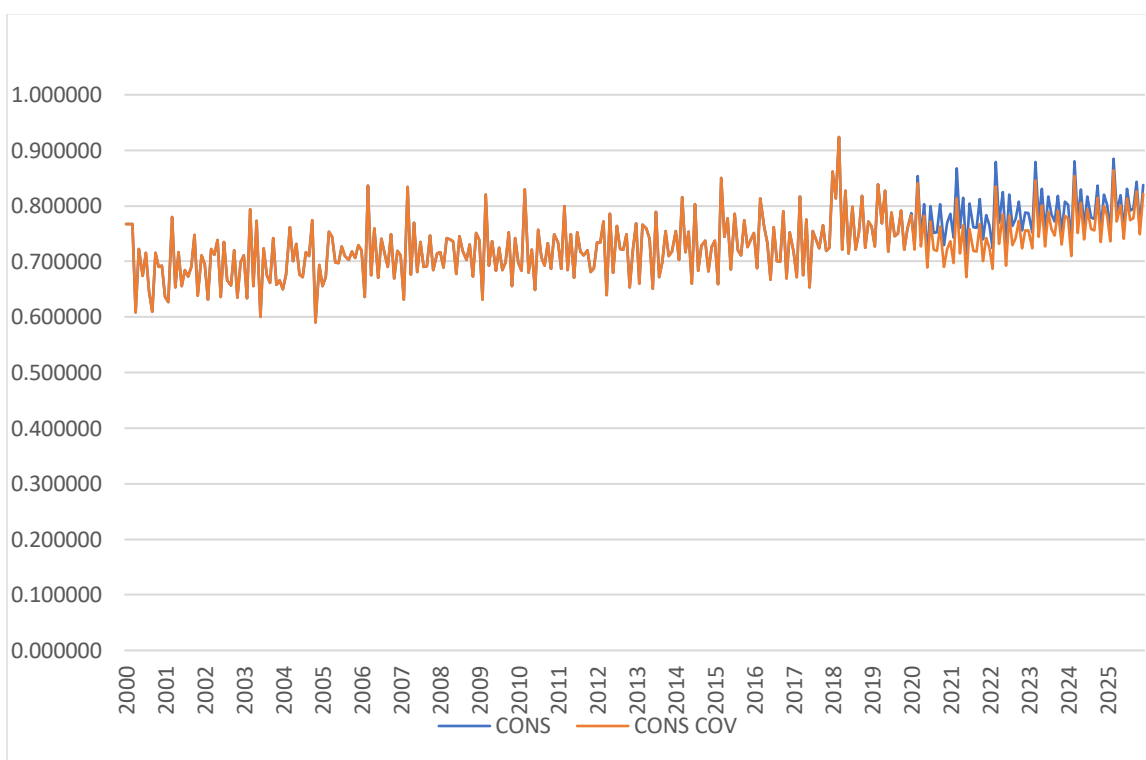
Los resultados serán mostrados en contrastes; el efecto COVID-19 utilizado en esta investigación contempla la estimación de FUNDAUNGO/FUDECEN<sup>56</sup> de la caída de la economía salvadoreña en aproximadamente 7%, con un posible aumento gradual de 2% a partir del 2021. Estos resultados reflejan los cambios únicamente en el consumo del sector energía, pero también

<sup>56</sup> FUDECEN, siglas que significan Fundación para el Desarrollo de Centroamérica.

contemplan una reducción en el ingreso del hogar promedio nacional. En primer lugar, observemos el comportamiento del consumo.

El consumo a partir de enero de 2020 refleja una caída del 7%, que evidencia el pronóstico de FUNDAUNGO. Los altibajos del gráfico, expresado en unidades transformadas<sup>57</sup>, representan que hay meses como marzo, mayo y diciembre donde existe mayor consumo de energía que en el resto del año, o meses como noviembre junio y septiembre donde el consumo de energía es menor. Sin embargo, la tendencia es levemente positiva. Si observamos la línea azul, aparece a partir de enero 2020, como resultado que la economía no ha sufrido alteraciones por la pandemia. La línea naranja representa un descenso de 7% en la economía, lo cual provoca la diferencia entre ambas líneas (Cabrera, 2020).

**Figura 2-19. Contraste de consumo de energía pronosticado con efecto COVID y sin efecto COVID, expresado en unidades transformadas (enero 2000-diciembre 2025)**



**Fuente:** Elaboración propia.

Otro sector importante es el de ingreso promedio de hogares a nivel nacional, el cual puede verse afectado por la recesión. Tanto hogares como industria son los consumidores principales de energía eléctrica del país, por lo que el descenso de consumo de energía puede verse también afectado por el descenso en el ingreso de los hogares.

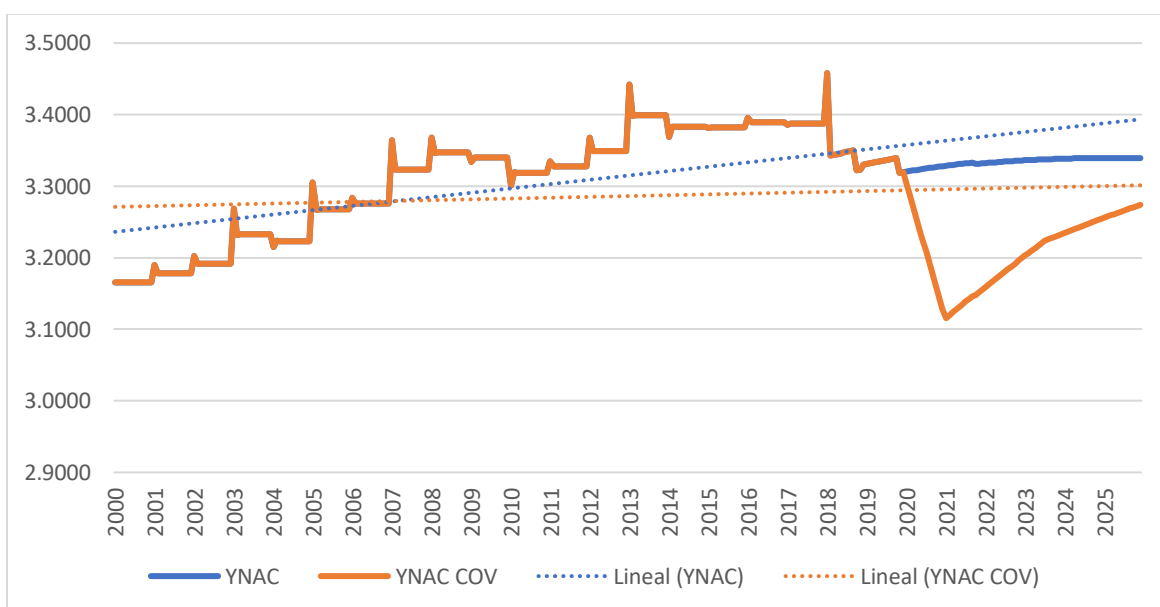
El consumo de energía es parte del presupuesto mensual de una familia; si se reduce la capacidad adquisitiva de las personas, tenderán a economizar los recursos que poseen. Esto

<sup>57</sup> Unidades transformadas se refiere a la generalización de las unidades en un modelo econométrico. Es hacer abstracción de unidades en dólares, megawatts y ratios de índices, para trabajar en una unidad generalizada que no altera tendencias ni datos.

afecta al sector energético debido a que las personas buscarán consumir menos energía para reducir el monto de sus facturas.

El Salvador cuenta actualmente con una capacidad instalada que produce 2,258 megawatts, según el cuadro de costos explicado anteriormente, con una inversión de US\$800,000,000 (ocho cientos millones de dólares), se puede expandir esta capacidad instalada aproximadamente a 2,300 megawatts. Esto provocaría que el sector energético, desde el aspecto de consumo, no se alterará debido al descenso del ingreso promedio nacional. Llegamos a esta conclusión debido a que un alza en la producción de energía eléctrica, provoca una reducción en el valor final de la factura de los hogares.

**Figura 2-20. Contraste de ingreso de hogares promedio a nivel nacional, pronosticado con efecto COVID y sin efecto COVID, expresado en unidades transformadas (enero 2000-diciembre 2025)**



**Fuente:** Elaboración propia.

YNAC y YNAC COV representan el ingreso nacional promedio de los hogares salvadoreños. Durante el periodo de enero del 2000 a diciembre de 2019 son iguales, por tanto, no existe una línea azul previo a enero de 2020. A partir de enero 2020 estos cambian debido al efecto de la crisis sanitaria COVID-19, que provoca una caída del 7% en la economía nacional. Durante todo el año 2020, se observa el impacto más drástico, y a partir de enero 2021 empieza a recuperarse a una tasa de crecimiento del 2%.

Esta estabilización logra llegar al nivel previo a la crisis en el largo plazo. Si observamos la línea azul, que representa el ingreso nacional sin la caída provocada por la crisis sanitaria, hay una tendencia positiva más alta que la tendencia del ingreso nacional con efecto COVID-19. Significa que se podría haber alcanzado mayores niveles de ingreso en el largo plazo.

La estimación de estos valores da la pauta para analizar cuál sería una inversión importante dentro del sector energético, que beneficie tanto la balanza comercial del país en el largo plazo y el presupuesto mensual de los salvadoreños en el corto, mediano y largo plazo. Actualmente

importamos el 25% de la energía que consumimos, un equivalente aproximado de 752 megawatts. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), El Salvador es el importador más grande de energía eléctrica en la región (BID, 2020).

Los precios más altos por consumo eléctrico traen consigo poca atracción a la inversión internacional, debido a que los costos operativos son más altos. La inyección de al menos 800 megawatts al sistema energético reduciría sustancialmente la importación de energía y supliría la demanda actual de energía.

Es importante destacar al sector energía debido a su relación intersectorial con el resto de la economía. Esta relación intersectorial denota su importancia y debe dejarse como eje central, por lo que en el capítulo siguiente se explicará la necesidad de plantear nuevas políticas enfocadas en la estabilización económica, la descentralización de capital y la reactivación económica a partir de la inversión en el sector energético.

## **CAPÍTULO III. FUTURO ENERGÉTICO NACIONAL Y DESCENTRALIZACIÓN DE CAPITALES**

La dinamización del sector eléctrico no se trata solamente del uso neto de la energía eléctrica, sino del efecto que las nuevas tecnologías tendrán en nuestra sociedad en el mercado nacional de bienes y servicios, y finalmente, en el equipamiento de nuestro país ante una crisis o fenómeno de la naturaleza. A nivel mundial, El Salvador es un país reconocido por su vulnerabilidad ambiental. Por tanto, es responsabilidad nacional mantener el orden y equilibrio de los ecosistemas en el territorio.

Preparar a El Salvador para la autosuficiencia eléctrica mediante equipamiento no contaminante es una de las tareas gubernamentales más importantes. Sin embargo, no pueden dejarse de lado las distintas necesidades nacionales, por lo que hay que acoplar las medidas económicas en función de proveer nuevas oportunidades a las personas, con nuevos empleos, seguridad energética, precios más bajos e igualdad social.

### **UNIDAD 1. DIVERSIFICACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA DE EL SALVADOR**

La sustentabilidad ambiental debe ser un pilar fundamental para el mundo. Existen problemas como el calentamiento global, la degradación de la capa de ozono, el constante uso de recursos naturales que cada vez más se agotan y particularmente los recursos fósiles<sup>58</sup>. Por otro lado, las economías industrializadas con un ritmo acelerado de producción, y de consumo de estos recursos han incrementado el riesgo para el futuro de las generaciones.

Si bien la concientización ambiental es una de las formas para encaminar a la humanidad hacia un sendero sustentable ambiental, es vital una reacción inmediata sobre el uso racional de los recursos energéticos. Aprovechar las fuentes de energías renovables para diversificar la matriz energética de El Salvador, es fundamental para que se reduzca el impacto medioambiental, con una provisión de recursos que garanticen la seguridad energética del país.

A nivel nacional la matriz energética representa cuantitativamente el total de energía que utiliza el país es cuestión. Detallando las fuentes de las que procede cada tipo de energía: hidráulica, solar, eólica, nuclear, geotérmica, combustibles fósiles como petróleo, gas y carbón. Por esta razón los países tienen la responsabilidad de crear una estructura energética que permita a la matriz energética servir de herramienta y cuantificar el total de la producción, transferencia y consumo de energía nacional.

Distinguir entre la matriz energética primaria y la matriz energética secundaria, es necesario la procedencia de los recursos energéticos, afirman Mereles & González (2014):

La matriz energética primaria contiene los suministros energéticos que provienen de la naturaleza directamente, sin que estos suministros sean sometidos a procesos de transformación. Por ejemplo, leña, energía solar, residuos agrícolas, energía eólica, entre otros (Mereles & González, 2014).

La matriz energética secundaria se representa por el conjunto de recursos energéticos provenientes de procesos de transformación de las fuentes primarias o secundarias para ser

---

<sup>58</sup> Petróleo, gas natural y carbón mineral.



destinados al consumo final; encontramos aquí los derivados de hidrocarburos, biomasa, electricidad, entre otros (Mereles & González, 2014).

Por tanto, la matriz energética nacional provee todos los insumos necesarios para realizar análisis íntegros de los flujos de energías en los diferentes sectores nacionales. Es decir, sector servicio, comer, transporte, etc. Además, como herramienta la matriz energética permite extraer información para el sector energético de la economía y formular políticas públicas.

Con la información que recaba la matriz energética se pueden analizar composiciones y cambios que se han dado a lo largo de un periodo. Esto facilita comparar matrices entre sí. También es posible inferir en los efectos socioeconómicos y ambientales que se deriven para el país, gracias a la matriz energética (Centeno Castro, Franco Pineda, & González Santamaría, 2017).

Gracias a la información que arroja la matriz, es posible ver cómo está configurado el sector energético nacional. Incluyendo el peso de la producción de los diferentes actores por sector. Esto enriquece el análisis cualitativo y cuantitativo del país en cuanto al sector energía (Centeno Castro, Franco Pineda, & González Santamaría, 2017).

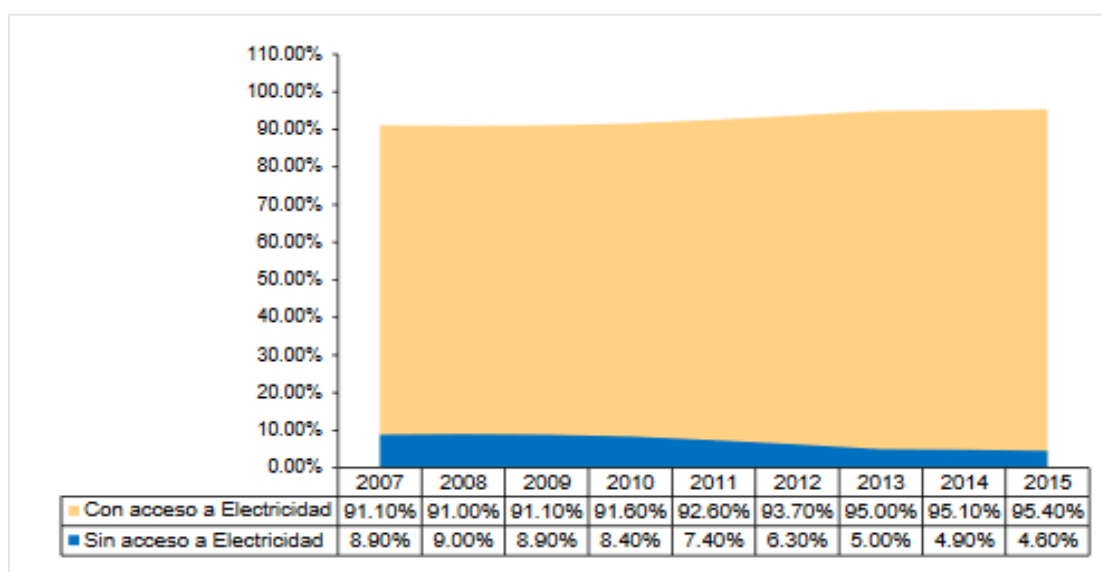
### 3.1. Impacto económico

#### 3.1.1. Dinamización de la zona rural del país

##### 3.1.1.1. Accesibilidad de energía

Se estima que 95.4% de la población cuenta con acceso a energía eléctrica en sus hogares. Siendo las personas que viven en zonas rurales las más afectadas, con 58,962 familias de un total 81,176 que no poseen energía eléctrica (DIGESTYC, 2015).

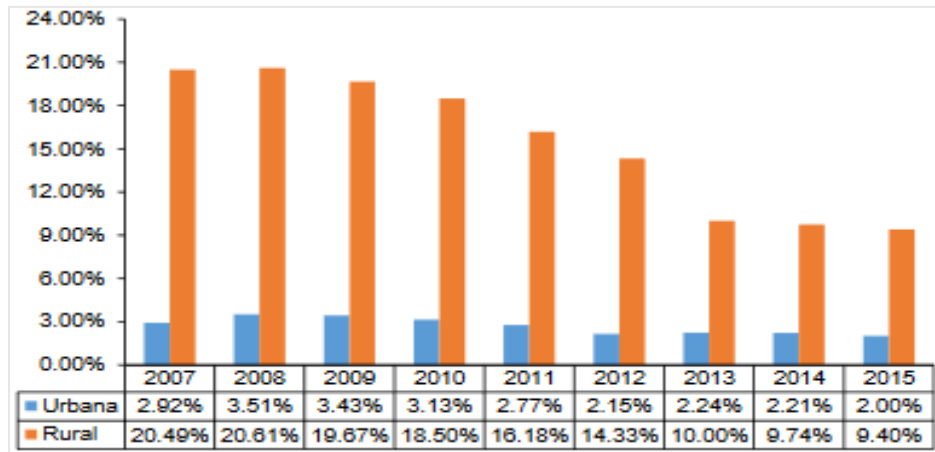
**Figura 3-1. Población con acceso y sin acceso a energía eléctrica en El Salvador, expresada en porcentajes (2007-2015)**



**Fuente:** Centeno Castro, Franco Pineda & González Santamaría (2017).

La mayor problemática respecto al acceso a la electricidad sigue siendo el acceso de esta por parte del sector rural del país, se necesita que este porcentaje siga creciendo hasta garantizar el acceso a toda la población. Es notorio, como a partir del 2009, el índice cae en una mayor proporción, pasando de un 20.49% en 2007, a un 9.40% para 2015 del total de la población del sector rural que carece de un servicio eléctrico en su hogar. (Centeno Castro, Franco Pineda, & González Santamaría, 2017)

**Figura 3-2. Población urbana y rural sin acceso a la energía eléctrica en El Salvador, expresada en porcentajes (2007-2015)**



**Fuente.** Centeno Castro, Franco Pineda & González Santamaría (2017).

La cooperación internacional ha jugado un papel primordial en dicha evolución, programas como FOMILENIO, que ha cedido los fondos necesarios, ha logrado llevar energía eléctrica a los hogares de la zona norte del país. Esto a través de proyectos como: (1) la creación de nuevas líneas eléctricas, en cooperación con las empresas distribuidoras; y (2) proyecto de energía sostenible y la donación de paneles solare. Esta última iniciativa ha permitido que muchas familias en lugares muy remotos puedan tener acceso a una fuente de energía eléctrica, aprovechando recursos naturales como la luz solar. (Centeno Castro, Franco Pineda, & González Santamaría, 2017)

### 3.1.2. Generación de empleo en la zona rural

Según el comportamiento que se percibe en el mercado de trabajo del país, el sector rural se encuentra en condiciones de mayor vulnerabilidad respecto al urbano, en términos laborales. Debido a que, muestra más desempleo por falta de oportunidades, así como una alta tasa de informalidad que repercute en salarios que ya son bajos. Ante ello, el desarrollo de proyectos de energías renovables puede contribuir de forma positiva en dichos problemas.

La última publicación de la encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples (EHPM) del año 2019, revela que la mayor concentración de la población salvadoreña se encuentra en el área urbana, específicamente el 61.7% del total (DIGESTYC, 2019). Esto se puede explicar por medio de la centralización de fuentes de ingreso en las ciudades, lo que obliga a la población a movilizarse hacia ellas.

En las áreas metropolitanas se centran la mayor cantidad de vacantes de empleo (sobre todo en la de San Salvador), muchas veces con mayores necesidades de cualificación, lo que podría

explicar sus niveles salariales más altos. Debido a la terciarización que presenta la economía nacional, ya que la mayoría de grandes empresas de comercio y servicios se sitúan en las zonas de mayor desarrollo económico; de fácil acceso, con un elevado nivel de consumo y una buena cobertura en comunicaciones.

Las energías renovables podrían ser capaces de trasladar una parte de la producción, por tanto, de la demanda de trabajo hacia la región rural, pues la instalación de parques solares o eólicos se realiza en lugares aislados. Los terrenos fuera de la ciudad son los principales candidatos para la construcción de éstas, logrando retener a una parte de la población que decide migrar en búsqueda de mejores sueldos (dentro y fuera del país). Abonado a esto, los puestos de trabajo en la gran industria de las renovables aseguran en su mayoría el cumplimiento de las prestaciones de ley, proporcionando mejores garantías para el trabajador (Argumedo & Oliva, 2017).

Lo último se fundamenta en que, generalmente las construcciones de este tipo son de gran magnitud, teniendo un considerable número de empleados, y por experiencia se sabe que, el sector salvadoreño no cubierto por la ley está conformado mayormente por trabajadores de la microempresa (Argumedo & Oliva, 2017).

El desarrollo de las energías renovables en el país debe hacerse de forma paulatina y bien estructurada, con el fin de sacar el máximo provecho económico del proceso, debiendo intervenir por lo menos las siguientes entidades: a) empresa privada, b) gobierno y, c) instituciones educativas. El esfuerzo en conjunto es necesario para poder capacitar a la fuerza de trabajo en esta área, ya que en El Salvador este tipo de energías se encuentra en etapas iniciales. Esto ayudará a que la demanda de trabajo se supla con oferta local, lo que beneficia a todos los sectores involucrados.

### **3.1.2.1. Distribución de la Población en Edad de Trabajar**

La Población en Edad de Trabajar (PET) se conforma por todos aquellos habitantes que, de acuerdo con su edad, se consideran aptos para incorporarse a la oferta de trabajo en el territorio<sup>59</sup>. Esta se puede dividir en la Población Económicamente Activa (PEA) y la Población Económicamente Inactiva (PEI). La primera se encuentra empleada o pretende estarlo en el corto plazo, mientras que la segunda no posee un empleo, pero tampoco está en búsqueda de uno.

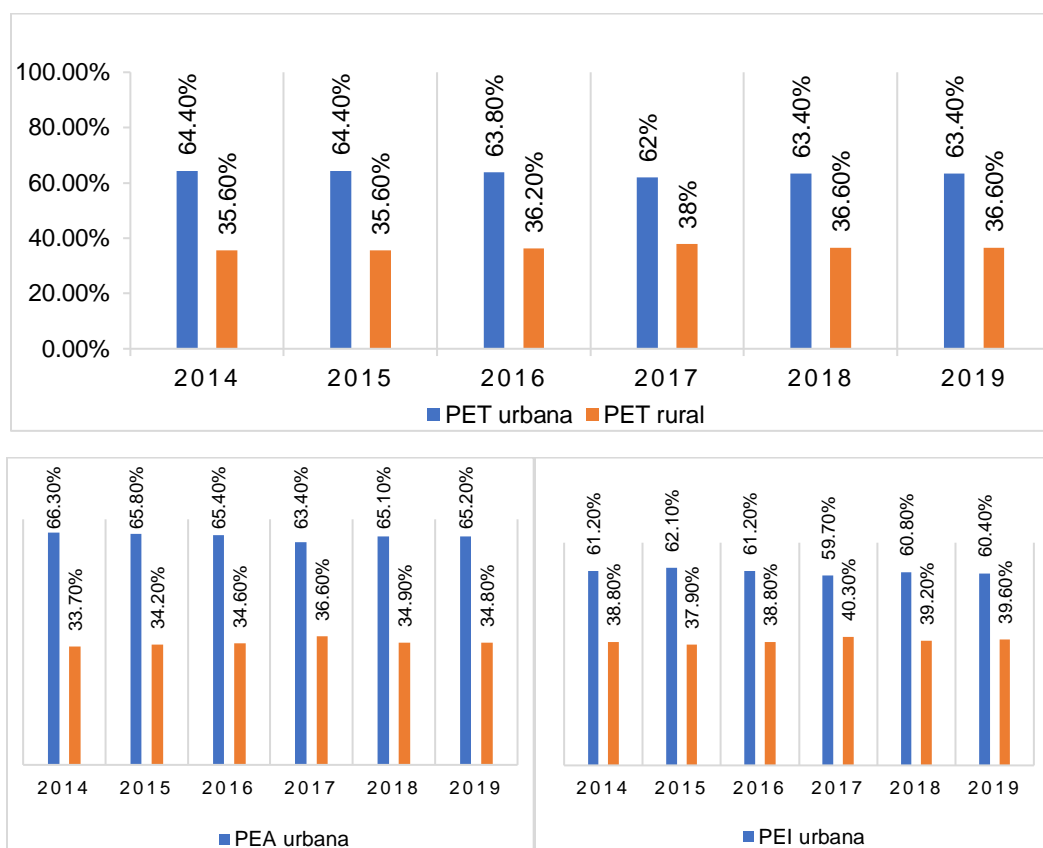
En El Salvador para el año 2019, la PET representaba el 74.5% de la población total (DIGESTYC, 2019), y la mayor proporción se establecía en la zona urbana del país, más de la mitad de la misma (63.4%). Este fenómeno se puede atribuir al desplazamiento de personas mencionado en un inicio. La evolución de la Población en Edad de Trabajar se puede observar en la figura 3-3.

A través de los años, el cambio en la concentración de la PET por área geográfica, no ha sido significativo. En el periodo 2014 – 2019, se ha situado principalmente en la zona urbana del país. En cuanto a su composición, la PEA también se ha encontrado ubicada en el sector urbano mayoritariamente, del mismo modo lo ha hecho la PEI. Aparentemente esto indicaría que hay más inactividad en lo urbano y no en lo rural, sin embargo, la tasa de participación y la de inactividad en el mercado de trabajo muestran lo contrario.

---

<sup>59</sup> La PET en El Salvador se constituye por todos aquellos habitantes mayores de 16 años.

**Figura 3-3. Evolución en la distribución de la Población en Edad de Trabajar (PET) para la zona urbana y rural de El Salvador, expresada en porcentajes respecto al total (2014-2019)**



**Nota sobre el periodo de tiempo:** en la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples (EHMP), se empezó a tomar en cuenta la PEI a partir del año 2014. En años posteriores solo se mostraba la PEA, de la cual se puede estimar la PEI, pero no se puede inferir sobre su distribución por área, siendo la cuestión que se desea contrastar.

**Fuente:** Elaboración propia con datos de la DIGESTYC (varios años).

La tasa de participación indica el peso que tiene la PEA sobre el total de la PET. Su contraparte, la tasa de inactividad, muestra el peso que tiene la PEI en la PET. Resumiendo, estas representan la proporción que tienen la PEI y la PEA sobre la PET.

En el 2019, la PET rural presentó una mayor tasa de inactividad y una menor tasa de participación en el mercado laboral, en contraste con la urbana<sup>60</sup>. La inactividad de un habitante salvadoreño en general se puede explicar por varias razones: 1) se dedica por completo a tareas domésticas, 2) se encuentra estudiando, y 3) una condición particular le imposibilita trabajar (DIGESTYC, 2019). Para el caso del área rural, la inactividad se podría deber en gran medida a la primera de

<sup>60</sup> Según la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples del 2019, la tasa de inactividad rural fue de 40.9% frente a un 36.1% de la urbana. En cambio, la tasa de participación urbana fue de 63.9% frente a un 59.1% de la rural.

las justificaciones, especialmente para las mujeres. El tema de género se abordará en un próximo apartado.

**Figura 3-4. Evolución de la tasa de empleo y desempleo en El Salvador, expresada en porcentajes respecto al total (2007-2019)**



**Nota sobre el periodo de tiempo:** La muestra es a partir del 2007 porque previo a ese año la PET (PEI+ PEA) empezaba a la edad de 10 años.

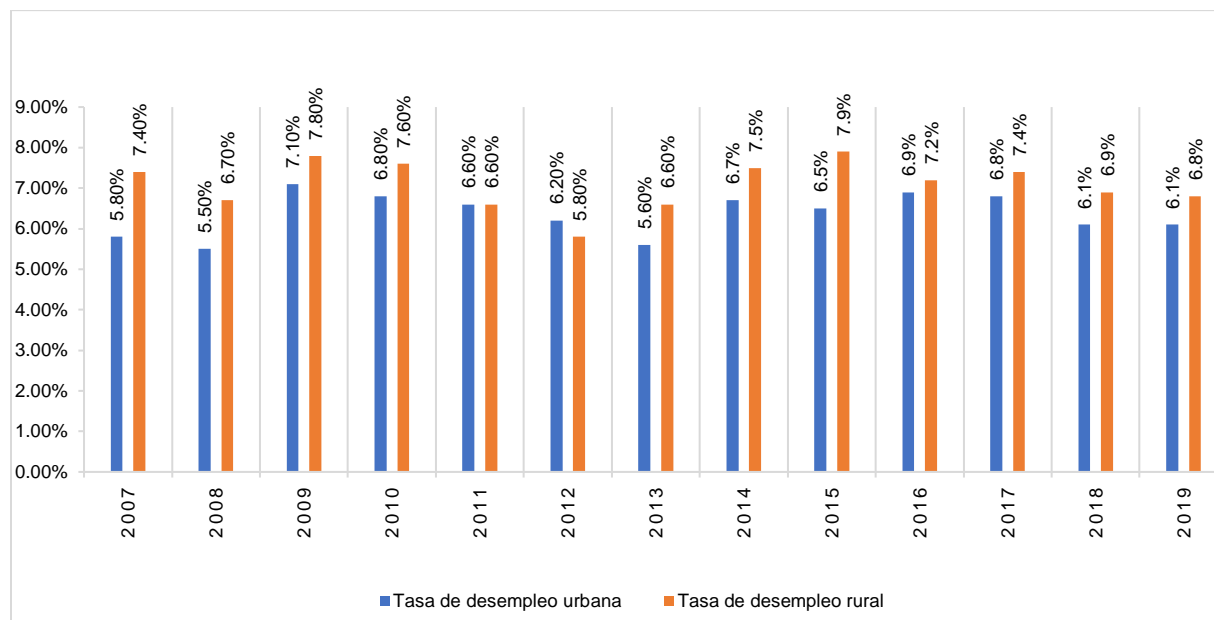
**Fuente:** Elaboración propia con datos de la DIGESTYC (2007 - 2019).

En la EHPM, no figura uno de los motivos fundamentales que explica la no incorporación de gran parte de la PEI en la oferta de trabajo, que en gran medida se debe a la recepción de remesas. Algunos estudios avalan la relación inversa de estas con el crecimiento de la PEA (Argumedo & Oliva, 2017). Muchas personas que se encuentran en la inactividad laboral reciben un ingreso generado por migrantes. A lo largo de la historia, la mayoría de migrantes salvadoreños han salido de sectores rurales del territorio (Rivera Funes, 2017), motivados especialmente por el desempleo y los bajos salarios (USCRI y UTEC, 2013), máxime si se dedicaban a actividades de agricultura.

Las motivaciones que impulsan la migración parecieran contradictorias con los bajos niveles de desempleo y la regulación del salario mínimo en El Salvador. Según las Encuestas de Hogares de Propósitos Múltiples (2007-2019), arriba del 90% de los salvadoreños que han querido obtener un empleo lo han logrado. Por otra parte, se supone que el salario mínimo toma en cuenta el costo de la vida en el país, por lo que debería ser suficiente para la subsistencia de los trabajadores y sus familias.

En la figura 3-4 se visualiza la conducta que ha tenido el desempleo y la ocupación en el país. El 2009 mostró la mayor tasa de desempleo en el periodo, y por sobre ello su magnitud se considera baja. Durante ese año, de cada 100 integrantes de la PEA, solamente 7 no eran absorbidos por la demanda de trabajo nacional.

**Figura 3-5. Contraste entre la tasa de desempleo urbana y rural en El Salvador, expresado en porcentajes (2007-2019)**



**Nota sobre el periodo de tiempo:** La muestra es a partir del 2007 porque previo a ese año la PET (*PEI+ PEA*) empezaba a la edad de 10 años.

**Fuente:** Elaboración propia con datos de la DIGESTYC (2007 - 2019).

La figura 3-5 muestra como han ido cambiando las tasas de desempleo según su área dentro del territorio, evidenciando la existencia de más desempleo en el área rural que en la urbana. Para todos los años (exceptuando el 2011 y 2012), la desocupación rural ha sobrepasado a la urbana en un promedio de 0.9%.

La mayoría de indicadores poblacionales del mercado laboral colocan a la zona rural en desventaja en comparación con la urbana. Sin embargo, las dificultades de dicha área van más allá de la diferencia entre el nivel de empleabilidad o la concentración de trabajadores, trasladándose hasta las condiciones particulares de cada tipo de función a desempeñar.

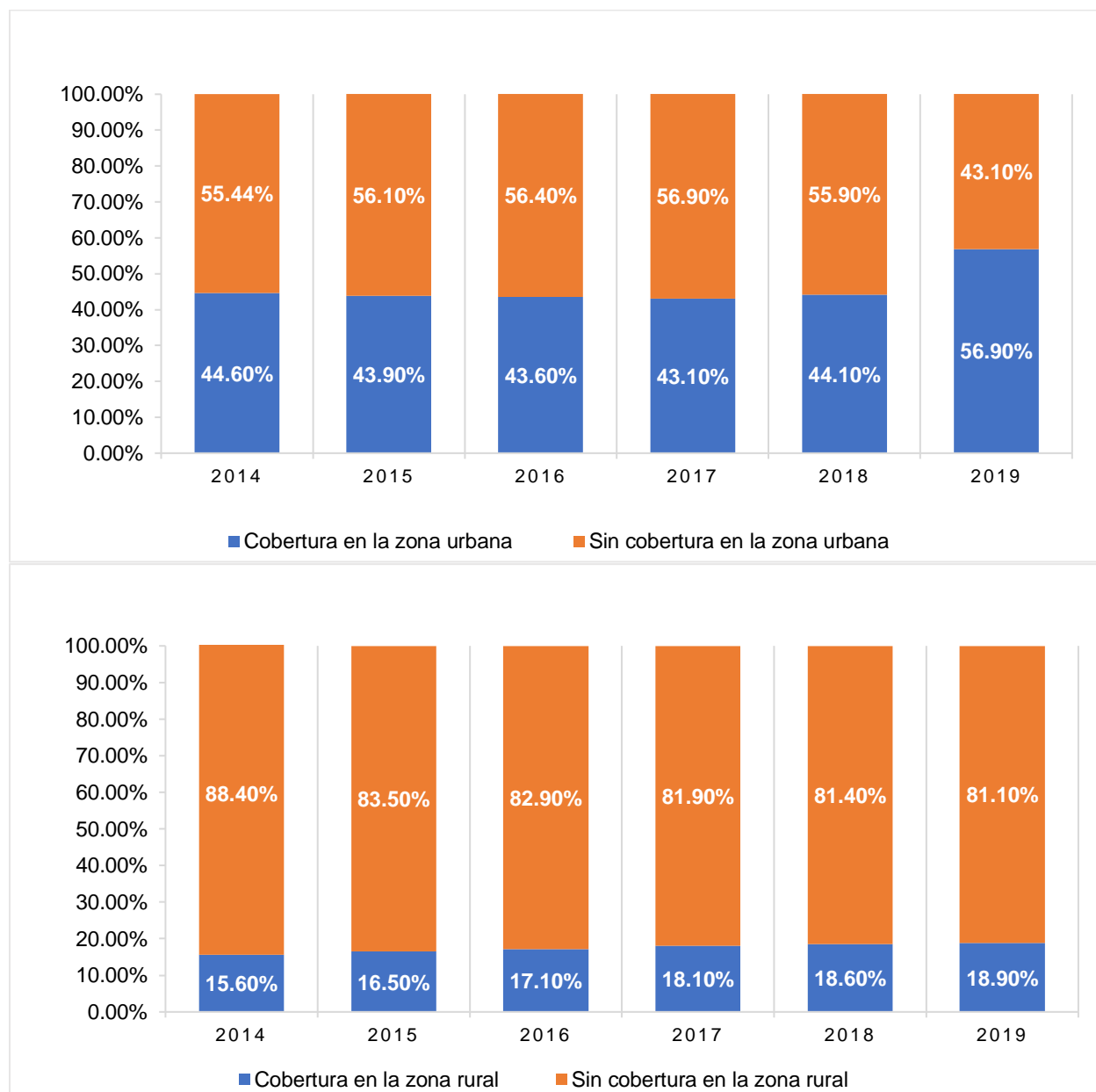
### 3.1.2.2. Informalidad: seguridad social y salarios (mínimos y promedios)

#### Cobertura de seguridad social como indicador de la informalidad

Conceptualizar la economía informal es bastante complejo, debido a la divergencia de opiniones respecto a los criterios a tomar en cuenta para lograrlo. En el año 2002, la Organización Internacional del Trabajo la definió como “todas las actividades económicas realizadas por los trabajadores y unidades económicas que —en la legislación o en la práctica— no están cubiertas, o lo están en forma insuficiente, en los sistemas formales” (OIT, 2018). Posteriormente, en el 2015 se hicieron ratificaciones para aclarar que en el concepto no se incluían actividades ilícitas y que, las «unidades económicas» englobaban a: a) personas que emplean trabajadores; b) trabajadores por cuenta propia; y c) trabajadores en cooperativas y/o en unidades de economía social o solidaria.

La palabra «cobertura» implica muchos aspectos por cumplir, como el acceso a un seguro social, un fondo de pensiones, ingresos regulares y suficientes, una jornada de trabajo decente, áreas de trabajo seguras, entre otros más. De forma general, se puede deducir que el sector informal está compuesto por trabajadores que no se encuentran regulados por las legislaciones que rigen lo laboral en el país, pudiendo estarlo en forma parcial o total (OIT, 2018).

**Figura 3-6. Contraste de la evolución en la cobertura de seguridad social para la zona urbana y rural en El Salvador, expresado en porcentajes respecto al total (2014-2019)**



**Nota sobre el periodo de tiempo:** en la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples (EHPM), se empezó estimar la cobertura de seguridad social a partir del año 2014.

**Fuente:** Elaboración propia con datos de la DIGESTYC (varios años).

En El Salvador los integrantes del sector informal son los “asalariados y trabajadores familiares ocupados en establecimientos de menos de cinco trabajadores; trabajadores por cuenta propia y patronos de empresas con menos de cinco trabajadores en ocupaciones que no son profesionales, técnicas, gerenciales o administrativos” (DIGESTYC, 2019, p. 37). Esta selección puede llegar a ser demasiado amplia, al enfrentarse con la heterogeneidad en las situaciones de las empresas, así como por las condiciones de empleo del país. Cabe mencionar que no existen cifras oficiales sobre dicho sector en el área rural del territorio, solamente para la zona urbana.

Los datos sobre la cobertura social<sup>61</sup> de la población ocupada podrían dar una idea de la informalidad en la zona rural del país. A través del tiempo (figura 3-6), se evidencia que el área rural se ha encontrado más descubierta que la urbana. En el periodo de tiempo comprendido, el área rural ha presentado una mayor proporción de ocupados sin cobertura de seguridad social: 8 de cada 10 personas no han estado cubiertas. Esto denota la existencia de un porcentaje superior de empleados informales en esa región.

El comportamiento en la cobertura de seguridad social para la zona urbana ha sido más variable que el del área rural, fluctuando hacia arriba y hacia abajo. Sin embargo, no ha disminuido de 43% en el lapso de tiempo estipulado (2014-2019). Además, ha mostrado un incremento considerable superior al 10% en 2019. Esto logró por primera vez en el ciclo, que más de la mitad de los ocupados posean un sistema de cobertura social.

Un aspecto a destacar es el aumento sostenido pero insuficiente de la cobertura social para el segmento ocupado de la zona rural. Esta ha aumentado en 3.30% durante todo el periodo. En cambio, la cobertura social para los ocupados en el área urbana ha experimentado un incremento absoluto de 12.30%.

### **Comparación del salario mínimo y promedio como indicador de informalidad**

El término «salario mínimo» es descrito por la Organización Internacional del Trabajo de la siguiente manera:

El salario mínimo se ha definido como la cuantía mínima de remuneración que un empleador está obligado a pagar a sus asalariados por el trabajo que éstos hayan efectuado durante un período determinado, cuantía que no puede ser rebajada ni en virtud de un convenio colectivo ni de un acuerdo individual. (OIT, 2017)

El establecimiento de un salario mínimo sirve como herramienta de protección para los trabajadores más vulnerables en términos de ingreso, debido a que están amparados por las leyes que rigen el mercado laboral de una nación. Los países como El Salvador, que han adoptado esta medida, deberían cumplir y supeditarse a esta norma.

El alcance del salario mínimo puede ser limitado en países con un sector informal elevado, e incluso superior al formal. La magnitud y diversidad encontrada en la informalidad dificulta su regulación, y los instrumentos para llevar a cabo esa tarea parecen insuficientes. Por tanto, comparar los salarios mínimos vigentes con los promedios, puede brindar un acercamiento a la parte de la ocupación que corresponde a ese sector.

---

<sup>61</sup> Refiriéndose a la cobertura de seguridad social tanto pública como privada. Puede incluir seguros médicos, fondos para la vejez, seguros por despidos, entre otros.



El análisis se sitúa en los años 2018 y 2019 para examinar la cobertura que ha tenido el último incremento del salario mínimo. La última reforma entró en vigencia el 1 de enero de 2018 (Consejo Nacional del Salario Mínimo, 2018). A partir de esta reforma se realizará un breve estudio (ver anexo 10), en contraste con los salarios promedios por rama de la actividad económica que presenta la EHPM.

Para el año 2018, la mayoría de salarios promedios para la zona urbana superaban a los mínimos establecidos, a excepción de: 1) Hogares con servicio doméstico, y 2) Agricultura, ganadería, caza y silvicultura. Además, la proporción de trabajadores en esas áreas fue bastante baja, representando un 9.29% del total de los ocupados (ver anexo 11).

Para el mismo año, el escenario era totalmente contrario en la zona rural, debido a que la mayoría de salarios promedios eran más bajos que los mínimos: 9 de 14 ramas de la actividad económica presentaron este fenómeno (ver anexo 12). Específicamente, las siguientes actividades:

- 1) Agricultura, ganadería, caza y silvicultura
- 2) Explotación de minas y canteras
- 3) Industria manufacturera
- 4) Suministro eléctrico, gas y agua
- 5) Construcción
- 6) Comercio, hoteles y restaurantes
- 7) Transporte, almacenamiento y comunicaciones
- 8) Servicios comunales, sociales y de salud
- 9) Hogares con servicio doméstico

Los trabajadores en estas ramas representaron el 90.4% del total de la ocupación rural, concentrados principalmente en la de Agricultura, ganadería, caza y silvicultura (36.52%). Estas actividades exhibieron el segundo salario promedio más bajo, siendo levemente superior a la rama de hogares con servicio doméstico.

En el año 2019, se pudo percibir una mayor cobertura del salario mínimo en los salarios promedios para el área rural. Se presentó un efecto contrario para la zona urbana. Sin embargo, no fue muy significativo, pues solamente se añadió una rama más de la actividad económica al grupo de las que tienen salarios promedios inferiores a los mínimos, y los trabajadores en ella solo equivalían al 0.04% de la ocupación urbana. Las ramas que integraron el grupo en cuestión son: 1) Agricultura, ganadería, caza y silvicultura; 2) Explotación de minas y canteras; 3) Hogares con servicio doméstico. En total, representaron el 9.86% de la ocupación en la zona urbana del país (ver anexo 13). En cuanto a la zona rural, 8 de las 14 actividades económicas a tomar en cuenta, presentaron un salario promedio inferior al mínimo que les correspondía:

- 1) Agricultura, ganadería, caza y silvicultura
- 2) Explotación de minas y canteras
- 3) Industria manufacturera
- 4) Construcción
- 5) Comercio, hoteles y restaurantes
- 6) Servicios comunales, sociales y de salud
- 7) Hogares con servicio doméstico
- 8) Otros <sup>62</sup>

---

<sup>62</sup> Se incluyen organizaciones y órganos extraterritoriales.

Los trabajadores en las actividades mencionadas, tuvieron una proporción igual al 87% de la ocupación en el área rural. La Agricultura, ganadería, caza y silvicultura, que es la rama de actividad económica que recoge a la mayoría de trabajadores (35.32%), mostró el tercer salario promedio más bajo (ver anexo 14).

En 2018 y 2019, los salarios promedios más bajos respecto a los salarios mínimos, se situaron en el área rural del país. Esto podría indicar un sector rural informal extendido en comparación con el de la zona urbana. Esto no quiere decir que esta última tenga un sector informal pequeño. El análisis solo puede servir para demostrar que la informalidad se encuentra más presente en los empleos del área rural. Así lo confirma la Escuela Superior de Economía y Negocios (2020), quien estimó una mayor prevalencia del empleo informal en las zonas rurales (86%) respecto a las urbanas (65%).

### 3.1.2.3. Empleo en el área de las energías renovables

El empleo a nivel mundial en energías renovables ha ido en aumento, llegando a 11 millones de personas empleadas en 2018 (0.7 millones más que en el 2017) (IRENA, 2019). La energía que concentró la mayor cantidad de empleo fue la solar, específicamente la fotovoltaica. Le siguieron la bioenergía, energía hidroeléctrica, energía eólica, energía solar para calefacción y otras (IRENA, 2019). Estas últimas representaron una porción muy baja del empleo, razón por la que se les muestra de forma agrupada, incluyendo también la energía geotérmica y la oceánica.

El país que generó la mayor cantidad de empleo en el área de energías renovables fue China, seguido por Brasil, Estados Unidos, India y otros países pertenecientes a la Unión Europea (IRENA, 2019). El elevado nivel de empleo en las energías renovables se debe a su alto coeficiente de empleabilidad en comparación con el de energías fósiles. Es importante destacar que la energía solar fotovoltaica y la energía eólica son las que requieren, en promedio, más empleados por megawatt instalado. A continuación, en el cuadro 3-1 se muestra en detalle la empleabilidad de estos sectores:

**Cuadro 3-1. Promedio de puestos de trabajo por megawatt a instalar**

Tipo de energía	Fabricación, construcción e instalación	Funcionamiento y mantenimiento / procesamiento del combustible	Total
Energía solar fotovoltaica	5.76-6.21	1.20-4.80	6.96-11.01
Energía eólica	0.43-2.51	0.27	0.70-2.78
Carbón	0.27	0.74	1.01

Fuente: OIT (2011, p.3).

La energía solar fotovoltaica puede emplear durante su etapa pre-operativa entre 5 y 6 trabajadores por megawatt a instalar, mientras que en su etapa operativa puede dar trabajo en un rango de 1 a 5 trabajadores por cada megawatt instalado. En total, un proyecto de este tipo puede emplear entre 6 y 11 personas por cada megawatt de capacidad media, siendo superior a los empleados en energía eólica y en energía por carbón (combustible fósil).

Durante el proceso de creación y funcionamiento de plantas eólicas, se emplean de 1 a 3 trabajadores por megawatt de capacidad media. En cuanto a los proyectos de generación de

energía por la quema de carbón, solamente se le da empleo a un trabajador por cada megawatt de capacidad media.

Debido a que la energía renovable crea más empleo que la fósil, es necesario buscar un proceso de contratación armónico dentro de los proyectos que se buscan llevar a cabo en el país, con el propósito que el máximo beneficio se quede en el territorio nacional. Es decir, tratar de disminuir los desequilibrios de la oferta y la demanda de trabajo en esta área. Para lograrlo, se necesita al menos lo siguiente:

**a) Los proyectos de nuevas instalaciones de tipo solar o eólico deberán desarrollarse de forma paulatina y bien planificada.**

Si la introducción de las tecnologías mencionadas se hace de forma abrupta, la demanda de trabajo se incrementará en esa forma también. Esto implica que habrá gran exigencia de trabajadores en un periodo corto de tiempo, pudiendo suplirse con oferta extranjera. En cambio, si la introducción de tecnología es gradual, así mismo será la demanda de trabajo, lo que dará tiempo para que la mano de obra interesada en esta área pueda calificarse en las nuevas competencias que requieren esta clase de tecnologías.

**b) Informar a la población estudiantil sobre el futuro auge de dicha industria y estructurar los nuevos planes de estudio.**

Una buena parte de las capacidades que exigen las energías renovables van más allá de la educación media, debiéndose incentivar a la población a desarrollarse dentro de esta área. El problema que se presenta en El Salvador, es que pocos centros educativos de nivel superior incluyen en sus carreras el estudio de las energías renovables y, los que lo incluyen, lo hacen de manera superficial. Las autoridades competentes deben intervenir en esta situación, pues de existir capital humano que cumpla con los requerimientos de la industria, la mayoría de puestos de trabajo serán ocupados por nacionales.

**c) Informar a la población sobre las nuevas oportunidades de empleo en las zonas donde se realizarán instalaciones**

Muchos estudiantes de la zona rural migran a la ciudad para continuar sus estudios ante la falta de oportunidades en sus lugares de residencia, y optan por establecerse de forma permanente en el área urbana. Este escenario podría cambiar si pudiesen encontrar un empleo acorde a sus estudios en la zona rural. Por otra parte, no todos los empleos en la industria de las energías renovables requieren cualificaciones universitarias. La PEA en el sector rural puede ser parte del proceso de construcción, instalación y mantenimiento de las estructuras. Para ello deberán capacitarse y contar con la información necesaria para llevar a cabo este proceso.

### **3.1.3. Precios de la electricidad y su influencia en el Índice de Precios al Consumidor**

El Índice de Precios al Consumidor (IPC), muestra la evolución de los precios en un conjunto de bienes y servicios que sirven para suplir las necesidades o deseos de los hogares de El Salvador. Sin embargo, este no debe confundirse con un indicador del costo de la vida o con un indicador del nivel medio de los precios en el país (DIGESTYC, 2013). Incluye clasificaciones como prendas de vestir y calzado, salud, transporte, recreación y cultura, entre otras más.

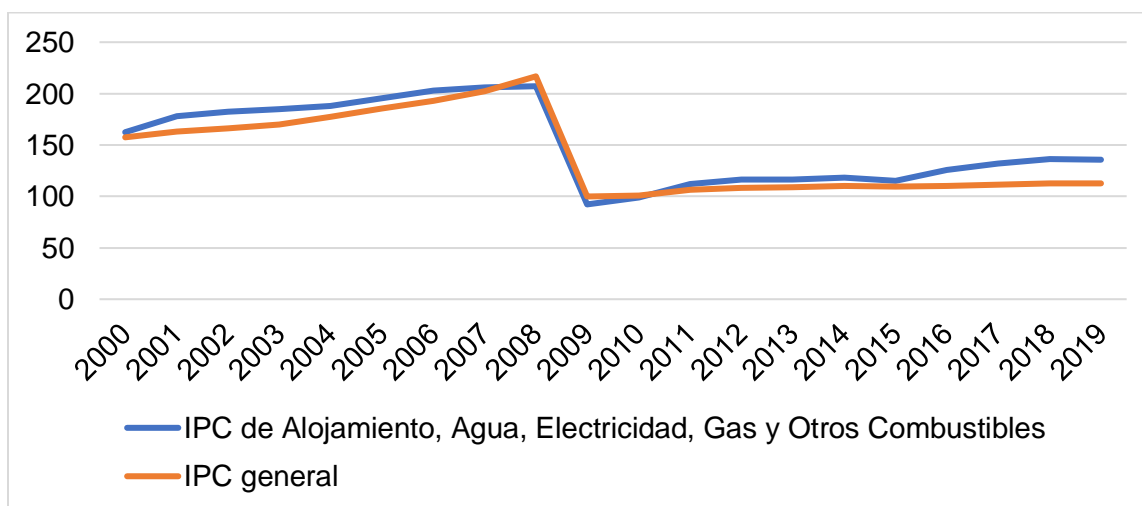
La clasificación en la que se centrará este apartado se denomina “Alojamiento, Agua, Electricidad, Gas y otros Combustibles”, siendo la más idónea para explicar la relación que se desea presentar. Como se comprobó en el capítulo II, el sector que incluye a la electricidad es clave dentro de la economía, lo cual parece evidente, debido a que interviene en la mayor parte de la actividad económica. Sin lugar a dudas, los precios de la electricidad influyen en los precios al consumidor.

Al analizar las clasificaciones, se pudo observar el comportamiento del IPC para Alojamiento, Agua, Gas y otros Combustibles. Al compararse sus promedios anuales, tienen la misma dirección, lo que se puede apreciar en la figura 3-7. Cabe destacar que el comportamiento mencionado no aplica para todas las clasificaciones.

Un cambio en el precio de electricidad tendría un efecto en el resto de los precios de bienes y servicios. Este efecto podría beneficiar o perjudicar en mayor medida al sector rural del país, ya que se demostró que reciben salarios promedios más bajos que los recibidos en la zona urbana. Una disminución en el monto de las facturas eléctricas podría ser de mayor ayuda para la zona periférica del territorio, de forma directa e indirecta. Directa porque pagarán menos por el servicio e indirecta porque podrán acceder a mercancías a un precio menor.

Para lograr una reducción en los precios de electricidad y beneficiar a todos los sectores, se deben de reducir los costos de producirla y mantenerlos estables. La disminución en el uso de combustibles fósiles, que fluctúan en base a situaciones externas, sería la solución más adecuada.

**Figura 3-7. Comparativo del IPC con el IPC para Alojamiento, Agua, Electricidad, Gas y otros Combustibles (2000-2019)**



**Fuente:** Elaboración propia con datos del BCR (varios años).

### 3.1.4. Balanza comercial energética

#### 3.1.4.1. Dependencia energética

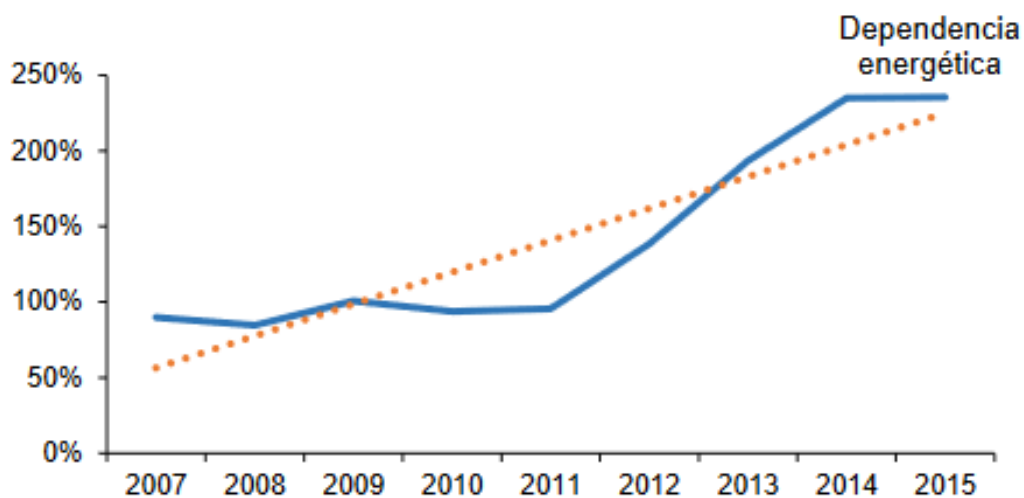
Este indicador mide el grado de dependencia de las importaciones energéticas para hacer frente a las necesidades de energía. Para el año 2011 se llega a un punto de inflexión de la tendencia hacia arriba por parte de la dependencia de las importaciones netas de energía. Esta

dependencia corresponde a la importación total de los derivados del petróleo (anteriormente una parte se procesaba localmente). Se destaca que el indicador posee un riesgo elevado por las fluctuaciones altas de los precios internacionales, ya que está ligado directamente el precio y oferta internacional con el indicador de dependencia energética (Centeno Castro, Franco Pineda, & González Santamaría, 2017).

Diversificar la matriz energética puede reducir esta tendencia, de forma que el país deje de ser altamente dependiente de energía fósil, logrando producir e incluso exportar energía y dinamizar la economía. La producción de energía en El Salvador puede llegar a ser autosustentable si se logra expandir las diferentes fuentes de energía renovable en el país.

Un problema para reducir esta tendencia recae en el petróleo, puesto que la única forma de obtenerlo es a través de su importación. La transición de la matriz energética para encaminarla hacia nuevas fuentes de generación de energía, ofrece una solución a la dependencia petrolera, generando una mayor eficiencia por medio del aprovechamiento de los recursos naturales.

**Figura 3-8. Dependencia de importaciones netas de energía de El Salvador (2007-2015)**



**Fuente.** Centeno Castro, Franco Pineda & González Santamaría (2017).

### 3.2. Contrapesos de energías renovables a la contaminación

El Salvador es un país muy vulnerable a los desastres naturales, teniendo un 88% del territorio clasificado como zona de riesgo. En ese 88% de territorio vive el 95% de la población total del país. Por tanto, es de vital importancia mantener al país preparado para desastres naturales de cualquier tipo, asegurando los servicios básicos a la población y regulando las emisiones de contaminantes y GEI que se generan (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

La contaminación del aire es un problema a nivel mundial, del cual El Salvador no está exento. La mayoría de GEI que se emana a la atmósfera proviene del sector agricultura y el sector energético, en ese orden respectivamente. La matriz energética de El Salvador aun depende de

combustibles fósiles, emanando aproximadamente 6,077 kilotoneladas, que representan el 30.7% del total nacional (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

Existen otros tipos de GEI que se liberan a la atmosfera, como el gas metano (CH<sub>4</sub>) e hidrofluorocarbonos (HFC). El volumen liberado de gas metano proveniente del sector energético es de 4.3 kilo toneladas, que representa el 3% del total liberado. Sin embargo, este sector no emite HFC según los datos del ministerio de medio ambiente y recursos renovables (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018). A continuación, se muestra un fragmento del cuadro de emisiones de GEI realizado por el ministerio de medio ambiente y recursos naturales de El Salvador.

El remplazo gradual de los combustibles fósiles para generar energía reduce considerablemente la cantidad de dióxido de carbono liberado a la atmosfera. Al tener una matriz energética que no logra abastecer la demanda nacional del país, se debe invertir en nuevas plantas de obtención de energía eléctrica. Esto significa que las nuevas inversiones en plantas energéticas deben ser de energía renovable, porque la energía eólica y solar no emanan ningún tipo de GEI durante su operación, mientras que la inversión en plantas de energía térmica aumentará el volumen de emisiones permanentemente (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

**Cuadro 3-2. Emisiones de gases de efecto invernadero de El Salvador**

Código	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO <sub>2</sub> neto (kt)	Emisiones CO <sub>2</sub> (kt)	Absorciones CO <sub>2</sub> (kt)	CH <sub>4</sub> (kt)	N <sub>2</sub> O (kt)	HFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	PFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	SF <sub>6</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NO <sub>x</sub> (kt)	CO (kt)	CO-VDM (kt)	SO <sub>2</sub> (kt)
0.	Todas las emisiones y las absorciones nacionales	15.978,7	20.964,6	-4.985,9	143,1	2,5	85,3	NA, NE, NO	NA, NE, NO	38,8	355,8	111,3	277,6
1.	Energía	6.077,3	6.077,3	NO	4,3	0,3				36,5	268,3	43,1	277,6
1.A.	Actividades de quema de combustible	5.896,3	5.896,3		4,3	0,3				36,5	268,3	41,7	277,6
1.A.1.	Industrias de la energía	1.600,9	1.600,9		0,7	0,0				4,4	5,0	0,1	31,6
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción	851,8	851,8		0,2	0,0				2,9	20,2	0,3	57,7
1.A.3.	Transporte	2.801,9	2.801,9		0,2	0,2				27,1	187,2	35,3	185,1
1.A.4.	Otros sectores	641,7	641,7		3,2	0,0				2,1	55,9	6,0	3,3
1.A.5.	No especificado	IE	IE		IE	IE				IE	IE	IE	IE
1.B.	Emisiones fugitivas de combustibles	181,0	181,0		0,0	NO				NO	NO	1,4	NO
1.B.1.	Combustibles sólidos	NO	NO		NO	NO				NO	NO	NO	NO
1.B.2.	Petróleo y gas natural	181,0	181,0		0,0	NA, NE, NO				NA, NE, NO	NA, NE, NO	1,4	NA, NE, NO
1.C.	Transporte y almacenamiento de CO <sub>2</sub>	NO	NO	NO									
2.	Procesos industriales y uso de productos	376,3	376,3		NE, NO	NE, NO	85,3	NA, NE, NO	NE, NO	NA, NE, NO	NA, NE, NO	68,1	NA, NE, NO
2.A.	Industria de los minerales	376,3	376,3							NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
2.B.	Industria química	NO	NO		NO	NO				NO	NO	NO	NO
2.C.	Industria de los metales	NE, NO	NE, NO		NE, NO			NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO

**Fuente:** Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (2018).

La contaminación de la energía solar proviene de la etapa de producción. Para producir paneles solares se utilizan químicos como el cadmio<sup>63</sup>, antimonio<sup>64</sup> y plomo<sup>65</sup>. La producción energética de los paneles en su vida útil es totalmente limpia y sin riesgo. La preocupación de los productores de paneles solares proviene al terminar la vida útil de estos, porque no pueden reciclarse convencionalmente ni desecharse por los químicos contenidos en los componentes. La opción ofrecida por los productores de paneles solares es regresar los paneles después de su vida útil al respectivo productor y que se reciclen adecuadamente para producir nuevos paneles y reducir la contaminación del aire y el suelo.

Al instalar los parques de paneles solares, se destina terreno específicamente para la instalación de infraestructura, es decir, se necesita alterar el ecosistema para adecuar la superficie y poder construir infraestructura adecuada para la instalación de los paneles; esto incluye tanto la energía solar fotovoltaica como a la térmica.

Los parques eólicos son una de las fuentes de energía renovable más provechosa, pues los motores funcionan en base a los movimientos de las aspas gracias a la fuerza del viento. Se da el caso que no es una energía netamente limpia, debido a que se utilizan insumos contaminantes tanto en su fabricación como en su creación de infraestructura.

La contaminación generada por las turbinas de energía eólica es nula, pero su mantenimiento operativo sí genera emisiones de dióxido de carbono. Estas emisiones son tan bajas que no son significativas con respecto a las emisiones de una planta de energía térmica (Office of energy efficiency and renewable energy , 2020).

Para mantener en funcionamiento los motores se utilizan sustancias contaminantes:

La tecnología empleada en las instalaciones eólicas en México tampoco es la más eficiente, se requiere de alrededor de 400 litros de aceite lubricante para el mantenimiento diario de cada aerogenerador, este aceite suele fugarse con mucha frecuencia, escurriendo y difuminándose por aspersion en los alrededores, afectando plantas y animales (Cruz, 2018).

La vida útil estimada de un generador de energía eólica por aspas es de 20 años. En ese lapso de tiempo genera en promedio estimado 47.4 veces la energía que se utilizó para su construcción (Álvarez, 2010).

En contraste con la energía térmica, el impacto ambiental que posee la producción de energía mediante recursos renovables es más bajo. Si dividimos las energías en distintas etapas de su vida útil, se puede observar que el peso ambiental que tienen las energías renovables es indiscutiblemente más bajo que la energía térmica.

---

<sup>63</sup> Metal pesado que tiene potencial de contaminar el agua y el suelo de no ser tratado al reciclarse.

<sup>64</sup> Semimetal que al permanecer en altos volúmenes en el aire puede provocar irritación ocular y problemas pulmonares.

<sup>65</sup> Metal pesado utilizado en la producción de baterías, puede provocar daños en la salud si hay exposición prolongada.

**Cuadro 3-3. Contraste de etapas de contaminación de plantas de generación de energía**

Tecnología/Etapa	Construcción	Vida útil	Fin de vida útil
Energía térmica	Emite contaminantes directamente	Emite contaminantes directamente	Depende de la calidad de construcción
Energía solar	Emite contaminantes directamente	No emite contaminantes	No emite contaminantes al reciclarse
Energía eólica	No emite contaminantes directos	No emite contaminantes	No emite contaminantes al reciclarse

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.2.1. Contaminación auditiva

Es necesario aclarar que la energía solar no emite ningún tipo de contaminación auditiva. Sin embargo, los ruidos mecánicos (funcionamiento de motores) y aerodinámicos (del movimiento de las aspas por el viento) afectan tanto la salud humana como a la fauna y flora del entorno. Además del ruido, generan vibraciones que, al tener exposición prolongada, dañan la salud. Asimismo, los ruidos que más afectan a los animales son los de baja frecuencia, aquellos que no logramos escuchar con la capacidad auditiva humana (Martín Bravo, y otros, 2008).

### 3.2.2. Contaminación ambiental

En tanto a la fauna, se ha encontrado que los paneles solares afectan más a la población de insectos, debido a un fenómeno conocido como “trampa ecológica”. Este se da cuando un organismo se siente más atraído por un hábitat malo que por uno bueno, y es uno de los fenómenos más peligrosos de la naturaleza. Los insectos identifican el reflejo de la luz de la superficie oscura del panel solar como un lago o charco grande, depositando sus huevos allí, teniendo como consecuencia que los huevos mueran y el proceso de reproducción se vea alterado (Plitt, 2010).

Para las plantas de energía eólica, la superficie donde se cimientan las bases de las estructuras, primero son deforestadas y se aplanan el terreno para iniciar la construcción. Se utilizan 20 toneladas de cemento y se suman otros materiales de construcción que afectan la fertilidad del suelo. Además, se debe mencionar que existe aceite derramado por el funcionamiento de las aspas que afecta a la fauna, flora y superficie del lugar.

En cuanto a las turbinas de energía eólica, afectan la fauna, especialmente aquella con la capacidad de volar. La alteración del ecosistema por la infraestructura es amplia, dependiendo del tamaño de las aspas.



**Figura 3-9. Efectos ecosistémicos de las hélices de los aerogeneradores**



**Fuente:** Obtenido de EFE México<sup>66</sup>.

Las aspas que se construyen en las costas afectan la fauna, flora y el fondo arenoso del mar, pues también se hacen construcciones de cemento y otros materiales para sus bases. El ecosistema se ve alterado por la infraestructura: el fondo marino recibe menos luz solar, se cambia el oleaje, las corrientes de aire y las olas pueden ser más oscuras, significando que llevan más sedimentos en suspensión (Estrela, 2016).

### **3.2.3. Contaminación visual**

El paisaje se ve alterado en tanto a la implementación de las aspas. Esta contaminación no permite apreciar los paisajes y altera el ecosistema en apariencia. Si bien algunos consideran que solo es un inconveniente estético, es importante recordar que dichas estructuras son creación del hombre y la belleza de la naturaleza se ve escondida tras las aspas; “este análisis no se hace por considerarse subjetivo” (Álvarez, 2010).

La contaminación visual de los parques solares se da en la alteración de los paisajes. Los paneles se ubican en extensiones de tierra que, dependiendo del tamaño del parque, modifican en pequeña o gran medida el aspecto natural del terreno.

## **3.3. Propuestas para la dinamización del sector energético y la economía nacional**

### **3.3.1. Desarrollo de servicios financieros estatales y promoción de ley de incentivos fiscales para el uso de energía renovable**

El Estado debe mejorar los servicios financieros accesibles para los diferentes sectores productivos, independientemente de su estrato socioeconómico. Las instituciones financieras deben proporcionar condiciones que respalden tasas de interés bajas con plazos atractivos.

---

<sup>66</sup> EFE es una agencia de noticias internacionales fundada en Burgos, municipio español, en 1939

Promocionar estas líneas de crédito beneficiaría a la población nacional, incluyendo el sector doméstico, teniendo un mayor impacto en el beneficio cuantitativo de hogares que podrían optar a dichos créditos reuniendo las condiciones necesarias para ganar las licitaciones energéticas. Promocionar la ley de incentivos fiscales para el uso de energía renovable supondría un efecto similar con los inversionistas que opten a las prestaciones tributarias para el uso de energía renovable. Mejorar estas condiciones para los inversionistas crearía un atractivo para la inversión extranjera privada.

### **3.3.2. Planta productora estatal de paneles solares**

La segunda propuesta consiste en construir una planta de producción de paneles solares por parte del Estado. El objetivo sería facilitar a los inversionistas del sector energético en abrir nuevas plantas de energía solar. Esta “facilitación” busca reducir los costos de importar bienes terminados y de suplir la demanda de los inversionistas para la apertura de parques solares. Ello generaría un nuevo mercado internacional para El Salvador, ya que sería capaz de exportar un producto terminado de alto valor agregado.

Las ventajas que traería consigo la construcción de esta planta de producción sería la creación de empleos en el sector construcción como fase inicial y, posteriormente, la creación de empleos formales en la fabricación de paneles. Otro efecto importante a tomar en cuenta es el efecto de descentralización que esto traería, debido a que, al construirlo fuera del área metropolitana de San Salvador, es decir, en un área menos desarrollada como el oriente del país, movilizaría capitales a la zona en la que fue construida a través de la inversión generada.

### **3.3.3. Sistema de subastas**

La tercera propuesta consiste en impulsar la competencia entre productores de energía, creando subastas en las cuales se proponga una tasa de producción en un lapso de tiempo establecido. La tasa de producción de energía se subastaría a distribuidores de energía, siendo una subasta de precio decreciente (gana aquella energía más barata).

El Estado a través del ente subastador será quien lleve a cabo la subasta de producción de energía (tanto precio de la energía, como plazo a firmar por contrato), iniciando con un precio propuesto por la entidad productora de la energía para luego ofertar precios y contratos hasta un límite establecido por la entidad productora.

Este efecto de competencia de precios tiene como objetivo dinamizar el mercado energético en busca de la producción más barata. Se quiere llegar de forma indirecta a las inversiones de capitales privados para la inversión en plantas energéticas.

### **3.3.4. Impuesto ambiental aplicable a las plantas eléctricas de combustible bunker**

Establecer un impuesto ambiental aplicable únicamente a las plantas eléctricas a base de combustible bunker (adicional a las emisiones reguladas de CO<sub>2</sub>), como cuota de responsabilidad social debido a la contaminación que generan. El monto a recaudar sería destinado al Fondo Ambiental de El Salvador (FONAES), en concepto de mitigación de daños.

Los productores de electricidad geotérmica, biomasa e hídrica sostienen una participación en el mercado bastante significativa. Esto permite aportar un pequeño porcentaje de sus ganancias a un fondo para el desarrollo de las energías renovables nacientes (solar y eólica). A cambio, el estado les puede ofrecer contratos de compra más seguros en cuanto a durabilidad y precios.

La importancia de desarrollar la energía solar y eólica radica en que pueden ser capaces de cubrir el porcentaje de hogares que no se encuentran electrificados. Especialmente, la implementación de tecnología solar, capaz de proporcionar electricidad en lugares en los que aún no llega el tendido eléctrico.

## UNIDAD 2. IMPACTO SOCIAL DEL SECTOR ENERGÉTICO

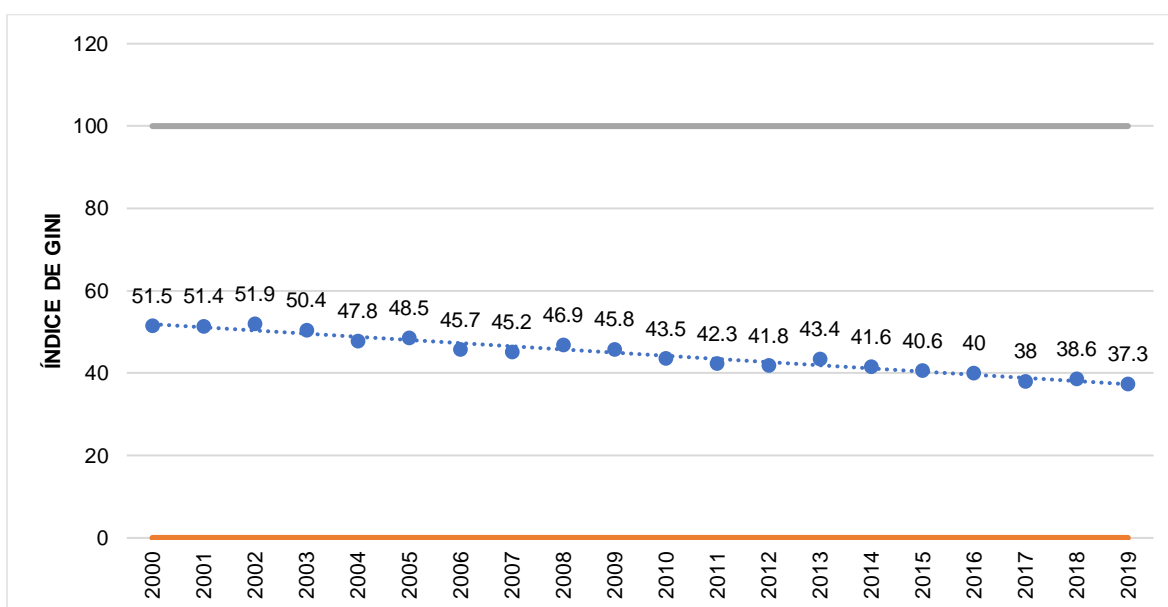
### 2.1. Índice de GINI

El índice de GINI es un indicador que mide la desigualdad de la distribución del ingreso<sup>67</sup>. A nivel latinoamericano, El Salvador posee uno de los indicadores de GINI más bajos en comparación al resto de países, con un promedio de 0.4461<sup>68</sup> (CEPAL, 2019).

La siguiente figura comprende la evolución del indicador de GINI; en ella se observa claramente que existe una tendencia decreciente, lo que indica que desde el año 2000 hasta el 2019, la distribución de los ingresos de los hogares es menos desigual.

Es importante tomar en cuenta el papel de la desigualdad de ingresos en el país, debido al impacto socioeconómico que provoca la construcción de nueva infraestructura en su zona periférica. Este impacto se debe a que una construcción, independientemente de su tipo (ya sea un centro comercial o una planta de energía), genera movilización de capitales que crean empleo tanto directo como indirecto; el escenario esperado que esta creación de empleos llevará, será que las familias que habitan en las zonas aledañas a la construcción puedan obtener empleos directos e indirectos.

**Figura 3-10. Índice de GINI de El Salvador (2000-2019)**



**Fuente:** Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

<sup>67</sup> Puede utilizarse para medir la desigualdad en cualquier tipo de distribución.

<sup>68</sup> El rango comprende entre 0 y 1, donde 1 es total desigualdad y 0 es total igualdad.

Los planes de construcción de las plantas de energía se encuentran fuera del área metropolitana de San Salvador, por lo que el capital necesario para la construcción de las plantas se centraría en otros departamentos del país. Otro escenario favorable es que los empleos indirectos que se generen sean empleos dentro del sector formal, porque, en teoría, son estos los que se ven beneficiados por los servicios de ISSS y AFP; además permitirá asegurar que los individuos no se encuentren en estado de subempleo<sup>69</sup>.

Estos efectos son necesarios para contribuir a la reducción de desigualdad en la distribución de ingresos, porque muchos hogares se verían beneficiados con la dinamización del área. Si estas construcciones generan empleos de corto, mediano y largo plazo, y empleos directos e indirectos, entonces los ingresos de estas familias pueden aumentar considerablemente, reduciendo los índices nacionales de pobreza y la distribución desigual del ingreso. La dinamización de dichas áreas fortalece el atractivo que estas poseen, ya que nuevos inversionistas pueden optar por invertir en el área que en cualquier otro tipo de negocio.

## **2.2. Brecha salarial de género**

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), en 2016 la desigualdad de género en El Salvador se encontraba en un nivel medio en comparación a otros países, específicamente en el puesto 62 de 145. Sin embargo, las implicaciones de esa posición son significativas en la población femenina del país. Esto se puede corroborar mediante la brecha de salario por género percibida en los datos de las Encuestas de Hogares de Propósitos Múltiples (EHPM)<sup>70</sup>, en la cual, las mujeres a pesar de poseer un mayor nivel de estudio que los hombres obtienen ingresos menores.

Sin importar el grado de estudio que hayan finalizado las mujeres en el país, siempre han percibido salarios promedios inferiores a los de la población masculina. Situación que se evidencia en la figura 3-11, donde se muestra que a través de los años esta brecha se ha acrecentado.

Analizando la última publicación de la EHPM (2019), se encontró una peculiaridad que podría disminuir el interés de la población femenina en continuar con su preparación académica: a medida que las mujeres aprueban más grados de estudio y adquieren puestos de trabajo acorde a ello, así incrementa la brecha salarial promedio. Es decir, la brecha salarial de género es menor para la población con menores grados de estudio, caso contrario, la brecha salarial de género es superior para la población con mayores grados de estudio (ver cuadro 3-4).

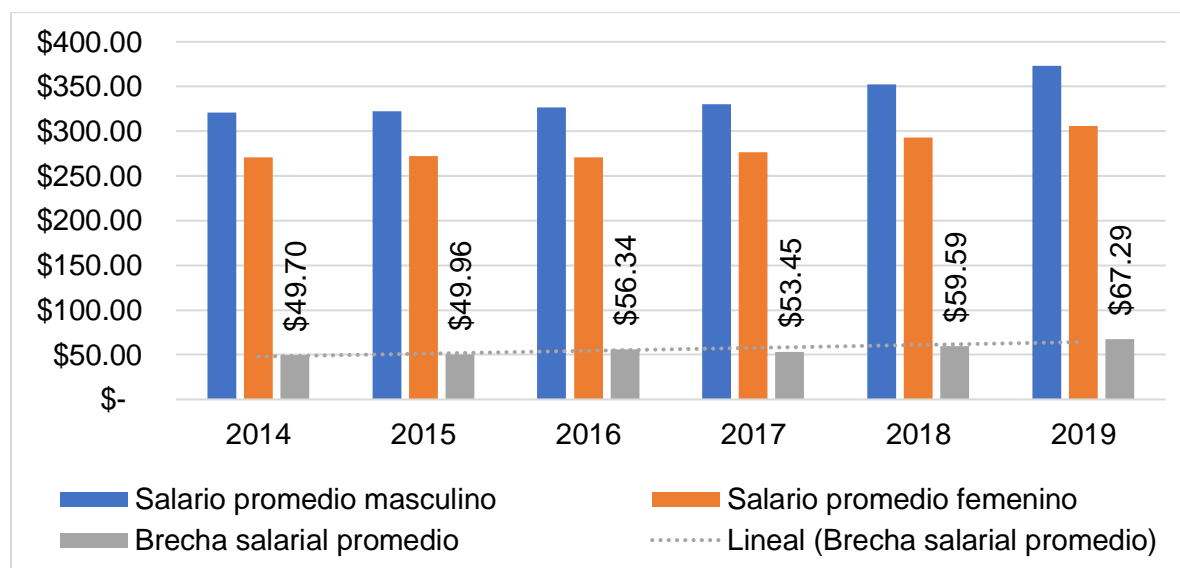
Esta situación puede ser peor en la zona rural del país, teniendo en cuenta que percibe salarios promedio muy por debajo de los del área urbana, ubicando a las mujeres en una situación más desfavorable. Además, la población femenina de la zona periférica tiene que enfrentarse a otros estigmas de género que le imposibilitan integrarse al mercado de trabajo o culminar sus estudios. Para que la instalación de proyectos de energía renovable sea favorable para toda la población, estos deberían de contribuir a la reducción en las desigualdades de género.

---

<sup>69</sup> Empleo por tiempo no completo al cual no se le retribuye el salario mínimo.

<sup>70</sup> Diferencia entre los montos salariales que reciben las mujeres y los hombres.

**Figura 3-11. Brecha de género en los salarios promedio de El Salvador, expresada en dólares (2014-2019)**



**Nota sobre el periodo de tiempo:** se hizo la selección de años a partir del 2014, debido a que previo a ese año, la EHPM no separaba los ingresos por sexo.

**Fuente:** Elaboración propia con datos de la DIGESTYC (2014 - 2019).

**Cuadro 3-4. Brecha salarial promedio por años de estudio aprobados de la población ocupada en El Salvador, expresada en dólares (2019)**

Años de estudio aprobados	Brecha
Ninguno	\$ 36.97
1 a 3	\$ 39.50
4 a 6	\$ 59.54
7 a 9	\$ 79.39
10 a 12	\$ 74.31
13 o más	\$ 112.95

**Fuente:** Elaboración propia con datos de la DIGESTYC (2019).

A nivel mundial, la inclusión de mujeres en el sector energético renovable es mayor que en el sector energético a base de combustibles fósiles. En el primero, su participación ha sido igual al 32% del total de los trabajadores, mientras que en el segundo las mujeres han representado el 22% de los ocupados (Enel, 2019). No es una diferencia muy significativa, pero da la pauta que la industria de las energías limpias no está heredando la desigualdad de género en sus procesos de reclutamiento. Además, incluir a las mujeres en cualquier industria aporta a la diversidad de pensamiento de la misma y, por tanto, a la diversidad de soluciones también.

Para que la implementación de energías renovables en el país beneficie a las poblaciones en situación de vulnerabilidad, como las mujeres de zonas rurales, el gobierno y las empresas privadas interesadas deberían invertir en programas que capaciten a las mujeres para incorporarse en el proceso de generación de energía renovable. En el mundo existen casos de éxito, por ejemplo “El Barefoot College”<sup>71</sup> enseña a las mujeres analfabetas de zonas rurales (y que ya no son jóvenes), el oficio de instalar paneles fotovoltaicos (Enel , 2019).

Las mujeres de zonas rurales bien capacitadas pueden ser recursos valiosos para las energías renovables en el país, debido a que poseen conocimiento respecto a las zonas de ubicación de nuevos proyectos y tienen un sentido de pertenencia con la comunidad. Ellas saben cuáles son las necesidades del área y, con el conocimiento que poseen, pueden aportar a las estrategias del gobierno y la empresa privada respecto a las instalaciones.

### **UNIDAD 3. FUTURO DE LA ENERGÍA POSTERIOR A LA CRISIS COVID-19**

#### **3.1. Efectos medioambientales de la crisis COVID-19**

La pandemia de SARS-CoV-2 (COVID-19)<sup>72</sup>, provocada por el coronavirus ha inducido a una parálisis obligatoria de la economía mundial. Países como Italia, Alemania y España se han visto directamente afectados en su economía debido a las cuarentenas necesarias para controlar la expansión del virus (Deutsche Welle, 2020).

La cuarentena y el confinamiento prolongado imposibilita a las personas salir de sus casas para ir a trabajar. Como consecuencia, las economías interrumpen sus actividades, provocando inevitablemente una recesión económica de grandes proporciones. Esto implica que las personas se quedan sin empleo porque los empresarios se ven obligados a cerrar sus negocios debido a una estrepitosa caída en la demanda y el consumo de los hogares. Sin embargo, las medidas tomadas por los gobiernos obligaron a muchos empresarios a acoplarse a un nuevo sistema de producción domiciliar, mejor conocido como home office (Deutsche Welle, 2020).

Desde una perspectiva climática, la pausa económica ha reducido la emisión de GEI significativamente, cuya disminución no podría haberse alcanzado en periodos de “normalidad económica”. Tomando como ejemplo el caso de China, las emisiones de GEI (en este caso dióxido de nitrógeno<sup>73</sup>) se vieron reducidas considerablemente en menos de dos meses. Esto provocó que los habitantes del país pudieran tener acceso a vistas panorámicas de la ciudad, aire más limpio y percibir la estación del año en la cual se encontraban (Deutsche Welle, 2020).

En Europa, los puntos turísticos más visitados se han visto beneficiados, ya que, el poco flujo vehicular, la poca generación de basura por falta de turismo y la baja actividad económica han dejado en reposo y regeneración los mantos acuíferos, los suelos, la flora y fauna. Por otro lado, la industria de aviones es responsable de aproximadamente el 7% de los GEI totales del mundo,

---

<sup>71</sup> Es un complejo universitario fundado en 1972 y ubicado en la India. Tiene la finalidad de capacitar a personas analfabetas en la instalación de paneles solares fotovoltaicos.

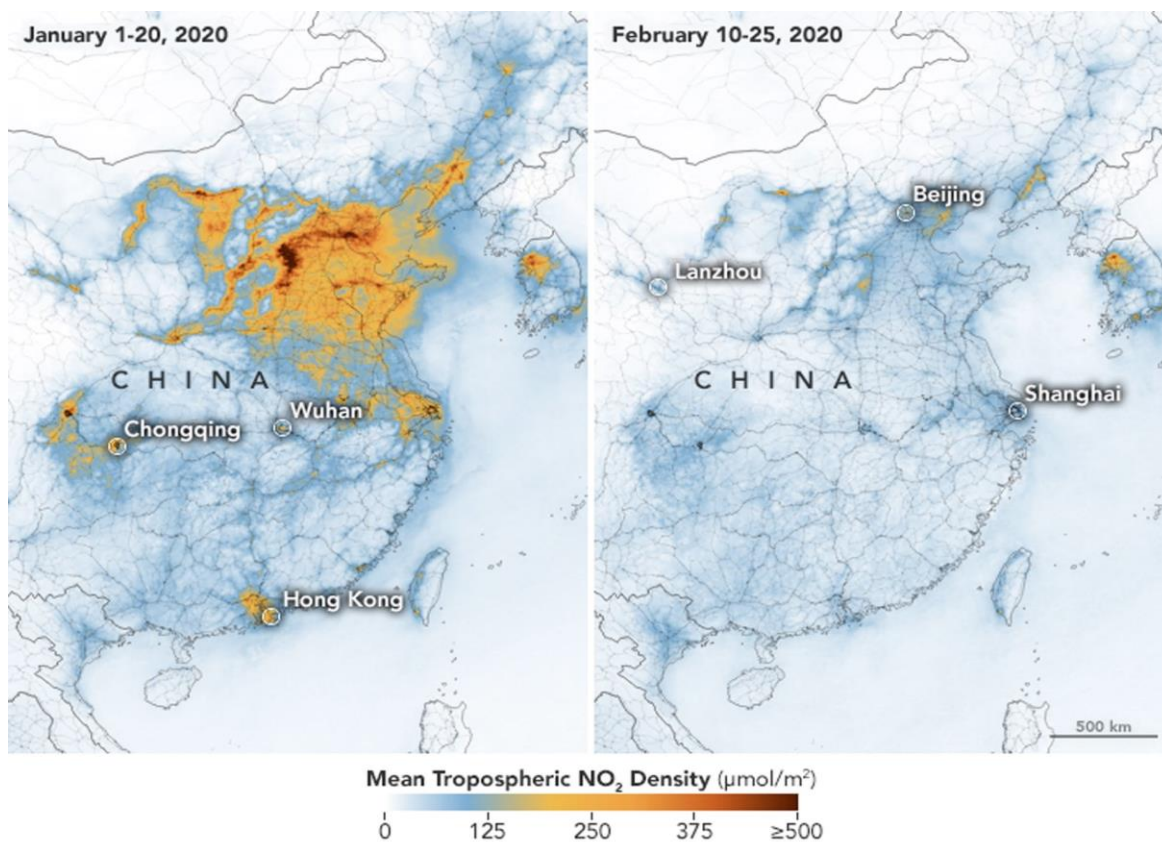
<sup>72</sup> Según la OMS, es una enfermedad infecciosa causada por el coronavirus que se ha descubierto más recientemente, su brote inicial se dio en Wuhan (China) en diciembre de 2019.

<sup>73</sup> El dióxido de nitrógeno es un gas reactivo que provoca problemas respiratorios en largas exposiciones y grandes volúmenes en el aire.

monto que durante la crisis se ha reducido al mínimo por el cierre de aeropuertos de muchos países (Deutsche Welle, 2020).

Para el caso de El Salvador, es muy difícil estimar con exactitud cuál es el impacto específico de la cuarentena en el medio ambiente por la falta de estadísticas actualizadas. Sin embargo, se puede observar la reducción del flujo vehicular en las calles del área metropolitana de San Salvador, el cual es uno de los mayores contribuyentes en emisiones de GEI en nuestro país. Otro factor importante es la reducción de consumo de energía térmica debido al paro de producción de las industrias por las medidas que tomó el gobierno del presidente Nayib Bukele, dejando en función únicamente el consumo de energía de los hogares y de los comercios convencionales.

**Figura 3-12. Contaminación del aire en China previo y post COVID-19**



**Fuente:** The Guardian.

Si únicamente el segmento de hogares y comercios son los que consumen energía, significa que las emisiones de dióxido de carbono de El Salvador en el 2020, se verán reducidas en los meses en los que la cuarentena y la emergencia nacional fueron efectivas.

El efecto COVID-19 ha provocado que las personas recurran a alternativas de más bajo costo para poder economizar sus recursos. Este ha sido el caso de familias en Chalchuapa, donde han talado 8 manzanas del bosque nebuloso. Se puede inducir que la población salvadoreña ha hecho uso de recursos más baratos como la leña para abastecerse, la cual genera GEI y tiene repercusiones nocivas para la salud (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

### 3.2. Efectos del COVID-19 en el mercado de producción de energía

La pandemia del COVID-19 a nivel mundial ha sido la causa de problemas de salud que ha creado situaciones de emergencia en los hospitales por la cantidad de personas infectadas, ya que es un virus altamente contagioso: “La pandemia ha hecho que personal sanitario de todo el mundo se esté viendo obligado a trabajar sin contar con los medios necesarios, exponiéndose a contraer el virus y a contagiar a sus familias” (Gozzer, 2020).

Además, la pandemia ha sobrepasado las acciones de mitigación de sus efectos en la población y en la economía. Se pronostican efectos de estancamiento económico y de una profunda recesión ante el paro de labores; estos efectos se agudizarían si no se alcanza una planeación adecuada para las aperturas económicas.

En Estambul (Turquía), según Mehmet Ogutcu, presidente del London Energy Club y de la firma de asesoría Global Resources Partnership:

Las medidas de cuarentena han hecho que se desacelere el consumo de energía de la población y que se tendría un efecto negativo en la situación de inversiones en energías verdes y renovables, además de agravar los problemas del uso de carbón para la generación de energía (Ergöçün, 2020).

Estas aseveraciones de Ogutcu se basan en que las inversiones que se hacen para la creación de plantas de energía renovables parten de capitales de industrias bien desarrolladas. Tanto en el mercado como en la producción de energías no renovables, al verse afectada la economía por la falta de consumo energético, las empresas productoras han visto una caída en el precio de la energía, lo que conlleva a menores ganancias y a una menor disposición de capitales para invertir en otros proyectos. También menciona un posible incremento a largo plazo, del uso de materiales contaminantes a base de combustibles fósiles, que puede acarrear los efectos de recesión, pues son los más abundantes en el mercado, profundizando así el abaratamiento de la energía eléctrica.

En España, ha existido una disminución del 17% del consumo de energía post-cuarentena, donde la única energía que ha mantenido una producción constante sobre las energías a base de combustibles fósiles es la hidráulica. Se ha observado que los beneficios y usos de esta energía son menores a los beneficios potenciales que pueden obtener los consumidores, por la forma en que ha restringido el Estado su uso (GREENPEACE, 2020).

GREENPEACE establece que se deben modificar las restricciones de uso de energía y se deben de impulsar el uso de energías renovables sobre el uso de combustibles fósiles, destacando que la energía nuclear ha demostrado en la crisis no llegar a ser el sustituto de energías con base a combustibles fósiles. El precio de la energía nuclear logra ser competitivo en el mercado gracias a los precios de los combustibles fósiles. En la crisis económica GREENPEACE señala:

La hidráulica aporta su generación en los momentos en los que los precios marginales son más elevados, mientras que la eólica y la solar fotovoltaica aportan sus mayores contribuciones independientemente de los precios, impulsando así las mayores bajadas del mismo. (GREENPEACE, 2020)



### 3.2.1. Producción de energía en El Salvador

Los días en que no se ha visto un cambio significativo en el consumo energético son los días sábado y domingo donde, en general, en momentos antes de la cuarentena se mantenían bajos en comparación a los días laborales (lunes-viernes). Debido a la cuarentena, el consumo energético ha experimentado una disminución significativa, sin embargo, esta logra mantener una misma tendencia de consumo.

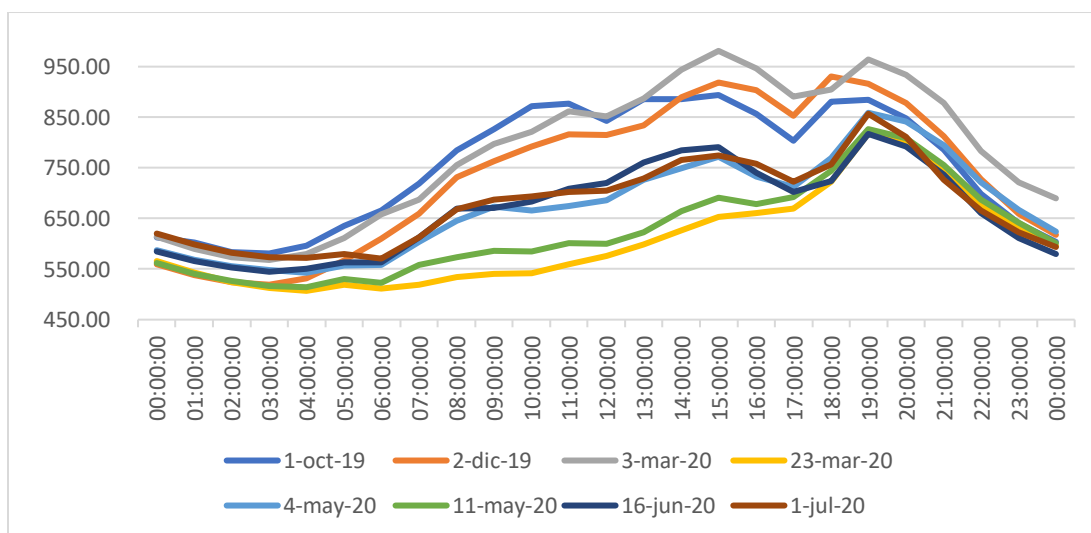
Desde el 23 de marzo del 2020, entró en acción la cuarentena salvadoreña y se detuvo la actividad laboral. Esto significó una disminución del 25% del consumo de energía (Molina K. , 2020). Al detener parcialmente el comercio (formal e informal) y la actividad laboral normal de las oficinas de trabajo, la cantidad de energía sufre una disminución en una cuarta parte de su consumo, lo que a la larga abaratará los precios de la energía en el mercado: “Los datos de la UT muestran que a febrero el Megavatio hora tenía un precio de US\$89.85, con una disminución del 27% anual si se toma en cuenta que en febrero de 2019 el precio era de US\$123” (Molina K. , 2020).

La baja en los precios de la energía en general crea una condición que fortalece el uso de energías limpias, ya que los insumos de éstas son naturales y no necesitan más que un monitoreo humano para su pleno funcionamiento. Por ello, se ha visto una mayor participación de la energía geotérmica, alcanzando el 22.01%, y de la energía creada por biomasa (insumo de bagazo de caña), logrando una participación del 19.49% (Molina K. , 2020).

Para hacer un análisis de cómo la pandemia y la vigencia de la cuarentena ha afectado el consumo de electricidad en el país, se han tomado fechas específicas para notar la cantidad de consumo y su variación.

En las fechas del 1-oct-19, 2-dic-19 y 3-mar-20, se destaca que son las tres curvas de consumo que mayores cantidades de megawatts hora poseen para este período de tiempo. El consumo de energía se mantuvo en esos rangos y aún no se habían puesto las medidas de cuarentena.

**Figura 3-13. Consumo de energía eléctrica en megawatts hora de El Salvador antes y después de la entrada en vigencia de la cuarentena por COVID-19**



Fuente: Elaboración propia con base a datos de la UT.

Los cambios más drásticos se observan de 8:00AM a 7:00PM (19:00 horas), que es donde la mayor masa de trabajadores labora normalmente. Se ha mencionado que la entrada en vigencia de la cuarentena salvadoreña condujo a una disminución del 25% del consumo energético, notándose que es el punto más bajo de los días a analizar.

A los 12 días de cuarentena (4-may) el consumo se elevó, pues la población mantenía el consumo de energía en los hogares. Se observa un cambio en la tendencia de consumo en el horario de 8:00AM a 3:00PM (15:00 horas), pues se rompe con el consumo por horario de trabajo, y era alrededor de las 12:00PM que la población trabajadora tenía permiso para comer. En la cuarentena esa disminución de consumo eléctrico se alteró.

Por orden del estado, el 11-may se limita a las personas las salidas por número de DUI (Documento Único de Identidad), con el objetivo de evitar las aglomeraciones en los supermercados. Nuevamente, el consumo de energía cae, alcanzando el nivel de consumo del inicio de la cuarentena.

El 16-jun, entra en vigencia la primera etapa de la apertura económica, donde se eleva el consumo de electricidad, pero se mantienen restricciones como: mantener los servicios de comida rápida y restaurantes solo para llevar o a domicilio; se permite a las empresas laborar con una capacidad de empleados restringida y que se cumplan protocolos de salud como la portación de mascarillas y guantes, uso de alcohol gel y otras medidas tales como preservar el distanciamiento entre personas para mermar la probabilidad de contagio por COVID-19.

El dato más reciente del análisis es el 1-jul, a poco más de 2 semanas de la apertura restringida. Las cantidades de consumo se mantienen en un punto intermedio entre las fechas que podemos claramente denotar como un antes y un después de la cuarentena en el país. Esto nos hace pensar que una apertura económica progresiva podría hacer crecer el consumo eléctrico hasta alcanzar el nivel de consumo pre-cuarentena. Sin embargo, el gobierno y las empresas del país deben establecer las medidas necesarias que puedan hacer posible una apertura gradual cumpliendo los protocolos de salud y distanciamiento social.

Los procesos de cuarentena, las restricciones aplicadas, el colapso de los servicios médicos y hospitalarios, las bajas en el consumo y el paro al comercio han dejado remarcar las deficiencias que ya se tienen no solo en El Salvador, sino a nivel mundial, donde uno de los temas más importantes además de la salud y el comercio, ha sido la energía y cómo se ha visto modificada en tanto a precio, consumo y producción.

Tanto la población, las empresas y el estado deben cambiar la perspectiva de la cotidianidad pre-COVID-19, hacer conciencia de los problemas que están por venir, pues la pandemia continúa y las economías están en elevadas posibilidades de fuertes recesiones económicas por no tener una forma de contrarrestar la pandemia efectivamente.

Además, se demostró con las reducciones en emisiones de GEI, los cambios climáticos donde las lluvias regresan de forma intensa, la purificación de los mantos acuíferos y la reducción de dióxido de carbono emitido por el sector transporte e industria son posibles de tratar si se toma conciencia de ellos, y la mejor forma de hacerlo es reduciendo el uso de combustibles fósiles y tener una matriz energética diversa en producción de energía renovable.

## CONCLUSIONES

El creciente avance a nivel mundial de energías renovables muestra los esfuerzos por sustituir las energías a base de combustibles fósiles por energías ilimitadas procedentes de la naturaleza. Las inversiones que se realizan para su construcción y avance tecnológico son importantes en países desarrollados para los procesos de descarbonización en las economías y así eliminar las emisiones de dióxido de carbono.

Los gobiernos de países como China, Estados Unidos e India, mostraron qué, por medio de los incentivos y permisos para la inversión y producción de energías limpias, se logran los mayores avances en la implementación de energías renovables. El gobierno de El Salvador, debe buscar una forma más efectiva de ampliar las herramientas para la construcción y mantenimiento de las plantas de energía renovable.

A nivel regional, El Salvador muestra fortalezas y debilidades en tanto a plantas de energías renovables, teniendo una matriz energética amplia, pero con poca inversión para mejoras de infraestructura y tecnología; en comparación con otros países, su avance y productividad se encuentra aún estancado.

La dependencia del país por energía térmica va siendo cada vez menor, es decir, la energía eléctrica a base de fuentes renovables ha mostrado ser un sustituto eficiente. Estos avances para la producción de energía limpia cumplen con los acuerdos tanto internacionales como nacionales, que tienen como base la descarbonización de las economías, menor dependencia de los combustibles fósiles y una mayor amplitud de la matriz energética.

La energía solar (fotovoltaica y térmica) y eólica son las plantas que mejor se pueden adaptar al país para su inversión y construcción, además de ser las energías que mayores avances en inversión y aperturas de mercado poseen a nivel mundial para la generación de energía renovable, lo que crea condiciones de mercado que abaratarán los precios en los insumos necesarios para la adquisición de ellos, dándole una mejor oportunidad al país de invertir en la construcción de parques solares y eólicos.

Se comprobó que un cambio en el sector eléctrico de la economía afectaría a la mayoría de sectores productivos de la misma, debido a que es considerado un sector clave dentro de la Matriz Insumo Producto (MIP). Se deben planificar bien las inversiones hechas en dicho sector, ya que estas repercutirán en gran parte de la actividad económica. A su vez, se demostró que la inversión en energías renovables es más rentable que la inversión en energías de tipo fósil. Específicamente, la energía solar y eólica añaden mayor capacidad por cada dólar invertido en comparación con la energía térmica. De ahí que se recomiende sustituir las inversiones en esta última por inversiones en instalaciones solares y eólicas.

El Salvador posee un amplio inventario de recursos solares y eólicos que pueden ser explotados, estos son incluso superiores a países con mayor producción de electricidad a partir de energías renovables. Asimismo, el país posee un marco regulatorio que incentiva las nuevas inversiones en esta clase de energías. En conjunto, la verificación de recursos suficientes y una ley que promueva su uso dan la pauta para invertir de forma segura en nuevos proyectos de este tipo. Con la propuesta de inversión realizada, se pueden obtener muchos beneficios, entre ellos resalta la disminución en el déficit de la balanza comercial energética, pues la inversión en energía solar y eólica es capaz de producir el doble de lo producido mediante energía térmica. Además, esto traería consigo una reducción en los precios de la energía al no depender de

precios internacionales, disminución que será de gran ayuda en el futuro próximo al COVID-19, en el que los ingresos familiares se verán reducidos.

El capítulo III se ha realizado con el objetivo de llevar a El Salvador hacia un futuro energético nacional con alta responsabilidad social medioambiental, a través del uso de energías renovables que diversifiquen la matriz energética y que maximicen la producción energética nacional, especificando los impactos económicos y sociales de esta diversificación.

Se realizaron una serie de recomendaciones para dinamizar el sector energético y la economía nacional. Estas recomendaciones fueron posibles gracias a toda la investigación, dilucidando la manera óptima en la que el proceso de transición de la matriz energética salvadoreña se ejecute.

Invertir en energía solar y eólica supera en términos de producción a la energía térmica, la cual representa el 24% de energía nacional en 2020. A parte de ser recursos limpios que proporciona la naturaleza, apostar por invertir en estas energías renovables contribuirían a disminuir la dependencia de El Salvador de suministros externos, favoreciendo el desarrollo tecnológico y creando empleo en los proyectos.

Es importante preparar a El Salvador para afrontar la crisis actual, mediante la dinamización de la matriz energética, para que la industria y los hogares no perciban cambios drásticos en su capacidad adquisitiva. Además, es primordial fortalecer las industrias de energías renovables ya existentes para suministrar energía segura, limpia y sostenible a la red eléctrica, que logre dar una cobertura plena de la demanda energética del país. Esto beneficiaría no solo a los consumidores de energía, sino también fortalecería la imagen de El Salvador a nivel mundial, como un país responsable que contribuye positivamente a la problemática del cambio climático; como una nación que intenta convertirse energéticamente en autosuficiente, pero a través de la incorporación y ampliación progresiva de energías limpias, renovables, y amigables con el medio ambiente.

## REFERENCIAS

- AES El Salvador. (Mayo de 2018). *AES El Salvador*. Obtenido de <http://www.aes-elsalvador.com/>
- Álvarez, C. (22 de Septiembre de 2010). *EL PAIS*. Recuperado el 24 de junio de 2020, de <https://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/09/lo-que-contamina-un-aerogenerador.html>
- AQUAE, F. (23 de Junio de 2020). *Fundación AQUAE*. Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/energia-solar-ventajas-desventajas/>
- Aquino Cardona, L. A., Hernández, A., Guevara de Surio, M. d., Fries, G., Marcelo, D., & Schwartz, J. (Enero de 2012). *Banco Central de Reserva de El Salvador*. Recuperado el 12 de junio de 2020, de <https://www.bcr.gob.sv/bcrsite/uploaded/content/category/1871613867.pdf>
- Argumedo, P., & Oliva, J. (Noviembre de 2017). *Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES)*. Obtenido de [http://fusades.org/sites/default/files/Analisis%20economico%2035\\_El%20mercado%20laboral%20salvadore%C3%B1o\\_Nov2017\\_0.pdf](http://fusades.org/sites/default/files/Analisis%20economico%2035_El%20mercado%20laboral%20salvadore%C3%B1o_Nov2017_0.pdf)
- Asamblea legislativa de El Salvador. (2007). *Ley de incentivos fiscales para el fomento de las energías renovables en la generación de electricidad*. Obtenido de [https://www.asamblea.gob.sv/sites/default/files/documents/decretos/171117\\_072950093\\_archivo\\_documento\\_legislativo.pdf](https://www.asamblea.gob.sv/sites/default/files/documents/decretos/171117_072950093_archivo_documento_legislativo.pdf)
- Banco Central de Reserva. (Abril de 2019). *Banco Central de Reserva de El Salvador*. Recuperado el 12 de junio de 2020, de <https://www.bcr.gob.sv/bcrsite/uploaded/content/category/2083335830.pdf>
- Banco interamericano de desarrollo. (2020). *Banco interamericano de desarrollo*. Obtenido de Banco interamericano de desarrollo: <https://www.iadb.org/en/countries/el-salvador/overview>
- Bloomquist, G. (septiembre de 2003). *orkustofnun*. Recuperado el 04 de junio de 2020, de <https://orkustofnun.is/gogn/flytja/JHS-Skjol/IGC2003ShortCourse/05Bloomquist.pdf>
- Cabrera, O. (March de 2020). *FUNDAUNGO*. Obtenido de <https://www.fundaungo.org.sv/asset/documents/995>
- Canales Urquiola, G. (Septiembre de 2018). *Archivo Digital de la UPM*. Recuperado el 07 de 06 de 2020, de [http://oa.upm.es/53594/1/TFG\\_GUILLERMO\\_CANALES\\_URQUIOLA.pdf](http://oa.upm.es/53594/1/TFG_GUILLERMO_CANALES_URQUIOLA.pdf)

- CEL. (2019). *Comision ejecutiva hidroeléctrica del río Lempa*. Recuperado el 15 de Mayo de 2020, de Comision ejecutiva hidroeléctrica del río Lempa: <https://www.cel.gob.sv/>
- Centeno Castro, M. E., Franco Pineda, J. E., & González Santamaría, R. A. (2017). *Diversificación de la matriz energética de El Salvador mediante la promoción de fuentes de energías renovables: análisis y propuestas bajo una perspectiva de sustentabilidad, 2007 a 2015*. Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador.: UCA.
- CEPAL. (2019). *Panorama social de America Latina 2019*. CEPAL.
- CNE. (2015). *Sector Electrico de El Salvador*. San Salvador, El Salvador.: Gobierno De El Salvador.
- CNE. (06 de Septiembre de 2019). *Portal para Proyectos con Energía Renovables*. Recuperado el 24 de Mayo de 2020, de [http://energiasrenovables.cne.gob.sv/index.php?option=com\\_content&view=article&id=78:2019-09-06-15-17-19&catid=7:noticias](http://energiasrenovables.cne.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=78:2019-09-06-15-17-19&catid=7:noticias)
- CNE. (2020). *Consejo Nacional de Energía*. Obtenido de [http://estadisticas.cne.gob.sv/?page\\_id=48](http://estadisticas.cne.gob.sv/?page_id=48)
- CNE. (s.f.). *Consejo Nacional de Energía*. Recuperado el 3 de Junio de 2020, de <https://www.cne.gob.sv/tema/energias-renovables-2/energia-solar/>
- Consejo Nacional de Energía. (17 de Abril de 2007). *CNE-Oficial*. Recuperado el 17 de Mayo de 2020, de <https://www.cne.gob.sv/tema/energias-renovables-2/energia-geotermica/>
- Consejo Nacional de Energía. (2013). *CNE-Oficial*. Recuperado el 17 de Mayo de 2020, de <https://www.cne.gob.sv/tema/energias-renovables-2/energia-solar/>
- Consejo Nacional de Energía. (2015). *Proyectos para Energías Renovables*. Recuperado el 17 de Mayo de 2020, de [http://energiasrenovables.cne.gob.sv/index.php?option=com\\_content&view=article&id=37&Itemid=65](http://energiasrenovables.cne.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=37&Itemid=65)
- Consejo Nacional de Energía. (2018). *Consejo Nacional de Energía*. Obtenido de <https://www.cne.gob.sv>
- Consejo Nacional de Energía de El Salvador. (Septiembre de 2016). *CNE*. Recuperado el 15 de 05 de 2020, de [http://estadisticas.cne.gob.sv/wp-content/uploads/2016/09/Proyecto\\_piloto\\_etanol.pdf](http://estadisticas.cne.gob.sv/wp-content/uploads/2016/09/Proyecto_piloto_etanol.pdf)

Consejo Nacional del Salario Mínimo. (27 de Febrero de 2018). *Ministerio de Trabajo y Previsión Social (MTPS)*. Obtenido de <https://www.mtps.gov.sv/avisos/salarios-minimos-2018/>

Cruz, R. M. (08 de octubre de 2018). *nómada*. Recuperado el 24 de junio de 2020, de <https://nomada.gt/nosotras/volcanica/la-energia-eolica-no-es-tan-limpia-como-la-pintan/>

Department of Energy. (2019). *Department of Energy*. Obtenido de <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/08/f65/2018%20Wind%20Technologies%20Market%20Report%20FINAL.pdf>

Deutsche Welle. (07 de Mayo de 2013). *Deutsche Welle*. Recuperado el 07 de junio de 2020, de <https://www.dw.com/es/sud%C3%A1frica-el-fin-de-la-dependencia-del-petr%C3%B3leo/av-16794064>

Deutsche Welle. (2020). Coronavirus: Good for the environment?

Diario El Mundo. (2019). *Sistema de Integración Centroamericana*. Recuperado el 21 de 05 de 2020, de <https://www.sica.int/consulta/Noticia.aspx?Idn=116758&idm=1>

Diario Oficial. (1994). *El Salvador. Creación del Ministerio de Medio Ambiente. Decreto Ejecutivo No. 27 del 16 de mayo de 1997, publicado en Diario Oficial No. 88 Tomo No.335 de la misma fecha.*

Diario Oficial. (14 de Abril de 1994). El Salvador. Ley de Conservación de Vida Silvestre. Decreto Legislativo No. 844 publicado en Diario Oficial No. 96, Tomo No. 325 de fecha 25 de mayo de 1994. *Diario Oficial*.

Diario Oficial. (Junio de 1994). *El Salvador. Creación del Fondo Ambiental de El Salvador. Decreto Legislativo N°23 de fecha 16 de junio de 1994, publicado en Diario Oficial No.120 Tomo No.323 del 29 de junio de 1994.*

Diario Oficial. (1998). *El Salvador. Ley del Medio Ambiente. Decreto No. 233 de fecha 02 de marzo de 1998, publicada en Diario Oficial No. 79, Tomo No. 339 de fecha 4 de mayo de 1998.*

Diario Oficial. (2000). *El Salvador. Creación de Reglamentos Especiales. Decretos Ejecutivos No. 38, 39, 40, 41, 42 de fecha 31 de mayo de 2000, publicados en el Diario Oficial Número 101 Tomo 347 de fecha 1 de junio de 2000.*

Diario Oficial. (2005). *El Salvador. Ley de Áreas Naturales Protegidas. Decreto Legislativo No. 579 de fecha 13 de enero de 2005 publicado en el Diario Oficial Número 32 Tomo 366 del 15 de febrero de 2005.*

- DIGESTYC. (18 de Enero de 2013). *Dirección General de Estadística y Censos*. Obtenido de <http://www.digestyc.gob.sv/index.php/temas/ee/ipc.html>
- DIGESTYC. (2015). *Encuesta de hogares de propósitos múltiples*. Obtenido de <http://www.digestyc.gob.sv/index.php/temas/des/ehpm/publicaciones-ehpm.html>
- DIGESTYC. (2019). *Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples*. Ciudad Delgado. Retrieved Junio 20, 2020, from <http://www.digestyc.gob.sv/index.php/temas/des/ehpm/publicaciones-ehpm.html?start=20>
- Enel . (08 de Marzo de 2019). *Ente nazionale per l'energia elettrica*. Obtenido de <https://www.enel.com/es/nuestra-compania/historias/articulos/2019/03/energias-renovables-mujeres-ventajas-para-todos>
- EPEC. (5 de Julio de 2007). *EPEC-Oficial*. Recuperado el 16 de Mayo de 2020, de <https://www.epec.com.ar/docs/epec-educando/la-tecnologia-hidroelectrica.pdf>
- Ergöçün, G. (2020). *Anadolu Agency*. Recuperado el 5 de julio de 2020, de <https://www.aa.com.tr/es/econom%C3%ADa/la-pandemia-golpear%C3%A1-fuertemente-a-los-productores-de-electricidad/1816167>
- Escalante Semerena, R., & Catalán Alonso, H. (03-04 de 2005). *Universidad Nacional Autónoma de Mexico*. Obtenido de Facultad de economía UNAM: <http://www.economia.unam.mx/publicaciones/reseconinforma/pdfs/333/10ESCALANTE.pdf>
- Estrela, A. (29 de noviembre de 2016). *Nautical News Today*. Recuperado el 25 de junio de 2020, de <https://www.nauticalnewstoday.com/parques-eolicos-marinos-tambien-danan/>
- Fraunhofer. (2020). *Fraunhofer ISE*. Obtenido de [https://www.energy-charts.de/energy\\_pie.htm?year=2020](https://www.energy-charts.de/energy_pie.htm?year=2020)
- FUSADES. (Junio de 2014). *Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social*. Obtenido de <http://fusades.org/areas-de-investigacion/quinto-a%C3%B1o-de-gobierno-del-presidente-funes-apreciaci%C3%B3n-general?page=6>
- Global Carbón Atlas. (2019). <http://www.globalcarbonatlas.org/es/CO2-emissions>. Recuperado el 28 de Marzo de 2020, de <http://www.globalcarbonatlas.org/es/CO2-emissions>
- Global Carbon Project. (2019). *Global Carbon Atlas*. Recuperado el 28 de Marzo de 2020, de <http://www.globalcarbonatlas.org/es/CO2-emissions>



- Gobierno de El Salvador. (2009). *Plan quinquenal 2009-2014*. San Salvador.
- Gobierno de El Salvador. (Noviembre de 2010). *Portal de Transparencia*. Obtenido de <https://www.transparencia.gob.sv/institutions/capres/documents/74131/download>
- GOES, G. d. (2015). *Plan quinquenal de Desarrollo (2014-2019)*.
- González, M. B., Muñoz Hernández, A. V., & Padilla, A. M. (2007). *IMPORTANCIA DE LAS REGULACIONES DEL MEDIO AMBIENTE Y DESEMPEÑO AMBIENTAL SOBRE LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR AGROINDUSTRIAL EN EL SALVADOR*. ANTIGUO CUSCATLÁN: UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA JOSÉ SIMEÓN CAÑAS.
- Google. (2020). *Google Maps*. Recuperado el 3 de Junio de 2020, de <https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=1K8N3ASLSah1NTJ5lt9qH-mhVqwE&ll=13.521881999999998%2C-88.8072071&z=9>
- Gozzer, S. (2020). *BBC NEWS MUNDO*. Recuperado el 5 de julio de 2020, de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-52413808>
- GREENPEACE. (Abril de 2020). *GREENPEACE*. Recuperado el 5 de julio de 2020, de <https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2020/04/An%C3%A1lisis-y-seguimiento-del-comportamiento-del-Mercado-el%C3%A9ctrico-Estado-de-Alarma-COVID19-1.pdf>
- Grupo Banco Mundial. (2020). *Banco Mundial*. Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?end=2019&locations=SV&start=2000>
- Grupo Banco Mundial. (2020). *Banco Mundial*. Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.ACCS.ZS?end=2009&locations=SV&start=2004>
- Grupo del Banco Mundial. (2020). *Banco Mundial*. Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/SL.EMP.VULN.MA.ZS?end=2019&locations=SV&start=2006>
- Grupo del Banco Mundial. (2020). *Banco Mundial*. Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/SL.UEM.TOTL.ZS?end=2019&locations=SV&start=2004>
- Grupo del Banco Mundial. (2020). *Banco Mundial*. Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/SL.EMP.VULN.FE.ZS?end=2019&locations=SV&start=2006>

- Gujarati, D. (2010). *Econometría*. McGraw Hill.
- Herguedas, A., García, E., Prieto, P., Sanz, E., & Martín, M. (2012). *Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible*. Recuperado el 1 de Mayo de 2020, de <http://sostenible.palencia.uva.es/system/files/publicaciones/Biomasa%2C%20Bio%20combustibles%20y%20Sostenibilidad.pdf>
- Hiriart, G., Gutierrez, L., Quijano, J., Ornelas, A., Espíndola, S., & Hernández, I. (Mayo de 2011). *Evaluación de la Energía Geotérmica en México*. Recuperado el 4 de Junio de 2020, de <http://www.cre.gob.mx/documento/2026.pdf>
- IEA. (2017). *International Energy Agency*. Obtenido de <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2017-china>
- Instituto de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. (2 de Julio de 2014). *InCyTDe-oficial*. Recuperado el 17 de Mayo de 2020, de <http://www.incytdc.org/incytdc/content/biomasa-y-biocombustibles-en-guatemala>
- International Energy Agency. (2011). *Solar Energy Perspectives: Executive Summary*. OECD, IEA. Obtenido de <https://www.iea.org/>
- International Energy Agency. (2020). *IEA*. Obtenido de <https://www.iea.org/>
- International Energy Agency. (2020). *International Energy Agency*. Obtenido de <https://www.iea.org/>
- International Hydropower Association. (13 de 05 de 2019). Obtenido de <https://www.hydropower.org/>  
<https://www.hydropower.org/status2019#:~:text=The%202019%20Hydropower%20Status%20Report,by%20five%20leading%20government%20ministers>.
- International Renewable Energy Agency. (2020). *IRENA-Oficial*. Recuperado el 9 de Mayo de 2020, de <https://www.irena.org/Statistics/Download-Data>
- IRENA. (2015). *International Renewable Energy Agency*. Obtenido de <https://www.irena.org/publications/2015/Nov/Renewable-Energy-Prospects-Germany>
- IRENA. (13 de Junio de 2019). *International Renewable Energy Agency*. Obtenido de [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Press-Release/2019/Jun/PR\\_IRENA-JOBS\\_2019\\_ES.pdf?la=en&hash=7CB6D89DA85E3652D569F81E2F24F12F61CF0F60](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Press-Release/2019/Jun/PR_IRENA-JOBS_2019_ES.pdf?la=en&hash=7CB6D89DA85E3652D569F81E2F24F12F61CF0F60)

- IRENA. (2019). *International Renewable Energy Agency*. Obtenido de <https://www.irena.org/publications/2019/Jun/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2019>
- Islas, J., & Martínez, A. (2010). Bioenergía. *Revista Ciencia*, 30-39.
- IUDOP UCA, FUNDAUNGO. (Agosto de 2008). *vanderbilt.edu*. Obtenido de <https://www.vanderbilt.edu/lapop/ab2008/el-salvador1-es.pdf>
- Japan, E. (2018). *Enecho*. Obtenido de [https://www.enecho.meti.go.jp/en/category/brochures/pdf/japan\\_energy\\_2017.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/en/category/brochures/pdf/japan_energy_2017.pdf)
- JCR Energy. (2019). *JCR Energy-Oficial*. Recuperado el 11 de Mayo de 2020, de <https://feriaexposolar.com/wp-content/uploads/2019/07/JCR-ENERGY-CHINA.pdf>
- JICA. (Marzo de 2012). *CNE*. Recuperado el 20 de Mayo de 2020, de <http://energiasrenovables.cne.gob.sv/downloads/Biblioteca/Proyectedelplanmaestroparaeldesarrollodeenergiasre.pdf>
- Jorquera, C. (30 de Octubre de 2017). *Piensa en geotermía*. Recuperado el 16 de Mayo de 2020, de <https://www.piensageotermia.com/costa-rica-actualizacion-sobre-el-estado-de-desarrollo-de-la-energia-geotermica/>
- Juana, J. M. (2003). *Energías renovables para el desarrollo*. Cooperación internacional.
- Lagos, S. (2017). *Semantic Scholar*. Recuperado el 5 de Junio de 2020, de <https://pdfs.semanticscholar.org/9a2d/2fe3df0c8f3c154e127f1bfa2e5a9f265c9f.pdf>
- Lenzen, M., Wiedeman, T., & Schandl, H. (2015). *The material of footprint nations*.
- Ley del Medio Ambiente De El Salvador, A. L. (2006). *Ley de Medio Ambiente*.
- Mangondo, L. (17 de marzo de 2016). *IRENA*. Recuperado el 07 de 06 de 2020, de <https://www.irena.org/EventDocs/RECC/30.%20REIPPPP%20South%20Africa.pdf>
- Marcó, L., & Griffa, B. (2017). *Universidad Nacional de San Martín*. Obtenido de <http://www.unsam.edu.ar/escuelas/economia/Ciepe/pdf/Energiaeolica.pdf>
- MARN. (8 de Noviembre de 2016). *Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Obtenido de <https://www.marn.gob.sv/presidente-sanchez-ceren-entrego-expansion-de-la-presa-5-de-noviembre/>

- Martín Bravo, M. Á., Tarrero, A. I., Bravo, D., Copete, M., González, J., Machimbarrena, M., & García, L. (20-22 de octubre de 2008). *sea-acustica*. Recuperado el 25 de junio de 2020, de <http://www.sea-acustica.es/fileadmin/Coimbra08/id263.pdf>
- Marzolf, N. (2014). *ResearchGate*. Recuperado el 4 de Junio de 2020, de [https://www.researchgate.net/profile/Natacha\\_Marzolf/publication/283328511\\_Emprendimiento\\_de\\_la\\_Energia\\_Geotermica\\_en\\_Colombia/links/5633d51208aeb786b7013c01/Emprendimiento-de-la-Energia-Geotermica-en-Colombia.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Natacha_Marzolf/publication/283328511_Emprendimiento_de_la_Energia_Geotermica_en_Colombia/links/5633d51208aeb786b7013c01/Emprendimiento-de-la-Energia-Geotermica-en-Colombia.pdf)
- Mejía Orantes, R. D. (16 de Octubre de 2015). *FMLN Oficial*. Obtenido de <https://www.fmln.org.sv/index.php/noticias/economia/904-161015v03>
- Mereles, W., & González, M. (2014). *Definición de la Matriz Energética de la República de Paraguay*. Obtenido de <http://www.une.edu.py:83/fpunescientific/index.php/fpunescientific/article/view/23>
- Ministerio de Derecho y Justicia. (02 de Junio de 2003). *Comisión Reguladora Central de Electricidad*. Recuperado el 07 de junio de 2020, de <http://www.cercind.gov.in/Act-with-amendment.pdf>
- Ministerio de Energías Nuevas y Renovables. (2015). *Ministerio de Energías Nuevas y Renovables*. Recuperado el 07 de junio de 2020, de <https://mnre.gov.in/img/documents/uploads/68b053c5a944493e813c24a93cb39263.pdf>
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). *Primer informe bienal de actualización de El Salvador*.
- Molina, K. (2020). *elsalvador.com*. Recuperado el 5 de julio de 2020, de <https://www.elsalvador.com/noticias/negocios/el-salvador-consumo-de-energia/700533/2020/#>
- Molina, P. S. (2 de Abril de 2020). *PV Magazine*. Obtenido de <https://www.pv-magazine-latam.com/2020/04/02/entra-en-operacion-en-el-salvador-el-parque-capella-solar-de-140-mw/>
- Neoen. (2020). <https://www.neoen.com/es/>.
- Office of energy efficiency and renewable energy . (2020). *Office of energy efficiency and renewable energy* . Obtenido de Office of energy efficiency and renewable energy : <https://www.energy.gov/eere/wind/environmental-impacts-and-siting-wind-projects>
- OIT. (11 de Abril de 2017). *Organización Internacional del Trabajo*. Obtenido de <https://www.ilo.org/global/topics/wages/minimum-wages/definition/lang-es/index.htm>

- OIT. (06 de Abril de 2018). *Organización Mundial del Trabajo*. Obtenido de <https://www.ilo.org/global/topics/dw4sd/themes/informal-economy/lang-es/index.htm>
- Orellana, J. (2020). *El Economista*. Recuperado el 15 de 05 de 2020, de <https://www.eleconomista.net/actualidad/El-Salvador-aumento-la-generacion-de-energia-electrica-con-combustible-fosil-20200106-0002.html>
- Pearce, J. (2002). *Photovoltaics - a Path to a Sustainable Futures*. Pensilvania, Estados Unidos.: Science, Technology, and Society Program The Pennsylvania State University.
- Planas, O. (28 de Septiembre de 2015). *Energía solar.Net*. Obtenido de <https://solar-energia.net/energia-solar-termica/componentes/colector-solar-termico>
- Plitt, L. (17 de junio de 2010). *BBC NEWS*. Recuperado el 25 de septiembre de 2020, de [https://www.bbc.com/mundo/ciencia\\_tecnologia/2010/06/100617\\_paneles\\_solares\\_insectos\\_lp](https://www.bbc.com/mundo/ciencia_tecnologia/2010/06/100617_paneles_solares_insectos_lp)
- PNUMA. (1999). *Manual de legislación ambiental de El Salvador*. Obtenido de <http://www.pnuma.org/deramb/bases/salvador1.pdf>
- Prol, R. (2020). *Courseara*. Recuperado el 4 de Junio de 2020, de <https://www.coursera.org/lecture/geotermia/aspectos-economicos-de-la-geotermia-NdgCm>
- REN21. (2019). *Renewables 2019 Global Status Report*. Paris: Secretaría REN21.
- REN21. (2019). *Renewables 2019 Global Status Report*. REN21.
- Renove tecnología. (2018). Procesos de conversión de biomasa en energía. *Energiza*.
- Reyes, M. (2018). *elsalvador.com*. Recuperado el 22 de Mayo de 2020, de <https://historico.elsalvador.com/historico/454197/la-energia-solar-en-casa-ganar-terreno-en-el-salvador-sabes-como-sacarle-provecho.html>
- Rich, E. (12 de 11 de 2019). *IHA*. Obtenido de Internatioanl Hydropower Association: <https://www.hydropower.org/blog/chinese-wisdom-%E2%80%93-meeting-the-potential-of-hydropower>
- Rivera Funes, O. F. (2017). *Centro Centroamericano de Población de la Universidad de Costa Rica*. Obtenido de <https://ccp.ucr.ac.cr/libros/psm1/pdf/orivera.pdf>
- Sánchez, P. (2020). *Pv Magazine*. Recuperado el 6 de Junio de 2020, de <https://www.pv-magazine-latam.com/2020/04/02/entra-en-operacion-en-el-salvador-el-parque-capella-solar-de-140-mw/>

- Santoyo, E., & Barrágan, R. (2010). Energía Geotérmica. *Ciencia*, LXI(2), 40-51.
- Segovia, C. (2015). *elsalvador.com*. Recuperado el 15 de 05 de 2020, de <https://historico.elsalvador.com/historico/164219/planta-aes-moncagua-abastece-de-energia-a-ocho-mil-familias.html>
- SIGET, S. G. (2018). *Boletín de estadísticas eléctricas 2018*. Obtenido de <https://www.siget.gob.sv/estadisticas-2/>
- Unidad de transacciones. (2019). *UT*. Obtenido de Unidad de transacciones: [https://www.ut.com.sv/estadistico-mensual/-/document\\_library\\_display/bzl1AYPUYG6R/view/533826?\\_110\\_INSTANCE\\_bzl1AYPUYG6R\\_redirect=https%3A%2F%2Fwww.ut.com.sv%2Festadistico-mensual%3Fp\\_p\\_id%3D110\\_INSTANCE\\_bzl1AYPUYG6R%26p\\_p\\_lifecycle%3D0%26p\\_p\\_state%3Dnorm](https://www.ut.com.sv/estadistico-mensual/-/document_library_display/bzl1AYPUYG6R/view/533826?_110_INSTANCE_bzl1AYPUYG6R_redirect=https%3A%2F%2Fwww.ut.com.sv%2Festadistico-mensual%3Fp_p_id%3D110_INSTANCE_bzl1AYPUYG6R%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnorm)
- Universidad de Córdoba. (18 de Noviembre de 2008). Obtenido de [https://www.uco.es/~dh1lavif/INT\\_ECONOMIA/MaximizacionBeneficio.pdf](https://www.uco.es/~dh1lavif/INT_ECONOMIA/MaximizacionBeneficio.pdf)
- USCRI y UTEC. (Diciembre de 2013). *U.S. Committee for Refugees and Immigrants (USCRI)*. Obtenido de <https://refugees.org/wp-content/uploads/2015/12/A-Profile-of-the-Modern-Salvadorean-Migrant-Spanish.pdf>
- Vega, J. C., & Ramírez, S. (2014). *Fuentes de Energía, Renovables y No Renovables. Aplicaciones* (Primera ed.). México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. Recuperado el 1 de Mayo de 2020
- Zummaratings. (2017). *Informe del sector eléctrico de El Salvador*. San Salvador, El Salvador.

## GLOSARIO

**Agente Transmisor:** Es una sola empresa de figura pública-privada. Posee las instalaciones destinadas a transporte de energía eléctrica en redes de alto voltaje para comercializar sus servicios.

**Calentamiento y enfriamiento térmico solar:** Los módulos solares experimentan irradiación que permite obtener energía térmica.

**Célula fotovoltaica:** Dispositivo que genera energía solar fotovoltaica mediante un efecto fotoeléctrico de fotones de energía eléctrica.

**Célula solar de película fina:** En un sustrato se depositan capas de material fotovoltaico de carácter delgado, permitiendo crear una celda solar.

**Colector Solar:** Permite obtener energía térmica proveniente de energía solar. Es útil para el calentamiento de agua doméstica, para procesos industriales que requieren calor térmico o para calefacción (Global Carbón Atlas, 2019).

**Comercializador:** Los comercializadores están sujetos al Reglamento del Mercado Regional de Electricidad de la región Centroamérica. Su función es comprar energía eléctrica para revenderla.

**Convección:** Se obtiene mediante diferencias de densidad de la difusión de calor en un medio fluido (RAE, 2020).

**Distribuidora:** Gracias a poseer y operar las instalaciones de distribución, suministran la energía eléctrica en redes de bajo voltaje.

**Empresas generadoras:** Son dueñas de las centrales productoras de energía eléctrica para ser comercializarla.

**Energía renovable:** Tipo de energía obtenida a partir de recursos inagotables.

**Energía solar fotovoltaica:** También conocida como SFV por sus siglas en inglés. Convierte la luz en electricidad de forma directa, utilizando células fotovoltaicas solares por medio de dispositivos semiconductores que crean corriente eléctrica (Global Carbón Atlas, 2019).

**Energía solar:** Energía que se obtiene mediante radiación solar electromagnética para generar energía eléctrica.

**Ente regulador:** Aplica reglamentos y normas para el mercado funcione correctamente.

**Heliostatos:** Mantiene los reflejos del sol mediante un conjunto de espejos que se mueven sobre dos ejes.

**Operador del mercado:** Es la entidad encargada de realizar conciliaciones económicas para que las transacciones entre agentes sean exitosas.

**Potencia instalada o capacidad eléctrica:** Es la capacidad nominal para producir energía en una planta eléctrica.

**Potencia térmica solar concentrada:** Concentra luz solar en una superficie pequeña mediante espejos para obtener energía solar térmica.

**SFV:** Energía solar fotovoltaica.

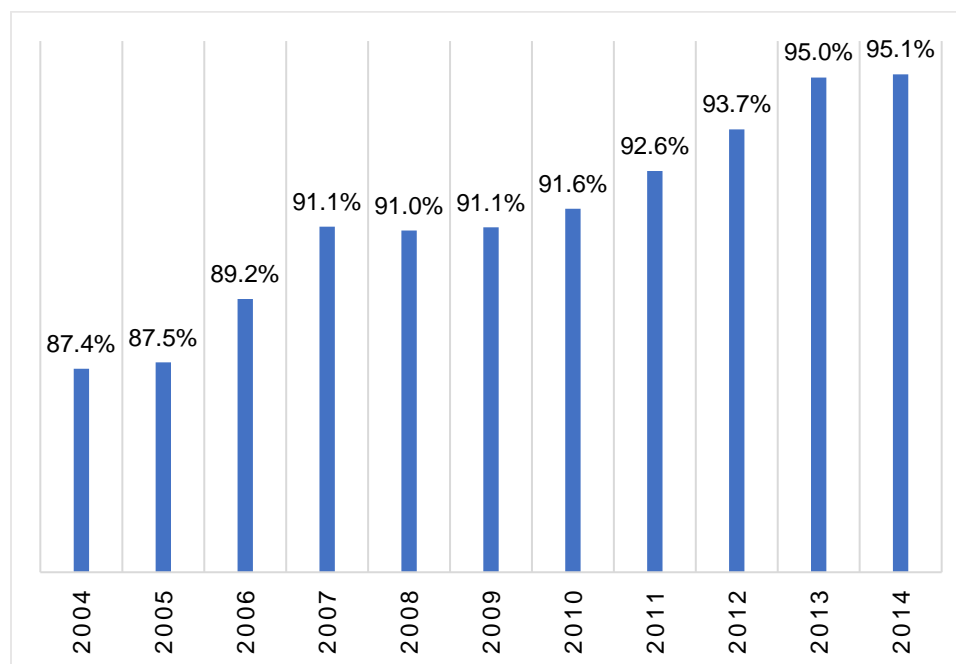
**Turbina eólica:** Transforma energía mecánica en energía eléctrica mediante un motor potenciado que intercambia la cantidad de movimiento del viento a través de hélices.

**Usuario final:** Es el usuario que compra la energía eléctrica para uso propio.



## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Población total con acceso a la electricidad en El Salvador, expresada en porcentajes (2004-2014)



**Fuente:** Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

**Anexo 2.** Población urbana y rural con acceso a la electricidad en El Salvador, expresada en porcentajes (2004-2014)

Años	Población con servicio eléctrico		Diferencia
	Urbana	Rural	
2004	96.48%	73.03%	23.45%
2005	96.46%	73.17%	23.29%
2006	97.20%	76.06%	21.14%
2007	97.08%	81.03%	16.05%
2008	96.49%	81.38%	15.10%
2009	96.57%	81.09%	15.48%
2010	96.87%	81.56%	15.32%
2011	97.23%	83.41%	13.82%
2012	97.85%	81.15%	16.69%
2013	97.76%	89.26%	8.50%
2014	97.79%	89.23%	8.56%

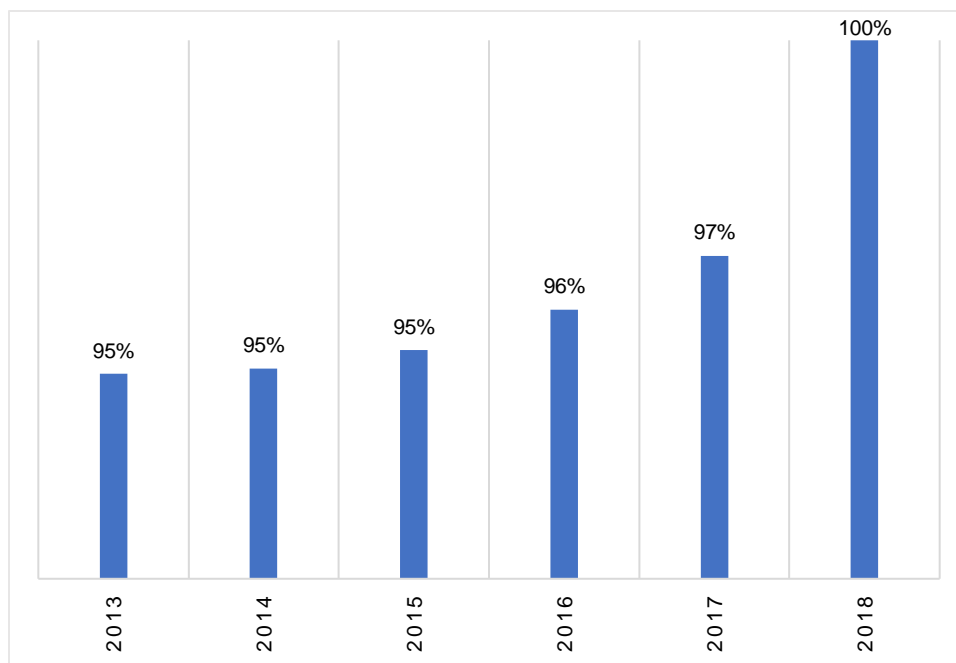
**Fuente:** Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

**Anexo 3.** Evolución de la participación en la producción de energía eléctrica en El Salvador, expresada en porcentajes (2013-2018)

Tipo de energía	Años						Cambio en el periodo
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Térmica	41%	42%	43%	43%	26%	25%	-16%
Hidráulica	31%	30%	24%	27%	33%	32%	2%
Geotérmica	25%	25%	26%	23%	30%	30%	5%
Biomasa	4%	4%	6%	7%	9%	10%	6%
Solar Fotovoltaica	-	-	-	-	2%	3%	3%

**Fuente:** Elaboración propia con datos del CNE.

**Anexo 4.** Población total con acceso a la electricidad en El Salvador, expresada en porcentajes (2013-2018)



**Fuente:** Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

**Anexo 5.** Enumeración de sectores económicos en la matriz insumo producto

1	Café
2	Fibras vegetales
3	Caña de azúcar
4	Cereales, legumbres y oleaginosas
5	Hortalizas, raíces y tubérculos
6	Frutas
7	Otros productos agrícolas N.C.P.
8	Animales vivos y productos de origen animal
9	Productos de la silvicultura y extracción de madera
10	Productos de la pesca y acuicultura
11	Piedra, arena y arcilla
12	Minerales metalíferos
13	Otros minerales
14	Carne y productos de carne
15	Pescado preparado o en conserva
16	Aceites y grasas animales y vegetales
17	Productos lácteos
18	Productos de molinería, almidones y productos derivados
19	Productos de panadería
20	Macarrones, fideos y productos farináceos análogos
21	Azúcar
22	Legumbres y frutas preparadas o en conserva; jugos de frutas y de legumbres
23	Productos alimenticios N.C.P.
24	Preparados utilizados para la alimentación de animales
25	Bebidas alcohólicas y tabaco
26	Bebidas no alcohólicas; aguas minerales embotelladas
27	Fibras textiles, productos textiles y prendas de vestir
28	Cuero y productos de cuero; calzado
29	Madera y productos de madera, excepto muebles; artículos de corcho, paja y materiales transables
30	Pasta de papel, papel y productos de papel
31	Productos de impresión
32	Productos de horno de coque y productos de petróleo refinado y materiales radioactivos
33	Productos químicos
34	Productos farmacéuticos, botánicos y sustancias químicas conexas
35	Productos de caucho y productos plásticos
36	Cemento, cal y yeso
37	Otros productos minerales no metálicos
38	Metales comunes
39	Productos metálicos elaborados, y maquinaria y equipo

40	Muebles
41	Otros artículos manufacturados
42	Electricidad y agua
43	Construcción y servicios de construcción
44	Servicios de comercio, de reparación y mantenimiento de vehículos automotores y motocicletas
45	Servicio de transporte, almacenamiento y servicios postales
46	Servicios de distribución de electricidad, gas, agua por tubería y alcantarillado.
47	Alojamiento; servicios de suministro de comidas y bebidas
48	Servicios de telecomunicaciones, noticias y servicios editoriales y de publicación
49	Servicios financieros y servicios relacionados
50	Servicios inmobiliarios
51	Servicios jurídicos y contables
52	Servicios de investigación, desarrollo y asesoramiento a las empresas
53	Servicios de publicidad
54	Servicios de alquiler y arrendamiento
55	Servicios de apoyo a las empresas
56	Servicios de reserva, operadores de viajes y servicios relacionados
57	Servicios de agencias de seguridad y otros servicios de apoyo a las empresas
58	Servicios agropecuarios, de explotación minera, de distribución de agua, gas y energía por comisión o por contrato; excepto silvicultura y pesca
59	Servicios de mantenimiento, reparación e instalación de maquinaria y equipo
60	Servicios de manufactura e insumos físicos que son propiedad de otros
61	Servicios de administración pública, otros servicios a la comunidad y de afiliación obligatoria.
62	Servicios de educación
63	Servicios de salud y servicios sociales de asistencia
64	Servicios de tratamiento, eliminación y disposición de desperdicios; servicios de saneamiento
65	Servicios de esparcimiento y diversión
66	Otros servicios comunitarios, sociales y personales
67	Servicios de mantenimiento y reparación de enseres de uso personal, doméstico y computadoras
68	Otros servicios personales
69	Servicios domésticos
70	Compras directas en el exterior y en el mercado interno

**Fuente:** Departamento de economía UCA.

Anexo 6. Modelo econométrico MCG

Equation: MCG\_FINAL Workfile: ENERGIA::Untitled\

View Proc Object Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids

Dependent Variable: CONSA  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/13/20 Time: 19:53  
 Sample (adjusted): 2000M03 2018M01  
 Included observations: 201 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
1-0.0134085	0.281352	0.085691	3.283338	0.0012
PRODA	0.770332	0.035928	21.44074	0.0000
IPCA	0.002738	0.017549	0.156037	0.8762
YNACA	-0.035433	0.026916	-1.316417	0.1896
PERIODO	-0.108150	0.181975	-0.594314	0.5530
PERIODO*PRODA	-0.281618	0.043373	-6.492869	0.0000
PERIODO*IPCA	0.039930	0.035899	1.112284	0.2674
PERIODO*YNACA	0.091496	0.053737	1.702661	0.0903
DN	-0.052978	0.004529	-11.69671	0.0000
DP	0.047872	0.004169	11.48203	0.0000

R-squared	0.883815	Mean dependent var	0.714808
Adjusted R-squared	0.878340	S.D. dependent var	0.052949
S.E. of regression	0.018469	Akaike info criterion	-5.097015
Sum squared resid	0.065148	Schwarz criterion	-4.932671
Log likelihood	522.2500	Hannan-Quinn criter.	-5.030514
Durbin-Watson stat	1.975407		

Fuente: Elaboración propia en E-views.

**Anexo 7. Pruebas de autocorrelación, heteroscedasticidad y normalidad.**  
Autocorrelación LM

Equation: MCG_FINAL Workfile: ENERGIA::Untitled\									
View	Proc	Object	Print	Name	Freeze	Estimate	Forecast	Stats	Resids
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:									
F-statistic	0.426094	Prob. F(2,189)	0.6537						
Obs*R-squared	0.902227	Prob. Chi-Square(2)	0.6369						
Test Equation:									
Dependent Variable: RESID									
Method: Least Squares									
Date: 06/14/20 Time: 16:44									
Sample: 2000M03 2018M01									
Included observations: 201									
Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.									
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.					
1-0.0134085	-0.006754	0.086396	-0.078177	0.9378					
PRODA	-5.69E-05	0.036319	-0.001567	0.9988					
IPCA	-0.000151	0.017627	-0.008545	0.9932					
YNACA	0.002060	0.027216	0.075697	0.9397					
PERIODO	0.017225	0.183714	0.093759	0.9254					
PERIODO*PRODA	0.001791	0.043629	0.041056	0.9673					
PERIODO*IPCA	0.000371	0.036063	0.010277	0.9918					
PERIODO*YNACA	-0.005565	0.054290	-0.102508	0.9185					
DN	0.000192	0.004548	0.042320	0.9663					
DP	-0.000178	0.004186	-0.042603	0.9661					
RESID(-1)	-0.010343	0.076429	-0.135329	0.8925					
RESID(-2)	-0.069191	0.075824	-0.912517	0.3627					
R-squared	0.004489	Mean dependent var	-1.99E-16						
Adjusted R-squared	-0.053451	S.D. dependent var	0.018048						
S.E. of regression	0.018524	Akaike info criterion	-5.081613						
Sum squared resid	0.064856	Schwarz criterion	-4.884401						
Log likelihood	522.7021	Hannan-Quinn criter.	-5.001812						
Durbin-Watson stat	1.956406								

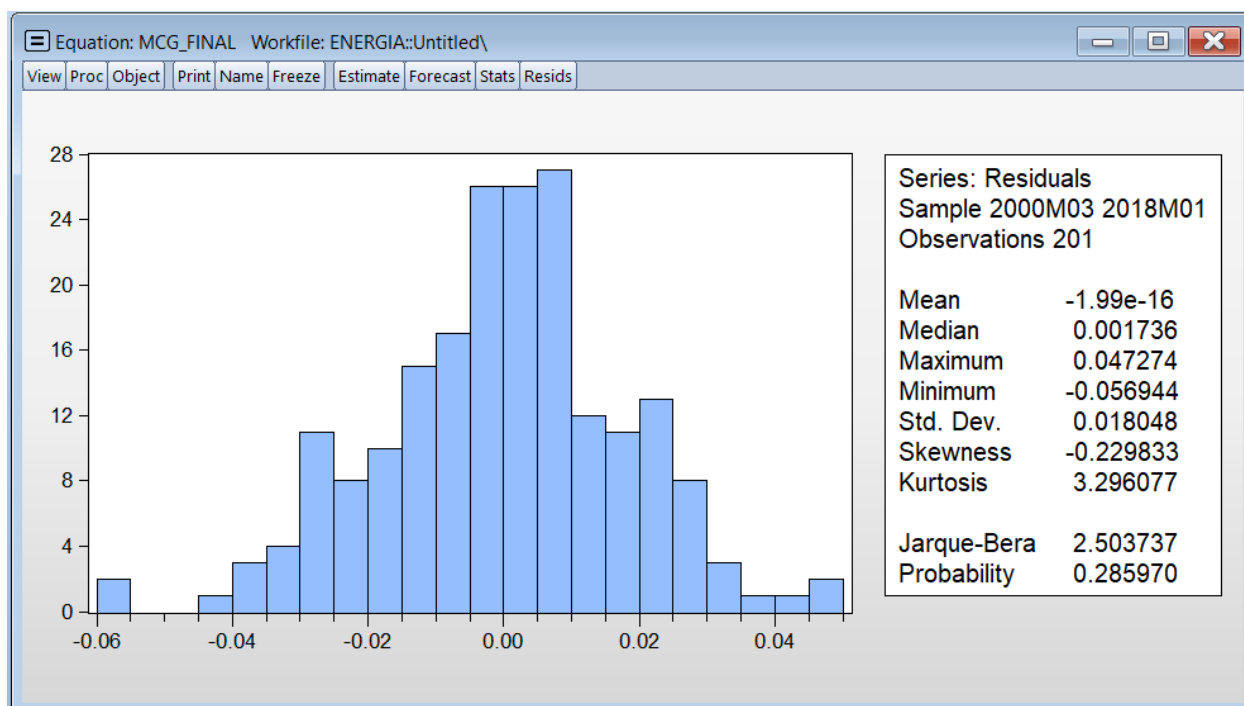
**Fuente:** Elaboración propia en E-views.

### Anexo 8. Heteroscedasticidad, Breusch-Pagan-Godfrey

Equation: MCG_FINAL Workfile: ENERGIA::Untitled\									
View	Proc	Object	Print	Name	Freeze	Estimate	Forecast	Stats	Resids
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey									
F-statistic	1.525850	Prob. F(9,191)	0.1412						
Obs*R-squared	13.48227	Prob. Chi-Square(9)	0.1420						
Scaled explained SS	13.97636	Prob. Chi-Square(9)	0.1232						
Test Equation:									
Dependent Variable: RESID^2									
Method: Least Squares									
Date: 06/14/20 Time: 16:45									
Sample: 2000M03 2018M01									
Included observations: 201									
Collinear test regressors dropped from specification									
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.					
C	0.001567	0.002228	0.703241	0.4828					
PRODA	-0.001120	0.000947	-1.183560	0.2381					
IPCA	0.000142	0.000462	0.306914	0.7592					
YNACA	-0.000171	0.000709	-0.241509	0.8094					
PERIODO	0.001994	0.004795	0.415798	0.6780					
PERIODO*PRODA	0.002622	0.001143	2.294184	0.0229					
PERIODO*IPCA	-0.000981	0.000946	-1.037350	0.3009					
PERIODO*YNACA	-0.000935	0.001416	-0.660440	0.5098					
DN	-0.000123	0.000119	-1.031451	0.3036					
DP	-0.000163	0.000110	-1.486930	0.1387					
R-squared	0.067076	Mean dependent var	0.000324						
Adjusted R-squared	0.023116	S.D. dependent var	0.000492						
S.E. of regression	0.000487	Akaike info criterion	-12.36964						
Sum squared resid	4.52E-05	Schwarz criterion	-12.20530						
Log likelihood	1253.149	Hannan-Quinn criter.	-12.30314						
F-statistic	1.525850	Durbin-Watson stat	1.809300						
Prob(F-statistic)	0.141180								

Fuente: Elaboración propia en E-views.

## Anexo 9. Normalidad



Fuente: Elaboración propia en E-views.

## Anexo 10. Tarifas de salarios mínimos vigentes a partir del 1 de enero del 2018, en El Salvador

Subgrupos de actividad	Monto
Recolección de Caña de azúcar	\$ 227.22
Beneficio del Café	\$ 227.22
Comercio y Servicio	\$ 304.17
Industria	\$ 304.17
Ingenio azucarero	\$ 304.17
Trabajadores Agropecuarios	\$ 202.88
Recolección de Café	\$ 202.88
Recolección de Algodón	\$ 202.88
Beneficio de Algodón	\$ 202.88
Maquila Textil y Confección	\$ 299.30

Fuente: Consejo Nacional del Salario Mínimo (2018).



**Anexo 11.** Salarios promedios mensuales, cantidad de trabajadores y su proporción en la ocupación total, según rama de actividad económica, en el área urbana de El Salvador (2018)

Ramas de actividad económica	Monto	Trabajadores	Proporción en la ocupación
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	\$ 203.75	88,529	4.82%
Pesca	\$ 321.02	4,754	0.26%
Explotación de minas y canteras	\$ 371.40	305	0.02%
Industria manufacturera	\$ 334.91	313,201	17.05%
Suministro eléctrico, gas y agua	\$ 523.01	17,989	0.98%
Construcción	\$ 360.33	109,479	5.96%
Comercio, hoteles y restaurantes	\$ 329.84	673,080	36.63%
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	\$ 366.48	100,194	5.45%
Intermediación financiera e inmobiliaria	\$ 452.94	147,638	8.04%
Administración pública y defensa	\$ 565.57	81,528	4.44%
Enseñanza	\$ 576.43	77,322	4.21%
Servicios comunales, sociales y de salud	\$ 430.54	140,711	7.66%
Hogares con servicio doméstico	\$ 160.45	82,191	4.47%
Otros <sup>74</sup>	\$ 687.94	460	0.03%
<b>Total</b>		<b>1,837,381</b>	<b>100%</b>

**Nota:** las ramas de actividad económica sombreadas son las que han percibido salarios promedios inferiores a los mínimos correspondientes. Su clasificación se hizo con base en la metodología del Sistema de Cuentas Nacionales.

**Fuente:** Elaboración propia con datos del BCR y la DIGESTYC (2018).

<sup>74</sup> Se incluyen organizaciones y órganos extraterritoriales.

**Anexo 12.** Salarios promedios mensuales, cantidad de trabajadores y su proporción en la ocupación total, según rama de actividad económica, en el área rural de El Salvador (2018)

Ramas de actividad económica	Monto	Trabajadores	Proporción en la ocupación
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura	\$ 158.76	356,783	36.52%
Pesca	\$ 259.88	20,149	2.06%
Explotación de minas y canteras	\$ 214.16	868	0.09%
Industria manufacturera	\$ 254.50	111,031	11.37%
Suministro eléctrico, gas y agua	\$ 292.06	6,404	0.66%
Construcción	\$ 268.54	67,052	6.86%
Comercio, hoteles y restaurantes	\$ 241.97	213,300	21.83%
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	\$ 295.58	30,339	3.11%
Intermediación financiera e inmobiliaria	\$ 331.08	29,849	3.06%
Administración pública y defensa	\$ 403.61	32,249	3.30%
Enseñanza	\$ 524.13	11,003	1.13%
Servicios comunales, sociales y de salud	\$ 245.61	39,230	4.02%
Hogares con servicio doméstico	\$ 157.95	58,530	5.99%
Otros	\$ 352.84	98	0.01%
<b>Total</b>		<b>976,885</b>	<b>100.00%</b>

**Fuente:** Elaboración propia con datos del BCR y la DIGESTYC (2018).

**Anexo 13.** Salarios promedios mensuales, cantidad de trabajadores y su proporción en la ocupación total, según rama de actividad económica, en el área urbana de El Salvador (2019)

Ramas de actividad económica	Monto	Trabajadores	Proporción en la ocupación
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura	\$ 208.42	92,584	4.87%
Pesca	\$ 303.00	7,720	0.41%
Explotación de minas y canteras	\$ 266.03	813	0.04%
Industria manufacturera	\$ 344.77	314,242	16.53%
Suministro eléctrico, gas y agua	\$ 448.57	16,378	0.86%
Construcción	\$ 375.15	127,173	6.69%
Comercio, hoteles y restaurantes	\$ 343.96	684,976	36.02%
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	\$ 427.36	107,996	5.68%
Intermediación financiera e inmobiliaria	\$ 503.51	148,875	7.83%
Administración pública y defensa	\$ 587.68	83,548	4.39%
Enseñanza	\$ 651.12	77,817	4.09%
Servicios comunales, sociales y de salud	\$ 422.22	144,780	7.61%
Hogares con servicio domestico	\$ 203.46	94,195	4.95%
Otros	\$ 698.18	497	0.03%
<b>Total</b>		<b>1,901,594</b>	<b>100.00%</b>

**Fuente:** Elaboración propia con datos del BCR y la DIGESTYC (2019).

**Anexo 14.** Salarios promedios mensuales, cantidad de trabajadores y su proporción en la ocupación total, según rama de actividad económica, en el área rural de El Salvador (2019)

Ramas de actividad económica	Monto	Trabajadores	Proporción en la ocupación
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura	\$ 172.06	355,515	35.32%
Pesca	\$ 260.15	18,028	1.79%
Explotación de minas y canteras	\$ 231.79	1110	0.11%
Industria manufacturera	\$ 257.91	118,664	11.79%
Suministro eléctrico, gas y agua	\$ 306.91	5,991	0.60%
Construcción	\$ 291.04	71,400	7.09%
Comercio, hoteles y restaurantes	\$ 264.28	216,842	21.54%
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	\$ 321.04	30,099	2.99%
Intermediario financiero, inmobiliarias	\$ 327.20	31,650	3.14%
Administración pública y defensa	\$ 400.18	31,436	3.12%
Enseñanza	\$ 534.48	14,194	1.41%
Servicios comunales, sociales y de salud	\$ 241.96	45,698	4.54%
Hogares con servicio domestico	\$ 162.97	65,857	6.54%
Otros	\$ 125.00	43	0.004%
<b>Total</b>		<b>1,006,527</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Elaboración propia con datos del BCR y la DIGESTYC (2019).